



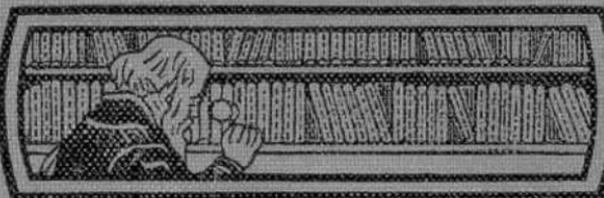
RICARDO YESARES

A, B, C DEL INSTALADOR
Y MONTADOR ELECTRICISTA

TOMO II



MANUALES



GALLACH



R-2454-1-IV-1909

A

1023

B.P.
1648



A, B, C DEL INSTALADOR Y MONTADOR ELECTRICISTA

T. 188606

B. 72599338

R. 197434

MANUALES GALLACH

XLIII

A, B, C del instalador y montador electricista

Verdadera guía práctica
del obrero electricista

POR

RICARDO YESARES BLANCO

Ingeniero mecánico electricista.— Miembro titular de la Sociedad Internacional de Electricistas de París y de la Sociedad Francesa de Física.— Ex director de la revista profesional «La Industria Eléctrica». — Ex director técnico de las fábricas de electricidad de Tetuán y Madrid, del Sur (Madrid), Calatayud, etc.— Ex ingeniero de la fábrica de construcciones metálicas «La Cordobesa». — Colaborador de los Diccionarios técnicos en seis idiomas.— Ex director del Instituto Politécnico Español.— Ex profesor de varios centros docentes, etc., etc.

TOMO I I

ESTACIONES CENTRALES Y CANALIZACIONES

Nueva edición corregida y aumentada
con 263 figuras intercaladas en el texto.

ESPASA-CALPE, S. A.
MADRID
1 9 2 7



ES PROPIEDAD
Copyright by Espasa-Calpe, S. A.
Madrid, 1927.

Talleres ESPASA-CALPE, S. A., Rios Rosas, 24.—MADRID



CAPITULO PRIMERO

Máquinas eléctricas

Las máquinas eléctricas sirven para transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Con este objeto se utilizan las corrientes de inducción de que hemos hablado en el tomo primero, o sea haciendo moverse un circuito en un campo magnético para que se produzca la corriente. Este campo puede ser producido por un imán permanente o por un electroimán; existen, por lo tanto, dos clases de máquinas: las magnetos y las dínamos. Para exponer la teoría de las máquinas tomaremos como ejemplo la de Gramme.

Teoría del anillo de Gramme. El anillo Gramme está formado de un anillo de hierro dulce, alrededor del cual están arrolladas bobinas de cobre aisladas y colocadas unas al lado de otras. Este anillo, provisto de estas bobinas (fig. 1.^a), gira en el sentido de las flechas de un reloj ante los polos de un imán *N* y *S*. Bajo su acción, el hierro dulce se imantará y tomará dos polos *N'* y *S'*, opuestos a los del imán, y tendremos entonces siempre dos campos

magnéticos NS' , $N'S$ fijos; y todo pasará como si el anillo y el imán permanecieran inmóviles y las bobinas tan sólo fueran las

que se moviesen en el sentido de las flechas.

Consideremos una bobina y coloquemos a un observador sobre el hilo, los pies en p y la cabeza en t , y vuelto de manera que el movimiento tenga lugar hacia su derecha; éste mirará al exterior del anillo, es decir, en el sentido negativo de las líneas de fuerza. La corriente entrará, por lo tanto, por su cabeza, siguiendo la dirección f .

Supongamos que la misma espira haya dado una semirrevolución y, haciendo girar al obser-

visor al mismo tiempo, éste tendrá los pies en p' y mirará hacia el exterior del anillo. Pero en esta posición la dirección de las líneas de fuerza ha cambiado y el observador está vuelto en el sentido positivo. La corriente entrará, por lo tanto, por sus pies, siguiendo la dirección f' .

Así, en estas dos posiciones diametrales de la es-

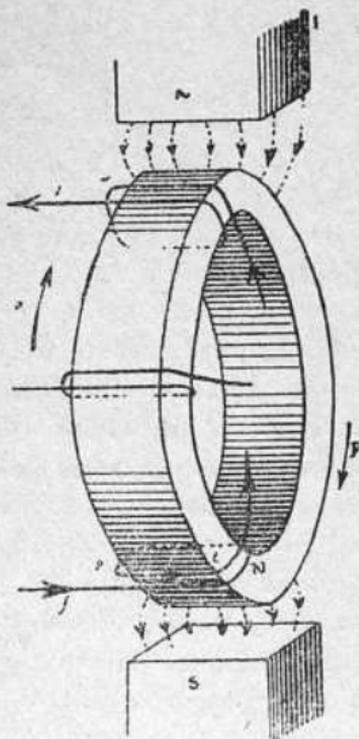


Fig. 1.ª

pira, las corrientes inducidas son de sentido contrario. Supongamos ahora la espira ejecutando una revolución completa y el observador mirando hacia el exterior del anillo, de manera que el movimiento se haga continuamente a su derecha: se ve que el sentido de la corriente inducida cambiará cuando la dirección de las líneas de fuerza se modifique con relación al observador. Estas líneas van del exterior hacia el interior en la semicircunferencia superior, y del interior al exterior en la semicircunferencia inferior. Su sentido cambia, por consiguiente, en el plano horizontal perpendicular a la línea de los polos *N* y *S*, y también en este plano es donde cambia el sentido de las corrientes inducidas.

En resumen, en las dos semicircunferencias se tienen dos corrientes de sentido contrario, y en el plano diametral horizontal dos zonas *neutras* en las que no hay corriente. La intensidad, partiendo de cero, aumenta hasta alcanzar un máximo en las líneas de los polos; después decrece hasta que vuelve a cero en la zona neutra.

La acción se produce en cada vuelta de la misma bobina y se encuentra multiplicada por el número de vueltas que da el hilo.

El mismo razonamiento es aplicable a todas las bobinas. Todas las que están ante el polo *N* son recorridas a la vez por una corriente directa, y las de la otra mitad por una corriente inversa.

Si reunimos las bobinas entre sí de manera que el final de una esté unido al comienzo de la siguiente, como lo indica la figura 2.^a, totalizaremos todas

las corrientes producidas en cada mitad del anillo. Si ahora, a las dos zonas neutras *A* y *B*, unimos los extremos de un circuito exterior *MP*, las dos corrientes se unen en cantidad en el conductor.

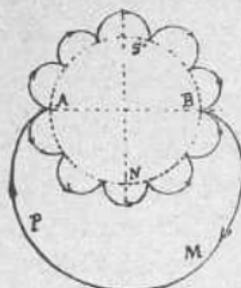


Fig. 2.^a

El hecho es análogo a lo que sucede en los elementos de dos pilas asociadas en cantidad.

Si se reúnen simplemente los polos de un mismo nombre en las pilas, no se obtiene ninguna corriente. Pero si los puntos de unión se reúnen entre sí por un

conductor exterior, se totalizan en este circuito las acciones de cada elemento.

El anillo de hierro es absolutamente necesario. Su supresión modifica completamente los resultados obtenidos. En este caso, las corrientes inducidas no son del mismo sentido en todo el recorrido de cada semicircunferencia; cambian, por el contrario, de signo a cada lado de la línea de los polos.

Anillo, colector, escobillas. La figura 3.^a representa un anillo Gramme, desnudo en parte y cortado transversalmente. El núcleo de hierro *A* está formado de un haz anular de hilos de hierro dulce. Sobre este núcleo están arrolladas las bobinas de hilo de cobre aislado, *B*.

El árbol de rotación del anillo (suprimido en la figura) lleva una serie de láminas de cobre, *R*, dispuestas de manera que forme con su conjunto un cilindro que rodea al árbol. Este cilindro constitu-

ye el colector. Las láminas, aisladas unas de otras, son tantas como bobinas existen en el anillo. A cada banda de cobre se une el extremo de terminación de una bobina y el extremo de comienzo de la siguiente. Cada placa sirve de unión entre dos bobinas sucesivas. Si se establecen de una manera fija

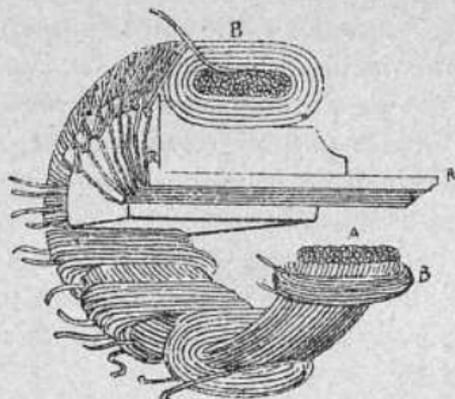


Fig. 3.*

dos contactos sobre las generatrices colocados en la zona neutra, se recogerá en estos puntos la corriente total del anillo.

Con este objeto se emplean las *escobillas*. Constituyen las *escobillas* dos resortes frotadores formados de un haz de hilos de cobre, que se apoya sobre el colector, y que están unidas a las bornas que forman los polos de la máquina.

Se admite, como para la pila, que la corriente va, en el circuito exterior, de la escobilla positiva a la negativa.

Si las escobillas no tocaran más que una sola lámina del colector, habría interrupción de corriente cuando frotaran sobre una unión. Para evitar esto se disponen las escobillas de manera que toquen varias láminas contiguas.

Leyes de las máquinas eléctricas. La producción de la electricidad en las máquinas es regulada por las leyes siguientes, que son las mismas que las de los fenómenos de inducción:

1.^a *La fuerza electromotriz inducida es proporcional a la intensidad del campo magnético.*

2.^a *Es también proporcional a la longitud del hilo de las bobinas inducidas.*

3.^a *Esta aumenta con la velocidad de rotación.*

Para que la corriente permanezca constante es indispensable que la velocidad de rotación sea uniforme.

Diferentes modos de excitación. En la teoría del anillo Gramme hemos supuesto la existencia de un campo magnético inductor, sin decir cómo se produce éste. Puede estar formado de un imán permanente; éste es el caso de las *magnetos*; puede ser también engendrado por electroimanes, que es lo que constituye las *dínamos*.

Las magnetos ofrecen la ventaja de que su fuerza electromotriz es casi proporcional a la velocidad de rotación e independiente del circuito exterior, y tienen el inconveniente de exigir dimensiones más grandes que las *dínamos*, porque, a proporciones iguales de las piezas, la imantación permanente del acero no alcanza el mismo grado que la imantación

producida sobre el hierro dulce por los electroimanes.

1.º EXCITACIÓN INDEPENDIENTE. Las dinamos se distinguen unas de otras por el modo de excitación de su campo magnético, según que esta

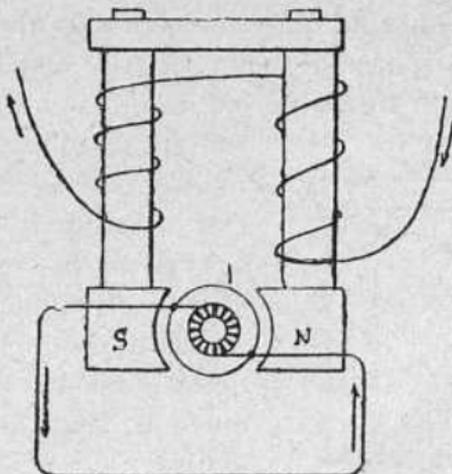


Fig. 4.ª

excitación es producida por una máquina separada o por la dinamo misma.

En el primer caso, la máquina se llama de *excitación independiente*. Con este sistema (fig. 4.ª), como con los magnetos, la fuerza electromotriz no es influenciada por el cambio de resistencia del circuito exterior. La intensidad del campo magnético depende únicamente de la corriente excitadora, que se puede regular a voluntad; pero tiene el inconveniente de exigir una máquina excitatriz separada.

Este sistema es necesario con las dinamos de co-

rientes alternativas, a menos que no se haga uso de un conmutador para enderezar las corrientes antes de enviarlas a los inductores.

2.º EXCITACIÓN EN SERIE. La excitación de los electroimanes es producida en este caso por la corriente misma. Si la corriente total atraviesa los electroimanes, la máquina se llama *autoexcitatriz*, a *excitación simple*, o en *serie* (fig. 5.ª).

Con este modo de excitación, la fuerza electromotriz disminuye cuando la resistencia del circuito exterior aumenta, suponiendo constante la velocidad. En efecto, el aumento de resistencia aminora la intensidad de la corriente y, por consecuencia, la intensidad del campo magnético. La fuerza electromotriz de la dínamo disminuye, por lo tanto, cuando la resistencia aumenta; es decir, en el momento en que se tiene necesidad de un aumento.

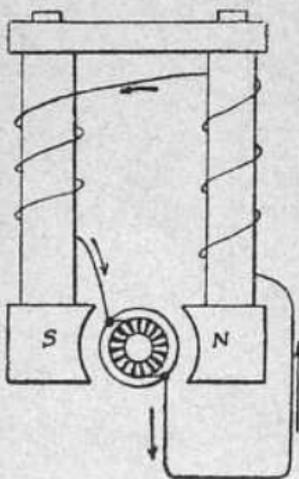


Fig. 5.ª

Además, esta disposición tiene el inconveniente de no producir nada hasta tanto que la rotación no alcanza cierta velocidad o que la resistencia exterior no es inferior a un límite determinado.

Como las lámparas de incandescencia son menos conductoras en frío que en caliente, la resistencia, al principio, puede ser muy fuerte, siendo necesario,

durante las primeras vueltas, cerrar la dínamo en cortocircuito, lo que puede deteriorar sus órganos.

Por último, esta dínamo está sujeta a las inversiones de polaridad cuando se la emplea en las descomposiciones electrolíticas o a la carga de los acumuladores.

El principio de la autoexcitación reposa sobre el magnetismo remanente. Si el hierro dulce de los electrodos es perfectamente puro y no presenta rasgos de imantación, el movimiento del anillo Gramme no producirá ninguna corriente inducida. Pero en el momento en que comienza este movimiento el hierro dulce posee un magnetismo remanente, que da origen a una corriente muy débil, es verdad, pero suficiente para encebar la excitación de los electrodos.

Estos pueden, a su vez, obrar sobre la bobina, y se produce así una serie de reacciones sucesivas que aumentan la intensidad de la corriente hasta que ha alcanzado su valor de régimen. Estas operaciones pasan, además, en un tiempo infinitamente corto.

3.º EXCITACIÓN EN DERIVACIÓN. En este sistema (fig. 6.^a) los electroimanes están alimentados por una derivación tomada en el circuito exterior. Con esta dínamo, un aumento de resistencia en el circuito exterior produce, al revés de lo que se ha visto más arriba, un aumento de fuerza electromotriz; porque entonces la intensidad aumenta en la derivación, y el campo magnético resulta más potente. Esta máquina está siempre excitada, cual-

quiera que sea el circuito exterior y aunque no exista. Por último, no está sujeta a las inversiones de polaridad.

4.º EXCITACIÓN EN DOBLE CIRCUITO O COMPOUND. Hemos visto que, con la excitación en se-

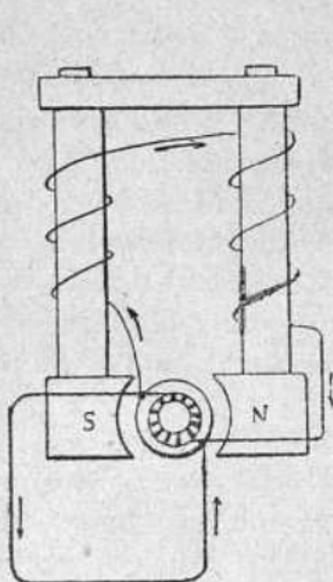


Fig. 6.ª

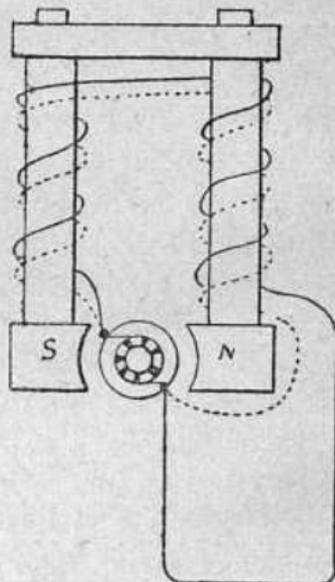


Fig. 7.ª

rie, la fuerza electromotriz disminuye cuando se aumenta la resistencia, y que aumenta, al contrario, con la excitación derivada; se comprende, por consiguiente, que combinando los dos sistemas se pueden anular estas variaciones o por lo menos reducirlas mucho. Este es el objeto de la *excitación en doble circuito o compound* (fig. 7.ª). Los electrodos están excitados en parte por la corriente principal,

en parte por una derivación tomada en las bornas de la máquina. El primer circuito es de hilo grueso y el segundo de hilo fino. El orden de su arrollamiento y sus longitudes varía con los tipos de máquinas; pero está establecido de manera que las diferencias de potencial en las bornas van reducidas al *mínimum*.

Cuando se emplea el alumbrado por lámparas de incandescencia, es necesario que se pueda, a voluntad, extinguir o encender las lámparas, según la necesidad, sin perturbar la marcha de las otras y sin que sea necesario prevenir al mecánico. Las máquinas *compound* permiten realizar este programa; éstas suministran, sin que se cambie la velocidad, una diferencia de potencial constante en las bornas de la máquina, cualquiera que sea el número de lámparas encendidas.

Pero este sistema tiene algunos inconvenientes: exige que el inducido conserve rigurosamente la velocidad para que han sido calculados los inductores, si se quiere una diferencia de potencial constante en las bornas.

Máquinas multipolares. En vez de adoptar dos polos magnéticos, como en la máquina Gramme que acabamos de describir, se puede disponer un mayor número, colocándolos dos a dos en las extremidades de un mismo diámetro. Las bobinas inducidas atraviesan los diferentes campos magnéticos y sufren en cada uno de ellos una acción análoga a la que ha sido expuesta precedentemente. Así, pues, pueden estar animadas de una velocidad

menor, o dar una corriente más enérgica si se las conserva el mismo número de vueltas. Es necesario, en este caso, poner tantas escobillas como campos magnéticos diferentes hay.

Las máquinas toman el nombre de *dúplex*, *cuádruplex*..., según el número de sus dobles polos.

Máquinas de corriente continua, de corrientes alternativas y de corrientes enderezadas. La disposición del colector del anillo Gramme permite recoger en las escobillas una corriente cuyo sentido es siempre el mismo.

La máquina es en este caso de corriente continua.

En otras máquinas, al contrario, las corrientes se toman tal cual se desarrollan en las bobinas inducidas. Como éstas cambian de sentido en cada bobina en el momento que ésta pasa de un campo magnético a otro, la corriente resultante se modifica también al mismo tiempo, y se tiene una máquina de corrientes alternativas.

Supongamos un anillo que no tenga más que una sola bobina. La corriente pasará por cero y cambiará de sentido cada vez que la bobina atraviese la línea neutra. Si se dispone un conmutador que enderece esta corriente dos veces por vuelta, se tendrá en el circuito una corriente siempre del mismo sentido. Estas máquinas son de corrientes enderezadas.

Máquinas de electros móviles. En algunas máquinas las bobinas inducidas están fijas y las inductoras son móviles. La teoría es la misma que la de las máquinas de electros fijos.

Reversibilidad de las máquinas eléctricas. Las máquinas eléctricas tienen una propiedad muy importante, cual es la de ser *reversibles*, es decir, que pueden transformar indiferentemente el trabajo mecánico en energía eléctrica o la energía eléctrica en trabajo mecánico.

Se acaba de ver que, dando al anillo de Gramme un movimiento de rotación, se produce una corriente eléctrica. Recíprocamente, si se envía una corriente eléctrica al anillo, éste se pondrá en movimiento espontáneamente. Si esta corriente es bastante enérgica, el anillo podrá asimismo arrastrar en su movimiento un útil cualquiera y producir un trabajo mecánico utilizable.

De esta experiencia ha sido deducida la *transmisión eléctrica de la fuerza*.

Para explicar esta reversibilidad basta con recordar las leyes de atracción y de repulsión entre dos corrientes o entre una corriente y un polo magnético.

CAPITULO II

Construcción de las máquinas. Dínamos de corriente continua

Armadura. Electros. Según ha demostrado Foucault, cuando una masa eléctrica se introduce en un campo magnético se producen corrientes inducidas que tienen una dirección perpendicular a la del movimiento. El mismo hecho se produce en el núcleo de los electrodos y en el anillo de hierro de la armadura (se designa con frecuencia bajo este nombre el conjunto del anillo, comprendiendo el núcleo de hierro y las bobinas). Estas corrientes particulares constituyen una pérdida de trabajo. Para disminuirla, se forman los polos de los electros con láminas metálicas superpuestas, de manera que la masa sea cortada por los planos perpendiculares a las corrientes de Foucault. Por este motivo también es por lo que el núcleo de la armadura se hace con hilos de hierro muy dulce arrollados en círculo y aislados.

Para utilizar mejor el campo magnético, los polos de los electroimanes abarcan una porción, lo

más grande posible, de la circunferencia de la armadura.

Por el mismo motivo es necesario evitar que ciertas porciones del hilo de la armadura estén fuera de la acción directa del campo magnético; de lo contrario, éstas constituirían sencillamente una resistencia inútil; por lo demás, esto es lo que pasa en las partes internas de la armadura Gramme.

El núcleo de los electrodos debe ser de hierro lo más dulce posible. La fundición puede emplearse; ésta torna más fácilmente que el hierro dulce a su estado normal de magnetismo, y lo conserva más constante bajo la influencia de ligeras variaciones en la velocidad del inducido. En cambio, es menos magnética, exige dimensiones más considerables y

debe recubrirse de mayor cantidad de hilo de cobre. El núcleo de los electrodos debe tener una masa suficiente para que su saturación no sea alcanzada con rapidez.

Calado de las escobillas.

Los dos polos que se forman en el núcleo de hierro dulce de la armadura no están, como indica la teoría,

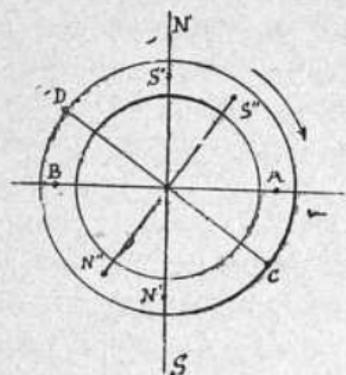


Fig. 8.^a

colocados exactamente en $N'S'$ sobre la línea NS de los polos inductores (fig. 8.^a). En realidad, la línea de estos dos polos está en $N''S''$, un poco adelante de la posición teórica. Por consiguiente,

la línea neutra, sobre la que se deben calar las escobillas, se desplaza el mismo ángulo y se encuentra en CD .

Esto es debido a que el anillo de hierro no está sometido solamente a la acción de los polos N y S , porque sufre, además, la reacción de la corriente que circula en el hilo inducido. Esta reacción tendría por efecto, si fuera sola, el transformar las partes superior e inferior del anillo en dos imanes cuyos polos coincidirían y estarían en A y B , sobre el diámetro perpendicular a N' y S' . Estas dos influencias contrarias dan lugar a una imantación resultante, para la que la línea de los polos se encuentra ocupando en $N''S''$ una posición intermedia entre las dos posiciones extremas $N'S'$ y AB .

Resulta de esta observación que una posición dada de las escobillas corresponde a un sentido determinado en la rotación de la máquina, y que, para obtener de una máquina la corriente que puede producir, el sentido del movimiento de rotación no es indiferente.

Otra consecuencia de esta hipótesis es que, cuanto más enérgica es la corriente inducida, más fuerte es su acción sobre el núcleo de la armadura y más desplazada se encuentra la línea de los polos y la línea neutra. La posición de las escobillas depende, por lo tanto, del valor de la corriente producida y debe variar con ella, lo que conduce a adoptar en las máquinas escobillas de *calado variable*.

En la práctica, sin embargo, se puede, en caso de necesidad, hacer caso omiso de esta precaución.

Pero es necesario tener siempre mucho cuidado, para obtener el máximo de corriente, de hacer girar la armadura en un sentido tal que la posición de las escobillas resulte avanzada sobre el diámetro horizontal.

Las escobillas están colocadas a las dos extremidades del diámetro que forma la línea neutra. Estos son los puntos del colector que tienen la mayor diferencia de potencial. En efecto, la fuerza electromotriz de cada bobina se agrega a la de la corriente que la atraviesa, y si se mide la diferencia de potencial entre la escobilla negativa y las láminas sucesivas del colector, se ve que esta diferencia va en aumento y alcanza su máximo sobre la escobilla positiva.

Los puntos de contacto entre el colector y la escobilla deben ser lo más numerosos posible, para disminuir las chispas. Por esto las escobillas se hacen con hilos estirados o con láminas delgadas dispuestas paralelamente.

Rendimiento de las máquinas. Todas las máquinas eléctricas sufren, en su funcionamiento, pérdidas de energía debidas a varias causas.

Una de ellas es la ocasionada por las corrientes de Foucault, que, como se ha visto más arriba, tienen origen en los núcleos de los electros y de la armadura.

Otra pérdida proviene de la forma de construir la armadura. Las extremidades de cada bobina inducida concurren a dos láminas sucesivas del colector, y las escobillas tocan varias láminas a la

vez, con el fin de que no haya interrupción de corriente. Sucede, por consiguiente, que las dos extremidades de la bobina situada en la zona neutra, son reunidas por la escobilla metálica, y esta bobina se encuentra cerrada sobre sí misma en corto circuito. En el momento en que este cierre se produce, es recorrida la bobina por la corriente de la máquina; estos dos extremos poseen, por consiguiente, una diferencia de potencial que, cuando la bobina está en corto circuito, determina una corriente de descarga y, por lo tanto, una pérdida de energía.

Cierta cantidad de energía se encuentra también absorbida por la imantación y desimantación sucesivas de las masas de hierro, que produce en estas piezas una elevación apreciable de temperatura.

La resistencia de los hilos absorbe también una porción de trabajo que se encuentra transformado en calor. En fin, los frotamientos y las resistencias pasivas son causa de pérdida.

El rendimiento industrial de una máquina es la relación entre el trabajo eléctrico útil disponible en las bornas y el trabajo mecánico total gastado sobre el árbol.

Las buenas máquinas tienen un rendimiento industrial de 85 a 90 por 100, cuando el núcleo de los inductores es de hierro, y de 80 a 85 cuando es de fundición. Algunos constructores han alcanzado la cifra de 95 por 100.

Los modelos de dínamos son muy numerosos; así, pues, nos limitaremos a indicar algunos tipos

desarrollando solamente de una manera teórica las diferencias esenciales que presentan y sin entrar en los detalles de construcción.

Dínamo Gramme. Precedentemente hemos dado la descripción del anillo Gramme y de su colector; la desventaja de este anillo es, como lo hemos visto ya, que la parte de los hilos situada en el interior está fuera de la acción directa de los electrodos, y constituye una resistencia inútil; pero tiene la gran ventaja de ser de una construcción fácil, y su seccionamiento en bobinas independientes permite, en caso de accidente, reemplazar fácilmente las partes estropeadas.

TIPO DE TALLER. En este tipo, usado para el alumbrado eléctrico (fig. 9.^a), el inductor está formado por la armazón misma de la máquina y comporta dos electroimanes montados uno enfrente del otro, de manera que sus polos del mismo nombre se encuentran frente a frente. Cada uno de estos polos de fundición abraza la armadura casi en una semicircunferencia.

TIPO SUPERIOR. En este modelo, el inducido está colocado en la parte superior de la máquina. El electroimán de fundición termina en potentes piezas polares, envolviendo al inducido casi en sus tres cuartas partes.

El árbol central es soportado por dos soportes de fundición, formando cuerpo con la placa de fundación.

Esta máquina es muy sólida.

Máquina Siemens. En esta máquina, la arma-

dura está combinada de manera que el hilo está casi por completo sometido a la acción de los electrodos; el arrollamiento está hecho de manera que no presente partes internas como en el anillo Gramme.

El inducido (fig. 10) se compone de un núcleo

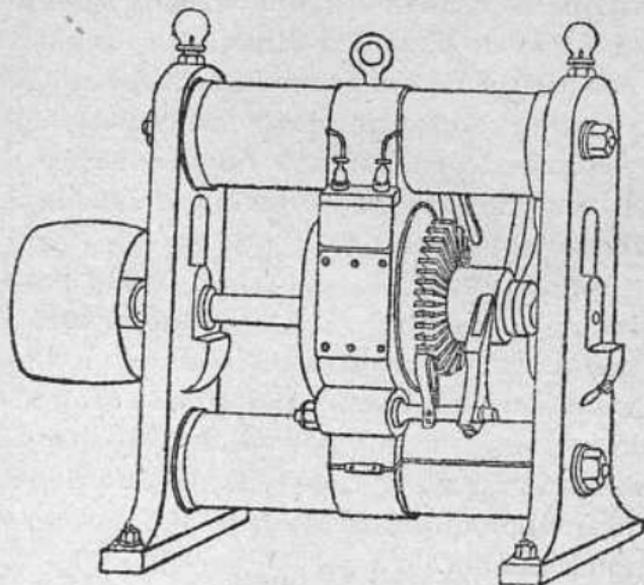


Fig. 9.*

cilíndrico de hierro rodeado de hilo; pero éste está arrollado en el sentido longitudinal y solamente sobre la parte exterior del cilindro. Las porciones de hilo que se cruzan sobre las dos bases del cilindro están también sin acción útil. Para disminuir este inconveniente se ha aumentado la longitud del cilindro. Esta máquina presenta un colector y un conmutador análogos a los de Gramme.

El hilo de la armadura está dividido en ocho bobinas. Las ocho bobinas (fig. 11) tienen sus dieci-

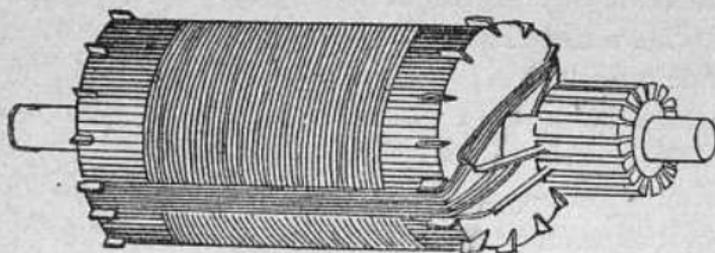


Fig. 10

séis extremos designados por las cifras 1, 2, 3..., 8, 1', 2', 3'..., 8'; la primera bobina comienza por 1 y

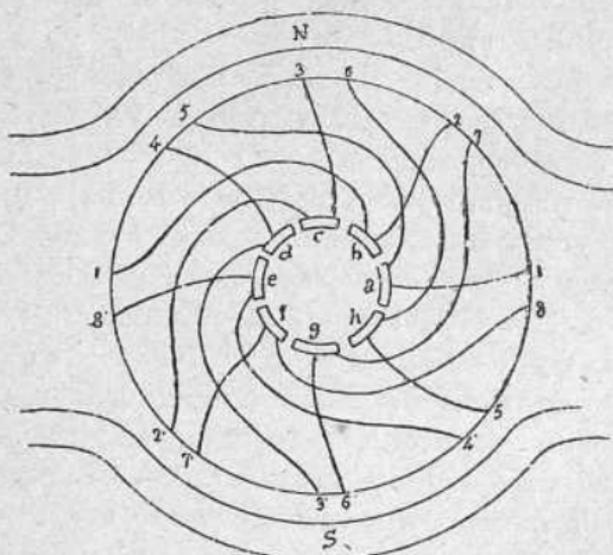


Fig. 11

termina por 1'; la segunda comienza por 2 y termina por 2', etc.

Sean *a* y *e* las dos láminas del colector en contacto con las escobillas. Las dos corrientes inducidas en la armadura que, como en el anillo Gramme, vienen a asociarse en cantidad en el circuito exterior, siguen respectivamente los caminos *a-11'-b-22'-c-33'-d-44'-e* y *a-55'-h-66'-g-77'-f-88'-e*.

En cuanto al inductor, se compone de dos electroimanes cuyos polos del mismo nombre están colocados enfrente, de manera que constituyan dos campos magnéticos de orientación inversa, el uno a la parte superior y el otro a la inferior del aparato. Estos inductores, formados de una serie de láminas de hierro, están ligeramente arqueados sobre la bobina, produciendo así un campo magnético bien repartido.

Los hilos de los electroimanes están arrollados sobre armazones de palastro y que se colocan después sobre los núcleos.

Esta máquina puede, bajo esta forma, emplearse en la producción de la luz, para el transporte de fuerza y la galvanoplastia; basta para esto hacer variar, en consecuencia, las dimensiones de los órganos y los diámetros de los hilos.

Máquina Edison. Las máquinas Edison no presentan en su construcción ningún principio particular. El núcleo de la armadura está formado por hilos de hierro, como el de Gramme; sobre este núcleo, el conductor inducido está arrollado conforme a la disposición Siemens; en fin, el colector es idéntico al colector Gramme.

La particularidad de esta máquina consiste en

las grandes dimensiones dadas al inductor. Este se compone, en efecto, de dos bobinas verticales de gran altura, reunidas en sus extremos superiores por un bloque de hierro y formando así un electroimán muy potente. Estas bobinas terminan por bajo en dos piezas macizas de hierro, que constituyen los polos magnéticos entre los que se mueve la armadura.

Las bobinas que componen el anillo inducido son de número impar, a la inversa de las otras máquinas. De esta manera no están diametralmente opuestas dos a dos, y las escobillas no pueden nunca meter a la vez más que una en corto circuito.

Las máquinas Edison tienen muy débil resistencia interior. Se destinan al alumbrado eléctrico por incandescencia, y deben emplearse con lámparas dispuestas en cantidad. La excitación de los inductores es producida por una derivación de corriente de la máquina o por el sistema compound.

Hay un modelo en que el inducido está comprendido entre cuatro electros verticales.

Máquina Thury. La máquina Thury es multipolar; tiene seis polos y seis escobillas.

Los electros, formados de placas de hierro plano, están dispuestos como los lados de un hexágono, en los vértices del cual están colocadas las bobinas.

La excitación se hace, bien completamente en derivación con un potencial variable regulado por un regulador, bien con doble arrollamiento com-

pound y un potencial constante. El arrollamiento de la bobina es análogo al de Siemens, salvo algunos detalles de construcción.

Estas máquinas son notables por el poco trabajo interior que absorben, por su poco peso y su velocidad, que no pasa de 600 vueltas. Se emplean para el alumbrado y el transporte de fuerza.

Máquina Recheinwsky. Esta máquina está caracterizada por la construcción de los núcleos inductores e inducidos, que están hechos con láminas

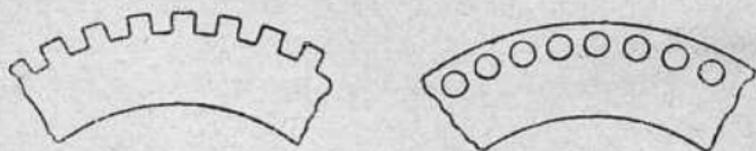


Fig. 12

de hierro dulce, aisladas entre sí; este sistema disminuye mucho el peso de la máquina.

Las corrientes de Foucault quedan reducidas en una gran proporción.

El inducido de forma dentada (fig. 12) tiene la ventaja de proteger bien el hilo.

La buena utilización de los materiales ha permitido dar a la máquina una gran ligereza.

Dínamos de polos interiores Siemens y Halske. Lo que caracteriza estas máquinas es que la misma armadura sirve de colector. Los inductores *I* fijos (fig. 13) están colocados en el interior del anillo, en número de diez, y presentan una sección rectangular y están fijados en la dirección de los radios en un bastidor anular.

El núcleo del inducido está formado de discos de palastro aislados. La armadura es sostenida en falso por brazos *a* aislados y fijados a una estrella de bronce. El arrollamiento del inducido se compone de barras de cobre *d*. Los extremos de estas barras están reunidos por un estribo *c*, de manera que forme un espiral continuo, cuyas diferentes

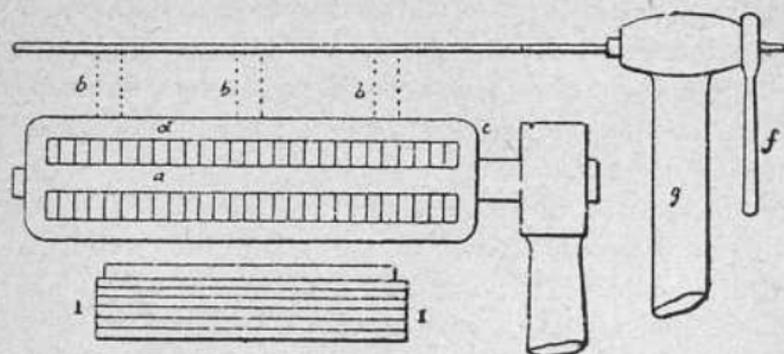


Fig. 13

partes están aisladas entre sí. Las barras exteriores *d* sirven de colector. Cada portaescobilla está provisto de tres escobillas *b*. Los portaescobillas están adaptados a una estrella *g* que se mueve por medio de una rueda que engrana con otra dentada. Los portaescobillas pueden hacerse girar por las palancas *f*, unidas por piezas de corredera con otra estrella.

Estas máquinas están unidas directamente al motor. Una dínamo de este género instalada en la estación eléctrica de la Spandanerstrass de Berlín, puede suministrar 2.000 amperios y 140 voltios con una velocidad de 80 vueltas. La pérdida de

potencial en el inducido es de 3,5 por 100. El peso total es de 26.000 kilogramos. El rendimiento es de 95 por 100.

Dínamo Desroziers. Esta máquina se distingue de las dinamos precedentes por la disposición de su inducido, que tiene la forma de un disco, y por la supresión de la masa de hierro que en las máquinas de anillo y de tambor constituye el núcleo del inducido. El campo magnético es creado por los electroimanes solos. De esta manera se suprimen los efectos perjudiciales debidos a las corrientes de Foucault.

El sistema inductor es multipolar.

Los diferentes tipos de estas dinamos construídos hasta ahora tienen seis o diez polos.

Si se considera, por ejemplo, una máquina de seis polos, el campo entero comprende seis zonas alternadas, de las cuales son tres de flujo positivo y tres de flujo negativo. Se puede, por lo tanto, representar esquemáticamente este campo (fig. 14). Las líneas de separación representan las regiones para las cuales la intensidad del campo es nula. Los ejes de simetría de las seis zonas son, por el contrario, las regiones para las cuales la intensidad del campo es máxima.

El inducido está formado esencialmente de porciones de hilos radiales comprendidos entre dos circunferencias concéntricas al árbol. Estos hilos están unidos entre sí, en un orden determinado, por desarrollos de círculos. Las conexiones forman, por consecuencia, dos coronas de hilos: una

exterior, la otra interior a la corona de los hilos radiales, no existiendo ningún cruzamiento de hilos en todo el arrollamiento.

La recta OA es una región neutra; el despla-

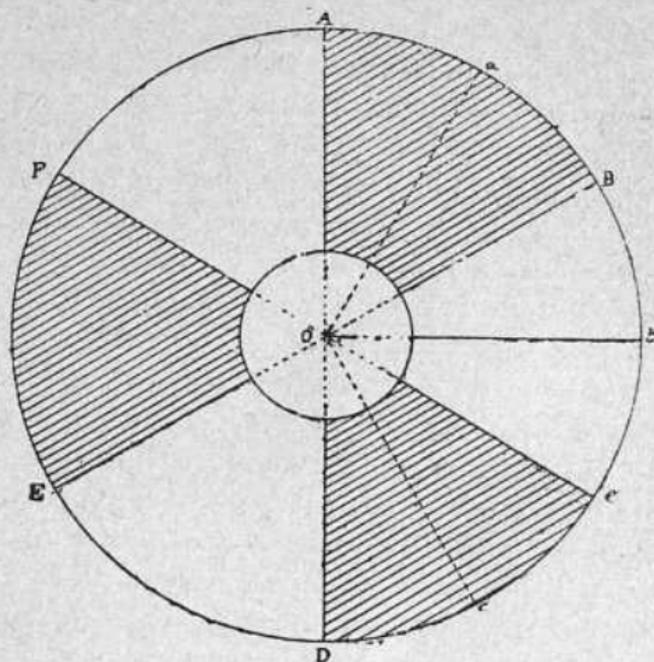


Fig. 14

miento de un hilo radial en esta región no desarrollará en este hilo ninguna fuerza electromotriz.

A medida que éste avanzará hacia el eje oa de la primera zona de flujo positivo, una fuerza electromotriz más y más grande se producirá. Después esta fuerza decrecerá, para venir a ser nula cuando el hilo esté en OB . La fuerza será de sentido con-

trario y creciente en valor absoluto hasta *ob*; decrecerá en valor absoluto hasta *oc*, en que volverá a ser nula. En una vuelta completa se reproducen tres veces los mismos fenómenos.

La potencia de una máquina es proporcional, como se ha visto, a la velocidad del inducido, al campo inductor, a la intensidad de la corriente que circula en las secciones inducidas.

En las máquinas Desroziere, estos tres elementos son susceptibles de ser perfectamente utilizados. En efecto, la disposición en rayos de los hilos permite alcanzar velocidades elevadas, no teniendo otra acción la fuerza centrífuga que exponer el conjunto a un trabajo de extensión. Además, por la disposición de los hilos se puede alcanzar una velocidad lineal de 20 a 25 metros, sin que la velocidad de rotación sea considerable. Los campos magnéticos poseen una gran potencia, porque la reacción del inducido sobre el inductor está muy disminuída por la ausencia del núcleo de hierro y la supresión de las corrientes de Foucault, cuyo efecto es aumentar la temperatura del hilo; en fin, los hilos inducidos, estando separados los unos de los otros, están sometidos a una ventilación que les impide calentarse.

Esta máquina es muy empleada en los buques e igualmente en las estaciones centrales.

Máquinas Thomson-Houston. En estas máquinas la intensidad de corriente permanece siempre constante, cualquiera que sea el trabajo que produzcan, y es en cierta manera independiente de la

velocidad. Se llega a esto por medio de un regulador automático que obra para mover las escobillas, de manera que hace variar la fuerza electromotriz según la resistencia a vencer. Así, estas máquinas convienen perfectamente para una distribución de electricidad destinada a aparatos dispuestos en serie, porque en este caso la intensidad es independiente del número de aparatos en servicio.

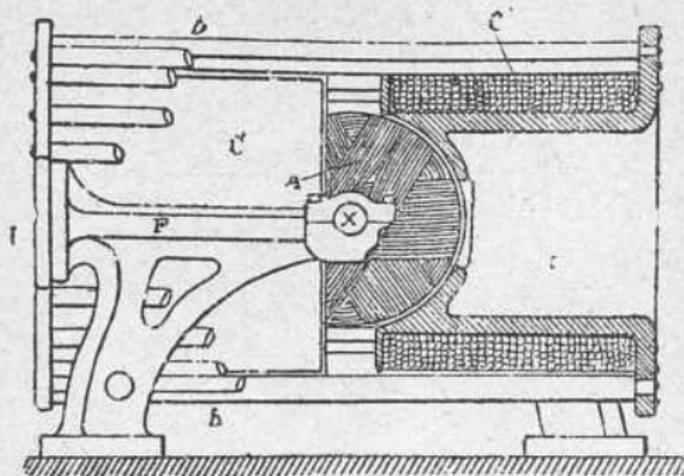


Fig. 15

El inductor comprende dos bobinas C y C' (figura 15) arrolladas sobre cilindros huecos colocados de cabo a cabo, de manera que permiten solamente el paso del árbol de rotación. Al interior, los cilindros terminan por una cavidad esférica, en la cual se aloja el inducido. Sus extremos opuestos forman dos rebordes exteriores reunidos entre sí por barras de hierro, que mantienen los dos cilindros y sirven para proteger las bobinas.

La máquina está excitada en serie.

El inducido tiene forma de una esfera un poco aplanada (fig. 16). Su núcleo se compone de dos casquillos de fundición *S* y *S*, reunidos por barras de hierro *dd*. Sobre esta esfera se arrolla el hilo de hierro *W* que forma el núcleo. Este último está

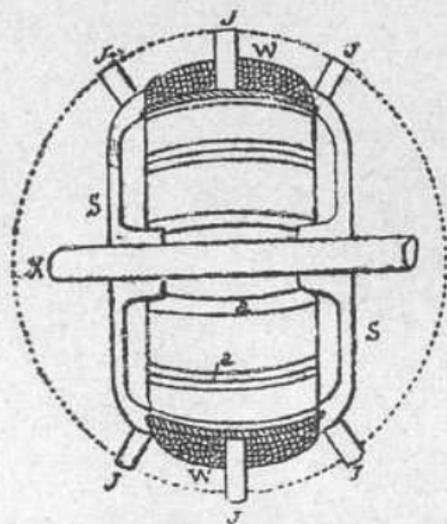


Fig. 16

recubierto de varias capas de papel aislante, sobre el que se arrolla el hilo de cobre aislado.

El inducido tiene sólo tres bobinas. Sobre cada semiesfera están colocadas varillas de madera dura, *JJ*, que sirven para retener los hilos y para guiar el arrollamiento.

Las bobinas están mantenidas por hilos gruesos de latón *gg*.

Estas tres bobinas funcionan como tres anillos

calados a 120° uno de otro. La figura teórica 17 las representa reducida cada una a una espira central. Cuando giran son atravesadas por una corriente que cambia de sentido cada vez que pasan por el plano perpendicular al eje de los inductores, es decir, dos veces cada vuelta.

El colector sirve para recoger estas corrientes y enderezarlas. Este está formado de tres segmentos

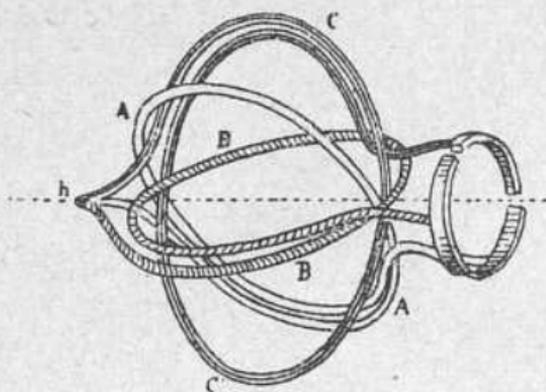


Fig. 17

de cobre aislados entre sí y ocupando cada uno un tercio de la circunferencia. Cada segmento está unido al extremo en que termina la bobina, y los tres extremos en que comienzan están soldados en *h*.

La figura 18 representa teóricamente el colector y las escobillas que frotan en su superficie. Las escobillas son cuatro y están unidas eléctricamente dos a dos: B_1 con B_2 ; B_3 con B_4 . Se tienen así dos pares de escobillas para cada borna positiva y negativa. Las escobillas del mismo nombre están

separadas por un ángulo de 60° sobre el colector; las de nombre contrario, por un ángulo de 120° . Las tres bobinas, tal como están representadas sobre la figura por 1, 2 y 3, están, por consiguiente,

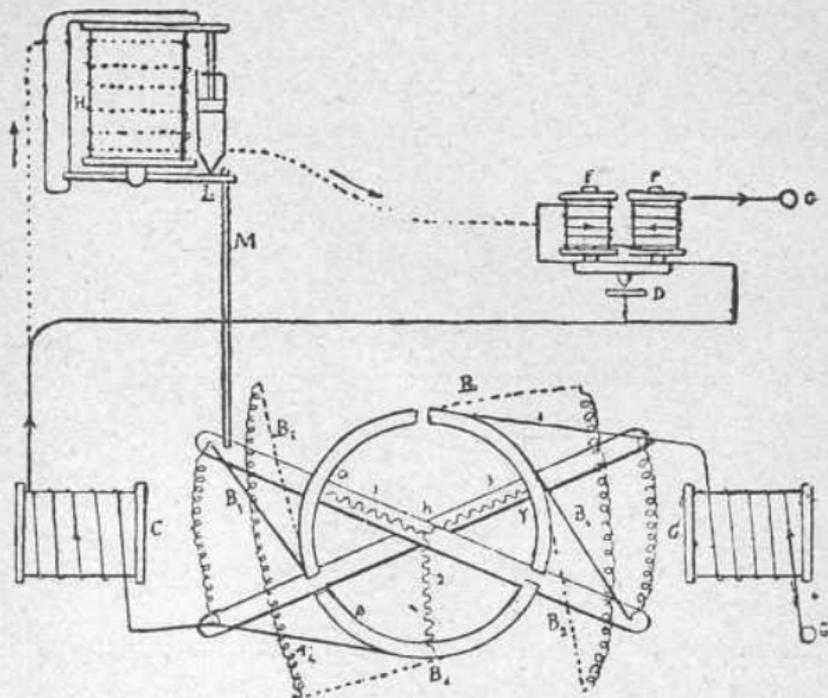


Fig. 18

siempre en circuito: la 1 y 2 están reunidas en cantidad y éstas están en tensión con la 3.

Supongamos ahora que se decalan las escobillas, estando las de cada par desplazadas en sentido inverso una de otra, de forma que su ángulo sea mayor que 60° , como lo indican los trazos de puntos de la figura.

Las escobillas de nombres contrarios están entonces a menos de 120° una de otra, es decir, a una distancia menor que un segmento del colector. En este caso, las tres bobinas están en corto circuito. En efecto, partiendo la corriente de h , punto de unión de las tres bobinas, llega al segmento α por la bobina 1; llega también por la bobina 2 al segmento β , la escobilla B'_4 y la escobilla B'_3 . Del segmento α pasa al segmento β por B'_1 y B'_2 ; después atraviesa la bobina 3 y vuelve al punto h . La producción de la máquina está, por consiguiente, detenida.

Pero aunque no sea alimentado por el inducido, el circuito exterior recibe también una corriente. Porque a cada corto circuito los inductores se desimantan un poco y producen una corriente que prolonga la de las bobinas. El inductor sirve de volante de intensidad. La imantación perdida es restituída cuando el inducido es puesto de nuevo en circuito con los inductores.

Para que la fuerza electromotriz se modifique según las necesidades del circuito exterior, se ha imaginado el sistema siguiente, que produce el decalado automático de las escobillas:

G y G' (fig. 18) representan las dos bornas de la máquina; C y C' , los electroimanes inductores. La corriente atraviesa un doble solenoide FF' , en el que se mueven dos núcleos reunidos por una culata suspendida de un resorte que se puede regular. La corriente es conducida al solenoide por un contacto D . Con el fin de evitar las chispas en

este punto, está establecida en derivación una resistencia de carbón N , sobre el contacto D , que no deja pasar más que una parte de la corriente principal.

Si la intensidad de corriente viene a ser muy fuerte a consecuencia de la disminución de resistencia del circuito exterior, el solenoide atrae su armadura y el contacto en D se rompe. La corriente de la máquina sigue entonces la línea de puntos y atraviesa el electroimán H , que atrae su armadura L . Esta, por medio de la varilla M , obra sobre las escobillas B_2 y B_3 , sostenidas por una barra rígida móvil alrededor del eje del inducido, y las hace girar. Por una serie de palancas acciona una segunda barra que sostiene las escobillas B_1 y B_4 y las hace girar en sentido contrario.

Un freno de glicerina dispuesto sobre la armadura L atenúa los movimientos muy bruscos.

Gracias a esta disposición, cada vez que la intensidad de corriente varía a consecuencia de los cambios de resistencia del circuito exterior, debidos, por ejemplo, al encendido o extinción de cierta cantidad de lámparas, la regulación automática conduce la intensidad a su valor normal. El mismo efecto se produce cuando la velocidad de la máquina varía.

Una disposición ingeniosa de soplamiento permite emplear fuerzas electromotrices que pueden pasar de 2.000 voltios sin que se produzcan chispas sobre el colector. Mr. Thomson ha notado que una fuerte corriente de aire puede impedir que se

establezca ningún rastro de polvo sobre las piezas metálicas del colector, y que determine las chispas. Un pequeño ventilador rotativo montado sobre el árbol de la máquina envía seis veces por vuelta un chorro de aire sobre los extremos de las escobillas en el momento en que cada segmento se separa de la escobilla. Se puede entonces engrasar el colector sin inconveniente y evitar el desgaste.

Esta dínamo conviene para las lámparas de arco dispuestas en serie y el alumbrado de las calles.

CAPITULO III

Máquinas de corrientes alternativas

Teoría. Las máquinas de corrientes alternativas descansan en el principio siguiente:

Las bobinas inducidas están colocadas sobre la periferia de un disco, y se mueven entre los polos opuestos de dos series de electroimanes (fig. 19).

Estos polos son alternativamente de nombres contrarios, de tal suerte que las líneas de fuerza de dos campos magnéticos sucesivos tienen direcciones opuestas. La corriente inducida es, por lo tanto, de sentido contrario en dos bobinas sucesivas, y se ha llegado a asociar las acciones de estas diferentes corrientes reuniendo las bobinas como lo indica la figura. Además, como el sentido de la corriente se modifica en cada bobina cuando ésta pasa de un campo magnético a otro, cambia, a la vez, en todas las bobinas y, por consecuencia, en el circuito exterior, entre las escobillas, donde es recogida.

Como la velocidad de rotación es considerable, el paso de las bobinas por delante de los electros

se sucede a intervalos muy pequeños. Lo mismo sucede en las inversiones de corriente, y se llega a tener en el circuito exterior corrientes alternativas muy multiplicadas.

Las corrientes alternas se distinguen entre sí

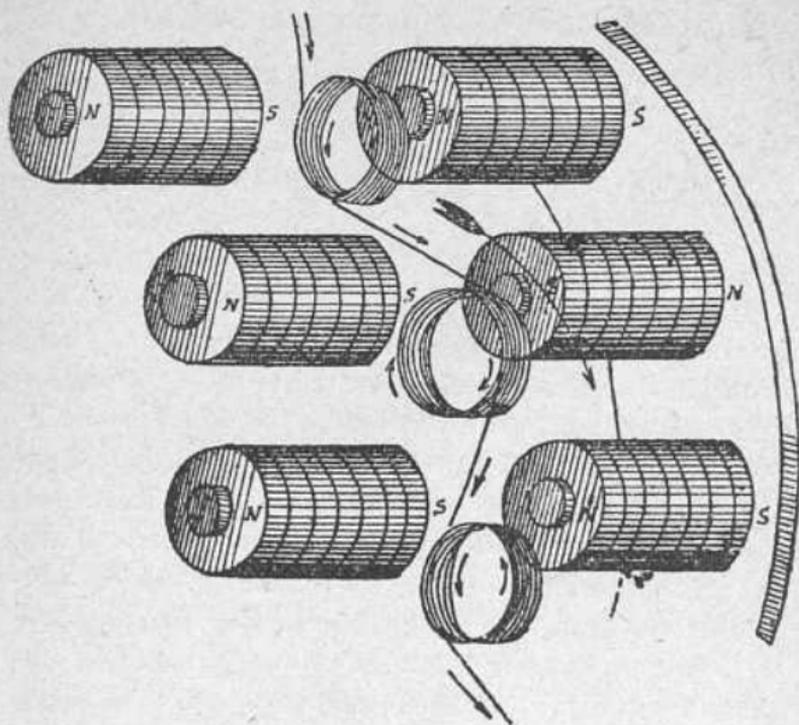


Fig. 19

especialmente por el *número de cambios* de flujo por segundo. Dos cambios (semiondas) forman un período. El número de períodos por segundo se llama *frecuencia*. En general, se acostumbra dar a los alternadores la frecuencia de 50 períodos,

igual a 100 cambios de corriente. Además de la corriente alterna simple, representada por una onda (*corriente monofásica*), las hay de dos o más fases, teniendo entre ellas la mayor importancia la *corriente trifásica*. Esta consta de tres corrientes alternas, pero cuyas pulsaciones (semiondas) están retardadas entre sí en $\frac{1}{3}$ de período, como lo representan las tres ondas de la figura 20. Los

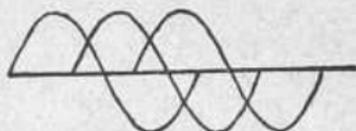


Fig. 20

alternadores tienen en vez de colector de delgas unos anillos rozantes sencillos, sobre los que se apoyan las escobillas para recoger la corriente

producida. Los alternadores se pueden construir también de manera que el inducido sea fijo (*estator*, que está dentro de la armazón) y que las piezas polares giren (*rotor o campo rotatorio*). En estas máquinas la corriente continua para la excitación del campo magnético se conduce al inductor por dos anillos rozantes. Se puede tomar de una máquina de continua separada (*excitación independiente*) o se suministra por una pequeña dínamo (*excitatriz*) montada en el mismo árbol del alternador (fig. 21).

El inducido (estator) de los alternadores trifásicos tiene tres grupos de bobinas; los seis extremos de estos tres arrollamientos se unen de manera que vayan conectados con ocho bornas (terminales). Esta conexión se puede ejecutar de modo que los tres conductores se unan en un punto (*montaje*

en estrella o Y) (fig. 22) o que formen un triángulo (montaje en triángulo o delta) (fig. 23).

Del centro de la estrella, figura 22, o punto

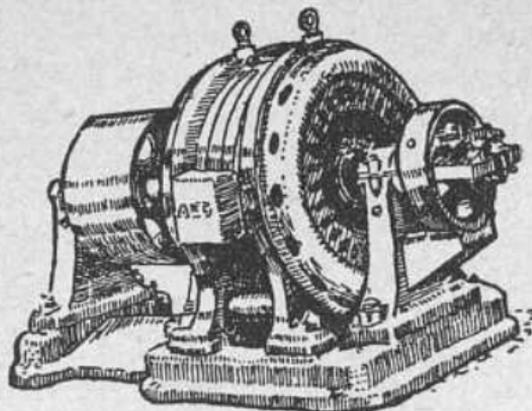


Fig. 21

neutro se puede derivar un hilo, llamado *hilo neutro*. La tensión entre los tres hilos conductores de las corrientes llamadas fases y el hilo neutro se

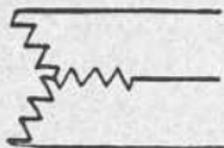


Fig. 22

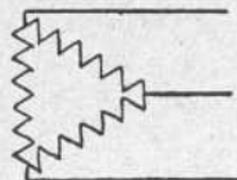


Fig. 23

llama *tensión simple*, y la diferencia de potencial que existe entre las fases, *tensión compuesta*. La tensión compuesta es igual al producto de la simple por 1,73 ($\sqrt{3}$) (fig. 24).

La potencia eléctrica, por ejemplo, de una generatriz se expresa en *vatios* (W). Para la corriente continua, la potencia es igual al producto de la tensión por la intensidad (vatio = voltio \times amperio): 1.000 vatios forman un *hilovatio* (kw.). El trabajo (energía) producido por una fuerza electromotriz es el producto de la potencia por el tiempo en que se verifica el trabajo, y se mide en *vatios hora* (W. h.) y kilovatios hora (Kw. h.).

Mientras para la corriente continua el vatio es

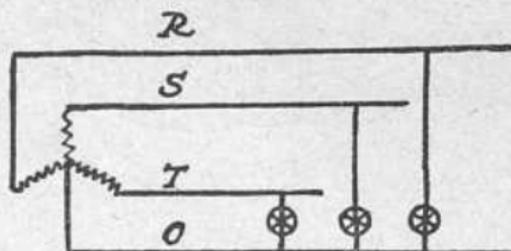


Fig. 24

igual al voltio multiplicado por el amperio, *para la corriente trifásica vale la fórmula: Vatio = 1.73 \times voltios \times amperio* (de un circuito) \times $\cos \varphi$. El término «coseno de φ » es la expresión matemática para el *factor de potencia*, y representa la relación entre la potencia aparente voltio-amperio (voltio \times amperio \times 1.73) y la verdadera; su valor, término medio, es 0,8. Como la tensión de las generatrices se altera dentro de ciertos límites según el valor que tome la carga, hace falta una regulación para lograr cierta regularidad de tensión. La f. e. m. producida depende de la fuerza del cam-

po magnético. La regulación se efectúa, por consiguiente, modificando la corriente de excitación. Para este efecto se utilizan *reguladores de campo* o *reóstatos de excitación* (fig. 25) que son resistencias que consumen una parte de la energía destinada a la excitación. La regulación se hace con la ayuda de una manivela o palanca que permite intercalar y desconectar los valores de resistencia requeridos.

Mientras para las máquinas de corriente continua no hay otro medio de regulación que el reóstato del campo de excitación, en los alternadores con excitatriz directamente acoplada, además del reóstato del campo de la excitatriz, se puede introducir además otro parecido en el circuito de excitación del alternador, que recibe el nombre de *regulador de campo magnético* del alternador.

En las instalaciones donde la carga de las generatrices varía con frecuencia, y que, por consiguiente, necesitan una regulación frecuente, es conveniente substituir la regulación a mano por *reguladores o reóstatos automáticos*. Estos consisten en cajas de resistencia, en las que un pequeño electromotor conectado y desconectado por electroimanes, según las variaciones de la tensión, mueve la palanquita. Para los alternadores trifásicos se

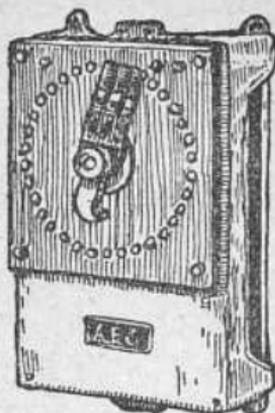


Fig. 25

pueden emplear también los *reguladores automáticos* «Tirrill» (fig. 26), que regulan la tensión de la excitatriz y aseguran la igualdad de la tensión trifásica aun cuando las alteraciones de la carga

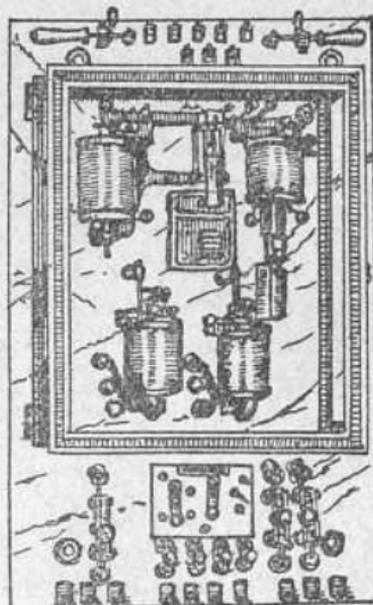


Fig. 26

son fuertes y bruscas. En casos especiales se emplean las dinamos excitatrices y los reguladores Tirrill para generatrices de corriente continua.

Máquinas Siemens. La dinamo o alternador Siemens está basado en el principio anteriormente expuesto. Tiene dos hileras de electroimanes fijos, dispuestos de manera que dos campos magnéticos sucesivos están orientados en sentido inverso. Las

bobinas inducidas giran entre estos electros, que están excitados por una máquina independiente de corriente continua, y su número es igual al de los campos magnéticos.

Los electros tienen por núcleos barras redondas de hierro dulce, sobre las que está arrollado el hilo inductor. La armadura móvil está formada de dos placas metálicas, cuya separación está mantenida por cabestrillos de madera, alrededor de los cuales está arrollado el hilo inducido. Los dos extremos del hilo inducido concurren respectivamente a dos anillos metálicos que constituyen el colector y sobre los que frotan las escobillas.

Máquina Gramme. En las máquinas de este sistema para corrientes alternativas empleadas para el alumbrado, los electroimanes inductores son móviles y la armadura fija. Esta tiene la forma de un cilindro bastante largo, recubierto de hilo y seccionado en bobinas distintas, como el anillo de la máquina de corriente continua.

En el interior de este cilindro hay ocho electroimanes inductores, dispuestos radialmente de manera que, sobre la circunferencia exterior, sus polos sean alternativamente de nombre contrario.

Esta disposición suprime el colector; la corriente excitadora es conducida por dos escobillas a dos círculos distintos y aislados, fijados sobre el árbol de la máquina, y de allí pasa sucesivamente por las bobinas de los electros. Al principio, esta corriente provenía de una máquina separada, lo que complicaba las transmisiones y se necesita-

ban dos dínamos diferentes. M. Gramme ha simplificado esta disposición. La máquina actual se compone en realidad de dos máquinas distintas (fig. 21), pero que están montadas sobre el mismo eje y puestas simultáneamente en movimiento. Una de ellas es una dínamo ordinaria de corrientes alternativas; la otra sirve de excitatriz, y es de co-

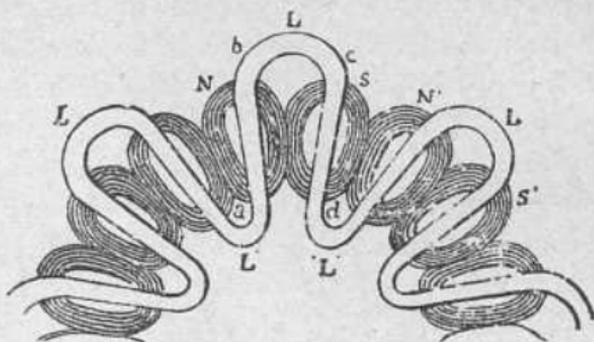


Fig. 27

rriente continua. La instalación resulta así más sencilla y menos costosa.

Existen tres tipos corrientes de esta máquina llamada *autoexcitatriz*.

Máquina Ferranti. Esta dínamo posee una armadura inducida que gira entre dos hileras circulares de electroimanes, cuyos polos cambian de nombre alternativamente. Cada fila (fig. 27) contiene 16 electros *N, S, N', S'...* montados en serie y excitados por una dínamo independiente.

La armadura se compone de una larga banda de cobre de 36 metros de longitud, 12 milímetros de ancho y 2 milímetros de espesor. Esta está re-

curvada en forma de festón siguiendo la curva LL . El número de estos bucles es de 8; es decir, la mitad del número de los electros; se arrolla 12 veces siguiendo esta misma curva, formando así 12 bucles aislados entre sí. Estos dos extremos están soldados a dos piezas aisladas fijadas al eje, sobre las que frotan las escobillas.

Sean dos partes contiguas ab , cd de esta banda. Cuando ab se aproxima al campo magnético N , cd se aproxima al campo S orientado inversamente. Las corrientes inducidas en los dos elementos son, por lo tanto, contrarias; pero como las direcciones $a'b$ y cd son asimismo opuestas, las dos corrientes se unen. Lo mismo sucede en todos los bucles, y la rotación produce una corriente en ab y cd cada vez que estos elementos pasan de un campo magnético a otro; es decir, 16 veces por vuelta.

Esta máquina no posee ninguna pieza de hierro en su armadura, que es, por lo tanto, muy ligera. De esta manera puede girar a 1.900 vueltas.

CAPITULO IV

Acoplamiento de las máquinas

Lo mismo que las pilas, pueden las máquinas agruparse en tensión o en cantidad; pero para esto hay que tomar ciertas precauciones, según que las máquinas sean de corriente continua o de corrientes alternativas y según la excitación de los inductores.

Dínamos de corriente continua. ACOPLAMIENTO EN SERIE. He aquí las diferentes maneras de proceder indicadas por M. Fontaine:

1.º Si los inductores están montados en serie (fig. 28), se reúne la borna — de una máquina a

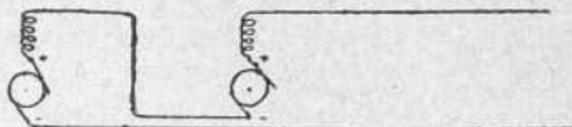


Fig. 28

la borna + de la otra; se une el circuito exterior con la borna + de la primera y con la — de la segunda.

En la práctica, no se reúnen más de tres o cuatro

máquinas de esta manera. Deben estar construídas para dar la misma intensidad, porque si no sería fácil que se quemaran los hilos de una máquina.

2.° Si los inductores están montados en derivación (fig. 29), no se pueden reunir las dos máquinas en serie dejando a cada una su excitación propia.

Se une la borna — de una máquina a la borna + de la otra; se une el circuito exterior a la bor-

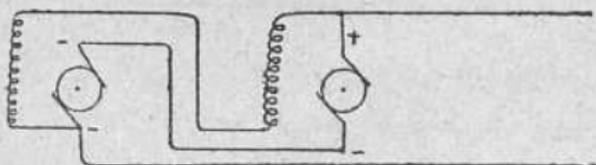


Fig. 29

na + de la primera y a la — de la segunda; después se reúne el hilo derivado de los inductores a la borna + de la primera máquina y la borna — de la segunda. Las máquinas excitadas en derivación poseen generalmente un regulador de corriente: éste es una resistencia variable intercalada en el hilo en derivación, y que permite regular a voluntad la corriente que alimenta los inductores.

3.° Si los inductores son de arrollamiento compound (fig. 30), se reúnen los hilos gruesos como en el acoplamiento (1) y los hilos finos como en el (2). Lo mismo que para las máquinas excitadas en derivación, es bueno en las máquinas compound colocar un regulador de corriente en el hilo en

derivación. Si varía el número de vueltas, este aparato permite regular la corriente.

Por estas diferentes disposiciones se ha buscado hacer recorrer los inductores de las dos máquinas por las mismas corrientes, con el fin de tener campos magnéticos iguales.

ACOPLAMIENTO EN CANTIDAD. Cuando se desea acoplar en cantidad dos máquinas excitadas en serie, una de ellas puede encebarse más rápida-

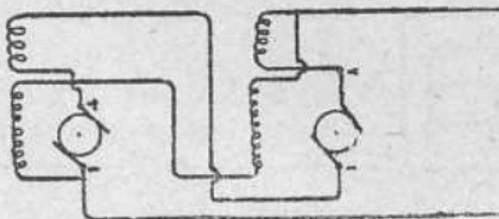


Fig. 30

mente que la otra; puede recibir de ésta una corriente en sentido contrario a la que produce ella. De esta manera absorbe, en pura pérdida, una parte del trabajo de la otra, y su imantación se encuentra invertida. El trabajo absorbido por este desarreglo puede acarrear la destrucción de los inducidos.

Para evitar estos accidentes se emplean las disposiciones siguientes:

1.º Si los inductores están montados en serie (fig. 31), se reúnen las dos bornas + y las dos bornas — de las máquinas; después se agrega entre las bornas + un hilo fino llamado *hilo de equilibrio*.

2.º Si los inductores están en derivación (fig. 32) se unen las dos bornas del mismo nombre de las

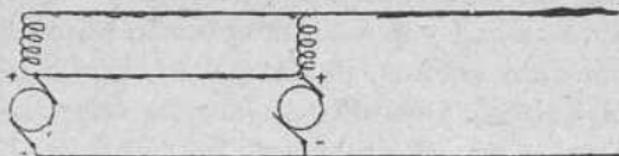


Fig. 31

máquinas y las extremidades correspondientes de los dos circuitos inductores.

3.º Si los inductores son de arrollamiento com-

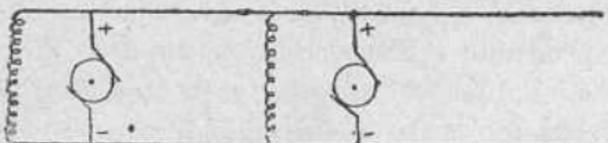


Fig. 32

pound (fig. 33), se procede como para los inductores en serie; después se reúnen los extremos de

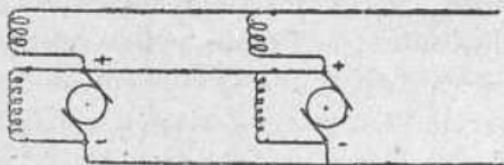


Fig. 33

los hilos finos al hilo de equilibrio de una parte y a las bornas negativas de otra.

Puesta en marcha y parada de las máquinas. Antes de poner en circuito una máquina, se comien-

za por hacerla marchar en vacío para comprobar si algún órgano se calienta. Después de esto se la intercala en el circuito. Se marcha desde luego a poca velocidad y se va aumentando poco a poco el número de vueltas, hasta que se llega a la velocidad normal. Cuando se trata de lámparas de arco no se cierra el circuito de las lámparas hasta que la máquina no marcha a la velocidad de régimen.

Para cesar en el trabajo no se debe interrumpir bruscamente el circuito mientras que la máquina está a plena carga; es necesario disminuir antes poco a poco la corriente. Una interrupción brusca puede producir extracorrientes capaces de destruir el aislamiento de los hilos en la dinamo, y el motor está expuesto a embalsarse.

Las operaciones que hay que hacer para poner en marcha o detener las dinamos no son las mismas cuando el circuito es de lámparas incandescentes que cuando es de reguladores de arco.

Cuando el circuito no tiene más que lámparas de incandescencia, antes de poner en marcha la dinamo, se cierran todos los circuitos, se inserta sobre el arrollamiento en derivación toda la resistencia del regulador y se hace girar la máquina. Cuando ésta ha alcanzado su velocidad normal, se opera poco a poco sobre el regulador para disminuir la resistencia, hasta que se obtiene la tensión deseada.

Durante la marcha, es necesario, cada vez que se apaguen o se enciendan lámparas, retirar o agre-

gar resistencias por medio del regulador y guiándose por el voltímetro.

Cuando se quiere parar la máquina, se cierra la entrada de vapor a la máquina, y a continuación se interrumpe el circuito.

Si se tienen que apagar todas las lámparas sin que se pueda previamente parar el motor, no se debe cortar súbitamente el circuito principal o el de excitación; es necesario, por medio de resistencia, disminuir poco a poco la corriente de la máquina. Cortando bruscamente el circuito, puede embalsarse el motor. Además, la extracorrente que toma origen en el electro puede destruir el aislamiento.

Cuando las lámparas de arco están montadas en serie, hay que esperar, para ponerlas en circuito, que la máquina haya tomado su velocidad normal.

Cuando, durante la marcha, se extingue una lámpara, es necesario reemplazarla por una resistencia equivalente por medio de un reóstato maniobrado a mano o bien automáticamente.

Para parar, se comienza por disminuir la velocidad de la máquina, hasta que aquélla sea inferior al tercio de la de régimen, y entonces puede interrumpirse el circuito de las lámparas. Obrando de otra manera hay exposición de que se produzcan descargas y se compromete el aislamiento de la máquina. Si no se puede detener la máquina, se debe reducir la intensidad agregando resistencias antes de cortar el circuito.

Para las lámparas de arco colocadas en derivación o en grupos múltiples, se procede de la misma manera; en los dos casos, se las enciende cuando la máquina ha alcanzado su marcha de régimen. Se ponen los diferentes grupos en circuito, uno detrás de otro, y se espera, para insertarlos, que las lámparas precedentemente encendidas hayan tomado su marcha normal, porque al principio las lámparas de arco exigen más intensidad que durante su marcha de régimen, y poniendo a la vez todos los grupos en circuito, podría verse la máquina precisada a desarrollar un trabajo muy grande.

Para apagar se ponen los diferentes grupos fuera de circuito, unos después de otros. Por medio de las resistencias y regulando convenientemente las escobillas, se mantienen las lámparas que restan a su intensidad normal. En fin, no se para la máquina hasta que todas las lámparas no estén fuera de circuito, porque de lo contrario se las expondría a que se deteriorara su mecanismo.

Es necesario apagar las lámparas mientras que la máquina tiene su marcha normal. En efecto, los reguladores de arco, salvo algunos tipos particulares, exigen siempre una corriente de intensidad determinada, y están regulados con arreglo a ésta. Si esta intensidad disminuye, se realiza una aproximación de los carbones, la resistencia decrece, se produce una corriente anormal y el regulador puede perjudicarse.

Las máquinas están construídas para un número

determinado de vueltas que indica el constructor. Es necesario verificar la dínamo de tiempo en tiempo con el velocímetro. Se debe instalar también un amperímetro y un voltímetro para comprobar si la intensidad y la diferencia de potencia permanecen en los límites deseados. Se puede comprobar también el buen funcionamiento de una máquina vigilando su temperatura. Cuando se calienta, es necesario disminuir la velocidad o introducir una resistencia auxiliar en el circuito.

Máquinas excitadas en derivación y agrupadas en cantidad. Cuando varias máquinas excitadas en derivación están agrupadas en cantidad, hay que tomar algunas precauciones para ponerlas en marcha y pararlas.

Supongamos dos máquinas núm. 1 y núm. 2 en estas condiciones (fig. 34).

Sean $C C'$ el circuito exterior, II los inductores, r un regulador de corriente, A un amperímetro; un interruptor o está colocado sobre la derivación del circuito principal; un interruptor p sobre la derivación que alimenta los inductores. Un voltímetro A puede estar en comunicación con cada máquina por un conmutador M .

Se pueden presentar dos casos: se quieren poner las dos máquinas en marcha a la vez, o bien se quiere introducir la segunda en el circuito mientras que la primera funciona. En el primer caso, habiendo sido intercaladas las resistencias totalmente en cada regulador R , antes de la puesta en marcha se cierran los interruptores O, P . Cuando

las máquinas han tomado su velocidad normal, se disminuyen poco a poco sus resistencias, hasta que el voltímetro indique la fuerza electromotriz

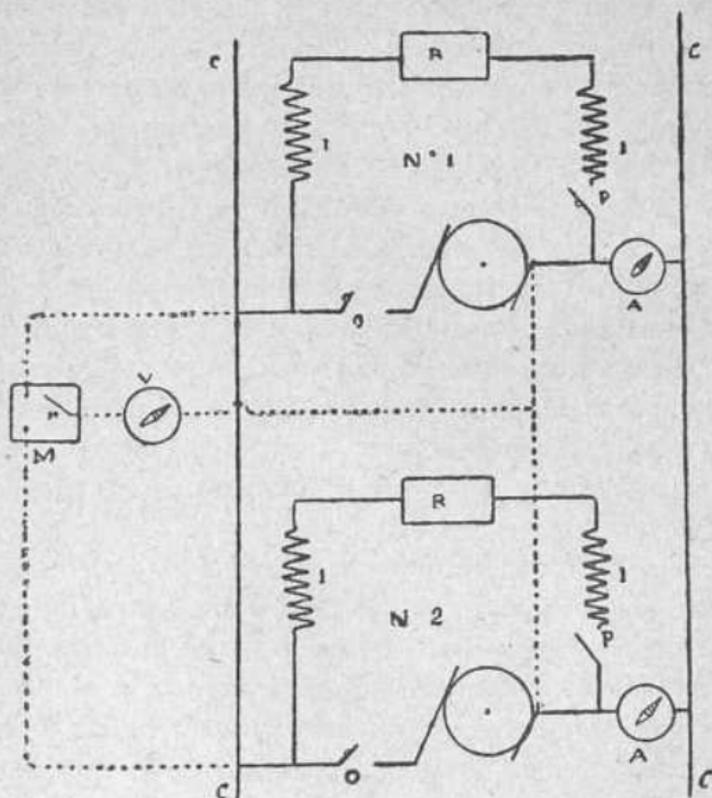


Fig. 34

deseada para cada dínamo. Si el amperímetro de una máquina marca mucha intensidad, se aumenta la resistencia de su regulador hasta que la intensidad sea la misma para las dos máquinas.

Supongamos ahora que, estando en marcha la

máquina núm. 1, se le quiere agregar la núm. 2. Se hace girar ésta, y cuando ha alcanzado su velocidad de régimen, se cierra el interruptor P' . Se mide con el voltímetro la tensión en la núm. 1, y se le da la misma a la núm. 2, maniobrando su regulador, y, por último, se cierra el interruptor O' .

Para parar la máquina núm. 2 sólo se aumenta la resistencia en R' hasta que la intensidad de corriente sea casi nula; se abre entonces el interruptor O' , después P' , y se detiene la máquina.

Para agregar una nueva dínamo en un circuito se emplean con frecuencia, en las grandes instalaciones, grupos de lámparas colocadas en la sala de máquinas, y sirven para crear resistencias que se intercalan en el circuito de la nueva máquina antes de unirla al circuito principal. Estos grupos de lámparas están provistos de interruptores.

En este caso se disponen (fig. 35) dos interruptores, P y Q , en el circuito que alimenta los inductores I e I ; m y n representan los dos conductores derivados, que alimentan el grupo de lámparas; un interruptor, B , está colocado en la derivación m .

Estando ya en marcha la dínamo núm. 1, si se le quiere agregar la núm. 2, se hace girar ésta a su velocidad de régimen; después se cierra el interruptor P' para alimentar los inductores. Se cierra el interruptor B' , se intercalan poco a poco lámparas en el circuito, hasta que se obtiene el mismo trabajo que en la núm. 1. Al mismo tiempo se regula la tensión con el regulador R' ; después

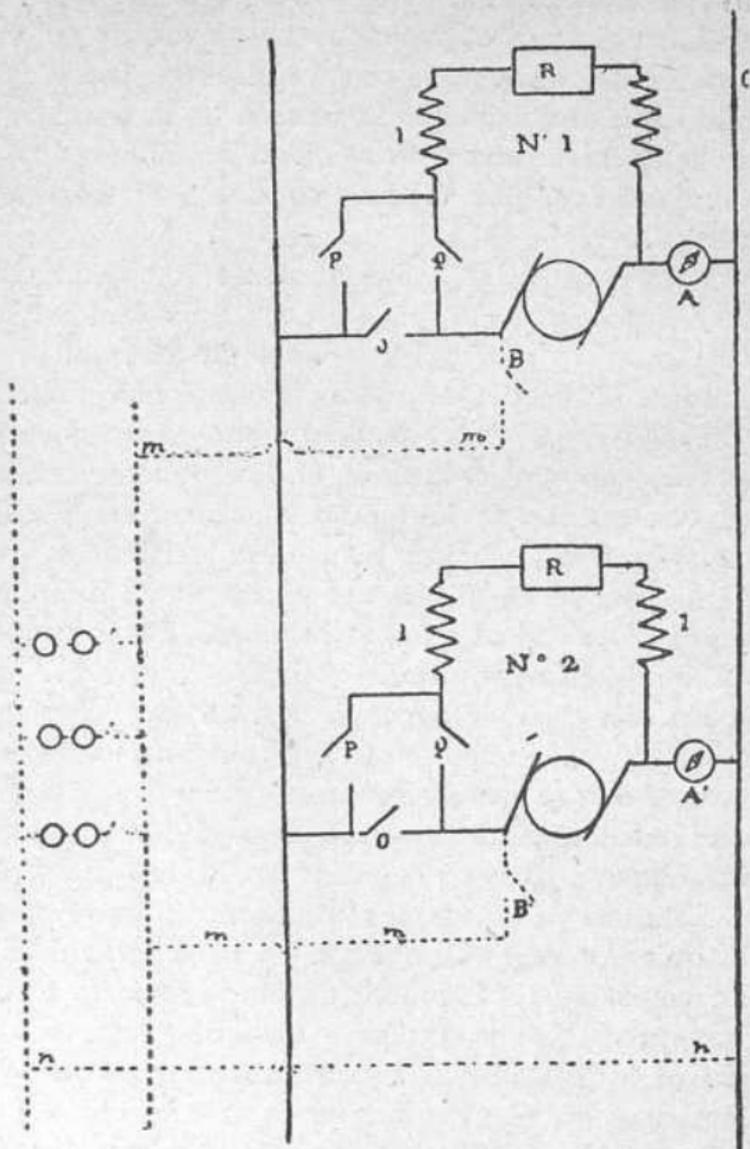


Fig. 35

se cierra el interruptor O' ; se retiran sucesivamente las lámparas del circuito, obrando sobre el regulador R para regular la fuerza electromotriz en las dos máquinas. Se abre entonces B' , se cierra Q y se abre P' .

Para poner la misma máquina fuera de circuito se cierra el interruptor B' y se intercalan lámparas en el circuito de manera que se tenga en el número 2 el mismo trabajo que la núm. 1 deberá suministrar más tarde. Se opera sobre los reguladores para establecer la fuerza electromotriz en las dos máquinas. Se abre entonces O' ; se retiran poco a poco las lámparas del circuito y se para la máquina.

Acoplamiento de las máquinas de corrientes alternativas. Estas máquinas no se pueden asociar en serie, porque las corrientes toman fases opuestas de alternitud y se neutralizan una con otra.

Se las puede, por el contrario, agrupar en cantidad, porque se produce en este caso una concordancia espontánea en las diferentes fases, y las corrientes se unen entre sí. Esta concordancia se establece algunas veces de una manera brusca, y la corriente exterior sufre una variación muy rápida susceptible de deteriorar los aparatos. Si se pueden acoplar las máquinas en el momento en que se produce una de estas concordancias, se evitan estos inconvenientes. He aquí un medio que permite encontrar el momento en que las corrientes concuerdan.

Si se reúnen en conjunto las bornas del mismo nombre de dos máquinas de corrientes alternativas,

los dos conductores $m n$ no serán atravesados por una corriente más que cuando las corrientes de las dos máquinas sean de sentido opuesto, como lo indica la figura 37, y esta corriente tendrá una tensión doble de la de cada máquina. En el caso contrario, cuando las máquinas concuerdan, los conductores $m n$ no reciben ninguna corriente (fig. 36). Por consiguiente, si se coloca sobre uno de los conductores una lámpara de incandescencia A , de una

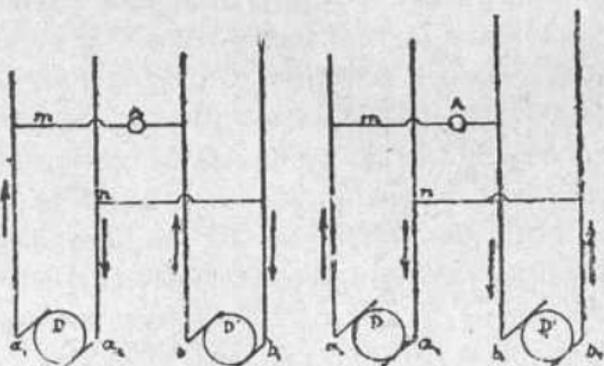


Fig 36

Fig. 37

resistencia apropiada, estará encendida o apagada, según que la corriente pase o no; es decir, según que las máquinas estén opuestas o en concordancia.

No habrá, por lo tanto, más que aprovechar el momento en que la lámpara se apaga para acoplar las máquinas.

Como se deben unir los conductores cuando las corrientes son del mismo sentido, se podrán reunir, respectivamente, $a_1 b_2$ y $a_2 b_1$ en la figura 36, y $a_1 b_1$, $a_2 b_2$ en la figura 37.

Indicador de fases. Como las corrientes alternativas se emplean generalmente a alta tensión, no se puede poner directamente una lámpara sobre los hilos $m n$; es preferible transformar la corriente

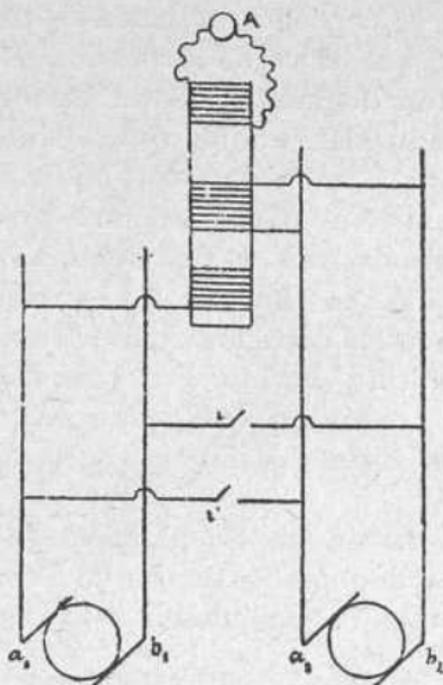


Fig. 38

primaria en una corriente de baja tensión antes de enviarla a la lámpara.

El aparato empleado para este uso es basado en el hecho siguiente: dos corrientes alternativas de fases diferentes obran simultáneamente por inducción sobre un tercer circuito, que puede, en ciertos casos, debilitar sus acciones inductoras, y asimismo anularlas. Supongamos, por consiguiente (fig. 38),

un transformador de corrientes alternativas poseyendo tres arrollamientos. Los dos primeros son recorridos, respectivamente, por las corrientes que llegan de las dínamos, y el tercero forma el circuito secundario; la corriente inducida es llevada a la lámpara A , que sirve de indicador. Los arrollamientos están dispuestos de tal manera, que las corrientes inducidas se anulan cuando las corrientes primarias son de un mismo sentido; entonces el circuito secundario no recibe ninguna corriente inducida, admitiendo que las dos máquinas tengan la misma tensión. La lámpara A se extingue, por lo tanto, cuando las corrientes que parten de a_1 y a_2 tengan el mismo sentido. Entonces dos interruptores, i e i' , permiten reunir los conductores, y el acoplamiento de las dos dínamos en cantidad queda efectuado.

Antes de hacer este acoplamiento es necesario que las dos máquinas estén en las mismas condiciones de trabajo, llegándose a esto por medio del uso de resistencias.

He aquí la serie de operaciones que hay que efectuar para acoplar la dínamo 2 a la dínamo 1:

Cada dínamo de corriente alternativa está provista de una máquina excitatriz. Antes de reunir las 1 y 2, se acoplarán las excitatrices. Con este objeto, éstas están provistas de una resistencia, con el fin de que la excitatriz 2, al entrar en función, no perturbe la tensión de la corriente excitadora.

Se pone la dínamo 2 en marcha; se envía la corriente excitadora a que alimente la dínamo 1; se

intercala en el circuito 2 tanta resistencia como hay en el circuito de la dínamo 1; esta resistencia será indicada por los amperímetros. Se establece entonces el circuito del indicador de fases; cuando la lámpara se extingue, se cierran los interruptores colocados entre las dos máquinas y, por último, se suprime poco a poco la resistencia de los dos cuadros.

CAPITULO V

Montaje y entretenimiento de las máquinas

Local. Generalmente se colocan las máquinas en el mismo local en que están las máquinas que han de accionarlas.

La sala de máquinas debe estar al abrigo de la humedad, para evitar las pérdidas de electricidad; libre de polvo, que puede perjudicar a las máquinas, y bastante clara, para que puedan limpiarse con mucho esmero. Debe evitarse que se acumulen gases que pueden formar con el aire mezclas detonantes.

Las fundaciones deben ser muy sólidas, con el fin de impedir las trepidaciones; para las máquinas de alta tensión, la base de fundación de la máquina y sus bulones deben estar bien aislados del suelo. Con este objeto se coloca entre la máquina y la fundación un marco de madera o una capa de asfalto, y se pone bajo la cabeza de los bulones fibra aisladora. Los agujeros de los bulones deben revestirse de esta misma materia.

Con el fin de poder tensar la correa de transmi-

sión, se coloca la dínamo sobre un bastidor (figura 39) de hierro colado, que se sujeta a las fundaciones y que lleva carriles en relieve para que pueda resbalar la dínamo o ranuras en forma de carril de doble T, en las cuales encajan los tornillos. Esta disposición permite regular con gran facilidad la tensión de la correa de transmisión, separando la dínamo cuando se afloja, o aproximándola en caso

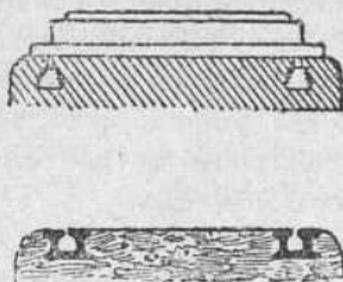


Fig. 39

contrario cuando la tensión es demasiado grande y el rozamiento muy duro.

Cuando las dínamos están colocadas en la vecindad de casas de habitación, es necesario, para evitar los ruidos debidos a las trepidaciones, que sus fundaciones estén independientes de las de los muros.

Motores. La cuestión del motor tiene una gran importancia, sobre todo para el alumbrado. En efecto, la fijeza de la luz depende de la constancia de la velocidad. Las variaciones en el número de vueltas producen, particularmente en las lámparas incandescentes, irregularidades de alumbrado muy

desagradables a la vista y perjudiciales a la duración de las lámparas. Así, pues, se debe evitar que las máquinas sean accionadas por un motor que mueva a la vez otras máquinas que sea necesario detener con frecuencia. El trabajo de estos motores no es nunca constante, y la velocidad de la máquina eléctrica no puede ser regular. Es preferible que estas máquinas tengan un motor especial.

Accidentes en las máquinas. Los accidentes que se producen más frecuentemente en las máquinas, y que se traducen generalmente por fuertes chispas en el colector, son los siguientes:

1.º Calado defectuoso de las escobillas o mal estado de los portaescobillas.

2.º Rotura de un hilo en una bobina de la armadura.

3.º Deformación del colector o mal estado de su superficie.

4.º Circuito corto en las bobinas inductoras.

5.º Sobrecarga de la máquina, producida, bien por un defecto en el circuito exterior, bien por imponer un trabajo demasiado fuerte a la máquina.

Un mal aislamiento de los conductores exteriores o un circuito corto que exista entre ellos disminuye la resistencia del circuito y aumenta, por consecuencia, la intensidad de la corriente.

Si en un circuito que alimenta lámparas incandescentes montadas en derivación aumentamos el número de lámparas encendidas más allá del límite debido, se reproduce el mismo hecho. En los

dos casos, todos los órganos de la dínamo se recalientan.

Examinemos sucesivamente estos diferentes casos:

Escobillas. El calado de las escobillas tiene gran importancia desde el punto de vista de la producción de la corriente. De aquí el que el entretenimiento de las escobillas exija mucho cuidado a causa de las chispas que se producen en los puntos de contacto entre el colector y las escobillas, y que deterioran rápidamente aquél. El contacto entre estos dos órganos debe ser lo más perfecto posible, para lo cual las escobillas deben estar bien aplicadas sobre el colector, haciendo un poco de resorte. Esta presión no debe ser muy fuerte, porque desgastaría las láminas del colector; por otro lado, si la presión es insuficiente, o si el colector tiene la superficie irregular, se producen chispas.

Hay que tener cuidado de quitar todos los días los polvillos de cobre procedentes del desgaste de las escobillas, cuando éstas son metálicas, que se posan sobre el colector, con un fuelle o un cepillo.

Hay que tener también cuidado de que no caiga aceite sobre estos órganos, y en caso de que suceda esto deben limpiarse bien, cuidando de que no conserven ningún vestigio de grasa.

Es conveniente limpiar de cuando en cuando las escobillas con alcohol o con petróleo; pero no deben colocarse en su sitio hasta tanto que estén bien secas.

Durante la marcha no deben levantarse las escobillas.

Cuando éstas están aplicadas tangencialmente y todavía no se han usado, deben estar en contacto con el colector en una extensión de 4 a 5 milímetros (figs. 40 y 41). Cuando están usadas y hay que repararlas, se las coloca entre unas pinzas de madera mantenidas por un tornillo; se corta el extremo que sobresale y se lima después con cuidado.

Las escobillas en bisel (fig. 41) deben estar en



Figs. 40 y 41

contacto con el colector en toda su superficie oblicua. Si algunos hilos se desgastan de una manera anormal, se les quita con unas tijeras o una lima, sin tocar el resto.

Hay que tener cuidado de que la máquina no gire hacia atrás cuando las escobillas están apoyadas sobre el colector, porque se estropearían éstas.

Puede la máquina girar alguna vez en sentido contrario, encebándose; en este caso es necesario retirar las escobillas, y para aplicarlas de nuevo hay que esperar a que la máquina esté en marcha; debe comenzarse por una velocidad pequeña, teniendo cuidado de interrumpir el circuito exterior.

Cuando la máquina está en reposo deben estar levantadas las escobillas. Las escobillas se construyen, bien de láminas de cobre rojo, superpuestas; bien de hilos de cobre de 0,4 a 0,5 mm. de diámetro, o bien de una tela metálica de cobre (hilos de 0,12 mm. de diámetro), de mallas muy finas, doblada varias veces sobre sí misma. También suelen hacerse de carbón duro, de grano fino, teniendo una superficie de contacto relativamente pequeña. El carbón, como hemos dicho, debe ser duro y muy homogéneo, porque si es blando se desgasta muy pronto y recubre la superficie del colector de un polvo que establece derivaciones entre las láminas. Con las escobillas de carbón no se disminuyen las chispas; pero éstas quemar el carbón y no el conmutador; es conveniente engrasar éste cuando se calienta mucho; en todo caso se debe limpiar muy a menudo.

Están muy divididas las opiniones respecto a la sección que hay que dar a las escobillas de carbón; para un servicio corriente, indican unos que se pueden dejar pasar 15 amperios por cm.² y hasta 10 accidentalmente, y otros aconsejan que no se permita más que 7 a 8 amperios por cm.². Es conveniente encobrar el carbón y disponerlo perpendicularmente al colector cuando, como en el caso de los motores de tranvías, la rotación cambia de método.

Estas escobillas se van generalizando en vista del buen resultado que da su empleo.

Salvo algunos casos particulares, los puntos de contacto de las escobillas son colocados sobre el

mismo diámetro del colector. Para encontrar estos puntos se cuentan las láminas del colector comprendidas entre las escobillas de los dos lados, o bien puede hacerse uso de una tira de papel que se aplica sobre el cilindro y que da esta distancia.

Las escobillas deben estar perfectamente aisladas de la máquina; éstas están soportadas por los portaescobillas, colocados de manera que puedan girar alrededor del árbol, lo que permite calar las escobillas sobre el diámetro de conmutación, que es donde se producen menos chispas.

Los portaescobillas deben estar siempre muy limpios, y debe comprobarse con frecuencia el contacto entre ellos y los pernos. Entre éstos y la pieza que los soporta no debe existir nunca aceite ni polvo, y el aislamiento debe ser completo.

Debe comprobarse frecuentemente el aislamiento de las escobillas por medio de una pila y de un galvanómetro.

Para regular la posición de las escobillas debe hacerse escobilla por escobilla, a fin de evitar las sacudidas y las descargas, peligrosas en todo caso y mortales en las altas tensiones. Para las máquinas de alta tensión debe disponerse una alfombra de caucho alrededor de la máquina y usar zapatos y guantes también de caucho. Es conveniente asimismo trabajar con una sola mano, metiendo la otra en el bolsillo, para evitar que instintivamente, sin darse cuenta, se establezca un contacto peligroso. Después de regular las escobillas, debe apretarse la disposición que las mantiene para evitar

que pierdan la posición deseada con las trepidaciones de la dínamo.

Colector. El colector o conmutador de las dínamos (fig. 42) está formado por láminas de cobre estirado y endurecido, siendo preferible el cobre rojo. Cada lámina del colector debe ocupar una posición análoga a la bobina del inducido a que

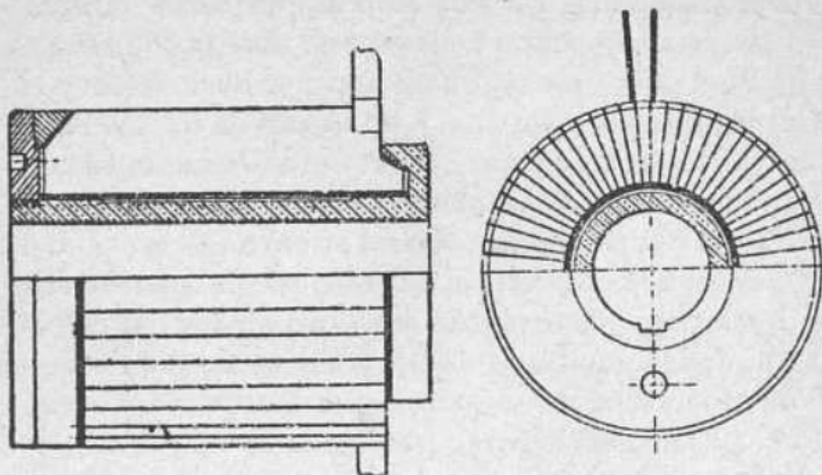


Fig. 42

está unida, sin que haya producción de chispas que deterioren rápidamente el colector.

Estas láminas deben estar perfectamente aisladas las unas de las otras, como asimismo del árbol de la máquina. La mica es mejor para este objeto que cualquier aislamiento poroso. Si se usa el amianto, es necesario tenerlo sumergido durante veinticuatro horas en vidrio soluble y secarlo bien luego.

El colector debe estar perfectamente torneado y

centrado, y el hilo de cada bobina del inducido unido a la lámina correspondiente con el mayor cuidado posible; sucede frecuentemente que el montador, para quitar la envoltura del extremo del hilo, hace con el cuchillo una incisión en la cubierta aisladora para poder desnudar el cobre, incisión que llega a veces hasta éste, y por la cual se produce con frecuencia una rotura, rotura que causa chispas capaces de quemar el colector en muy poco tiempo.

Si el cobre ha sido obtenido por electrólisis y si es bien dulce, las roturas son menos de temer. Para evitarlas se refuerzan los extremos de los hilos con tubuluras; pero el remedio es imperfecto, porque el hilo se rompe algunas veces a su entrada en el tubo.

Se conoce la rotura del hilo por la producción de chispas que, extendiéndose alrededor del colector, deterioran los tabiques, como asimismo los segmentos contiguos al punto de rotura. Cuando sucede esto, es necesario parar en seguida la máquina, porque de lo contrario el colector se quemaría rápidamente.

La deformación del colector da lugar también a la producción de chispas; esto es debido al desgaste desigual de su superficie. La experiencia ha enseñado que ciertas partes de un mismo colector se usan con más rapidez que las otras. Los colectores de bronce dulce con aislamiento de mica dan muy buenos resultados, pero exigen una continua vigilancia. El bronce duro es preferible para las máquinas que no pueden vigilarse continuamente, como, por ejemplo, los motores de los tranvías.

La Sociedad Alsaciana de construcciones mecánicas de Belfort construye para ciertos tipos de máquinas conmutadores con aislamiento de aire; están formados con tiras de acero *aa* (fig. 43), simplemente separadas las unas de las otras, sin interposición de materias aisladoras. La parte central, *M*, es hueca. Cualquiera que sea su construcción, el colector debe mantenerse siempre brillante, y cuando su superficie haya sido alterada por las chispas, debe pulimentarse con papel de cristal. Si las irregularidades son algo mayores, hay que servirse de la lima. Este trabajo debe hacerse con mucho cuidado, porque si la superficie no queda completamente cilíndrica y circular, se producirán muchas

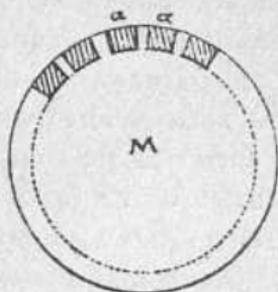


Fig. 43

chispas y el defecto se agravaría. Después de haber limado el colector se hace girar a la máquina y se frota el colector con papel de cristal.

Si el defecto del colector es muy grave, hay que arreglarlo en el torno. Algunas veces puede hacerse esto sin desmontar el aparato, fijando en la fundación de la máquina un banco de torno. Se hace girar el árbol a mano con una manivela que se adapta a la polea.

El colector engrasado con una capa muy fina de un aceite aislador como la valvolina, tiene un frotamiento muy suave, sin que se pueda temer ninguna derivación entre las láminas del colector;

de esta manera se calienta mucho menos por el frotamiento mecánico de las escobillas que dejándolo seco. Los colectores aislados con cartón o amianto no deben engrasarse.

Monsieur Baudrept recomienda el empleo del jabón de Marsella para lubricación de los colectores de las máquinas. Este lubricante debe emplearse en pequeñas cantidades a la vez, y tiene la ventaja de ser muy eficaz para reducir el desgaste de las escobillas.

Reparación en la armadura. Entre los trabajos de reparación que exigen las armaduras hay algunos que pueden ejecutarse sin necesidad de llevarlas a un taller de reparaciones. En este número entran el renovamiento de las bobinas averiadas y las reparaciones en el aislamiento de los hilos.

El trabajo preliminar consiste en sacar la armadura de la máquina y colocarla sobre dos soportes provisionales.

En el caso, por ejemplo, de un anillo Gramme (fig. 44), en que las bobinas están dispuestas en líneas paralelas independientemente las unas de las otras, si el hilo está roto o el aislamiento es defectuoso, se desarrolla la bobina, se observa con cuidado la dirección y el número de vueltas, y se arrolla un nuevo hilo. Si no lo hay, puede utilizarse el antiguo, soldándolo y recubriéndolo con una vaina aisladora. Como ésta es, por lo regular, más voluminosa que el primitivo aislamiento, se remedia esto disminuyendo un poco el número de vueltas del

hilo; el solo inconveniente es reducir de una manera casi insensible el trabajo de la dínamo.

La soldadura debe hacerse con resina y nunca con ácidos.

En las armaduras Siemens, la reparación es más difícil, porque las bobinas se cubren entre sí (figura 45), siendo preciso deshacer casi toda la armadura para llegar a la parte dañada. Si la bobina

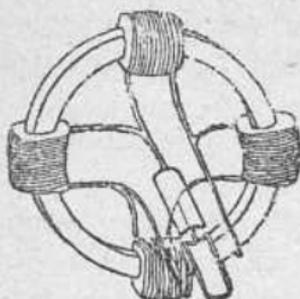


Fig. 44

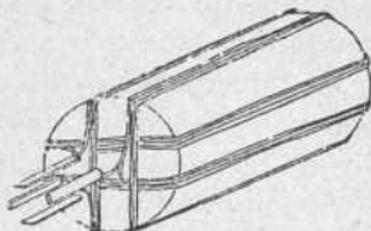


Fig. 45

inutilizada no es de las primeras de arriba, la reparación es difícil, y es necesario enviar la armadura a la fábrica constructora. Las reglas generales indicadas para el anillo Gramme tienen también aplicación en este caso.

Después de realizada una reparación en una armadura que exija su separación del árbol, hay que centrarla y equilibrarla bien antes de colocarla de nuevo en la dínamo. Para esto se hace descansar el árbol por cada uno de sus extremos sobre dos placas de hierro o acero que formen un ángulo diédrico obtuso y le permitan girar libremente. Se cen-

tra entonces la armadura sobre el árbol, sujetándola en la posición más conveniente y lastrando la parte menos pesada en caso necesario.

Cortocircuito en las bobinas inductoras. Este defecto se manifiesta por la producción de fuertes chispas en el colector y por una modificación importante en el calado de las escobillas; pero es muy difícil de comprobar, porque la disminución que resulta en la resistencia de las bobinas no puede comprobarse a no ser con instrumentos de gran precisión, que no existen, por lo regular, en una explotación industrial.

Hay que proceder, en su defecto, por eliminaciones sucesivas, y ver, desde luego, si hay otros accidentes en la máquina. Se comienza por examinar si el conmutador presenta alguna aspereza, si funcionan bien las escobillas, si está sobrecargada la máquina; y si no existe ningún defecto de los indicados, se quitan los inductores y, colocados en un torno, se los desbobina hasta hallar el punto defectuoso, se corrige su aislamiento y se vuelve a arrollar el hilo en la bobina.

Cortocircuito en una bobina del inducido. Este defecto se manifiesta por una gran elevación de temperatura en el punto defectuoso y por un olor característico a quemado.

Para corregirlo es imprescindible desmontar el inducido y hacer con gran cuidado la reparación necesaria del aislamiento.

Arrollamiento del hilo de una bobina. Vamos a dar a conocer la forma de arrollar una bobina de

una manera sencilla, porque puede darse el caso de que alguno de nuestros lectores se encuentre obligado a hacer este trabajo.

Todas las personas que tienen costumbre de arrollar el hilo en las bobinas saben lo difícil que es siempre conseguir que éste quede bien tendido. Si ocurre un accidente, que dos espiras se enredan, por ejemplo, parar bruscamente la vuelta y deshacerla en sentido inverso para hacerla de nuevo en seguida; pero durante este tiempo no está tendido el hilo y se desarrolla completamente, y con frecuencia una parte de la bobina hay que arrollarla de nuevo.

Conviene, por consiguiente, para este arrollamiento, tener siempre el hilo bien tendido. He aquí un medio bien sencillo para obtener este resultado: A la extremidad de la bobina, y contra el juego de ésta, se adapta una pequeña polea que sea solidaria de todos los movimientos de la bobina. Sobre esta polea se encuentra colocada una cuerda que lleva en sus extremos dos pesos. Cuando la bobina rueda, esta cuerda con sus pesos forma freno y el hilo queda tendido siempre. Si se suelta, el peso vuelve a descender y restablece el hilo en la bobina. Además, es muy fácil volver atrás a voluntad si hay algún error en el arrollamiento.

Modo de buscar los defectos de aislamiento de una máquina eléctrica. Es de precisión absoluta que los portaescobillas y las bornas de una dínamo estén aislados del resto de ésta.

La dínamo debe estar perfectamente aislada de

tierra y no debe existir ninguna comunicación entre sus arrollamientos y su masa metálica.

Para comprobar si una máquina está bien aislada se hace uso de un galvanómetro.

Se coloca (fig. 46) un galvanómetro *g* en el mismo circuito que una pila *P*, y tocando simultáneamente con los extremos libres del hilo *ab* dos puntos que deben estar aislados uno de otro, no se debe notar desviación alguna en el galvanómetro. Para estudiar, por ejemplo, si un terminal está aislado del

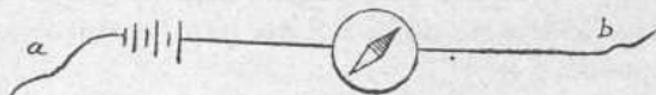


Fig. 46

armazón de la dínamo, se toca éste con el extremo *a* del hilo de ensayo y el terminal con el otro extremo *b*; si la aguja del galvanómetro acusa corriente, hay un defecto de aislamiento. Lo mismo se opera para comprobar el aislamiento de los inductores y la continuidad de las diversas secciones que componen el inducido. Este sistema es muy seguro, encontrándose en el comercio galvanómetros muy cómodos y sencillos (de que ya hemos hablado en el tomo primero), asociados a pilas de pequeñas dimensiones que pueden encerrarse en una caja de reducido tamaño.

Se puede evitar el ensayo sucesivo de todas las bobinas de la armadura, lo que resulta una operación algo larga, usando el método siguiente:

Se pone la máquina en comunicación con el circuito exterior y se la hace girar. Después, con un pedazo de hilo metálico *mn* (fig. 47), se tocan dos puntos del colector, comprendiéndose entre éstos varias láminas. Si existe un punto defectuoso, se ve formarse un arco eléctrico. En este caso es necesario parar la máquina en el acto; se encuentra la bobina defectuosa por el rastro de la quemadura del colector.

Cuando se produce durante la marcha un cortocircuito entre dos secciones del inducido, se desarrolla una temperatura muy elevada y se nota el defecto por un fuerte olor a quemado.

En este caso hay que parar la máquina y proceder a su reparación. El defecto puede resultar de una comunicación establecida entre dos láminas del colector por el polvo, siendo suficiente limpiarlo. Si la avería es en el interior, no hay más remedio que proceder a desmontar el inducido.

Falta de encebamiento en las máquinas. Si la máquina no da corriente puede obedecer a las siguientes causas:

El magnetismo remanente de los inductores es muy débil. En este caso se enceba la máquina.

Si está excitada en serie, se la hace girar a su velocidad normal durante un corto espacio de tiempo, poniendo sus dos bornas en cortocircuito por

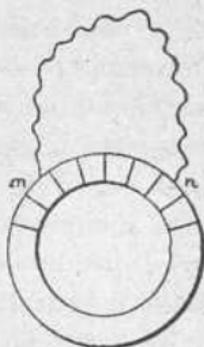


Fig. 47

medio de un hilo de cobre. Esta operación debe durar muy poco tiempo para evitar que se deteriore el colector. Si la máquina está excitada en derivación, se interrumpe el circuito exterior, se da a la dinamo su velocidad normal y se une de nuevo rápidamente al circuito exterior.

Cuando se trata de una dinamo excitada en derivación, la falta puede deberse a un cortocircuito en la canalización. En este caso, la corriente que alimenta los inductores es muy débil. Para comprobar si el defecto existe realmente en la canalización, se separa uno de los conductores de su borna y se pone entre las dos bornas de la dinamo una lámpara incandescente; si ésta alumbrá, el defecto es en el circuito exterior, y si permanece apagada el defecto está en la dinamo.

La ausencia de corriente puede ser debida también a defectos de aislamiento de las bornas, de los portaescobillas o de las bobinas inductoras. También puede obedecer a un cortocircuito en las bobinas inductoras, interrupción en el circuito de la armadura o en el de los inductores. Se comprueban estos defectos como hemos dicho anteriormente.

Precauciones que hay que tener con las dínamos. Se debe evitar que haya objetos de hierro próximos a los polos de las dínamos, como asimismo servirse de aceiteras de hierro para el engrase; pueden emplearse las de cinc para este uso.

Hay que tener gran cuidado de no separar súbitamente los conductores del circuito mientras la

máquina esté en marcha. Si hay necesidad de cambiar las comunicaciones, es necesario parar la máquina, porque, de no hacerlo, se pueden deteriorar los hilos de la armadura.

En las máquinas de alta tensión, 2.000 voltios, por ejemplo, es prudente, al tocar un órgano de la dinamo o del circuito, hacer uso de guantes de caucho.

No se deben usar las dos manos al mismo tiempo para tocar diferentes partes del circuito, porque si existe un punto defectuoso se establece la corriente a través del cuerpo del operador, que puede recibir así una descarga.

Cuando se toca una máquina es necesario estar sobre una alfombra de caucho o plataforma aislada. Si se tienen los pies sobre el suelo, no es suficiente, para estar fuera de peligro, que la dinamo esté aislada; al contrario, en este caso el peligro es más grande.

No debe tocarse nunca con una mano la fundación de la dinamo y con la otra el circuito de las escobillas.

Si se ve aparecer un defecto en el aislamiento de los electroimanes, se separa el punto débil, dándole una capa de betún de Judea disuelto en esencia de trementina.

Engrasamiento de las dínamos. Para el engrasamiento de las dínamos deben usarse aceites minerales de primera calidad y bien limpios; el engrasamiento debe hacerse antes de poner en marcha la máquina y evitando que caiga aceite sobre la dina-

mo. Los engrasadores que deben usarse con preferencia son los de regulación y gota visible o los de anillos. De cuando en cuando conviene tocar los cojinetes para asegurarse de si éstos conservan la temperatura normal.

CAPITULO VI

Acumuladores

Transformación de la corriente. Las corrientes eléctricas no se utilizan siempre directamente tal como son producidas por la dínamo. En algunos casos es conveniente hacer sufrir una transformación a la corriente por razones que explicaremos más adelante. Los aparatos que sirven para realizar esta transformación son de dos clases: los ACUMULADORES y los TRANSFORMADORES.

Ocupémonos en este capítulo de los primeros y dejemos para otro el tratar de los transformadores.

Teoría de los acumuladores. Estos aparatos están basados en la polarización de que hemos hablado en el tomo primero al tratar de las pilas eléctricas.

Cuando se electriza, por ejemplo, agua acidulada, el oxígeno se dirige a un polo y el hidrógeno al polo contrario. Pero estos dos gases están sometidos a una fuerza de polarización que tiende a recombinarlos para volver a formar el agua. Por consiguiente, si se suprime la corriente o se la disminuye suficientemente, esta fuerza de polarización se ejer-

ce y da lugar a una corriente de sentido contrario al primero. Se comprende, por lo tanto, que si se pueden acumular en los electrodos los gases producidos por el paso de la corriente, se constituye una provisión de fuerza electromotriz y se forma una verdadera pila.

Tal es el principio de los acumuladores. Su fin es almacenar por la polarización una gran cantidad de electricidad que debe ser restituida en el momento deseado bajo la forma de corriente.

El período durante el cual el acumulador está en relación con la fuente primaria de electricidad se llama CARGA. La segunda fase, cuando él restituye la electricidad almacenada, se llama DESCARGA.

Un acumulador, para ser industrial, debe llenar las condiciones siguientes:

Almacenar la mayor cantidad de electricidad bajo un volumen y peso mínimo.

Tener un buen rendimiento, es decir, restituir el mayor trabajo posible gastado por la carga.

Suministrar una corriente constante.

Es también necesario que se pueda regular la descarga a voluntad, según las aplicaciones.

Capacidad. Potencia. Se llama CAPACIDAD de un acumulador al número de amperios-hora que puede suministrar éste por kilogramo de placas empleado. La capacidad se refiere, bien al peso de las placas solas (capacidad por kilogramo de placas), bien al peso total (capacidad por kilogramo de peso total, líquido y recipiente comprendidos).

Este último dato tiene una gran importancia en

las aplicaciones a la tracción de los tranvías o a la navegación, porque el peso muerto juega un gran papel.

Multiplicando la capacidad por la fuerza electro-motriz, se obtiene el número de vatios que el acumulador puede suministrar en una hora por kilogramo de placas o por kilogramo de peso total. La

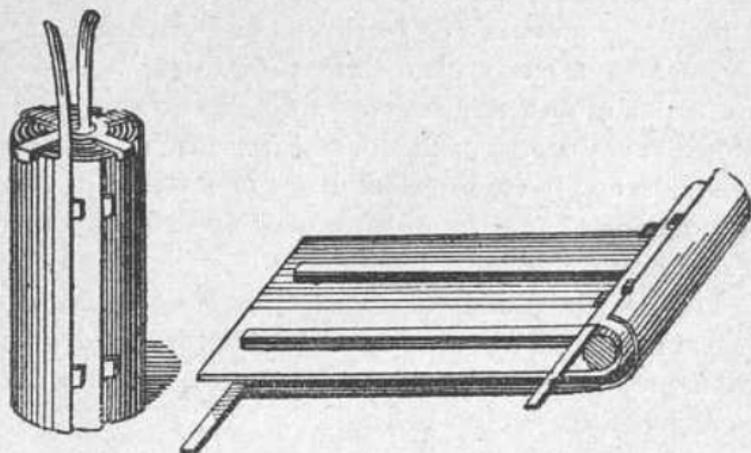


Fig. 48

POTENCIA de un acumulador es la cantidad de trabajo que puede suministrar por kilogramo de placas o de peso total.

Acumulador Planté. La invención del acumulador es debida a M. Planté.

Este aparato (fig. 48) está formado por dos láminas de plomo sumergidas en agua acidulada a una décima parte de ácido sulfúrico. Estas láminas están arrolladas concéntricamente en espiral y man-

tenidas por dos bandas de caucho, que sirven para impedir todo contacto entre ellas. El conjunto está contenido en un vaso cilíndrico de cristal.

La lámina positiva, o sea la que comunica con el polo positivo de la pila primaria, se reviste de una capa oscura de peróxido de plomo, y después se ve desprenderse oxígeno. La lámina negativa, que está desde luego oxidada por el aire, se vuelve brillante y se cubre de burbujas de hidrógeno.

Cuando la carga alcanza su máximum, lo que se nota por el desprendimiento de oxígeno producido sobre el electrodo positivo, se interrumpe la comunicación con la fuente eléctrica, que a partir de este momento se gastaría en pura pérdida de seguir unida al acumulador.

Durante la descarga, o sea cuando se cierra sobre sí mismo el circuito del acumulador, las dos láminas se cubren de sulfato de plomo. He aquí las reacciones que se realizan:

Durante la carga, el hidrógeno que se posa en el polo negativo reduce el óxido de plomo que está en la superficie; la lámina positiva absorbe el oxígeno y se cubre de peróxido. Durante la descarga, este peróxido pasa al estado de protóxido, y el oxígeno abandonado viene a oxidar la lámina negativa. El protóxido existente en los dos polos forma sulfato con el líquido del baño.

Si se somete el acumulador a una nueva carga, se descompone el sulfato de plomo y se reproducen los mismos fenómenos. Pero la lámina positiva es penetrada a mayor profundidad; la cantidad de

peróxido es mayor y la provisión de electricidad más considerable.

Antes de emplear útilmente un elemento Planté es necesario cargarlo y descargarlo con frecuencia. Esta operación, que se llama la FORMACIÓN, puede durar varios meses; éste es el principal inconveniente de este acumulador. La formación no se hace únicamente por cargas y descargas alternativas; se opera más rápidamente por medio de inversiones de la corriente primaria. De esta manera, las dos láminas se oxidan igualmente, y cuando, después de la descarga, vuelven al estado metálico, tienen una textura porosa que les permite almacenar una mayor cantidad de electricidad. Un acumulador no produce su efecto máximo hasta que está profundamente oxidado. En este caso, se debe tener cuidado, antes de cambiar el sentido de la corriente, de descargar los elementos hasta que no den más que una débil corriente en cortocircuito.

Pero cuando el acumulador está formado, no es necesario cambiar más el sentido del circuito, porque se gastaría la electricidad en pura pérdida para reducir el óxido de plomo que podría quedar sobre una placa y para oxidar la segunda.

El par secundario, una vez formado, puede permanecer cargado durante varios días. Sin embargo, pierde por el reposo una cierta cantidad de electricidad, y, por lo tanto, hay interés en descargarlos inmediatamente.

Los elementos de una pila secundaria pueden ser agrupados entre sí siguiendo las mismas reglas que

para los pares primarios; se les reúne en tensión y en cantidad o siguiendo las combinaciones mixtas.

La forma en espiral de los electrodos les da una gran superficie con muy poco volumen; y como las dos láminas están muy próximas, sin interposición de cuerpos extraños, la resistencia del elemento es muy pequeña. La de un elemento de 50 decímetros

cuadrados de superficie total, con las láminas separadas 5 milímetros, es de 0,04 a 0,06 ohmios.

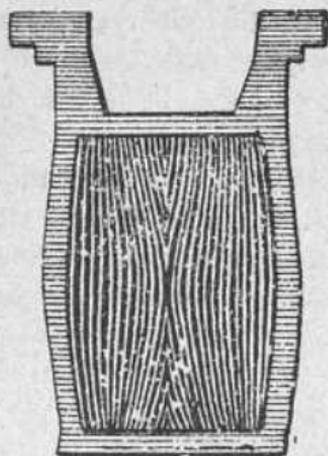


Fig. 49

El inconveniente de los aparatos Planté es su formación, que exige mucho tiempo y numerosas manipulaciones; así es que no convienen para la industria. Se han ensayado muchos medios para remediar estos defectos. Algunos inventores han buscado aumentar la super-

ficie del plomo. Otros han imaginado aplicar sobre las placas de plomo óxidos de plomo ya formados. Vamos a dar a conocer estos diversos sistemas.

Acumulador Regnier. En este acumulador (figura 49), las placas positivas y negativas son de plomo y todas iguales. La placa está formada de un plegado encajado en un marco fundido que le sirve de soporte y de conductor. El plegado está hecho con una lámina de plomo que tiene 5 mm. de espesor.

Esta banda está estriada al laminador. Se la introduce en un molde de fundición, dejando alrededor de ella un espacio que se rellena con plomo fundido para constituir el marco. Este cuadro resiste la dilatación del plomo durante la formación y comprime fuertemente las materias pulverulentas superficiales, que son puestas así en contacto íntimo con las partes conductoras de la placa. Unos prolongamientos del marco sirven de conductor y de soporte.

La formación de las placas se hace como para el acumulador Planté; se la hace más rápida atacando antes el metal con el ácido azótico.

Los modelos no difieren más que por el número de placas, que es siempre impar, de manera que la primera y la última sean siempre negativas.

La capacidad es de 6 amperios-hora por kilogramo de placa o 4 amperios-hora por kilogramo de peso total.

La carga exige de 2 a 2,2 voltios; la fuerza electromotriz de descarga es de 1,9 a 1,6 voltios, y se mantiene de siete a ocho horas.

Estos aparatos son sólidos y tienen una gran duración.

Acumulador de Montaud. El objeto que se ha propuesto el inventor es: formación rápida, gran superficie, separación simétrica entre las diferentes partes de las dos placas contiguas.

Para la formación no ha recurrido a las inversiones de corriente de que hemos hablado. He aquí el principio en que se apoya:

Si en un baño alcalino saturado, donde se ha di-

suelto litargirio, se sumergen dos electrodos de plomo y se hace pasar una corriente, el ánodo, en vez de disolverse, se cubre de peróxido de plomo; el cátodo se cubre de plomo reducido. Con una corriente de 0,054 amperio por centímetro cuadrado de superficie de placa, la formación dura casi una media hora.

El cátodo así formado debe ser bien lavado, conservado en el agua al abrigo del aire y sometido a una fuerte presión que le da más solidez.

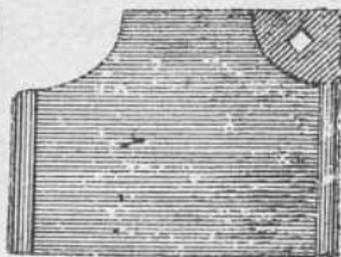


Fig. 50

Las placas son rectangulares (fig. 50). En uno de los ángulos hay una oreja que presenta dos espesores de placa para recibir una espiga de plomo antimonioso que reúne las placas del mismo nombre.

Los ángulos de las placas son en seguida replegados y soldados a la espiga; el ángulo opuesto es una escotadura para el paso de la segunda espiga. Las placas positivas y negativas están así intercaladas. La separación está mantenida por peines de madera colocados debajo y sobre el fondo del recipiente.

El líquido está formado por dos volúmenes de ácido sulfúrico por 13 de agua destilada. La capacidad es de 10 amperios-hora por kilogramo de placa, y de 3,3 amperios-hora por kilogramo de peso total.

La duración de las placas positivas es casi de un año por milímetro de espesor. En los modelos corrientes, las placas positivas tienen 3 milímetros y las negativas 2.

Acumulador Faure. Para evitar las cargas y descargas de formación, M. Faure ha imaginado fijar mecánicamente el óxido de plomo sobre sus placas en vez de depositarlo por electrólisis. Se reduce así en el tiempo necesario para la operación. Pero el óxido es menos adherente que por el otro procedimiento. El acumulador Faure se compone de dos láminas de plomo recubiertas de minio puesto en pasta con agua. Estas láminas están rodeadas de papel apergaminado y encerradas en una funda de fieltro; después están arrolladas concéntricamente y se las coloca en agua acidulada.

Este sistema tiene dos grandes defectos: el fieltro se deteriora; el minio no se adhiere al plomo.

Acumulador Faure. Sellon. Volckmar o E. P. S. MM. Sellon y Volckmar han perfeccionado el sistema de M. Faure. Las placas están compuestas de un enrejado de plomo, en los alvéolos del cual se aloja la pasta de óxido. Pero ésta se dilata y se transforma en peróxido durante la carga; de esto resultan alabeos que pueden producir contactos entre las placas y desprender las pastillas de los alvéolos.

Para impedir los contactos, las placas están separadas entre sí por anillos de ebonita, que rodean las placas positivas.

Las placas negativas están unidas por cinco tra-

vesaños de plomo que las mantienen invariablemente. Dos de entre ellas, soldadas por abajo, reposan sobre soportes de madera en el vaso de cristal; otros dos están a media altura de las placas y tienen pequeños bloques de ebonita sobre los que se apoyan salientes presentados por las placas positivas. Estas no descienden hasta el fondo del vaso.

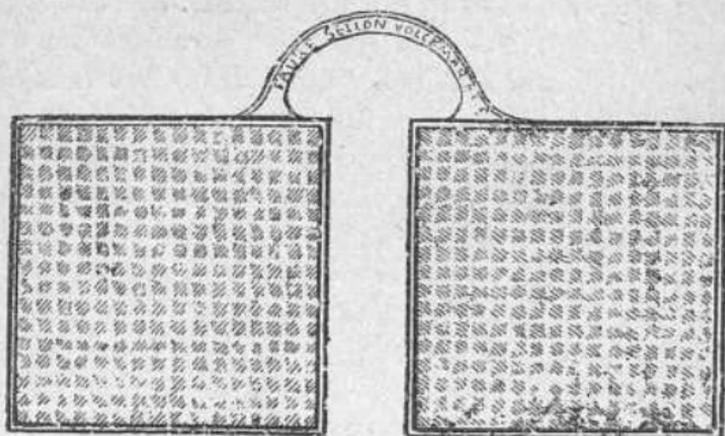


Fig. 51

El quinto travesaño está arriba y sirve de conductor.

La armazón de las placas está hecha con una aleación de plomo y de antimonio; la pasta de óxido forma 1,3 del peso total de la placa.

Alternativamente, positivas y negativas están colocadas en un vaso, que contiene agua con 1,10 de ácido sulfúrico en volumen.

Los elementos son fabricados de dos tipos, según que deban suministrar una descarga rápida o lenta.

Los primeros (tipo S) tienen una capacidad de 12 amperios-hora por kilogramo de placas, y 8 por kilogramo de peso total.

Para los segundos (tipo L), estas capacidades son de 9 y 6 amperios-hora.

Acumulador Philippart. Un nuevo perfeccionamiento, aportado por Philippart, permite re-

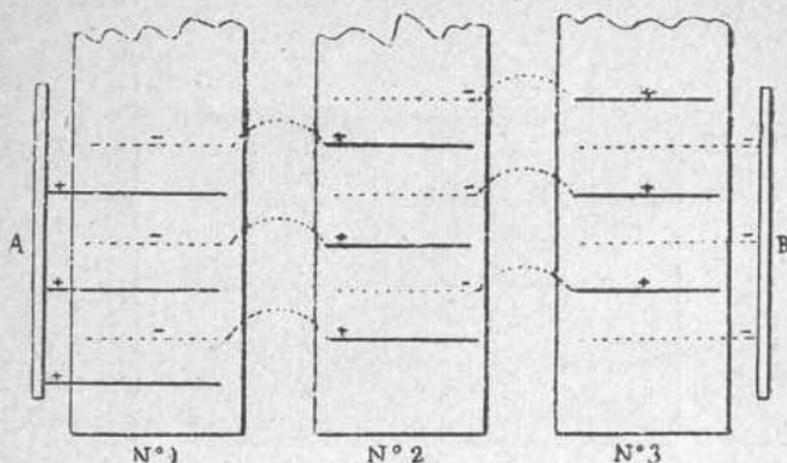


Fig. 52

unir las placas, evitando las soldaduras y las uniones, excepto para los acumuladores extremos de una batería. Las placas, fabricadas de una sola pieza gemela (fig. 51), comprenden una positiva y una negativa reunidas por un puente de aleación de plomo y de antimonio. He aquí cómo se monta una batería:

Las placas positivas extremas (fig. 52) contenidas en el recipiente núm. 1 están reunidas por un colector A. Entre ellas se alojan las negativas de

placas gemelas, cuyas positivas están en el recipiente núm. 2. Entre éstas se meten las negativas de una nueva fila de placas gemelas, cuyas positivas están sumergidas en el recipiente núm. 3. Entre éstas están intercaladas las placas negativas extremas, reunidas por un colector *B*.

Este sistema facilita el montaje.

Las placas, salvo las que están unidas a los co-

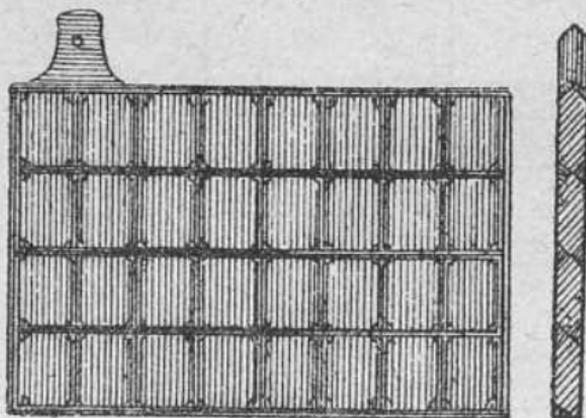


Fig. 53

lectores, pueden ser retiradas sin interrumpir la marcha. Un corto circuito producido entre dos placas no afecta a las otras. Pero esta disposición exige un gran emplazamiento. Además, una placa usada necesita el reemplazamiento de aquella a que está acoplada.

La capacidad de estos elementos es de 10 amperios por kilogramo de placa y 6,6 por kilogramo de peso total.

Acumulador Gadot. Este aparato (fig. 53) se

distingue de los precedentes por la forma de los alvéolos. Con las placas fundidas de una sola pieza, los alvéolos deben presentar despojos para el desmoldeamiento; éstas tienen la forma de un doble tronco de cono. El centro, que es más estrecho, se parte por la dilatación, y las dos mitades de la pastilla se desprenden.

M. Gadot forma sus placas de dos partes remachadas de plomo. La formación más ancha del alvéolo está en el centro; las pastillas se encuentran, por lo tanto, bien mantenidas y se puede aumentar su dimensión con relación a la del marco.

Las placas positivas y negativas están colocadas alternativamente y están suspendidas y soldadas a una larga espiga de plomo.

El líquido contiene un volumen de ácido sulfúrico por 8 ó 9 volúmenes de agua.

Acumulador Tudor. Los electrodos Tudor son muy aceptados por su gran duración, que llega a diez años, funcionando de una manera regular y sin interrupciones. Las placas participan a la vez del sistema Planté y del Faure, porque están compuestas, en principio, de una lámina rayada de plomo puro, *formado* electroquímicamente según el procedimiento Planté, y después cubierta de óxido según el procedimiento de Faure. La formación Planté se completa en el servicio diario y reemplaza gradualmente por un óxido *natural*, el óxido *artificial* que se aplica a las placas y cae inevitablemente como en todos los acumuladores de materia activa. La placa actual se llama de

aletas, y los óxidos están contenidos en profundas ramas abiertas en toda la superficie inmersa, que está formada de una sola placa grande; cuando se necesitan capacidades más considerables, se reúne un cierto número de estas placas en bastidores de plomo antimonioso, que pueden contener 4, 8, 12 y aun más de tales placas *unitarias*.

En un elemento, cada bastidor está dispuesto en la ranura de dos placas de vidrio, que forman

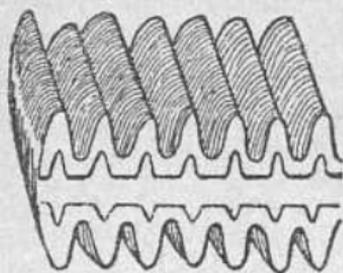


Fig. 54

dos paredes opuestas de la cubeta. Antes de encajar los bastidores en estas ranuras, se introducen láminas de vidrio, sobre las cuales descansan. Los bastidores quedan separados por la interposición de tubos dispuestos verticalmente.

Debido a esta construcción, la materia activa, polvo de plomo metálico, etc., que se desprenda accidentalmente de las placas, no se halla retenida por ningún obstáculo, y cae al fondo de la cubeta entre las láminas de vidrio.

Antes de empalmar la placa, se *forma*, como hemos dicho, según los procedimientos de Planté, que permiten dar mucha más adherencia a la materia activa. Gracias a la gran superficie de esta placa se pueden obtener de ella rendimientos muy elevados sin que disminuya la capacidad.

Las cubetas y los recipientes que contienen los

electrodos son de madera impregnada, y están interiormente forrados de plomo. Todas las placas pares (positivas) están reunidas por una barra de plomo fino soldada con soldadura autógena. Lo mismo sucede con las placas impares (negativas). Los elementos se conectan entre sí con barras de plomo, soldadas de la misma manera y de modo que no haya oxidación.

La capacidad de los acumuladores actualmente en uso varía entre 6 y 15 amperios-hora por kilogramo de plomo; pero conviene no cargarlos ni descargarlos más de un amperio por kilogramo. Un acumulador de 20 kilogramos de electrodo podrá, pues, tener una capacidad total de 200 amperios-hora. Se necesita a lo sumo una corriente de 20 amperios para cargarlo, y esta cifra será igualmente el rendimiento normal de las descargas. En caso de ocurrir algún accidente al motor, se puede obtener de los acumuladores Tudor un rendimiento doble del normal. La duración de la carga y descarga de estos aparatos es de diez horas; pero hay modelos en los cuales el tanto de la corriente de descarga puede ser llevado a 2 y 3 amperios por kilogramo de plomo, y así el acumulador sólo funcionará durante cuatro o cinco horas; pero este resultado se obtiene a expensas de la capacidad total.

Las baterías más poderosas que existen tienen la potencia necesaria para alimentar 11.200, 28.800 y 32.000 lámparas de 16 bujías.

La sociedad garantiza el buen uso de las bate-

rías durante un año, contra todo defecto de construcción y de material.

También se encarga de la conservación en un período que puede ser de diez años, mediante una retribución anual de 4 a 9 por 100 del precio, según la importancia de la batería y la localidad en que se instale.

Esta conservación comprende la renovación gratuita de todas las piezas gastadas o deterioradas, la limpieza de las baterías cuando sea necesaria y la inspección y vigilancia de los aparatos, a fin de disponer lo necesario para conservarla en buen estado. Las manipulaciones diarias no son de su obligación.

Acumulador Pollak. Las placas de este elemento (fig. 55) son las dos del tipo de empastado sobre hojas de plomo dulce, formadas de la manera siguiente: con la ayuda de útiles especiales se levantan virutas sobre las dos caras de esta hoja, y colocando bandas lisas de 3 mm. de anchas, en el sentido de la altura de la placa y en el de su anchura, se constituyen así 30 porciones rectangulares, presentando arrancamientos separados entre sí por las bandas de que acabamos de hablar. Se empasta entonces la placa, después de lo cual se la pasa por el laminador, de manera que las garras que se habían levantado anteriormente sean rebafidas en la materia activa.

Después de esta operación, la placa está perfectamente lisa y su superficie deja aparecer la hoja de plomo que ulteriormente sufrirá la formación

Planté; las placas no están encuadradas, como se puede ver por la figura. Las coletas de conexión, muy fuertes; están dispuestas sobre uno de los lados de la arista superior de la hoja de plomo, que, como hemos visto, constituye el alma de las placas.

Esta placa puede, por consiguiente, ser consi-

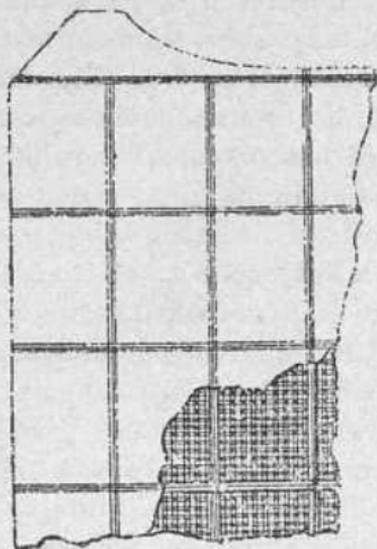


Fig. 55

derada como mixta, puesto que durante su vida el plomo que la constituye se forma como el de las placas de formación puramente autógena, y esta formación contribuye a asegurar la capacidad de la placa juntamente con los óxidos que se depositan durante la construcción.

Las placas están aisladas entre sí por láminas

de ebonita perforadas, presentando molduras en dos direcciones perpendiculares. Estas molduras sirven para mantener una separación conveniente entre las placas. Las placas están soportadas por dos piezas de ebonita de una forma especial fijadas en el fondo del vaso. Estos soportes llevan en su parte superior un número de ranuras igual al número de placas, y están acanalados por su parte inferior, de manera que no impida la circulación del electrólito; en fin, para impedir que se desplacen cuando se meten las placas en el vaso, están fijados a las paredes laterales por correderas sobre dos lengüetas que forman parte de estas paredes. La altura de estos soportes es de 4 centímetros por 1,5 de espesor.

El volumen del electrolito es de 3 dm.³, lo que a la densidad de 10,22 corresponde a 1,036 gramos de ácido libre SO⁴O².

El vaso es de ebonita lisa.

Acumulador Peyrusson. Estos elementos están basados sobre un nuevo principio, y su inventor ha tratado de evitar los defectos que se reprochan a la mayor parte de los acumuladores, particularmente los circuitos reducidos interiores, que resultan de la deformación de las placas y de la caída de la materia activa. He aquí la descripción del aparato, que se compone de tres piezas: una cubeta cilíndrica de vidrio o asperón, un solo electrodo positivo y uno solo negativo:

El positivo está formado por una gruesa espiga central que sirve de conexión, y alrededor de la

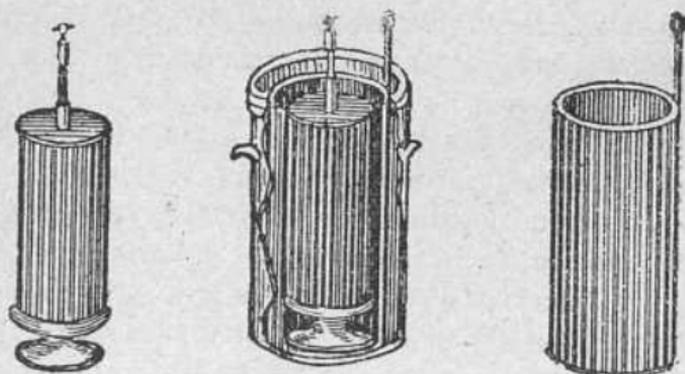
cual van soldadas muchas hojas radiales de medio milímetro de espesor, encastradas de alto a bajo en cantoneras de plomo, de modo que quede rígido el conjunto. El negativo está formado por una sola hoja de plomo plegada en abanico y arrollada en forma cilíndrica. En cada pliegue interno se abren ranuras para facilitar la circulación del líquido que baña los electrodos. Las dos bases del cilindro están igualmente encastradas en coronas de plomo, con lo que se da una gran solidez al conjunto.

El principal defecto de los acumuladores de Planté, que ha motivado el abandono de este sistema, está en el período de formación que exigen para transformar una parte del plomo en óxido por la electrolisis y para disponer de una capacidad determinada. Pero esta *formación* exige millares de horas, durante las cuales las placas están atravesadas por una corriente eléctrica intensa. La *formación* es, por lo tanto, muy costosa, y un acumulador formado por este método resulta de un precio muy elevado, cuando su capacidad es suficientemente grande, para poder utilizar el aparato.

El acumulador de que nos ocupamos es notable por el débil espesor de sus láminas. Las consideraciones que antes hemos expuesto y que manifiestan que una fracción íntima del plomo empleado se utiliza por la acción química, indujeron al inventor a reducir el espesor de las láminas a $\frac{1}{2}$ milímetro, que considera como *mínimum* en

las aplicaciones ordinarias para obtener una resistencia mecánica suficiente.

Desde el punto de vista químico, el espesor de $\frac{1}{2}$ milímetro permite que se renueve el óxido por completo siete veces antes de su destrucción; es decir, que su servicio es muy largo con relación al de los acumuladores de formación artificial, en



Figs. 56, 57 y 58

los cuales la pasta se hincha y cae antes de que se terminen las reacciones químicas.

Las dificultades para la conservación de los acumuladores ordinarios de *formación* artificial provienen, sobre todo, de la deformación de las placas, que originan circuitos reducidos si no se vigilan con el mayor cuidado las baterías. La principal ventaja de los acumuladores Peyrusson es que permiten la deformación de los electrodos sin que se presenten circuitos reducidos. Sólo el examen de su conformación manifiesta que, si las

láminas positivas se deforman, se tocan las unas a las otras, sin que jamás suceda que toquen al electrodo negativo. Esta disposición asegura la *imposibilidad de los circuitos reducidos*.

Además, como el acumulador Peyrusson procede de los pares Planté, tiene las mismas ventajas por lo que toca a la adherencia de la capa activa sobre el alma de las láminas. Esta adherencia no se altera por corrientes intensas de carga y descarga que destruyen rápidamente los acumuladores de formación artificial.

Por todos estos motivos, los acumuladores Peyrusson resisten, sin ningún inconveniente, cargas y descargas, puede decirse, ilimitadas.

De estar separados por completo los electrodos positivos y negativos resulta una gran facilidad para la conservación. En los acumuladores ordinarios es preciso a menudo pasar una paleta entre las placas, para evitar los circuitos reducidos que provienen de la hinchazón de las pastillas. También es preciso enderezar las placas cuando se alabean. En el acumulador Peyrusson, los circuitos reducidos son imposibles, y como están formados solamente de dos piezas, las operaciones de montar y desmontar, cuando se necesitan, son más fáciles que en los acumuladores ordinarios, compuestos de muchas placas positivas y negativas. Todas estas condiciones favorecen la facilidad de la conservación que simplifica considerablemente.

En razón del poco espesor de las láminas y de

la gran superficie que interviene en la acción química, la capacidad en relación al kilogramo de plomo es mucho mayor que en los acumuladores ordinarios.

El inventor asegura una capacidad de 40 amperios-hora por metro cuadrado de superficie activa del plomo, lo que corresponde, teniendo en cuenta las conexiones, a una capacidad de 12 a 15 amperios-hora por kilogramo de placa, según los modelos. Esta capacidad no se garantiza sino al cabo de un mes que el aparato funcione en poder del comprador; pero esta restricción, en general, no ofrece inconveniente. Por lo demás, casi nunca se puede obtener de una batería de acumuladores recién instalada toda la capacidad indicada por el constructor.

Notemos también que esta capacidad de 12 a 15 amperios-hora aumenta con el trabajo de la batería, como en todos los acumuladores del sistema Planté. Si se admite, como es lógico, que la capa de plomo sometida a la acción química pueda adquirir el espesor de $\frac{1}{10}$ de milímetro, según sucede en los acumuladores ordinarios, se hallará que la capacidad debe llegar a ser tres veces la indicada; es decir, un resultado que no se había obtenido hasta ahora, y que permitirá obtener energías inesperadas en los casos en que la ligereza de las baterías es un factor indispensable en los ensayos de la tracción sobre pendientes considerables.

Gracias a la imposibilidad de los circuitos redu-

cidos, los acumuladores Peyrusson pueden resistir cargas y descargas muy superiores a los acumuladores ordinarios sin deterioros. Así pueden sufrir normalmente cargas y descargas de 4 a 5 amperios-hora por kilogramo de electrodos, mientras que los acumuladores ordinarios no deben ser cargados con más de un amperio, ni descargados a más de 1,5 amperios por kilogramo de placas.

En casos fortuitos, estos acumuladores pueden resistir cargas y descargas más considerables, sin otro inconveniente que el de abarquillar un poco las láminas; pero esto, en razón de la separación de los electrodos, no es perjudicial.

CAPITULO VII

Montaje, manejo y entretenimiento de los acumuladores

Instalación de los acumuladores. El local en que han de instalarse los acumuladores debe estar seco, fresco, bien ventilado y al abrigo de las heladas; debe ser bastante grande para que se puedan alcanzar las placas, examinarlas y volverlas a colocar si es necesario. El local debe hallarse, a ser posible, cerca del en que se encuentra la dínamo que se emplea para cargar los acumuladores, sin que nunca lleguen a estar en el mismo local éstos y la máquina, porque el desprendimiento de los gases después de la carga puede producir vapores ácidos en el aire. Si hay una puerta de comunicación o una ventana entre los dos locales, deben estar herméticamente cerradas durante la carga. Si el sol da en las ventanas, se deberán poner cristales raspados, para que los rayos del sol no den bruscamente sobre los vasos de los acumuladores y los haga rajarse. No deben dejarse

herramientas ni objetos metálicos en la sala de acumuladores, porque se deteriorarían rápidamente.

Los sótanos secos son muy convenientes, siempre que sean muy claros, para que sea fácil la conservación de los aparatos.

Los operarios encargados de la manipulación de los acumuladores deben usar trajes de algodón; el ácido ataca poco la lana, así es que deben usar un mandil de franela forrado de lona; el calzado debe estar engrasado con parafina o con cera; el contacto con el agua acidulada concluye por lastimar las manos: es conveniente tener siempre dispuesto un cubo con agua en la que se haya vertido sosa ordinaria, para poder mojar las manos y neutralizar el ácido.

Se dispondrán tablas estrechas o maderos para recibir los acumuladores, de manera que no se pongan más que una o dos hileras de vasos al lado los unos de los otros y poder circular todo alrededor. Si el emplazamiento no permite disponer así toda la batería, se podrán hacer con madera dos o tres pisos.

No deben instalarse los acumuladores directamente sobre el suelo, porque están más sujetos a choques y es menos fácil vigilarlos.

Tomadas estas disposiciones, se dará a las tablas u otros soportes una mano de aceite secante de lino hirviendo, de manera que forme un barniz que impida que el ácido ataque la madera. Al cabo de uno o dos días, este barniz se ha secado y se puede continuar la instalación.

Al recibir del constructor una batería de acu-

muladores, hay que examinar en primer término las cubetas o artesas para cerciorarse de si están estancas, para lo cual se las llena de agua y se las tiene así varios días. Si se notan salidas de agua, se hacen las reparaciones necesarias. Los elementos, al ser desembalados, se desembarazan de toda suciedad con ayuda de un fuelle.

Las cubetas se ponen en fila y a 10 centímetros de distancia las unas de las otras; en los esquinazos se colocan cuñas de

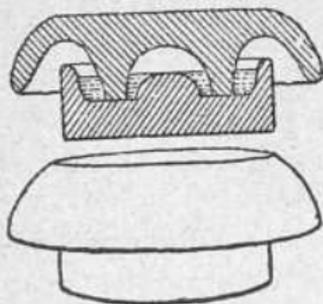


Fig. 59

madera impregnada de parafina, y mejor que éstas aisladores de dos piezas, de las que la inferior es de figura de cangilón y se llena de borrás de aceite (fig. 59).

Una vez dispuestas así las cubetas en una o varias filas, de modo que sea posible acercarse a ellas y manejarlas con facilidad, se colocan los soportes aisladores, los tacos de separación de las cubetas, y luego se disponen los electrodos de manera que estén paralelos, equidistantes y bien aislados.

Una vez terminadas las operaciones anteriores, se procede a conectar las placas; en primer término se unen las placas positivas y a continuación las negativas, concluyendo por conectar los acumuladores entre sí. Las coletas de los acumuladores deben reunirse por medio de una soldadura autógena; no debe usarse el estaño. Es inútil recubrir-

las de barniz si son suficientemente largas. Los vasos de cristal son preferibles a las artesas de madera forradas de plomo, porque con el empleo de aquéllos es más fácil la vigilancia de las placas. Las conexiones deben mantenerse muy limpias. Si no están soldadas y hay cerca de los elementos latón, bronce o cobre, es conveniente proteger estas piezas metálicas con parafina o barniz.

También suelen conectarse las placas con un perno que se pasa por los agujeros de las coletas

de las placas y luego se aprietan las tuercas. Para mayor comodidad se e locan las positivas a un

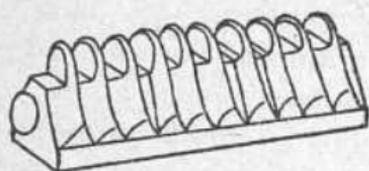


Fig. 61

lado de la cubeta y las negativas a otro. Los elementos se acoplan luego entre sí por medio de barras apretadas con tuercas o soldadas al perno que atraviesa todas las placas.

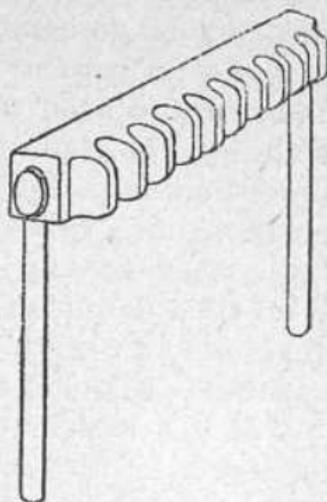


Fig. 60

Ya montada la batería, se prepara en un gran recipiente de madera forrada de plomo, y engrasado el líquido ácido con que se han

de llenar las cubetas, preparado en la forma siguiente:

Se llena el recipiente con agua destilada o de lluvia, nunca de agua calcárea o selenitosa, y se va vertiendo poco a poco en esta agua el ácido sulfúrico puro a 66° Baumé, agitando constantemente la mezcla con una varilla de cristal, hasta que el líquido marque 20° del areómetro o pesa-ácidos. Se deja enfriar el líquido y luego se trasiega a las cubetas de los elementos, bien por medio de un sifón de plomo o de un cántaro de greda y un embudo de cristal, si el depósito donde se ha preparado el líquido tiene grifo de salida.

El agua acidulada no debe verterse en los acumuladores hasta el momento en que están éstos en condiciones de ser cargados.

Las cubetas deben llenarse hasta 2 centímetros del borde.

Una vez preparados los elementos, se conectan los dos polos de la batería con el manantial eléctrico que debe suministrar la corriente, y se le da una primera descarga para destruir de este modo la sulfatación de las placas, adquirida por éstas por su contacto con el aire durante la montura.

Hay que tener mucho cuidado con no realizar un cambio de polos; es decir, que debe procurarse que el hilo positivo de la dínamo esté unido al borne positivo de la batería, y el hilo negativo al borne negativo. De no ser así, los elementos se cargarían en sentido inverso y se deteriorarían. Para mayor seguridad, se investiga el sentido de

la corriente por medio de un aparato a propósito llamado *indicador de polos*, del que hablaremos más adelante, o poniendo los dos hilos en un vaso conteniendo agua acidulada; el gas producido se recoge en una probeta, conociéndose el hilo negativo, por ser el que desprende el hidrógeno.

Carga de los acumuladores. Para cargar los acumuladores pueden utilizarse todos los aparatos productores de electricidad; pero en la industria no se emplean para este objeto más que las dinamos de corriente continua.

Al hacer la carga de los acumuladores, se debe tener cuidado en no invertir los polos, como hemos dicho anteriormente. Durante la carga se desarrolla entre los dos electrodos una fuerza de polarización contraria a la fuerza que produce la carga. Si en un momento dado llega a ser superior, a causa, por ejemplo, de una disminución de velocidad de la dinamo, la corriente se establecerá en sentido contrario. Es necesario, por consiguiente, que en las dinamos destinadas a este uso los electroimanes sean excitados en derivación o por una máquina separada.

Esta fuerza contraria es nula al principio, aumentando luego durante la carga. En cambio, la fuerza electromotriz de la dinamo podrá, por consiguiente, ser muy grande al principio, y la intensidad será muy considerable; para evitar esto debe interponerse en el circuito principal o en el de excitación una resistencia que se hace variar según las necesidades. Se puede también, para conseguir el mismo

fin, o modificar el agrupamiento de los acumuladores, o cambiar la velocidad de la dínamo.

M. H. Fontaine indica el procedimiento siguiente para poder reconocer sin aparatos especiales el sentido de la corriente durante la carga: se fija una de las extremidades de un hilo de cobre a un acumulador colocado en el centro de la batería, y a la otra extremidad del hilo se adapta una pequeña lámina de plomo, lo bastante delgada para que pueda ser introducida en un acumulador. Se sumerge esta lámina durante la carga, ora en el primero, ora en el último elemento. De un lado, el plomo bruñido se peroxidará; del otro lado tomará el aspecto metálico. Este resultado se obtiene en menos de quince segundos. La corriente va del elemento en que el plomo se deposita al elemento en que el plomo se peroxida.

La dínamo que se emplee para la carga de acumuladores debe tener una fuerza motriz superior en un 10 por 100 a la fuerza máxima que tomará la batería.

Este límite es de 2,5 voltios por cada elemento; la máquina debe suministrar, por lo menos, un número de voltios igual al producto de $(2,5 + 0,25)$ por el número de elementos agrupados en serie.

La intensidad de carga es de $1/2$ amperio por kilogramo de placa para los grandes modelos, y de 2 a 3 amperios los pequeños. Una gran intensidad quemaría los elementos.

Para los elementos que tienen 8 amperios-hora de capacidad, la duración de la carga es de doce horas.

Es conveniente acoplar los elementos durante la

carga, de manera que su resistencia total sea triple que la de la máquina.

Suele tomarse como indicación de que los acumuladores están cargados la ebullición del líquido. Pero esto no es siempre exacto. Lo mejor es va-

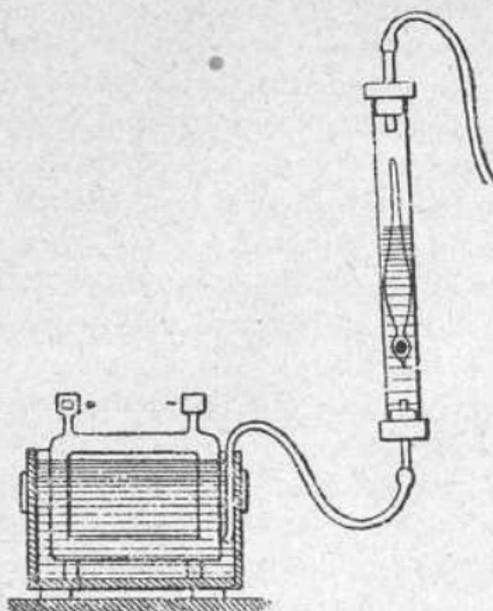


Fig. 62

larse del densímetro, porque como durante la carga la capa de sulfato de plomo de la lámina positiva se cambia en bióxido de plomo y la lámina negativa se transforma en plomo metálico, el líquido se hace más denso. Esta densidad alcanza su máximo cuando es completa la carga de los elementos.

La figura 62 muestra una disposición para medir la densidad de los acumuladores.

Como se conoce el peso del sulfato de plomo descompuesto por un culombio, se puede calcular fácilmente la cantidad de electricidad que, en un momento dado, ha atravesado el acumulador, por el peso del ácido sulfúrico contenido por el líquido o por su densidad.

La experiencia ha probado que, cuando están cargados los elementos, la densidad normal del líquido es de 1,220, y cuando están agotados, 1,150.

Se puede, por consiguiente, reconocer la terminación de la carga por los tres indicios siguientes: Ebullición del líquido.

Que sea la densidad del líquido de 1,220.

Que cada elemento tenga una fuerza electromotriz de 2,5 voltios.

Es un error creer que los elementos duran más tiempo si se tiene cuidado de no cargarlos nunca hasta la saturación. Se ha probado que no hay nada que tienda a destruir más las placas que una carga parcial seguida de una descarga a fondo.

El cuadro de distribución debe disponerse de manera que pueda variarse el número de elementos, tanto en la carga como en la descarga.

Si el líquido de algún elemento no toma un color lechoso al mismo tiempo que los otros, debe retirarse del circuito durante la descarga y reemplazarse. Para retirarlo del circuito basta desunirlo de los adyacentes, y reunir éstos por medio de un hilo de cobre bastante grueso para soportar la corriente de descarga.

La densidad por la cual se pone lechoso el líquido

varía un poco de un elemento a otro; pero esto no afecta al servicio práctico de la batería.

Las placas deben estar cubiertas siempre por el electrólito, y las pérdidas por evaporación se deben reemplazar adicionando agua pura; no se debe nunca añadir el ácido puro. Puede retardarse mucho la evaporación recubriendo los elementos con láminas de vidrio; los vapores condensados en la superficie vuelven a caer en los elementos.

Las puestas en corto circuito de los elementos con un cabo de cable para sacar chispas, es nocivo para la conservación de los acumuladores. Es necesario emplear para comprobar los elementos un voltímetro y una lámpara incandescente adecuada.

Para que una instalación de acumuladores funcione bien, es necesario examinar con toda regularidad y con gran cuidado todos los elementos y reparar inmediatamente los que presenten algún deterioro. Este examen debe hacerse todos los días.

Todas las operaciones que se hagan en los acumuladores para las que se necesite luz artificial, deben hacerse con la ayuda de una lámpara incandescente; cualquiera otra luz podría producir una explosión.

Los elementos que no tengan desprendimientos de gas, o en los que haya un desprendimiento muy débil, deben examinarse para poderse asegurar de que no se ha separado ninguna parte de la placa, que éstas no están alabeadas y que no se ha producido ningún corto circuito por cualquier otra causa. Si no se puede suprimir fácilmente un corto

circuito que se haya formado, debe separarse el elemento y repararlo completamente.

Si las pastillas desprendidas de las placas están apoyadas unas contra otras, es necesario levantarlas con una varilla de cristal o de madera o hacerlas caer al fondo del elemento.

Los elementos deben ser regularmente examinados el uno después del otro para retirar las pastillas desprendidas de las placas. Las placas que se alabeen deben enderezarse o reemplazarlas por otras nuevas. Las partículas que se desprenden de las placas, y que se acumulan en el fondo de los elementos, deben retirarse antes de que alcancen al borde inferior de las placas.

Frecuentemente, la deformación sufrida por las placas de los acumuladores no tiene lugar cuando son tratadas convenientemente. La causa principal de su deformación y de su destrucción consiste en que se las hace suministrar una corriente muy intensa y no se tiene cuidado de mantener constante la densidad y el nivel del líquido.

Generalmente se economiza una distancia de un centímetro entre las placas, pero se puede aumentar ventajosamente esta distancia. Los recipientes de cristal son tanto más buenos cuanto más fácilmente permiten examinar las placas sin desmontar el elemento.

Los acumuladores no deben estar nunca descargados.

Si los elementos deben estar algún tiempo sin funcionar, no hay necesidad de quitar el ácido,

sino, por el contrario, cargar la batería hasta la saturación y dejarla en circuito abierto, teniendo cuidado de que las placas estén bien cubiertas por la solución. Es conveniente, si es posible, darles una pequeña carga cada quince días hasta que el líquido se ponga lechoso; de esta manera se consigue mantener en buen estado la batería por largo tiempo.

Descarga de los acumuladores. La fuerza electromotriz de un elemento al principio de la descarga es de 2,50 voltios; algunos minutos después baja esta cifra, y la fuerza electromotriz durante la descarga es, por término medio, de 2 voltios. Al cabo de algunas horas disminuye esta fuerza y, por consiguiente, es conveniente tener de reserva algunos elementos que se intercalen en el circuito por medio de un conmutador, permitiendo esta operación prolongar algo más la duración de la descarga. Se puede también usar un regulador, con el cual se disminuye progresivamente la resistencia. No se debe nunca realizar la operación hasta que la tensión no sea inferior a 1,9 voltios.

Después de la descarga, si se deja reposar un poco el acumulador, se obtiene una segunda descarga, menos fuerte que la primera, y así sucesivamente durante un período más o menos largo. Por esta razón la descarga es más completa cuando se hace en varias veces.

La intensidad suministrada crece lentamente si el circuito presenta una gran resistencia. En el caso contrario, la descarga es muy rápida. La dura-

ción de la descarga depende, por consiguiente, de la resistencia exterior. Una descarga muy rápida debe ser evitada, porque puede acarrear la deformación de las placas.

No debe agotarse por completo un acumulador; debe dejársele una reserva de un 25 por 100. Cuando la tensión baja de 1,9 voltios, debe volverse a cargar el elemento. Cuando las placas están descargadas casi por completo, la materia que rellena los alvéolos se encuentra transformada por completo en sulfato de plomo, que es susceptible de cambiarse en sulfato de un orden más elevado, y puede producir alabeos cuando las placas están de nuevo cargadas.

Entretencimientos de los acumuladores. Casi siempre el mal funcionamiento de un acumulador es debido a una falta de vigilancia, por lo cual debe ser ésta muy activa, y apenas producido un defecto debe ser corregido inmediatamente.

Hay que comprobar a diario la fuerza electromotriz de la batería con un pequeño voltímetro Cardew, basándose en la regla de que la fuerza electromotriz media de un elemento es de 2 voltios. Si el número total de voltios, dividido por el número de elementos, no es mayor de 2 voltios, debe ensayarse cada elemento separadamente hasta encontrar el defectuoso. Es necesario entonces sacar las placas, rasparlas, limpiar los elementos y renovar el líquido.

Se debe también comprobar con el densímetro, como hemos dicho anteriormente, la densidad del

líquido; esta operación da a conocer el estado de los elementos.

Los accidentes que con más frecuencia se presentan son:

1.º Pérdidas a tierra, producidas por defectos de aislamiento de los contactos entre las placas; este defecto es debido al alabeo de las superficies o a la interposición de las sales, y, por último, a imperfecciones en las conexiones de los acumuladores.

2.º También pueden provenir los accidentes de la formación de sulfuros sobre las placas. Esta sulfatación hace que las placas se escamen, se alabeen y se produzcan cortos circuitos.

Para comprobar el aislamiento de los acumuladores se mojan los dedos en agua acidulada y se colocan sobre la plancha que soporta la cubeta. Si se siente una sacudida, el aislamiento es perfecto. Cuando la dinamo da más de 100 a 200 voltios, es peligroso este ensayo.

Los acumuladores deben limpiarse de cuando en cuando; para ello se desmontan los elementos y se quitan con un cepillo de hilos de hierro los depósitos blancos formados sobre las placas positivas, lavándose en seguida las placas con el líquido del baño, y se renueva este líquido.

Electrólito. El líquido debe estar preparado con anticipación y no debe verterse en el recipiente hasta que esté completamente frío. Para prepararlo es preciso verter lentamente el ácido en el agua, que debe agitarse constantemente con una

varilla de vidrio. Vertiendo el agua en el ácido se producirían proyecciones del líquido.

No debe añadirse bajo ningún pretexto ácido puro en las baterías.

Hasta ahora el electrolito se ha formado con una solución de ácido sulfúrico. Según esto, un acumulador que no está sometido a una marcha normal, se recubre de una capa de sulfato de plomo sobre sus dos placas; este es el origen de casi todos los defectos de los acumuladores.

Para desembarazarlos de este sulfato, Mr. Sayers ha empleado el procedimiento siguiente:

Dicho señor operó sobre una batería de 120 elementos, en los que las placas estaban cubiertas de sulfato de plomo. Los cargó al principio con la corriente normal, 30 amperios, y cada elemento recibió 2,5 voltios. El sulfato no desapareció, y ensayó entonces cargarlos durante varias semanas a razón de 40 a 45 amperios, y notó un gran cambio en el aspecto de las placas, sobre todo en las positivas. Se formaron manchas oscuras de óxido y concluyó por desaparecer el sulfato.

Para cargar a 40 amperios, la diferencia de potencial necesaria se eleva, sobre poco más o menos a 2,7 voltios, y el líquido presenta un aspecto lechoso; Mr. Sayers atribuye este resultado, bien a que sea necesario más de 2,5 voltios para descomponer completamente el sulfato de plomo, bien a que el hidrógeno que se desprende descompone el sulfato en plomo metálico y ácido sulfúrico.

Mr. Preece indica el uso del carbonato de sosa,

añadido a la solución de ácido sulfúrico, para des-
embarazar los acumuladores del sulfato de plomo.
He aquí las experiencias que cita en su apoyo:

Seis elementos nuevos (tipo 15 L, de Elwel
Parker) fueron cargados como sigue:

Número 1: 3 litros de ácido sulfúrico, 2,4 de
sulfato de sosa y 9 de agua.

Número 2: 3 litros de ácido sulfúrico, 2,4 de
sulfato de sosa y 9,6 de agua.

Número 3: 3 litros de ácido sulfúrico, 1,8 de
sulfato de sosa y 10,2 de agua.

Número 4: 3 litros de ácido sulfúrico, 1,2 de
sulfato de sosa y 10,8 de agua.

Número 5: 3 litros de ácido sulfúrico, 0,6 de
sulfato de sosa y 11,4 de agua.

Número 6: 3 litros de ácido sulfúrico, 0,6 de
sulfato de sosa y 12 de agua.

Para preparar la solución de sulfato de sosa se
valió de una solución saturada de carbonato de
sosa, a la que añadió ácido sulfúrico hasta que el
desprendimiento gaseoso cesó.

Estos elementos han sido cargados y descarga-
dos durante un período de doce meses.

La solución número 5 es la que ha dado el resul-
tado más satisfactorio. Después de seis meses de
experiencia, dos series de 52 elementos (núme-
ro 23 L) han sido cargadas: una con la solución
ordinaria de ácido sulfúrico, presentando una den-
sidad de 1,175; la otra con la solución de sulfato
de sosa, con una densidad de 1,225.

La experiencia ha confirmado la ventaja que

resulta con el sulfato de sosa. No se ha comprobado ninguna deformación en las placas, y los óxidos no se esterilizan.

La experiencia ha probado que la sosa añadida no disminuye la fuerza electromotriz y no aumenta la resistencia interior; el gasto no se reduce.

Los acumuladores con sosa no tienen el menor rastro de sulfato, y el carbonato de sosa añadido a un elemento sulfatado hace desaparecer el sulfato de plomo.

He aquí cómo se prepara el electrolito:

A un litro de solución saturado de carbonato de sosa se añaden lentamente, y agitándolo de continuo, 300 gramos de ácido sulfúrico concentrado. Llénese el elemento con diecinueve partes de agua, cinco de ácido sulfúrico concentrado y una de solución de sosa. La densidad del líquido debe ser de 1,210.

Entretenimiento de las placas de los acumuladores. Hay que tener gran cuidado en la limpieza de los acumuladores y de que los contactos no se alteren.

Cuando el nivel de los líquidos baje en las cubetas a causa de la evaporación, debe restablecerse el nivel con agua pura y nunca con ácido. Debe reemplazarse en seguida toda cubeta que no esté estanca.

Hay que procurar que todos los elementos de una batería se mantengan en buen estado, y para asegurarse de ello es conveniente, después de cargarlos con idénticas condiciones, comprobar si tienen la

misma tensión en los polos. Esta comprobación es conveniente hacerla a diario. La tensión de un elemento que no está en circuito es próximamente de 2,2 voltios. La densidad del líquido en los elementos indica también la tensión de éstos, porque la densidad es máxima cuando los elementos están completamente cargados, y va disminuyendo con la descarga conforme disminuye la intensidad de la corriente.

Debe retirarse del circuito todo elemento que al principiar la descarga presente menos tensión polar que los demás, substituyéndosele por uno de los que deben tenerse de reserva; el elemento retirado puede unirse a la batería cuando ésta se cargue de nuevo.

Si la tensión polar de un elemento es menor que la normal, puede obedecer a que exista un circuito reducido en las placas; para comprobarlo se sacan de la cubeta los electrodos y se los lava, examinándolos después. Si no existe el defecto, se colocan las placas de nuevo y se carga el elemento hasta la saturación. Cuando las placas están muy usadas se puede renovar la materia activa de la manera siguiente:

Para reparar las placas positivas, se mezcla minio con agua acidulada conteniendo dos partes de agua por una de ácido sulfúrico.

Esta pasta tiene un color rojo obscuro. Se agrega ácido sulfúrico hasta que el color rojo del minio desaparezca por completo. La pasta está formada entonces casi completamente por el sulfato de plo-

mo. Conseguido esto, se embute la pasta en los alvéolos de la placa, comprimiéndola después y dejándola secar por espacio de veinticuatro horas. Es mejor usar en vez de minio peróxido de plomo virgen, porque el minio siempre contiene algo de carbonato.

Para rellenar los cátodos se hace una pasta parecida con litargirio.

El color de los bordes de una placa indica su estado. Cuando el borde de una placa positiva tiene el mismo color que la negativa, es necesario examinar el interior del elemento.

Si durante la carga se efectúa un cambio en el sentido de la corriente de la dínamo, de tal suerte que la corriente que parta del polo positivo de la máquina llegue al negativo del acumulador, se debe descargar éste lentamente sobre una resistencia, que se disminuye a medida que la fuerza electromotriz baja. Cuando el acumulador no tiene fuerza motriz, se le une a la máquina en el sentido normal y se le carga intercalando una resistencia en el circuito.

Cuando los acumuladores deben estar en reposo durante largo tiempo, es necesario cargarlos completamente, y cada dos semanas volverlos a cargar hasta la saturación. De esta manera pueden permanecer los acumuladores largo tiempo sin deteriorarse. El mismo procedimiento debe seguirse con los acumuladores de reserva si están cargados de líquido.

Cuando está mucho tiempo una batería sin fun-

cionar y descargada en todo o parte, se *suljatan* las placas; cuando éstas se retiran del agua acidulada y están expuestas al aire, se ponen duras y rugosas y se ennegrecen, y para utilizarlas de nuevo es preciso someterlas a una larga sobrecarga, hasta que se presenten al tacto suaves y untosas.

M. Roux ha hecho con este objeto experiencias con dos acumuladores Julien de 200 amperios-hora. El líquido estaba recubierto con una capa de parafina; los vasos eran de cristal y soportados por aisladores de aceite; el acumulador estaba, por consiguiente, perfectamente aislado. El líquido, que contenía 4 por 100 de sulfato de sosa, presentaba una densidad de 1,2 cuando el acumulador estaba cargado a saturación.

Los dos elementos ensayados fueron cargados el 5 y después descargados el 6 de agosto, hasta que la tensión descendió a 1,8 voltios, suministrando en la descarga 233 amperios-hora.

El 7 de agosto se cargaron de nuevo en las mismas condiciones que el 5, y quedaron los acumuladores tranquilos hasta el 20 de octubre. En esta fecha se descargaron en las mismas condiciones que el 6 de agosto y dieron 220 amperios-hora.

Como se puede admitir que los elementos recogieron el 5 y 7 de agosto la misma cantidad de electricidad, no se perdieron, por consiguiente, más que 13 amperios-hora, o sea el 6 por 100, en los dos meses y medio durante los cuales estuvieron en reposo.

Se puede deducir de esta experiencia que los

elementos bien aislados pueden conservarse sin ser utilizados cuando han sido cargados precisamente hasta la saturación.

Con frecuencia, las placas expedidas por los fabricantes llegan al comprador después de un largo viaje, y montadas acusan una fuerza electromotriz muy débil, exigiendo, por consiguiente, una nueva formación. Para ello hay que someter a los elementos sulfatados a una corriente de medio amperio por hilogramo de electrodo durante cuarenta horas. Algunos constructores indican corrientes mucho más intensas, que se elevan hasta 2 o 3 amperios por kilogramo de placa.

Como acabamos de ver, la energía de una corriente continua, contraria a la alterna, se puede almacenar por medio de los *acumuladores* que hemos descrito, que absorben la corriente, devolviéndola (en sentido contrario) a voluntad y en cualquier momento. Para obtener la tensión que se requiere, los *elementos* necesarios se acoplan en serie para formar la *batería*. La cantidad de corriente que el acumulador puede absorber o reproducir depende de la superficie, grueso y número de las placas del elemento.

Esta cantidad expresada en *amperios-hora* (amperio \times hora) representa la *capacidad* de la batería. Por regla general se calcula la capacidad de un acumulador de modo que se pueda tomar de él la corriente máxima por el tiempo de tres horas. Un elemento descargado tiene 1,83 y cargado 2,1 voltios, próximamente. Mientras se prosigue

la carga, la tensión sube todavía para sostenerse a 2,7 voltios. Para las tensiones de 110 y de 220 voltios generalmente adoptadas para el alumbrado eléctrico, se necesitan, pues, 60 a 120 elementos de 1,83 voltios. Para cargar la batería de 60 elementos hará falta una tensión máxima de $60 \times 2,7 = 160$ voltios, aproximadamente, y para la de 120 elementos, una de $120 \times 2,7 = 320$ voltios.

Una dínamo construída para 110 ó 220 voltios no puede, por consiguiente, cargar la batería correspondiente sin ciertos requisitos. Para hacer posible esta operación hay tres procedimientos diferentes:

1.º Se eleva la tensión de la dínamo, aumentando su velocidad en proporción conveniente. Este procedimiento sirve tan sólo para casos excepcionales.

2.º La dínamo se construye para la tensión máxima de la carga, y para el funcionamiento normal se reduce la tensión por medio de un reóstato del campo de excitación con resistencias especialmente altas (tipo K).

3.º Se emplea la dínamo correspondiente con su tensión normal y se acopla una dínamo auxiliar (*elevador de tensión*) en serie con la generatriz principal, produciendo las dos la tensión requerida. Como estos elevadores de tensión no tienen que funcionar más que durante ciertas horas, y como necesitan una regulación de su velocidad, por regla general son impulsados por un electromotor

especial. Las dos máquinas juntas representan en este caso un *subvoltage*.

Como al principio de la *descarga* de la batería la tensión es de 2,1 voltios por elemento, y la total de 126 o de 252 voltios, es preciso reducir el número de elementos para obtener la tensión normal de 110 o de 220 voltios. Durante el tiempo de la *descarga* hay que aumentar progresivamente



Fig. 63

el número de elementos para mantener constante la tensión normal. Para este objeto sirven los *reductores de carga y descarga simples y dobles* (fig. 63). Los primeros no permiten la carga y *descarga* más que sucesivamente; los últimos, en cambio, admiten tomar cierta cantidad de corriente durante la *carga*.

Como los *reductores de carga y descarga*, lo mismo que los *reóstatos de regulación* de las generatrices, requieren un *reglaje frecuente*, se han construido *reductores de carga y descarga automáticos* que, accionados por las variaciones de la tensión, mueven la manivela del *reductor automático*. Una clase especial de los *reductores de carga y descarga automática* representa el sistema *Trumpy*, cuyas manivelas son movidas directamente por dos grandes *electroimanes* (en lugar del *motorcito*).

Como para la unión de los reductores de carga y descarga con los elementos de la batería se necesitan muchos hilos de cobre, se procura siempre montarlos inmediatamente allado de la batería. Para mayores distancias se emplean reductores de carga y descarga automáticos sobre los que la tensión, sin embargo, no ejerce influencia ninguna, sino que están provistos de interruptores de botón (pulsadores) para *acción a distancia* colocados cerca de la generatriz.

Rendimiento de los acumuladores. El rendimiento de un acumulador es la relación entre la energía que puede éste suministrar y la que ha sido gastada para la carga. El rendimiento útil se determina ordinariamente por el número de amperios-hora producidos por la descarga antes de que la fuerza electromotriz baje un 10 por 100. La experiencia ha probado que esta cifra es muy variable, porque depende mucho de la densidad de corriente de descarga, es decir, del número de amperios gastados por centímetro cuadrado. En la práctica no se pasa generalmente de un décimo cuadrado.

La rapidez de la descarga tiene una gran influencia en el rendimiento. Operando lentamente se aumenta mucho la cifra. La fuerza electromotriz baja rápidamente cuando la densidad de la corriente es muy grande y el trabajo disponible disminuye a medida que se exige por unidad de tiempo un trabajo más considerable.

Operando con débiles corrientes para la carga

y la descarga se tiene todavía la ventaja de asegurar al elemento mayor duración. Cuando se fuerza la corriente se destruyen las placas.

Se admite en general que la producción de los acumuladores de plomo no debe pasar de un amperio por kilogramo de placas en una instalación de alumbrado.

Es difícil dar cifras precisas del rendimiento. Se admite generalmente que un acumulador rinde un 60 a 65 por 100 del trabajo absorbido.

Recipientes para los acumuladores. Los recipientes destinados a los acumuladores deben antes que nada ser perfectamente estancos, porque una fuga de líquido puede poner el acumulador en contacto con la tierra. Se emplean recipientes de asperón, de cristal, de madera, forrados de plomo, y de ebonita.

El asperón tiene el inconveniente de rezumarse y hay necesidad de barnizarlos cuidadosamente.

Estos recipientes suelen tener un orificio en la parte inferior, por donde pueden vaciarse sin necesidad de moverlos de su sitio y limpiarlos.

Los de cristal son los mejores, porque tras de ser completamente estancos, puede vigilarse el interior del aparato; pero es un obstáculo su fragilidad, lo que hace no poderlos usar cuando sus dimensiones pasan de cierto límite.

Los de madera forrados de plomo están raramente estancos y cuestan muy caros.

Los de madera con una capa de resina o alquitrán no deben usarse, porque el ácido ataca al

alquitrán y forma ácido acético y ácido oxálico, que son enemigos del plomo.

Los recipientes de ebonita resisten bastante tiempo, siempre que la temperatura de la sala en que se encuentren sea constante. El sol les perjudica.

Es importante comprobar frecuentemente el aislamiento de los recipientes entre sí y con los soportes sobre que están colocados, a causa de las cristalizaciones salinas que pueden formarse y establecer circuitos cortos o contactos con la tierra.

Aplicación de los acumuladores. El débil rendimiento de los acumuladores y su precio elevado limitan mucho las aplicaciones industriales de estos aparatos. Suelen utilizarse para el alumbrado en los casos siguientes:

1.º Como reserva disponible, para atender a la insuficiencia o parada de las dinamos.

En los teatros es importante tener siempre una provisión de electricidad, y el uso de los acumuladores está naturalmente indicado en estas circunstancias.

2.º Para obtener una luz fija, cuando el motor que mueve la dinamo acciona al mismo tiempo herramientas en número variable, los acumuladores desempeñan el papel de un volante que regula la corriente.

3.º Cuando hay momentos en una fábrica en que existe un exceso de fuerza motriz disponible. Este trabajo se emplea en cargar los acumuladores, que se aprovechan en seguida en los momentos necesarios para el alumbrado.

4.° Para el alumbrado de los vagones se emplean acumuladores que se cargan bien antes de su marcha por una dínamo colocada en el andén, bien durante el trayecto por una dínamo dispuesta en uno de los furgones del tren.

Los acumuladores son muy cómodos para un alumbrado momentáneo, como el de una sala de reunión. En el momento deseado se transportan los elementos cargados con todo el material necesario.

5.° Se han hecho muchos ensayos para la propulsión de los tranvías y de los barcos por medio de acumuladores. Los elementos se cargan con anterioridad en una fábrica destinada a este objeto. El peso de los acumuladores es un gran obstáculo para que puedan ser empleados en los barcos; pero, en cambio, tienen la ventaja de que no producen calor ni humo.

6.° En fin, los acumuladores pueden reemplazar ventajosamente a las pilas para la telegrafía y para la producción de señales. La telegrafía exige corrientes de muy poca intensidad en comparación a la que necesita el alumbrado, pues se emplean todo lo más corrientes de 0,05 amperios.

CAPITULO VIII

Transformadores

Teoría de los transformadores. Si se hace variar el flujo magnético que atraviesa una bobina, se induce en esta bobina una fuerza electromotriz que es proporcional a la variación del flujo con relación al tiempo y al número de espiras. Si, por el contrario, una corriente atraviesa una bobina, se produce a través de ella un campo magnético cuya intensidad es proporcional, hasta cierto punto, al producto de la corriente por el número de espiras, es decir, a los amperios-vueltas. Si la intensidad de corriente varía, el flujo magnético varía al mismo tiempo. Por consiguiente, admitiendo una disposición de dos bobinas tal que el flujo magnético producido en la primera por una corriente de intensidad variable atravesase total o parcialmente la segunda bobina, se induce una fuerza electromotriz en ésta. La figura 64 nos presenta una disposición parecida. Un anillo de hierro tiene dos bobinas I y II. Si la bobina I es atravesada por una corriente, se produce un campo

magnético en el anillo de hierro y en el aire ambiente. El campo tendrá su mayor intensidad en el interior de la bobina I en *a* y la más débil en el interior de la bobina II en *b*. El anillo de hierro obra como un conductor de flujo, produciendo, por así decir, la conexión de las dos bobinas con el campo magnético común. Se puede producir la misma conexión sin el empleo de una pieza intermediaria de hierro; es suficiente adoptar una disposición conveniente.

Asimismo, en el caso de la figura, admitiendo

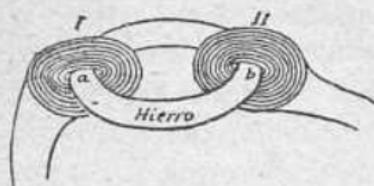


Fig. 64

que no existe anillo de hierro, una parte del campo magnético producido en la bobina I atravesaría la bobina II, pero su intensidad sería muy débil. Asimismo,

superponiendo las dos bobinas, el campo atravesaría la bobina II, y la acción inductiva sería más fuerte que en el caso precedente, aunque menos grande que con el empleo de un anillo de hierro.

Si se colocan las bobinas sin poner hierro, de manera tal que el eje de I esté en el mismo plano que II, ninguna de las líneas de fuerza del campo producido en I por la corriente atravesará la bobina II, y una variación de la intensidad del campo en I no producirá ninguna fuerza electromotriz inducida en II. El empleo del hierro como intermediario, sin ser absolutamente necesario, tiene la ventaja que la acción inductiva de una

bobina sobre la otra es considerablemente reforzada, y además, esta acción es menos dependiente de la disposición mutua de las dos bobinas. Este aparato, consistente en dos bobinas y en un núcleo de hierro común, es un transformador de corrientes alternativas.

Hemos visto que la fuerza electromotriz inducida es proporcional a las variaciones de la corriente con relación al tiempo. Puesto que la intensidad de la corriente no puede variar siempre en el mismo sentido (porque entonces debería crecer hasta el infinito) los períodos de intensidades crecientes y decrecientes deben alternar. Si una intensidad creciente produce una fuerza electromotriz de un sentido cualquiera en la bobina secundaria, tendrá una fuerza electromotriz de sentido contrario cuando la intensidad disminuya; de donde se ve que las oscilaciones de corriente en la bobina primaria, aunque no se cambie el sentido de la corriente, producen en la bobina secundaria fuerzas electromotrices alternativamente positivas y negativas. Esta fuerza electromotriz alternante produce una corriente alternativa en un conductor conectado a los dos extremos de la bobina precedente. Es, por consiguiente, posible transformar una corriente continua y oscilatoria en corriente alternativa; pero es imposible transformar esta misma corriente en corriente continua. Si se envía una corriente alternativa, en lugar de la corriente continua y oscilatoria, a la bobina primaria, se la puede transformar en

corriente alternativa de tensión diferente. Esta tensión dependerá de la fuerza electromotriz de la corriente primaria, y de la relación entre el número de espiras de las dos bobinas.

Dispersión magnética. Es interesante estudiar la acción del campo magnético sobre las dos bobinas. Puesto que las líneas de fuerza atraviesan, no solamente el hierro, sino también el aire ambiente, es evidente que las líneas de fuerza que atraviesan la bobina I en a no irán todas al centro b de la bobina II. La diferencia aumentará con la distancia que separe las dos bobinas, como asimismo con la resistencia que el hierro ofrece al recorrido de las líneas de fuerza (reluctancia).

Algunas líneas de fuerza atravesando la sección a salen de los dos lados de esta sección y se cierran a través del aire, fuera de la bobina II. Estas líneas de fuerza que se dispersan en el aire (de donde la expresión «dispersión magnética») no contribuyen a la producción de la fuerza electromotriz de II cuando se cambia el flujo magnético total por las oscilaciones o alternancias de la corriente en la bobina I. Cuanto más grande es la dispersión magnética, más pequeña es la fuerza electromotriz inducida en II. Admitamos desde luego que I sea recorrida por una corriente continua mientras que II no es atravesada por ninguna corriente, y en seguida por una corriente continua tal que debilite el campo magnético producido por I. La bobina I envía, por lo tanto, un flujo magnético de un sentido determinado a través

del anillo de hierro. Si II está sin corriente, el flujo magnético debe vencer solamente la reluctancia del hierro. No habrá, por consiguiente, más que un pequeño número de líneas de fuerza que, atravesando el hierro en la sección *a*, abandonarán en seguida el hierro para cerrarse en el aire. Si, por el contrario, la bobina II es recorrida por la corriente mencionada más arriba, ésta tratará de producir un flujo magnético de sentido contrario al de la bobina I. Es evidente que en este caso la dispersión será aumentada, porque el flujo encuentra una resistencia más grande oponiéndose a su paso en el hierro.

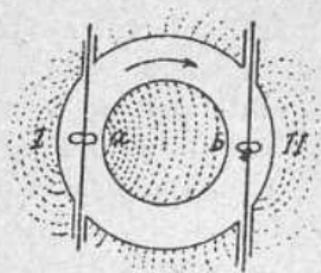


Fig. 65

Esto es fácilmente comprensible si se le compara a un fenómeno hidráulico. Supongamos un tubo en anillo hecho de una materia porosa (fig. 65) lleno y rodeado completamente de agua.

Produzcamos en este tubo, por medio de la hélice I, una circulación continua de agua en el sentido indicado por la flecha. La rueda debe producir, por consiguiente, una diferencia de presión suficiente para vencer las resistencias debidas al frotamiento. La presión encima de I es mayor que debajo de esta rueda; el agua se derramará, por consiguiente, en la parte superior de la rueda por los poros y entrará en el tubo por la parte infe-

rior, como está indicado por las líneas de puntos. De aquí se sigue que la velocidad del agua en el tubo será más grande en a que en b . Si el tubo es bastante grueso, y si, por consecuencia, las pérdidas debidas al frotamiento son muy pequeñas, la dispersión del agua y las diferencias de velocidad entre a y b serán insignificantes.

Supongamos ahora una segunda hélice II en el tubo. Si esta rueda es perfectamente móvil, el agua en movimiento la hará girar sin que ella pueda influir sobre la dispersión. Disminuyamos ahora la movilidad de esta rueda frenando su árbol, y entonces opondrá una resistencia a la corriente del agua; la presión será más grande encima de b que debajo.

Por consecuencia, la diferencia de presión cerca de a aumentará también, y la cantidad de agua que se derrama por los poros de la parte superior y entra por debajo será considerablemente aumentada. Asimismo, la cantidad de agua que atraviesa a durante la unidad de tiempo debe ser más grande que la que se derrama en b , y el número de vueltas de la rueda alada II disminuye: 1.º, porque la carga disminuye el movimiento, aunque la velocidad del agua permanezca constante; 2.º, porque esta velocidad resulta más débil por el aumento de la dispersión. Si se quiere disminuir la pérdida de velocidad resultante de esta última causa es necesario aproximar la rueda accionada II lo más posible a la rueda motriz I.

Reemplacemos ahora el tubo por el anillo de

hierro, que es, para el flujo magnético, un canal con paredes porosas; después reemplacemos la rueda motriz I por la bobina primaria I, y la rueda II por la bobina secundaria II, y se ve que el flujo magnético corresponde a la velocidad del agua, y que será tanto más pequeño cuanto más grande sea la intensidad de la corriente en II.

La disposición de un transformador, tal como la representa la figura 64, es, por consiguiente, desfavorable, porque no permite recoger en las bornas de la bobina inducida la intensidad más fuerte a la tensión más elevada posible. Se aproxima uno más al conseguirlo de este objeto arrollando las bobinas sobre toda la periferia del anillo, de tal suerte que cada bobina envuelva una

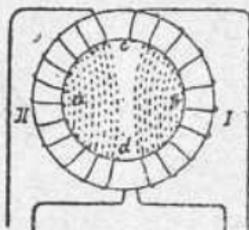


Fig. 66

mitad del anillo (fig. 66). En esta disposición, la presión magnética que trata de hacer salir las líneas de fuerza del hierro no tiene un valor máximo constante para toda la mitad del anillo. Tiene solamente este valor en los puntos *c* y *d*; disminuye de los dos lados y es igual a cero en los puntos *a* y *b*.

El campo de dispersión es, por consiguiente, disminuído por el hecho del nuevo bobinado, y su influencia desventajosa, con relación a la figura 64, es considerablemente más pequeña.

Se puede representar gráficamente la repartición del campo de dispersión en el interior del

anillo, puesto que la presión magnética en una sección es proporcional a los amperios-vueltas hasta esta sección. Admitamos ahora que cada mitad del anillo está arrollada uniformemente; la corriente tiene un sentido determinado, de suerte que la presión magnética tenga como sentido (en el cuadrante superior de la izquierda) la dirección del hierro al aire. En el cuadrante inferior de la izquierda, esta presión tiene el sentido inverso, puesto que va del aire al hierro. Lo mismo

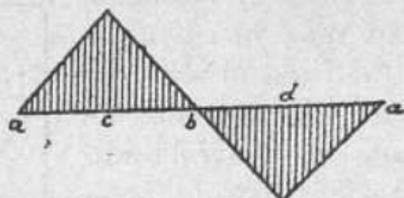


Fig. 67

pasa en los dos sectores de la derecha. Cortemos ahora el anillo en *a* y extendámosle; el diagrama de la presión magnética que produce la dispersión magnética tendrá la forma representada por la figura 67. Las ordenadas positivas marcan una presión saliendo del hierro, lo que corresponde al polo norte; las ordenadas negativas corresponden al polo sur. Los puntos de la figura 66 indican las líneas de fuerza que atraviesan el aire, pero solamente por la parte interior del anillo.

Hay, además, líneas de fuerza que atraviesan el aire ambiente fuera del anillo. Admitamos ahora que la resistencia magnética sea en todas partes

la misma, es decir, que el flujo magnético saliendo de la unidad de superficie y entrando sea proporcional a la presión magnética en este sitio; la dispersión magnética total está representada por las áreas rayadas en la figura. Bien entendido, la suposición de una resistencia magnética constante no es exacta. Pero como ésta es una consideración completamente superficial, es inútil estudiar la variación de la reluctancia, y podemos suponer que las áreas de la figura 67 representan el flujo de dispersión.

Disposición de las bobinas. Cambiemos ahora el arrollamiento, de manera de tener seis bobinas y que cada una recubra la sexta parte del anillo; si están puestas de tal manera que una bobina pri-

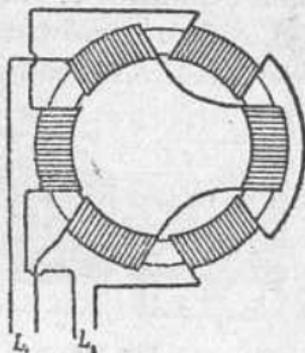


Fig. 68

maria esté colocada entre dos bobinas secundarias (fig. 68), la dispersión magnética estará considerablemente disminuída. La presión magnética es más fuerte en los puntos en que las bobinas primarias y secundarias se tocan; pero como el número de espiras en cada bobina está reducido al tercio, este valor de la presión es también el tercio de su antiguo valor. Asimismo, la superficie por la que las líneas de fuerza de la dispersión pueden salir está reducida al tercio. El campo total de la dispersión es, por consiguiente, ahora

$1/3 \times 1/3 = 1/9$ de su valor primitivo. Si se dividiera cada arrollamiento en cuatro partes en vez de tres, el campo de dispersión tendría solamente $1/16$ del valor que se encuentra para la dispersión marcada en la figura 66. Es, por lo tanto, posible disminuir la dispersión por el método de estas subdivisiones hasta el grado conveniente; se puede evitar completamente bobinando alternativamente una espira primaria y una secundaria. Sin embargo, esta disposición no sería práctica a causa del aislamiento mutuo de los dos arrollamientos; ade-

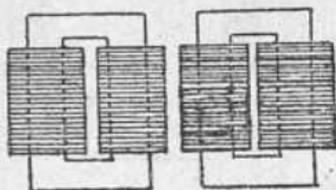


Fig. 69

más, se evita fácilmente, porque la experiencia demuestra que la dispersión es despreciable, admitiendo solamente 500 a 600 amperios-vueltas eficaces por subdivisión.

No es necesario hacer el núcleo de hierro en forma de anillo. Se pueden emplear los cuerpos cerrados sobre sí mismos; por ejemplo, un marco rectangular (fig. 69), y colocar las bobinas sobre los lados más largos. La disposición de la figura de la izquierda corresponde a la figura 66. Tenemos una sola bobina primaria y una sola bobina secundaria. La dispersión será muy considerable. Aceptando la disposición representada a la derecha, con cinco bobinas primarias y cinco bobinas secundarias, la dispersión quedará reducida al 1,25 del valor precedente.

Además, se pueden arrollar las dos bobinas una sobre otra, lo que disminuye considerablemente la dispersión.

Este método es empleado frecuentemente, porque permite un buen aislamiento mutuo de las dos bobinas.

Formas en uso. Los transformadores empleados en las prácticas se dividen en dos grandes grupos: los transformadores acorazados y los transformadores núcleos.

Los primeros tienen la forma representada por la figura 70. Las bobinas primarias P y secundarias S son longitudinales y están colocadas una sobre otra o una dentro de otra; el hierro está compuesto de láminas de palastro. Su disposición es tal que éste rodea la mayor parte de las bobinas, a fin de que no haya más que los dos semicírculos que salen. Existe otra construcción en la que las bobinas son anulares y el hierro, compuesto de segmentos, está colocado todo alrededor; pero esto no ofrece ninguna ventaja especial. Las láminas de palastro tienen dos aberturas, de manera que después de haberlas superpuesto existen dos cuchillos para el emplazamiento de las bobinas. Se hacen primero éstas y después se las rodea con las láminas de palastro. Las bandas de palastro K colocadas en el centro entre las dos aberturas forman el núcleo de las bobinas, y el marco exterior M constituye la coraza.

El hierro de los transformadores de núcleo consiste en un marco rectangular compuesto de lá-

minas de palastro (fig. 71); los lados más grandes de este marco forman los núcleos *K*, y los lados cortos forman las culatas *J*. La sección de los núcleos es casi siempre cuadrada, pero puede ser igualmente rectangular. En la disposición de la figura, el plano de las láminas de palastro es paralelo al del marco. Hay, por tanto, disposiciones en las que la superficie de las láminas de palastro es nor-

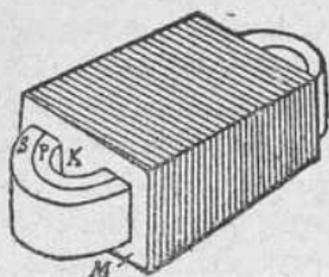


Fig. 70

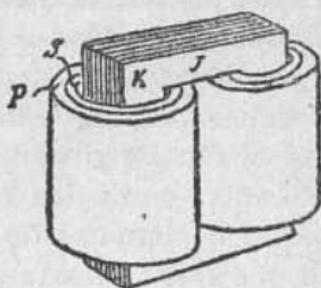


Fig. 71

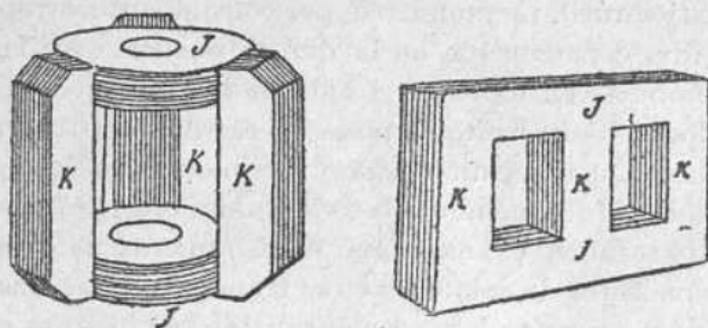
mal al plano que pasa por los dos ejes de las bobinas. El marco es en este caso redondeado y formado de una banda de hierro, arrollado según la forma deseada. Las bobinas primarias *P* y secundarias *S* pueden estar colocadas una sobre otra, o la una dentro de la otra.

Para las corrientes trifásicas se emplean únicamente transformadores de núcleos con disposiciones diversas. Dos de las construcciones más empleadas son las que representan las figuras 72 y 73. En la primera, las culatas *J* están compuestas de discos, y los núcleos están colocados a los lados a 120° uno de otro. Los extremos de los núcleos es-

tán cortados oblicuamente y sujetos contra las culatas por placas de fundición de forma conveniente.

Se introducen las bobinas (que no se han representado en la figura para mayor claridad) en los núcleos, como se ve en la figura 71. La construcción de la figura 73 es un ensanche de la disposición de la figura 71. Los tres núcleos K tienen una culata común J , y cada uno de ellos está rodeado por las bobinas que pertenecen a una misma fase.

Construcción del esqueleto de hierro. Las lámi-



Figs. 72 y 73

nas de palastro que componen el núcleo de hierro están designadas en las figuras 70, 71 y 73 como superficies cerradas, es decir, que se ha admitido que el núcleo y la culata, o el núcleo y la coraza, están cortados de una sola pieza. Semejante construcción sería muy posible y presentaría además la ventaja de que el camino de las líneas de fuerza no sería interrumpido por las secciones. Pero se tendría el inconveniente, sin embargo, de tener que arrollar las bobinas a través del espacio existente

entre los núcleos y las corazas. Semejante bobinado es muy difícil, porque se tiene que tirar de toda la longitud del hilo de una bobina al arrollar cada espira, y esto a través de un espacio muy reducido. No se podría arrollar al torno, y además, si el hilo es grueso y rígido, no sería posible arrollarlo bien de cualquiera manera. Hay además el inconveniente de que los defectos de aislamiento no podrían ser vistos hasta después del bobinado completo del transformador, y las reparaciones exigirían mucho trabajo inútil. Es preferible, por consiguiente, adoptar una construcción en la que se puedan arrollar las bobinas en el torno e independientemente del núcleo; se debe también poderlas arrollar separadamente. Esto permite poner fácilmente cualquier grosor de hilo, aislándolo todo cuidadosamente; se puede también así examinar el aislamiento de cada bobina antes de colocarla en el transformador. Después de examinadas, se colocan las bobinas en el núcleo. Para permitir esta colocación es necesario interrumpir la continuidad del camino magnético en cada una de las láminas de palastro. Es necesario, sin embargo, que estas interrupciones tengan la menor influencia posible sobre la totalidad del hierro. Se puede conseguir este objeto desacuñando las uniones; se coloca entonces encima de cada unión una lámina que no está interrumpida. Las líneas de fuerza, en vez de atravesar la junta, pueden ir por las láminas contiguas. Puesto que la superficie de este último paso es enorme con relación a la superficie de la unión, se puede admitir muy bien que

la resistencia magnética de la junta es despreciable. El esqueleto hecho de esta manera ofrece, por lo tanto, realmente un camino continuo a las líneas de fuerza.

Vamos a describir algunas construcciones de este género. En el *transformador WESTINGHOUSE* se cortan las láminas de palastro de una sola pieza, pero se hacen dos entalladuras oblicuas sobre el puente del centro (fig. 74); después de haber arrollado y

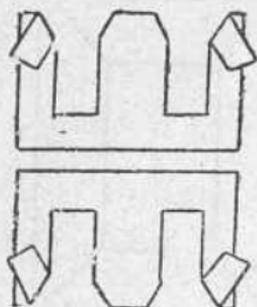


Fig. 74

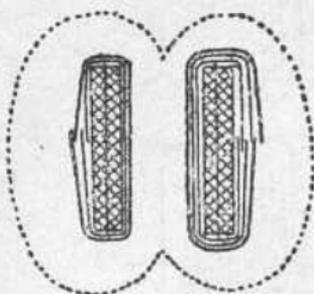


Fig. 75

aislado bien las bobinas, se las rodea del esqueleto de hierro, colocando separadamente las láminas. Para esto se coloca el puente del centro en las bobinas, después de haber llenado las dos patas; se meten de nuevo las patas, después se coloca al otro lado la segunda lámina designada debajo de la primera. Se cubren de esta manera las uniones de una lámina por la parte continua de la lámina siguiente.

El núcleo del *transformador de FERRANTI* (figura 75) consiste en un paquete de láminas de palastro que se colocan dentro de las bobinas; después

se repliegan las bandas sobre los dos extremos de la bobina para formar la coraza. Sus dimensiones están elegidas de tal suerte, que en la parte en que la banda replegada se toca, los dos extremos rebasan como está indicado en la figura.

En los *transformadores KAPP* (fig. 71) los núcleos y las culatas están compuestos de láminas de palastro ordinarias y rectas, pero cambiadas para pro-

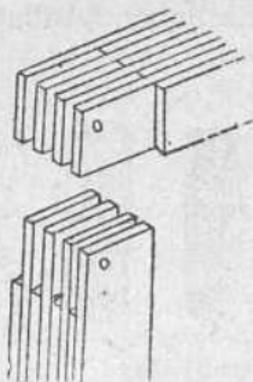


Fig. 76

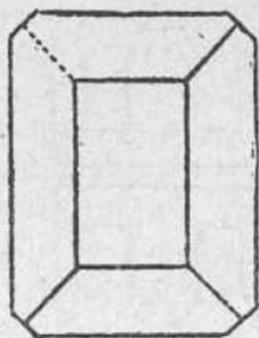


Fig. 77

ducir espigas y entalladuras en los cuatro extremos del esqueleto, como está representado por la figura 76. Para ver bien la construcción, el espesor de las láminas está designado en una escala exagerada. Las láminas están sujetas por bulones aislados. Como todas las placas de palastro tienen una forma rectangular, no se pierde nada de material al cortarlas. En la disposición *COMPTON* (fig. 77), las láminas son dos placas en forma de **L** que están colocadas a los dos lados en las bobinas, de suerte que las uniones de una capa están recubiertas por las lámi-

nas de la otra capa. Cortando las láminas hay cierta pérdida, a causa de la forma especial de las piezas.

Cortando las láminas para el transformador de *Westinghouse* (fig. 74) se pierde el material de las dos aberturas que se han hecho. Para evitar esta pérdida, *Mordey* ha variado la construcción; éste hace el puente del centro con el hierro cortado en la abertura (fig. 78). Después de haber hecho el corte, resultan dos piezas: la coraza rectangular y el puente que se coloca a través. Se ponen las láminas-co-

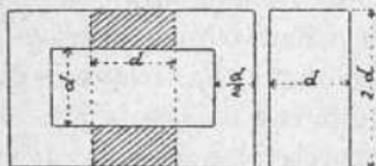


Fig. 78

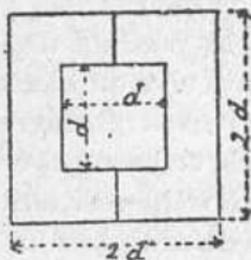


Fig. 79

raza alrededor de las bobinas y se introduce el puente del centro en el intervalo que existe. El núcleo y la coraza se tocan solamente en la parte señalada con rayas diagonales; en las otras partes existe entre dos láminas de palastro una capa de aire del mismo espesor. Se llena solamente la mitad del interior de las bobinas de hierro. Dicho de otra manera: la longitud de cada espira debe ser más grande que en la figura 74, en donde el espacio total está lleno de hierro. Para obviar este inconveniente, *Mordey* corta también las piezas representadas en la figura 79, pero siempre sin perder palastro, y

llena con estas piezas los espacios dejados en el esqueleto; el cuadro interior sirve para rellenar el núcleo; las piezas exteriores, para la coraza. Se tienen, por consiguiente, cinco piezas para dos capas de palastro. La sección del arrollamiento depende siempre del espesor del núcleo, puesto que se procura no perder nada de material. Aunque las relaciones obtenidas entre el espesor del núcleo y las dimensiones de la sección del arrollamiento sean admisibles, puede suceder que sea necesario separarse de estos resultados. En este caso es imposible evitar cierta pérdida de palastro. Esta resulta insignificante si se emplea el método *Mordey* para construir las partes que sirven para rellenar los espacios.

En todas estas construcciones se ha ensayado disminuir la resistencia magnética de las juntas. Se puede muy bien despreciar este principio y contentarse con juntas planas colocadas entre el núcleo y la cubeta o entre el núcleo y la coraza. En la figura 72 esta disposición es exigida por la construcción misma; se podría evitar en las figuras 71 y 73; pero, sin embargo, se emplea muy frecuentemente porque facilita el montaje. Se pueden preparar por anticipado todas las partes del esqueleto de hierro antes de poner las bobinas, y durante las reparticiones se pueden cambiar las bobinas sin necesidad de deshacer y rehacer el conjunto de las láminas. Esta disposición tiene la desventaja de que las uniones ofrecen una resistencia magnética considerable. De aquí se sigue que la corriente de imantación es más grande que en los otros sistemas.

CAPITULO IX

Descripción de algunos tipos de transformadores

Transformador Gaulard y Gibbs. La primera aplicación del principio en que se funda el transformador ha sido hecha por MM. Gaulard y Gibbs. El aparato está formado por dos circuitos aislados, arrollados el uno alrededor del otro; el circuito primario es recorrido por corrientes *alternativas* enviadas de la estación central; estas corrientes inducen en el circuito secundario, sobre el que están colocadas las lámparas, otras corrientes *alternativas*; la intensidad y la tensión de estas últimas depende, para una corriente primaria de energía determinada, de las dimensiones relativas de los dos circuitos de la bobina, y pueden, por consecuencia, tomar los valores que se deseen.

Los dos circuitos rodean un núcleo de hierro, como hemos dicho anteriormente, que pasando por fases sucesivas de imantación tiene por efecto aumentar las acciones de inducción.

El transformador Gaulard y Gibbs encierra dos hélices, compuestas de discos de cobre superpues-

tos y aislados entre sí, de manera que los elementos de una de las dos hélices se encuentran intercalados entre los elementos de la otra. Estos discos, de un espesor de 0,25 mm., tienen la forma de una corona circular cortada radialmente (fig. 80) y están provistos, sobre los bordes de este corte, de dos lengüetas *A* y *B*, que sirven para soldarlos; éstos están aislados por discos de papel apergaminado y un barniz que cubre las superficies. Unas constituyen



Fig. 80

al circuito primario y otras forman el circuito secundario. Las uniones de disco a disco se hacen por medio de las lengüetas *A* y *B*; la lengüeta *B* del primer disco del circuito primario, por ejemplo, está soldada a *A* del segundo; después *B* del segundo a *A* del tercero, y así sucesivamente. Se tiene, por

consiguiente, en realidad, un espiral de cinta de cobre que tiene tantas espiras como discos existen.

En estas condiciones, el paso de las corrientes alternativas en la serie de discos primarios engendra en la otra serie corrientes inducidas, que son además reforzadas por un haz de hilos de hierro dulce colocado en el eje de la bobina. Las corrientes inducidas son recogidas en tensión o en cantidad; los diversos elementos de la espira secundaria están divididos en varias secciones que se pueden unir a voluntad en tensión o en cantidad.

En los primeros modelos, el núcleo de hierro era móvil y podía penetrar más o menos en el interior de las bobinas, de manera a modificar los efectos de inducción; en los aparatos actuales, el núcleo es fijo y cerrado sobre sí mismo. Es decir, que está constituido por dos barras verticales reunidas arriba y abajo por dos semianillos. Cada porción vertical comporta una bobina (fig. 81).

Transformador Zipernowshy, Dari y Blathy.

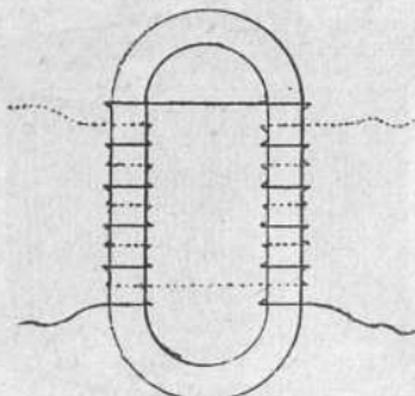


Fig. 81

Este aparato ofrece algunas semejanzas con el anillo Gramme. Se compone (fig. 82) de un núcleo de hierro alrededor del cual están arrolladas dos hélices de hilo de cobre aislado, que constituyen el circuito primario y el circuito secundario.

Para formar el núcleo se arrolla en espiral una cinta de hierro plano de un centímetro de ancho, cuyas espiras están aisladas.

Se constituye de esta manera un *toro* plano de sección rectangular que se llama *galotte*. Se super-

ponen una serie de hileras iguales aisladas entre sí, y se forma así el núcleo. El conjunto es sujetado por montantes de madera barnizada, que constituyen el soporte. Los montantes dividen el núcleo en ocho segmentos, sobre los que se arrollan los hilos primario y secundario.

El aparato está completado por dos platillos de

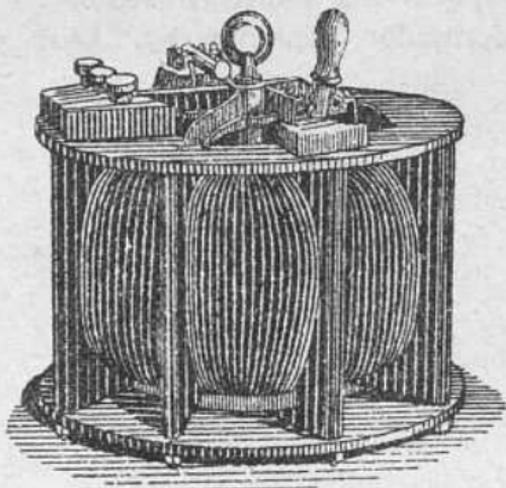


Fig. 82

hierro, colocado uno a la parte superior y el otro a la inferior, sobre los que están asegurados los montantes. Al platillo superior están adaptadas placas en porcelana, sobre las cuales están fijadas las bornas que sirven para unir las extremidades de los hilos.

Los inventores han construido otro tipo, en el cual el núcleo central está hecho con hilo de cobre

aislado, formando dos o varias hélices. Estos hilos están arrollados en círculo y rodeados de una materia aisladora. Sobre el anillo así constituido se bobinan hilos de hierro finos aislados. Los hilos de hierro están barnizados y guarnecidos de algodón. Estos sirven para constituir un campo magnético, y al mismo tiempo forman una envoltura protectora a los hilos de cobre, cuyas extremidades salen por una hendidura dispuesta a través de esta envoltura.

Transformador Siemens y Halske. La casa Siemens y Halske, de Berlín, construye transformadores de núcleo lo mismo para corrientes alternativas monofásicas que para corrientes polifásicas. Los núcleos están dispuestos como en la figura 72 y están sujetos a sus culatas por placas de fundición que tienen encajes cónicos. Las bornas y los cortacircuitos están montados sobre placas fijadas a estas piezas de fundición. Agujeros dispuestos convenientemente en la placa del zócalo dejan libre paso a los conductores.

Los transformadores para corrientes monofásicas están contruidos de una manera análoga, pero no tienen más que dos núcleos en vez de tres.

La figura 83 representa un transformador de corrientes trifásicas, y la figura 84 un transformador de corrientes alternativas simples.

La SOCIEDAD DE ELECTRICIDAD, antes SCHUCKER Y COMPAÑÍA, de Nuremberg, construye transformadores para corrientes alternativas del tipo acorazado, en tanto que para las corrientes trifási-

cas los fabrica de núcleo. En los aparatos para corrientes alternativas, las bobinas están completa-

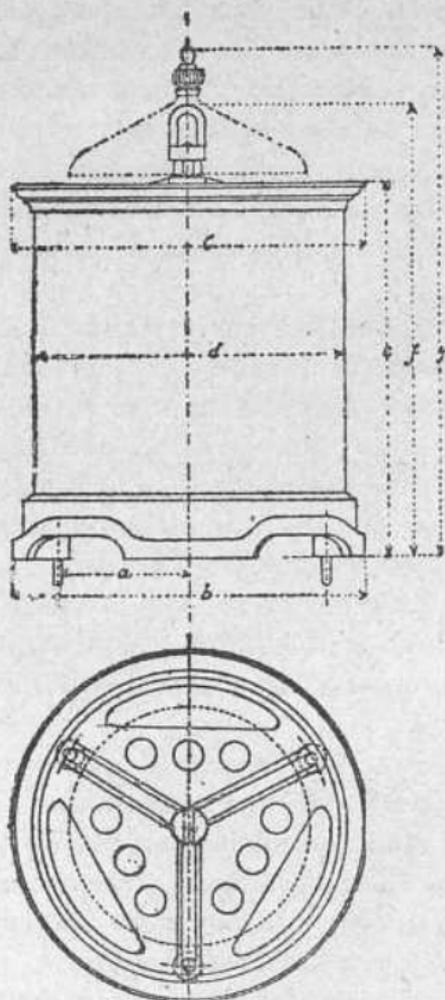


Fig. 83

mente sumergidas en el hierro y preservadas por arriba y abajo por armazones especiales. Estas ar-

mazones están unidas entre sí por fuertes bulones, que sirven al mismo tiempo para comprimir las lá-

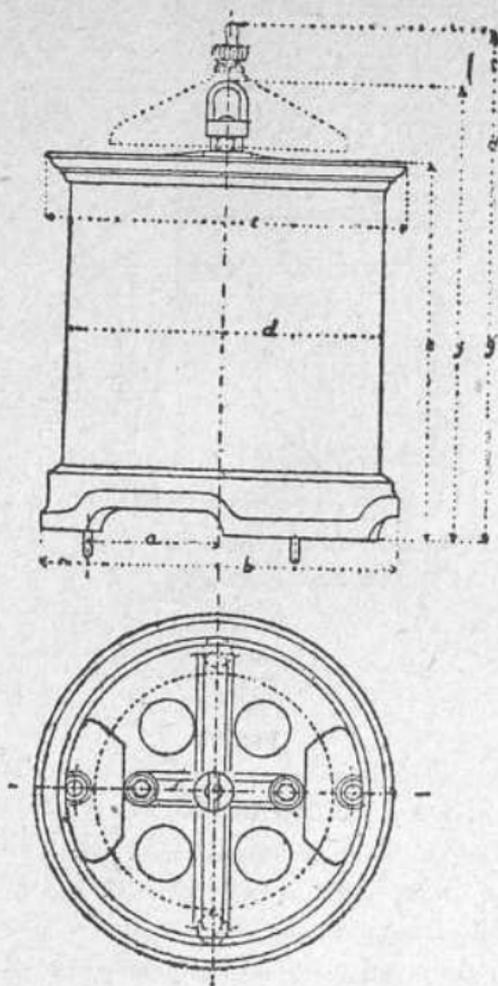


Fig. 84

minas de palastro. En los lados, estas láminas están igualmente mantenidas con la ayuda de cantone-

ras y bulones. El arrollamiento de cada núcleo de los transformadores de corrientes trifásicas está seccionado en cierto número de bobinas planas, de manera de reducir la dispersión. Las bobinas están preservadas por una envoltura cilíndrica.

La SOCIEDAD DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE

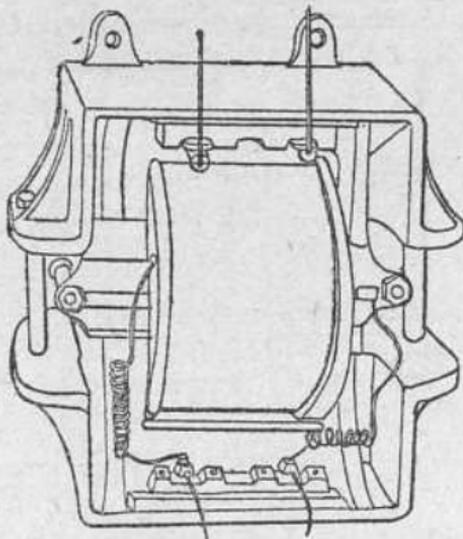


Fig. 85

BERLÍN, antes L. SCHWARZKOPFF, construye transformadores de tipo acorazado de largo núcleo para corrientes monofásicas; pero la coraza tiene una sección mucho más grande que la de los núcleos con el fin de reducir las pérdidas por histéresis.

La parte de hierro está mantenida por medio de dos sólidos marcos de fundición y varios bulones, como se ve en la figura 85.

La casa SIEMENS BROTHERS Y C.^a, de Londres,

construye igualmente transformadores acorazados de largos núcleos; todas las uniones están evitadas por la introducción de láminas de palastro estampadas, de manera que la unión de una capa va recubierta por la lámina entera de la capa siguiente.

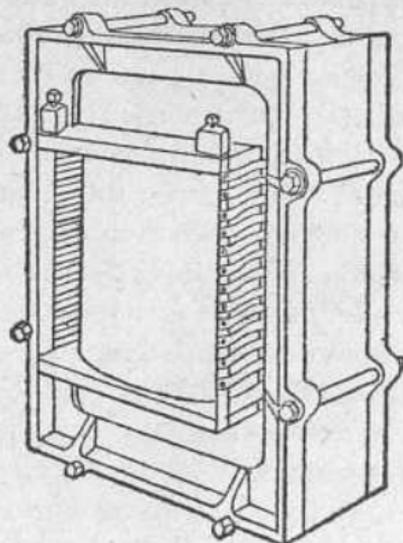


Fig. 86

La parte de hierro está mantenida por marcos de fundición unidos por medio de bulones (fig. 86).

Las bobinas están arrolladas sobre un cilindro hecho de materia aisladora especial que no se estropea con el calor. Las capas del arrollamiento de alta tensión están igualmente aisladas unas de otras por medio de esta materia. Los arrollamientos de baja tensión se componen de cierto número de hilos en paralelo torcidos en conjunto, y que están

reunidos a las bornas por dos barras. Estas bornas están colocadas inmediatamente sobre el platillo superior; las bornas primarias están colocadas sobre este mismo platillo, pero en el lado opuesto, y están aisladas por planchas de ebonita.

La SOCIEDAD DE ELECTRICIDAD, antes W. LAHMEYER Y C.^a, de Francfort-sur-Mein, construye transformadores de núcleo para corrientes alternativas monofásicas y para corrientes polifásicas. La construcción de estos aparatos está representada por las figuras 87 y 88. La figura 87 representa un transformador de corrientes monofásicas, calculado para una potencia de 30 kilovatios; la figura 88, un transformador trifásico de una potencia de 40 kilovatios. La relación de transformación es en los dos casos de 5.000 a 110 voltios. A consecuencia de la alta tensión, el arrollamiento primario está dividido en varias secciones, lo que procura mayor seguridad contra las roturas de aislamiento por chispas. Con el fin de economizar hilo, los núcleos tienen como sección un cuadrado cuyos ángulos están matados. Las bobinas están arrolladas independientemente unas de otras y colocadas unas dentro de otras. Las otras particularidades de la construcción se ven fácilmente en las figuras.

Los TALLERES DE OERLIKON construyen transformadores monofásicos y trifásicos. Los primeros están hechos según el tipo acorazado con un largo núcleo. La figura 89 representa la construcción del transformador monofásico ordinario. El núcleo está compuesto de láminas de palastro de diferentes an-

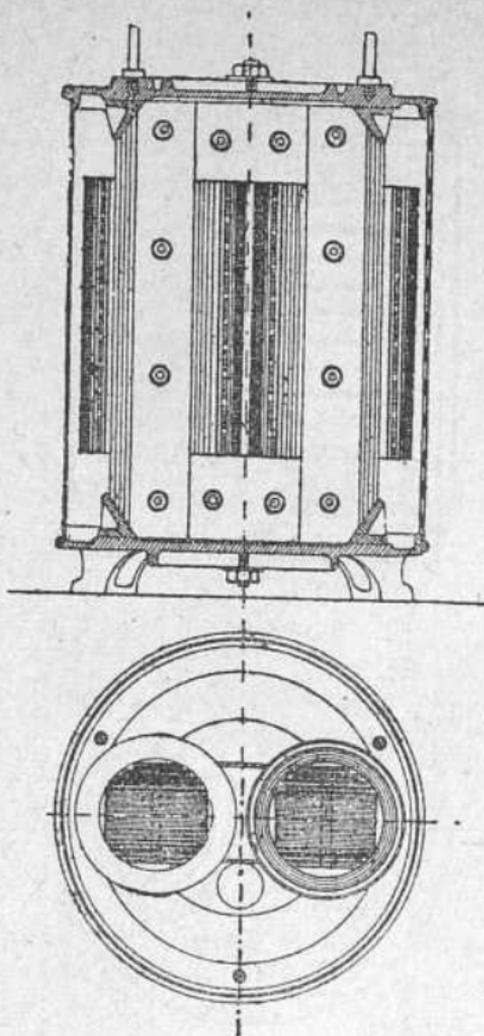


Fig. 87

chos con el fin de obtener una sección del núcleo sensiblemente circular. Las láminas son sujetadas por los dos lados por medio de placas de latón y de

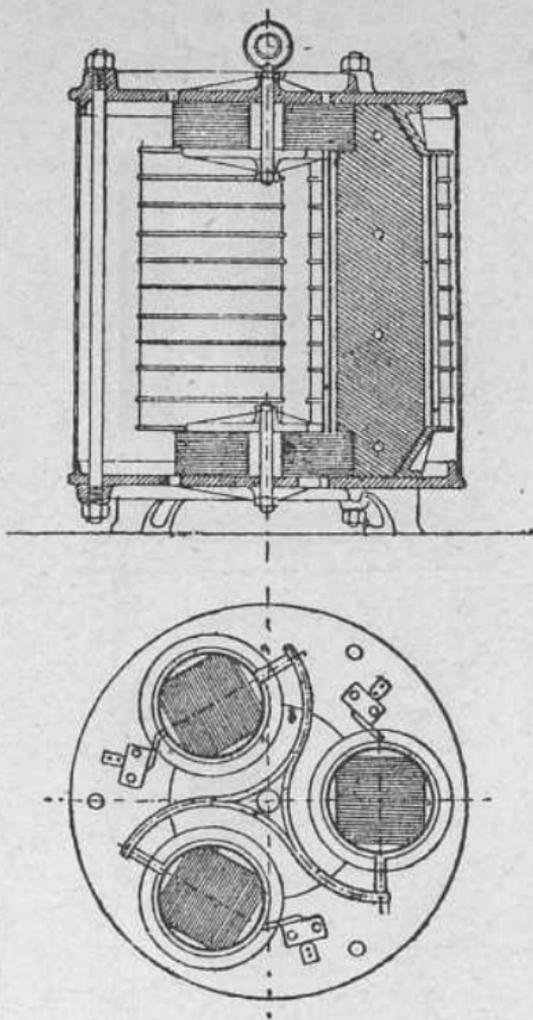


Fig. 88

bulones; después los núcleos están recostados en sus extremidades, de suerte que el contacto con las láminas de las culatas en forma de U se hace en toda

su extensión. Las bobinas son independientes unas de otras y arrolladas separadamente sobre cilin-

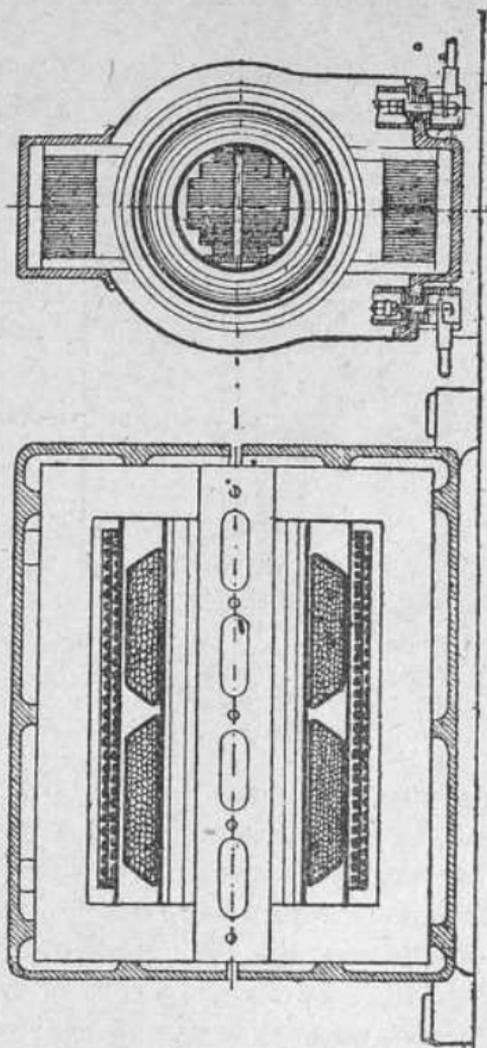


Fig. 80

dros de papel; las dimensiones son elegidas para permitir un montaje fácil. Las culatas están colo-

cadadas en una caja de fundición y sujetas por bulones contra los núcleos. Para proteger las bobinas se envuelve la caja de dos lados con una lámina perforada.

Para las corrientes trifásicas, estos talleres construyen dos tipos diferentes, uno con la culata en

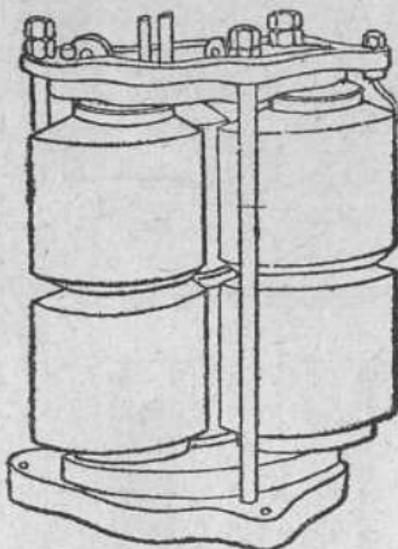


Fig. 90

círculo (fig. 90) y la otra con culatas rectas. Teóricamente, la primera disposición es preferible, porque en este caso la longitud de las líneas de fuerza es absolutamente la misma para las tres fases; hay, por consiguiente, una simetría completa. Esta ventaja no es, sin embargo, muy grande en la práctica; es evidente, en efecto, que la reluctancia de las culatas es insignificante con relación a la de las juntas; por consiguiente, la falta de simetría, es de-

cir, la diferencia de longitud de las líneas de fuerza en la construcción del tipo de culata recta no puede jugar ningún papel importante. Además, esta disposición es un poco más fácil de ejecutar.

La SOCIEDAD ELECTRIC CONSTRUCTION COMPANY LIMITED, de Wolverhampton, es una de las primeras que se ha ocupado de la construcción de los transformadores. Los ha hecho siempre del tipo acorazado; pero en tanto que los primeros aparatos recordaban mucho las construcciones americanas, ha hecho recientemente innovaciones interesantes que permiten una mejor utilización del material y un rendimiento más elevado. La figura 91 representa un transformador de 10 kilovatios, y la figura 92 un transformador de 40 kilovatios. Las bobinas son rectángulos bastante largos, es decir, que el esqueleto de hierro es relativamente largo con relación al espesor del núcleo; en el aparato más potente se ha ensayado emplear el menos hierro posible. Para esto, la sección de las bobinas es circular. Las aberturas en las láminas de palastro no son rectangulares, sino redondas, y las láminas son igualmente discos redondos. Estos tienen todos el mismo diámetro interior; pero el diámetro exterior es diferente, y al construir el esqueleto de hierro se coloca alternativamente cierto número de pequeños y grandes discos, lo que aumenta considerablemente la superficie de enfriamiento del esqueleto de hierro. Asimismo, se facilita la ventilación en la envoltura de fundición introduciendo nervaduras en el interior. Los transformadores están colocados de

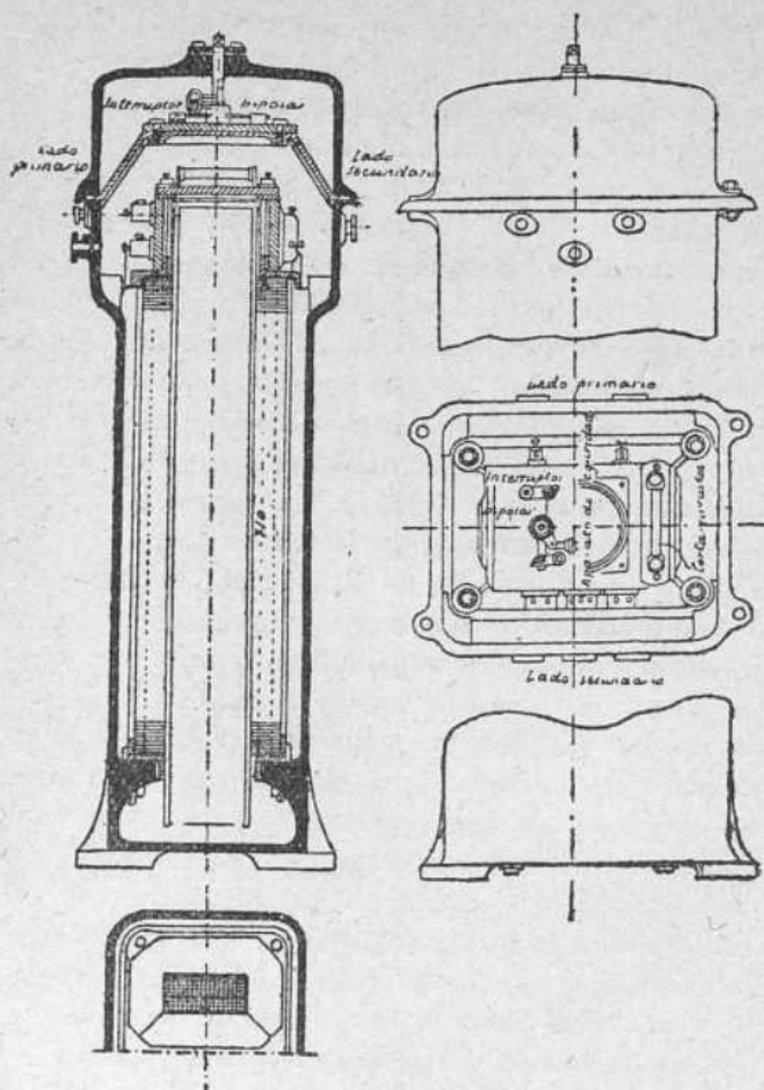


Fig. 91

pie, y la envoltura es todavía más alta para permitir colocar un interruptor bipolar, cortacircuitos y

un aparato Cardew para impedir la entrada de la alta tensión en el arrollamiento de baja tensión.

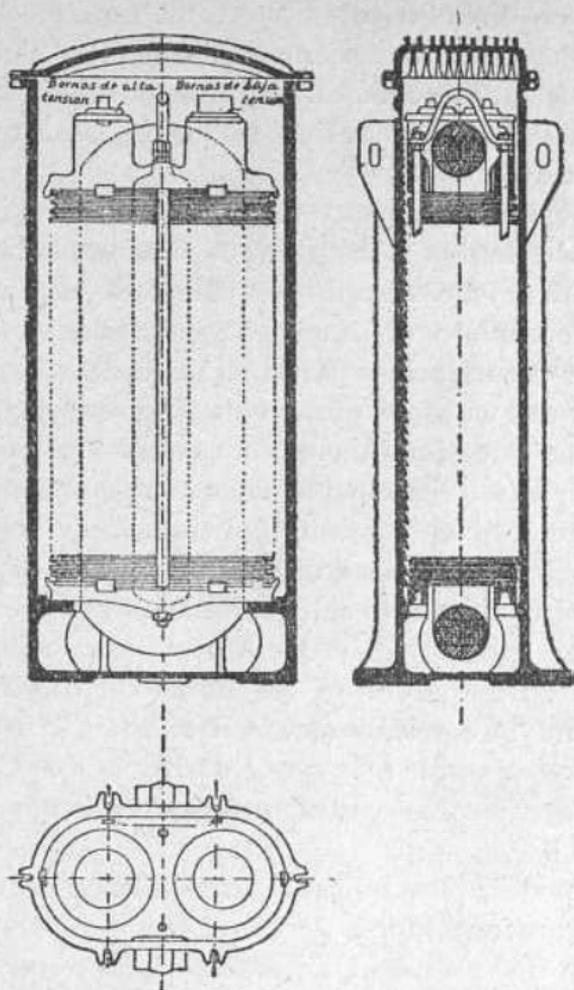


Fig. 92

Rendimiento. El transformador no rinde toda la energía que ha recibido, y la modificación sufri-

da por la corriente acarrea necesariamente cierta pérdida, debida a la producción de calor en el circuito y a las corrientes que toman origen en el núcleo. Según las experiencias hechas en Turín por el profesor Ferraris, el rendimiento alcanza al 92 por 100. En la práctica se puede contar con un 85 por 100.

Independientemente de esta pérdida, existe una segunda debida a los motivos siguientes: un transformador debe siempre ser calculado según el número completo de lámparas montadas en su conductor secundario y para una pequeña reserva. Resulta que cuando el número de lámparas disminuye, el transformador funciona en condiciones desfavorables; el rendimiento se encuentra bastante reducido cuando se disminuye el trabajo que tiene que producir y se le hace descender por bajo del límite para el cual ha sido calculado. Las experiencias hechas en la instalación de la *Grosvenor Gallery* demuestran que durante las horas de minimum de consumo la corriente suministrada por la fábrica es más considerable que la que corresponde al número de lámparas. Las pérdidas acusadas alcanzan al 20 por 100

Se podrá, para evitar estas pérdidas, instalar varios transformadores de pequeñas dimensiones en vez de uno grande. Uno estaría siempre en circuito y los otros no se pondrían sino según las necesidades; pero esto es una complicación y un aumento de gasto. Además, los transformadores pequeños darían menos rendimiento que uno grande.

Se podría también reunir en conjunto los conductores de varios transformadores. Esta disposición tendría, además, la ventaja que, si un transformador cesara de funcionar, le suplirían los otros. Pero también habría con esto un aumento de gasto para la instalación.

Conmutador Swinburn. Para disminuir en lo posible la pérdida de que acabamos de hablar en

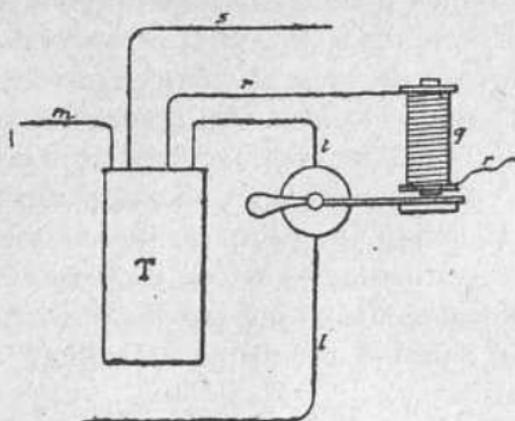


Fig. 93

las distribuciones domésticas sujetas a grandes variaciones, Mr. Swinburn emplea un conmutador automático que corta el circuito cuando el consumo desciende de un cierto límite.

Siendo *T* el transformador (fig. 93), el circuito primario está representado por los dos hilos *m* y *l*; el circuito secundario está figurado en *s* y *r*. El hilo secundario *s* atraviesa un electroimán *q*, cuya armadura está unida a la manivela de un conmutador colocado en el circuito secundario; el electro-

imán no puede retener su armadura, que cae por el efecto de su peso; corta el circuito primario hasta que se restablece levantando la armadura a mano y aumentando el consumo del transformador.

Precauciones que hay que tener con los transformadores. Para impedir accidentes en los transformadores es necesario elegir cuidadosamente su emplazamiento. Algunas veces se los coloca en puntos centrales de las poblaciones, adonde convergen los hilos de diferentes redes, y en otros casos se colocan en la casa de cada abonado. Esto depende de las circunstancias locales. Cualquiera que sea el medio adoptado, debe estar protegido el aparato y encerrado por prudencia en una caja especial.

En cada conductor primario de los que alimentan el transformador se coloca un cortacircuito; la misma precaución se toma en los conductores secundarios. Sobre el circuito primario se dispone un conmutador.

En un transformador se pueden producir fugas, debidas a un defecto de aislamiento. Existiendo en las bobinas primarias y secundarias una fuga de esta naturaleza, por pequeña que sea, puede suceder que una corriente de alta tensión se introduzca en el circuito secundario y dé lugar a accidentes; en el caso, por ejemplo, en que una persona tocase un hilo con una mano y con la otra una pieza metálica, como un tubo de gas.

Para impedir este inconveniente, Mr. Kant coloca entre las bobinas primaria y secundaria del transformador una pantalla metálica unida a tie-

rra. Si se produce una fuga, la corriente, antes de llegar a la bobina secundaria, debe atravesar la hoja metálica. El plomo de seguridad del circuito primario se funde y el transformador queda fuera del circuito.

Míster Cardew ha imaginado otra disposición, que consiste en un aparato conteniendo dos discos de latón paralelos, colocados el uno debajo del otro a poca distancia. Entre los dos discos está interpuesta una hoja delgada de aluminio, reposando en tiempo normal sobre el disco inferior que se encuentra unido a tierra. El disco superior comunica con la bobina secundaria del transformador. Si el potencial se eleva en el circuito secundario, la lámina de aluminio es atraída hacia el disco superior y establece una comunicación eléctrica, produciendo un arco que pone la bobina secundaria en corto circuito, y termina la fusión de las piezas primarias de seguridad del transformador.

Transformadores con aislamiento de aceite. Hace ya bastante tiempo que los transformadores que se usan están encerrados en cajas completamente estancas y rodeados con aceite. Para estos transformadores hay que tener en cuenta las indicaciones siguientes:

Si se reciben de fábrica los transformadores con el aceite, solamente deben examinarse antes de ser montados, por si han sufrido desperfectos por el transporte.

Si el núcleo y la caja están embalados separadamente, hay que desenvolverlos con cuidado, lim-

piarlos y revisarlos. Los tornillos se examinan y se aseguran donde sea necesario; los hilos y barras de conexión deben revisarse para ver si están bien colocados.

A cada transformador de acoplamiento conmutable o construido para varias relaciones de transformación se acompaña un esquema de conexiones que ha de servir como base para las uniones. Antes de acoplar el transformador hay que asegurarse si la relación de transformación apuntada al entregarlo es la que corresponde a las condiciones de su funcionamiento.

Hay que ensayar el aislamiento de los arrollamientos entre sí y el hierro (núcleo) con el galvanoscopio o con el inductor magnético.

Ensayo y desecación del aceite. Antes de poner en funcionamiento el transformador hay que comprobar el aceite respecto a su contenido de agua, según los procedimientos que se indicarán.

Presentando humedad el aceite, es necesario desecarlo. Lo más conveniente es hacer la desecación del aparato completo, estando núcleo y aceite dentro de la caja, por medio de resistencias para calentar el aceite. Estos calentadores se sumergen con cuidado entre la pared y el núcleo hasta el fondo de la caja, y en seguida se da la corriente a los calentadores. La caja se envuelve con paños para evitar los efectos de la condensación (del vapor de agua).

La tapa se quita. En aquellos modelos cuyo núcleo está suspendido de la tapa, hay que levantar el núcleo para que pueda salir el vapor de agua.

Hay que elevar la temperatura del aceite a 120 centígrados y continuar la desecación hasta que no suban más burbujas de aire a la superficie, y el aceite, en repetidos ensayos, no acuse ya humedad.

Si los transformadores enviados sin aceite no se pueden desecar y poner en funcionamiento inmediato después de recibirlos, hay que llenarlos en seguida de aceite, porque dejarlos mucho tiempo al aire perjudica al aislamiento. Para los transformadores enviados en estado de funcionar y con su correspondiente aceite, generalmente no habrá necesidad de desecarlos si se montan en seguida; de todos modos, hay que ensayar la humedad del aceite. Para los transformadores de 60.000 voltios en adelante es necesaria la desecación en todo caso.

Al montar el transformador hay que tener cuidado de que esté en todas direcciones lo suficientemente separado de paredes que permita la fácil irradiación del calor.

El transformador en aceite no necesita personal de servicio durante su funcionamiento. De cuando en cuando hay que tomar de la llave de salida de aceite una prueba para examinar el grado de transparencia. Al cabo de uno o dos años, lo más tardar, es conveniente abrir la caja y quitar los posos que haya sedimentado el aceite.

Condiciones técnicas de los aceites para transformadores e interruptores. Para los transformadores e interruptores se deben emplear solamente aceites minerales puros y refinados en alto grado;

para interruptores se pueden emplear aceites destilados.

El peso específico no debe ser menor de 0,85 ni mayor de 0,92, a la temperatura de 15 centígrados.

La viscosidad, según el viscosímetro de Eugler, referida a una temperatura de 20 centígrados, no debe ser superior a 10° .

El punto de inflamación, determinado en un crisol abierto, según Marensson, no debe ser inferior a 140° .

El punto de congelación para aceite de transformadores no debe estar por cima de $+5^\circ$; para aceite de interruptores, no por cima de -15° . El aceite, puesto en una probeta de 15 mm. de ancho y a la altura de 5 cm., después de enfriado una hora a $+5^\circ$, respectivamente, a -15° , al ser la probeta invertida tiene que estar todavía líquido.

El aceite no debe contener ni sales, ni ácidos, ni álcalis, ni azufre. Aceites refinados no deben tener más de 0,02 por 100 SO_2 , y aceites destilados han de contener un mínimo de ácidos orgánicos.

El aceite tiene que ser completamente transparente; no debe tener partículas sólidas, fibras, arena, etc., en suspensión.

Después de calentar el aceite durante setenta horas a 120 centígrados o inyectarle oxígeno puro, el contenido en alquitrán no debe pasar de 0,5 por 100.

Ensayo del aceite al montar el transformador. Para ensayar la humedad del aceite se calientan de 5 a 10 centímetros cúbicos de aceite en una probeta de 15 a 20 mm. de diámetro de luz encima de una

llama hasta 130 centígrados. El aceite puro no debe producir efervescencia ni espuma. En la parte libre del tubito no debe condensarse vapor ninguno. Si demuestra humedad el aceite, es preciso desecarlo.

Calentadores de aceite. Los calentadores de aceite se construyen en forma de tubos flexibles colocados en bastidores planos de sólida construcción. Los calentadores se sumergen en el aceite de manera que los tubos estén sumergidos verticalmente y siempre cubiertos de aceite.

Los calentadores se construyen para diferentes tensiones y potencia de corriente.

Para la desecación de cada transformador hay que elegir un calentador con la potencia adecuada. La potencia gastada por el calentador (voltio \times amperio) debe ser 1,5 ó 2 veces mayor que la pérdida total en el transformador a plena carga. Esta pérdida se calcula con la ayuda de las indicaciones del catálogo referente al rendimiento del transformador en cuestión de la manera siguiente:

Supongamos que se tenga que desecar un transformador de 200 kilovoltamperios. El catálogo marca un rendimiento de 97,5 por 100. La pérdida representa, pues, el 2,5 por 100, o sea por 200 kilovoltamperio, $2 \times 2,5 = 5$ kilovoltamperio = 5000 voltamperios. La resistencia necesaria para desecar el aceite de este transformador tiene que representar, por consiguiente, un consumo de 1,5 a $2 \times 5000 = 7500$ a 10000 voltamperios. Será, pues, cuestión de emplear el calentador de la A. E. G. n.º 31303 para $220 \times 40 = 8800$ voltamperios.

Transformadores de corriente continua en alterna. Explicada la teoría y funcionamiento de los transformadores estáticos, que tan sólo se utilizan para transformar la fuerza electromotriz o la intensidad de las corrientes alternas que pasan por ellos, nos resta hablar de los transformadores rotatorios.

Para transformar la corriente continua en alterna, o viceversa, hay que alimentar un electromotor

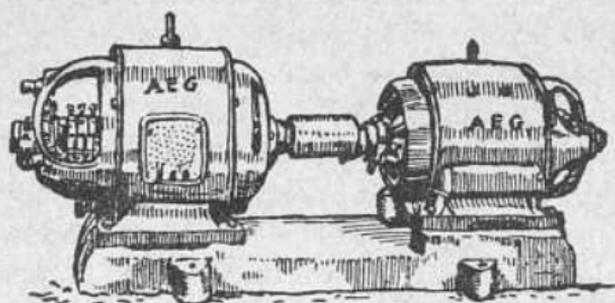


Fig. 94

con la corriente que se quiere transformar e impulsar con él una generatriz de la corriente requerida.

Las dos máquinas se acoplan directamente. Estos transformadores de corriente se llaman *motores generadores* (fig. 94). Aunque éstos se componen de dos máquinas completamente independientes, que tienen cada una un inductor, se puede hacer la disposición de manera que no haya más que un sistema de excitación común, y que la armadura que gira en este sistema tenga arrollamientos para los dos circuitos (convertidores) (fig. 95).

Las tensiones de la corriente suministrada y de

la transformada guardan una relación determinada; las de la corriente continua y de la trifásica tienen la proporción aproximadamente 1:0,615 (hasta 0,66); como esta proporción, por regla general, no da la tensión deseada, hay que intercalar en el circuito trifásico un transformador estático. Para re-

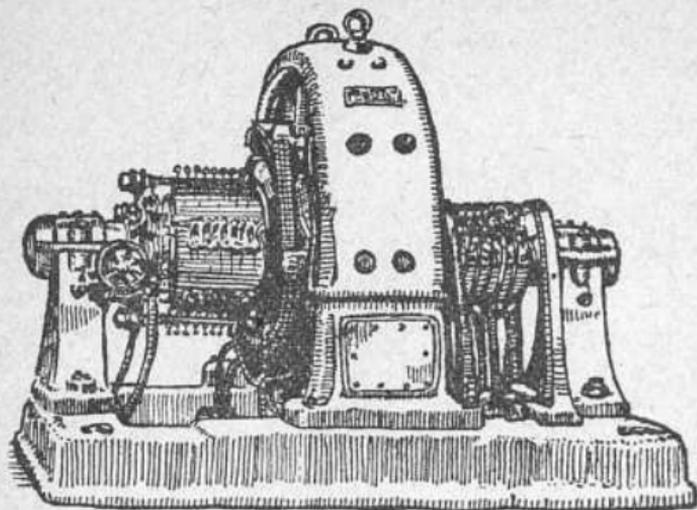


Fig. 95

gular la tensión en grandes proporciones y variables es preciso además un *transformador giratorio (regulador de tensión)*, que permite la regulación gradualmente a voluntad.

Para la transformación de la corriente alterna en continua hay además los *rectificadores de vapor de mercurio*. Los de bajas potencias tienen una ampolla de cristal en cuyo interior se ha hecho el vacío; los de potencias elevadas, un recipiente de

hierro, dentro del cual se produce, entre dos o tres electrodos, un arco de mercurio, que tiene la propiedad de no dejar pasar más que las semiondas de igual sentido de la corriente alterna (pero no la otra mitad de sentido contrario). Estos aparatos no necesitan continuamente personal para su funcionamiento y no tienen partes móviles.

CAPITULO X

Aparatos accesorios de una distribución eléctrica

La distribución de electricidad a través de una canalización exige ciertos aparatos accesorios destinados a asegurar la regularidad del alumbrado y prevenir todo daño.

Voltímetros y amperímetros. El voltímetro es un aparato que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos dados.

Si en un circuito ABC (fig. 96) se intercala una derivación MN , se disminuye entre estos puntos la resistencia y la diferencia de potencial.

Pero si la resistencia de la derivación es muy grande, la corriente que la atraviesa será muy débil; el régimen primitivo del circuito no será, por consiguiente, alterado de una manera sensible, y

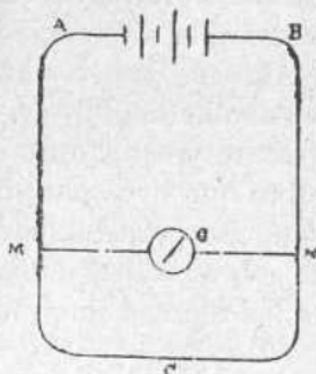


Fig. 96

la diferencia de potencial entre M y N no cambiará.

Como la ley de Ohm nos da

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{ó} \quad E = IR,$$

la diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor es proporcional a la intensidad I de la corriente que lo atraviesa. Un instrumento que nos dé I en la derivación podrá, por consiguiente, servir para determinar E . Es suficiente para esto establecer entre M y N un aparato parecido a los amperímetros, pero que ofrezca una gran resistencia. Estando graduado el aparato, una simple lectura indicará la diferencia buscada.

Algunos de estos instrumentos tienen dos circuitos arrollados juntos. Uno de ellos es muy poco resistente y está formado, a veces, por una cinta de cobre que sirve para medir las intensidades; el otro tiene gran resistencia y está constituido por un hilo de cobre largo y delgado, sirviendo para la medida de las fuerzas electromotrices. Tal es el amperímetro Deprez.

El voltímetro Hume (fig. 97), construido por M. Fabio Henrion, de Nancy, consta de un solenoide, en cuyo interior se mueve una lámina de hierro dulce muy delgada y de forma acanalada, provista de una aguja móvil sobre un cuadrante dividido. Esta lámina es paralela al eje del solenoide, y todo el sistema puede moverse alrededor de un eje situado excéntricamente.

Cuando pasa la corriente, la lámina de hierro es atraída y tiende a acercarse a la parte más próxima del solenoide, arrastrando la aguja que hace de contrapeso. El sistema se pone en equilibrio bajo la doble influencia de la acción electromagnética y de la gravedad. La graduación del aparato es empí-

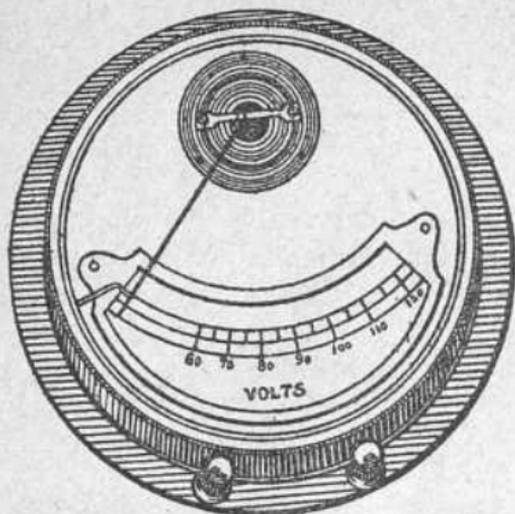


Fig. 97

rica y las divisiones no son proporcionales en toda la extensión de la escala.

Los voltímetros deben estar colocados en derivación entre los dos puntos en que se busca la diferencia de potencial. Si se quiere estudiar, por ejemplo, una lámpara L , se une el voltímetro a las dos bornas de la lámpara (fig. 98).

Es conveniente que el aparato no permanezca en circuito más que el tiempo preciso para hacer la

lectura, porque el paso continuo y prolongado de la corriente puede quemar el hilo de la bobina.

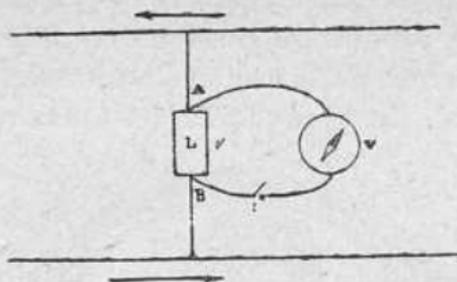


Fig. 98

Para conseguir esto se coloca en derivación un interruptor, como indica la citada figura.

Amperímetros. Estos son unos aparatos que sir-

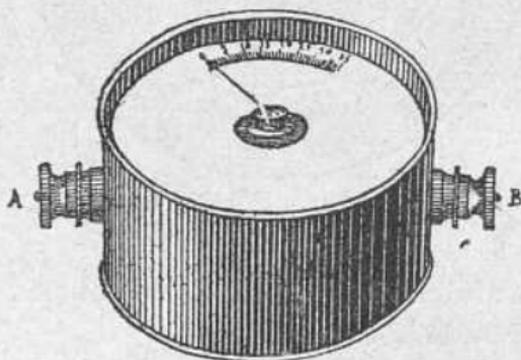


Fig. 99

ven para indicar de una manera constante y directa el número de amperios de la corriente que por ellos pasa (fig. 99).

Existen muchos tipos de cuadrante y de lectura directa.

La mayor parte tienen imanes permanentes, cuya fuerza es antagónica a la de la corriente.

Estos aparatos están contrastados y graduados de manera que cada una de las divisiones corresponde exactamente a una intensidad de un amperio o a una fracción conocida de amperio. Describiremos algunos de ellos para mayor claridad.

Amperímetro Deprez. Si entre los brazos de un fuerte imán *NS* (fig. 100) se disponen dos bobinas *B* y *B'*, fijas y unidas en cantidad, y si se coloca entre ellas una pieza de hierro dulce *a* móvil sobre un eje vertical, ésta se coloca siguiendo las líneas de los polos *N* y *S*. Pero si una corriente pasa por las bobinas, modifica la imantación del imán; la pieza de hierro se mueve, y habiendo sido las desviaciones determinadas de una vez para siempre según cada intensidad, se establece un cuadrante dividido, sobre el cual se pone una aguja unida a la pieza *a*. Los grados del cuadrante dan el número de amperios.

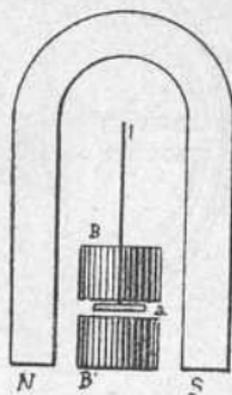


Fig. 100

Amperímetro Deprez y Carpentier. Reposa sobre el mismo principio que el de Deprez, pero difiere en algunos detalles. El campo magnético está formado de dos imanes semicirculares *AB* y *A'B'*, lo más idénticos posible (fig. 101). Las bobinas están colocadas oblicuamente, con el fin de duplicar la

derivación en un sentido para una intensidad dada y anularla en el otro. La corriente debe atravesar siempre el aparato en la misma dirección. La aguja de hierro dulce está colocada entre los dos polos del imán, es móvil alrededor de un eje y tiene un

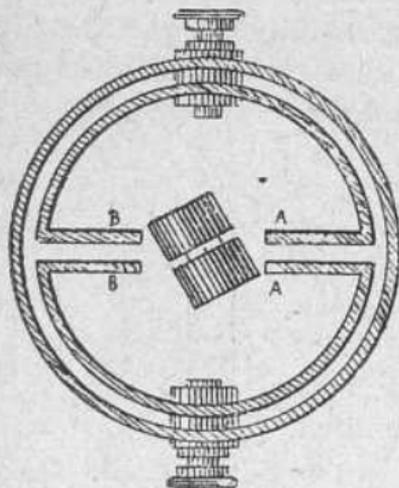


Fig. 101

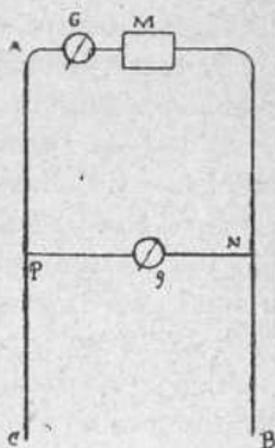


Fig. 102

índice que señala sobre un cuadrante los grados que indican el número de amperios.

La oblicuidad de la doble bobina puede ser modificada a voluntad para la regulación del aparato; ésta está formada por láminas de cobre rojo que ofrecen muy poca resistencia.

Este aparato permite medir intensidades hasta 50 amperios, y puede contener además un *reductor* o *shunt* que permite disminuir la sensibilidad del mismo hasta permitir medir 200 amperios. La graduación se hace empíricamente.

El amperímetro se coloca directamente sobre el circuito, uniendo el polo positivo a la borna de la izquierda, y el polo negativo a la de la derecha. Cuando se conoce el sentido de la corriente, se coloca el aparato de cualquier forma, y si la aguja se desvía hacia la izquierda, se invierte la disposición.

Cuando se emplea un reductor se le coloca debajo del amperímetro, se aprietan fuertemente las pla-

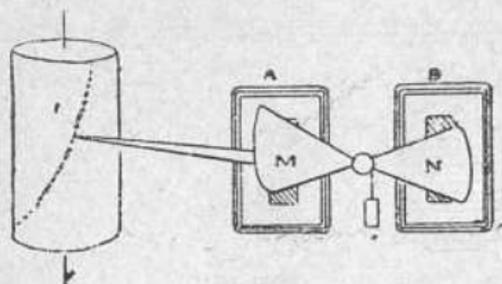


Fig. 103

cas, reuniendo las bornas de los dos aparatos, y se conectan los conductores a las bornas del reductor, el polo positivo a la izquierda y el negativo a la derecha. Los amperímetros de esta naturaleza tienen el inconveniente de que se debilitan con el uso y es necesario comprobar de cuando en cuando su graduación.

Amperímetro Richard. Este aparato está formado por un electroimán *AB* de hilo grueso (figura 103). La armadura está constituida por una pieza de hierro *MN*, móvil alrededor de un eje *o* paralelo a los brazos del electroimán. Esta pieza tiene la forma de una hélice de dos aletas. Cuando pasa la

corriente, la hélice es atraída y gira alrededor de su eje. Este efecto es contrabalanceado por un peso p soportado por una pequeña palanca. La armadura gira hasta que la atracción del imán y el peso hacen equilibrio. Las desviaciones son indicadas sobre un cuadrante por una aguja unida a la armadura.

Para obtener un aparato registrador, la extremidad de la aguja está provista de una punta que

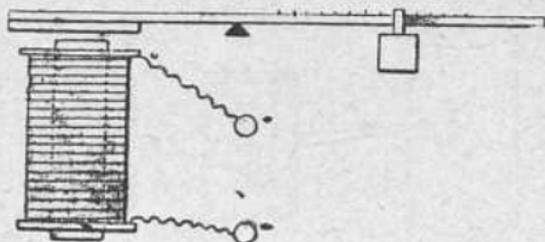


Fig. 104

viene a trazar una línea sobre un tambor guarnecido de papel; este tambor es movido por un movimiento de relojería y hace una revolución en un tiempo dado. Una escala graduada permite traducir las indicaciones trazadas.

Con estos aparatos se obtienen para la aguja grandes desviaciones angulares, y los ángulos son exactamente proporcionales a las intensidades.

Amperímetro balanza. Este aparato (fig. 104) no tiene imán permanente; reposa en el principio de la balanza. Está formado de una bobina recorrida por la corriente con núcleo de hierro dulce y armadura; ésta, prolongándose, forma la palanca de la

balanza. Del otro lado del punto de suspensión, la palanca tiene una escala graduada sobre la que resbala un contrapeso. Este equilibra la fuerza de atracción de la corriente, y el grado en el que se detiene indica el número de amperios. Este aparato permite medir hasta 250 amperios.

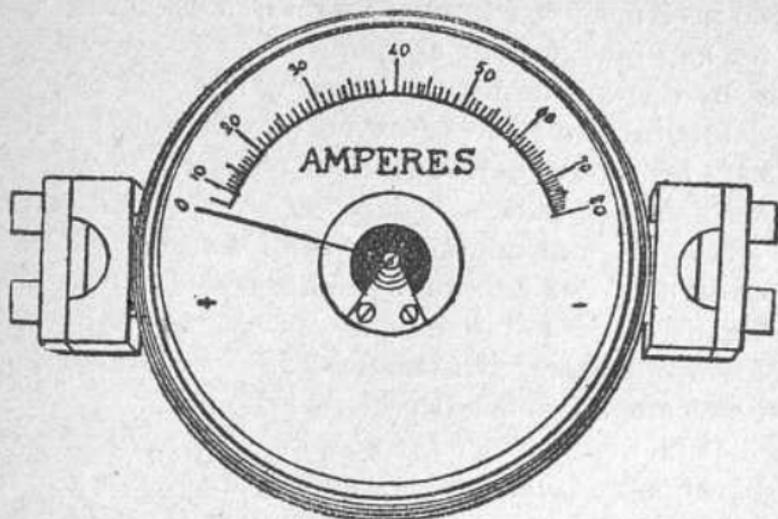


Fig. 105

Amperímetro tipo industrial de Chauvin y Arnoux. Este modelo (fig. 105) tiene la ventaja de funcionar en todas las posiciones; la escala está colocada en la parte inferior del cuadrante; esta parte es la que generalmente está mejor alumbrada en las instalaciones.

La graduación sigue una ley que beneficia las divisiones extremas, es decir, las que tienen más interés en esta clase de aparatos.

Se ha dado una buena disposición magnética a estos aparatos, que permite reducir su coeficiente de selfinducción a un valor bastante reducido para que puedan ser utilizados indiferentemente para las medidas de corrientes continuas o alternativas, cuando la frecuencia de estas últimas no pase de 40 períodos por segundo. Cuando pasa de este valor hay que graduar el aparato.

La disposición magnética adoptada y la calidad del metal empleado permiten reducir en gran manera los errores debidos a la histéresis.

Cuando se pide, estos aparatos van provistos de una aguja indicadora que hace conocer el sentido de la corriente continua que atraviesa su circuito. Debe evitarse la proximidad a estos aparatos de cables conductores atravesados por corrientes de más de 50 amperios (cuadros de distribución).

Debe evitarse apretar entre sus mandíbulas cables que no estén previamente aglomerados por la soldadura; el caimiento progresivo de los hilos causa una disminución creciente en el valor del contacto.

Reguladores de corriente. La corriente producida por la dínamo debe variar con el trabajo necesario en el circuito exterior. Hemos visto, al estudiar los diferentes sistemas de excitación de las dínamos, que el arrollamiento compound permite obtener este resultado de una manera automática. Con los otros arrollamientos es necesario modificar la producción de la dínamo, según el número de lámparas en servicio.

Se podrá creer, a primera vista, que es suficiente para esto hacer variar la velocidad de rotación. Pero esta operación es bastante difícil en la práctica; es asimismo imposible cuando la fuerza es tomada de un motor general, lo que sucede en muchas

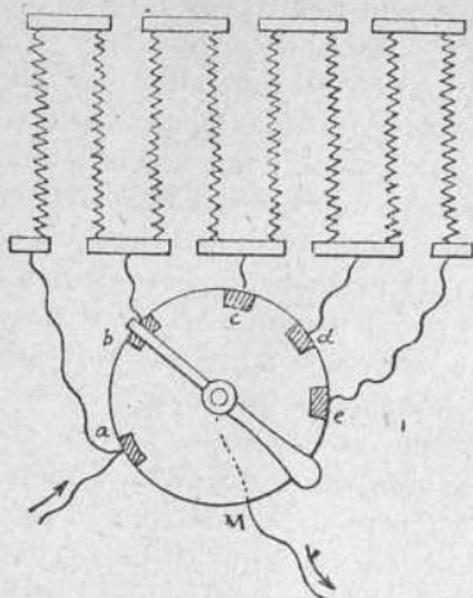


Fig. 106

fábricas. Así, pues, para conseguir este objeto se hace uso de una serie de resistencias auxiliares que se introducen en el circuito o que se retiran según las necesidades.

El aparato está formado en principio de una serie de espirales de mallecor, constituyendo grupos separados, pero unidos entre sí, como lo indica la figura 106, por bandas de cobre. Cada banda está unida a un bloque *a*, *b*, *c*, *d*, *e* de un conmutador

de manivela. El pivote de éste comunica con un extremo del hilo de línea que llega a *M*. El otro extremo se une a *a*. Se ve que moviendo la manivela se pueden poner en comunicación las dos extremidades del hilo de línea sin interponer resistencia, o bien intercalar el número de espiras necesario; es decir, una resistencia determinada.

Para el montaje del regulador se pueden presentar tres casos, según que la dínamo esté excitada en serie, en derivación o por una máquina independiente. En el primer caso, las resistencias se colocan sobre el circuito principal para compensar las variaciones de resistencia provenientes del alumbrado o de la extinción de las lámparas. En la excitación en derivación o la excitación independiente, las resistencias se intercalan sobre el circuito derivado o sobre el circuito excitador, con el fin de hacer variar la intensidad del campo magnético y de conducir la fuerza electromotriz a su valor normal.

La disposición siguiente es la adoptada por la Sociedad Edison. Bobinas de hilo de mallecor están dispuestas paralelamente unas al lado de otras, y sus extremidades concurren a una serie de segmentos metálicos, como en la figura 106. La primera bobina está unida a una de las bornas del aparato; la otra borna comunica con una corredera que se puede hacer mover con un tornillo sin fin provisto de una manivela. Según el lugar que ocupa, la corredera viene a hacer contacto con un segmento más o menos alejado, es decir, que introduce tal o cual resistencia en el circuito.

Cuando varias dinamos están destinadas a ser acopladas en conjunto, los reguladores están dispuestos de manera tal que puedan ser maniobrados aisladamente y puedan ser comandados, si se quiere, por un mismo árbol, de manera que se opere la misma regulación sobre todas las máquinas a la vez. Gracias a este sistema se comienza por regular cada dinamo aisladamente por su regulador especial, y cuando está establecido el equilibrio entre todas las máquinas, se las comanda en conjunto por el regulador general.

Reguladores automáticos. Existen varias disposiciones que permiten la regulación automática de la corriente. El aparato siguiente ha sido imaginado por Mr. Blathy para regular la corriente excitadora de una dinamo. La corriente excitadora atraviesa un solenoide. Este acciona un núcleo de hierro dulce que está adaptado en uno de los extremos de una palanca equilibrada por un flotador.

El núcleo de hierro lleva en su extremidad superior un cangilón de mercurio en el que están sumergidas las extremidades de diversos hilos unidos a las resistencias. Estas extremidades están colocadas a diferentes profundidades; de suerte que, según la atracción ejercida sobre el núcleo de hierro, tal o cual resistencia se encuentra introducida en el circuito y la regulación se opera de una manera automática.

El regulador Houghton (fig. 107), destinado a regular la diferencia de potencial en las bornas de una dinamo, se compone de un solenoide *A* de hilo

fino montado en derivación con las bornas de la dínamo. La armadura de hierro dulce *B* lleva en su

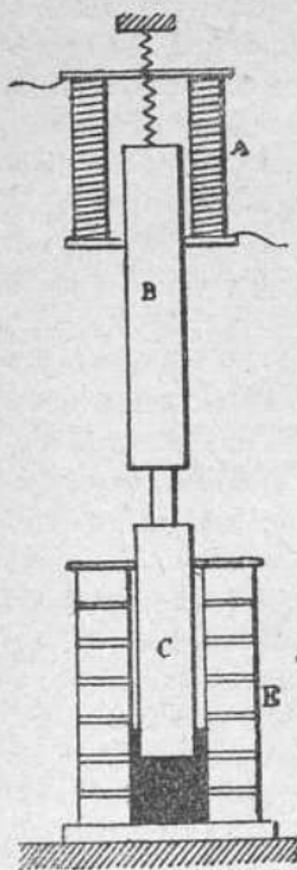


Fig. 107

extremidad inferior un cilindro *C* de ebonita, que está sumergido en el mercurio. Las resistencias *E* están colocadas a diferentes niveles. Según la tensión, la armadura *B* es más o menos atraída; el mercurio baja, por consiguiente, o se eleva, y la resistencia introducida en el circuito excitador de la dinamo varía en consecuencia. La diferencia de potencial en las bornas se encuentra así regulada automáticamente. Un resorte en espiral permite la regulación del aparato.

Resistencia. Hemos visto, al hablar del montaje de los focos eléctricos, que sobre el circuito de las lámparas de arco se disponen resistencias para reemplazar las lámparas puestas fuera de circuito. He

aquí cómo puede resolverse la cuestión. Si se quiere, por ejemplo, poner fuera de circuito las tres lámparas *a*, *b*, *c* (fig. 108), y sustituirlas por la resistencia *R*, se corta el circuito en *x*; los dos extremos del hilo se unen uno a la borna *p* y el otro al

eje de rotación del interruptor f . Detrás de la lámpara e se empalma un hilo que viene a unirse a la extremidad r de la resistencia R , cuyo otro extremo se une a la borna m . Cuando las tres lámparas a , b , c funcionan, el interruptor está puesto en contacto con p . Cuando se ponen las lámparas fuera de circuito, se pone en contacto el interruptor

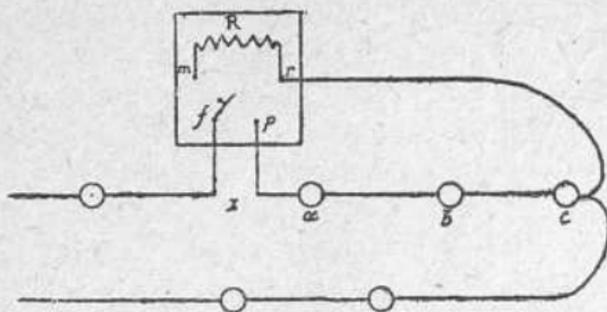


Fig. 108

con m ; el circuito está abierto en p y la corriente atraviesa la resistencia R .

Indicador de marcha de la corriente. Cuando se quiere seguir en la sala de máquinas el funcionamiento de las diferentes lámparas, se hace uso de un aparato llamado *indicador de marcha*. He aquí, como ejemplo, el de M. Cance. Este aparato se compone de un electroimán a atravesado por la corriente. Frente al polo p está un péndulo móvil alrededor del punto o y terminado por abajo por dos pequeños cilindros del mismo peso; uno de ellos, C , es de hierro dulce; el otro, D , está hecho de una substancia no magnética, de cobre, por ejemplo; bajo la acción de la corriente, el núcleo B se iman-

ta y el polo p atrae el cilindro C , haciendo tomar al péndulo la posición inclinada de la figura. Cuando la corriente no pasa, el péndulo vuelve a la posición vertical. Se puede seguir, por lo tanto, el funcionamiento de la corriente.

Pararrayos. Cuando una canalización eléctrica

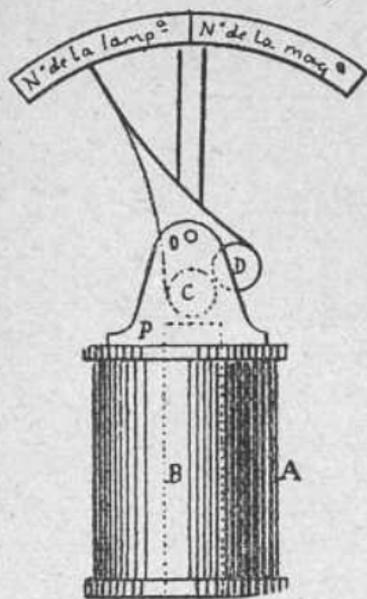


Fig. 109

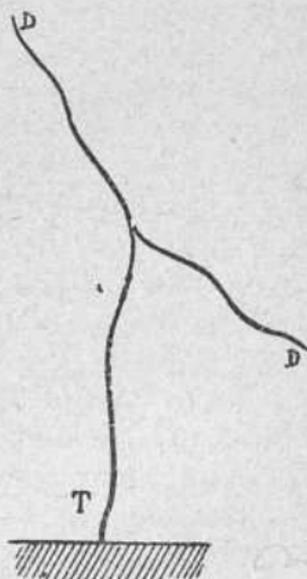


Fig. 110

está colocada en el exterior de los edificios, es indispensable protegerla contra los efectos del rayo, que podría destruir los conductores y los aparatos. Los pararrayos tienen por objeto crear un medio a la electricidad atmosférica para que llegue a tierra. Estos aparatos están basados en el hecho siguiente: la electricidad proveniente de un rayo po-

see una tensión muy elevada; puede, por lo tanto, franquear fácilmente un obstáculo, tal como una débil solución de continuidad en un conductor, en tanto que la corriente producida por una dinamo se encontraría detenida. Encontrándose el conductor de la dinamo en *DD* (fig. 110), se establece una derivación *T* que va a tierra. Este hilo es interrumpido en un punto *i* de su recorrido en un trecho pequeño. Una descarga atmosférica encontrará salida por este punto, en tanto que la corriente de las dinamos permanecerá en el conductor *DD*.

Varios dispositivos han sido imaginados con este objeto. En los pararrayos de peines, dos placas están colocadas una enfrente de la otra en *i*, una unida al conductor *D* y la otra al hilo de tierra *T*, y estas dos placas están provistas de puntas dispuestas unas frente a otras, sin tocarse.

En el pararrayos de lámina aisladora, las dos placas están separadas por una lámina no conductora muy delgada.

La derivación *T* que va a tierra no debe unirse al conductor del pararrayos establecido para la protección del edificio; es necesario, para evitar cualquier accidente, que se encuentre bastante separado.

Esta está formada de un hilo de cobre de 4 milímetros de diámetro, o de un cable formado de dos o tres hilos de 2 milímetros. Se la une por una fuerte soldadura a la placa de tierra. Esta está constituida por una lámina de hierro galvanizado de 5 milímetros de espesor y una superficie de a lo

menos un metro cuadrado. Se la entierra en un lugar húmedo, y si es posible en una balsa de agua corriente o un pozo. Se la coloca en una posición vertical mejor que horizontal.

Cuando el conductor no entra en tierra al pie mismo del edificio, es necesario disponerlo de manera que sea bien visible hasta el punto en que penetra en el suelo. Es necesario visitarlo con frecuencia y sobre todo después de las tormentas.

Pararrayos automáticos. Para que una dinamo se encuentre suficientemente protegida contra las descargas atmosféricas es necesario que cada uno de sus conductores exteriores esté provisto de un pararrayos. Pero hay un peligro con los instrumentos adoptados ordinariamente. En efecto, las puntas de cada uno de estos aparatos pueden fundirse por una descarga y quedar unidos, estableciéndose así un cortocircuito que pone los dos polos de la dinamo en comunicación con tierra. La disposición siguiente, adoptada por la *Central Eléctrica de Chicago*, tiene por objeto impedir semejantes accidentes (fig. 111). Si se produce una descarga atmosférica, por ejemplo, en la línea *L*, la electricidad sigue la dirección de las flechas, pasa por el electroimán *E*, atraviesa dos puntas de carbón colocadas en *c*, después por la palanca *T*, y el brazo *m* llega a tierra. Al mismo tiempo, la armadura *T* es atraída; una punta de carbón soportada por el brazo *t* se encuentra alejada de la otra a consecuencia de un movimiento de la armadura. Los dos carbones no pueden, por lo tanto, entrar en fusión y re-

unirse entre sí. El inconveniente indicado más arriba queda evitado de esta manera.

Pero la armadura T , aproximándose al electroimán, desprende su extremidad derecha, que está retenida por el brazo m por efecto del peso P . El

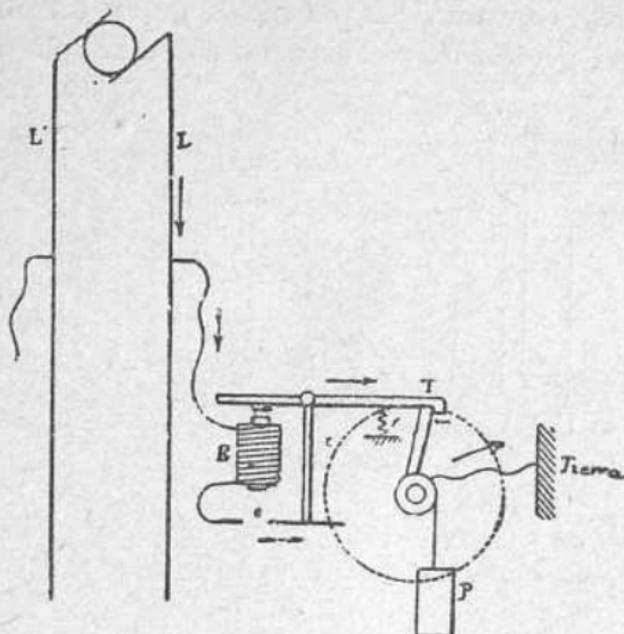
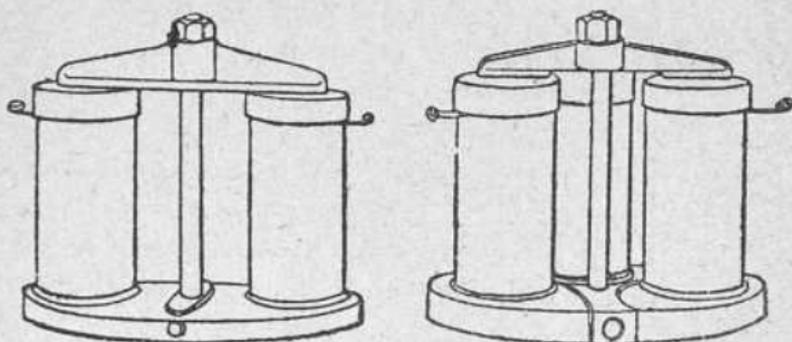


Fig. 111

circuito queda, por consiguiente, roto. El electroimán se desmanta. La palanca T es conducida a su posición primitiva por un resorte r , y detiene de nuevo el brazo m , que después de haber dado una vuelta completa alrededor de su eje viene a volver a retenerse. De esta manera el pararrayos vuelve a quedar de nuevo en su posición primitiva, y que-

da dispuesto a funcionar si viene un nuevo rayo. La línea L' está provista de otro aparato igual que no está indicado en la figura.

Pararrayos de Voigt y Haeffener. Este aparato se compone, según el número de polos, de dos o tres columnas con rondelas superpuestas de cinc y de mica, comprimidas por medio de un tornillo de presión y un armazón especial sobre las placas de



Figs. 112 y 113

asiento. El número de rondelas depende del grado de tensión en funcionamiento (figuras 112 y 113).

La mayor parte de la chispa, saltando al exterior de una de las columnas por encima de las rondelas de mica, baja a la placa de asiento, perdiéndose en tierra. Teniendo en cuenta que, lo mismo que sucede en todos los aparatos semejantes, una pequeña parte de la descarga va a parar a la máquina, debe intercalarse una bobina de selfinducción cuando se emplean máquinas que no están muy bien aisladas.

En las instalaciones de corriente alterna, espe-

cialmente en las de alta tensión, se pueden formar elevaciones de tensión de gran magnitud sin que las causen descargas atmosféricas. Para contrarrestar estas sobretensiones, que en los extremos de una línea pueden subir, según las circunstancias, a un múltiplo de la tensión de trabajo, se colocan en estos puntos *descargadores de sobretensión*, que en su principio son análogos a los parachispas, y cuya parte principal es una distancia explosiva. Una clase especial de estos descargadores son las *protecciones de alto voltaje*, que se colocan en el lado de baja tensión de los transformadores, conectados con el punto neutro, para conducir a tierra la corriente en caso de haber penetrado una de alta tensión en el arrollamiento de baja. Estos descargadores son cajas de porcelana en las que se encuentran tapones con rosca y que contienen una pequeña distancia explosiva.

Cortacircuitos de seguridad. Los diámetros de los conductores, como lo hemos visto en el tomo primero, se calculan según la intensidad de corriente que debe atravesarlos. Pero si esta intensidad es rebasada accidental o inadvertidamente, los conductores se recalientan y pueden ocasionar incendios. Para evitarlo se colocan sobre el circuito, como ya hemos dicho anteriormente y recordamos aquí, hilos de plomo o de aleación fusible, que se funden cuando la corriente es demasiado intensa e interrumpen así el circuito. Es necesario determinar el diámetro de estos hilos, de manera que su fusión tenga lugar antes de que el cobre esté muy

caliente; este diámetro depende, por lo tanto, del que tenga el conductor.

Ya anteriormente hemos dado a conocer la relación que debe guardarse entre estos diámetros.

Se coloca un cortacircuito en el origen del conductor o (fig. 114) y se dispone en p y q el origen de cada derivación que se desea preservar. Es im-

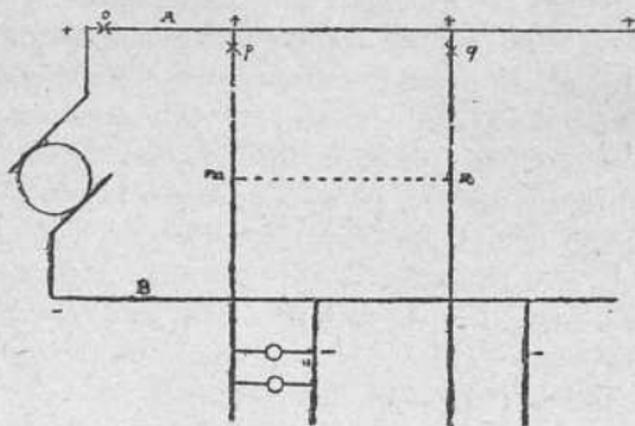


Fig. 114

portante colocar estos aparatos todos sobre el circuito positivo o todos sobre el negativo. Porque si se produce accidentalmente un circuito corto en la canalización, por ejemplo, en mn , la corriente atravesará siempre un aparato de seguridad e irá del conductor A al B , lo que podía no suceder si estos aparatos estuvieran colocados, ora sobre el circuito positivo, ora sobre el negativo.

Para ver si un aparato de seguridad funciona convenientemente, se produce un circuito corto en la derivación en que está colocado, y se ve si el hilo

fusible se funde antes que el cobre se caliente de una manera anormal. Cuando un cortacircuitos se ha fundido en una derivación importante, se debe vigilar con cuidado la máquina; porque la fusión del hilo, poniendo fuera de circuito una gran cantidad de lámparas, puede producir un desorden en la marcha de la máquina.

Cuando se funde un hilo de seguridad se comprende inmediatamente la porción de canalización en que existe un defecto. Este proviene bien del conductor, bien del cortacircuitos mismo, que es demasiado débil o está mal instalado. Si no se encuentra nada anormal en los conductores, no hay más que reemplazar el aparato de seguridad por otro de un número conveniente y ver el resultado que da. Si resiste, es que el defecto existe en la canalización.

Es necesario que el cambio de los aparatos de seguridad se pueda hacer rápidamente y sin maniobra. Los de M. Grivolos, por ejemplo, se componen de varillas que soportan el hilo de plomo y que se alojan entre dos fuertes piezas de cobre que comunican con los extremos del conductor. Son de un uso muy cómodo.

Se tienen siempre algunos de estos aparatos de recambio, y se los coloca cuando se ha fundido un cortacircuitos. Todos llevan la indicación del número de amperios para que han sido construídos.

Indicador de aislamiento de tierra. Es importante poder verificar continuamente si una instalación eléctrica está bien aislada con relación a tierra y

ser advertido inmediatamente de un accidente. El aparato indicado por la figura 115 resuelve el problema de una manera muy sencilla. Sobre los dos conductores principales *A* y *B* se pone en derivación un hilo *mn*, sobre el que se instalan dos lámparas de incandescencia *a* y *b*, que exigen el mismo

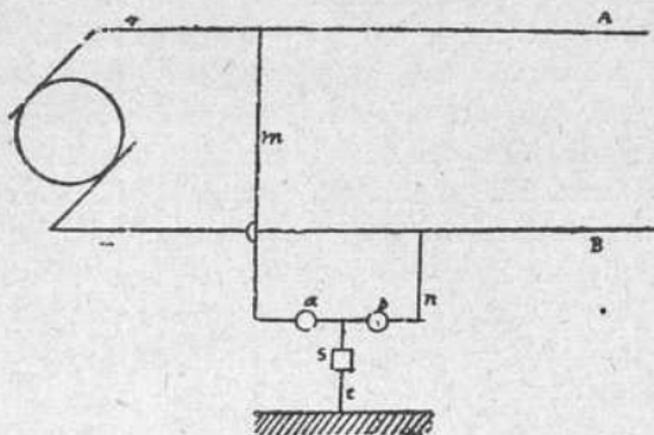


Fig. 115

número de voltios; el centro se une a tierra por un hilo *t*.

Si los conductores *A* y *B* no tocan a tierra, las dos lámparas lucen poco, pero con la misma intensidad. Si *b* tiene un contacto con tierra, la lámpara *b* alumbrará menos que *a* o se extinguirá; en *a* sucede lo mismo si el contacto se encuentra con el conductor *A*.

Cuando *A* y *B* tocan a tierra, las dos lámparas alumbran poco, pero dan la misma luz. Para saber a qué atenerse, se pone una lámpara entonces fue-

ra de circuito por medio de un conmutador; si la segunda lámpara se extingue, es que el conductor está en buen estado; si continúa ardiendo, es que existe un defecto.

Para completar el aparato se coloca un timbre *S* sobre el hilo *t*; éste suena cuando este hilo es recorrido por una corriente; es decir, cuando se produce un contacto con tierra en un conductor.

Interruptores. En el tomo primero hemos dado a conocer a nuestros lectores todo lo concerniente a este aparato; así, pues, sólo nos resta en esta ocasión darles a conocer los modelos más empleados para los cuadros de distribución de las estaciones centrales.

Entre las innumerables disposiciones indicaremos particularmente un modelo de interruptor de escape rápido ideado por M. Fabius Henrion, de Nancy.

Cuando se trata de corrientes intensas, la construcción de interruptores debe hacerse con esmero especial, porque si se rompe un circuito atravesado por una corriente de gran tensión se forma entre las dos porciones metálicas que se separan un arco voltaico que las deteriora rápidamente.

Para evitar este inconveniente es necesario separar bruscamente estas dos partes del circuito, de tal manera que el arco que tienda a formarse tenga muy poca duración. Esta rotura brusca no puede obtenerse fácilmente a mano, por lo que es necesario emplear un aparato automático.

Además, debe hacerse la rotura entre dos piezas

metálicas que tengan grandes superficies de contacto, para que el aumento de temperatura se reparta entre mayor número de puntas.

Las dos piezas que forman el interruptor deben ponerse en contacto por un frotamiento enérgico que, durante la maniobra del aparato, pulimente las superficies, asegurando los contactos y la conductividad. Por último, el movimiento de la parte móvil debe ser visible a simple vista para saber con seguridad si el aparato está abierto o cerrado, facilitando también de este modo la comprobación de su buen funcionamiento. Todas estas condiciones reúne el aparato que vamos a describir.

El interruptor Fabius Henrion se compone de un zócalo aislante, en el que están fijados dos bloques de cobre, entre los que puede moverse una palanca con mango aislado. Esta palanca lleva una pieza formada por un conjunto de láminas elásticas independientes entre sí. Esta misma pieza está sostenida por una varilla metálica que atraviesa libremente la palanca, sobre la que le obliga a apoyarse siempre la acción de un resorte en espiral.

Cuando se baja la palanca, la pieza de láminas es arrastrada por aquélla y entra a frotamiento suave entre los bloques, a los que encuentra oblicuamente, de manera que el esfuerzo necesario para cerrar el circuito y llevar la palanca al final de su carrera es muy pequeño. Cuando se levanta la palanca a consecuencia del frotamiento de la pieza de láminas entre los bloques, el resorte se dilata, y al mismo tiempo aquélla gira sobre sí misma y tien-

de a tomar una posición paralela a las aristas de los bloques fijos. Si se continúa moviendo la palanca, el paralelismo se establece y la rotura de la

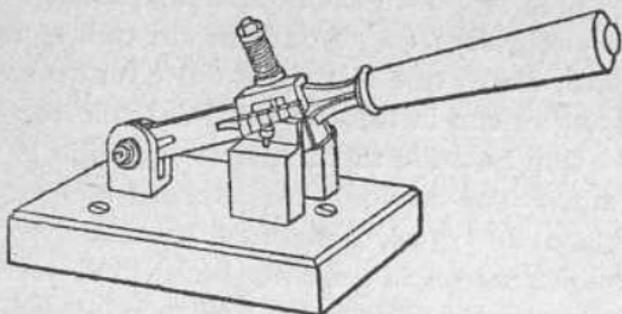


Fig. 116

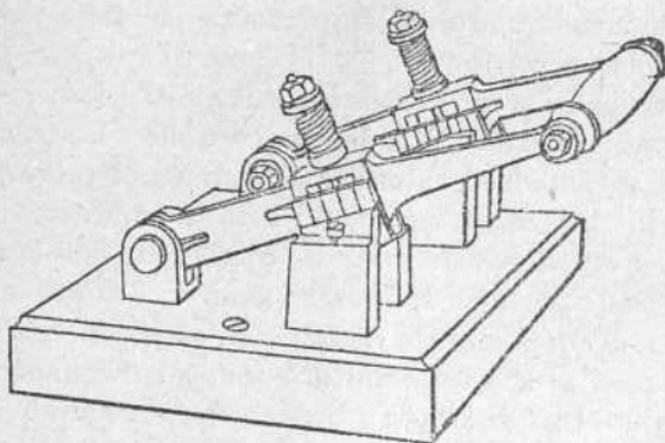


Fig. 117

corriente se verifica sobre toda la longitud de las aristas.

Esta rotura se hace siempre bruscamente, por poca que sea la velocidad de elevación de la palan-

ca, porque la rapidez del movimiento depende de la tensión del resorte.

Hay que notar:

1.º Que se puede abandonar la palanca en un punto cualquiera de su carrera sin que el resorte se dilate; así es que la rotura del circuito se verifica siempre con la tensión total del resorte.

2.º Que hasta el momento de su salida la pieza de láminas está en contacto con los bloques fijos en toda su longitud, y siempre sobre una sección correspondiente a la máxima intensidad para que se ha construído el aparato; es decir, que en cualquier posición de la palanca no puede ésta tocar de una manera insuficiente los contactos fijos y producir un aumento de temperatura por falta de superficie en contacto.

Conmutadores. Estos aparatos están destinados a cambiar la dirección de una corriente. Estos aparatos están construídos sobre los mismos principios que los interruptores, como hemos tenido ocasión de ver en el primer tomo de esta obra, por lo que no insistimos más sobre este asunto, limitándonos tan sólo a describir la disposición representada por la figura 118, que permite, cuando se tienen, por ejemplo, tres dínamos y cuatro circuitos, unir una de las máquinas con uno cualquiera de los circuitos. El aparato se compone de tres hileras de láminas de latón cruzadas en ángulo recto y aisladas entre sí. En los puntos de unión están perforadas por agujeros en los que se pueden introducir clavijas metálicas. Las láminas horizontales comunican

con las máquinas y las verticales con los circuitos; se ve, pues, que, introduciendo una clavija en un agujero, se establece a voluntad la comunicación entre uno de los circuitos y una de las máquinas.

Electrodinamómetros. Estos aparatos están basados en las acciones de las corrientes sobre las corrientes. Supongamos un conductor fijo atravesado por una corriente constante y un conductor móvil por el que circula la corriente que hay que medir.

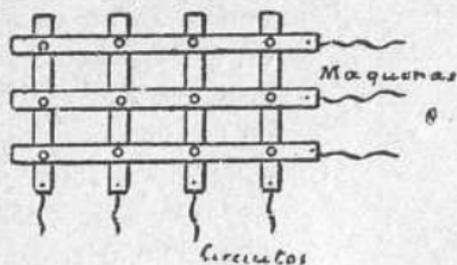


Fig. 118

Las desviaciones son proporcionales al producto de las intensidades de las dos corrientes. Para aumentar la sensibilidad del aparato se hace pasar por los dos conductores la corriente que se quiere medir. Las desviaciones son entonces proporcionales al cuadrado de su intensidad. Estos aparatos pueden servir para medir las corrientes alternativas, porque cuando la corriente cambia de sentido, lo hace en los dos conductores a la vez; la acción recíproca permanece la misma, y el cuadro móvil se desplaza como para las corrientes continuas. El electrodinamómetro de MM. Siemens y Halske está

dispuesto de manera de anular la acción magnética de la tierra sobre el cuadro móvil. Para una corriente dada, la acción recíproca de los dos circuitos

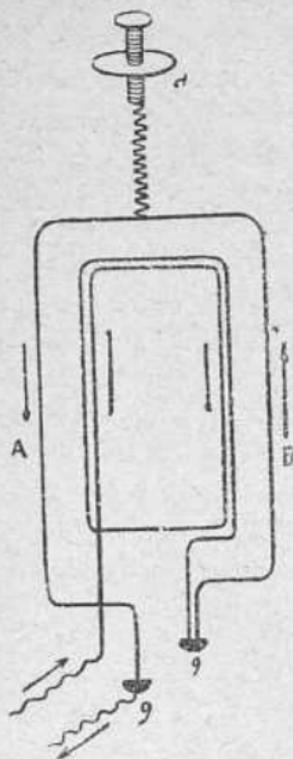


Fig. 119

es proporcional al producto del número de vueltas que el hilo da en los dos cuadros. Por lo tanto, la misma corriente da la misma derivación si se dan 10 vueltas sobre cada cuadro, o bien una vuelta sobre el cuadro móvil y 100 sobre el cuadro fijo. Pero en este caso la acción de la tierra es casi nula con relación a la de la bobina fija; por consiguiente, no es necesario orientar el aparato.

Los electrodinamómetros (fig. 119) comprenden un cuadro vertical móvil *AB*, que no tiene más que una vuelta de hilo grueso y puesto en circuito por dos cangilones de mercurio *g* y *g*. Está suspendido por un resorte

en espiral unido a un mango metálico *d*. Este mango, que se puede girar a mano, tiene un índice móvil sobre un cuadrante horizontal dividido. Las tensiones del resorte son proporcionales al cuadrado de la intensidad. Una bobina fija está colocada en el interior del cuadro, y está formada de varias

vueltas de un hilo de cobre aislado; la corriente la recibe en la forma que indica la figura.

En fin, el cuadro fijo comprende dos circuitos diferentes: el primero, formado de hilo grueso, sirve para las corrientes de 10 a 60 amperios; el segundo se emplea para las corrientes inferiores a 10 amperios.

Empleo del aparato. Se ponen, desde luego, los dos cuadros en una posición perfectamente rectangular, conduciendo un índice fijado al cuadro móvil al cero del cuadrante; este resultado se obtiene obrando sobre el mango que tiene el resorte. Se anota entonces la posición del índice fijado a este mango.

Hecho esto, se envía la corriente al electrodinómetro, tomando la de los dos circuitos del cuadro fijo, que corresponde a la intensidad que se desea medir.

El cuadro móvil sufre una desviación; se le conduce a su posición rectangular, aumentando la tensión del resorte y haciendo girar el mango. El ángulo que describe el índice de este mango indica, con ayuda de una tabla, el número de amperios de la corriente.

Disyuntor automático. M. Hospitalier ha imaginado un aparato que establece y corta automáticamente la comunicación con la dínamo, según que la fuerza electromotriz de ésta sea superior o inferior a la de los acumuladores.

Este aparato (fig. 120) se compone de un electroimán *NS* y una espiga de hierro dulce oscilante,

a, colocada dentro de una bobina fija, *B*. Esta está rodeada de dos hilos, uno largo y fino, *efi*, y el otro grueso y corto *EFI*.

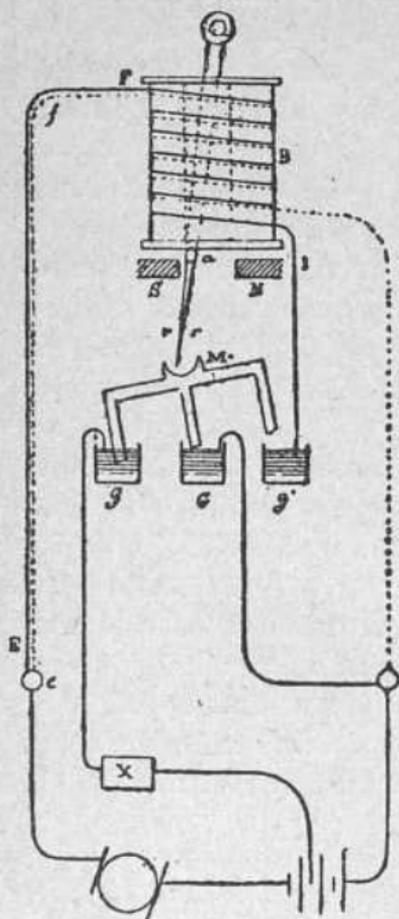


Fig. 120

La espiga *a* se imanta por el efecto de las corrientes que atraviesan la bobina, y, según el sentido de la corriente, puede tomar dos posiciones diferentes, arrastrando con ella un basculador de cobre *M* provisto de tres apéndices que entran en cangilones de hierro llenos de mercurio *G*, *g*, *g'*.

El hilo fino de la bobina está montado en un circuito con los acumuladores y la dinamo. Cuando ésta produce una fuerza electromotriz superior a la del acumulador, la corriente, que es del mismo sentido en el hilo fino y en el grueso,

imanta la pieza *a* de tal suerte que el basculador establece el contacto entre los cangilones *G* y *g'*, y el circuito de carga queda cerrado.

Si la fuerza electromotriz del acumulador viene a ser superior a la de la dínamo, la corriente cambia de dirección en la bobina; la pieza *a* es atraída por el polo *S* del imán, y el basculador establece la comunicación entre *G* y *g*, como lo indica la figura; rompe el circuito del hilo grueso y cierra el circuito de los acumuladores sobre un timbre *X*.

Dos cuchillos, *r* y *r'* permiten, regular la amplitud de las oscilaciones de la espiga *a*.

El sistema funciona, por consiguiente, automáti-

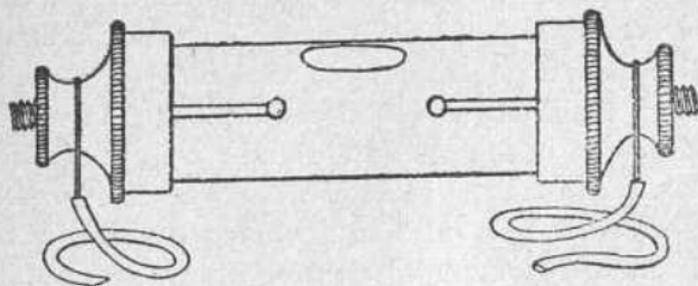


Fig. 121

camente, según que la fuerza electromotriz del acumulador sea superior o inferior a la de la dínamo. La resistencia del hilo fino de la bobina varía de 300 a 2.000 ohmios, según el número de acumuladores en tensión que se trata de cargar. Esto es con el fin de gastar poca corriente cuando la máquina no está cargando.

Indicador buscador de polos. El aparato construido por el Sr. Ulman, y conocido con el nombre de *indicador buscador de polos*, representado en la figura 121, se compone de un tubo de cristal lleno

de líquido y con los extremos cubiertos por unas tapas de metal que sirven de bornas, a las que están unidas cada una de las puntas que contiene el tubo.

Este aparato tiene por objeto reemplazar el galvanómetro, y es indispensable en todas las instalaciones eléctricas, sean de luz, acumuladores, timbres, telefonía, etc.

Para emplear este aparato hay que colocar en contacto cada una de sus bornas con los dos conductores de un manantial cualquiera de electricidad por medio de dos hilos de cobre finos; la punta que corresponde al polo negativo tomará dentro del líquido un color de rosa violáceo.

Esta facilidad de reconocer inmediatamente los polos es de una gran comodidad para el montador y facilita mucho el trabajo a las investigaciones.

Este color que toma el líquido desaparece inmediatamente sacudiendo un poco el aparato, pudiendo repetir después la operación siempre que se desee.

Cuadros de distribución. El cuadro de distribución es un tablero de madera o de mármol al que concurren los conductores de las máquinas y los circuitos de las lámparas. Sobre este cuadro se operan el cierre y la rotura de los circuitos para encender o apagar las lámparas. Además, cuando una instalación se compone de varias máquinas, se dispone este cuadro de manera que se pueda enviar a cualquier circuito la corriente de tal o cual máquina, en caso de suspensión de una parte del alumbrado o de accidente en una de las máquinas.

Como la disposición de los cuadros varía según el sistema de distribución empleado, y como el objeto no es otro que dar una idea de cómo están constituidos estos cuadros y la manera de manejar los aparatos de que se compone, describiremos uno debido a Anney, que puede servir de cuadro tipo para la distribución en derivación (fig. 122).

Este cuadro comprende tres barras de distribución numeradas, 1, 2, 3. A la 1 y 2 se unen todos los circuitos que llegan de las dinamos; de las barras 2 y 3 parten los circuitos del alumbrado; las dos barras extremas 1 y 3 comunican entre sí por dos amperímetros colocados a las dos extremidades, bastando sumar sus indicaciones para conocer la producción total de la fábrica. Los amperímetros pueden ponerse o no en circuito por medio de los interruptores de clavija I e I' .

Encima de estas barras se encuentran reunidos todos los aparatos de medida y comprobación de la producción, como también todos los aparatos de medida, registro, seguridad y regulación de los circuitos de alimentación de la red; debajo se encuentran reunidos los interruptores para el agrupamiento de las dinamos.

Grupo número 1. En el grupo 1 la operación de poner en circuito las dinamos sobre la red se efectúa por medio de un simple interruptor. Hace falta primeramente excitar la máquina; un conmutador C de dos direcciones permite excitarla por sí misma o por la corriente de la línea. Esta disposición, muy sencilla, basta, si se pone mucha atención en

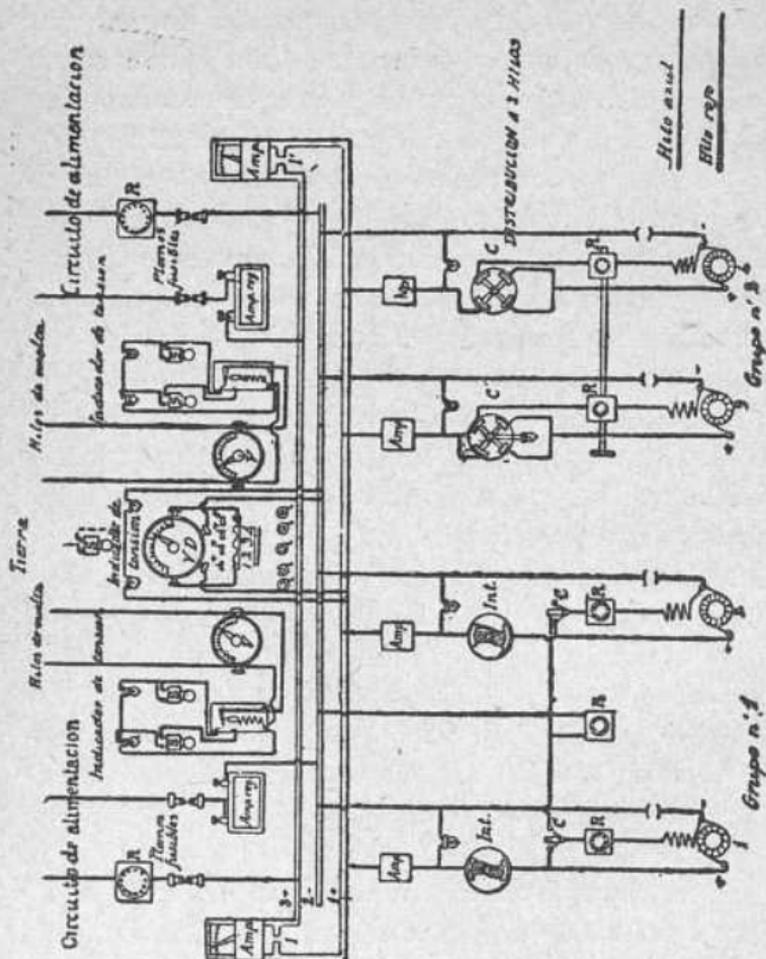


Fig. 122

las maniobras, para poner o quitar del circuito las máquinas. Cada máquina tiene asimismo un amperímetro y un regulador de campo magnético, permitiendo este último regular el voltaje.

Un regulador de campo magnético de grandes dimensiones es común a las dos máquinas, y permite la regulación del campo magnético simultáneamente con una misma maniobra.

Grupo número 2. En éste se pone la máquina en circuito por medio de un conmutador *C* de construcción especial, que permite:

1.º Excitar la máquina antes de ponerla en circuito.

2.º Quitarla del circuito antes de cortar su campo magnético.

Este conmutador hace imposible toda falsa maniobra.

En el circuito de cada una de las máquinas están intercalados, como en el grupo número 1, un amperímetro y un regulador de campo magnético. Los dos reguladores de campo magnético pueden o no ser movidos por un solo árbol, sobre el cual pueden estar montados solidariamente o no, a fin de poderse regular individual o simultáneamente los dos reguladores.

Aparatos de medida, de registro y de seguridad.

1.º Un voltímetro diferencial que sirve para agrupar en cantidad las máquinas, en el que un arrollamiento se pone en derivación sobre las barras 1 y 2, que indica constantemente la tensión en la fábrica; el otro arrollamiento se pone en comunica-

ción, por medio de cuatro interruptores de clavija y de cuatro botones de contacto, con las dínamos para ponerlas en circuito.

2.º Dos voltímetros están colocados sobre los hilos de vuelta de los dos *feeders*, de manera que indiquen constantemente la fuerza electromotriz en los puntos de unión de éstos con la red.

3.º Dos indicadores de tensión están colocados igualmente sobre los hilos de vuelta, y avisan, por una señal acústica y otra óptica, si las variaciones de tensión en las extremidades de los *feeders* pasan de los límites admitidos. Cuando, por ejemplo, la tensión pasa del máximo admitido, el indicador de tensión establece un contacto que hace alumbrar una lámpara roja y sonar un timbre. En el caso contrario, cuando la tensión baja, un segundo contacto se establece y hace arder una lámpara azul y funcionar el timbre.

4.º Un indicador de tierra colocado en el centro del cuadro y que funciona en la forma ya indicada al hablar de este aparato.

5.º Sobre cada *feeder* se intercalan un amperímetro registrador, dos plomos fusibles de seguridad y un reóstato para mantener el voltaje constante en los puntos de unión de los *feeders* con la red.

CAPITULO XI

Estaciones centrales

Hemos visto en el tomo primero cómo se puede resolver el problema del alumbrado de una instalación particular. En este caso, el sitio que se va a alumbrar es limitado; el número de lámparas, sin ser absolutamente fijo, puede ser previsto con cierta aproximación. Se puede, por consiguiente, calcular el consumo de electricidad y, por consecuencia, las secciones de los conductores, y basándose en las reglas expuestas anteriormente llegar a la resolución de la mayor parte de los casos.

Pero cuando se trata de distribuir la electricidad en una población, el problema se complica bastante. En efecto, el número de lámparas encendidas a la vez varía a cada instante, sin que se pueda exponer ninguna ley referente a esto. Todos los aparatos servidos por la misma estación son absolutamente independientes unos de otros. La fábrica debe ser calculada, por consiguiente, para el caso de un consumo máximum, en que todos los aparatos marchasen a la vez; pero es necesario que su pro-

ducción se regule continuamente según el consumo.

Además, en una instalación semejante, la cuestión de los conductores juega un papel capital. Las distancias son generalmente grandes y el gasto de canalización es considerable; importa, por lo tanto, reducirlo.

Es imposible prever todos los casos que pueden presentarse en una instalación de esta naturaleza. Las disposiciones varían según las costumbres del país, con la naturaleza de los establecimientos que se han de alumbrar, con la superficie y la distancia. Nos limitaremos a exponer algunos principios generales y a citar algunos ejemplos, no perdiendo de vista que esta obra está dedicada al instalador y al montador y no al ingeniero.

Se han adoptado varios sistemas para las estaciones centrales, y se dividen en dos categorías:

1.º Distribuciones directas, en las que la energía eléctrica producida por la central se envía al consumidor sin sufrir ninguna transformación.

2.º Distribuciones indirectas, en las que la electricidad se envía a los abonados después de sufrir una transformación en un aparato especial, acumulador o transformador.

Estos dos modos de distribución son aplicados con frecuencia al mismo tiempo en la misma central.

Distribuciones directas. La energía eléctrica suministrada por las máquinas debe variar constantemente según las necesidades del consumo, y está representada por el producto de la intensidad por

la diferencia de potencial en las bornas ($E \times I$). Es suficiente hacer variar, en consecuencia, uno de los factores de este producto. Se puede, por lo tanto, resolver la cuestión de dos maneras:

1.º Establecer en las bornas de la dínamo una diferencia de potencial constante y hacer variar la intensidad.

2.º Mantener la intensidad constante en el circuito y hacer variar la diferencia de potencial.

Se trata, por consiguiente, para resolver el problema, de adoptar un sistema de regulación que mantenga constante la diferencia de potencial o la intensidad.

Cada uno de estos procedimientos presenta sus ventajas y sus inconvenientes. Con una diferencia de potencial constante, las lámparas están colocadas todas en derivación; tienen, por lo tanto, la ventaja de estar independientes unas de otras; pero siendo la intensidad proporcional al número de focos en servicio, el diámetro de los conductores debe aumentar en consecuencia. Además, estos conductores absorben una gran cantidad de energía, y su longitud debe permanecer en ciertos límites. En general no se pasa de un radio de 500 a 600 metros alrededor de la fábrica que contiene las dínamos o de los centros de distribución.

Cuando la intensidad es constante, los aparatos están dispuestos en serie. Están, por consiguiente, dependiendo unos de otros, y la regulación es más difícil que en el primer caso. En fin, con esta disposición, la diferencia de potencial debe aumentar con

el número de focos en servicio y puede crear un peligro. Este sistema tiene la ventaja de exigir conductores de menos sección que el otro procedimiento.

Distribución a diferencia de potencial constante. Se obtiene una diferencia de potencial constante en las bornas de la dínamo haciendo variar la intensidad de su campo magnético de manera de proporcionar la corriente inductora al trabajo que se ha de producir.

He aquí cómo ha resuelto Edison la cuestión en la distribución de luz hecha por la fábrica de Pearl-Street, de Nueva York (fig. 123).

Los electroimanes inductores de la dínamo están colocados en derivación sobre el circuito principal, así como un regulador de resistencia B , sobre el cual puede desarrollarse una resistencia variable hasta 180.000 ohmios. El aumento o disminución de esta resistencia se hace por medio de un conmutador circular, C , maniobrado a mano por un obreiro, según las indicaciones de un galvanómetro.

Sobre una derivación dd , sacada de la corriente principal, se encuentran un galvanómetro Thomson, G , y una batería patrón, P , de 110 voltios, cuya corriente está opuesta en el galvanómetro a la de la maquinaria.

Cuando la imagen reflejada por el espejo del galvanómetro permanece en el cero de la escala, es que la diferencia de potencial entre los conductores a y a es de 110 voltios. Si el galvanómetro desvía, es que esta diferencia de potencial debe ser

modificada, y la escala está graduada de manera de indicar la resistencia que es necesario agregar en *bb* para cada caso.

Como hemos visto anteriormente, el inconvenien-

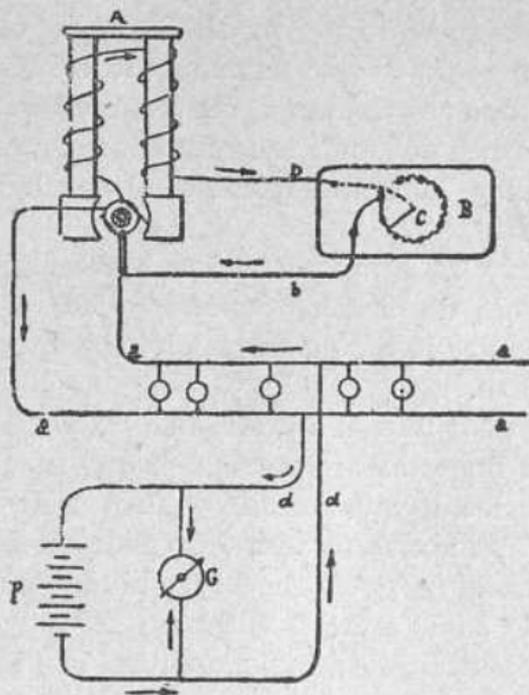


Fig. 123

te de este sistema es el exigir conductores de gran diámetro. Para remediarlo, Edison ha empleado el montaje a tres hilos, de que ya hemos hablado, para reducir el peso del cobre.

Más tarde ha generalizado esta solución uniendo tres o cuatro dinamos en serie, estableciendo entre

ellas hilos de compensación análogos al tercer conductor en el montaje a tres hilos.

Distribución a intensidad constante. En este sistema, la diferencia de potencial en las bornas debe variar según el número de lámparas encendidas.

Se consigue esto por medio de un regulador de campo magnético que se manobra a mano según las indicaciones del amperímetro, o adoptando las disposiciones automáticas como la que produce en la máquina Thomson Houston el decalado de las escobillas.

Estando las lámparas agrupadas en serie, deben estar fuera de circuito cuando no funcionan. Ya hemos indicado algunas disposiciones que realizan este objeto.

En la distribución a intensidad constante se emplean ordinariamente corrientes que no pasan de 10 amperios, lo que permite aumentar el radio de acción. El máximo adoptado generalmente para la diferencia de potencial en las bornas de la dinamo es de 2.000 a 2.500 voltios.

Empleo de los acumuladores en las estaciones centrales. El empleo de los acumuladores permite una distribución indirecta y diferida. Permite el almacenamiento temporal de la energía eléctrica y reúne numerosas ventajas.

Hay varios modos de emplear los acumuladores en relación con un sistema de distribución y de alimentación; pero cualquiera que sea el que se emplee se consiguen las ventajas siguientes:

- 1.ª Es posible hacer funcionar a plena carga las

unidades del material motor y eléctrico, lo que corresponde al máximo de rendimiento y a la mejor utilización de los materiales.

2.^a Es posible parar toda la producción a las horas de poca carga y particularmente durante la segunda parte de la noche.

3.^a Un accidente en el material máquinas o en la línea tiene consecuencias menos graves que en las distribuciones sin acumuladores. La extinción parcial o total puede generalmente evitarse.

4.^a La regularidad de la corriente es más grande a variación igual de la fuerza motriz.

La contrapartida de estas ventajas se encuentra en el aumento de gastos de los acumuladores, que hace más que compensar la economía sobre el material máquinas; en la pérdida de transformación, que es bastante elevada; en fin, en el desgaste de las placas, que es siempre bastante rápido y que necesita una amortización elevada para esta parte importante del material.

Cualquiera que sea el modo de emplearlos, los acumuladores están naturalmente reunidos en locales donde las baterías y los aparatos de regulación son objeto de una vigilancia continua.

Distribución y alimentación simultáneas. La disposición indicada por la figura 124 es la que más naturalmente se presenta a la inteligencia. Esta ha sido propuesta por varios desde el origen de la aplicación de los acumuladores. Se puede resumir de la manera siguiente la economía general de esta disposición:

Los acumuladores están en serie en el circuito primario; de cada batería *B* sale en derivación una serie de conductores secundarios que forman la red de distribución. Hay varias baterías, y el circuito secundario de cada una de ellas está, en general, completamente aislado del de las otras.

Se comprende fácilmente que durante las horas de poca carga los acumuladores absorben casi la

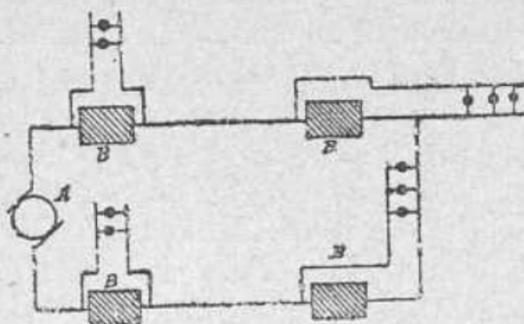


Fig. 124]

totalidad de la energía eléctrica que se manda a la línea y la tienen en reserva. Cuando el consumo aumenta, el potencial en las estaciones secundarias baja, y en un momento dado comienzan los acumuladores a descargarse.

Estos obran entonces, relativamente, sobre el circuito secundario, en paralelo con la máquina de carga, suministrando a las lámparas el suplemento que la máquina no puede dar directamente.

Este género de instalación ha sido preconizado y empleado, sobre todo, por una casa inglesa, que ha hecho algunas aplicaciones en Londres y en el con-

tinente. Cuando sea posible debe aplicarse la disposición a tres hilos, por ser más ventajosa (fig. 125). El número de las subestaciones se reduce entonces a dos; pero su radio de acción es sensiblemente aumentado.

A propósito de la distribución por acumuladores, haremos notar una cosa, cuya importancia se les escapa con frecuencia a los ingenieros que van a hacer un proyecto de distribución, y es que es extremadamente difícil seguir con estos aparatos el desarrollo progresivo del consumo.

En efecto, con las distribuciones inmediatas, directas o por transformadores, es siempre relativamente fácil agregar a la fábrica nuevas unidades de producción, y sobre la canalización multiplicar el número de arterias que sirvan una red dada.

Se puede así proporcionar progresivamente los medios de acción a las ventas realizadas y no hacer al principio más que los gastos indispensables. Con los acumuladores no se puede satisfacer a las previsiones de un porvenir próximo más que tomando desde el comienzo aparatos más potentes de lo necesario. Desde luego, se les utiliza bastante mal, las máquinas de carga trabajan poco tiempo y los acumuladores

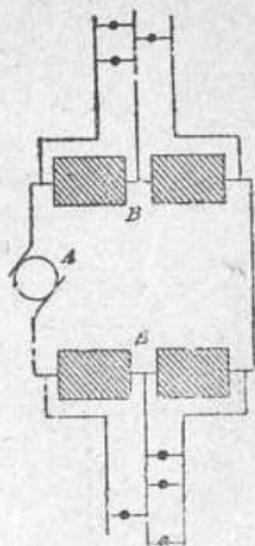


Fig. 125

tienen poco consumo. Más tarde, con el desarrollo del consumo, la utilización viene a ser mejor; pero se alcanza bien pronto el máximo de producción del conjunto existente, y es necesario

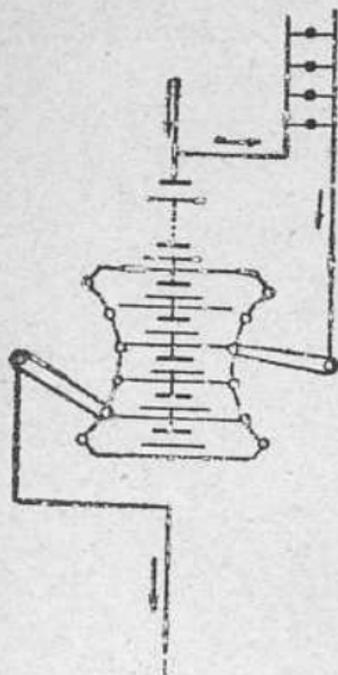


Fig. 126

entonces doblar toda la instalación. Así, pues, la ventaja reivindicada en favor del empleo de los acumuladores, es decir, la mejor utilización del material, no es, sin embargo, absoluta ni tan extendida como afirman los inventores de estos diversos sistemas.

La regulación del potencial es siempre una dificultad seria en las baterías de acumuladores.

En las disposiciones, las más generales, de las figuras 124 y 125 se emplea frecuentemente un conmutador doble, dis-

puesto a la extremidad de cada batería (figura 126), donde uno permite regular el potencial de distribución, en tanto que el segundo hace variar el número de elementos en carga. Estos conmutadores tienen cierto número de inconvenientes. En el empleo de los acumuladores, en una escala algo importante, se debe buscar, ante todo,

aproximarse al desiderátum siguiente: que todos los elementos sean cargados y descargados en la misma cantidad. En efecto, todas las cargas y descargas exageradas son una causa de destrucción, que obra más rápidamente que las cargas y descargas normales. Es, por lo tanto, conveniente evitarlas por completo. El conmutador doble llenaría esta condición si se pudiera tener cuenta exacta del funcionamiento de cada elemento y obrar en consecuencia sobre las palancas de contactos, y esto es evidentemente imposible. Han sido propuestos diversos aparatos automáticos para llenar la función de regularización; algunos parecen dar buenos resultados, y muchos no han podido resistir a una práctica diaria.

Se puede limitar el riesgo de fugas, por defecto de aislamiento en la canalización, uniendo a la tierra, a través de una resistencia conveniente, el punto medio del conjunto de las baterías de acumuladores. La diferencia de potencial máxima entre el conductor y la tierra es entonces la mitad solamente de la diferencia de potencial disponible en el origen de la línea; sea, por ejemplo, 250 voltios en una instalación de cuatro baterías en serie, para alimentar a 110 voltios cada una, lo que exige 500 voltios próximamente de diferencia de potencial total.

Distribución y alimentación separadas. Existe otro medio, además del precedente, que permite el empleo de tensiones más elevadas en la carga, dando toda seguridad en cuanto a las tensiones absolutas sobre los aislamientos de los hilos de la red,

pero que exige el empleo de una cantidad enorme de acumuladores. Consiste éste en disponer en cada subestación dos baterías completamente independientes, y cada una de las cuales tiene capacidad suficiente para hacer por sí sola el servicio.

La cantidad de acumuladores necesaria es entonces considerable, no solamente a causa de la doble batería, sino también porque cada una de ellas debe poder satisfacer el consumo máximum.

Las baterías se cargan una un día y la otra el siguiente. Como sencillez aparente, este sistema no tiene seguramente rival, pero no carece por esto de inconvenientes. El rendimiento está afectado, en totalidad, del coeficiente propio de los acumuladores, empleados en condiciones poco ventajosas. Además, las diversas baterías de las subestaciones, teniendo que cargarse en serie, deben ser idénticas. Luego, su consumo es muy diferente; a consecuencia de esto, es necesario calcularlas, en vista del mayor consumo de la estación más cargada. Los tiempos de carga son entonces muy desiguales, porque hay que reparar pérdidas diferentes. El material de carga está, por consiguiente, lejos de poder trabajar constantemente a plena carga, es decir, en las condiciones de rendimiento más favorables. Este sistema se presta igualmente muy mal al desarrollo sucesivo del consumo.

Posee, por el contrario, más que todo otro, la seguridad casi completa ante las extinciones accidentales.

Empleo de los acumuladores para socorro. En las distribuciones precedentes, los acumuladores son los elementos más importantes. En algunas fábricas se ha invertido la proposición, atribuyendo la preponderancia al material máquinas, pero empleando baterías secundarias como socorro y como manantial único para las horas de poco consumo. Este empleo se justifica por la ventaja cierta que presenta la posibilidad de parar completamente las máquinas durante algunas horas por día. Permite también substituir casi automáticamente, en caso de parada de un grupo, a éste, siempre que la batería tenga la misma potencia; en fin, puede contribuir a dar cierta tranquilidad al espíritu del personal técnico de la fábrica.

La batería está en este caso constantemente en derivación con los conductores principales. Los medios de regulación habituales por reóstato se mantienen en las arterias, y creemos, por las razones ya expuestas, que son preferibles a conectar las arterias con un número variable de elementos.

Algunas veces también la batería de acumuladores se pone en carga con cierto agrupamiento de los elementos y en descarga con otro agrupamiento. Este hecho se produce principalmente cuando el objeto de los acumuladores es un poco más extendido que el de un simple socorro: el de servirse, por ejemplo, de ellos en las horas de gran consumo.

En efecto, estas horas son también las que co-

rresponden a las mayores pérdidas de carga en la línea, pérdidas que exigen una elevación de la diferencia de potencial del manantial. La diferencia de potencial media a la descarga es de 1,9 por elemento; en la carga es necesario poder llegar hasta 2,4. La relación es casi de 4 a 5, de donde se puede sacar la conclusión de que la batería estará ventajosamente dividida en cinco grupos. Se les cargará en derivación, y para la descarga, uno de los grupos se dividirá en cuatro fracciones, que se agregarán cada una a uno de los grupos restantes.

Esta disposición permite tener el margen indispensable para la pérdida en línea en las horas de gran consumo. Para las horas del final de la noche, se podrá, por el contrario, volver al agrupamiento primitivo, porque entonces las pérdidas de carga están considerablemente disminuídas.

Para evitar estos acoplamientos, se ha propuesto un procedimiento diferente. Lo que es necesario, en realidad, es elevar el voltaje disponible, bien para la carga, bien para la descarga. Esta elevación puede obtenerse haciendo pasar la corriente total por el secundario de un transformador giratorio, calculado para producir la elevación deseada, y cuyo primario es alimentado por una derivación tomada en el circuito principal. Este medio economiza una quinta parte del número de acumuladores, porque hace innecesario el quinto grupo divisible en fracciones. Además, proporciona cierta economía de energía eléctrica, porque

el rendimiento de este órgano es ciertamente superior al de la batería suprimida. Sin embargo, no existen hasta ahora más que un pequeño número de aplicaciones de este método que ha sido empleado con éxito en hidráulica por M. Turrettini, de Génova.

Empleo de los transformadores en subestaciones y aisladamente. La aplicación más importante de los transformadores consiste en la transformación de una corriente de baja tensión en una corriente de alta tensión, o viceversa.

Es necesario emplear una baja tensión (100 a 200 voltios) para alimentar las lámparas y evitar todo peligro en las instalaciones; pero la economía obliga a elegir tensiones elevadas para los transportes de fuerza. El transformador es el aparato gracias al cual pueden llenarse estas dos condiciones. Esta aplicación de los transformadores está representada esquemáticamente por la figura 127. *C* representa las barras de distribución de la estación central, a las que están unidas las generatrices; *S* y *s*, los conductores primarios; *T* y *T'*, los transformadores, y *V* y *V'*, la red secundaria. Los instrumentos de medida, los interruptores, etc., han sido omitidos para mayor sencillez. La figura supone que cada línea primaria alimenta solamente un transformador con corriente de alta tensión, y que la corriente secundaria es conducida a las lámparas por medio de una red de conductores. Las redes secundarias de cada transformador pueden estar aisladas unas de otras

figura 127 se puede llamar UNA INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES CON SUBESTACIÓN. Estos aparatos son en este caso alimentados por pocos cables de alta tensión; pero las redes secundarias se componen, en cambio, de un gran número de cables para la corriente de baja tensión.

El sistema de instalación por TRANSFORMADORES AISLADOS es lo contrario del precedente: en cada casa se coloca un transformador pequeño; por lo tanto, las cables gruesos de distribución no están en la calle. Haciéndose la distribución a una tensión elevada, el peso del cobre en las calles es mucho menos considerable que en el caso precedente; esto es una ventaja, pero este sistema presenta varios inconvenientes. A consecuencia de la mayor extensión de los conductores de alta tensión y la cantidad de puntos de bifurcación, el aislamiento es mucho más difícil; estos cables deben introducirse en las casas y la pérdida es más grande. No se pueden poner fuera de circuito los transformadores que trabajen a débiles cargas; y como hay que emplear un gran número de transformadores pequeños, el rendimiento, aun en plena carga, es necesariamente menor que en el sistema anterior, en el que no se emplean más que unos cuantos transformadores grandes.

He aquí un ejemplo que hará comprender mejor la diferencia:

Supongamos que 100.000 lámparas de 50 vatios cada una estén colocadas en el circuito. La potencia total de los transformadores, en el caso de

subestación, deberá ser de 5.000 kilovatios. Pero nunca estarán encendidas todas las lámparas a la vez. La experiencia demuestra que el número de lámparas ardiendo a la vez no es nunca superior al 60 por 100 de las lámparas unidas a la red, cuando ésta es la de una población, por ejemplo. Cuando se trata de una casa sola, se pueden presentar momentos en que todas las lámparas funcionen al mismo tiempo; esto no se presenta más que algunas veces en el año; pero el transformador debe ser lo bastante potente para satisfacer a este caso excepcional.

Es necesario, por lo tanto, si elegimos el segundo sistema de distribución, contar con un gran número de transformadores pequeños de 2 a 10 kilovatios, y cuya potencia total ascienda a 5.000 kilovatios; en tanto que si adoptamos el primer sistema no habrá necesidad más que de algunos grandes transformadores de una potencia total de 3.000 kilovatios, o sea el 60 por 100 de 5.000 kilovatios.

Una distribución por medio de transformadores aislados es preferible en los casos siguientes:

Cuando se puede obtener la fuerza motriz a bajo precio; cuando la instalación es pequeña; cuando las lámparas están muy espaciadas; cuando los cables son escasos; en fin, cuando los gastos de amortización son elevados.

Se debe preferir una distribución por medio de subestaciones en las circunstancias siguientes:

Cuando el precio de la fuerza motriz es eleva-

do; cuando la instalación es grande; cuando las lámparas están aglomeradas; cuando los cables son baratos y los gastos de amortización son mínimos.

Elevadores de tensión. En las instalaciones en que se emplean corrientes alternativas con largas líneas primarias se emplean algunas veces, no solamente transformadores en las subestaciones, sino también transformadores pequeños colocados en la estación central, y cuyo objeto es elevar la tensión en cada circuito primario, de manera

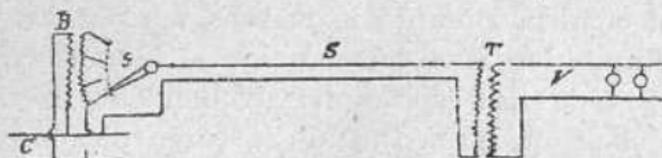


Fig. 128

de compensar las caídas de tensión provenientes de la resistencia óhmica de los circuitos primarios y secundarios, y la variación de potencial que presentan los transformadores mismos cuando trabajan bajo regímenes diferentes. Estos elevadores de tensión han sido imaginados por Stillwall en América y por Kapp en Inglaterra, y son conocidos generalmente por el nombre de «booster». La disposición de este aparato está representada por la figura 128. *C* designa las barras del cuadro de la estación central; *S*, la línea primaria; *T*, el transformador, y *V*, la red secundaria de alimentación. El circuito primario del elevador de tensión está unido directamente a las

barras del cuadro. Los aparatos de medida y comprobación se han suprimido para no complicar inútilmente la figura.

El transformador B que nos ocupa está, por lo tanto, en circuito constantemente, y su arrollamiento secundario está calculado de tal manera que pueda compensar la mayor caída de tensión; además, está seccionado en varias partes y unido a la línea S por medio de un conmutador de varias secciones, en tanto que la otra extremidad está fijada directamente a la barra correspondiente del cuadro. Durante la marcha a plena carga, el conmutador S se coloca sobre el bloque superior, y todas las espiras del arrollamiento secundario están en serie. Cuando la carga disminuye, la palanca S se baja convenientemente, y entonces está en servicio una parte tan sólo de este arrollamiento. Cuando esta palanca ocupa la posición indicada por la figura, el arrollamiento secundario está puesto fuera de circuito, y la tensión entre los dos conductores, al comienzo de la línea, es exactamente igual a la que existe entre las barras de distribución. Esta posición de la palanca corresponde a la demanda mínima de corriente. A medida que las necesidades aumentan, se conduce la palanca a los bloques superiores, de manera que la tensión en la red secundaria de distribución permanezca sensiblemente constante para todos los regímenes.

Como la caída de tensión depende de la corriente que circule por la línea, la maniobra de la pa-

lanca puede efectuarse a mano según las indicaciones del amperímetro. Se puede basarse también en las indicaciones de un voltímetro colocado en la estación, y que, con la ayuda de un hilo piloto, indique la tensión de la subestación. En este caso, se puede hacer automáticamente la regulación de la palanca del conmutador en cuestión por medio de un *relais* y de un electromotor. Es importante hacer notar que este conmutador debe componerse de partes aisladas, unidas entre sí por una resistencia óhmica o inductiva, para que la corriente no quede interrumpida al pasar de un bloque al siguiente, y que el arrollamiento de un grupo de la bobina secundaria no se ponga en corto circuito.

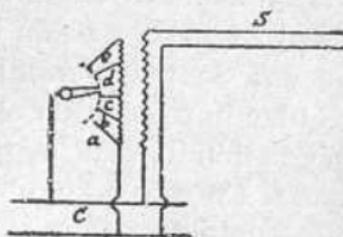


Fig. 129

La necesidad de hacer pasar la corriente total de alimentación por este conmutador presenta un gran inconveniente. En efecto, si este aparato se deteriora, la conducción entera, con el transformador situado a su extremidad, es puesta en corto circuito. Para evitar este defecto, se puede disponer este elevador de otra manera indicada por la figura 129. La corriente principal no pasa por un conmutador, la línea está unida directamente al circuito secundario, en tanto que el conmutador de varias direcciones está colocado en el circuito primario de elevación de tensión. La bobina pri-

maria está, por consiguiente, dividida en varios grupos: *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. El primer grupo *a* debe contener bastantes espiras, para que el límite de la inducción, que es dado por el calentamiento máximo que puede soportar el aparato, se alcance pero no se rebase. Cuando la palanca *S* ocupa la posición más baja, la inducción es máxima, y por consecuencia la fuerza electromotriz inducida en el circuito secundario es igualmente máxima. Poniendo la palanca hacia arriba, las espiras primarias aumentan, la inducción disminuye y la cantidad a que la tensión ha sido elevada es más pequeña. Se puede también, por esta disposición, regular la tensión en el circuito secundario de alimentación de manera que sea prácticamente constante. En este caso, el circuito principal *S* no está interrumpido por contactos o interruptores; éstos están colocados en el circuito primario del elevador de tensión, y deben, por lo tanto, estar contruidos para pequeñas corrientes, y cuestan menos caros que los que serían necesarios en el caso de la figura 127. Por el contrario, el transformador resulta un poco más grande, porque el grupo *a* debe contener tantas espiras, él solo, como la bobina entera tendría en el caso de la figura 127, y los otros grupos que están compuestos de hilo fino se agregan también al grupo *a*. Esta disposición tiene, sin embargo, la gran ventaja de no interrumpir el circuito principal cuando el conmutador se deteriora.

Hay todavía una tercera manera de construir

los elevadores de tensión, que no necesitan ningún conmutador ni en un circuito ni en otro. La disposición de este aparato es análoga a la de una dinamo bipolar. El esqueleto polar, como asimismo el inducido, es de hojas, y las bobinas P y P que crean el campo están unidas directamente a las barras de distribución del cuadro. El arrollamiento secundario S está colocado sobre el inducido y está unido a la

conducción principal por medio de cables flexibles. Una rueda dentada está acunada al árbol del inducido; un tornillo sin fin la comanda y la puede hacer girar 90 grados. De esta manera se puede variar la elevación de la tensión según las necesidades. Si las bobinas S

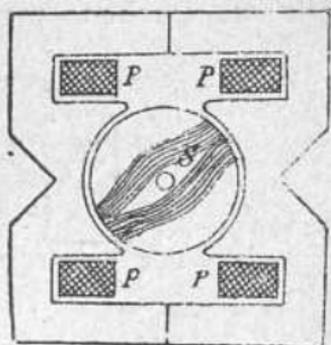


Fig. 130

son verticales, la mayor parte de las líneas de fuerza las atravesarán y la elevación de tensión será máxima. Si se las hace girar 90 grados, de manera que se pongan horizontales, las líneas de fuerza pasan paralelamente a los planos de las espiras y la elevación es cero.

Si se colocan las bobinas en una posición intermedia, una parte solamente de las líneas de fuerza las atravesará y provocará cierta elevación de tensión. Comparado con los sistemas precedentes, esta disposición presenta dos ventajas.

Desde luego no se tiene más que circuitos no interrumpidos por aparatos que puedan alterar la buena marcha de la explotación; además, la tensión puede ser regulada exactamente de una manera continua y no aproximadamente por saltos, como sucede cuando se emplea un conmutador.

Montaje en serie. Los transformadores pueden emplearse con ventaja cuando las lámparas están colocadas en serie en un circuito recorrido por una corriente constante. Si queremos colocar

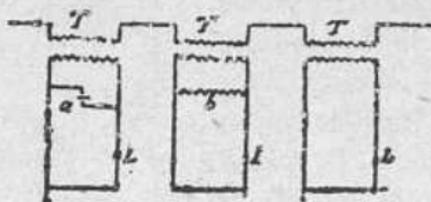


Fig. 131

las lámparas en serie, el aislamiento de cada lámpara deberá corresponder a la tensión total, lo que no es prácticamente realizable cuando se trata de redes de cierta extensión. Si, por el contrario, alimentamos estas lámparas por medio de transformadores en serie, el aislamiento del transformador sólo debe corresponder a la tensión total; el de la lámpara debe simplemente ser suficiente para la que ella es alimentada. Esta disposición está representada por la figura 131. *T* designa los transformadores y *L* las lámparas. El conductor de vuelta no está designado. Esta disposición presenta, sin embargo, un defecto: cuando a conse-

cuencia de la caída de un carbón de lámpara o por otra causa, el circuito secundario de una lámpara se interrumpe, la inducción y la fuerza electromotriz primarias aumentan considerablemente en los transformadores de construcción ordinaria. La corriente primaria debe, sin embargo, mantenerse constante, a causa de las otras lámparas, lo que no es posible más que aumentando la tensión de la generatriz primaria. El transformador puesto así fuera de circuito debe calentarse considerablemente y terminar por quemarse. Con el fin de evitar estos accidentes, es necesario presentar a la corriente secundaria una derivación. Esto se puede hacer de dos maneras diferentes: se puede poner un cortacircuitos automático en *a*, compuesto de dos electrodos separados, en el caso de funcionamiento normal, por una hoja fina de mica. Aunque circule mucho tiempo la corriente de la lámpara, la tensión entre los dos electrodos es la de la lámpara, tensión a la que la hoja de mica resiste fácilmente. Si este circuito se interrumpe, la tensión se eleva y se destruye el aislamiento. Los electrodos se reúnen y ponen la bobina secundaria en corto circuito, lo que evita todo peligro de que se queme el transformador.

Se puede llegar al mismo objeto por el método que consiste en el empleo de una bobina de reacción *b* puesta en paralelo con la lámpara. Una bobina de reacción no es otra cosa que un transformador que no tiene más que un arrollamiento. Se establece una corriente a través de esta

bobina, corriente que es proporcional a la tensión en las bornas, y que retrasa de ésta 90 grados. La potencia consumida por una bobina de éstas proviene de las pérdidas por histéresis y por efecto Joule, y no es naturalmente igual al producto de la corriente por la fuerza electromotriz. Se puede siempre, por medio de una buena construcción, disponer la bobina de tal manera que no produzca más que una pérdida muy débil.

Puede suceder que se emplee un transformador para alimentar un cierto número de lámparas en serie, y que se busque obtener una corriente lo más constante posible, cualquiera que sea el número de lámparas en funcionamiento. Se consigue inmediatamente este objeto manteniendo la corriente primaria constante y poniendo en serie los circuitos primarios de los transformadores. Pero, como hemos dicho más arriba, esta disposición exige aparatos de seguridad especiales. Si se quieren evitar es necesario poner todos los arrollamientos primarios en paralelo; pero un transformador que presente poca dispersión magnética no es apropiado a este caso, porque mantiene la tensión constante y no la corriente. Pero es la corriente precisamente la que debe tener siempre el mismo valor, cuando se quieren alimentar lámparas en serie, en tanto que la tensión debe variar a medida que se agregan o se retiran lámparas.

Se puede satisfacer aproximadamente esta condición sirviéndose de un transformador construido de manera de presentar mucha dispersión

magnética. En esta disposición (fig. 132) los núcleos del transformador, presentan dos expansiones polares *a* y *b*, entre las cuales se produce una gran derivación de flujo magnético cuando las dos bobinas están en actividad. La bobina primaria está en paralelo con la línea *s*, y la bobina secundaria está unida a la red de las lámparas. Estas están todas en serie; pero cada una de ellas puede ponerse en corto circuito y separarlas también de la red. Se ve en seguida que cuando la

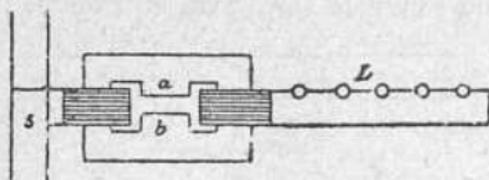


Fig. 132

corriente secundaria está interrumpida, la derivación del campo magnético entre *a* y *b* es muy débil, para que el flujo pueda pasar libremente a través de la bobina secundaria; pero si ésta es recorrida por una corriente, las líneas de fuerza serán rechazadas y tomarán el camino por las expansiones y a través de la capa de aire que las separa.

A medida que la corriente aumente, se agrandará la dispersión, y el flujo, atravesando las espiras del arrollamiento secundario, irá aminorándose, es decir, que la fuerza electromotriz inducida en el circuito secundario disminuirá. Si se retira una lámpara y se supone que la fuerza elec-

tromotriz permanece constante, la corriente aumenta ya que la resistencia se encuentra reducida. Pero el aumento de corriente reduce la fuerza electromotriz y se obtiene de esta manera una corriente casi constante.

Bobinas de reacción. Cuando las lámparas están agrupadas en paralelo, las bobinas de reacción constituyen un medio muy práctico de regular convenientemente la tensión de las lámparas. Si la tensión entre los dos conductores es mayor que la que exige la lámpara, se puede, intercalan-

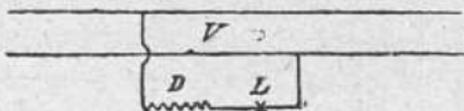


Fig. 133

do delante de ésta una bobina de reacción, amortiguar, por así decirlo, la tensión suplementaria. Se podría, es verdad, intercalar una simple resistencia; pero se perdería una potencia considerable que sería además igual al producto de la corriente por el valor a que se reduce la tensión. Si se reemplaza la resistencia por una bobina de reacción, parece desde luego que la pérdida es la misma en los dos casos; en tanto que, en realidad, esta pérdida es mucho más pequeña en el segundo caso, a causa del decalado producido por la bobina.

Bobinas igualizadoras. La disposición de la figura 132 se aplica cuando se coloca una lámpara de arco sobre una red alimentada por corrientes

alternativas, cuya tensión pasa de aquella para que la lámpara ha sido construída. Una tensión de 30 a 50 voltios basta ampliamente para una lámpara de corriente alternativa. Se podrían, por lo tanto, colocar tres en serie entre dos conductores cuya diferencia de tensión es de 110 voltios. Si no se utiliza, sin embargo, más que una lámpara, la tensión suplementaria deberá ser amortiguada, como hemos dicho, por medio de una bobina de reacción. Supongamos que tenemos entre los dos

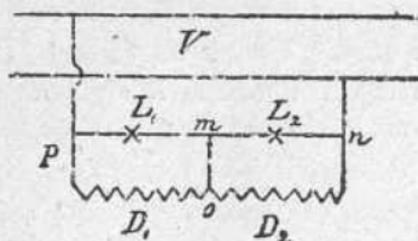


Fig. 134

conductores la tensión necesaria a dos lámparas en serie, o sea 65 voltios. Con el fin de poder encender una u otra de estas lámparas, podemos emplear la disposición de la figura 134, en la que D_1 y D_2 son dos arrollamientos superpuestos que tienen un núcleo de hierro común. Estos arrollamientos están designados el uno al lado del otro para mayor claridad. Las dos bobinas están conectadas juntas al punto o , y están arrolladas de tal manera que, cuando una corriente circula de izquierda a derecha en D_1 , una fuerza electromotriz dirigida de derecha a izquierda es inducida en la bobina D_2 . Supongamos ahora que se retira

la lámpara L_1 , por ejemplo; la corriente atravesará D_2 hasta el punto o , y allí encuentra dos láminas, la bobina D_2 y la lámpara L_2 . Está claro que la primera vía está cerrada, porque la fuerza electromotriz inducida en esta bobina le es opuesta y da origen asimismo a una corriente que pasa por la lámpara. Estas dos bobinas pueden, por lo tanto, ser consideradas como un transformador que tenga una relación de transformación igual a 1, y para el cual D_1 es el arrollamiento primario, en tanto que D_2 forma la bobina secundaria. Supongamos que las lámparas exigen 12 amperios; una corriente de 6 amperios circulará entonces por la bobina D_1 , y otra corriente de igual intensidad, pero de sentido contrario, circulará en D_2 , si se admite que el rendimiento del transformador es de 100 por 100. Las dos corrientes se unen en el punto o , y la lámpara L_2 recibe una corriente de 12 amperios. En el punto n la corriente se bifurca: 6 amperios vuelven a la bobina D_2 y 6 al otro polo de la canalización. Pero como el rendimiento del aparato es más pequeño que el 100 por 100, la bobina D_2 dará un poco menos que la mitad de la corriente, y la canalización deberá suministrar un poco más de la mitad de la corriente necesaria a la lámpara L_2 ; esta demasía sirve para compensar las pérdidas.

Es, por consiguiente, posible hacer dos lámparas independientes una de otra, poniendo un transformador en paralelo con las dos lámparas, aunque éstas estén en serie. El transformador tiene

tres bornas, p , o , n , de las cuales una, o , es común a las dos bobinas; éste obra, en este caso, como un aparato igualizador electromagnético entre dos circuitos. Este principio puede aplicarse igualmente en el caso en que haya más lámparas en serie. La figura 135 muestra tres lámparas en serie. El transformador posee tres arrollamientos distintos y superpuestos sobre un mismo núcleo de hierro. Supongamos que la corriente necesaria a

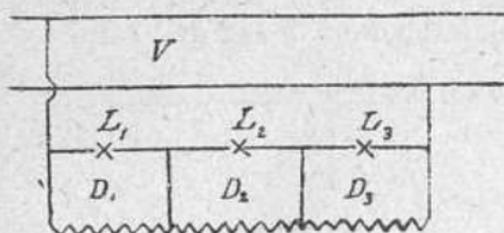


Fig. 135

las lámparas sea de 12 amperios, y que las dos lámparas L_2 y L_3 estén retiradas del circuito. Una corriente de 4 amperios circula por las bobinas D_2 y D_3 e induce una corriente de 8 amperios en la bobina D_1 , corriente que se agrega a la corriente primaria, de manera de alimentar la lámpara L_1 con una intensidad normal de 12 amperios.

Transformadores de esta clase se emplean mucho en las instalaciones a domicilio, porque se conservan las ventajas de poner en serie las lámparas, guardando la independencia de ellas con relación a las otras dos. La potencia de estos transformadores es más pequeña que la que deben

tener los transformadores aislados que alimentan cada uno una lámpara.

Sistema de distribución a tres hilos. Los transformadores que poseen un arrollamiento secundario combinado se emplean con ventaja en el caso de un sistema de distribución a tres hilos. La bobina primaria, que recibe la corriente de alta tensión, no tiene más que dos bornas, p y q , y está unida directamente a la línea (fig. 136).

La bobina secundaria posee tres bornas, m , o , n . La borna o es común a las dos ramas de la red.

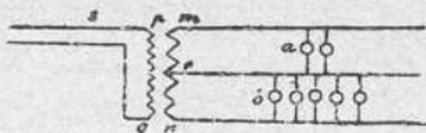


Fig. 136

La tensión entre m y n es doble que la que existe en los circuitos a y b , y los conductores pueden tener una sección menor, como sucede en el caso de distribución a tres hilos en la corriente continua.

Transformador igualizador. Cuando la red de las lámparas se encuentra alejada del transformador, no es necesario prolongar el tercer hilo hasta este aparato; pero se puede establecer el equilibrio por medio de un transformador igualizador intercalado directamente cerca de las lámparas, como lo presenta la figura 137. La instalación se compone entonces del transformador principal T , situado en la subestación, y de un trans-

formador pequeño, igualizador T_1 , colocado cerca de las lámparas. La potencia de este último no debe ser mayor que la correspondiente a la semidiferencia de las cargas de los dos circuitos.

Agrupamiento de los transformadores. Siendo esencialmente reversibles los transformadores, obligan, cuando se destinan a alimentar una red secundaria común, a tomar, cuando se agrupan, ciertas precauciones.

Si se encuentran reunidos en un local común, se

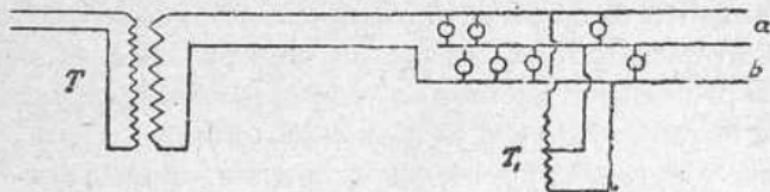


Fig. 137

unen a uno de los hilos de la red primaria todas las bornas de los transformadores marcadas P_1 , uniendo las otras bornas, P_2 , al otro hilo de la red primaria. Debe repetirse la misma operación en las bornas secundarias, uniendo todas las bornas del mismo nombre a un hilo de la red secundaria.

Cuando, por el contrario, varios transformadores que alimentan la misma red secundaria se hallan repartidos en diversos locales, deberán tomarse precauciones especiales para su agrupamiento, porque un error en la conexión de uno solo de entre ellos será bastante para comprometer toda la instalación.

Se obrará en este caso particularmente con pru-

dencia, porque es muy raro, y jamás se sabe de una manera absolutamente cierta, cuál es la derivación correspondiente; por ejemplo, al alma de un cable, y cuál corresponde al cable exterior concéntrico; si, por el contrario, estas derivaciones son bien conocidas, se procederá de la misma manera que cuando están todos los transformadores en el mismo local.

Pero en el caso en que no se tenga esa seguridad, o bien la comprobación presente alguna dificultad, se procederá de la manera siguiente para el agrupamiento de los transformadores:

Se unen todos a los conductores primarios y se les protege por plomos de seguridad; se extinguen en la red secundaria la mayor parte de las lámparas, y se une esta red secundaria a un solo transformador, después de haberla protegido por dos plomos fusibles en los hilos secundarios. Se lanza la corriente en la red primaria; se alumbrá de esta manera el pequeño número de lámparas restantes, y se tiene en todos los puntos de la red secundaria la tensión normal.

Se procede en seguida a la adición sucesiva de los demás transformadores, uno detrás de otro; se coloca uno de los plomos fusibles de la red secundaria y se reemplaza el otro por dos lámparas en tensión, que deben ser del mismo tipo que las que alimenta la estación; así, si la red secundaria es de 100 voltios, se agrupan en tensión dos lámparas de 100 voltios.

Una vez provisto el transformador de estos aparatos de seguridad así compuestos, se puede unir

la red secundaria a las bornas del transformador que se está observando. Dos casos pueden producirse: las lámparas así intercaladas, alumbran o no alumbran.

Si las dos lámparas *no alumbran*, se las puede reemplazar por un simple hilo fusible; la conexión está bien hecha.

Si las dos lámparas *alumbran*, es necesario invertir los dos polos de la canalización secundaria.

Se hace lo mismo con todos los transformadores, uno después de otro, dejando en circuito los que están bien conectados; cuando están todos en servicio, se carga la red secundaria, dejando arder todas las lámparas, y se observa si al cabo de cierto tiempo el calentamiento de todos los transformadores alcanza los mismos grados.

Si uno de ellos se calienta mucho más que los otros, esto indicará que da mucha más corriente de la que conviene.

En este caso es necesario aislarlo, lo mismo de la red primaria que de la secundaria, e indicar el punto donde se encuentran, haciendo la observación.

Instalación de los transformadores. Como pueden estar los transformadores completamente abandonados a sí mismos, es fácil instalarlos de manera que sean completamente inaccesibles a toda persona extraña al servicio. La instalación se hace de diferentes maneras, según las necesidades.

Para las líneas aéreas, los transformadores se colocan en cajas puestas, bien sobre columnas, bien sobre consolas, contra los muros exteriores de las

casas; bien en armarios cerrados que se colocan en el interior de las casas, generalmente en los graneros.

Para las líneas subterráneas se colocan los transformadores en las cuevas de las casas que hay que alumbrar, o en quioscos a propósito en la vía pública.

Es necesario evitar que se coloquen los transformadores directamente sobre barras de hierro o sobre objetos en comunicación con tierra; es preciso colocarlos sobre un zócalo de madera o de piedra con interposición de hojas de caucho, de amianto o de fieltro. De esta manera se evitan los accidentes que podía producir la comunicación con la tierra del circuito de alta tensión, si por cualquier causa se produjera un contacto interior entre el circuito primario y el hierro.

Cuando se une un transformador al circuito primario, debe hacerse con el mayor cuidado y con cinta de caucho fino. Los circuitos deben estar intercalados entre los dos polos, como asimismo un interruptor bipolar, debiendo estar los hilos primarios al abrigo de todo contacto exterior y del hierro del transformador, como también de todo desvío posible.

CAPITULO XII

Canalizaciones aéreas

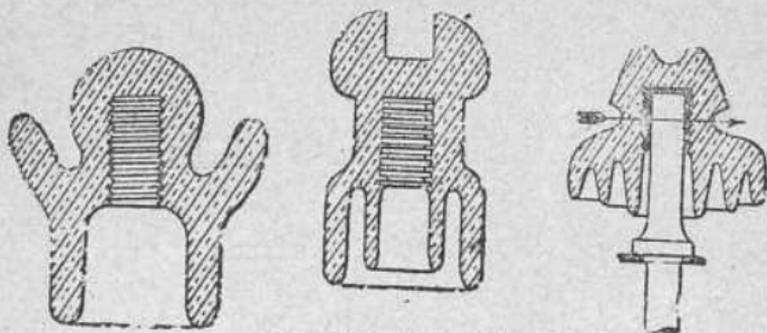
En las canalizaciones aéreas se emplean hilos de cobre desnudos de 0,04 a 5 milímetros de diámetro. Cuando hay necesidad de emplear secciones más grandes, se emplean cables de hilo fino. De esta manera, si sufre un accidente uno de los hilos, no compromete el resto del conductor. Se hace uso también con frecuencia de láminas de cobre o de prismas. Cuando la sección es mayor de 150 a 200 milímetros cuadrados, es mejor emplear varios conductores.

Aisladores. Entre los soportes y los hilos se interponen aisladores. Estos aparatos se hacen de porcelana, a base de caolín puro y enteramente esmaltado. Deben limpiarse fácilmente, porque el polvo que se acumula en su superficie concluirá por establecer una comunicación entre el hilo y el soporte. Existen varios tipos que vamos a describir.

Tipos corrientes. Los aisladores usados en las líneas de alineación recta son de simple, doble o triple campana.

Las figuras 138, 139 y 140 dan una idea de estos aisladores.

Los aisladores de doble campana deben emplearse



Figs. 138, 139 y 140

siempre en las líneas de alguna importancia, cualquiera que sea el voltaje empleado.

Para tensiones superiores a 500 voltios, es conveniente emplear los modelos de triple campana.

Para las altas tensiones han sido creados modelos especiales. El de la figura 141 está hecho de manera de aumentar mucho la longitud de la línea de fuga; pero sobre todo con objeto de crear *cámaras de aire* sucesivas, no comunicando entre sí más que por pasos relativamente estrechos. El objeto perseguido es impedir se propaguen los remolinos de aire, y se depositen las gotas de agua que constituyen la niebla.

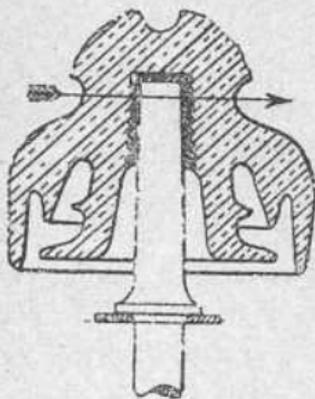


Fig. 141

El objeto perseguido es impedir se propaguen los remolinos de aire, y se depositen las gotas de agua que constituyen la niebla.

La niebla es el peor enemigo del buen aislamiento de las líneas; así es que toda disposición que tienda a combatir sus efectos es interesante para las líneas de alta tensión.

El aislador de la figura 142, empleado también con este objeto, lo es asimismo para evitar en la medida posible la penetración de los insectos. Una pequeña pieza auxiliar tapa la entrada de las campanas, pero sin tocar los bordes. Sin embargo, presenta cierto inconveniente desde el punto de vista de su soporte, que es costoso y poco sólido, en razón de su altura y del agujero del tornillo destinado a mantener la pieza que sirve de tapa.

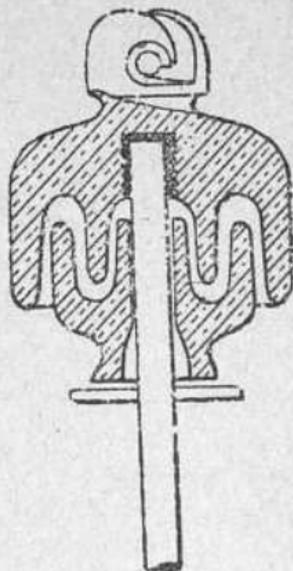


Fig. 142

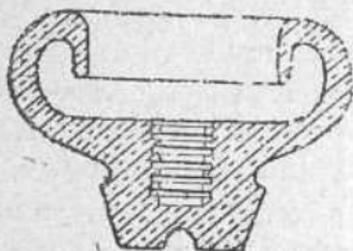


Fig. 143

Por un momento tuvieron aceptación los aisladores con aceite; la figura 143 representa un tipo del que se ha hecho algún uso. El aislador precedente también puede recibir el aceite en la pieza inferior.

El empleo del aceite debe abandonarse por completo. La experiencia ha demostrado que el aisla-

miento, perfecto al principio, baja muy rápidamente, por la acumulación de polvo o de insectos sobre la superficie del líquido, lo que crea una línea de fuga muy corta.

Al cabo de muy poco tiempo, el aislamiento re-

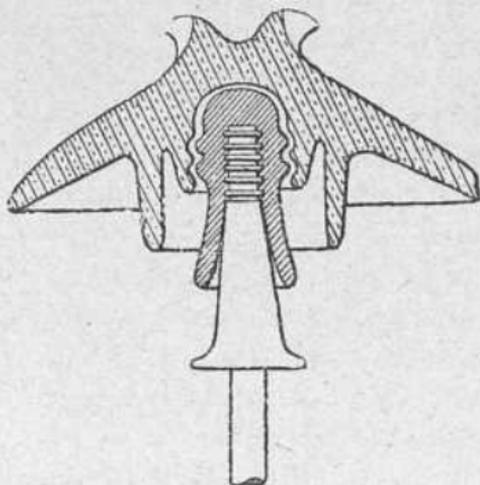


Fig. 144

sulta muy inferior al de los modelos de doble campana, aun los de forma ordinaria.

La figura 144 representa un modelo americano usado para las tensiones muy elevadas. La preocupación preponderante ha sido alejar lo más posible el borde extremo de la campana exterior del travesaño de montaje y del soporte. De aquí la forma de sombrilla que se le ha dado. No parece imposible asegurar la misma seguridad contra el riesgo de chispa directa con una disposición menos costosa.

Cualquiera que sea la línea de que se trate, es

importante evitar el empleo de aisladores de los modelos telegráficos corrientes.

Estos se encuentran a bajo precio en el comercio; éstos, desgraciadamente, son la mayor parte de las veces los desechos de las administraciones de telégrafos.

Todos los modelos enumerados destinados a las alineaciones rectas son de buen valor aislante, a causa de la extensión de su línea de fuga; pero sus soportes, que no están sometidos a la flexión más que excepcionalmente, y sobre todo durante la colocación, son relativamente débiles.

Aisladores de ángulo y de retención. Cuando es necesario que las líneas describan un ángulo notable, y también en los puntos de término de las líneas aéreas, hay que emplear modelos especiales en los que el soporte tenga la solidez necesaria.

Esto exige que se aproxime el punto de unión de la base, o bien que el soporte atraviese completamente el aislador y sea mantenido por sus dos extremidades. En los dos casos, resulta bastante difícil asegurar la longitud de la línea de fuga superficial.

Las figuras 145 y 146 representan dos tipos que se pueden emplear cuando las tensiones de los cables son moderadas.

Para secciones gruesas, es necesario recurrir a las formas de doble hongo del género de las que representan las figuras 147 y 148.

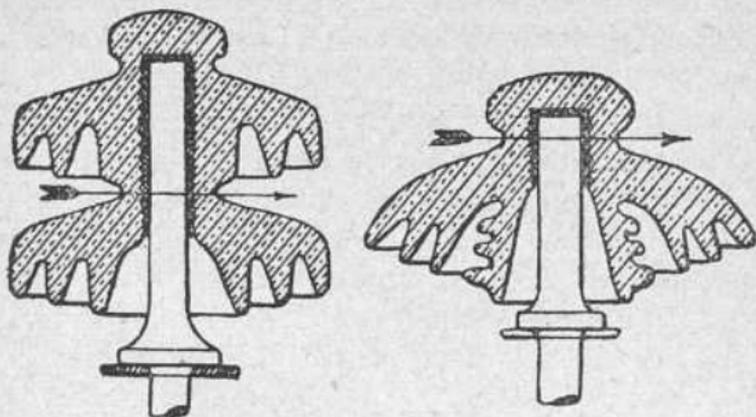
Cuando se termine una línea de muy alta tensión con un aislador de este tipo, será prudente

asegurar siempre un aislamiento suplementario en la travesía a que está unido.

Aisladores especiales. Fuera de los tipos enumerados que son de uso corriente, se emplean también modelos especiales.

Cuando un cable desciende verticalmente, no es raro ver emplear sencillas poleas de porcelana.

Es, sin embargo, evidente que el valor del aisla-



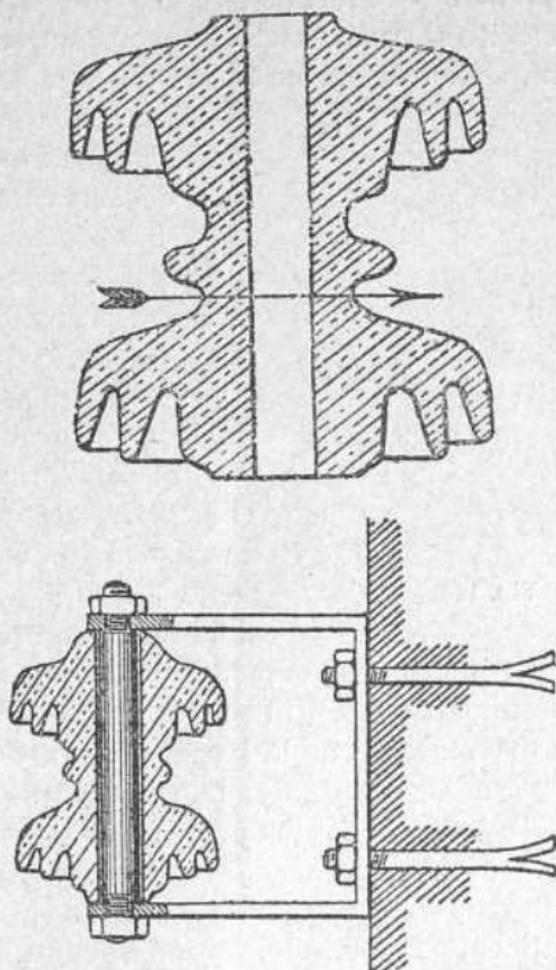
Figs. 145 y 146

miento de una porcelana de este género es absolutamente nulo. Se ven también aisladores de campana colocados horizontalmente. Esta es una disposición menos mala, pero todavía criticable, porque el polvo se almacena en estos aisladores y no sale nunca.

Es infinitamente preferible hacer uso de modelos de campana, que tienen en la cabeza una proyección destinada a sujetar el cable (fig. 149).

Con frecuencia es conveniente también disponer

sobre la línea aérea cortacircuitos, sea para alta o para baja tensión. Los aisladores cortacircuitos son



Figs. 147 y 148

del tipo general de la figura 150. Se notará fácilmente que la lluvia establece una derivación entre

los puntos de sujeción del hilo fusible. En el servicio corriente, esto no es un inconveniente; pero una vez fundido el fusible es claro que esta derivación permite el paso de una débil corriente. Esto no tiene importancia en las líneas de baja tensión, y estos modelos son utilizables perfectamente por bajo de 500 voltios.

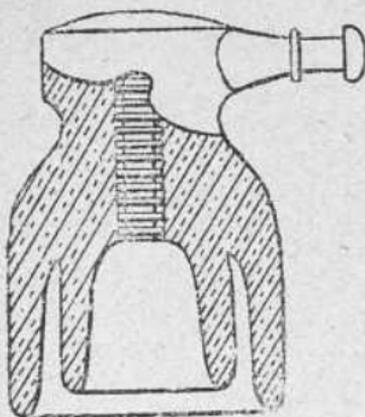


Fig. 149

Para las altas tensiones no es lo mismo. Desde luego, el fusible sería muy corto, y además, después de su fusión, la interrupción debe ser más perfecta. La figura 151 es la representación de un modelo hecho para llenar este objeto. El fusible está contenido en

la barrita inferior. Puede la lluvia mojarlo, pero sus extremidades están al abrigo de las campanas, y la forma exterior de la barrita conduce el agua hacia su centro, desde donde se derrama lo más lejos posible de los puntos de unión.

Este mismo modelo puede ser empleado también, como interruptor de urgencia, en caso de accidente; en una línea, por ejemplo. En algunos países esta disposición de interruptores sobre ciertos postes es obligatoria. Una cadenita está en este caso fijada en el centro de la barrita, y pendiente, fuera del alcance de la mano, pero accesible por medios sencillos.

Los testigos de un accidente pueden en este caso cortar por sí mismos la línea sin peligro, guiándose

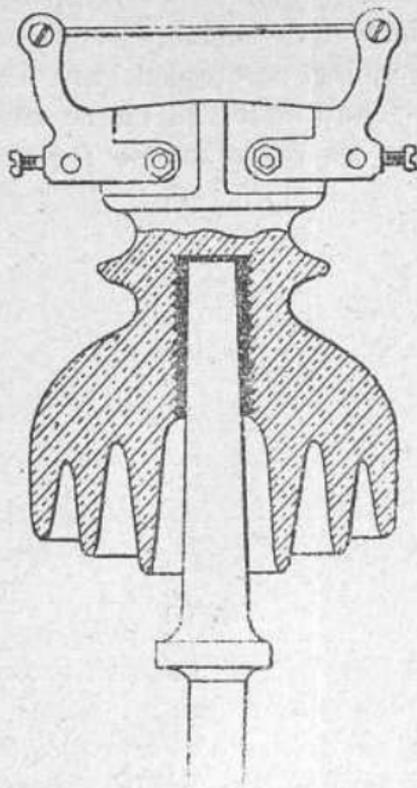


Fig. 150

por las instrucciones fijadas sobre el poste en que está colocado el interruptor.

Soportes. Los soportes de aisladores tienen, en material telegráfico, una variedad considerable de modelos. El número de modelos aceptables para las líneas industriales es muy corto.

Antes de examinarlos en detalles, conviene señalar las propiedades generales que debe llenar la materia prima.

Esta es siempre de hierro, el cual, con objeto de conservarlo mejor, se emplea galvanizado o estañado excepcionalmente. El hierro empleado debe poder resistir los esfuerzos de flexión, y, por lo

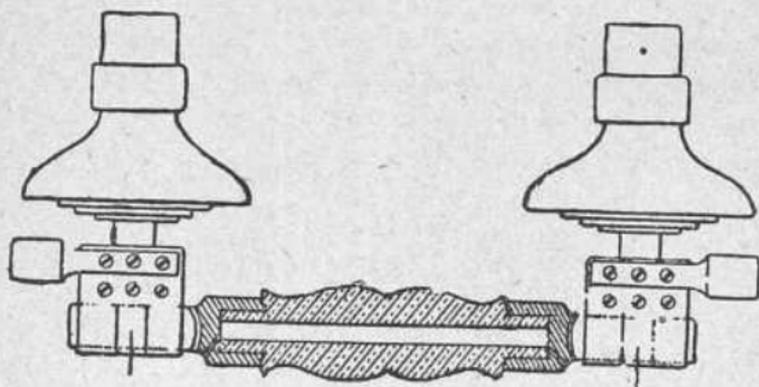


Fig. 151

tanto, debe presentar la textura fibrosa característica de los buenos hierros.

Para probar si el hierro es a propósito, se le hace un corte en frío que llegue casi al centro de su espesor. En seguida se le curva del lado opuesto al del corte, de manera de abrirlo y hacer aparecer el grano del hierro. Se debe comprobar así la textura fibrosa, y la pieza no debe romperse. Una textura cristalina, un hierro quebradizo, penetraciones del cinc, de galvanización al interior, son indicios de una mala calidad. Es conveniente hacer estos ensayos en diferentes piezas del comercio.

Para las líneas de importancia es conveniente hacer forjar los soportes con un hierro sometido a pruebas previas.

La galvanización y el estañado son una protección eficaz contra el orín. El estañado se usa menos y es más caro; pero es, sin embargo, mejor.

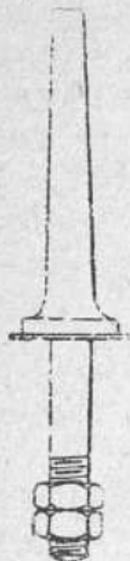


Fig. 152



Fig. 153

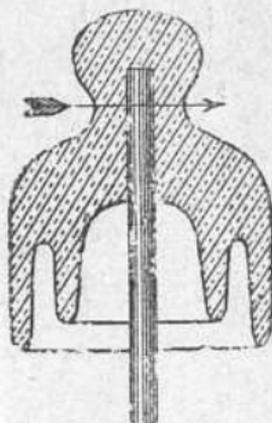


Fig. 154

Soportes rectos. Los soportes rectos son los que, a peso igual, dan el máximo de solidez (fig. 152). El soporte debe penetrar siempre todo lo más posible en el interior del aislador, para que el esfuerzo ejercido por el cable se transmita a él por simple comprensión de la porcelana. Todo aislador cuya conformación es tal que la porcelana trabaja en algunos puntos a la tracción o al cizallamiento, debe rechazarse. Las figuras 153 y 154 indican dos mo-

delos, de los cuales uno está conforme con las indicaciones que preceden y el otro es rechazable.

El alineamiento recto, una vez colocada la línea, los soportes no tienen que sufrir más que los esfuerzos laterales provenientes de la acción del viento sobre el conductor; pero en el momento de la colocación,

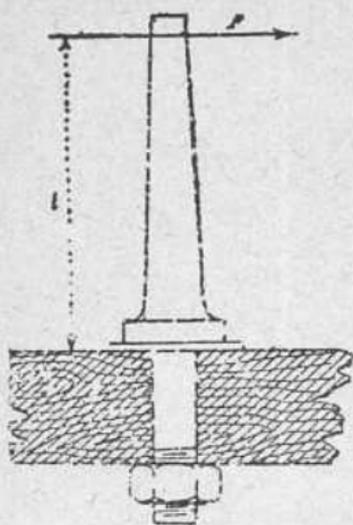


Fig. 155

pueden sufrir la tensión del cable y deben resistirla sin tomar una flecha permanente. Los soportes deben estar calculados como sólidos ajustes sometidos a un esfuerzo transversal. Pero el ajuste es siempre imperfecto, y es más seguro considerar la pieza como simplemente apoyada, lo que da una seguridad más grande.

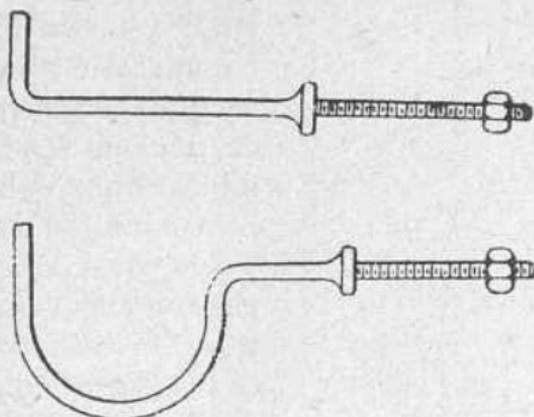
Es ventajoso dar al perfil del hierro una forma aproximada a la del sólido de igual resistencia (fig. 155).

Soportes curvados. Los soportes curvados deben ser de un empleo completamente excepcional en las líneas industriales, por razón de su debilidad. Estos se pueden reducir a soportes en consola y soportes en U (figs. 156 y 157).

En la primera forma, las acciones transversales que se ejercen sobre el aislador son en falso con

relación a la parte embutida de la espiga, aumentando así la tensión del metal; con la segunda, se puede proporcionar la U de tal suerte que no exista este inconveniente; pero la misma forma de la U exige el empleo de diámetros mayores para resistir a los esfuerzos notables.

Estas formas no son recomendables más que



Figs. 156 y 157

cuando sirven para soportar una línea ligera, al abrigo del viento y con puntos de apoyo próximos. Nunca deben emplearse como piezas de ángulo o de retención. La consola en U de telégrafos, de hierro cuadrado de 18 milímetros, no puede soportar un esfuerzo horizontal más que de 12,5 kilogramos, para que llegue al límite de 6 kilogramos por milímetro cuadrado.

Por esto se explica fácilmente la razón por que se ven tantas piezas torcidas en las líneas industriales.

Los soportes de consola no son sensiblemente más fuertes; su empleo es, por lo tanto, absolutamente limitado, como el de las piezas en U.

Se encuentran en el comercio consolas de fundición (fig. 158) que son de un excelente empleo para las líneas sencillas sobre postes de madera.

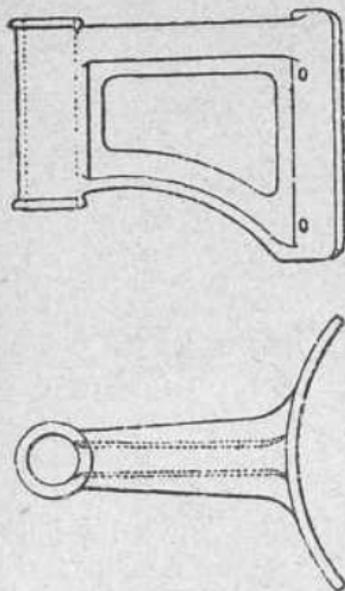


Fig. 158

Por la misma razón del empleo de la fundición, es necesario evitar someter estas piezas a esfuerzos de flexión. Las tensiones de los cables deben estar bien equilibradas de una y otra parte de la consola, para no exponerla a la rotura. Por esta misma razón es necesario evitar, fuera de la colocación, tomar una de estas consolas como punto de apoyo para dar la tensión a la línea.

Fijadas a los postes por tirafondos, estas consolas evitan perforar los postes de una parte a otra, como es necesario hacer para los travesaños que deben estar asegurados con pernos.

Travesaños. Los soportes rectos son preferibles en la mayor parte de los casos, como lo hemos dicho anteriormente; se les debe montar sobre consolas o travesaños, unidos a los postes.

Estos travesaños pueden ser de madera o de metal. Si son de madera, es suficiente con un simple cabrial de 7×7 centímetros. Una pieza de madera de esta clase puede ser sometida a un esfuerzo bastante grande sin pasar de su límite de seguridad. Supongamos, en efecto, que un cabrial sujeto al poste sea considerado como simplemente apoyado en su centro, y atraído a 30 centímetros de una parte y otra por los cables cuyo punto de unión está a 725 milímetros por bajo de su eje (fig. 159). Hay a la vez flexión y torsión por razón de la posición excéntrica del tiro.

A la flexión sola, la pieza podría resistir 131 kilogramos. A la torsión sola, 450 kilogramos, cifra triple de la precedente. Se ve por estos valores que el simple cabrial representa un travesaño bastante satisfactorio cuando las secciones son moderadas. Únicamente cuando se trata de travesaños de retención es cuando hay que calcular las piezas de más resistencia.

En este caso conviene recurrir al empleo del me-

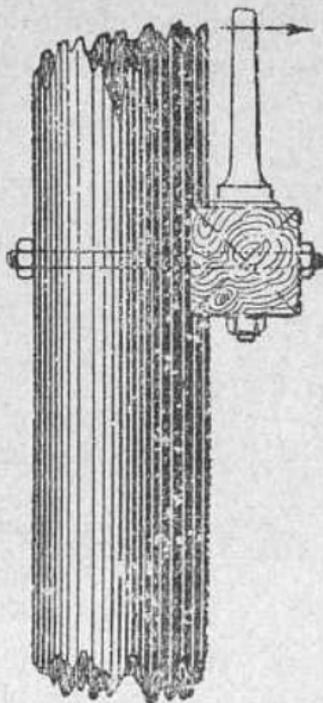


Fig. 159

tal. Un simple hierro en U bastará para tensiones moderadas. Un agujero perforado junto al alma permitirá fijar la espiga del aislador. Para los postes de retención, se puede emplear con ventaja dos hierros adosados, pero separados a distancia conveniente por medio de anillas de cabestrillo (fig. 160)

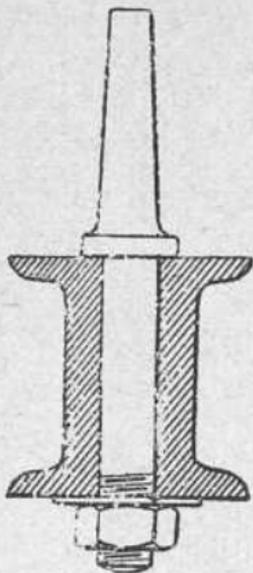


Fig. 160

para dejar pasar la espiga del aislador.

La fijación de los travesaños sobre los postes se hace de la manera siguiente:

Una pieza simple, corta, está mantenida por un bulón que atraviesa el poste. Un ligero encastramiento en el poste le impide pivotar alrededor de este bulón de sujeción.

Si el travesaño es más largo y tiene cuatro líneas de cables, por ejemplo, este encastramiento no es suficiente. Se evita el pivotaje empleando un hierro plano cortado de manera de formar una jamba de fuerza de una y otra parte, y que está fijado por tirafondos al travesaño y al poste (fig. 161). Sobre postes metálicos se hará disponer en puntos convenientes aletas transversales que sirvan de apoyo a los cabriales; dos bulones atraviesan éstas y el poste, y vienen a parar a una platanda apoyada sobre la cara opuesta (fig. 162). La fijación de los travesaños metálicos se hace

tal. Un simple hierro en U bastará para tensiones moderadas. Un agujero perforado junto al alma permitirá fijar la espiga del aislador. Para los postes de retención, se puede emplear con ventaja dos hierros adosados, pero separados a distancia conveniente por medio de anillas de cabestrillo (fig. 160)

de una manera análoga y sin ninguna dificultad.

Postes de madera. Los postes de madera son de

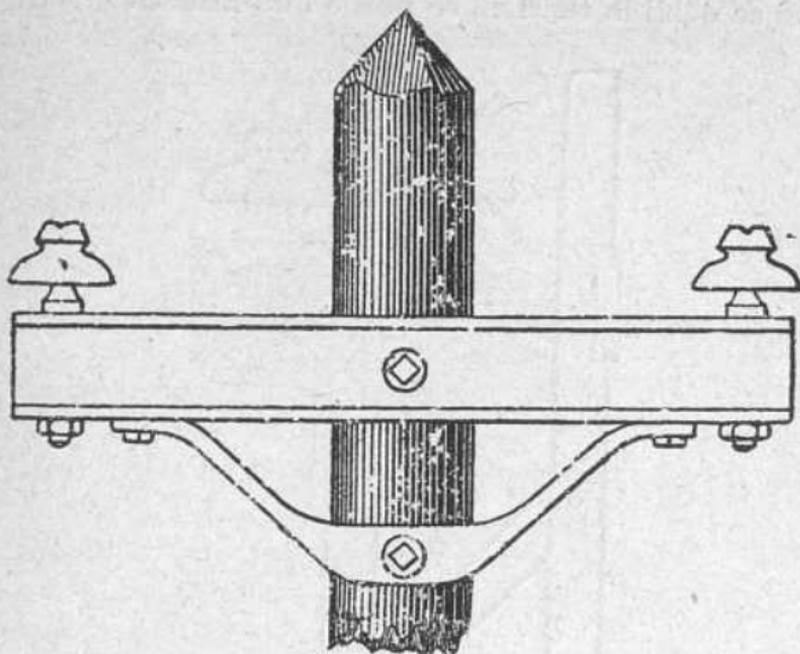


Fig. 161

abeto sencillamente descortezados. Las dimensiones usuales son las que indica el cuadro siguiente:

LONGITUD	Diámetro a un metro de la base	Diámetro en el remate
6,50 m.....	17 cm.	12 cm.
8,00 m.....	18 cm.	12 cm.
10,00 m.....	22 cm.	14 cm.
12,00 m.....	26 cm.	17 cm.

Estas dimensiones se encuentran en el comercio.

Postes elevados. Cuando se necesita una altura excepcional hay que hacer el poste de varias piezas. Si es débil la tensión, se puede limitar a hacer un

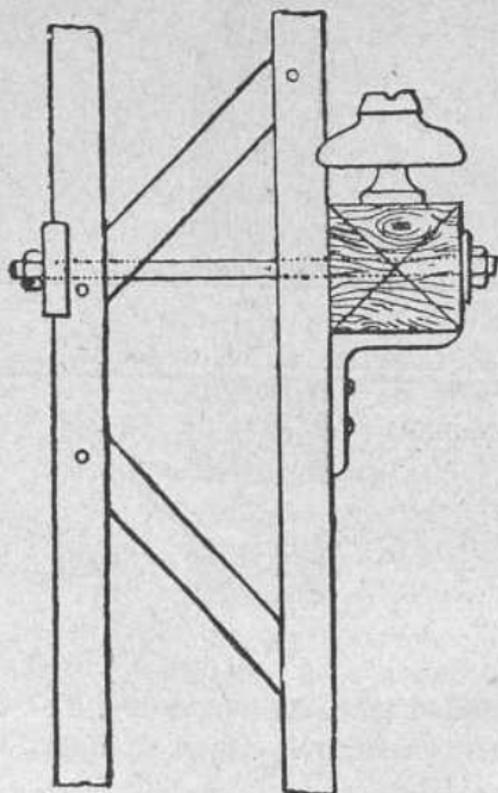


Fig. 162

injerto (fig. 163) entre dos piezas convenientemente elegidas en cuanto al diámetro.

El ensamblado a media madera es consolidado, bien por bulones o mejor por tres o cuatro collares de hierro.

La longitud del ensamblado no debe ser menor de 0^m80; los collares deben ser de hierro de 30 por 7 milímetros a lo menos.

Cuando el esfuerzo es notable, no es suficientemente sólida esta disposición. Si hay sitio suficiente en el suelo o se dispone de medios de sujeción próximos, es necesario proveer el poste de *vientos*.

Vientos. Estos se componen de una cuerda de siete hilos de acero, y para los grandes esfuerzos de un cable de seis ramales de siete hilos rodeando un alma de cáñamo. Para que sea sólido el viento debe hacerse con mucho cuidado. El punto delicado es la ligadura del cable sobre sí mismo en el bucle que hay que hacer necesariamente en los dos extremos. He aquí el medio más seguro para hacer una buena ligadura:

Se destuercen y se enderezan los siete hilos en una longitud de 0^m50 a lo menos; se forma el bucle del cable más allá de este punto. Si el bucle es de poco diámetro, es conveniente hacerlo alrededor de una pieza de hierro semirredondo, como las que se emplean ordinariamente en la marina para los cables de cáñamo.

Los siete hilos rectos se alargan entonces alrededor de la parte principal del cable. Se toma seguidamente uno de ellos y se le arrolla en espiral ce-



Fig. 163

rrado encima del cable principal y los otros seis hilos. Cuando se ha acabado de arrollar éste, se coge el siguiente y se continúa el arrollamiento, y así sucesivamente hasta arrollar el último.

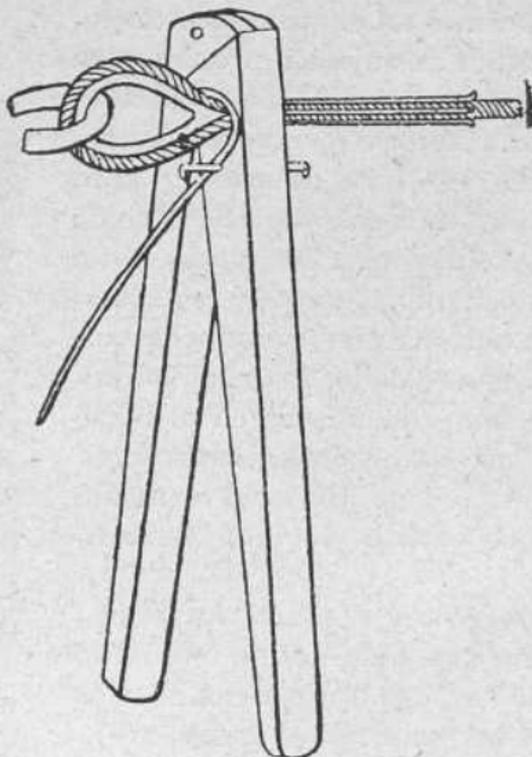


Fig. 164

La figura 164 representa la disposición descrita y un útil que la facilita mucho.

De esta manera se constituye una ligadura de gran solidez y de buen aspecto, y no hay otro medio que permita hacerlo mejor y con más sencillez.

En el extremo superior del poste se coloca la ligadura, evitando que resbale apoyándola sobre un travesaño o mejor sobre dos tirafondos cortos, colocados a derecha e izquierda del poste.

El viento debe colocarse en la prolongación exacta de la resultante del esfuerzo.

La retención opuesta se hace de preferencia en

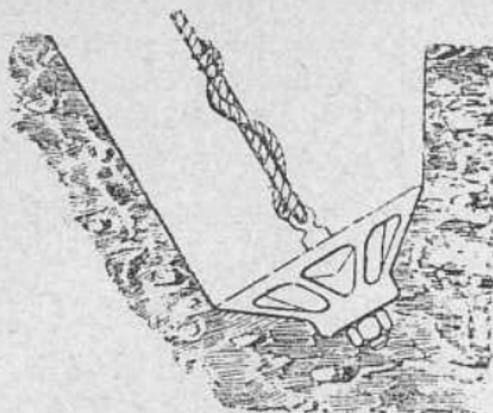


Fig. 165

un muro sólido próximo o en su defecto en el suelo.

En un suelo rocoso, se sujeta un bulón de ojo en una profundidad de $\frac{1}{2}$ a 1 metro, según la dureza del suelo, exactamente como se haría en un macizo de fábrica.

En un suelo movable se hace una excavación (fig. 165) de lo menos un metro cuadrado, con una profundidad mínima de 1,50 metros. Se dispone el *ancla*, es decir, el platillo que debe sufrir en el suelo,

el tiro del *viento*. La espiga del ancla es el bulón de retención terminado por una anilla o agujero. El platillo puede formarse de diversas maneras. Para débiles tensiones, un platillo de fundición de 40 cen-

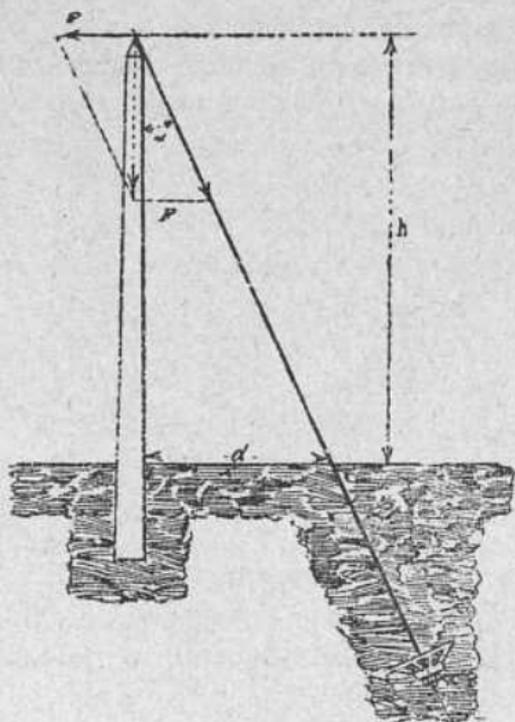


Fig. 166

tímetros de diámetro es el que conviene mejor. En su defecto se puede emplear un crucero de madera, constituido por dos piezas reunidas en cruz y que atraviesa el bulón en su cruzamiento; debe interponerse una platabanda entre la tuerca y la primera pieza de madera.

El ancho y la longitud del anclaje deben ser proporcionados al esfuerzo. La evaluación de esta resistencia es siempre incierta, y es prudente hacer los anclajes profundos y terraplenarlos con materiales mojados y apisonados.

Para regular la tensión del viento es conveniente intercalar un tensor de un modelo corriente en el comercio, o que se haya hecho a propósito con un hierro plano y una espiga a rosca (figura 167).

Postes armados. Cuando hay necesidad de elevar la línea a una gran altura se pueden emplear

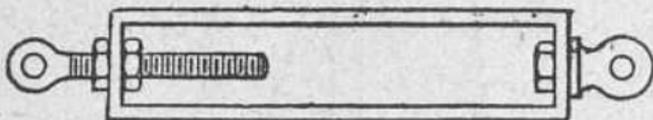


Fig. 167

ventajosamente postes armados. Esto sucede, por ejemplo, al atravesar las vías navegables. En defecto del poste metálico, siempre preferible, se emplea una fuerte pieza de madera, de uno o dos trozos y de una altura conveniente. A las dos quintas partes de su altura, a partir de la base, se la provee de una verga de madera o de metal, que sirve de jamba de fuerza para el paso de los vientos, que, partiendo del extremo superior del poste, vienen a enterrarse en el suelo (fig. 168). Otros dos vientos parten del punto de unión de la verga y vienen a unirse a las mismas anclas. Se repite esta construcción en el plano perpendicular, y se tiene así

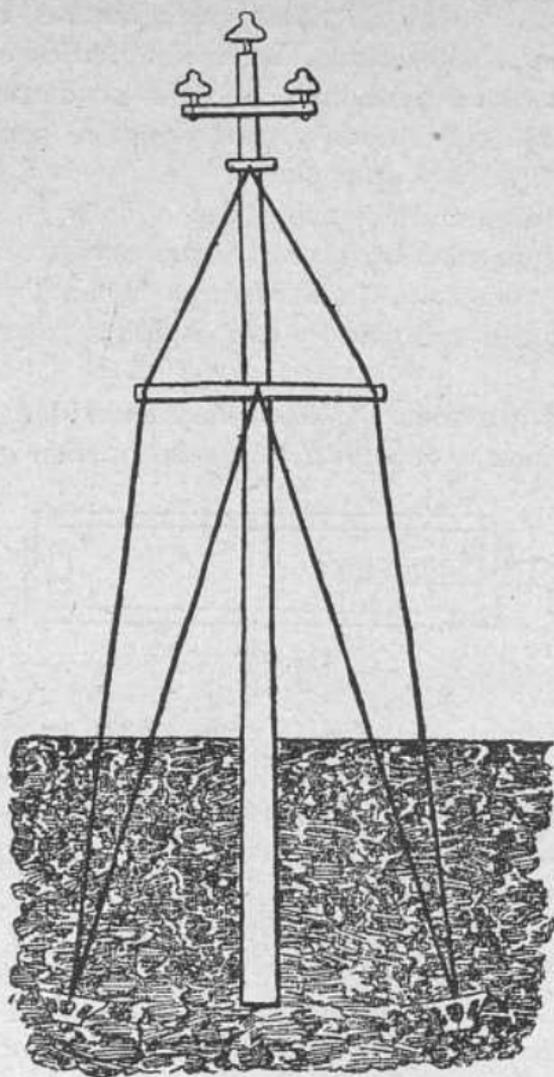


Fig. 168

una estructura extremadamente resistente, lo mismo contra los esfuerzos de tensión de la línea que

le son paralelos, que contra la acción del viento, que le es perpendicular.

Postes compuestos. No es posible siempre en-

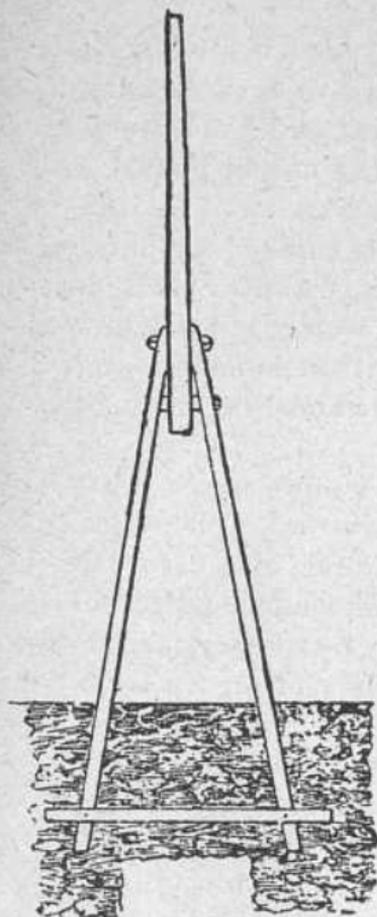


Fig. 169

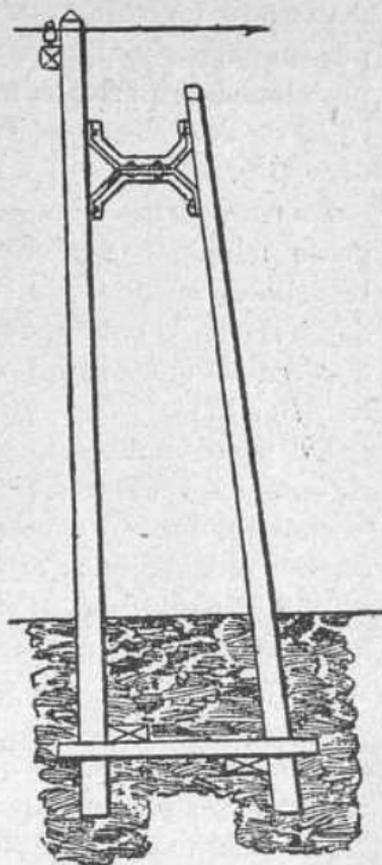


Fig. 170

contrar a distancia conveniente de la base del poste la posibilidad de colocar *vientos*. A veces sería posible levantar un poste conforme a la disposición in-

dicada por la figura 169, que no necesita explicación. La sección peligrosa no está entonces en el suelo, sino en el encastramiento del poste con sus puntales.

Cuando los esfuerzos no pueden ser soportados por un poste sencillo, es necesario recurrir a las disposiciones de postes compuestos. La más frecuente es la de dos piezas, formando una el puntal de la otra (fig. 170).

En esta forma es necesario separar el puntal del poste principal y que no apoye contra él. El encastramiento se hace con un crucero, de preferencia de hierro en U del 50, que mantiene una separación de 50 a 60 cm. entre los extremos de los dos postes (fig. 171).

Un poste como éste es bastante capaz de resistir grandes esfuerzos ejercidos en el plano del ensamblado. Pero es necesario, en este caso, tomar ciertas precauciones especiales en la parte subterránea. Es evidente, al primer aspecto, que uno de los postes tiende a hundirse y el otro a salir del suelo.

Es necesario evitar esto, proporcionando un asiento sólido al poste que tiende a hundirse; conviene, además, apuntalar las dos piezas con la ayuda de dos maderos. Estos obran como un anclaje sobre el que pesa la tierra del terraplén, y se puede también aumentar esta acción colocando al través de estas maderas otras piezas de madera que los rebasen a derecha e izquierda. La excavación de la fundación es en este caso una zanja con brazos

transversales afectando la forma de una doble cruz (fig. 172). La resistencia de un poste doble de esta clase depende de la separación que se pueda mantener entre los dos maderos.

Es importante orientar estos postes dobles de tal

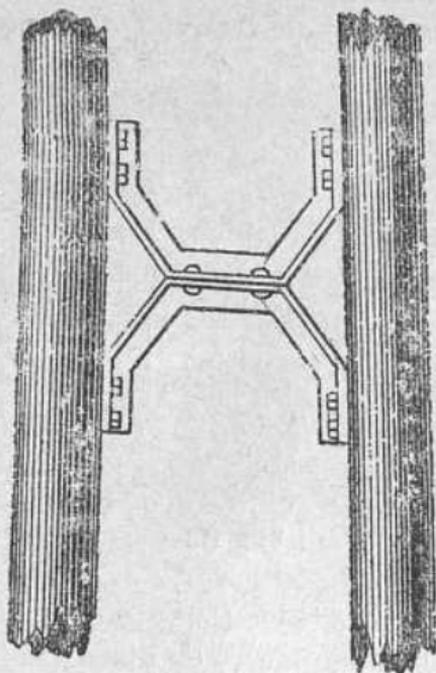


Fig. 171

manera que la dirección del esfuerzo esté exactamente en el plano común de las dos piezas; de otra manera resultarían efectos de torsión que podrían comprometer la solidez y en todo caso les daría mal aspecto.

Postes metálicos. Cuando los esfuerzos son su-

periores a los que pueden soportar los postes de madera, o cuando lo prescriben razones particulares, se recurre a los postes metálicos.

Estos pertenecen a uno u otro de los dos tipos: *tubulares* o de *ángulos ensamblados*.

Postes tubulares. Estos son de un empleo muy general en las líneas de tranvías de trole, en el in-

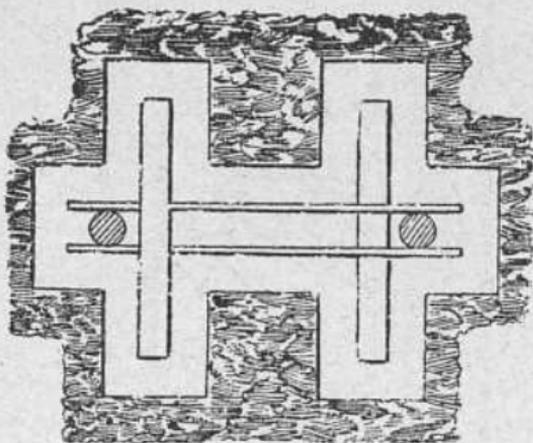


Fig. 172

terior de las poblaciones. Estos se componen, por lo regular, de tubos de hierro de diámetros decrecientes, encajados unos en otros hasta la altura deseada (fig. 173). En los puntos de cambio de diámetro de los tubos se colocan anillos de enlace, y en la cabeza del poste se coloca un ornamento de fundición.

Postes ensamblados. Estos postes están formados de piezas de hierro de ángulo o de hierro de T trabajando a la flexión, ensamblados por medio de piezas secundarias resistentes a los esfuerzos. Este

modo de constitución es general; pero las formas pueden variar hasta el infinito, según las exigencias de cada apoyo particular.

Los postes corrientes son de forma *simétrica*, y los consideraremos en primer lugar; los de forma *desimétrica* responden a las condiciones especiales, y hablaremos de ellos después.

La disposición simétrica está constituida lo más corriente por cuatro hierros de ángulo unidos por hierros planos o de otra clase.

Las uniones deben estar bastante aproximadas para que el conjunto de los cuatro hierros de ángulo puedan ser considerados como un sólido único, cuyas cuatro piezas principales trabajen solidaria y no aisladamente.

He aquí las disposiciones usadas más frecuentemente. En los postes del sistema André (fig. 176) los hierros de ángulo son convergentes hacia el vértice; se introducen entre ellos cuadros de fundición *c*, cuya sección

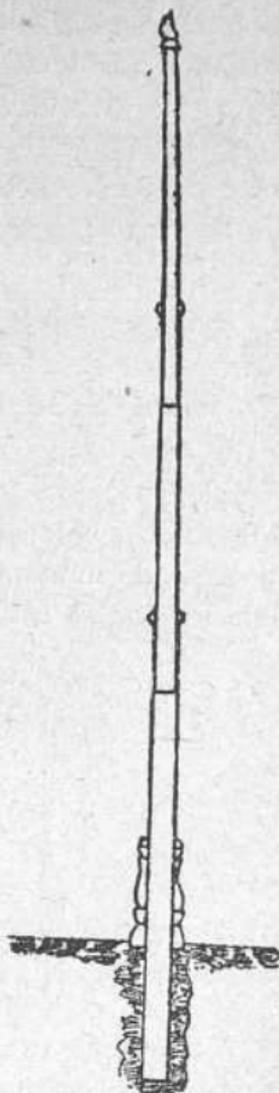


Fig. 173

es la de una T. Después de haber colocado cada uno de estos cuadros en el lugar deseado entre los

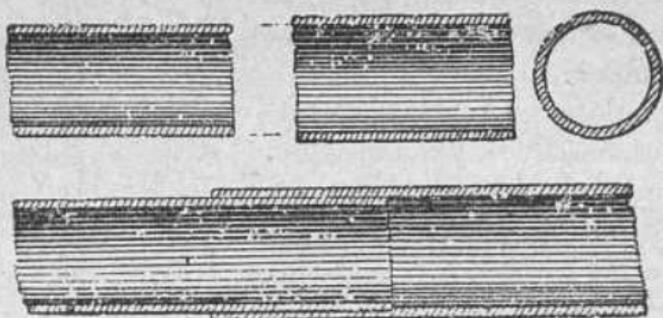


Fig. 174

ángulos, se coloca por encima una abrazadera de hierro *f*, de manera tal que apriete fuertemente los ángulos contra estas dos piezas.

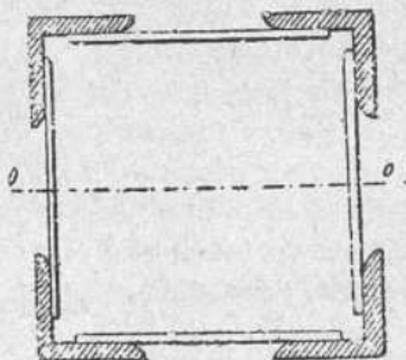


Fig. 175

Esta manera de construir es muy sencilla, porque evita el trabajo de taladrar y remachar; el ensamblado se hace en frío, y no exige obreros especiales; pero esta construcción solamente es admisi-

ble para postes sometidos a débiles esfuerzos, como el de líneas asimilables a las telegráficas.

La disposición más usual es la de enrejado, aunque susceptible de variantes.

Lo mismo se emplea un enrejado completo (figu-

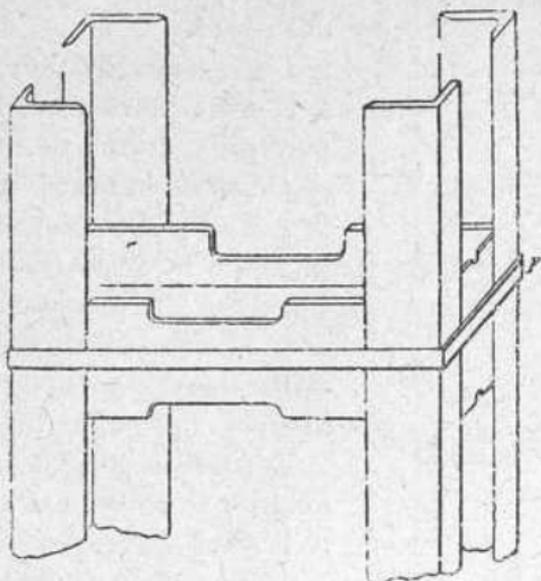


Fig. 176

ra 177), compuesto de piezas horizontales formando cuadro, y en el intervalo, de piezas dispuestas siguiendo las diagonales, que se suprime una de las dos diagonales, teniendo cuidado de orientarlas diferentemente en las caras sucesivas del poste. Desde el punto de vista de la solidez, el resultado es el mismo, y la segunda disposición, como es un poco más económica, es generalmente preferida.

En los enrejados completos, el espacio vertical entre las piezas horizontales que forman cuadro puede ser igual a 1,5 ó 1,7 veces la anchura media del poste. En el caso de diagonal única se reduce un poco esta distancia y se toma 1,2 a 1,5 veces el ancho del poste.

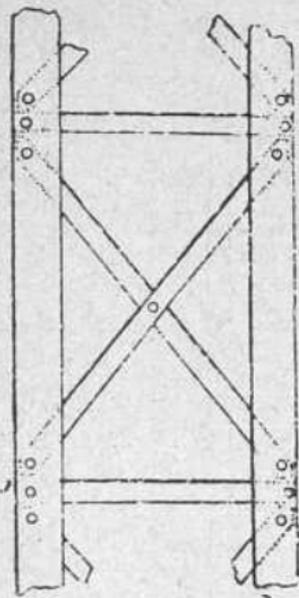


Fig. 177

Desde el punto de vista del aspecto, se acostumbra dar al poste una forma cónica; una anchura en la cúspide igual a la mitad o a las dos quintas partes a la de la base es suficiente. En estas condiciones, la sección más castigada es la de encastramiento al nivel del suelo.

Es necesario proteger frecuentemente la base del poste hasta 1,50 m. del suelo con planchas de palastro, para evitar que se pueda trepar

aprovechando los escalones naturales que forma el enrejado. Es conveniente usar para esto palastro fuerte.

El enrejado queda naturalmente suprimido en toda la altura del palastro.

Para los postes sometidos *normalmente* a esfuerzos elevados, particularmente en los *ángulos* de las líneas, es preferible no darles la forma cónica y sí conservar la cilíndrica, por la constancia de sepa-

ración de los ángulos. La solidez no se aumenta, pero se disminuye la flecha. No hay nada más desagradable que un soporte que presente normalmente a la vista una flecha notable.

Para los postes de gran altura, como los que se necesitan para atravesar las vías navegables y para los pilares de concentración de líneas, estas construcciones metálicas resultan de tal importancia que hay que hacer un estudio profundo de sus condiciones de resistencia.

Postes desimétricos.

Es conveniente algunas veces dar a la sección una forma rectangular (fig. 178). Se dispondrá ventajosamente el poste según la forma de la figura.

Siendo con frecuencia los esfuerzos de los cables muy elevados, el peso del metal es considerable. Entonces es ventajoso dar una forma que se aproxime lo más posible a la de la parábola de igual

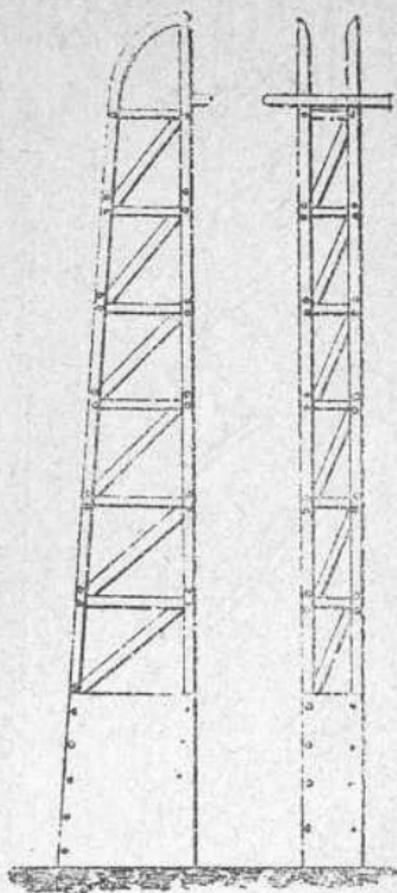


Fig. 178

resistencia. El sólido así constituido es más flexible que lo sería un poste de sección constante; pero

dándole en el momento de la plantación una inclinación hacia atrás igual a la flecha calculada, se evita el aspecto desagradable de la pieza doblegada.

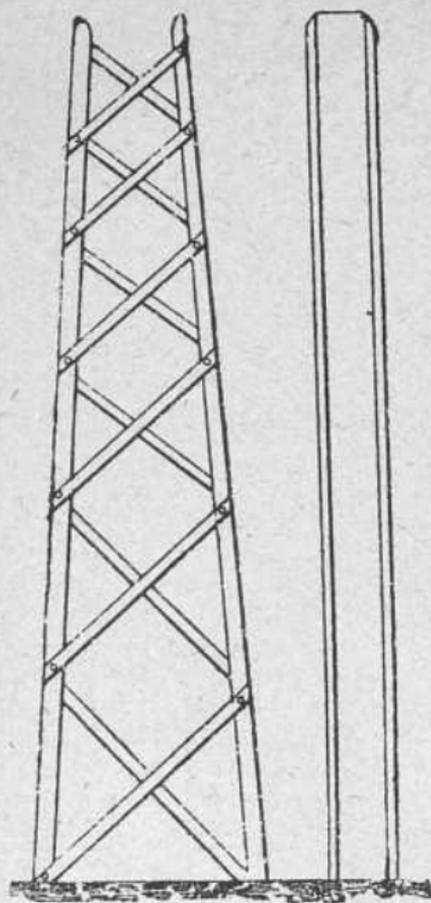


Fig. 179

Otras formas de postes desimétricos se justifican por condiciones locales particulares. En el caso de una gran diferencia entre los esfuerzos longitudinales y transversales, se puede constituir, por ejemplo, un poste con dos hierros de U unidos por diagonales de hierro plano (figura 179).

Postecillos y consolas. Las formas de estos soportes son también variables al infinito, según el número de conductores que tienen que soportar. Si son numerosos, un postecillo o una consola especialmente estudiada son equivalentes;

si son poco numerosos, basta con una consola sencilla.

El postecillo de madera es con frecuencia la cabeza de un poste sostenida contra un muro (figura 180) con la ayuda de dos piezas de hierro: una argolla provista de una espiga de hierro dispuesta para ser recibida en la pared y una consola de hie-

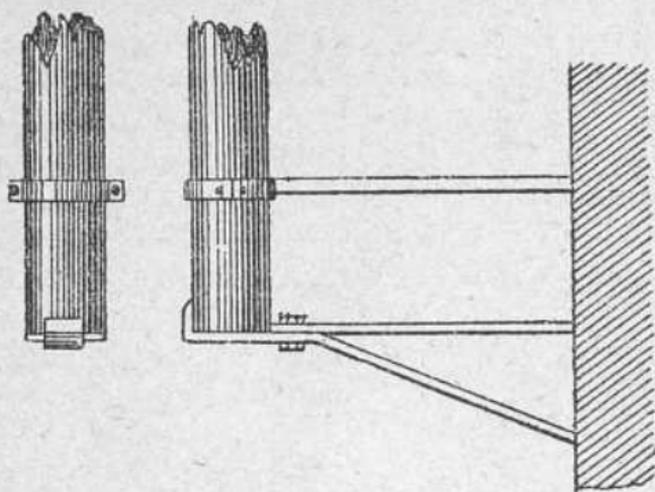


Fig. 180

rro plano. Se fija el poste sobre la consola, bien es-coplándole en el espesor del hierro, o más bien por medio de un tirafondos que lo mantiene por debajo o por la cara.

Esta disposición conviene particularmente cuando el poste está cerca del muro, pero bastante elevado para que los hilos sean inaccesibles. Si la separación del muro es próximamente de un metro o más, es preferible emplear un postecillo de hierro,

cuyo modelo de sujeción puede hacerse más sólido, con dos espigas de apoyo solamente en vez de tres. El postecillo propiamente dicho es conveniente hacerlo de dos hierros en U sujetos dos a dos, pero

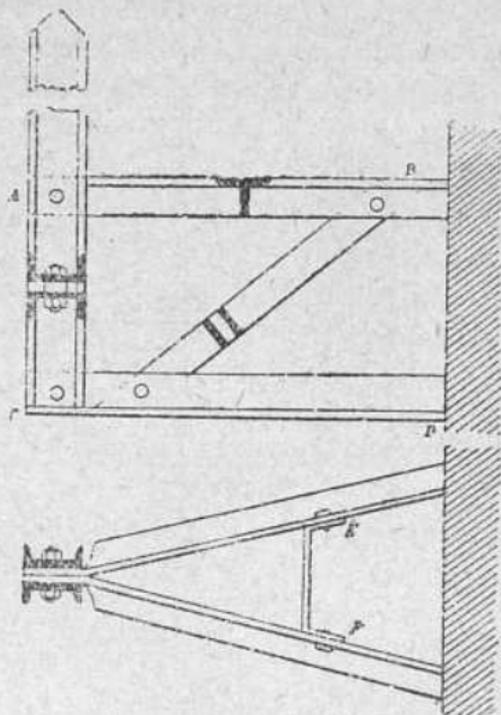


Fig. 181

con interposición de anillas de cabestrillo de un espesor igual al diámetro de la espiga del aislador. La unión al muro se hace por dos hierros en T o dos dobles ángulos horizontales, AB y CD , reunidos también por una pieza diagonal, BC (fig. 181). Un postecillo de esta clase posee una resistencia lateral fácil de evaluar. Si el postecillo forma ángulo o

retención en la línea, esta resistencia lateral no será, sin embargo, suficiente, como si las piezas *AB* y *CD* son de ángulo y se separan una de otra como indica el plano de la figura. Una pieza de hierro plano, *EF*, es en este caso útil cuando el apoyo en falso alcanza o pasa de un metro.

El empleo de soportes de aislador curvos es for-

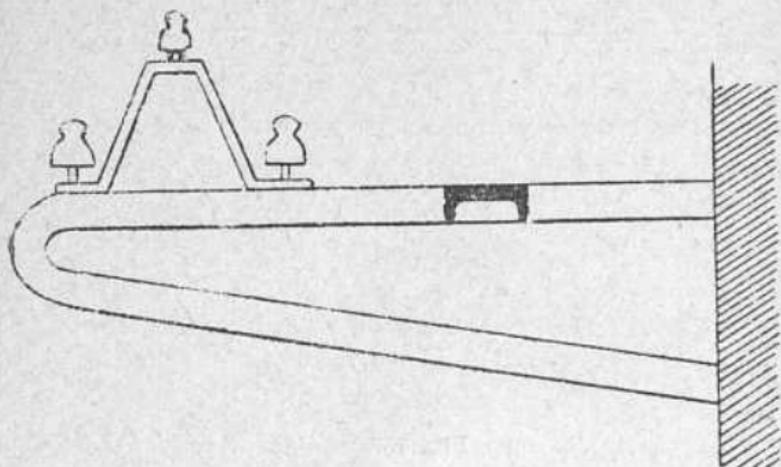


Fig. 182

zado en estas consolas; presenta menos inconvenientes que sobre poste, por razón de que las líneas sobre consolas están con frecuencia al abrigo del viento. Sin embargo, en los ángulos o terminación de línea es siempre necesario emplear aisladores de retención. Las consolas sencillas pueden ser convenientes cuando es pequeño el número de conductores. Se las hace entonces de un simple hierro plano o en U, según la colocación y la carga de la consola. La figura 182 representa un modelo muy conveniente

para canalizaciones a tres hilos. La consola es de hierro en U, y puede tener hasta 1,50 m. de saliente para poner los conductores a la distancia reglamentaria. La pieza en A es de hierro plano. Colocando en lo alto el hilo intermediario, que debe estar al potencial cero, sirve de hilo de guarda contra la caída posible de hilos telefónicos transversales.

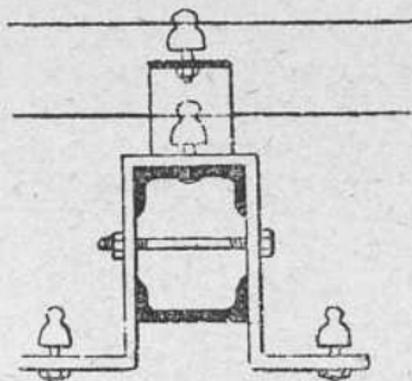


Fig. 183

Desgraciadamente, éstos, al romperse, hacen espirales con frecuencia, y de esta manera alcanzan algunas veces a los conductores inferiores.

Es muy fácil sujetar a esta consola aisladores suplementarios destinados a una derivación; la figura 183 da el croquis de la disposición más conveniente. La pieza de hierro auxiliar se introduce y se fija sin ninguna dificultad y sin trabajar de nuevo sobre la consola primitiva,

Postes de madera. El sulfato de cobre y la creota son las materias más usadas para la protección

de los postes, sobre todo la primera. La parte más sujeta al ataque de los insectos y la podredumbre es la del encastramiento, sobre los 50 a 60 centímetros más próximos al suelo. Si la impregnación del sulfato ha sido bastante fuerte, es bastante; pero si hay duda, o no se dispone de postes inyectados, es necesario remediarlo por una operación especial y fácil de hacer en el taller: el *chamuscado* y *embreamiento*. Debe procurarse brea de gas; se puede aplicar ésta directamente con un pincel sobre la base del poste; pero esto es insuficiente. Lo más conveniente es operar como sigue: se disponen las extremidades del poste encima de un fuego vivo de desechos de madera, y se les da vueltas hasta que haya prendido el fuego en ellos y se hayan carbonizado francamente en un centímetro de profundidad. Esta operación determina, en la profundidad de la madera, un desarrollo de creosota y de otros productos pirógenos propios para asegurar la conservación. Este procedimiento es muy antiguo y eficaz.

Si se dispone de brea, será más rápida y de mejores resultados la operación si se pinta el poste antes y después del chamuscado con brea.

La cabeza del poste debe cortarse en forma de ángulo, con el vértice hacia arriba, para evitar que se detenga en ella el agua.

Preparación de los aisladores. Deben examinarse con detenimiento los aisladores y soportes y desechar los que no reúnan las condiciones necesarias.

Seguidamente se procede a sujetar el soporte en

el aislador. Para esta operación se usa generalmente el cemento, el yeso, el azufre o la estopa.

La operación de sujetar los soportes a los aisladores se abrevia mucho si se tiene cuidado de prevenir algunas disposiciones sencillas de montaje de las piezas. Con madera se disponen hileras de piezas ocupando la posición relativa que deben tener

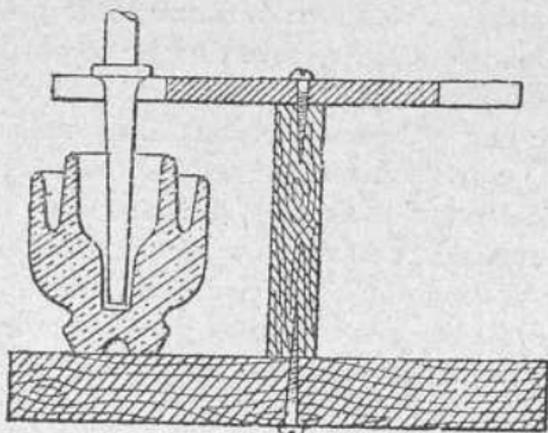


Fig. 184

después de sujetas, y una vez hecho esto no hay más que ir derramando en cada una de ellas la materia escogida para la sujeción; cualquiera que sea ésta no debe echarse con exceso para evitar una pérdida de materia prima. Además, el exceso llena toda o parte de la campana interior, disminuyendo el poder aislante de la pieza.

Una vez sujetos los soportes a los aisladores, deben examinarse de nuevo y limpiarlos por el interior para conservar la eficacia de las campanas, para la cual la limpieza es indispensable.

Ensayo de los aisladores. El ensayo es indispensable si la línea se hace para corrientes de alta tensión, de 500 voltios en adelante. En este caso se hará a muy alta tensión.

Para voltajes menores se podrá, si se cuenta con medios, hacer un ensayo a baja tensión análogo al que sirve para probar las campanas telegráficas.

El ensayo a baja tensión se hace disponiendo los aisladores con los soportes, hacia arriba, en una cu-

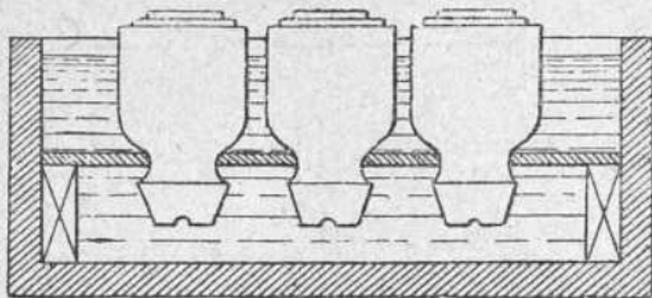


Fig. 185

beta apropiada que pueda recibir un número cualquiera, y que se llena de agua hasta media altura de las porcelanas. Se dispone entonces un galvanómetro (fig. 186), lo más sensible posible, en el circuito de un manantial, sea pila, sea dínamo, y se sumerge uno de los polos en el agua de la cubeta. El otro polo, formado con un hilo flexible, se tiene en la mano a la extremidad de un mango aislador, tocando con él sucesivamente los soportes de todos los aisladores, mientras que un ayudante observa el galvanómetro. Este no debe sufrir ninguna desviación, porque si no indicaría el paso de una co-

riente a través de la masa de la porcelana, y el aislador correspondiente debería desecharse.

Para las altas tensiones deben tomarse los aisladores ya probados, porque es una operación peligrosa para realizarla en un taller.

Plantación de los postes. Estudiado con anticipación el trazado de la línea y señalados los sitios donde han de ir los postes, y hechos los agujeros, se procede a su plantación. Es necesario cuidar mu-

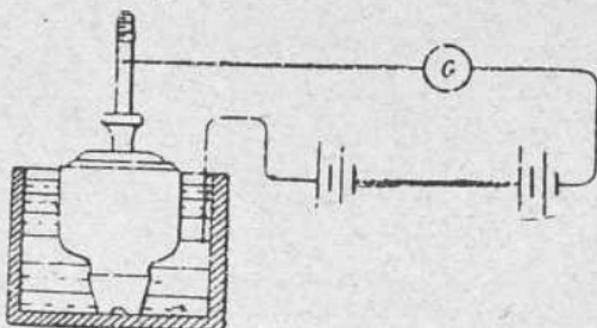


Fig. 186

cho de que el alineamiento sea exacto, tanto para evitar los esfuerzos anormales como para conservar el buen aspecto de la línea. Para conseguir esto es conveniente plantar en primer lugar los dos postes extremos de una alineación recta, sirviéndose de ellos como de jalones para colocar los postes intermedios.

La profundidad de la excavación, igual a la longitud de la parte enterrada, debe ser próximamente una quinta parte de la altura del poste fuera del suelo. En otros términos: debe enterrarse una sexta parte de la altura total del poste.

En los terrenos ordinarios se hará la excavación del *mínimum* de extensión que permita el trabajo del obrero y con la ayuda de las herramientas ordinarias. En terrenos rocosos hay que recurrir a procedimientos especiales, pudiendo llegar hasta el empleo de explosivos para hacer la excavación, que se reducirá en este caso al diámetro *mínimo* posible. Por último, en terrenos flojos se podrá operar algunas veces con un material de sondaje y hacer con una barrena a propósito un agujero muy poco superior al diámetro del poste. En general, se encuentran siempre obreros habituados al trabajo especial del terreno dominante en la región.

El rellenado de la excavación debe hacerse con la preocupación de evitar que el agua se acumule al pie del poste. Los materiales de relleno se deben elegir, por consiguiente, entre los más permeables de los escombros.

Cuando hay que colocar postes metálicos en terreno rocoso, es preferible disponerlos de antemano en vista de esta eventualidad. En vez de proveer un encastramiento de una sexta parte de su altura, es preferible construirlos para poderlos colocar sencillamente sobre una plataforma rocosa previamente preparada. El poste se provee entonces de un basamento de fundición o de hierro, que repose sobre la plataforma, y provisto de un número conveniente de agujeros destinados a recibir los buzones de sujeción (fig. 187).

El trabajo se reduce entonces a alisar la plataforma y a hacer los agujeros en que han de ir suje-

tos los bulones. Estos agujeros se hacen con una barra de mina y de una profundidad suficiente para que puedan resistir a los esfuerzos de arranque. Una vez introducidos los bulones en los agujeros,

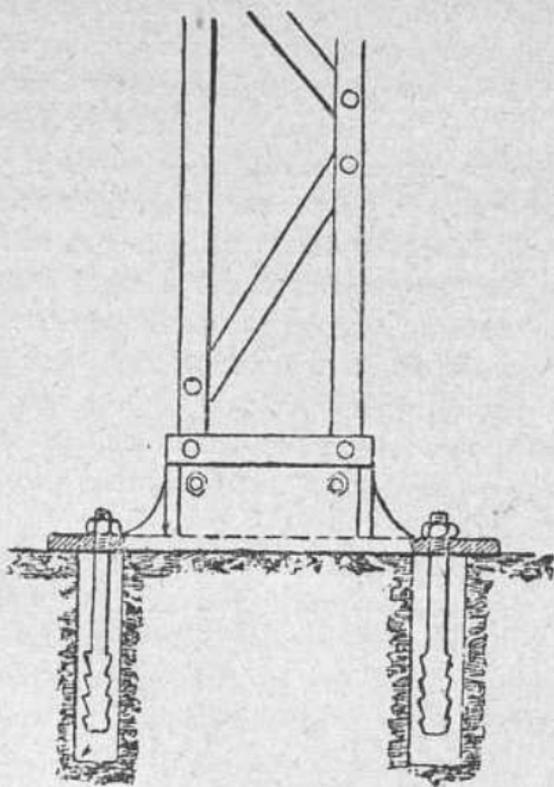


Fig. 187

se rellenarán éstos con cemento, y se procurará que el basamento quede completamente asentado en toda su superficie, y se echará cemento entre las calas de montajes que habrán servido para establecer la perfecta verticalidad del poste.

Para levantar los postes se opera por los medios habituales de la carpintería. Es necesario, para los postes pesados, usar una cabria un metro a lo menos más alta que la mitad de la altura del poste fuera del suelo. Esta operación es muy sencilla y, por lo tanto, no nos detenemos a explicarla, y que se podrá confiar a un equipo de carpinteros ordinarios.

Es conveniente no montar, desde luego, los aisladores en los travesaños, a causa de la probabilidad de que se rompan en el transporte o al elevar el poste; los travesaños se pueden colocar en los postes también al pie de la obra. De esta manera es más fácil vigilar la buena instalación.

Para la colocación de los postes deben tenerse en cuenta las indicaciones hechas más arriba.

CAPITULO XIII

Montaje, protección y entretenimiento de las líneas

Personal. Cuando no se cuenta con obreros especiales ejercitados en este trabajo, el montador podrá echar mano de carpinteros, asistidos de un número conveniente de peones. Dos o tres carpinteros y dos a cinco peones, según la fuerza de los cables, son suficientes. Los carpinteros tienen una experiencia y un hábito de los trabajos de este género que hacen su colaboración muy eficaz.

El material necesario para la colocación se compone de algunas cuerdas de cáñamo de 10 a 15 milímetros de diámetro; tres o cuatro cables de cáñamo de 20 a 25 mm. propios para servir de *vientos* provisionales; algunas barras de hierro de 1,50 metros, destinadas a ser clavadas en tierra, por medio de un martillo, para formar los anclajes provisionales de estos *vientos*. Es necesario disponer también de dos trócolas de fuerza proporcional a la de los cables, cuya tensión máxima esté determinada previamente; de un dinamómetro apropiado y, por último, de algunas pértigas de 4 a 6 metros, terminadas por arriba en una horquilla.

Como medios de acceso a lo alto de los postes, son necesarias también una o dos escaleras de corredera. Para los últimos trabajos en la cabeza de los postes de término, de bifurcación, postes de transformadores, etc., es conveniente disponer de una escalera rodante de plataforma superior, sobre la que pueda un hombre tenerse derecho, con las manos libres y sin temor a caerse.

Colocación. El cable o el hilo se recibe, en general, en bobinas. Se atraviesan con una barra de hierro, y colocada sobre dos caballetes de altura apropiada forma un eje alrededor del cual pueden girar. Entonces debe procederse a desarrollar el cable.

El punto de arranque es siempre un punto de término, de resistencia suficiente para soportar toda la tensión del cable. Se busca otro punto, situado a una distancia un poco inferior a la longitud del cable de que se dispone, de un solo extremo, para formar el punto de término de la colocación de este primer trozo.

Si este punto de término es un poste de línea sencillo, será necesario *ventearlo* de manera que pueda recibir provisionalmente a lo menos toda la tensión de la línea. Este trabajo lo harán los carpinteros mientras que los peones desarrollan el cable. Las estacas de anclaje se clavan en tierra; a continuación se sujetan los *vientos* en lo alto del poste y encima del último travesaño, como asimismo una fuerte cuerda, a la que se sujeta uno de los ganchos de la trócola; se tira de ésta sin exageración y se fijan los vientos.

De esta manera, el poste se transforma en poste de término provisional, y permite establecer la línea con su flecha definitiva en toda esta primera sección.

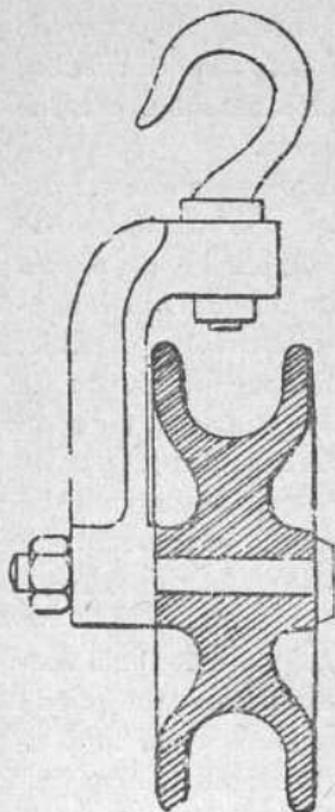


Fig. 188

Estando el cable desarrollado en toda su longitud, se procede a levantarlo. Para ello se ata al primer poste de manera que resista el tiro. En el poste siguiente se engancha una polea en lo más alto, y con ayuda de la cuerda que lleva ésta se sube el cable. Un hombre sube al poste y hace pasar por el travesaño el cable por cima del aislador. Si el cable es pesado, dos peones con pértigas, colocados de un lado y otro del poste, lo elevan al mismo tiempo para facilitar la operación.

Esta maniobra se repite en cada uno de los postes de la sección, consiguiendo de esta manera que el cable quede apoyado sobre todos los travesaños.

Esta operación se puede hacer de otra manera si se cuenta con el material necesario. Para esto hace falta cierto número de poleas de garganta semirredonda, montadas en falso sobre un gancho (fig. 188).

Se sujeta una de estas poleas al travesaño de cada poste, y se va pasando el cable por ellos a medida que se va desarrollando. De esta manera se facilita mucho el desarrollamiento y se encuentra éste elevado a la altura deseada.

Cuando está completamente desarrollado, se le saca de la garganta de la polea y se le coloca sobre el travesaño. La misma instalación de poleas sirve para todos los cables colocados del mismo lado del poste.

Este procedimiento es particularmente ventajoso cuando son bastante numerosas las líneas sobre los mismo soportes.

Cualquiera que sea el medio que se emplee, debe empezarse por colocar el cable que vaya en lo más alto.

Hecho esto, hay que dar a la línea la tensión conveniente. Esta se da en el poste *venteado*. Para ello se sujeta al cable una cuerda, a la que se fija un dinamómetro, y después la garrucha superior de la trócola (fig. 189).

El tendido del cable debe hacerse con cierta precaución si se quieren evitar las ondulaciones. Estas se evitan obrando de la manera siguiente: la cuerda se tiende, desde luego, sobre el cable, y su extremidad se fija por medio de algunas vueltas de un fuerte bramante (fig. 190); en seguida se arrolla seis u ocho veces alrededor del cable de cobre, y luego se engancha el gancho de la polea o del dinamómetro en el bucle de la cuerda. La adherencia resulta entonces del contacto múltiple entre el cá-

ño y el cobre, y la tracción puede hacerse sin temor de dar una curvatura brusca a una porción

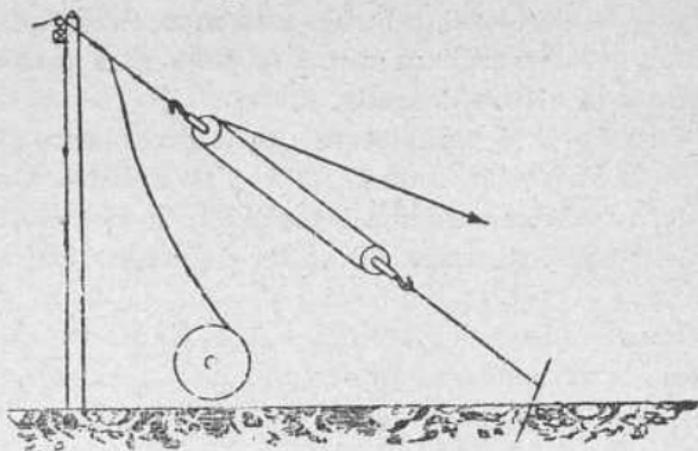


Fig. 189

del cable, que quedará rectilíneo después de quitada la ligadura.

Se da entonces la tensión dulce y progresiva.

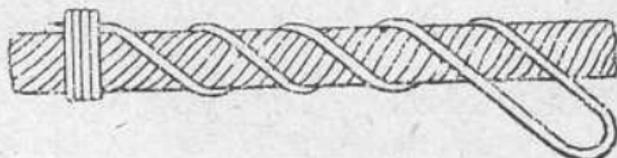


Fig. 190

mente. Los peones, armados de pértigas, están repartidos en toda la longitud de la sección; al mismo tiempo que se da la tensión, ellos levantan el cable en los puntos bajos, para disminuir el peso que ejerce sobre los travesaños y facilitar el deslizamiento.

Es indispensable conducir esta operación muy progresivamente y sin brusquedad. El montador debe recorrer la sección y asegurarse personalmente de la regularidad de las flechas en todos los espacios, al mismo tiempo que de la verticalidad de los postes. Si uno de éstos se inclina, se deben agrupar a uno y otro lado de él los peones para que levanten el conductor con las pértigas. Descargado así el poste de todo o parte del peso del cable, volverá por sí mismo a su posición natural.

Cuando todo está en orden bajo la tensión normal, es necesario sujetar los cables sobre el poste que sirve de término a esta primera sección.

Pueden presentarse dos casos: o el soporte es un verdadero poste de término, o un simple poste de línea que desempeña provisionalmente el papel de terminal.

En uno u otro caso, es necesario substituir el amarrado hecho en la trócola por otro amarrado provisional por cuerda, hecho sobre el cuerpo mismo del soporte. En un punto *m*, situado un poco antes del travesaño, se sujeta otra cuerda con las mismas precauciones anteriores, y se la fija en seguida sólidamente alrededor del cuerpo del poste, por cima del travesaño (fig. 191).

Se afloja entonces ligeramente la trócola, a fin de transmitir progresivamente la tensión a esta nueva retención; se debe vigilar la operación para asegurarse de la solidez de esta ligadura. Si está bien hecha, se afloja completamente el fiador de

la trócola, que se puede quitar, así como el dinamómetro. De esta manera el esfuerzo lo ejerce por entero el soporte y los *vientos* provisionales si es un poste de línea *venteado*.

El cable queda en este caso libre más acá del punto *m*, y por consecuencia disponible a la al-

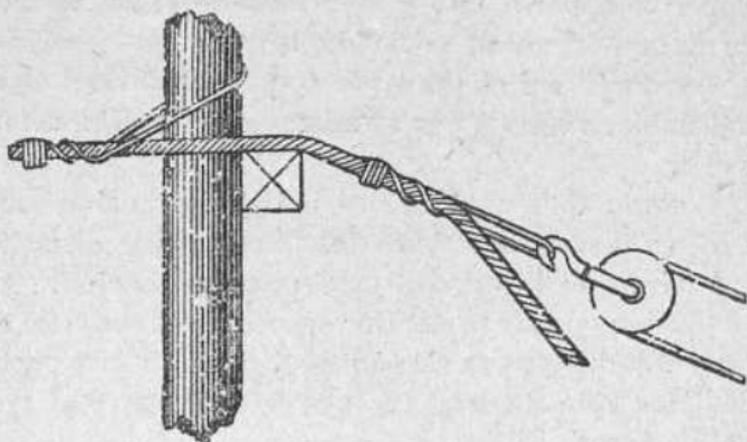


Fig. 191

tura del aislador de manera que permita su retención.

Si se trabaja sobre un simple poste de línea, hay que dejar las cosas así y proceder a la colocación de la segunda sección exactamente de la misma manera que se ha indicado anteriormente. La cuerda y los *vientos* no deben quitarse hasta que la terminación de la segunda sección haya hecho descansar sobre otro poste la tensión de la línea.

La colocación de ésta se continúa así de tramo

en tramo hasta que se llegue a un verdadero poste de término, el cual ha debido calcularse para que no tenga necesidad de ningún *viento* para resistir el esfuerzo de la línea.

Al llegar a este poste de término es necesario proceder a la sujeción del cable sobre aisladores especiales. Pero esto debe hacerse después de haber dado a la línea la tensión definitiva.

El empleo del dinamómetro permite dar casi esta tensión en todas partes. Pero es necesario regularla definitivamente y uniformarla entre todos los tramos cuando se llega al poste de término.

Término de las líneas. Al llegar a un poste o una consola de término, es necesario fijar el cable de una manera sólida o invariable. Un punto muy importante y del que a veces no se hace caso es que *no es necesario, en ninguna ocasión, emplear la soldadura.*

En efecto, los conductores industriales son siempre de cobre estirado, duro y resistiendo 40 o 45 kilogramos por milímetro cuadrado. Cuando se hace una soldadura, fatalmente se recuece el metal, su resistencia disminuye, próximamente, hasta 20, y la soldadura constituye así un punto débil. Por eso no es raro ver las líneas sujetadas por este procedimiento romperse precisamente por el punto de la soldadura.

Al llegar al punto de término, se substituye, como hemos dicho anteriormente, una cuerda amarrada al poste a la que lo está a la trócola; el extremo del cable se corta entonces a la longitud

necesaria para darle vuelta alrededor del aislador de retención. Los dos vástagos, por último, se su-

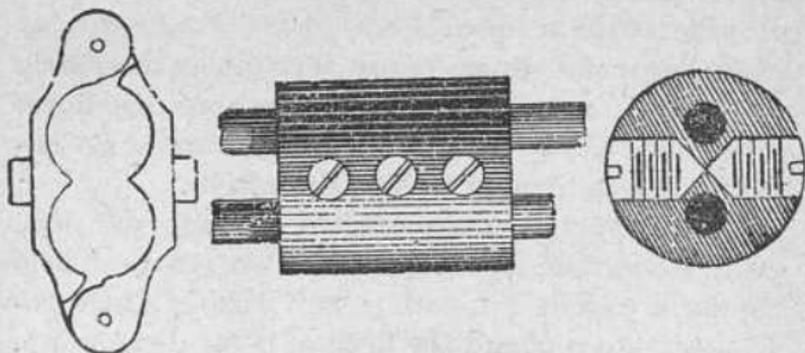


Fig 192

jetan uno contra otro, preferentemente con la ayuda de una pieza de sujeción especial.

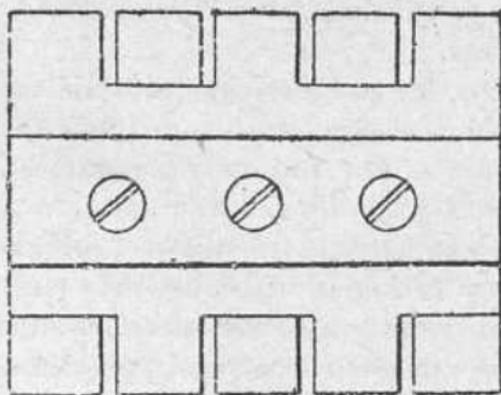


Fig. 193

Las figuras 192 y 193 indican dos tipos de garras, una para hilo y otra para cable, que se pueden utilizar ventajosamente. Se pueden imaginar otras

muchas formas, porque lo esencial es que la resistencia quede perfectamente asegurada.

Después de sujeto el cable con una de estas piezas, se aflojará poco a poco la cuerda a fin de que vaya pasando progresivamente al conductor y al aislador la tensión de la línea.

Uniones y ligaduras de los cables. Lo siguiente se aplica lo mismo al bucle terminal de un cable

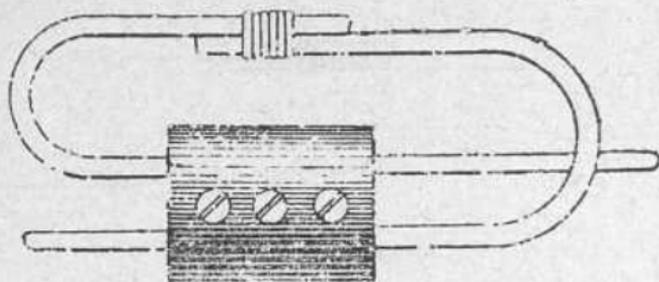


Fig. 194

aéreo que a la unión de uno nuevo con el extremo de otro empleado.

Un punto esencial, sobre el que ya hemos llamado la atención, es evitar toda soldadura en los puntos sometidos a la tensión de la línea. Para unir dos extremos, se puede recurrir a diversos procedimientos. Lo más seguro es, ciertamente, el empleo de piezas especiales, de forma análoga a las de las figuras anteriores. Para los hilos, a lo menos, se podrá completar la unión por una soldadura *s* hecha entre los extremos *no tensados* (fig. 194); pero esto no es indispensable. A falta de pieza de sujeción, una ligadura es muy difícil de hacer, a causa de la tiesura del hilo; así, pues,

debe evitarse ésta y se puede hacer de la manera siguiente:

Se retiene el hilo sobre el aislador de retención; se corta a unos 60 cm. más allá del bucle, y se recuecen unos 40 a partir de la extremidad del hilo. Entonces se puede sin gran dificultad hacer una larga hélice de ligadura a cada lado, reflejar los extremos hacia arriba y soldarlos (fig. 195). Este

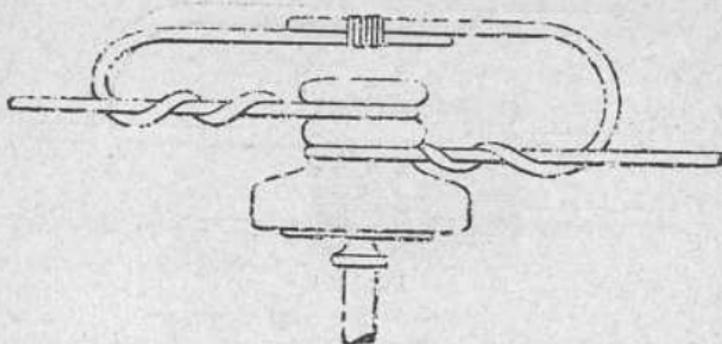


Fig. 195

medio es siempre, sin embargo, inferior al empleo de garras.

Para unir los cables, se deben también preferir las piezas de sujeción; pero a falta de éstas, se pueden hacer empalmes inspirándose en la manera descrita anteriormente.

No se deberán hacer soldaduras. El montador deberá evitar el abuso de las soldaduras, porque es un error el creer que no es bueno un empalme que no tenga soldadura.

Revisión de las líneas. Una vez colocada com-

pletamente una sección de línea, el montador debe al instante revisarla y comprobar las tensiones en todos los espacios para poder hacer en los aisladores las ligaduras necesarias. En terreno plano se

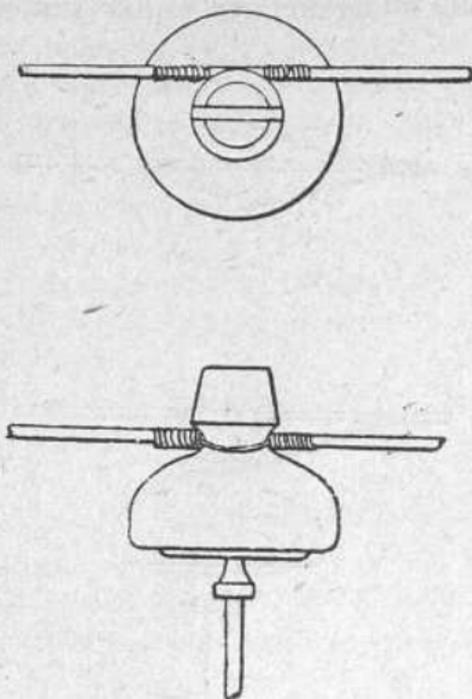


Fig. 196

harán las ligaduras cada tres o cuatro postes, sirviéndose de hilo de un milímetro de cobre recocido, con el cual se rodea el hilo de la línea, fijándose después a la garganta del aislador (fig. 196). En pendientes, la ligadura debe hacerse tomando el conductor solamente en afianzamiento, en una longitud de lo menos 20 cm., lo más apretada po-

sible, y a toda la garganta del aislador (fig. 197). El número de hilos de la ligadura debe ser naturalmente proporcional a la sección del conductor; pero, en todo caso, se debe emplear hilo recocido y obtener la adherencia en el hilo principal por la

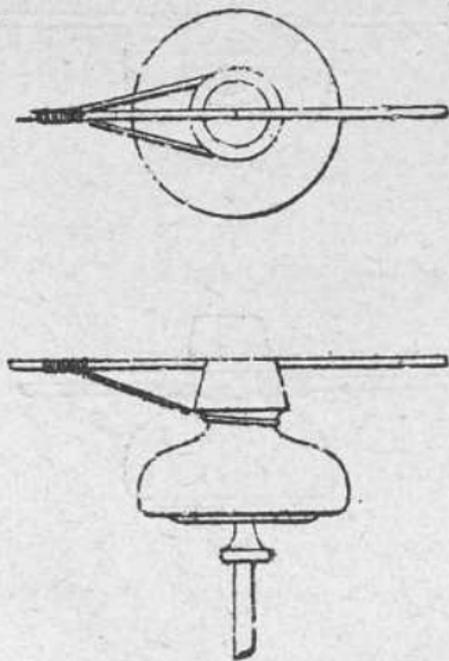


Fig. 197

longitud de la hélice del arrollamiento, que obra como freno funicular, más bien que por las torsiones exageradas que fatigan el hilo de ligadura sin proporcionar solidez al conjunto.

Puntos especiales. Puntos de sujeción de arterias. Para la sujeción de las arterias, se eligen de preferencia puntos a los que concurren un mayor

número de cables de la red. Estos puntos son en este caso el lugar de concentración de un número importante de conductores, que llegan en todos sentidos. Un punto de cruzamiento simple tiene cuatro direcciones además de la arteria. En canalizaciones a tres hilos, se tienen así 15 conductores que concurren al mismo poste.

A pesar de que las tensiones pueden equilibrarse en gran parte, no se puede evitar el empleo de un pilar de hierro.

En todo caso se le debe hacer lo más sólido posible, y el croquis de las diversas direcciones de los cables con sus tensiones permitirá siempre obtener una evaluación del esfuerzo a que debe estar sometido después de la colocación de las líneas concurrentes. No hay que olvidar que durante la colocación ha de servir de punto de término, y por consiguiente es necesario que tenga una gran solidez.

Para establecer los numerosos conductores con orden, es necesario disponer un plano de sujeción para cada polaridad de conductor.

Lo mejor es, en este caso, prevenir el establecimiento de coronas superpuestas, sólidamente sujetas al cuerpo del soporte, sobre las cuales se pueden sujetar, en una posición cualquiera, los aisladores de retención.

La figura 198 indica una disposición muy práctica, empleada por M. Picou, para un pilar de este género. Las coronas son de hierro, curvadas circularmente y unidas al pilar por ligaduras nor-

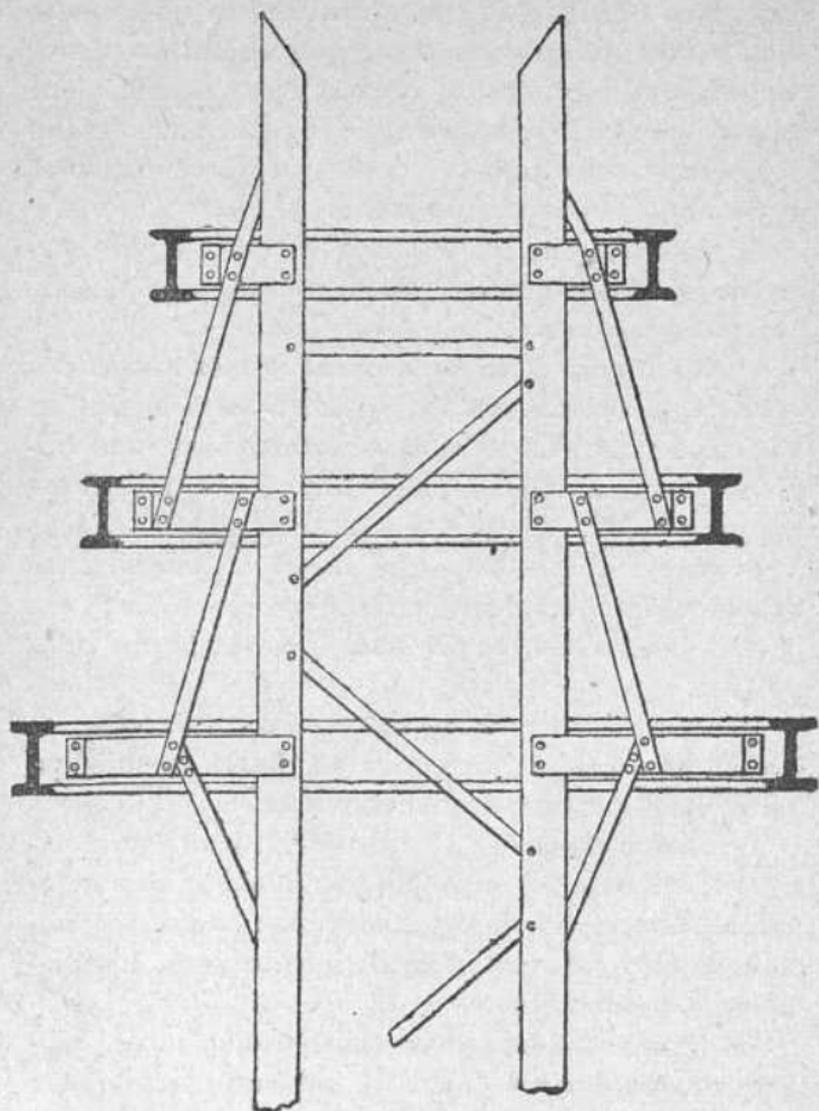


Fig. 198

males y oblicuas. Los aisladores de retención están sujetos directamente en el plano de este hierro (fig. 199). Los costados reciben de vez en vez aisladores de cortacircuito, que soportan por sí mismos una corona continua en cable de cobre.

Porciones de cables flexibles aislados estable-

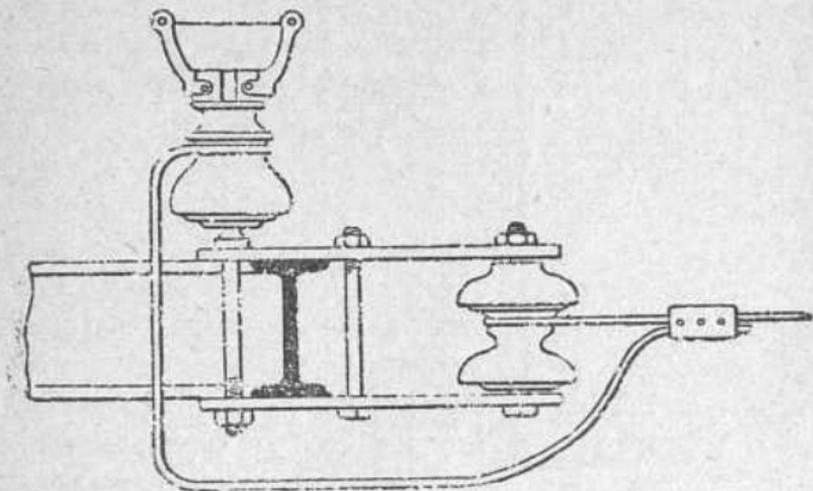


Fig. 199

cen la ligadura con esta corona por medio de cortacircuitos fusibles.

Esta construcción es completamente satisfactoria.

En numerosos casos hay arterias subterráneas que hay necesidad de unir a la red aérea. La unión puede establecerse en este caso por un poste tubular, por el eje del cual sube el cable (fig. 200). Sale del poste por lo alto, y desnudado en este punto, se une por piezas apropiadas a los cables

flexibles que descienden a unirse a los aisladores de la línea.

El conjunto se protege con una campana que

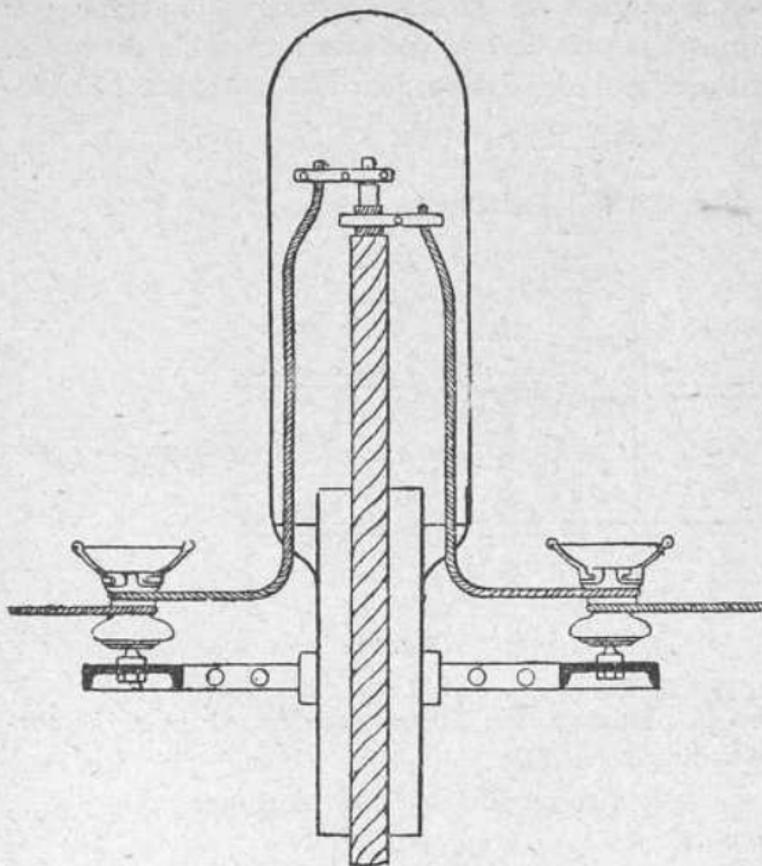


Fig. 200

protege las uniones contra la intemperie. Coronas de fundición, en dos piezas, se fijan sobre el cuerpo tubular. Una ranura circular, continua, salvo en los puntos de unión de los brazos, recibe en todas

las posiciones deseadas los aisladores de la línea aérea.

Entrada en las casas. La entrada en los edificios debe hacerse con gran cuidado. Si se trata de una acometida para un abonado, por ejemplo, debe hacerse la derivación precisamente en el poste o consola más inmediatos. Las que se hacen en la línea delante de la casa del abonado son de un aspecto desagradable. Pero el mayor inconveniente consiste en que no se puede colocar en el punto conveniente el cortacircuitos indispensable. Si no se colocan éstos en el mismo punto en donde se saca la derivación, no protegen toda la parte de la línea situada detrás de ellos, que recorre con frecuencia la fachada del inmueble, y está expuesta a averías producidas por los obreros que pudieran trabajar en cualquier reparación del edificio. Pueden resultar arcos peligrosos, sin que los plomos principales de la red se fundan.

Entre el punto de la derivación y la entrada en el edificio es preferible emplear aisladores de campana, aunque el conductor sea recubierto, con preferencia a las poleas.

La entrada en los edificios debe hacerse siempre de abajo a arriba, para evitar la introducción del agua de lluvia que corre a lo largo del conductor. Se deben emplear pipas de porcelana (fig. 201).

Protección contra el rayo. Un buen pararrayos de línea debe estar desprovisto de todo mecanismo.

Los pararrayos de puntas pueden recibir las

formas más variadas. Se hace con frecuencia uso de las propiedades extintivas, mal explicadas del

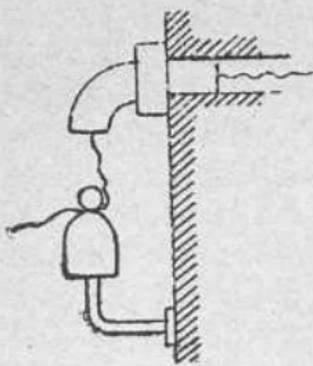


Fig. 201

cinc, y una disposición la más sencilla está representada por la figura 202. Un juego de varillas de cinc terminadas en punta, dispuestas paralelamente, está colocado en una montura solidaria de la cabeza de un aislador. Enfrente, otro aislador, unido a la línea, presenta una masa metálica frente a las puntas. Es necesario

colocar un aparato de éstos en cada hilo de la línea.

Hace tiempo que se ha comenzado a emplear

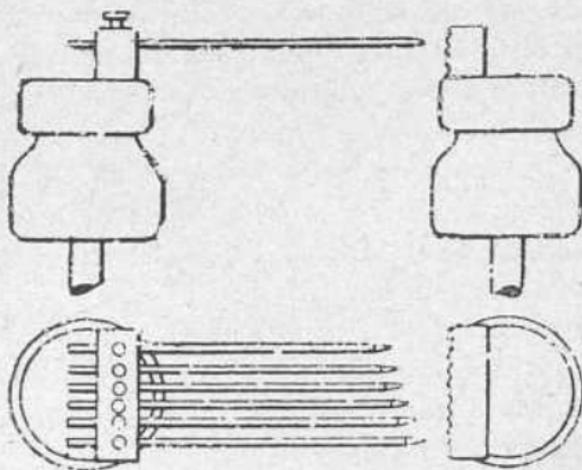


Fig. 202

aparatos llamados de cuernos, cuya sencillez es extrema, y que parecen admirablemente apro-

piados al empleo en plena línea. La figura 203 representa una de las formas posibles. El arco se produce abajo, en el punto en que están más próximos los conductores; se eleva hacia arriba, donde

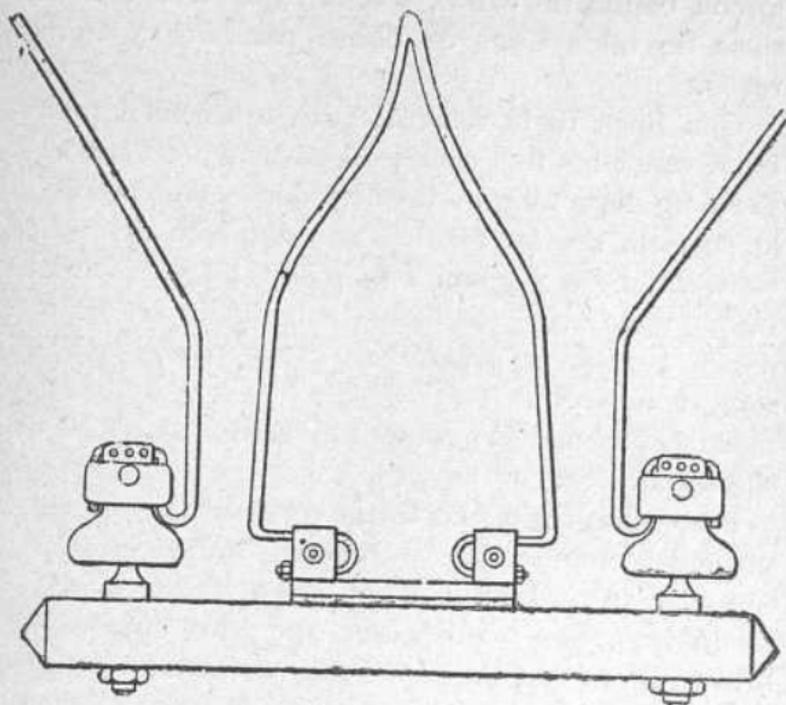


Fig. 203

los hilos se separan más y más, hasta una gran distancia (60 a 80 cm.), y se extingue por sí mismo bajo la acción del aire.

No es probable que se pueda hacer nada más sencillo. Una gran ventaja de este modelo es poderse construir aun en una región desprovista de recursos.

Deben colocarse los pararrayos de tal manera que su conductor de tierra descienda verticalmente al suelo sin formar codo, y en todo caso que éste no sea de poco radio, y constituirlo con una ancha banda de cobre, y a falta de ésta con una serie de hilos finos de cobre paralelos y numerosos.

Una línea dada deberá, para estar bien protegida, tener las dos clases de pararrayos descritos. Pero no hay ningún inconveniente en colocar a la entrada de la fábrica una estación de recepción, donde la vigilancia es más fácil y frecuente los tipos de aparatos menos sencillos, pero que se deben considerar solamente como pararrayos de estación.

En otro lugar de esta obra hemos hablado de estos aparatos.

Protección contra las líneas telefónicas. Es conveniente, cuando los conductores industriales pasan por la proximidad de importantes arterias telefónicas, que comprendan un gran número de hilos, que la red de protección se instale, no encima de la línea industrial, sino debajo de la arteria telefónica (fig. 204). Esta debe estar hecha con un metal inoxidable, cuya anchura sea superior notablemente a la de la arteria telefónica, y debe estar instalada exactamente debajo de ésta.

Esta proporción es muy eficaz si la red es sólida, es decir, si las condiciones locales permiten darle poca flecha.

Protección contra la rotura de las líneas. La ro-

tura de una línea bien establecida, cuando los conductores tienen una sección que alcanza o pasa de 10 milímetros cuadrados, es un caso muy difícil.

Sin embargo, cuando se trata de líneas de alta

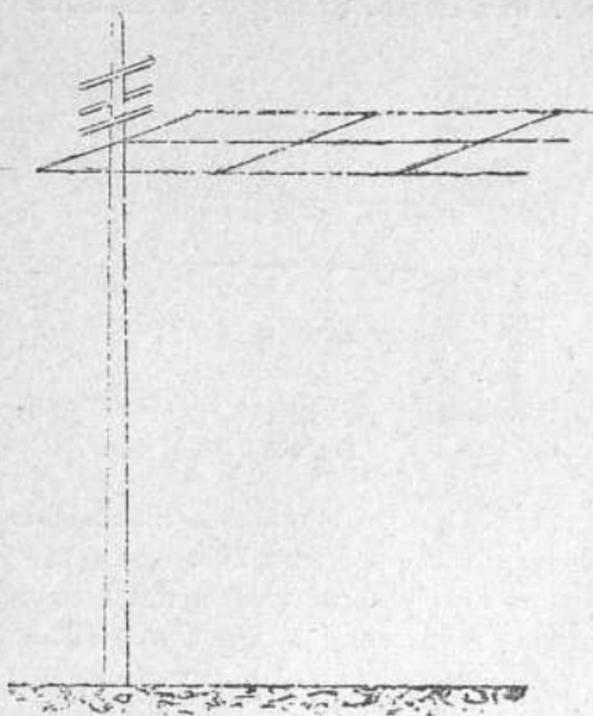


Fig. 204

tensión, sucede a veces que se desea, o que imponen las autoridades, una protección contra esta eventualidad.

Contra la rotura de aisladores, particularmente en los puntos de ángulo, se instalan algunas veces

piezas de hierro en forma de gancho (fig. 205) que están destinadas a recibir el hilo que escapa del aislador.

De esta manera se evita doblar la distancia de apoyo y la exagerada flecha que resultaría acercando el hilo a tierra. Si hay un gran número de

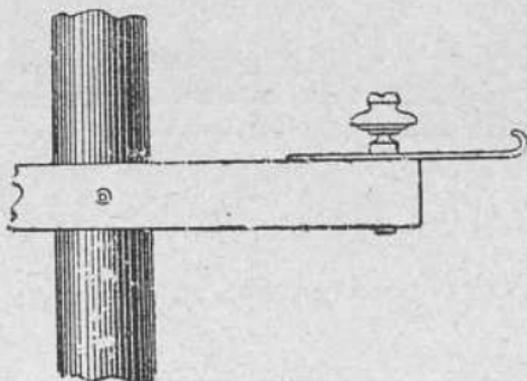


Fig. 205

hilos superpuestos, se toma una disposición análoga a la que indica la figura 206.

La rotura más peligrosa es la del hilo; porque los extremos rotos conducen a tierra el alto voltaje, y como es raro que el hilo roto no entorpezca la circulación, es difícil evitar que cualquier transeúnte tenga tentaciones de cogerlo.

Las medidas preventivas contra todo accidente de este género pueden ser de dos clases: o bien se busca poner fuera de circuito la parte rota, o se trata de poner en comunicación con tierra la línea rota; en los dos casos se aprovecha la misma rotura para corregir las consecuencias peligrosas.

La primera no resulta aplicable en la práctica por su excesivo coste.

La puesta a tierra tiene por principio general la disposición, sobre el poste, de una pieza metálica, cuidadosamente unida a tierra y colocada debajo del hilo, bastante cerca para que los hilos rotos tengan que tocarla forzosamente. Por ejemplo (fig. 207), dos círculos de hilo grueso de cobre pueden disponerse casi concéntricamente a los aisladores, sujetos a los soportes y unidos a un hilo de tierra. El hilo roto vendrá siempre a apoyarse en un punto cualquiera de uno de los círculos; y la línea se encontrará así puesta a tierra, resultando, por lo general, la fusión de un cortacircuitos en la fábrica, lo que advertirá del accidente. Sabido esto, las máquinas

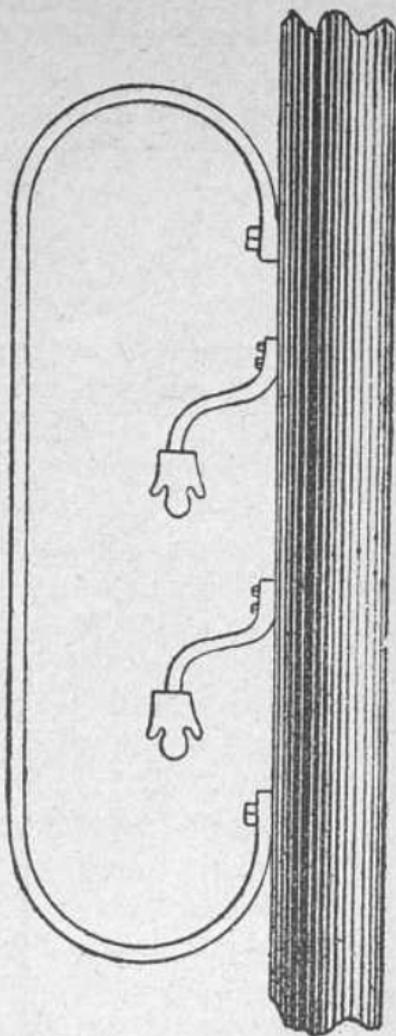


Fig. 206

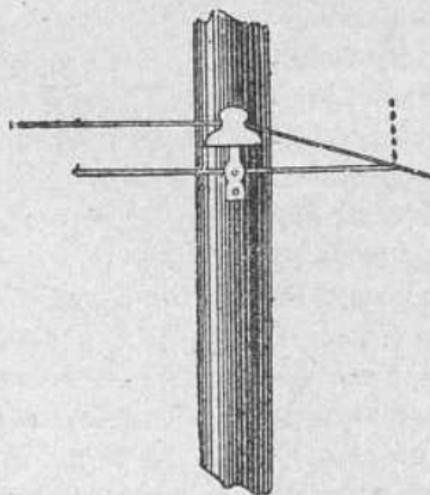
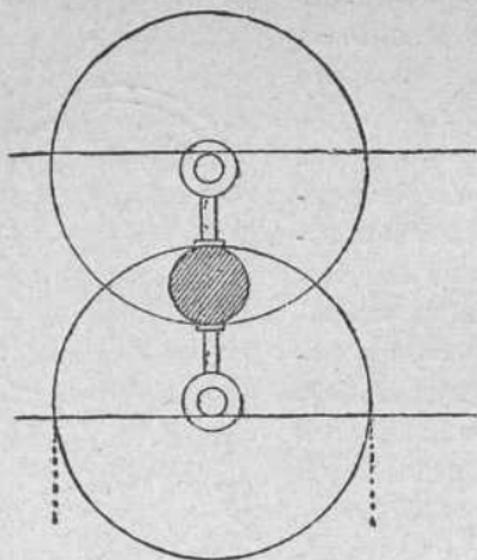


Fig. 207

deben pararse en seguida. Si la fusión no se produce, el hilo continuará ofreciendo peligro al que lo toque. Es de temer, en efecto, que moviéndolo se le haga perder su contacto momentáneamente con el circuito de tierra, y el choque es entonces seguro.

La eficacia de este medio es, por lo tanto, inmediatamente dependiente de la fusión del cortacircuitos.

Así, pues, este medio, no estorba, pero no da completa seguridad de evitar una desgracia.

Entretención de las líneas. Soportes. Las líneas deben ser objeto de vigilancia y de entretenimiento cuidadoso si se quiere conservar la solidez y la seguridad originales.

La vigilancia debe ejercerse, tanto sobre los soportes como sobre la misma línea. Para los soportes, el examen directo es sólo posible; para la línea, se hará caso de útiles presunciones del conocimiento del aislamiento. Los postes de madera están sobre todo expuestos a podrirse, bien en la base, bien en la punta. Cuando el suelo del pie del poste no da una evacuación bastante rápida al agua, las alternativas de sequedad y de humedad provocan podredumbre. Contra esta eventualidad ha sido recomendado el chamuscado de los postes. Sin embargo, es conveniente asegurarse directamente del buen estado de conservación del poste. Este comienza a podrirse a muy poca distancia del suelo; así, pues, el examen deberá hacerse excavando alrededor del poste hasta unos cuatro decímetros de profundidad. Antes de vol-

ver a rellenar la excavación es conveniente embrear de nuevo la parte enterrada.

En cuanto a la cabeza del poste, debe pintarse de cuando en cuando para que el agua no llegue a atacar el corazón de la madera.

Este examen de los postes deberá hacerse periódicamente, a lo sumo cada dos años, y hasta cada año si la naturaleza del suelo es pantanosa o inspira temores.

En cuanto a los postes de hierro, es conveniente pintarlos de vez en vez cuando su mismo aspecto lo indique.

Entretención de las líneas. Canalización. Para las líneas propiamente dichas, la inspección directa es menos fácil que para los soportes. Pero en la medida del aislamiento se encuentran todos los elementos necesarios.

Si las medidas revelan la existencia de puntos débiles, deben reconocerse todos los aisladores después de haberse asegurado previamente que el defecto está sobre la línea y no en casa de los abonados, o en las máquinas o transformadores, por ejemplo. Los defectos probables pueden provenir de contacto con las ramas de los árboles, tejados, etcétera, o de rotura de aisladores.

El remedio, en el primer caso, está indicado. Si se trata de aisladores rotos, es necesario proceder a reemplazarlos.

CAPITULO XIV

Canalizaciones subterráneas

Consideraciones generales. La cuestión de las canalizaciones subterráneas es de gran importancia. Es necesario que los cables estén perfectamente aislados y protegidos contra los choques, que se puedan vigilar fácilmente y hacer sin dificultad los trabajos de reparación, de empalme y derivaciones.

Los sistemas empleados son dos:

1.º Los cables armados, en los cuales el conductor de cobre, perfectamente aislado, está protegido por una armadura de plomo, de hierro o de acero. Estos cables se colocan directamente sobre el suelo sin ninguna protección.

2.º En el segundo sistema, el conductor está encerrado en una envoltura aisladora que sirve para protegerlo. Con este objeto se emplean tubos de barro, de fundición y de hierro. En algunos casos los cables están recubiertos de una envoltura aisladora; otras veces están desnudos y soportados por aisladores; por último, algunas veces

están sumergidos en una composición bituminosa que se vierte en el conducto en que está colocado el cable. Los tubos de hierro dan buen resultado en los terrenos arcillosos: lo que no sucede en los permeables o impregnados de substancias orgánicas.

Existen algunos temores respecto a las envolturas de plomo. Se sabe que este metal resiste bien en los terrenos ordinarios para las conducciones de agua y de gas. Pero en las proximidades de las alcantarillas es necesario protegerlos con una envoltura de madera rellena de resina. El plomo se destruye fácilmente en un terreno poroso, húmedo y que contenga materias orgánicas en descomposición.

Se pueden citar ejemplos de cables provistos de una camisa de plomo que han resistido algunos años y que luego se han deteriorado rápidamente.

El caucho vulcanizado y la okonita dan muy buenos resultados desde el punto de vista del aislamiento y de la duración.

Los sistemas adoptados para la canalización subterránea son numerosos. Es difícil emitir juicio acerca del asunto.

Vamos a dar a conocer los más usados.

Sistema Edison, baja tensión. El modelo de canalización para distribución a tres hilos está constituido de la manera siguiente: tres varillas de cobre, con interposición entre ellas de trenzas de cáñamo, están colocadas dentro de tubos de hierro forjado que se llena en seguida de un aislante bituminoso. Estos tubos tienen 6,23 m. de

longitud, y están colocados bajo tierra a una profundidad de 60 cm., y están ordinariamente recubiertos de una fuerte plancha.

A la extremidad de cada tubo, las varillas so-



Fig. 208

bresalen un poco. Para unir las entre sí se hace uso de una especie de cable flexible (fig. 208), cuyos extremos están provistos de mangos donde

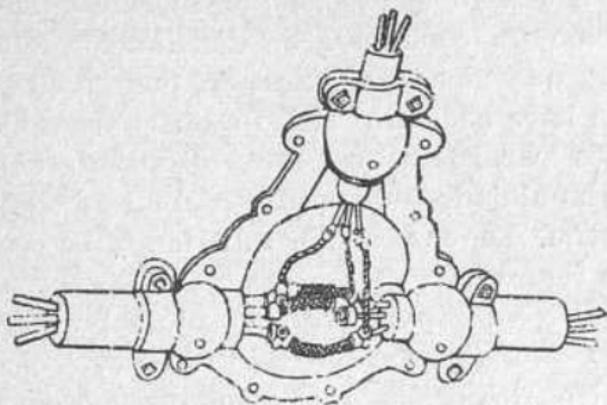


Fig. 209

vienen a juntarse las varillas; la unión es consolidada por una soldadura.

Cajas de unión de fundición sirven para reunir entre sí las secciones del conductor y para hacer las derivaciones. La figura 209 presenta un aparato de esta clase.

Se embuten en la caja los extremos de los tubos que se quieren unir entre sí; se hacen las juntas, se atornilla la cubierta y se llena la caja de una composición aisladora fundida.

Los miradores se colocan de distancia en distancia.

Este sistema se emplea en América hace varios años.

Canalización Edison. Estación de la Avenida Trudaine. La distribución de este sector se hace a baja tensión, por feeders y por el sistema de tres conductores.

Es necesario conducir, por lo tanto, en cada dirección un conductor de distribución y varios feeders que vienen a unirse en puntos sucesivos, lo que hace necesario cierto número de cables colocados paralelamente. Para disminuir el gasto se les ha alojado todos dentro del mismo conducto en betún. La disposición está indicada en corte por la figura 210.

Uno de los cables está colocado sobre un aislador de campana, *I*; sobre este cable está colocada una placa de porcelana, *P*, escotada, que sirve para mantenerlo y que soporta el cable siguiente. Este está mantenido de la misma manera, y así sucesivamente.

Se forma así una pila vertical de cables separados entre sí por placas aisladoras. Cada pila está mantenida por cuatro bulones de hierro introducidos en los agujeros perforados en la campana de abajo, encastrándose en las escotaduras dis-

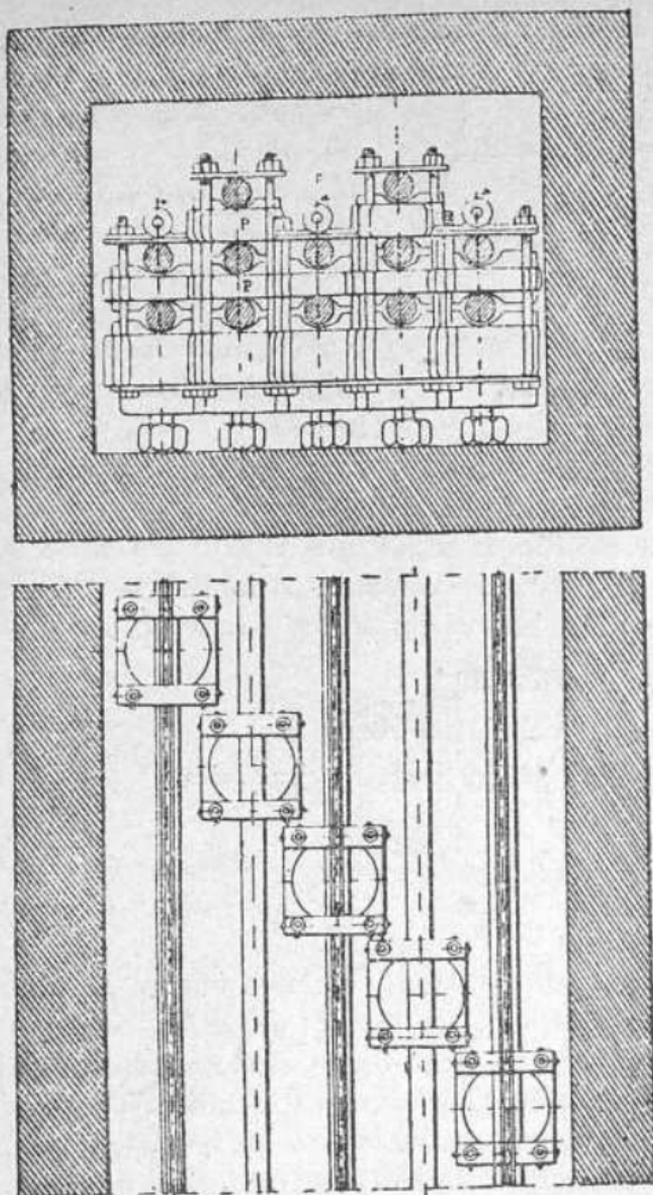
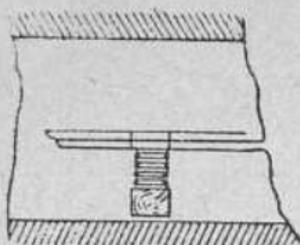


Fig. 210

puestas en los ángulos de cada placa. En la cúspide hay un sombrerete mantenido por los cuatro



[Fig. 211

bulones. Sobre este sombrerete se apoyan tuercas que sujetan el conjunto. En *aa* se encuentran poleas de porcelana que soportan los hilos auxiliares que unen los puntos de ramificación a los volímetros colocados en la fábrica.

Sistema Compton, baja tensión. Este sistema está destinado a la distribución a baja tensión.

El conductor está formado por una cinta de cobre de 25^o mm. de ancho y 6 de espesor (fig. 211).

Se abre una zanja en las aceras de unos 50 cm.

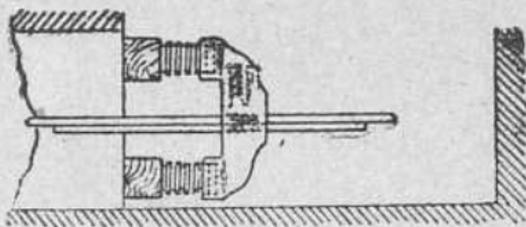


Fig. 212

de profundidad, y se construye una reguera de betón de 37 cm. de ancho, revestida de cemento. Los miradores están dispuestos en las esquinas de las calles y en los puntos de ramificación. La cinta está soportada por aisladores de cristal, cuya parte alta está provista de una profunda muesca. Los aisladores están fijados a tornillo en travesaños

de roble establecidos cerca del fondo del conductor.

• La figura 212 representa el aparato que sirve para tender el conductor. Este es un estribo de bronce perforado en su centro para el paso de la cinta de cobre. Se ajusta sobre aisladores de cristal soportados por dos traviesas de roble. La cinta pasa por el agujero central y es tendida por un aparato especial y mantenida por dos tornillos colocados en lo alto del estribo.

El intervalo entre los soportes puede alcanzar 15 a 20 metros.

Para las derivaciones de las casas, se emplean hilos recubiertos de caucho y encerrados en tubos de 37 mm. de diámetro.

Sistema de la Saint-James, and Pale Mall Electric Lighting C.^o para bajas tensiones. La distribución es a tres hilos y a baja tensión. Los conductores están formados de bandas de cobre desnudo colocadas sobre aisladores en conductos de fundición.

Como indica la figura 213, el conducto está formado por una cubeta de 25 cm. de ancho por 15 de alto, y está cerrada por una cubierta unida a la cubeta con una punta de cáñamo y minio. La longitud del tubo es de 1,06 m.; éstos es-

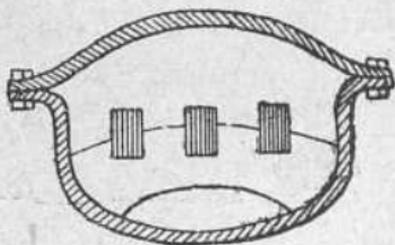


Fig. 213

tán unidos por piezas del mismo perfil que tienen 125 mm. de longitud; la junta se hace con plomo.

Los aisladores de porcelana están dispuestos a las distancias de 2,75 m.

Los miradores hechos de ladrillo y cemento están establecidos a cada 30 m. Los tubos tienen cierta pendiente para la evacuación del agua, que se saca de tiempo en tiempo.

Para establecer las derivaciones de las habitaciones, se perfora la cubierta y se atornilla a ella un tubo. El conductor de la derivación está en-

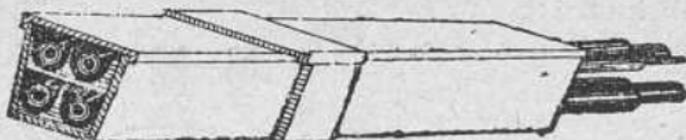


Fig. 214

vuelto en caucho vulcanizado y soldado al conductor principal.

Sistema de la Callunder Bitumen Company. Este sistema se compone de un conducto de madera (fig. 214) provisto de piezas transversales con entalladuras para recibir los cables. Una vez colocados éstos, se llena el conducto de betún. Este constituye un gran aislamiento y su elasticidad le permite prestarse a los movimientos del suelo.

La compañía, en sus estaciones centrales, reemplaza los conductos de madera por otros de hierro. Las porciones, que tienen 1,80 m. de longitud, están reunidas por juntas de recubrimiento con bulones.

En los puntos de ramificación se colocan cajas de fundición. Los cables interrumpidos en los orificios de las cajas se reúnen por una pieza de bronce, a la que se adaptan las derivaciones.

Sistema de la estación de los mercados centrales.
Los cables están instalados en conductos de cemento que tienen 25 cm. por 30 cm., colocados debajo de las auras. Ranuras transversales dispuestas a 1,50 m. de distancia reciben marcos de madera verticales provistos de ganchos de fundición vitrificada que soportan los cables.

Para las corrientes de baja tensión, los cables están formados de hilos de cobre estañado, retorcidos, recubiertos de caucho puro; después tienen una capa de 2 mm. de caucho preparado, y, por último, dos bandas de cinta cauchuada. El conjunto está vulcanizado y rodeado de una envoltura de cáñamo impregnado de resina. Estos cables están calculados para una densidad media de 2 amperios por milímetro cuadrado, y una caída de potencial de 10 voltios. La resistencia de aislamiento debe ser de 300 megohmios por kilómetro a 24 grados.

Los cables de alta tensión están dispuestos de la misma manera. Pero en algunas calles se usan las alcantarillas para estos conductores. Como en éstas se encuentran ya hilos telefónicos y telegráficos, para evitar los efectos de inducción se han empleado los cables consecutivos. He aquí cómo están formados:

Un alma de cobre, comprendiendo 19 hilos de

2 mm., dos capas de caucho puro, varias capas de fibra vulcanizada; después viene el segundo circuito formado de hilos de cobre arrollados en hélice, dos capas de caucho puro, varias de caucho vulcanizado; dos bandas vulcanizadas arrolladas en sentido inverso; una capa de 3 mm. de cáñamo impregnado de resina; dos cintas de algodón. Por último, un tubo de plomo de 2,5 m. rodeado de una cuerda trenzada.

El cable está alojado en molduras de madera inyectada, empotrado en la fábrica de la alcantarilla.

Sistema Siemens. Altas tensiones. Para las altas tensiones, Siemens emplea cables concéntricos, compuestos de dos series de hilos, de las cuales una está colocada en el centro y la otra en la circunferencia; alrededor del núcleo de cobre central se pone una capa espesa de yute, que está impregnada de un betún adicionado de aceite espeso; la segunda fila de hilos de cobre está colocada sobre este aislante; después se aplica una segunda capa aislante y un tubo de plomo. Este último se recubre de un tejido; después por un doble arrollamiento de bandas de hierro en espiral, y por último una capa de hilo de yute. Estos cables se colocan directamente sobre el suelo sin ninguna protección.

Hay cajas dispuestas para las uniones y ramificaciones; estas cajas están formadas de dos partes reunidas por bulones. Después de haber hecho la unión, se cierra la caja y se la llena de aceite

pesado, por un orificio destinado a este uso. Esta disposición está representada por la figura 215.

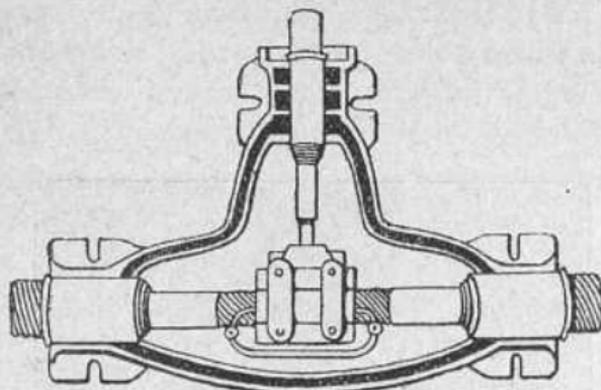


Fig. 215

Sistema de la compañía House-to-Homes; altas tensiones. Los conductores están aislados con caucho.

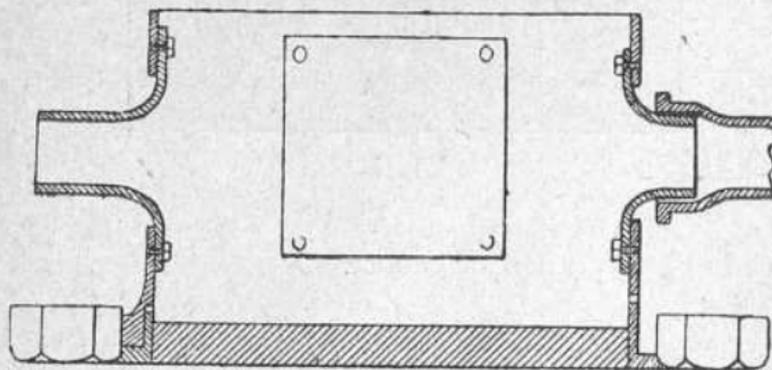


Fig. 216

vulcanizado y un doble tejido impregnado de una materia especial; la tensión alcanza a 2.000 voltios.

Los cables están colocados en tubos de fundi-

ción. Los miradores de hierro tienen 90 centímetros de largo por 50 de ancho y 60 de altura, y no tienen fondo (fig. 216); cada cara lateral presenta una abertura, sobre la que puede adaptarse una pieza cónica que sirve para las ramificaciones. Las aberturas que no se utilizan para este uso se cierran



Fig. 217

con placas. La parte superior del mirador está cerrada por un tapón de hierro.

Sistema de la A. E. G. El más moderno y más empleado de los sistemas descritos es el de la Compañía A. E. G., que vamos a describir.

Como hemos dicho anteriormente, los cables se colocan fuera de los edificios directamente en el suelo. La A. E. G., con este objeto, abre zanjas (fig. 217), con la profundidad aproximada de 70 cen-

tímetros y el ancho de la pala, si no se colocan más de tres cables para baja tensión.

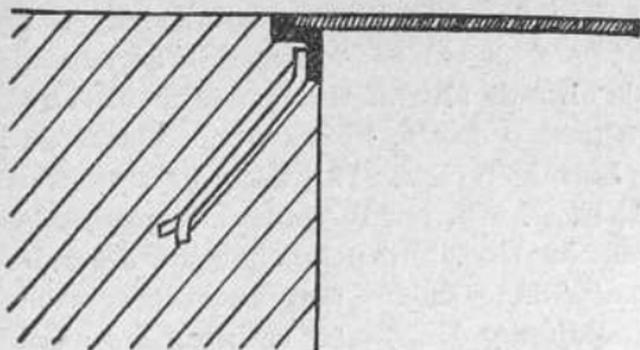


Fig. 218

Si es posible, deben colocarse los cables entre arena. Siendo mayor el número de éstos, se pueden

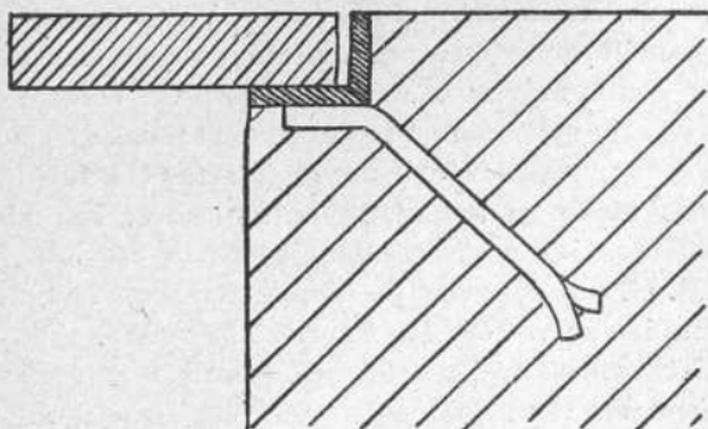


Fig. 219

superponer dos , o a lo sumo tres capas de cables. Es conveniente echar una capa de arena encima de cada serie de cables. Encima de éstos se pone mu-

chas veces una capa de ladrillos, para no herirlos al hacer excavaciones posteriores.

Dentro de los edificios se construyen muchas veces para los cables de recorrido horizontal canales de obra de albañilería, generalmente en el suelo del sótano o cueva, tapados con placas de hierro o de hormigón (figs. 218 y 219). Para estos canales, la A. E. G. usa, por lo general, la profundidad de 30 centímetros. El ancho depende del número y diámetro de los cables; pero con respecto a las cajas de empalme y derivación, estima que no deben ser menos de 30 centímetros.

Si los cables se colocan en paredes y techos, se necesitan soportes de hierro. Los cables colocados horizontalmente en la pared se montan más sencillamente en soportes de flejes de hierro en forma de gancho, puestos a una distancia de 80 centímetros como máximo. Esta manera de colocarlos sirve casi exclusivamente para las paredes de túneles, etc., puesto que el cruce de puertas con muchos cables ofrece generalmente dificultades. Para los recorridos horizontales debajo de los techos, la A. E. G. usa soportes de hierro cuya construcción y empleo se ven en las figuras 219 y 220.

Esta construcción permite levantar y colocar cada cable separadamente en el soporte ya montado, y el manejo cómodo de cada cable. Para colocar de uno a tres cables, se pueden adoptar formas más sencillas, que no necesitan más que una sujeción y tienen grapas análogas.

Todos los cables colocados en construcciones de

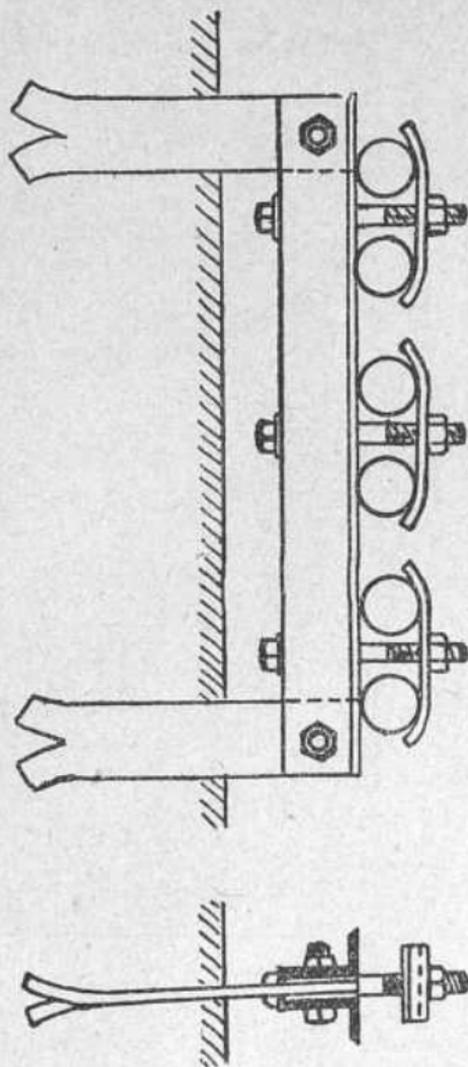


Fig. 219.

hierro deben enderezarse con el mazo después de montados.

Los trayectos verticales en las paredes, como

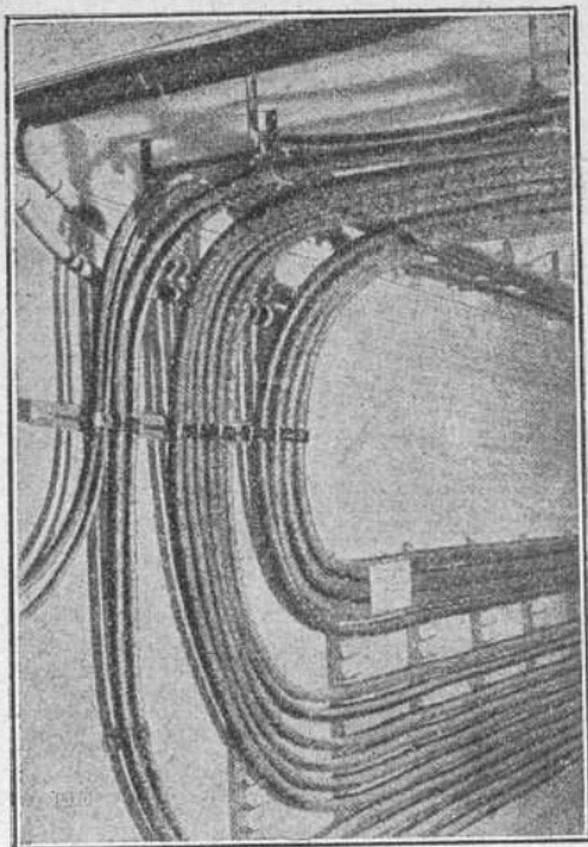


Fig. 220

líneas ascendentes, tienen que sujetarse con grapas en todos los puntos de apoyo (fig. 221). Las grapas para los cables armados de hierro pueden ser también de hierro, si se amoldan bien; pero hay

que tener cuidado que se adapten bien a la superficie y no tiendan a romper la cubierta de plomo. Por este motivo se emplean mucho las grapas de madera, o se revisten interiormente de madera las de hierro. En los pasos de los muros y de los techos, y, por consiguiente, a la entrada de un cable en un edificio, debe colocarse éste dentro de tubos para que no toque al muro y se pueda sacar con más facilidad. Para atravesar tabiques, y especialmente techos, es más sencillo hacer un orificio para que pase el cable al descubierto. Si es necesario hacer un cierre perfecto entre dos estancias, se llena el intersticio, entre el cable y el tubo, con estopa, cuerda embreada, etc.

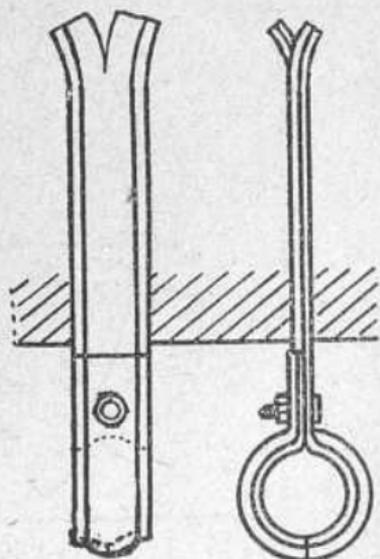


Fig. 221

Al colocar los cables hay que procurar primeramente que éstos no estén demasiado fríos. No deben colocarse a una temperatura inferior a 7 centígrados sobre cero, especialmente no en tiempo de hielos. En el interior de los edificios es fácil lograr una temperatura del ambiente adecuada. Fuera de los edificios, la colocación en tiempo muy frío generalmente no sería factible, por razón de los trabajos de excavación. En

cambio, se ve a menudo que cables almacenados a la intemperie (lo que en sí no les perjudica) se colocan en el interior de edificios sin calentarlos. Esto es inadmisibles, porque se expone el aislamien-

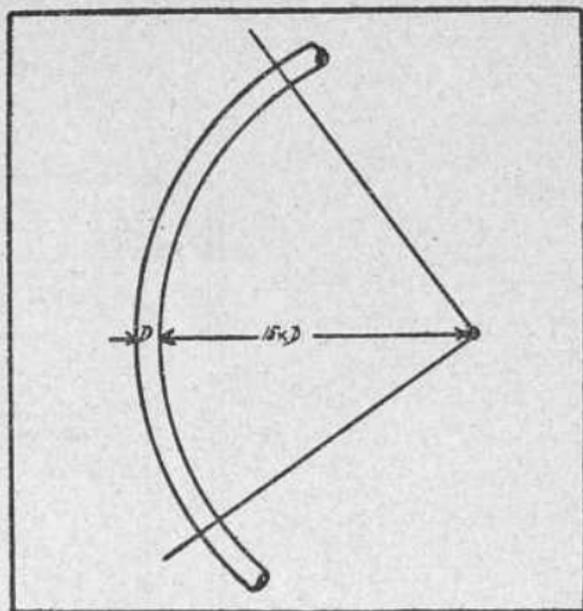


Fig. 222

to a que se resquebraje. El cable debe dejarse en un sitio caliente doce horas antes de ser colocado.

El cable se suministra generalmente enrollado en una bobina; nunca debe arrollarse con diámetro más pequeño que el de la capa inferior de la bobina. Al manejarlo, como en su colocación definitiva, debe llevarse en curvas poco pronunciadas. Curvas con un radio que sea menos de 15 veces el diámetro del cable, son inadmisibles (fig. 222). Para

desenrollar el cable, hay que emplear un eje y dos caballetes para elevar la bobina. Trozos de cable más cortos, que se suministran en rollos, se extienden primero en el suelo para que no formen nudos. Al extender el cable no debe ejercerse sobre él tiro ninguno; hay que llevarlo sin arrastrarlo.

Para la recepción y el cambio de los cables instalados es importante poderlos distinguir. Con este objeto se proveen los cables subterráneos, que, por el contrario, a los colocados en edificios no se pueden vigilar en su recorrido, de unas abrazaderas para señalar su polaridad y corriente (figura 223). Para poder distinguir en toda ocasión los de alta tensión, se fabrican éstos con un hilo de yute, que pasa en forma de espiral por el cable.



Fig. 223

La preparación de los extremos y las derivaciones requieren un especial esmero. Al cortar el cable con el serrucho, hay que evitar el doblarlo demasiado. Antes de hacer el corte, hay que atar la cubierta de yute con alambre a los dos lados del corte. Si uno de los dos extremos cortados, por no colocarse en seguida el cable, no se cierra en seguida con un terminal, etc., hay que ponerle un casquillo de chapa de plomo, que generalmente se tiene a

disposición de los empalmes, etc., anteriormente hechos, para que no penetre la humedad en el cable. Este casquillo tiene que cerrar herméticamente. Si el cable no ha de guardarse mucho tiempo, es suficiente cubrirlo cuidadosamente con *chatterton*, arrollando encima una cinta de caucho y, por último, una cinta aislante. La envoltura de ésta solamente no sería lo bastante.

Para preparar el extremo de un cable para la colocación en un terminal de palastro, se ata la capa exterior de yute con alambre a una distancia rela-

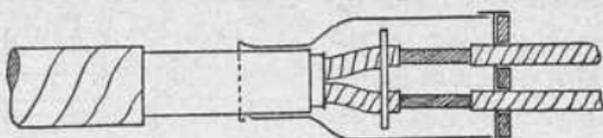


Fig. 224

cionada a la longitud del embudo de terminación. Este extremo tiene que ser más largo que el embudo, para que éste pueda entrar más en el cable, cuyo objeto explicaremos más adelante (fig. 224).

Además, hay que tener en cuenta el largo de los terminales de contacto formados por los conductores del cable. Las cintas del yute se desenrollan y se cortan. Directamente, al lado de la atadura, se cortan las bandas de hierro con la lima de triángulo por toda la circunferencia. Después se corta el yute interior hasta el borde de la armadura, dejando desnuda la cubierta de plomo. Hay que tener mucho cuidado de no cortar en dirección al plomo, para que éste no se lesione o corte. Con un trapo

mojado en bencina, se limpia el plomo. Hecho esto, hay que quitar una parte de la envoltura de plomo. Después de hacer un corte circular sin tocar el alma del cable, se lleva la navaja tangencialmente a la circunferencia, a lo largo del trozo, cortándolo sin deteriorar el interior del cable. Después se quita el trozo del plomo con la mano. Poco antes del borde de la cubierta de plomo se ata el aislamiento interior con un bramante, y los hilos de algodón y el aislamiento de papel se quitan con la mano, y después se corta el relleno de yute, lo que tampoco debe hacerse cortando hacia los conductores.

Para terminar la preparación hay que desnudar los conductores 40 milímetros después de atar el aislamiento con bramante. Se coloca el embudo de terminación, se pone el puente de separación o luneta y se pasan los conductores por la tapa de la caja. Antes de llenarla con la materia aislante, se envuelve la cubierta de plomo con cinta de caucho en el sitio donde ajuste el cuello del embudo; se pone en su sitio éste último y, junto con la cubierta de plomo, se envuelve con la cinta hasta que esté sujeto. La materia aislante se calienta en una caldera (pero no en la lata en que se vende) hasta que esté bien líquida; se levanta algo la tapa y se llena el embudo bien colmado sin que se formen burbujas de aire. Después de enfriarse poco a poco la masa, se cierra el embudo. Para proteger los conductores entre el embudo y las bornas contra la humedad, se envuelven con cinta de Celon. Ade-

más de las cajas de terminación de palastro hay solamente para los cables de baja tensión las de caucho para cables unifilares hasta de 25 milímetros cuadrados de sección, y las cajas de terminación Tenacita, para dar el paso de los conductores del cable a los tubos aislantes. Estos se colocan de manera análoga. Lo principal es procurar cortar

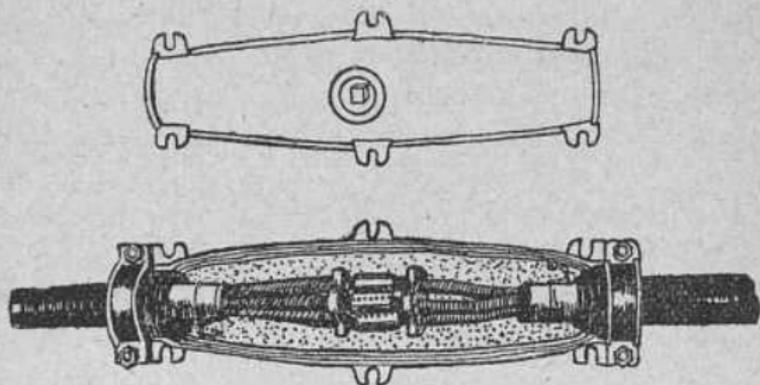


Fig. 225

las diferentes capas del cable en conveniente graduación, dando especialmente a la cubierta de plomo una distancia suficiente de los conductores de corriente. Quedan por tratar las cajas de empalme y de derivación, construídas siempre de fundición de hierro y compuestas de dos partes iguales, unidas con tornillos (fig. 225). La preparación de los cables se hace como para los terminales, teniendo en cuenta el largo de la caja. Para ajustar los cuellos de la caja se suministra junto con ella una tela especial. Antes de verter la masa aislante,

hay que calentar las piezas de fundición por igual con la lámpara de soldar. Se llena la caja en varias veces para que pueda salir el aire. El orificio de entrada no se cierra hasta que no se enfríe la masa.

Cables Ferranti para distribución con transformadores. Con las altas tensiones resultantes de la distribución por transformadores, es indispensable que los conductores estén perfectamente aislados. Los hilos bajo plomo deben evitarse, porque las

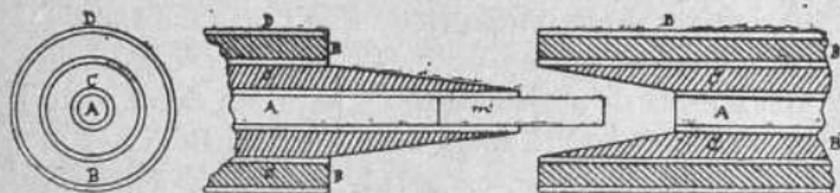


Fig. 226

corrientes alternativas determinan en el plomo efectos de inducción; si existen puntos débiles, se producen chispas y se encuentra comprometido el aislamiento. Los cables de dos conductores concéntricos dan buen resultado. Estos tienen, es verdad, el inconveniente de poder formar condensador; pero las probabilidades de contacto a tierra son menos numerosas, y si existe un defecto de aislamiento entre los dos conductores, la corriente vuelve simplemente a la máquina. El modelo del cable representado por la figura 226 es el empleado por Ferranti.

Un tubo de cobre *A* de 6 metros de longitud está

recubierto por una serie de bandas de papel *C* impregnado de materia aisladora. Encima de esta capa está encajado a la fuerza un tubo *B* de cobre, de la misma longitud que *A*. *B* está recubierto del mismo aislante, y el conjunto está encerrado en un tubo de hierro *D* que sirve de envoltura protectora.

M. Ferranti es de opinión que es mejor componer el aislante de varias capas sucesivas que hacerlo con un bloque de pasta. Con este último sistema puede existir una fisura en el espesor de la masa, en tanto que con varias capas superpuestas hay pocas probabilidades de que todas sean defectuosas en el mismo sitio. El papel barnizado de una mezcla de aceite, azufre y parafina da un aislamiento que resiste a las más altas tensiones.

Para las uniones, cada tubo tiene una extremidad macho y otra hembra, que encajan la una en la otra, como lo indica la figura. Para completar el ensamblado, se coloca en *A* una varilla de cobre *m* y se hace la unión con una prensa hidráulica transportable. El conjunto se recubre en seguida con un manguito de hierro.

Para las curvas se emplea una máquina de cimbrar, análoga a las que sirven para los rieles de los caminos de hierro.

Montaje de los aparatos protegidos. Los interruptores y cortacircuitos encerrados en cajas de fundición tienen su aplicación en todos los talleres, fábricas, establecimientos de agricultura, cuevas y canalizaciones; en una palabra, en todos los sitios donde sea cuestión de un tratamiento rudo y de

un personal inexperto. Para los conductores que conducen a estos aparatos, por consiguiente, no es cuestión más que de los cables subterráneos y de los tubos de acero, porque todos los demás sistemas no tendrían bastante resistencia aun con esta protección. Especialmente para los aparatos de mayor intensidad, las cajas de interruptores, se emplean casi exclusivamente los cables para hacer la conexión. La preparación de los cables se diferencia de tal manera de la de las terminaciones normales, que es necesario indicar las propiedades más especiales de ella. La caja de interruptor sencilla no contiene más que un interruptor de palanca, con o sin cortacircuitos o sin disyuntor automático que tiene cuatro bornas, si es para corriente continua, y seis si es para trifásica, destinadas la mitad para la entrada y la otra mitad para la salida de la corriente. Por lo tanto, hay que conectar dos cables al aparato, para lo que se necesita una caja de terminación doble. Primero se colocan en los cables no preparados aún las tuercas de los manguitos de ajuste; después la caja del terminal (fig. 226), y solamente ahora se pueden preparar los extremos. Como en la colocación de terminales normales se ata y corta el yute exterior, se prepara la armadura y el yute interior, descubriendo la cubierta de plomo. Antes de seguir el trabajo, se meten los manguitos de ajuste, porque es mejor hacerlo antes de desnudar los conductores. Después se quita la cubierta de plomo, se les da la forma adecuada a los conductores y se desnudan los ex-

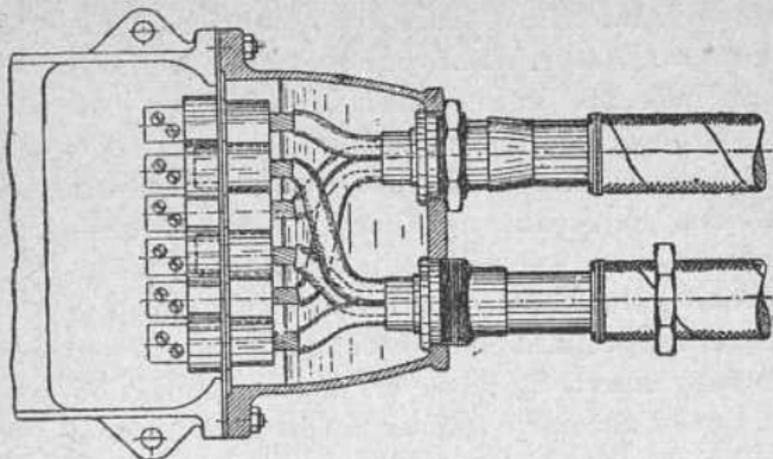
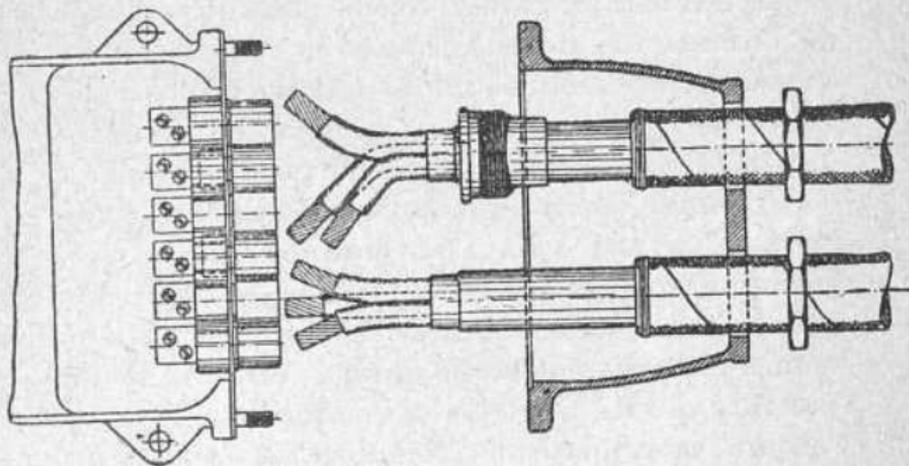


Fig. 226



tremos. En esta última operación hay que procurar cortar tanto del aislamiento, que, al verter la materia aislante, se queden cubiertos los bordes del aislamiento de los conductores y que entre la pared inferior de la pieza de porcelana que contiene las bornas y la superficie de la masa quede un trozo adecuado de conductor de cobre desnudo. Al unir los conductores a las bornas, hay que procurar que no se altere el curso de la corriente, que es diferente según la clase del aparato (entrada de las bornas anteriores o posteriores). Después de fijar las formas de los cables, la caja de terminación se coloca en su sitio; los manguitos de ajuste se colocan en los orificios inferiores, y, después de atornillar la caja del aparato, se atornillan también las tuercas de los manguitos. Para hacer impermeable la unión entre el manguito y la cubierta de plomo, y para poner ésta en contacto con la caja en comunicación con tierra, hay que soldar el manguito a la cubierta. Para esto sirve una tira del trozo del plomo que se ha quitado al cable; ésta se suelda alrededor, por una parte, con el manguito y, por la otra, con la cubierta de plomo. Después se puede envolver esta última con cinta aisladora y verterse la masa aislante. En el fondo de la caja del interruptor que tiene las bornas hay dos orificios con tapones de madera. Por uno se vierte la materia, valiéndose de un embudo o una canal de molde, saliendo el aire por el otro orificio. Después de enfriarse la masa aislante, se vuelven a poner los tapones.

Si no se trata de una caja de interruptor sencilla, sino de la reunión de varios aparatos por medio de bornas, por regla general no han de emplearse cajas de terminación dobles; la línea de entrada, terminando en un embudo sencillo, tiene que cruzar las barras antes de llegar al interruptor principal. Pero los conductores de la línea de entrada tienen que estar aislados de ellas; hay que dejarles el aislamiento original en un trozo suficiente, para llevarlos a las bornas de la caja del interruptor. El montaje se hace, por consiguiente, igual al de una terminación de cable ordinaria.

Los conductores se introducen en las bornas del interruptor, y, después de colocada la caja de terminación, se llena con la materia aislante por los orificios que hay en el fondo del aparato.

Las cajas de las bornas, que hasta ahora estaban vacías, se montan de modo que, primero, se introducen los hilos cortos de las derivaciones de los aparatos conectados, y, por último, las barras redondas colectoras, cuyos extremos están fijos por tubitos de porcelana insertados en las paredes de palastro de las cajas. La unión de las barras a los hilos derivados se efectúa por medio de grapas de derivación, abiertas, que se atornillan delante. Para asegurar los tornillos sirven chapas rectangulares de palastro, que por detrás cogen el tornillo y por delante la tuerca, de modo que la posición de la tuerca referente a la grapa es inalterable.

Comprobaciones y medidas del aislamiento. Indicaciones generales. Al tratar de este asunto, de suyo importante en las instalaciones eléctricas, vamos a ceñirnos a las indicaciones dadas por la A. E. G., que, como es sabido, es una de las Sociedades de mayor importancia en Europa, y la que, por el gran desarrollo de su negocio y lo bien montado que lo tiene, cuenta con una gran experiencia y con un personal técnico que estudia con mucho detenimiento cuantos problemas se le presentan, terminando por darles una solución práctica y acertada.

Es sabido que, aunque se emplee el mejor material aislante y con el mayor cuidado posible, no se puede lograr un aislamiento perfecto de la corriente. Siempre nos encontraremos con una pequeña pérdida. Si ésta no pasa de $\frac{1}{1000}$ de amperio, o sea un miliamperio, no puede causar perjuicio. En este caso el aislamiento cumple con las prescripciones de seguridad acordadas y se puede considerar como suficiente.

En la práctica no se mide la única pérdida, sino la resistencia que el aislamiento opone al paso de la corriente (*resistencia de aislamiento*). Por medio de ella y la tensión de trabajo se calcula la pérdida en la red según la ley de Ohm.

$$\text{Pérdida en amperios} = \frac{\text{Tensión de trabajo en voltios}}{\text{Resistencia del aislamiento en ohmios}}$$

La pérdida no debe pasar del valor máximo admitido de un miliamperio; por consiguiente, es satis-

factorio el estado del aislamiento si la resistencia del aislamiento es mayor de

110.000	ohmios	a la tensión de servicio de 110 volt.
220.000	—	— de 220 —
380.000	—	— de 380 —
500.000	—	— de 500 —

La medida de las resistencias de aislamiento es siempre, por lo tanto, cuestión de valores grandes, y, para mayor comodidad, se ha introducido como unidad de medida el megohmio, que es igual a un millón de ohmios.

110.000	ohmios	=	0,11	megohmios.
220.000	—	=	0,22	—
380.000	—	=	0,38	—
500.000	—	=	0,50	—
1.000.000	—	=	1,00	—
3.000.000	—	=	3,00	—

La escala de los aparatos de medida lleva generalmente esta graduación.

Las prescripciones fijadas no exigen que la instalación completa tenga esta resistencia total de aislamiento. Es suficiente que cada parte de un circuito, comprendida entre dos cortacircuitos o entre el último cortacircuito y cada aparato de consumo eléctrico, tenga la resistencia de aislamiento requerida.

El estado de aislamiento de una instalación com-

puesta de varias líneas derivadas o varios aparatos de consumo puede ser, por consecuencia, sensiblemente más bajo, puesto que para cada circuito parcial se tolera una pérdida de un miliamperio; en una instalación que comprenda tres partes separadas por cortacircuitos será admisible una pérdida de tres miliamperios. El aislamiento de la instalación completa no depende, por consiguiente, sólo de la calidad del material de aislamiento, sino también de la extensión de la instalación. Redes muy ramificadas demuestran una pérdida mucho mayor que un miliamperio, sin que por esto se puedan calificar de defectuosas o propensas a incendios.

La resistencia de aislamiento de una instalación no es constante. Se altera por los efectos del calor, humedad o influencias semejantes. Las líneas aéreas, por ejemplo, tienen en tiempo seco un estado de aislamiento excelente, que desmerece durante la lluvia. Líneas instaladas en cuadras y establos tienen generalmente, inmediatamente después de su terminación, un aislamiento suficiente, pudiéndose, sin embargo, empeorar fácilmente sus condiciones por causa de las evaporaciones del establo, etc., si no están hechas conforme a las exigencias de la experiencia. Las líneas instaladas en casas recién construídas, en cambio, tendrán al principio un estado de aislamiento mediano por causa de la humedad, y mejoran al secarse la obra.

Las prescripciones fijadas exigen que el estado de aislamiento se compruebe en lo posible con la tensión de trabajo, pero por lo menos con 100 voltios.

En las medidas de aislamiento a tierra empleando corriente continua debe de unirse, si es posible, el polo negativo de la generatriz a la línea que se quiere comprobar.

En todas las comprobaciones de aislamiento no se debe ensayar sólo entre cada conductor y la tierra, sino también el aislamiento de los conductores entre sí. Para estas pruebas se deben separar todas las lámparas de incandescencia o de arco, motores y otros aparatos de consumo de energía de sus conductores, pero dejando puestos los aparatos de alumbrado y los cortacircuitos y cerrados los interruptores. Con esto se consigue que todas las partes de la instalación a comprobar estén comprendidas en la prueba y en la medida. Por consiguiente, es indispensable hacer preceder a cualquier comprobación de aislamiento una comprobación de la continuidad *de la línea*.

En las pruebas de aislamiento se distinguen:

1.º *Comprobación de aislamiento* donde sólo se quiere determinar si la línea, máquina, aparato, etcétera, etc., tienen por lo menos la resistencia de aislamiento prescrita.

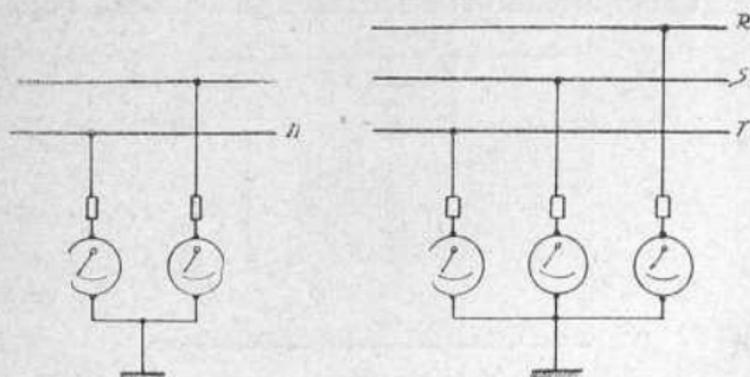
2.º *Medida de aislamiento*, por la que se quiere averiguar el valor de la resistencia de aislamiento con la mayor exactitud posible.

3.º *Localización de una avería*, para averiguar el sitio de un defecto de aislamiento.

Las comprobaciones y medidas de aislamiento y la localización de un defecto se pueden efectuar lo mismo en las instalaciones en servicio como en las

líneas y máquinas que no lo estén. Se puede utilizar la tensión de la red o de una generatriz extraña, sea batería o magneto de manivela.

Aparatos y procedimientos para comprobar el aislamiento. Instalación en servicio. En las instalaciones en servicio hay necesidad de tener en cualquier momento un conocimiento aproximado del estado del aislamiento de la instalación. Para este ob-



Figs. 227 y 228

jeto sirve la misma tensión de la red, y se emplean los voltímetros electromagnéticos o de precisión, contrastados expresamente para la medida de aislamiento: Pl. número 7901-09, 79201-19, 79221-39, 7911-19, que se conectan con las barras colectoras del modo señalado en las figuras 227 y 228.

En las instalaciones de bajo voltaje, los aparatos se montan desconectables y se intercalan sólo en el instante de comprobar el aislamiento.

En las instalaciones en servicio, por lo general, es suficiente, si se puede determinar la existencia de

un defecto de aislamiento que pueda causar una perturbación. La existencia de tal defecto se conoce por la desviación de la aguja de los voltímetros acoplados. La avería existe en el conductor conectado con el voltímetro que marque menos voltios.

En las instalaciones que no funcionan todavía se procede de un modo esencialmente distinto.

Instalación inactiva. Indicaciones generales. Para comprobar el estado de aislamiento de líneas o apa-

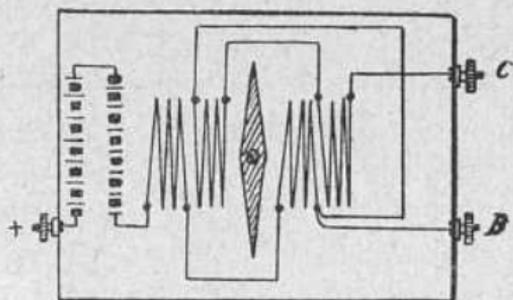


Fig. 229

ratos de consumo eléctrico fuera de servicio, se emplean los *galvanoscopios*, que representan los indicadores de aislamiento, que por su construcción sencilla y cómoda son de uso universal, y sirven para comprobar en cualquier clase de instalación defectos graves de aislamiento e interrupciones de los circuitos. Se fabrican por la A. E. G. de dos clases:

Para el ensayo con corriente de batería, Pl. número 79714 a 79716, con las conexiones interiores según la figura 229.

Para la medida con corriente de batería o de la

red hasta 220 voltios, Pl. número 79717 a 79719, con las conexiones interiores (fig. 230).

El galvanoscopio se coloca de manera que la aguja marque cero. No debe haber imanes ni grandes masas de hierro próximos a él. Desde el sitio de la prueba se eleva un hilo a una cañería de agua o de gas, tubería de pozo, construcción de hierro u objetos análogos para establecer una buena comunicación con tierra. Hecho esto, se puede empezar

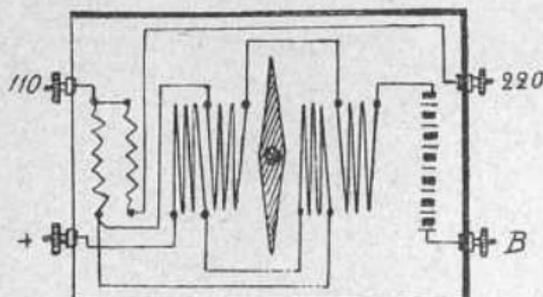


Fig. 230

con la comprobación, que requiere, no una, sino una serie de observaciones.

En la figura 231 se indica que a las pérdidas de corriente por falta de aislamiento del conductor *I* con tierra (*X*) hay que unir las del conductor *II* (*y*), siendo preciso también tener en cuenta la de los conductores entre sí por insuficiencia de la envoltura aislante (*z*). Antes de empezar las operaciones habrá que asegurarse que todas las partes de la instalación están comprendidas en las pruebas.

Si, por ejemplo, el conductor *II* hubiera sufrido una interrupción, como lo representa la anterior

figura, y la medida se efectuara en el comienzo de la línea, ni las pérdidas z ni la y cerca del término del conductor II se podrían observar. Antes de cada medida hay que establecer, por lo tanto, una conexión auxiliar, H , entre los extremos de la línea en cuestión, y asegurarse de su integridad por medio de los aparatos de medida. Después de esta

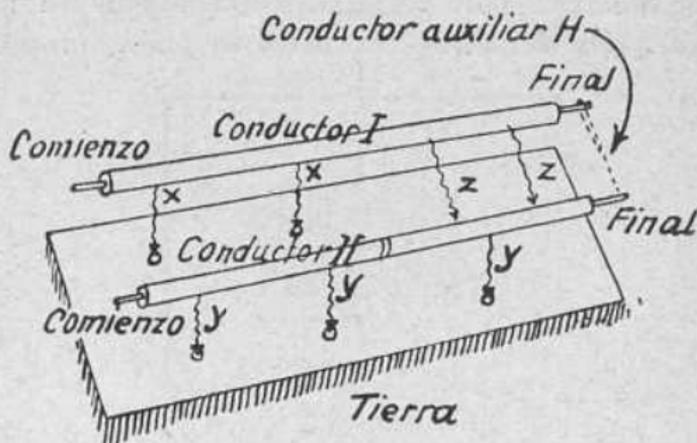


Fig. 231

comprobación de la continuidad de la línea se quita la conexión auxiliar H , y la medida de aislamiento puede comenzar.

El curso de los ensayos está representado por las figuras siguientes, y para mayor sencillez se indica sólo una vez la instalación completa en la figura 232 comprobación de línea. La figura 233 y siguientes no representan más que los conductores que conducen a la instalación. Los conductores están señalados con I y II ; los defectos de aislamiento están

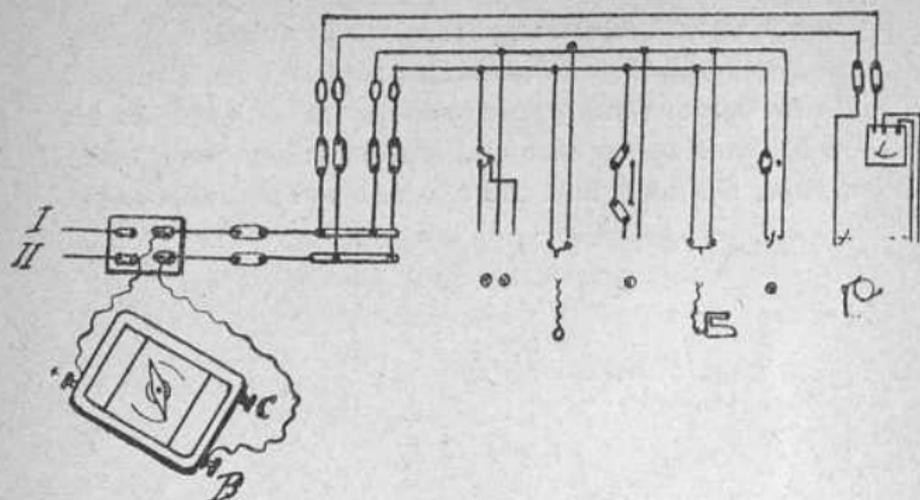


Fig. 232

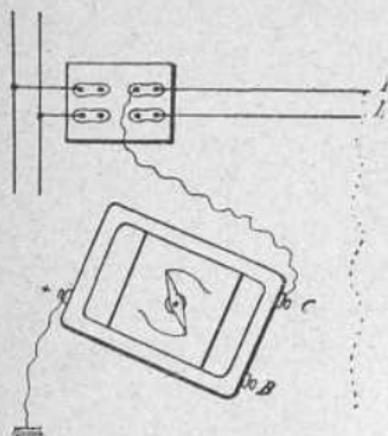


Fig. 233

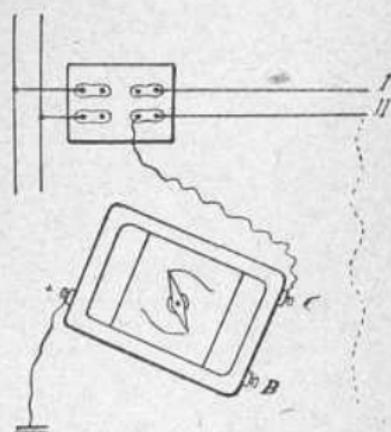


Fig. 234

trazados con puntos. Las demás indicaciones corresponden a los signos que se encuentran en los aparatos que fabrica la A. E. G.

Al pasar la corriente por la red o línea ente-

ra que se quiere examinar, la aguja del galvanoscopio tiene que recorrer toda la amplitud de su escala. Debe volver a marcar cero al quitar la conexión *H*.

En cada caso se lee el ángulo de desviación de la aguja. En las tablas del aparato se encuentran los

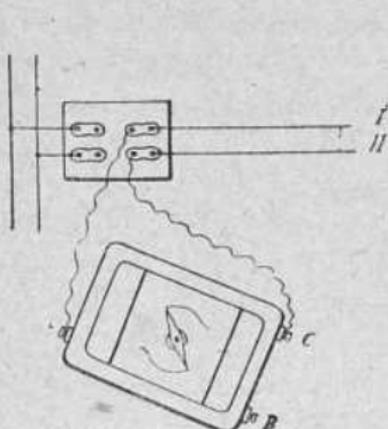


Fig. 235

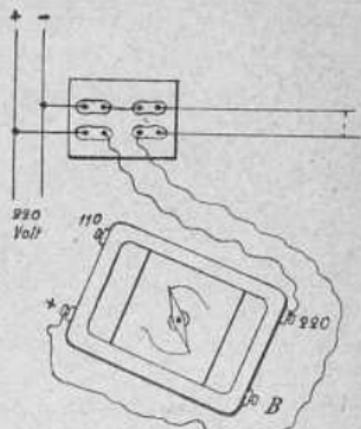


Fig. 236

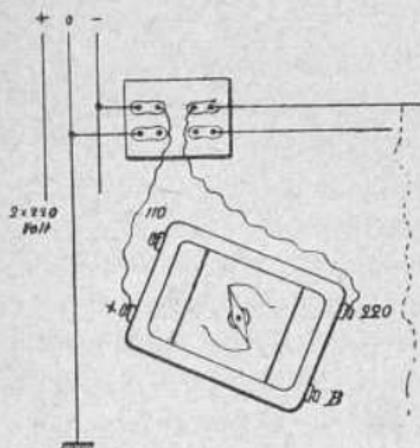


Fig. 237

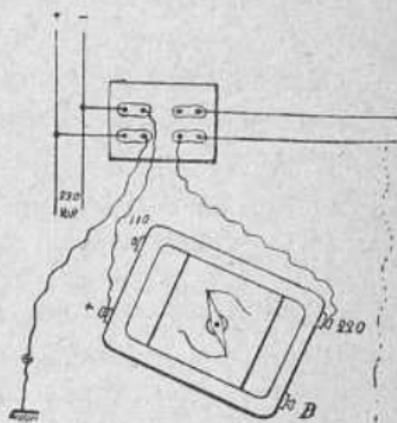


Fig. 238

valores aproximados de las resistencias de aislamiento correspondientes a las lecturas efectuadas.

En las instalaciones trifilares con hilo neutro comunicado con tierra no hace falta establecer comunicación auxiliar con tierra (fig. 237).

En las instalaciones sin conductor a tierra se establece la comunicación con tierra del conductor positivo intercalando una lámpara incandescente.

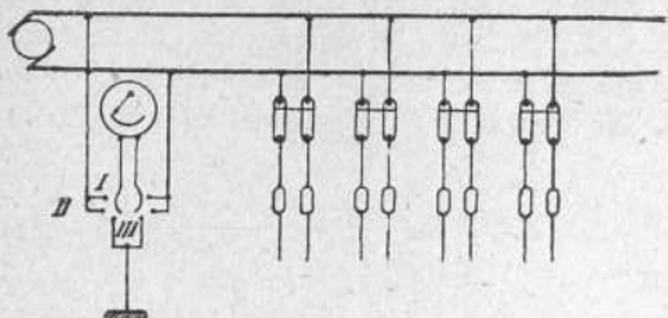


Fig. 239

Esta sirve sólo como protección contra un corto circuito y no debe encenderse (fig. 236).

Las líneas en las cuales la poca desviación de la aguja del galvanoscopio indica una resistencia de aislamiento suficiente, pueden ponerse en servicio sin peligro alguno (fig. 238).

Aparatos y procedimientos de medidas de aislamiento. Instalación en servicio. *Verificación de aislamiento a tierra.* Para medir exactamente el valor del aislamiento de las instalaciones en servicio se emplean en las de corriente continua los voltímetros de precisión Pl. número 79201 a 79219. Conforme se ve en la figura 239, se conectan con

un conmutador bipolar de tres contactos. En las tres posiciones del conmutador, la lectura del voltímetro indica:

En la posición *I*, la tensión entre el conductor positivo y la tierra = V_p .

En la posición *III*, la tensión entre el conductor negativo y la tierra = V_m .

En la posición *II*, la tensión de la red entre los conductores positivo y negativo = E .

Con la ayuda de la resistencia (R) marcada en el aparato, la resistencia de aislamiento de la instalación completa se puede calcular según la fórmula

$$X = R \left(\frac{E - V_p - V_m}{V_p + V_m} \right).$$

Ejemplo: Resistencia del aparato, $R = 2600$ ohmios.

Tensión de la red, $E = 220$ voltios.

Las indicaciones del voltímetro, $V_p = 54$ voltios.

Las indicaciones del voltímetro, $V_m = 11$ voltios.

Entonces, $X = 2600 \left(\frac{220 - 54 - 11}{54 + 11} \right) = 62000$ ohmios.

Para medir la resistencia a tierra de las instalaciones de corriente alterna en servicio se pueden emplear los mismos aparatos de medida, pero en combinación con una batería de medida y una bobina de autoinducción. Las conexiones están repre-

sentadas en la figura 240. En las instalaciones de corriente trifásica con conductor neutro a tierra, la medida a tierra no es realizable mientras la instalación esté en servicio.

El conmutador del voltímetro permite en la posición *I* la indicación del valor de aislamiento de la instalación completa, y en la posición *III*, de aquella parte que esté conectada con el conductor fle-

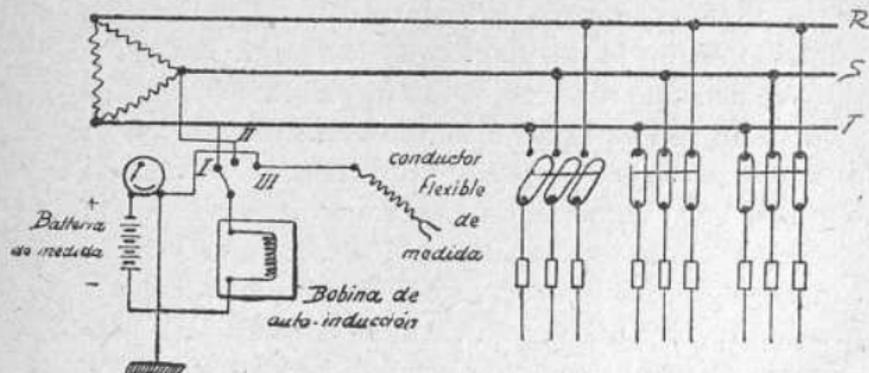


Fig. 240

xible de medida. Los aparatos se pueden graduar de modo que indiquen inmediatamente el valor de aislamiento de la instalación tal que sea innecesario el cálculo. En la posición *II* se comprueba el aparato. Los inductores magnéticos de manivela, de los que trataremos más adelante, se pueden emplear también para estas medidas en cuanto la tensión de la instalación no sea más alta que la que está indicada en el inductor.

Red inactiva. Medida con la tensión de una red de corriente continua. Los voltímetros de preci-

sión para corriente continua, por su exactitud, sirven, sin excepción, para las medidas de aislamiento con ayuda de la tensión de la red de líneas y aparatos de consumo de energía eléctrica que estén fuera de servicio. Se emplean para esto los aparatos (de bobina giratoria) portátiles Pl. número 77221 a 77231. Estos se pueden graduar con una escala en ohmios tal que permitan la lectura directa de la resistencia de aislamiento de la línea en cuestión según la desviación de la aguja. Estas indicaciones, sin embargo, sólo son exactas si la tensión de la red es igual a la tensión indicada en el aparato para la que está graduada la escala de ohmios. Pero como la tensión no es igual en todas las partes de la red, y además fluctúa en sí, el voltímetro de precisión con escala en ohmios no siempre da una lectura exacta de la resistencia de aislamiento. Para obtener una medida exacta es mejor emplear un voltímetro de precisión con graduación sencilla en voltios y calcular la resistencia de aislamiento conforme al procedimiento siguiente:

A la medida de aislamiento debe preceder también un ensayo de la línea, para averiguar que la instalación completa está comprendida en la medida. Al mismo tiempo se pueden determinar la tensión de la red E y la resistencia R del aparato de medida. Los dos datos son indispensables para llevar a cabo la medida. Asimismo, hay que establecer una buena comunicación con tierra, como se ha indicado al explicar el empleo del galvanoscopio.

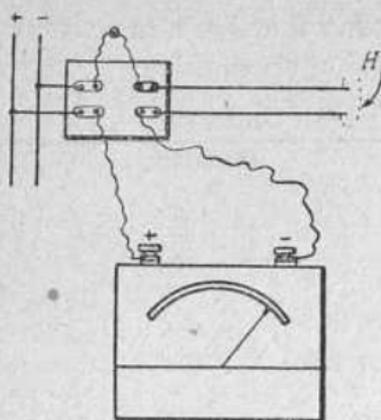


Fig. 241

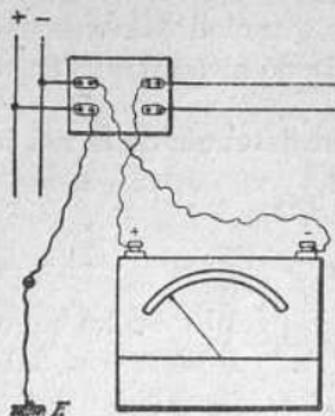


Fig. 242

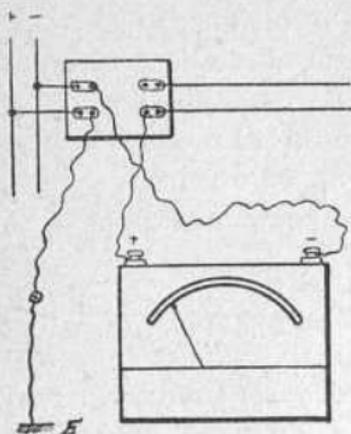


Fig. 243

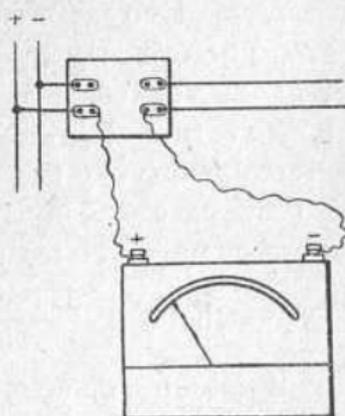


Fig. 244

Después de efectuada la comprobación de la línea, se quita la conexión auxiliar *H* y se sigue procediendo como indican las figuras 241, 242, 243 y 244.

Por medio de estas lecturas se calcula la resistencia de aislamiento en cuestión en ohmios:

Resistencia de la red $\times \frac{\text{tensión de la red} - \text{lectura}}{\text{lectura}},$

o sea

$$X = R \times \frac{E - V}{V}.$$

Ejemplo. Se ha encontrado:

1.º Resistencia del aparato R (marcado en el aparato), 40000 ohmios.

2.º Tensión de la red E (determinada al comprobar la tierra), 224 voltios.

3.º Lectura V_1 (obtenida al medir entre el conductor negativo y tierra), 18 voltios.

4.º Lectura V_2 (obtenida al medir positivo y tierra), 26 voltios.

5.º Lectura V_{1-2} (obtenida al medir los conductores positivo y negativo), 35 voltios.

En este caso será la resistencia de aislamiento del conductor negativo a tierra

$$X_1 = 40000 \times \frac{224 - 18}{18} = 458000 \text{ ohmios.}$$

La resistencia de aislamiento del conductor positivo a tierra.

$$X_2 = 40000 \times \frac{224 - 26}{26} = 304000 \text{ ohmios.}$$

La resistencia de aislamiento del conductor negativo al positivo,

$$X_{1-2} = 40000 \times \frac{224 - 35}{35} = 216000 \text{ ohmios.}$$

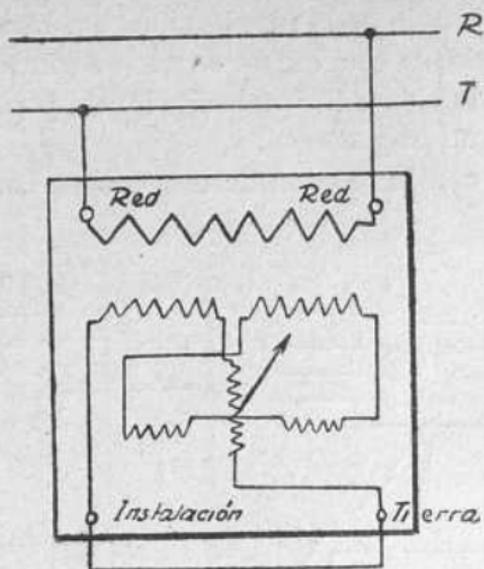


Fig. 245

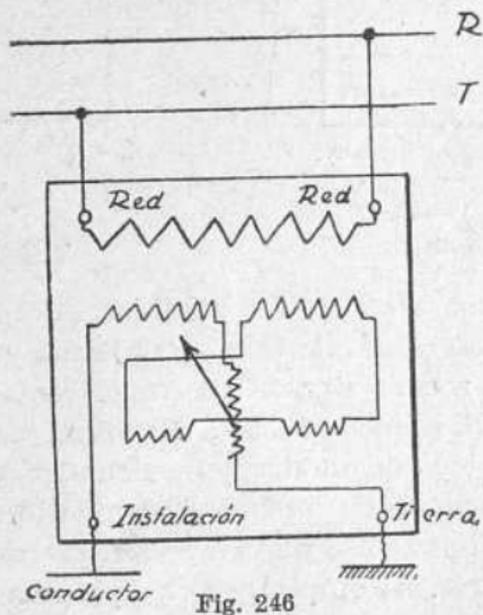


Fig. 246

La resistencia de la instalación es completamente satisfactoria; la que existe entre los conductores no corresponde bien a las prescripciones, y podría calificarse como imperfecta.

Medida con la tensión de una red de corriente al-

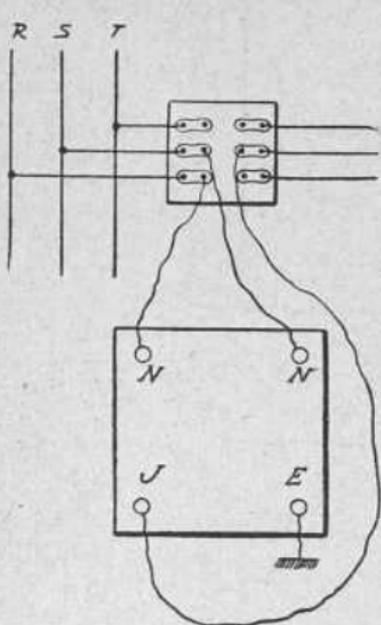


Fig. 247

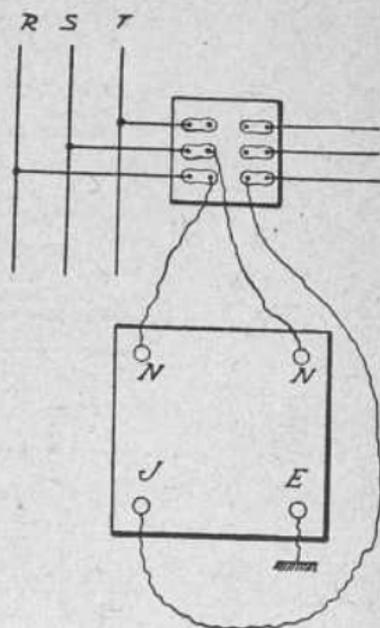


Fig. 248

terna. Para efectuar las medidas de aislamiento en las instalaciones de corriente alterna con la tensión de la red no se pueden emplear más que los aparatos Pl. número 79351 a 79355. Están graduados en voltios y en ohmios, y pueden utilizarse como voltímetros o indicadores de aislamiento (ohmímetros). Las figuras 245 y 246 representan sus conexiones interiores. Al emplear estos aparatos hay que

tener cuidado que la tensión de la red corresponda a la tensión para la que está graduado el aparato y que está indicada en él. El empleo del aparato para las medidas de aislamiento está demostrado por las figuras 247, 248 y 249.

En las instalaciones de corriente trifásica, con o

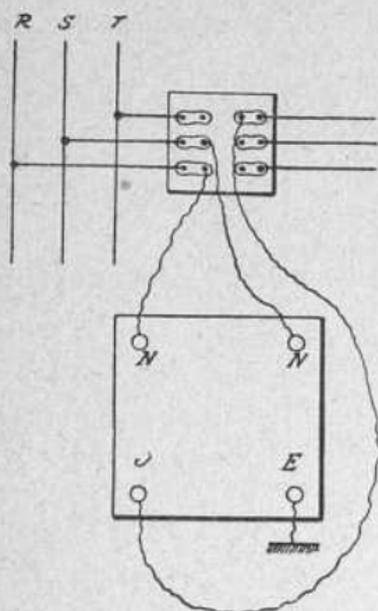


Fig. 249

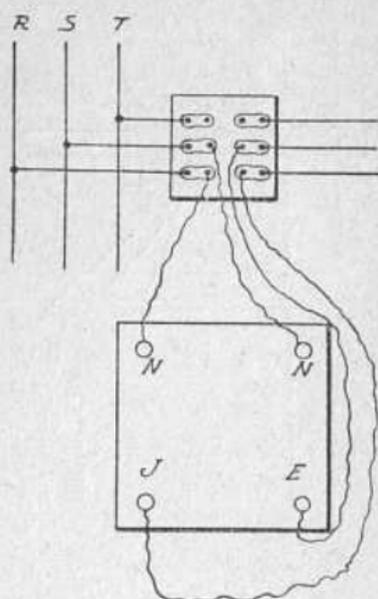


Fig. 250

sin hilo neutro en comunicación con tierra, hay que tener presente que cada una de las fases está en tensión con las otras dos. Por esta causa no basta con hacer una medida de aislamiento entre las fases, sino que hay que hacer tres medidas. La comunicación con tierra es necesaria. Se procede de la manera que indican las tres figuras 250, 251 y 252.

Los valores de estas resistencias se obtienen por lectura directa en el aparato.

Inductores magnéticos universales. La multiplicidad de las medidas de aislamiento en las instalaciones de corriente continua y alterna con tensiones diferentes requeriría la disponibilidad de un núme-

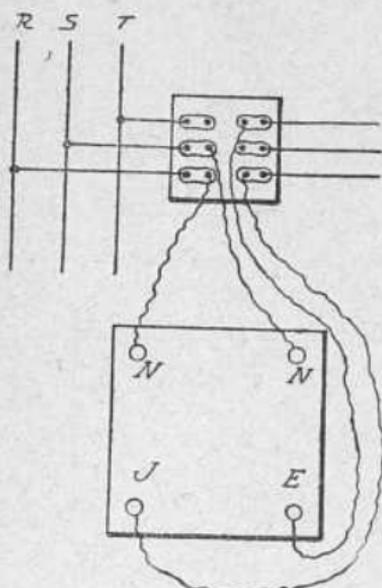


Fig. 251

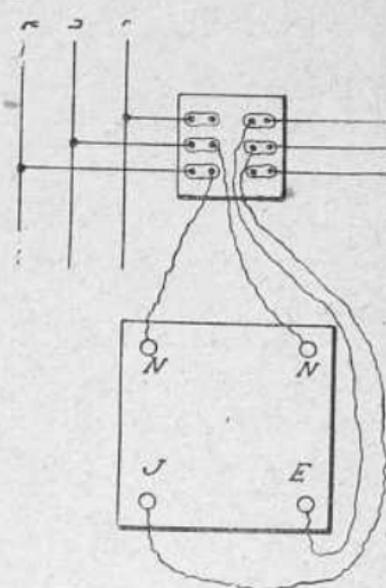


Fig. 252

ro considerable de aparatos de medida si se pidieran siempre medidas rigurosamente exactas. Las medidas de aislamiento prescritas generalmente para instalaciones de alto voltaje no requieren este grado elevado de precisión. Esto permite complacer el deseo de los prácticos de poder llevar a cabo medidas diferentes con un mismo aparato portátil. Para este objeto sirven los ohmímetros con induc-

tor magnético de manivela, que son unos aparatos universales para hacer cualquier clase de medidas de aislamiento.

Los inductores magnéticos de manivela se pueden emplear lo mismo para medidas de aislamiento como para medidas de tensión. Su aplicación es, por consiguiente, muy variada, puesto que sirven para medir:

1.º La tensión de las redes de corriente alterna por medio de un voltímetro electromagnético.

2.º La tensión de las redes de corriente continua por medio del voltímetro de precisión para corriente continua.

3.º El aislamiento de instalaciones de corriente alterna en servicio por medio del voltímetro electromagnético, o del voltímetro de precisión para corriente continua y del inductor de magneto de manivela.

4.º El aislamiento de las instalaciones de corriente continua en servicio por medio del voltímetro de precisión para corriente continua utilizando la corriente de la red.

5.º El aislamiento de la red fuera de servicio en instalaciones de corriente continua y alterna por medio del voltímetro de precisión para corriente continua y del magneto de manivela. Este aparato universal, por lo tanto, permite efectuar todas las medidas aquí enumeradas y averiguar los valores de las resistencias de aislamiento por sutura directa de la escala representada en la figu-

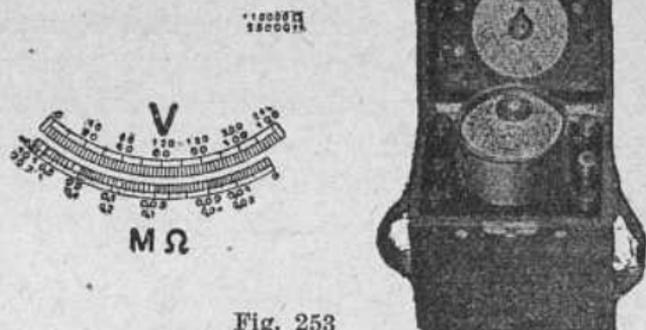


Fig. 253

ra 253 $M\Omega$ significa megohmios 1000000 ohmios. Las figuras 254, 255 y 256 indican el empleo del

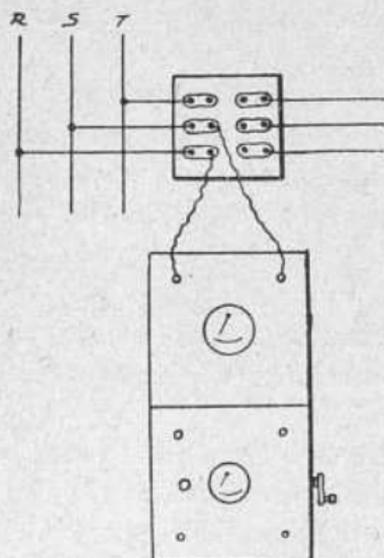
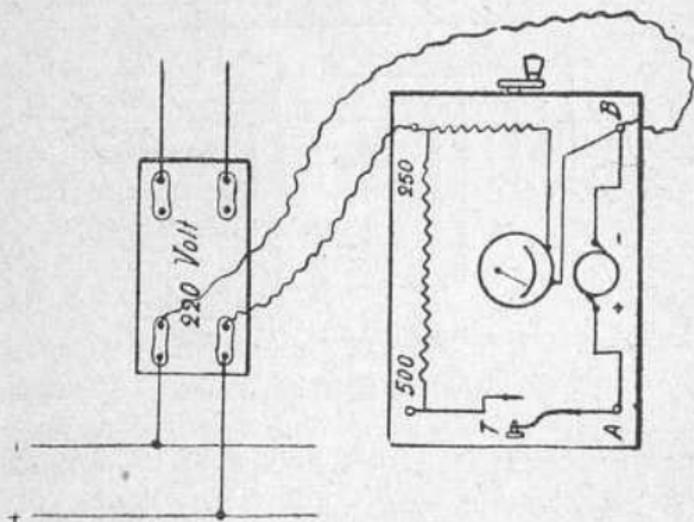
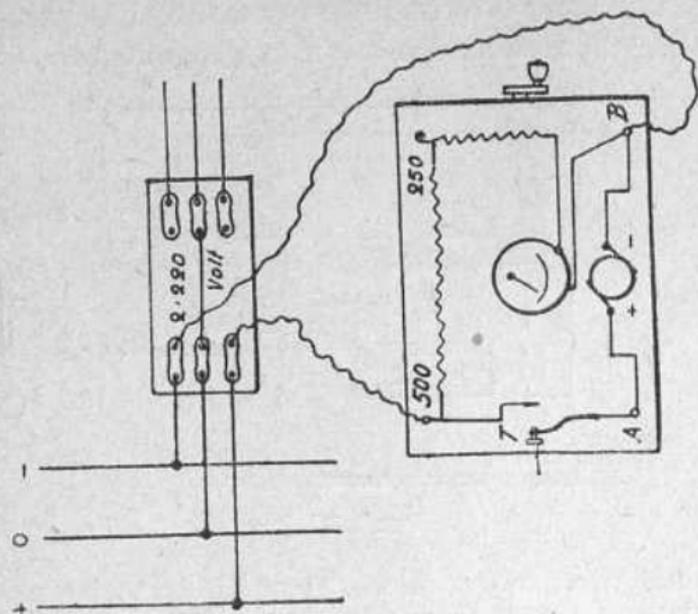


Fig. 254

aparato como voltímetro. El inductor magnético de manivela puede emplearse también para la medida de la resistencia de aislamiento de las instalaciones de corriente alterna en servicio. Pero sólo se pueden comprobar las redes cuya tensión sea igual o menor que la amplitud del aparato. La medida se efectúa conectando el aparato según la figura 257; se

empuja el botón T , reacciona la manivela a una velocidad uniforme hasta que la aguja marque cero ohmios. Entonces se suelta el botón siguiendo



Figs. 255 y 256

con la misma velocidad la manivela. El aparato marcará la resistencia total de aislamiento de la

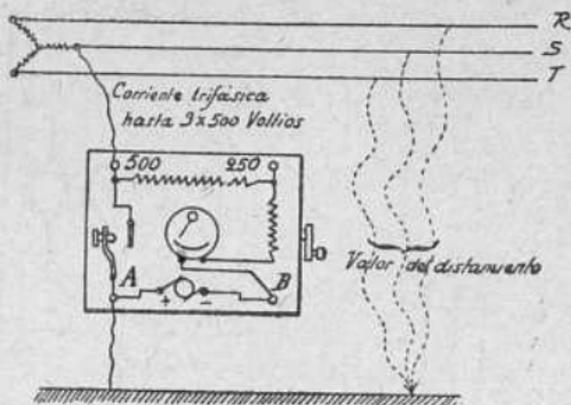


Fig. 257

instalación en megohmios. Al medir la resistencia de aislamiento de las instalaciones de corriente

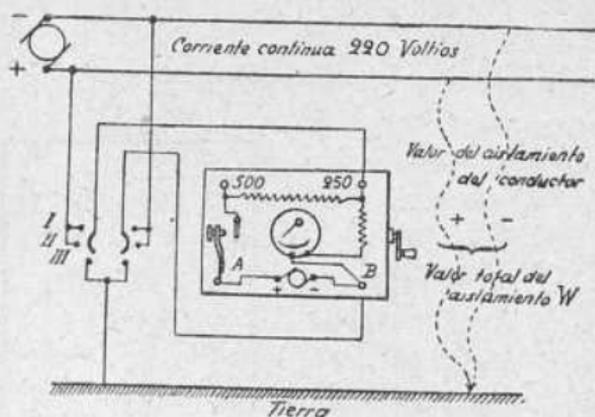


Fig. 258

continua, según la figura 258, sólo se emplea el voltímetro de inducción. Por consiguiente, no se

debe tocar ni el botón *T* ni la manivela. El valor de la resistencia de aislamiento de la instalación completa se calcula del mismo modo que se ha explicado anteriormente. El empleo de los inductores magnéticos para medir las resistencias de aislamiento de una línea sin carga es análogo al de los galvanoscopios, explicado precedentemente. La única diferencia consiste en que la corriente

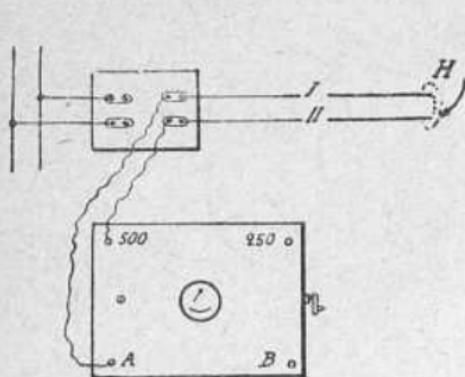


Fig. 259

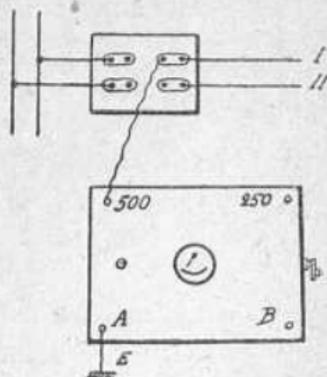


Fig. 260

continua de medida no se produce por una batería contenida en el aparato, sino por una dínamo accionada con la mano. Las figuras 259, 260, 261 y 262 presentan el modo de conectar los aparatos.

Estas mediciones se efectúan independientemente de la tensión de la red. Primero se empuja el botón *T* después de accionar la manivela con la suficiente velocidad uniforme hasta que la aguja marque cero ohmios. Se deja libre el botón mientras se sigue haciendo girar la manivela con la

misma velocidad. Al hacer la comprobación de la línea según la figura 259 el aparato seguirá marcando la tensión normal siempre que la preparación esté bien hecha; en las medidas según las figuras 260, 261 y 262 marcará la resistencia efectiva directamente en ohmios.

Aparatos para fijar el sitio del defecto. La de-

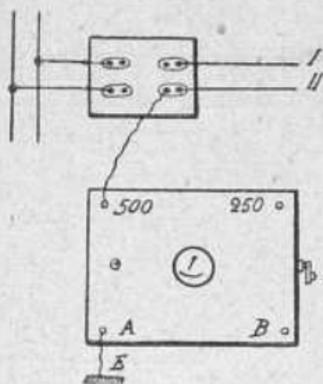


Fig. 261

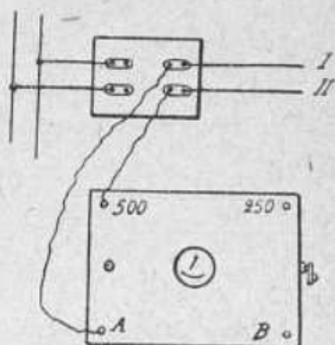


Fig. 262

terminación del sitio en que exista un defecto de aislamiento es uno de los trabajos más importantes de la construcción y mantenimiento de instalaciones eléctricas. La fijación del sitio de las averías es de mucha importancia, porque es el único medio de encontrar y corregir los defectos. Hay que distinguir bien entre la localización de una avería dentro de una instalación ramificada y en una línea sencilla sin derivaciones, como la que representa un cable. Mientras en una instalación complicada el defecto se encuentra por una in-

investigación bien reflexionada, en cables y otros trayectos de sección invariable el sitio del defecto se puede averiguar con precisión por una medida sencilla. Distinguimos, por lo tanto, entre la investigación de los defectos de aislamiento en instalaciones y la localización de defectos en cables.

Investigación de los defectos de aislamiento en instalaciones. Para buscar un defecto de aislamiento en una instalación ramificada, se separan las derivaciones, unas detrás de otras, del conductor principal, observando al mismo tiempo el aparato de medida que acusa la pérdida de corriente.

En el momento en que la aguja se desvíe sensiblemente, se ha separado una derivación en la cual existe un defecto de importancia. Por medio de una subdivisión de esta derivación, y siguiendo observando el aparato de medida, se comprueba por fin el sitio del defecto. Muchas veces se encuentran estos defectos en aparatos de alumbrado, interruptores, enchufes, locales húmedos y pasos de pared, por lo que se deben examinar primero estos sitios. Aristas vivas que hieran el aislamiento, tornillos de contacto demasiado largos, hilos de cuyos extremos pasen de su sitio y estén en comunicación con la pared, humedad o cuerpos extraños de que ofrecen a la corriente una conducción imprevista, también pueden ser las causas de los defectos de aislamiento.

Para que sea más fácil la investigación de un defecto de aislamiento en una instalación, hay que accionar al principio todos los interruptores

y conmutadores, para que así todas las partes del circuito se incluyan en la observación. Al seguir la localización del defecto se separan los aparatos de luz de sus conductores, y éstos a su vez de las cajas de derivación. Si en una línea defectuosa hay un paso de pared, conviene mover el hilo en cuanto lo permita su sujeción. Si la aguja se desvía al mover el hilo, hay que contar con un defecto de aislamiento en este paso.

Fijación del sitio defectuoso de un cable. Hay varios procedimientos para la localización de un defecto. Unos son adecuados al uso en el laboratorio, y sirven para toda clase de defectos; otros están destinados más bien a la práctica. Estos últimos no sirven para averiguar todos los defectos que pueden ocurrir, pero se pueden aplicar a la mayor parte de los casos. A estos procedimientos pertenece la localización de defectos de aislamiento por la caída de tensión. Este procedimiento requiere solamente: 1.º Conocimiento de la longitud total de la línea en cuestión. 2.º Igual sección de los conductores en todas las partes de la línea. 3.º Tres conductores, uno de los cuales se puede reemplazar por tierra. 4.º Comunicación con tierra, o con la cubierta de plomo, de una resistencia menor de 5.000 ohmios.

La figura 263 indica la aplicación del aparato. Dos hilos fuertes que parten de las bornas *K 3* y *K 4* envían la corriente de medida a los extremos libres de los cables que hay que examinar. Los extremos opuestos de los cables han de ser puestos

en perfecta comunicación. Dos hilos de cualquier sección comunican los extremos de los cables con las bornas *K 5* y *K 6*. Con la borna *K 7* se esta-

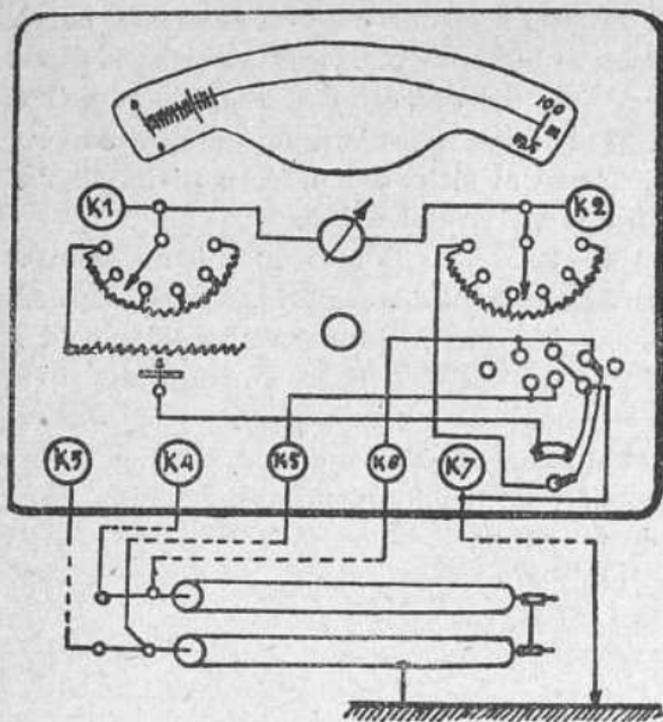


Fig. 263

blece una buena comunicación con tierra, generalmente con la cubierta de plomo del cable.

El empleo del aparato es sencillo. Apretando la borna *K 3* se envía al cable la corriente de un elemento de acumulador contenido en el aparato. Con ayuda de las manivelas de regulación se hace coincidir la aguja con el número de la escala que

indica la longitud del conductor. Si el cable, por ejemplo, tiene 300 m. de largo, se regula la corriente de tal manera que la aguja marque 3.000. A continuación se pone el conmutador que se ve en el grabado a la derecha, en «Tierra y cable negativo» y al instante marcará la aguja la distancia entre el sitio del defecto y el término negativo del cable. Si la aguja, por ejemplo, se mantiene en 40, significa que el sitio del defecto dista 40 m. del extremo negativo del cable.

El aparato de medida es al mismo tiempo un galvanómetro de alta sensibilidad para las medidas de las corrientes continuas más débiles; además, es un amperímetro para medir grandes intensidades en cualquier graduación, y un voltímetro para cualquier tensión; además, sirve para la determinación de la longitud desconocida en metros de un cable.

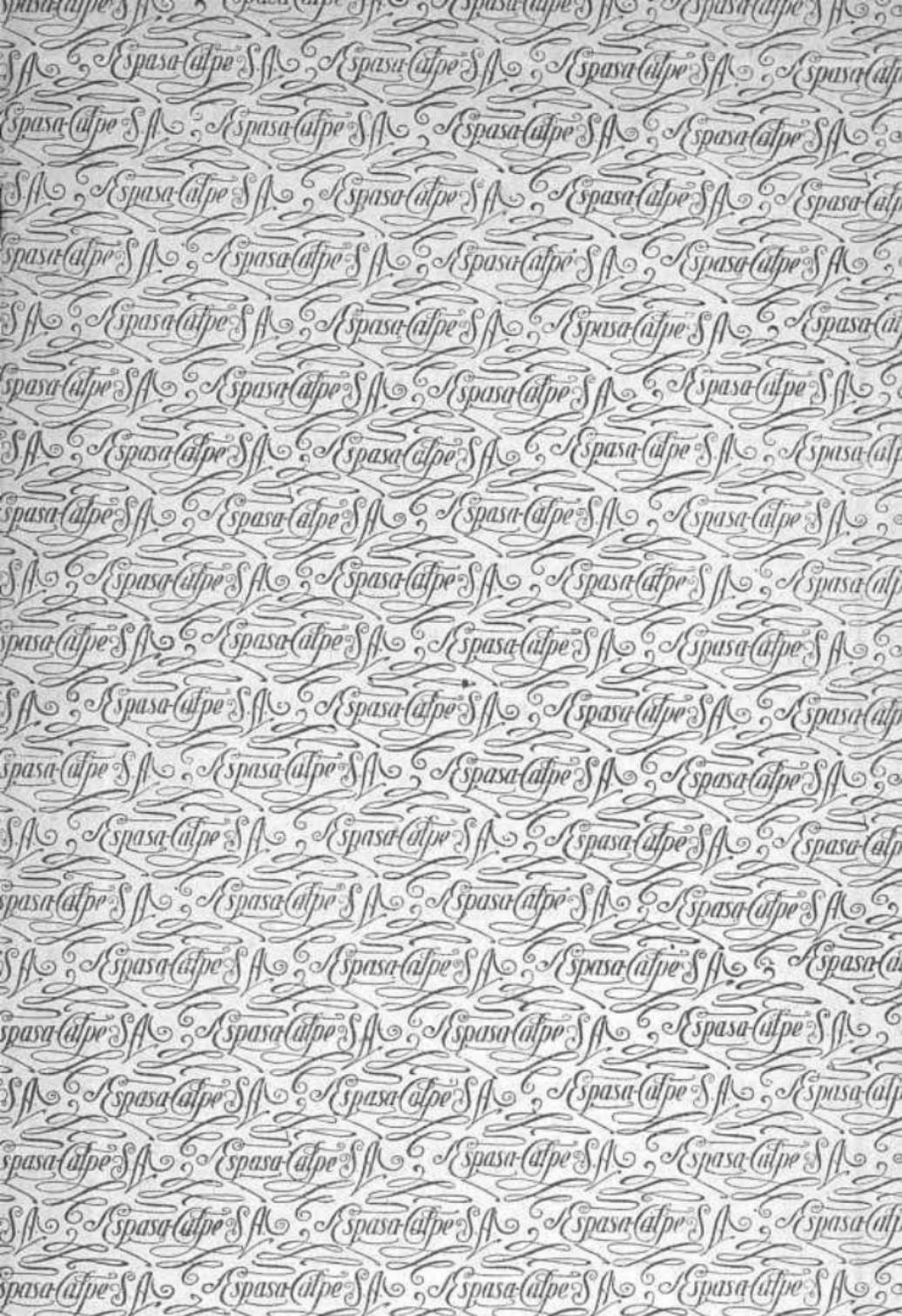


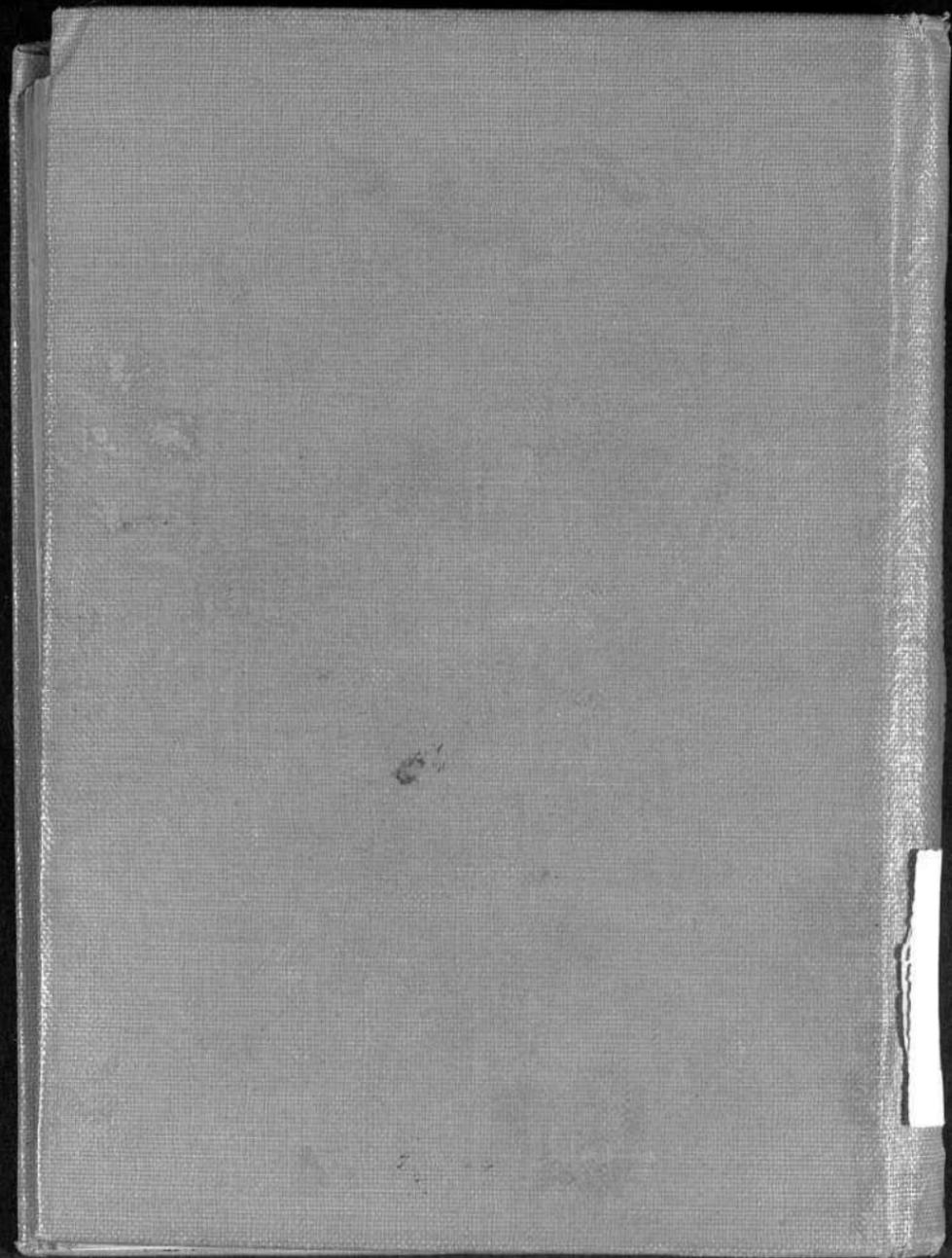
INDICE

		<u>Págs.</u>
CAPÍTULO	I.—Máquinas eléctricas.....	9
—	II.—Construcción de las máquinas. Dínamos de corriente continua.....	22
—	III.—Máquinas de corrientes alternativas....	44
—	IV.—Acoplamiento de las máquinas.....	54
—	V.—Montaje y entretenimiento de las máquinas.....	70
—	VI.—Acumuladores.....	89
—	VII.—Montaje, manejo y entretenimiento de los acumuladores.....	112
—	VIII.—Transformadores.....	139
—	IX.—Descripción de algunos tipos de transformadores.....	157
—	X.—Aparatos accesorios de una distribución eléctrica.....	185
—	XI.—Estaciones centrales.....	223
—	XII.—Canalizaciones aéreas.....	259
—	XIII.—Montaje, protección y entretenimiento de las líneas.....	304
—	XIV.—Canalizaciones subterráneas.....	331











STALADOR Y MONTADOR ELECTRICISTA

A
1023

