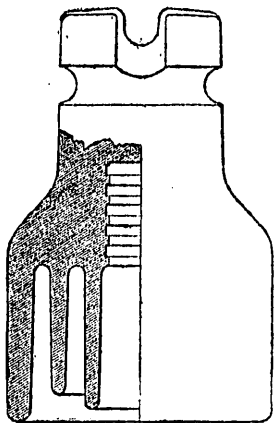


12.000 voltios, se ha empleado el tipo de la figura 4.^a En este tipo se ha aumentado la distancia entre el hilo y el hierro haciendo que éste no llegue a la altura de la garganta; pero esto, que indudablemente es una ventaja eléctrica, es un grave inconveniente mecánico, puesto que la porcelana trabaja a la tracción. Estos aisladores no creo prudente que se empleen como de amarre; y en regiones accidentadas, como son las que en general recorren los transportes de energía, es preciso amarrar el hilo en casi todos los aisladores. Este aislador, además, no parece muy bien estudiado; le encontramos mucha cabeza y muy poca base.

Fig. 4.^a

Los aisladores con aceite, que tan en boga estuvieron un tiempo, están ya definitivamente desechados, pues que el polvo y los insectos hacían la superficie del aceite conductora, y sabido es lo difícil de limpiar estos aisladores con frecuencia.

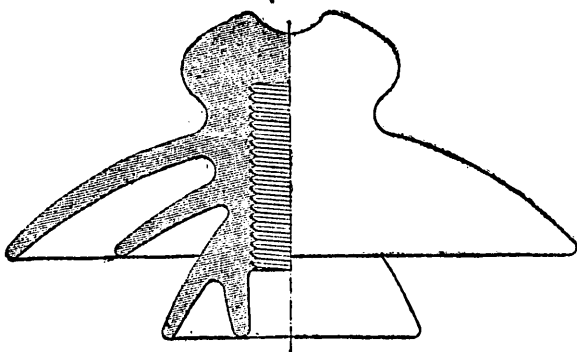
Se han ideado también aisladores con cámaras de aire, con el

Fig. 5.^a

fin de evitar que los remolinos entrasen en las campanas y depositasen las partículas de agua de la niebla. Estos aisladores, de los cuales la figura 5.^a es un modelo, resultan muy caros y frágiles, y las campanas también son muy propensas a llenarse de polvo ó insectos.

Creemos, pues, que para tensiones hasta de 12 á 15.000 voltios el tipo corriente de triple campana bien estudiado y con excelente porcelana es el más conveniente.

Para tensiones superiores hasta 25 ó 30.000 volts puede emplearse el tipo *delta* (figura 6.^a) En este aislador, como se ve,

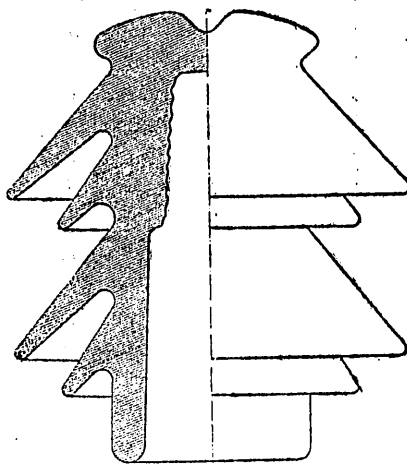
Fig. 6.^a

queda una gran distancia entre el borde de la campana exterior y la traviesa ó cruceta del soporte, y han resistido 100.000 voltios sin que se perforase la porcelana del cuello. Este aislador, que también se ha de emplear en el transporte indicado de Colmar á Madrid, pesa 2,68 kg., y cuesta 2,65 francos.

Al grupo que consideramos, pertenece también el aislador Paderno (figura 7.^a); pero el hierro no sube hasta la garganta, lo cual, como ya se ha indicado, me parece un grave inconveniente; además, este aislador cuesta 3,1 francos.

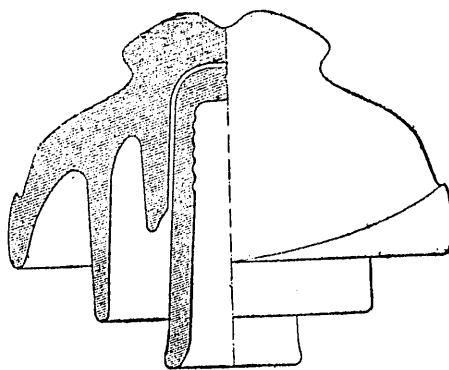
El llamado aislador «Massimo» (figura 8.^a) tiene, á mi juicio, también el mismo inconveniente y es aún más caro, 4,6 francos.

Es, sin embargo, un tipo bien estudiado y responde á la idea moderna de hacer los aisladores de dos fuerzas superpuestas con el

Fig. 7.^a

fin de aumentar la resistencia de perforación de la porcelana. Este aislador parece que da excelentes resultados en el transporte de Paderno á Milán.

Para tensiones superiores á 30.000 voltios no sabemos que haya aisladores industrialmente probados; parece que el tipo

Fig. 8.^a

haya de ser análogo al Massimo aún más grande, y con la pieza interior de vidrio en vez de porcelana.

Para estas altísimas tensiones se ha probado en Telluride suspender los aisladores de la traviesa en vez de colocarlos sobre ella, con el fin de impedir los depósitos de nieve bajo el aislador; pero la complicación á que esto ha dado lugar no ha generalizado el sistema.

En América, donde disponen á bajo precio de maderas excelentes, suelen hacer el soporte de madera (algarrobo, garrofo) herida en parafina, lo cual suministra un aislamiento complementario. Por la misma razón ponen también los aisladores sobre traviesas de madera; pero esta disposición no es conveniente para varias líneas trifásicas, porque aumenta la auto-inducción, con respecto al montaje en zig-zag.

En un próximo artículo nos ocuparemos de los pararrayos y de los fenómenos observados en las líneas de extra alta tensión.

ANTONIO GONZÁLEZ Y ECHARTÉ.

DINAMOS CONMUTATRICES

Cuando las aplicaciones de las corrientes alternativas comenzaron á extenderse, y particularmente cuando empezaron á emplearse éstas para la distribución de la fuerza motriz, fueron objeto de animada controversia las ventajas que ofrecían las corrientes continuas comparadas con las alternas simples ó polifásicas. Unas y otras tenían fervientes partidarios, y mientras los

adptos de las corrientes alternativas veían en ellas una solución universalmente aplicable en porvenir más ó menos cercano á todos los casos, otros electricistas creían insustituible la corriente continua en determinadas aplicaciones.

De entonces acá los ensayos hechos y la experiencia adquirida, han inclinado los ánimos á mayor imparcialidad, llevándoles á la convicción de que estas diversas formas de corrientes tenían cada una sus ventajas, y podían todas ellas, aplicadas con discernimiento, dar excelentes resultados en la práctica.

Hoy particularmente las corrientes polifásicas ganan terreno en los transportes de fuerza.

De ahí ha nacido como consecuencia la conveniencia de poder transformar en determinados casos las corrientes alternas simples ó polifásicas en continuas, ó viceversa.

Esta transformación puede efectuarse por dos procedimientos: uno de ellos, que se ocurre desde luego, y ha sido adoptado en muchas instalaciones, consiste en emplear, por ejemplo, un electromotor de corriente alterna que conduce por acoplamiento directo, correa ú otro medio cualquiera de transmisión mecánica, una dinamo generatriz de corriente continua; ó bien recíprocamente, en el caso inverso, un electromotor de corriente continua que ponga en movimiento un alternador.

El rendimiento de este procedimiento de transformación, será (admitiendo que el de ambas máquinas alcance 0,90):

$$0,90 \times 0,90 = 0,81$$

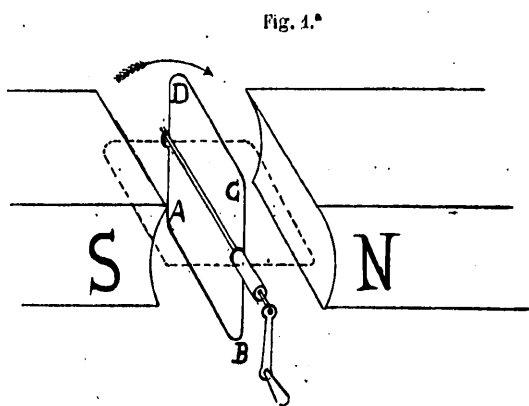
siempre que exista el acoplamiento directo, é inferior en los demás casos, á consecuencia de las pérdidas debidas al intermedio de transmisión. El defecto de esta solución, en lo que se refiere al rendimiento, estriba en que se comienza por transformar la energía eléctrica en trabajo mecánico para convertir éste á su vez en energía eléctrica.

Aun prescindiendo del rendimiento, hay algo en este proceso que repugna á la inteligencia, pues no se concibe bien la necesidad de un rodeo tan considerable como el cambio de forma radical de la energía para establecer el tránsito entre manifestaciones de ella tan afines como lo son las diversas formas de la corriente eléctrica; y nuestro espíritu recela con razón que aquella complicación no se origina de la naturaleza del problema en sí, pero nace más bien de la deficiencia de los medios empleados para resolverlo en otra forma.

Otro procedimiento más perfecto existe en efecto, y consiste en la transformación directa.

Toda dinamo generatriz absorbe energía mecánica para transformarla en energía eléctrica, produciendo corrientes alternativas, cuya tensión, intensidad y frecuencia, dependen de las dimensiones y de la velocidad de la máquina.

Si reduciendo la dinamo á su forma más elemental consideramos un anillo constituido por una sola espira de hilo (fig. 1.^a)

Fig. 1.^a

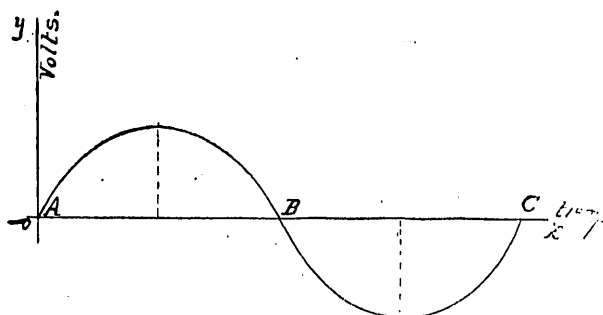
que gira en un campo magnético simple y uniforme, en el sentido indicado por la flecha, vemos inmediatamente que en la posición vertical indicada en la figura el flujo de fuerza que atraviesa el anillo de derecha á izquierda será máximo, disminuyendo progresivamente al girar hacia la derecha el anillo hasta reducirse á cero cuando éste se halle en un plano horizontal.

A partir de este punto, si el movimiento continúa, el anillo será atravesado por el flujo en dirección inversa, hasta alcanzar un máximo negativo en el plano vertical después de una rotación de 180°. Las corrientes inducidas en el anillo durante esta media vuelta se dirigirán según A B C D. Al pasar la espira por el plano vertical, comenzará la inducción en sentido inverso, porque disminuirá el flujo negativo, lo que equivale á un aumento positivo del flujo de fuerza, continuando éste á crecer hasta que el anillo llegue á su posición inicial después de una vuelta completa.

En estas condiciones, conectando los extremos de la espira con dos anillos ó discos metálicos montados sobre el eje de rotación, podrá recogerse en ellos por medio de escobillas una corriente alternativa.

En esta corriente la variación de la fuerza electromotriz sigue generalmente una ley sinusoidal, que puede representarse gráficamente por una curva de la forma indicada en la figura 2, refiriéndola á dos ejes coordenados rectangulares, tomando por abscisas los tiempos expresados en segundos, ó por ordenadas la fuerza electromotriz variable expresada en volts.

El tiempo A C corresponde á lo que se llama periodo de la corriente alterna, y A B = B C á medio periodo.

Fig. 2.^a

Llámanse *frecuencia* de esa corriente el número de periodos por segundo, y viene expresado por $\frac{1}{T}$, llamando T la duración de un periodo en segundos.

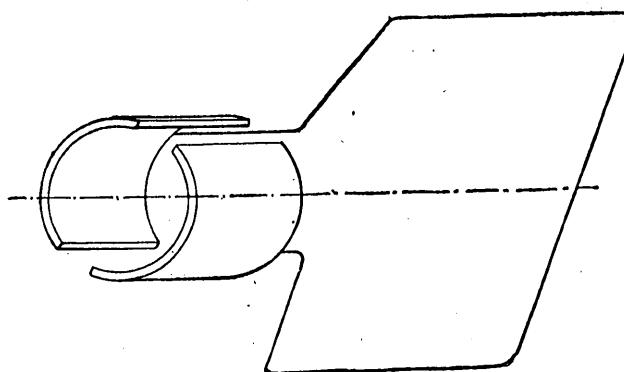
La fuerza electromotriz periódica sinusoidal se representa analíticamente por la función:

$$e = E_{\max} \text{ seno } 2\pi \frac{t}{T} = E_{\max} \text{ seno } \omega t$$

llamando $E_{\max}$ el valor máximo de la fuerza electromotriz y ω la velocidad de ondulación ó *pulsación* de la corriente.

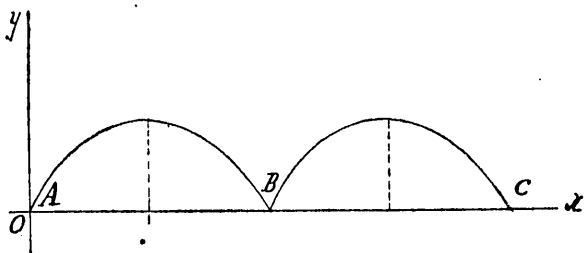
La intensidad sigue una ley análoga, aunque no idéntica.

Si para recoger la corriente empleamos, en lugar de anillos,

Fig. 3.^a

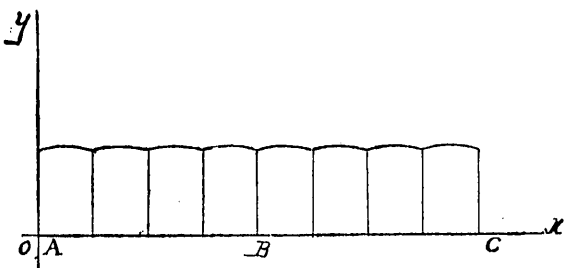
como hemos supuesto anteriormente, un conmutador convenientemente dispuesto, formado por dos piezas (un tubo hendido longitudinalmente) (fig. 3), conseguiremos rectificar las inversiones

de corriente, de modo que se mantenga constante el sentido de ésta en el resto del circuito, y las corrientes resultantes, sin ser

Fig. 4.^a

continuas, tendrán el mismo signo, como lo expresa gráficamente la fig. 4.

Aumentando el número de láminas del colector y el de los carretes elementales, y disponiendo éstos de modo que los unos entren en acción cuando los otros cesan de obrar, se consigue que se superpongan sus acciones dando lugar a una corriente li-

Fig. 5.^a

geramente ondulada como la de la fig. 5. La curva superior se aproximará tanto más a una recta cuanto mayor sea el número de carretes y la superposición ó recubrimiento de unas curvas por otras más completo. La corriente que de esta suerte se recoge en las escobillas, se llama corriente continua.

Se concibe, pues, fácilmente, que si se dispone de corrientes alternas emanadas de una generatriz exterior, y se necesita corriente continua, ésta puede producirse con auxilio de las primeras, introduciéndolas por anillos de fricción en el inducido de una generatriz ordinaria provisto de un colector, en el cual podrá recogerse la corriente continua apetecida.

Una máquina así construida es evidentemente reversible, y si, inversamente, un manantial exterior de energía eléctrica nos suministra corrientes continuas y deseamos disponer de corrientes alternas, podremos conseguirlo introduciendo aquéllas por el colector, en el inducido de una generatriz, provisto á su vez de anillos de fricción que darán salida á las corrientes de forma ondulada que en él se engendrarán.

En ambos casos, la energía eléctrica recogida á la salida de la máquina no es la misma que la que penetró en ella. Una pequeña parte de esta energía se invierte en vencer las resistencias eléctricas y en producir la rotación del inducido y de las partes móviles de la conmutatriz; el cociente ó relación entre la energía absorbida por la conmutatriz (W) y la suministrada por ésta (W_e) representa el rendimiento industrial de la transformación.

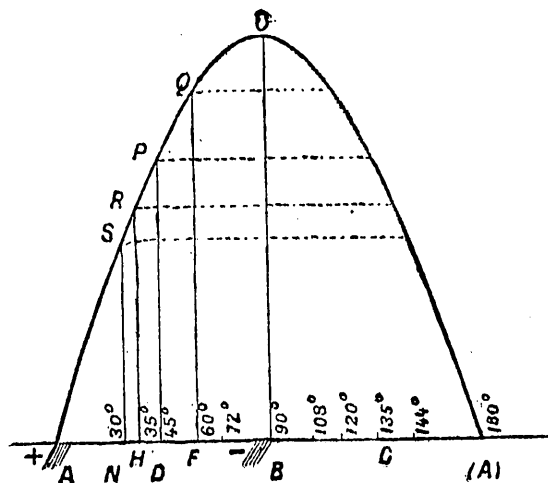
$$R = \frac{W_e}{W}$$

Si apartándonos de su carácter de transformadores consideramos las conmutatrices como generatrices, veremos que, movidas por una fuerza mecánica exterior, pueden producir á voluntad corriente continua, corriente alterna ó ambas á la vez.

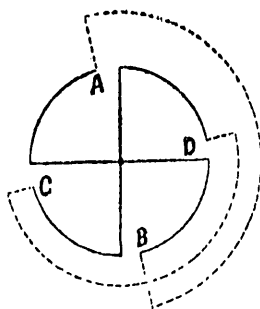
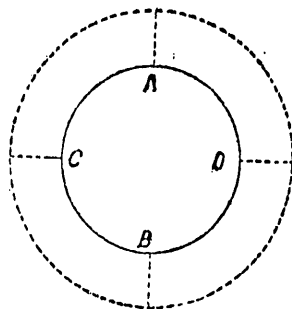
Tensión y frecuencia.

La tensión de la corriente en el colector (V_e) es en una conmutatriz mayor que la tensión (V_a) en los anillos. Estas tensiones dependen rigurosamente una de otra, como lo vamos á ver, fundándonos en los trabajos de M. R. B. Ritter, M. R. M. Friese y en investigaciones muy interesantes de M. P. Janet.

Supongamos una dinamo bipolar, en la cual admitimos que la tensión sobre la periferia del colector puede representarse por una senoide (figura 6.^a); supongamos también que la corriente alterna producida sea absorbida por una red de conductores sin autoinducción, es decir, sin discordancia de fase; la amplitud de la senoide que representa la tensión en el colector nos dará la tensión V_e de la corriente continua de nuestra máquina.

Fig. 6.^a

Uniendo dos puntos A B diametralmente opuestos del devanado á dos anillos de fricción (figura 7.^a), recogeremos en éstos una corriente alterna simple cuya, amplitud de onda será la ten-

Fig. 7.^aFig. 8.^a

sión de la corriente continua, y cuya tensión eficaz valorada por los instrumentos de medida tendrá un valor expresado por:

$$V_a = \frac{V_e}{\sqrt{2}} = 0,707 V_e.$$

Si reunimos los puntos C D del devanado (situados en los extremos de un diámetro perpendicular al que antes consideramos), á un segundo par de anillos de fricción, recogeremos una segunda corriente monofásica sencilla que presentará sus valores máximos cuando la primera se anula; esta corriente retarda de 90° sobre la primera, y tiene la misma tensión que ésta; el conjunto de ambas constituye un sistema llamado de corrientes bifásicas con cuatro conductores. Si en lugar de tomar la corriente entre A y B y C y D se la recoge entre A y D, D y B, B y C y C y A (figura 8.^a), tendremos cuatro corrientes alternas simples, retrasadas de 90° cada una respecto de la anterior y de la siguiente. Pero aquí la amplitud de la senoide no es ya igual á la tensión V de la corriente continua, sino que

$$A = V_e \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} V_e.$$

Y la tensión eficaz V en este sistema de conductores á cuatro fases con cuatro conductores vendrá expresada por:

$$V_a = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} V_e = 0,5 V_e.$$

También podemos conectar con anillos de fricción tres puntos del devanado, angularmente distantes de 120° , recogiendo un sistema de corrientes trifásicas retrasadas una sobre otra de 120° . La amplitud de la sinusoide es entonces:

$$A = Vc \sin 120^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} Vc$$

y la tensión eficaz será:

$$Va = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} Vc = K Vc$$

siendo K un coeficiente. Continuando de esta suerte puede determinarse el valor de K que dará la tensión de un número cualquiera (n) de corrientes alternas simples, conociendo la tensión de la corriente continua, y se llega, como lo ha demostrado monsieur R. M. Friese á la expresión general:

$$K = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\pi}{n}$$

En el cuadro adjunto reproducimos los valores de K para un devanado continuo y diversos valores de n :

n	$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\pi}{n}$	$= K$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0,707
3	$\frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}$	0,612
4	$\frac{1}{2}$	0,5
5	$\frac{\sqrt{10 - 2\sqrt{5}}}{4\sqrt{2}}$	0,416
6	$\frac{1}{2\sqrt{2}}$	0,3536
8	$\frac{\sqrt{2 - \sqrt{2}}}{2\sqrt{2}}$	0,271
12	$\frac{\sqrt{2 - \sqrt{3}}}{2\sqrt{2}}$	0,181

Ejemplo.—Supongamos, por ejemplo, que para alimentar los electromotores de un tranvía eléctrico necesitamos corriente continua á una tensión de 550 voltios, utilizando para su producción corrientes alternas trifásicas: ¿cuál habrá de ser la tensión de éstas al penetrar en la conmutatriz? Tendremos.

$$Vc = 550 \text{ volts; } n = 3$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} = 0,612$$

$$Va = 550 \times 0,612 = 336,6 \text{ Volts,}$$

ó sean 337 voltios en cifras redondas.

Si la corriente alterna empleada fuese simple encontraríamos:

$$Va = 388,8 \text{ voltios.}$$

Devanados abiertos.

Si se corta el arrollamiento de inducido en partes iguales, y se reúnen todos los extremos homólogos del devanado, conec-

tando á la vez cada uno de los otros extremos con un anillo de fricción, se obtienen resultados interesantes.

Supongamos que el arrollamiento está dividido en dos partes

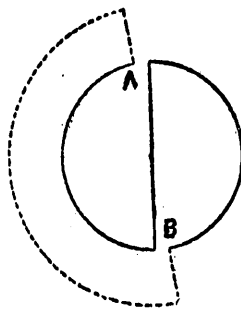
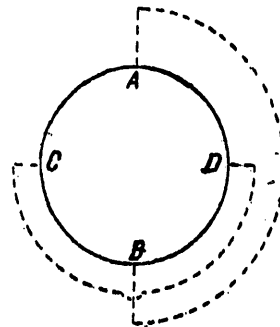
Fig. 9.^a

Fig. 10



(figura 9.^a), lo que equivale á colocar en tensión dos fuerzas electromotrices de igual fase cuyo valor es $\frac{Vc}{\sqrt{2}}$ el total de ambas será:

$$\sqrt{2} Vc.$$

En este caso la tensión de la corriente alterna es mayor que la de la corriente continua:

$$Va = 1.414 Vc.$$

Si dividimos el arrollamiento en cuatro partes agrupadas en serie por pares como lo indica la figura 10, producirémos corrientes difásicas cuya tensión será el doble de la que se observa en cada una de las partes componentes:

$$Va = 2 \times \frac{1}{2} Vc = Vc$$

y la tensión de las corrientes alternas es igual á la de la corriente continua.

Continuando estas consideraciones se llega, como ha demostrado M. Friese, á determinar el coeficiente K , por el cual debe multiplicarse la tensión de la corriente continua que se introduce en una conmutatriz de devanado abierto, para conocer la tensión de las corrientes alternas (en número de n) que deseamos obtener. La expresión general de K es en este caso

$$K_1 = \sqrt{2} \sin^2 \frac{n}{\pi}$$

Cuadro de los valores de K para un devanado abierto.

n	$\sqrt{2} \sin^2 \frac{\pi}{n}$	$= K_1$
1	$2\sqrt{2}$	1,414
2	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$	1
3	$\frac{3\sqrt{2}}{4}$	1,06
4	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	0,707
5	$\frac{\sqrt{2}}{8}(5 - \sqrt{5})$	0,489
6	$\frac{1}{4}\sqrt{2}$	0,3535
8	$\frac{1}{2}(\sqrt{2} - 1)$	0,2075
12	$\frac{1}{2}\left(\sqrt{2} - \sqrt{\frac{2}{3}}\right)$	0,0947

La relación entre la tensión de las corrientes que se obtienen

de una conmutatriz y la de las corrientes introducidas en ella, es, pues, industrialmente constante, ya que apenas la modifican las pérdidas óhmicas y la resistencia de la armadura de la máquina, como lo prueban las mediciones efectuadas, cuyos resultados distan poquísimo de los obtenidos por el cálculo.

MANUEL CRUSAT.

(Continuad.)

REVISTA EXTRANJERA

Pantallas de hormigón armado para las grandes presas de fábrica.

(CONCLUSIÓN)

El momento flector máximo en esta faja de 1 m. de altura es:

$$M = \frac{20.000 \times 2^2}{8} = 10.000.$$

Apliquemos la fórmula de las vigas simétricas (véanse las publicaciones citadas)

$$R S h = M$$

en la cual representan

R el trabajo máximo del metal por metro cuadrado.

S la sección de una armadura en metros cuadrados.

h la distancia de eje a eje de las armaduras, en metros.

En esta faja de hormigón se pueden poner las armaduras a una distancia de 0,38 m. Tomaremos para R el valor 9×10^6 .

Resultará:

$$S = \frac{10.000}{0,38 \times 9 \times 10^6} = 2.920 \text{ mm}^2.$$

Se podría componer esta sección con cuatro barras redondas de 31 mm. de diámetro, separadas 250 mm. de eje a eje, ó con cinco de 28 mm. a distancia de 200 mm. Pero preferimos, para reducir más los intervalos, colocar seis barras de 25 mm., que pesan 4 kg. por metro lineal y separadas por distancias de 166 mm. (Figuras 10 y 11.)

Así, pues, el trozo A de la pantalla, que tiene 4 m. de altura y 0,5 m. de anchura, tendrá dos armaduras simétricas separadas 330 mm. de eje a eje, compuestas de hierros redondos de 25 mm. de diámetro, separados por distancias de 166 mm.

Las armaduras no estarán enlazadas entre sí, puesto que la experiencia ha demostrado que estos enlaces son inútiles para intervalos de estas dimensiones y además complican mucho la construcción.

Sin embargo, en el interior y en cada armadura se pondrán hierros redondos de 10 mm. de diámetro, a distancias de 200 mm., colocados verticalmente para formar una cuadrícula. Estos hierros se ligarán con los de la armadura.

Es fácil calcular las dimensiones del muro transversal ó tabique correspondiente a esta sección A .

Cada faja de 1 m. de altura le transmite una presión de

$$20.000 \text{ kg.} \times 2 \text{ m.} = 40.000 \text{ kg.}$$

Sea λ la anchura del muro, que será de hormigón, con 400 kg. de cemento por metro cúbico de arena.

Admitamos, además, que la resistencia a la compresión de este hormigón sea de 2×10^5 por metro cuadrado. Se tiene la relación

$$\lambda \times 1.00 \times 2 \times 10^5 = 40.000 \text{ kg.}$$

$$\lambda = 0,20 \text{ m.}$$

Para mayor seguridad tomaremos $\lambda = 0,30 \text{ m.}$

Además, para obtener buen enlace entre la pantalla y la presa pondremos en los planos horizontales del tabique, a 50 cm. de distancia, dos hierros redondos de 14 mm. de diámetro con sus extremidades empotradas en la pantalla y en la presa, y separados a una distancia de 20 cm. de eje a eje.

En la sección B , en la cual la presión por metro cuadrado es de 16.000 kg., la sección de una armadura será

$$S = \frac{16.000 \times 2^2 : 8}{0,30 \times 9 \times 10^6} = 2.963 \text{ mm}^2,$$

y estará constituida por ocho barras de 22 mm. de diámetro, a distancias de 125 mm. de eje a eje, y cuyo peso será de 3 kg. por metro.

Las armaduras estarán a 300 mm. una de otra.

Los hierros verticales, la pantalla y los tirantes, conservarán las dimensiones de la sección A .

