

contra la placa *q* (fig. 240). La persona que desea experimentar la conmoción tiene en la mano los hilos provistos de mangos que pasan de N á N'. Tan luego como dicho

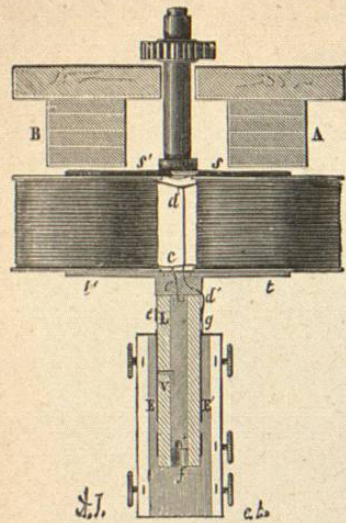


Fig. 241.—Conmutador Clarke: corte del eje

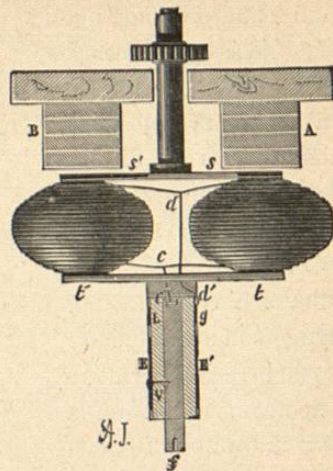


Fig. 242.—Carrete de hilo grueso de la máquina de Clarke

muelle toca la placa, se interrumpe la corriente y cesa de pasar por el cuerpo del experimentador, que presenta gran resistencia. Una conmoción, reforzada por la extracorrente, es la consecuencia de esta interrupción que se reproduce á cada vuelta del eje.

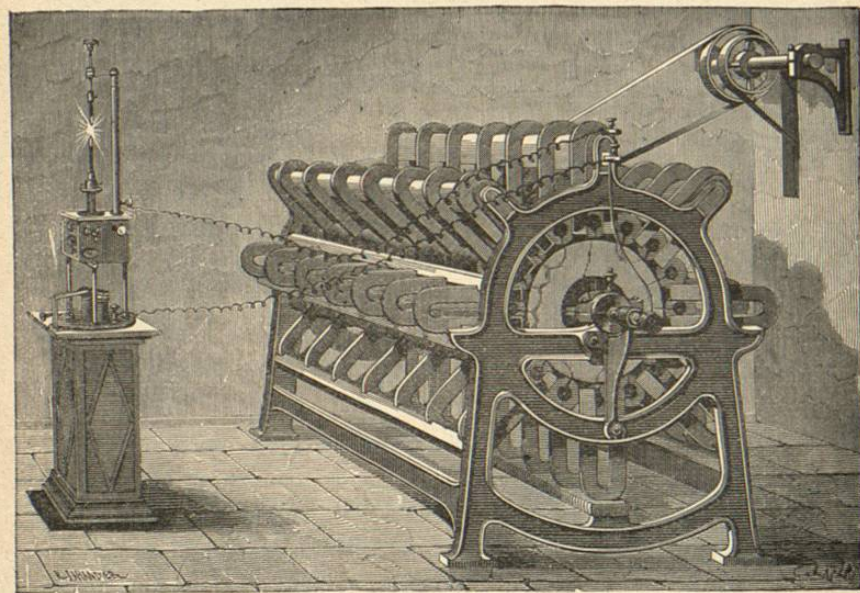


Fig. 243.—Máquina magneto-eléctrica de inducción de Nolle y Van Malderen

Cuando se quieren obtener efectos caloríficos ó luminosos, se emplean dos carretes de alambre grueso y corto, como se ve en la figura 242.

Hacia el año 1849, Nollet, profesor de física en la escuela militar de Bruselas, trazó el plano, con arreglo á los principios de la máquina de Clarke, de un aparato de induc-

ción que tenía por objeto la producción industrial de la electricidad; pero Nollet murió sin haber realizado su objeto, y un obrero, que es hoy el ingeniero Van Malderen y á la sazón era colaborador del inventor, fué el que construyó la máquina de Nollet, usada por la compañía *La Alianza* para producir luz eléctrica. He aquí sus partes esenciales:

Consta de diez y seis carretes separados á distancias regulares (fig. 243) y fijos en la circunferencia de un rodillo de bronce el cual gira sobre un eje horizontal puesto en movimiento por las correas de un motor cualquiera. El rodillo da vueltas entre dos filas de imanes de herradura, en número de ocho por fila, puestos sobre un armazón circular, de modo que los ocho presentan á la vez sus diez y seis polos, situados á intervalos regulares, enfrente de las armaduras de los polos de los diez y seis carretes, que se acercan ó apartan al mismo tiempo de cada uno de ellos.

Por lo general se aumenta en una misma máquina el número de rodillos, carretes é imanes, estando estos últimos montados paralelamente en la misma armazón, al paso que los rodillos y sus carretes están en el mismo eje. Los extremos de los hilos de estos últimos van sujetos á discos de madera sostenidos en los rodillos, y están reunidos en tensión, ó bien en cantidad. Cuando la máquina funciona, cada vez que el movimiento lleva los carretes enfrente de los polos de los imanes, cesan las corrientes inducidas y cambian de dirección: estas corrientes se desarrollan en un sentido cuando los carretes pasan de un polo boreal por ejemplo, y en sentido contrario, si el polo es austral. La corriente inducida conserva la misma dirección entre los dos polos de un mismo imán; su intensidad llega al máximo enfrente de cada polo, es decir en el momento en que se verifica la inversión, y al mínimo entre los dos polos. Con un conmutador se puede lograr que la corriente total conserve la misma dirección.

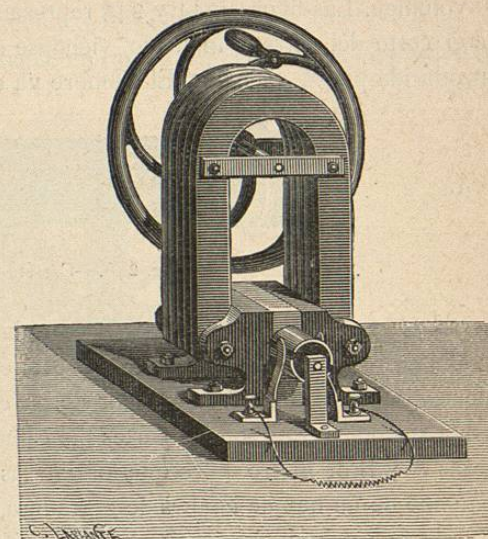


Fig. 244.—Máquina magneto-eléctrica Siemens

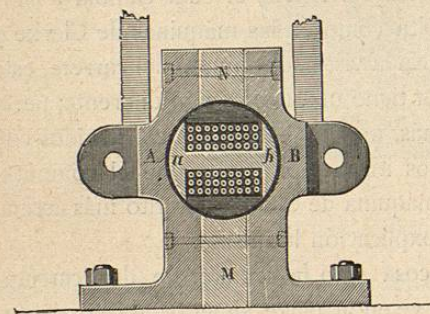


Fig. 245.—Corte del carrete Siemens

La figura 243 representa una máquina magneto-eléctrica Nollet y Van Malderen formada de seis rodillos que llevan 96 carretes y por consiguiente 56 imanes fijos. Una máquina de vapor imprime al eje una velocidad de rotación de 300 á 400 vueltas por minuto, la cual corresponde por lo tanto á 80 ó 100 inversiones de corriente por segundo.

La máquina de Meritens tiene poco más ó menos la misma forma y disposición que las de la *Alianza*. Se compone también de carretes que giran delante de imanes fijos de acero, pero situados de modo que, en vez de ponerlos en acción las caras laterales de los imanes, los ponen las extremas. Con 5 rodillos móviles de 16 carretes cada uno,



sólo hay 40 imanes fijos, compuestos de 8 placas de acero. Al ocuparnos del alumbrado eléctrico de los faros, tendremos ocasión de hablar nuevamente de estas máquinas.

El *carrete Siemens* es también una máquina de inducción magneto-eléctrica, basada en el mismo principio que la de Clarke; pero el perfeccionamiento introducido en ella por su inventor ha aumentado la potencia del aparato, sin aumentar á la vez gran cosa su volumen. Las figuras 244 y 245 representan, la primera la vista exterior y la segunda el corte del carrete inducido, viéndose en ambas en qué consiste la modificación introducida por M. Siemens. El alambre va enrollado en un largo cilindro ó rodillo de

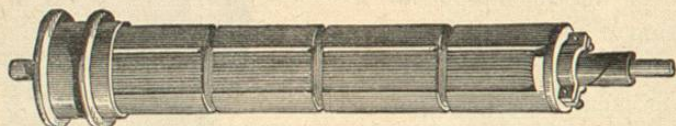


Fig. 246. — Carrete ó bobina Siemens

hierro *ab*, profundamente ahuecado en toda su longitud, de suerte que las espiras son paralelas al eje del cilindro. El carrete está encajado en una guarnición metálica MN y puede girar rápidamente alrededor de su eje; á cada media vuelta presenta lateralmente sus polos (que son las partes del cilindro de hierro que quedan desnudas) á las piezas A y B de hierro dulce que forman las armaduras del imán permanente. Este se compone de un haz de imanes de herradura, cuyas regiones polares abarcan el carrete en toda su longitud. Gracias á esta disposición, en lugar de ejercer los polos del imán su acción peculiar sobre el hilo del carrete en un espacio muy limitado, la ejercen en un campo mucho mayor y la intensidad de las corrientes inducidas aumenta así en proporción considerable. Además, la estabilidad del aparato, resultante de su forma y de su posición, permite dar gran rapidez á la rotación.

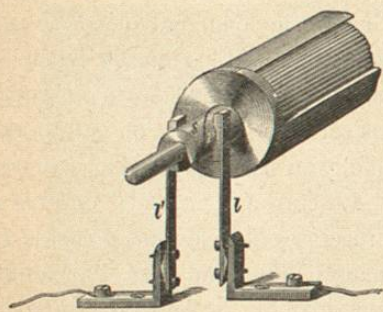


Fig. 247. — Conmutador de la máquina Siemens

La figura 247 representa el conmutador mediante el cual se puede dirigir como se quiere el sentido de las corrientes, el cual cambia á cada media vuelta como en las máquinas de Clarke y de Nollet. En la vista de conjunto del carrete, este conmutador tiene una forma algo diferente; pero, por lo demás, aquél y éste están contruídos con arreglo á los mismos principios que el conmutador de la máquina de Clarke, descrito más arriba, siendo su explicación la misma.

La máquina de Wilde (fig. 248) no es otra cosa sino la reunión de dos carretes Siemens superpuestos. El carrete menor, que se ve en la parte superior, da corrientes inducidas que, en lugar de utilizarse directamente, pasan al alambre de un electro-imán AB que en el segundo carrete reemplaza al haz de imanes permanentes. M es el imán permanente del primer carrete, *mn* son las armaduras de hierro dulce de sus polos. Las corrientes inducidas, cuya dirección modifica el conmutador, pasan por las bornas ó tornillos de presión *pq* al alambre del electro-imán AB. Las placas de hierro dulce que forman este último, reunidas en su extremo superior por una placa del mismo metal que sirve de soporte al carrete menor, se apoyan por abajo en las armaduras TT que comprenden al carrete mayor en toda su longitud. Este, cuyo diámetro es casi triple del del carrete superior, está inducido por el electro-imán, cuya imanación es mu-

cho más enérgica que la del imán permanente, siendo la corriente que de ella resulta la que se utiliza exteriormente. Así pues, toda la ventaja de la máquina de Wilde consiste en que el electro-imán recibe con las corrientes inducidas del primer carrete una imanación más poderosa que la del imán permanente inductor. En cambio, para producir todo su efecto, requiere una velocidad de rotación considerable, que llega hasta 25 vueltas por segundo para el carrete mayor y 40 para el menor.

M. Wilde ha construído una máquina triple en que el segundo carrete inducía á un

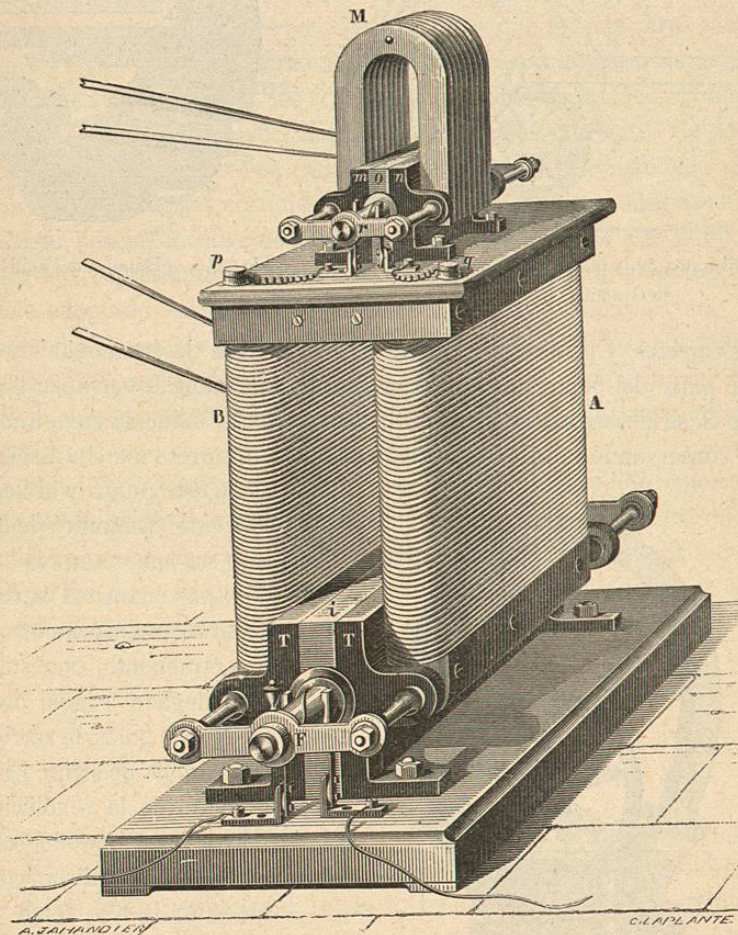


Fig. 248. — Máquina magneto-eléctrica de Wilde

segundo electro-imán, y éste á un tercer carrete. Para ponerla en movimiento se necesitaba una máquina de vapor de 15 caballos y era tan enérgica que fundía una barra de platino de 6 milímetros de diámetro por 64 centímetros de largo.

M. Gramme, físico y constructor francés, ideó en 1870 una máquina magneto-eléctrica que resuelve prácticamente el problema de la producción de corrientes de inducción continuas. Véase de qué modo tan ingenioso ha conseguido este objeto:

SN (fig. 249) son los polos del imán inductor de la máquina: entre estas dos regiones polares hay un anillo de hierro dulce continuo que recibe un movimiento de rotación alrededor de su centro y en su propio plano. A causa de la posición de sus partes con relación al imán, el anillo tiene siempre un polo Norte desarrollado por influencia enfrente del punto S, y otro Sur enfrente del punto N, al paso que en los ex-



tremos del diámetro paralelo á los brazos del imán existe una línea neutra. El anillo lleva en su circunferencia carretes cuyos alambres están reunidos de modo que forman un circuito continuo, como si aquéllos estuviesen asociados en tensión. Consideremos

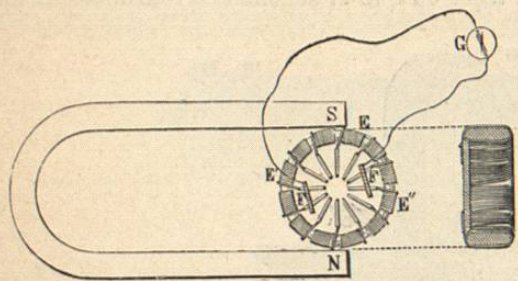


Fig. 249.—Diagrama de la máquina magneto-eléctrica de Gramme

uno de estos carretes, y analicemos lo que sucede á causa de su movimiento de rotación. Cuando parte del punto medio en que está la línea neutra, y avanza hacia E' del lado del polo S, se desarrolla en su circuito una corriente inducida cuya intensidad irá en aumento conservando la misma dirección mientras el carrete marcha hacia S; á partir de este punto y al llegar á E la corriente disminuirá de intensidad, pero sin haber cambiado su dirección, por cuanto el carrete se presentará al polo del imán en situación diametralmente opuesta. Cuando haya llegado á igual distancia de entrambos polos, la corriente inducida cambia de signo. En la segunda mitad de la revolución ocurre todo del mismo modo, salvo el que la dirección de dicha corriente es opuesta á la que tenía en la primera mitad.

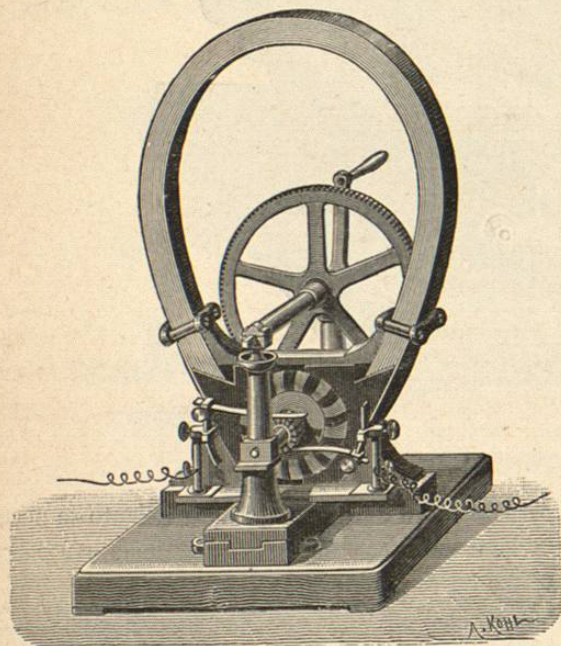


Fig. 251.—Máquina Gramme de imán Jamín

Ahora, si en lugar de considerar un solo carrete los consideramos todos en su conjunto, se comprenderá fácilmente que los situados en la semicircunferencia superior del anillo están recorridos por corrientes de intensidad creciente en un principio, y luego decreciente, cuyas corrientes se agregan unas á otras, puesto que su dirección es la misma, y los carretes están dispuestos ó asociados en tensión. Por el contrario, todos los carretes de la semicircunferencia inferior del anillo están recorridos por una serie de corrientes inducidas, opuestas á las primeras, pero que también se agregan unas á otras.

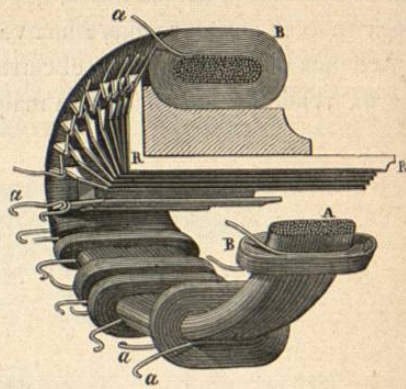


Fig. 250.—Detalles del anillo Gramme

Reuniendo por consiguiente en un mismo circuito estas dos corrientes totales, se tendrá una corriente continua, y la máquina estará en plena función. He aquí ahora cómo se obtiene este resultado. Alrededor del eje motor del anillo, y en número igual al de los carretes, hay una serie de piezas metálicas, aisladas entre sí, pero empalmadas al extremo del alambre que sale de un carrete y al del que entra en el siguiente. Estas piezas, acodadas en ángulo recto y paralelamente á dicho eje, salen en seguida del plano del anillo y forman una especie de cilindro de escaso diámetro, sin dejar de continuar aisladas entre sí. En dichas piezas R R (fig. 250) se recogen las corrientes. Los colectores consisten en penachos ó pinceles metálicos que forman otros tantos muelles, y se apoyan en las piezas R en el momento de llegar éstas al plano de la línea neutra.

En virtud de esta disposición, las corrientes inducidas en las dos mitades del anillo se reúnen en el circuito exterior del mismo modo que las corrientes de dos elementos de pila asociados en superficie ó en cantidad, obteniéndose este resultado sin necesidad de modificar el sentido de las corrientes con un conmutador y realizándose la continuidad sin tropezar con los inconvenientes propios de la adición de este último órgano.

La figura 251 representa un modelo de la máquina magneto-eléctrica Gramme, en la que se han adoptado los imanes de M. Jamín. Es muy ventajosa como máquina de trabajo, pudiendo manejarse fácilmente con la mano, y prestándose por tanto á muchos experimentos sin necesidad de los preparativos que exige, por ejemplo, el uso de las pilas (1). Se la emplea ventajosamente en galvanoplastia y en la práctica de la electricidad médica.

La intensidad de la corriente dada por una máquina Gramme determinada varía con la velocidad de rotación y crece con ella hasta un máximo de 700 ó 800 vueltas por minuto; para una misma velocidad de rotación depende de la longitud y del grueso del alambre de los carretes; para los efectos de cantidad, el hilo debe ser corto y grueso; largo y fino si se quieren obtener efectos de tensión.

### III

#### MÁQUINAS DINAMO-ELÉCTRICAS

Todas las máquinas de inducción que hemos descrito hasta ahora tienen por inductor, ya sea la corriente de una pila, como en el carrete de Ruhmkorff, ó bien la fuerza magnética de un imán permanente, según lo hemos visto en las máquinas magneto-

(1) Véase en qué términos hace resaltar dichas ventajas M. Niaudet-Breguet, juez competente en el asunto:

“Se construyen máquinas Gramme de tamaño regular que se manejan con la mano y con las cuales se pueden hacer la mayor parte de los experimentos de las cátedras de física siendo también muy útiles en los laboratorios de física ó de química para todos los experimentos que no son de larga duración, y ahorrando la molestia de tener que montar una pila de Bunsen, operación que requiere bastante tiempo y de la que por lo común se desiste cuando se tiene en cuenta que el experimento sólo ha de durar algunos minutos ó quizás unos cuantos segundos. Es inútil decir que con la máquina Gramme se economiza siempre una gran cantidad de ácidos y de zinc, aparte del tiempo que necesitan los ayudantes ó preparadores. Además, en una porción de investigaciones conviene saber con exactitud cuál es la fuerza de la corriente en el momento en que produce un fenómeno determinado; y con el aparato en cuestión basta para ello medir exactamente la velocidad en un instante dado, lo cual se hace fácilmente con un diapason cuyas vibraciones se anotan en un platillo que participa del movimiento del anillo.” (*La Nature*, noviembre de 1873.)

La máquina Gramme con imanes Jamín reúne, á la ventaja del aumento de energía que resulta del uso de estos imanes, la de la gran facilidad que hay para armar ó desarmar placas, ó para reemplazarlas.