

amplitud, y el efecto atractivo mucho menos brusco que con las armaduras articuladas del electro-imán de otros sistemas.

La lámpara Brush es un regulador basado, como los anteriores, en la atracción de un solenoide A. En el interior de una bobina sostenida por un brazo horizontal *b*, se mueve un cilindro de hierro dulce *d* hueco y atravesado por la barra de cobre *ff* del portacarbón superior: el inferior está horadado. Cuando el regulador no funciona, las

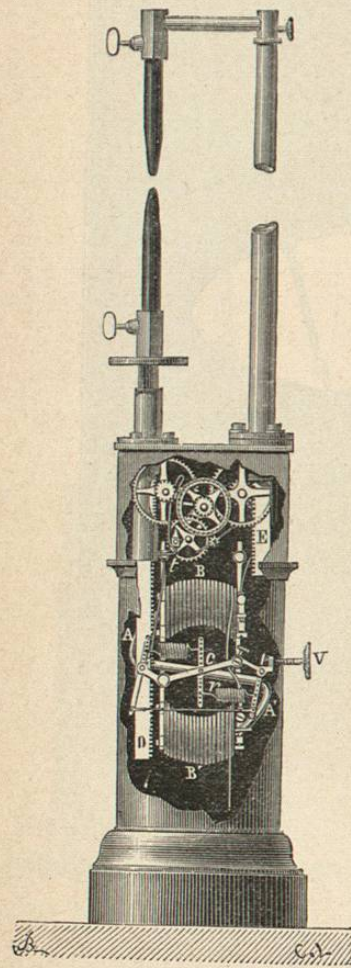


Fig. 446.—Regulador Carré

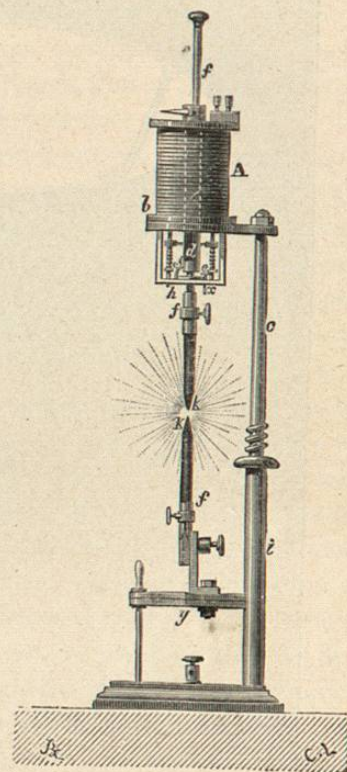


Fig. 447.—Regulador Brush

dos puntas de carbón *kk* están en contacto; pero si se ponen las dos barras en comunicación con la corriente, ésta atraviesa el sistema con su máximo de intensidad. El cilindro magnético *d* se levanta, haciendo que el gancho *e* levante á su vez una anilla *h* que sujeta la barra de cobre y la arrastra tras sí, de suerte que el carbón superior se separa del inferior, brotando entonces el arco voltaico.

El desgaste de los carbones aumenta poco á poco su distancia, y cuando ésta traspasa cierto límite, la corriente se debilita hasta el punto de que la atracción de la bobina cesa; el cilindro magnético vuelve á bajar, y con él la barra superior, lo propio que los anillos. Entonces se acercan los carbones hasta que, recobrando la corriente su intensidad, sube de nuevo todo el sistema.

II

REGULADORES DE DIVISIÓN Ó POLIFOTOS

La mayor parte de los aparatos descritos hasta ahora son para regularizar un solo foco luminoso. Poniendo muchas lámparas en tensión en el mismo circuito, en breve dejarían de funcionar con regularidad; en otros términos, aquellas cuyos carbones se gasten con más rapidez, y cuyos arcos se alarguen, absorberán una porción de corriente á expensas de las otras. Sin embargo, la división de la luz producida por el mismo foco eléctrico tiene sobrada importancia práctica para que se haya tratado de obtener la independencia de las lámparas colocadas en el mismo circuito, regulándolas cada una de por sí, sin recelo de que en el caso de que alguna de ellas se descompusiera por cualquier causa, perturbara la marcha de las demás. Los aparatos que llenan esta condición son los reguladores *polifotos* ó de *división*, al paso que los que no admiten sino una sola luz son reguladores *monofotos*.

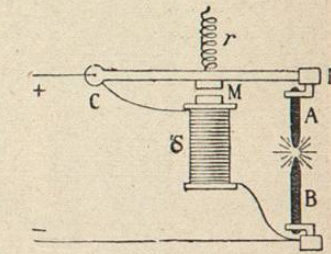


Fig. 448.—Principio de los reguladores polifotos de derivación

Se ha logrado resolver la dificultad de dos modos, y por consiguiente los reguladores polifotos se dividen en dos categorías, según que el principio de su modo de funcionar esté basado en uno ú otro de los métodos que vamos á dar á conocer.

M. Lontín es el inventor del primer regulador polifoto de *derivación*. Su aparato no es más que un regulador de paralelogramo oscilante, análogo al sistema Serrín; sólo que en vez de estar situado en el circuito de la corriente general el electro-imán que origina el movimiento de la armadura, lo está en una derivación. En esto consiste todo el principio de regulación, como se comprenderá por lo siguiente.

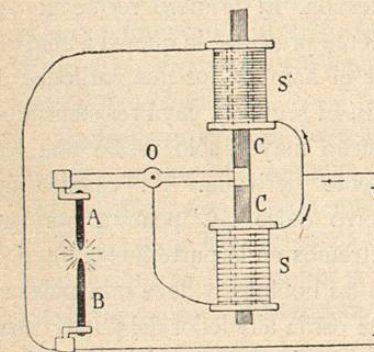


Fig. 449.—Principio de los reguladores polifotos diferenciales

Sea *CD* la palanca que lleva la armadura *M*, y *S* la bobina del electro-imán. La corriente que produce el arco pasa por *CD* y llega al carbón positivo *A*, de allí al negativo *B* y en seguida va á alimentar otro regulador: como se ve, la corriente que pasa por las espiras de la bobina es una derivación de la principal. Cuando la resistencia aumenta en el arco á consecuencia de la mayor separación de los carbones, la porción de la corriente principal se debilita, al paso que la intensidad de la corriente derivada crece hasta que este aumento sea suficiente para que la bobina obre sobre la armadura y el mecanismo correspondiente ocasione la aproximación de los carbones. La paleta de la armadura del regulador Lontín está puesta de tal modo que siempre tiene sujeta la lámpara, soltándola únicamente cuando el arco crece á consecuencia del desgaste de los carbones; lo contrario de lo que sucede en el regulador Serrín.

En resumen, en un regulador de derivación no son ya las variaciones de intensidad de la corriente misma las que influyen en el mecanismo, sino tan sólo las de la corrien-

te.

te derivada. De este modo los aparatos intercalados en el circuito general son independientes entre sí. M. Lontin ha podido poner en un mismo circuito y alimentar con una sola lámpara hasta doce reguladores en tensión. Valiéndose como generador de una de sus máquinas de división, que más adelante describiremos, se ha podido elevar hasta treinta y una el número de las lámparas de este sistema. Los reguladores Lontin son los que sirven para el alumbrado de la estación Lyon-Mediterráneo en París.

Entre los reguladores polifotos basados en el principio de la derivación, son de mencionar los de Gramme, Mersanne, Gerard, Cance y Fontaine.

La segunda categoría de reguladores polifotos forma lo que se llama lámparas *diferenciales*, cuyo tipo es la lámpara Siemens. El principio de estos aparatos consiste en la diferencia de acción de dos solenoides, uno de los cuales, de alambre grueso, está establecido sobre la corriente principal, y el otro, de alambre fino, puesto en derivación. El diagrama de la figura 449 bastará para que se comprenda cómo funcionan los reguladores de este sistema. S y S' son los solenoides en cuestión. El primero recibe la corriente principal, la que va a alimentar el arco de los dos carbones A y B. El segundo, cuya resistencia es mucho mayor, sólo recibe una corriente derivada. Un cilindro de hierro dulce CC' penetra por sus extremos en la parte hueca interior de las bobinas, y lleva una palanca que oscila alrededor del punto O según que la atracción del solenoide S sea más ó menos fuerte que la del S'.

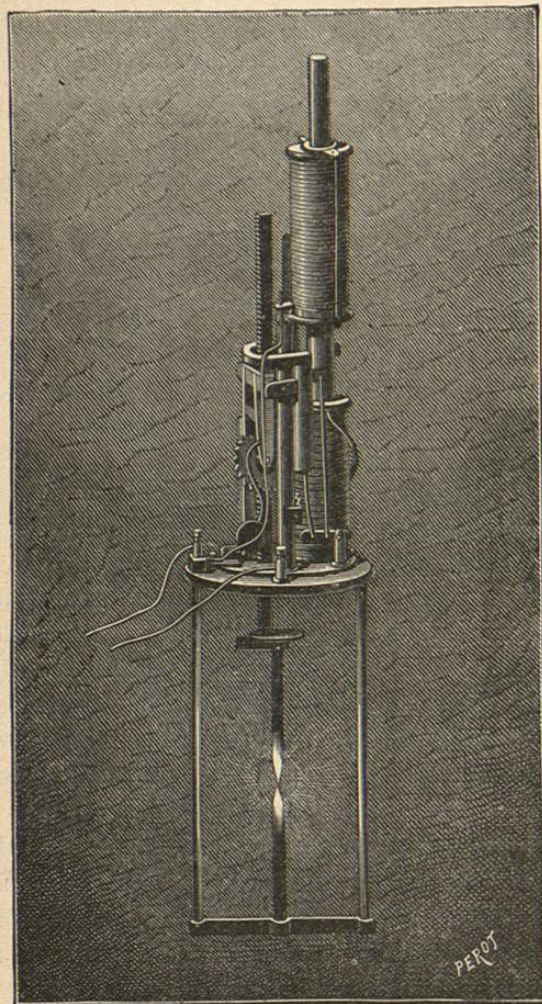


Fig. 450. — Lámpara diferencial Siemens

Esta palanca está enlazada con el portacarbón positivo y conserva una posición horizontal ó de equilibrio, para una resistencia convenientemente graduada del arco voltaico; la separación de los carbones es entonces normal. Pero al desgastarse éstos, el arco crece, su resistencia aumenta, la acción de S sobre la pieza de hierro dulce disminuye, mientras que la de S' es mayor, puesto que la corriente principal se ha debilitado y la intensidad de la de derivación ha aumentado en proporción. El cilindro de hierro dulce es atraído hacia arriba, de donde resulta una oscilación de la palanca que hará bajar el carbón superior. Tal es la explicación teórica del mecanismo de los reguladores diferenciales.

La acción preponderante de la bobina de derivación sobre el hierro dulce da lugar

en la lámpara diferencial de Siemens al escape de un trinquete que retenía el portacarbón superior; éste puede entonces bajar por su propio peso, con lo cual se aproximan los carbones por el lado positivo. El carbón inferior ó negativo está fijo, resultando de aquí un descenso continuo del punto luminoso, inconveniente de escasa importancia, toda vez que el mecanismo está situado sobre el arco, y por otra parte, siendo continua por decirlo así su regulación, el cambio de posición del foco es gradual. Además, la ventaja de esta gradación del movimiento de los carbones es notable, porque contribuye a la fijeza de la luz. Una misma máquina puede alimentar hasta veinte focos, cada uno de ellos de una intensidad equivalente a 25 mecheros Carcel.

Entre los reguladores polifotos diferenciales, citemos las lámparas Brush y Weston, basadas en el mismo principio que la de Siemens. En el artículo anterior hemos descrito el regulador Brush, sin llamar la atención hacia el carácter que lo clasifica entre los aparatos diferenciales. La bobina, que lleva en su interior un núcleo magnético cuyo movimiento produce el del portacarbón superior, no es sencilla: está formada por dos hélices independientes, enrolladas en sentido inverso; una de ellas, de hilo grueso y corto, recibe la corriente principal; la otra, de hilo fino y largo, está empalmada en derivación a las dos bornas del aparato. Como el sentido de las corrientes que obran sobre el núcleo de hierro dulce es contrario en los dos hilos, la diferencia de sus intensidades es la que tan pronto lo sube como lo baja, regularizando así la separación de los carbones y la intensidad del arco luminoso.

La lámpara Weston tiene mucha analogía con la de Brush; como ésta, contiene un solenoide con dos hilos enrollados en sentido contrario.

La lámpara Rapieff es el tipo de una clase de aparatos que se regulan por sí mismos y por decirlo así sin mecanismo, subsistiendo invariable la separación de los carbones, a pesar de su desgaste. Compónese de dos pares de carbones aa' bb' , colocados como los brazos de una X, ó mejor dicho como los de dos V opuestas por el vértice, si bien con la circunstancia de que los de la V inferior están en un plano perpendicular a los de la V superior. Merced a un contrapeso y a un sistema de cordones y poleas, el par de carbones superior baja y el inferior sube a medida que la combustión del arco tiende a separar las barras disminuyendo su longitud. De este modo se mantiene sin alteración el perfecto contacto eléctrico que constituye cada uno de los polos del arco, y la posición del punto luminoso subsiste constantemente fija.

Las columnas que sirven de guías al contrapeso sirven también de conductores de la corriente. Hallándose primeramente en contacto los carbones de entrambos polos, se hace pasar la corriente, que anima a un electro-imán situado en la peana, mueve

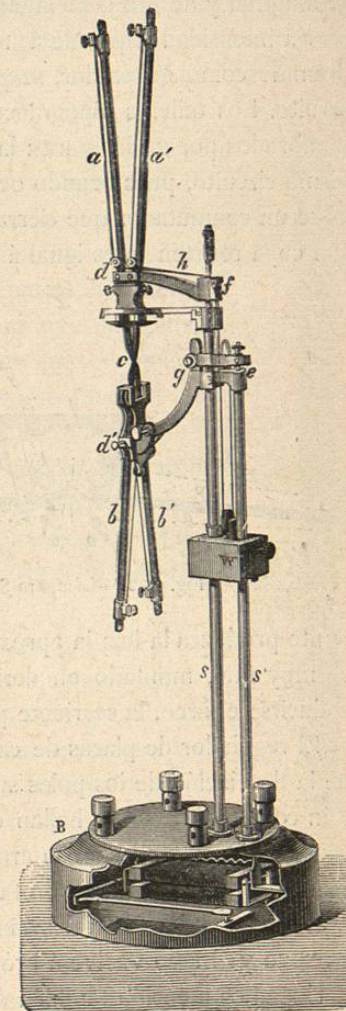


Fig. 451. — Lámpara Rapieff

uno de los dos brazos de éste, y luego, mediante una varilla metida en una de las columnas, produce la separación de los carbones y da lugar á la formación del arco.

La longitud de los carbones de la lámpara Rapiéff es ilimitada, porque siendo constante y además bastante escasa la porción de esta longitud atravesada por la corriente, la resistencia que los carbones introducen en el circuito es también escasa y no varía. La duración de la luz de una lámpara de este sistema con carbones de 50 centímetros de longitud y de 5 ó 6 milímetros de diámetro, es de unas siete á diez horas.

Su intensidad equivale á 100 ó 120 mecheros Carcel. Empleando una máquina Gramme como generador, se pueden colocar hasta 10 lámparas Rapiéff en el mismo circuito. Los talleres tipográficos y las oficinas del periódico inglés *The Times* están alumbrados por 24 lámparas: la extinción de una de ellas no ocasiona la de otras del mismo circuito, pues cuando ocurre, el electro-imán de la peana ejerce cierta reacción sobre un conmutador que cierra el circuito, haciendo pasar la corriente á una derivación cuya resistencia es igual á la del circuito de la misma lámpara.

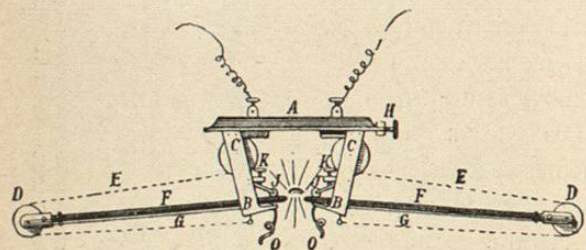


Fig. 452.—Lámpara Solignac

En la lámpara Gerard están puestos los dos pares de carbón en forma de V en un haz situado por completo sobre el punto luminoso; los carbones bajan así por su propio peso sin necesidad de los cordones y poleas de la lámpara Rapiéff. Los dos pares que forman los polos están separados antes que el paso de la corriente produzca la luz; la aproximación necesaria es obra de un electro-imán de alambre muy fino, montado en derivación y que se queda inactivo tan luego como, al producirse el arco, la corriente pasa casi por completo por los carbones.

El regulador de placas de carbón de Wallace-Farmer es también una lámpara en que la desviación de los polos subsiste fija. Dos anchas placas de carbón cuyos bordes están cortados á bisel se hallan colocadas una sobre otra. La placa inferior está fija, y la superior sustentada por la armadura de un pequeño electro-imán que la levanta al pasar la corriente. El arco brota entonces en el punto de los bordes en que la resistencia es menor, y luego va desviándose á medida de la combustión. Las placas se acercan de nuevo y el arco vuelve á brotar. La duración de la luz es considerable.

Hagamos mención también del regulador Solignac, cuya disposición es sencilla á la par que original. Los carbones están puestos horizontalmente en una misma línea, y por la acción de dos barriletes sobre cadenas que se enrollan alrededor de dos poleas fijas en sus extremos, tienden sin cesar á acercarse á medida que sus extremos se desgastan por la combustión. La corriente pasa por dos ruedecitas macizas que sirven de guía á los carbones, y la porción atravesada por ella antes de formar el arco queda así limitada á uno ó dos centímetros. Los carbones tienen debajo dos barritas de vidrio cuyo extremo inmediato al arco se apoya contra dos piezas de níquel, con lo cual se limita la aproximación de los polos. Cuando el arco crece, el calor de la parte incandescente de los carbones es bastante intenso para ablandar las puntas de las barritas, que se encorvan, merced á lo cual los carbones se acercan de nuevo. Según el autor, con un caballo de fuerza da esta lámpara una luz cuya intensidad equivale á 100 mecheros Carcel, y con tres caballos se podrían alimentar seis lámparas en el mismo circuito.

III

BUJÍAS ELÉCTRICAS

La *bujía eléctrica* se distingue de los demás aparatos de arco voltaico por la colocación paralela de los carbones, que no están situados punta con punta en una misma línea horizontal ó vertical, ni formando entre sí un ángulo más ó menos agudo. Gracias á este sencillísimo artificio, el arco brota entre los extremos de los carbones adyacentes, haciendo innecesario todo mecanismo.

Un oficial ruso, Jablochkoff, fué el primero que, en 1876, dió esta solución ingeniosa, económica y práctica del alumbrado por la electricidad.

Los dos carbones son dos cilindros ó barritas, separadas por una substancia aisladora, cuando fría, pero que á la temperatura del arco voltaico se hace sensiblemente conductora; esta substancia, á la cual se da el nombre de *colombin*, fué primero el kaolín ó tierra de porcelana que daba mucha regularidad á la luz; pero hoy se prefiere una mezcla en partes iguales de yeso y barita (sulfato de cal y sulfato de barita), que no se funde como el kaolín, sino que se volatiliza en el arco y aumenta la intensidad de su luz. Para encender esta bujía, se reúnen las puntas libres de los carbones con una ligera capa de carbón *a* sostenida por una tira *ab* de papel de amianto ó simplemente impregnada de una mezcla de goma y plumbagina. Al llegar la corriente á los carbones, esta capa se enrojece y sirve de cebo, por decirlo así, al arco voltaico.

Como la combustión es mucho más rápida en el polo positivo que en el negativo cuando el arco está alimentado por una máquina de corriente continua, Jablochkoff procuró en un principio remediar tan grave defecto que, ocasionando una diferencia de nivel entre las puntas, hubiera traído consigo la pronta extinción de la bujía, y dió al carbón positivo doble sección que al negativo. Pero la experiencia ha demostrado que este último, á causa de su mayor resistencia, se enrojece en una gran longitud, por lo cual se ha preferido emplear generadores de corrientes alternativas, y así el desgaste de los carbones es constante. Se han hecho pruebas con las máquinas de la Alianza, Lontin, Gramme, Siemens y Wilde; pero la máquina autoexcitadora de Gramme es la que al parecer ha dado mejores resultados. Una de estas máquinas de cuatro circuitos alimenta veinte bujías, cinco por circuito. En los experimentos que se han hecho en Londres con las bujías Jablochkoff para el alumbrado de los muelles del Támesis, se ha podido encender y entretener una bujía á 14 kilómetros del generador eléctrico. Pero este es un resultado excepcional; en realidad y en la práctica corriente, la distancia media más ventajosa es de 150 metros; cuando es mayor debe instalarse un nuevo centro motor, ó emplear la electricidad en hacer funcionar una máquina que forme relevador.

La Compañía que explota el sistema de alumbrado Jablochkoff fabrica tres clases de bujías. La primera, cuyos carbones tienen 6 milímetros de diámetro, da una luz de 60 mecheros Carcel y requiere una fuerza de caballo y medio por bujía. La de 4 milímetros de diámetro equivale á 45 mecheros y absorbe la fuerza de un caballo. Por último, la pequeña bujía de 3 milímetros, que equivale á 25 ó 30 mecheros, exige de 4



Fig. 453.—Bujía Jablochkoff

á 5 caballos por una serie de 12 bujías. Con una longitud de 22 á 25 centímetros, la duración de la luz es de hora y media á dos horas.

La figura 454 muestra cómo se colocan las bujías en el interior del globo difundente. Se ponen cuatro en cada globo, sosteniéndolas con pinzas de muelles cuyos dos brazos aislados están en comunicación con los hilos conductores. Primeramente se hace pasar la corriente por una de ellas, y cuando se ha consumido, el vigilante da vuelta á un conmutador y envía la corriente á otra, y así sucesivamente. De este modo se conserva el alumbrado por espacio de ocho horas.

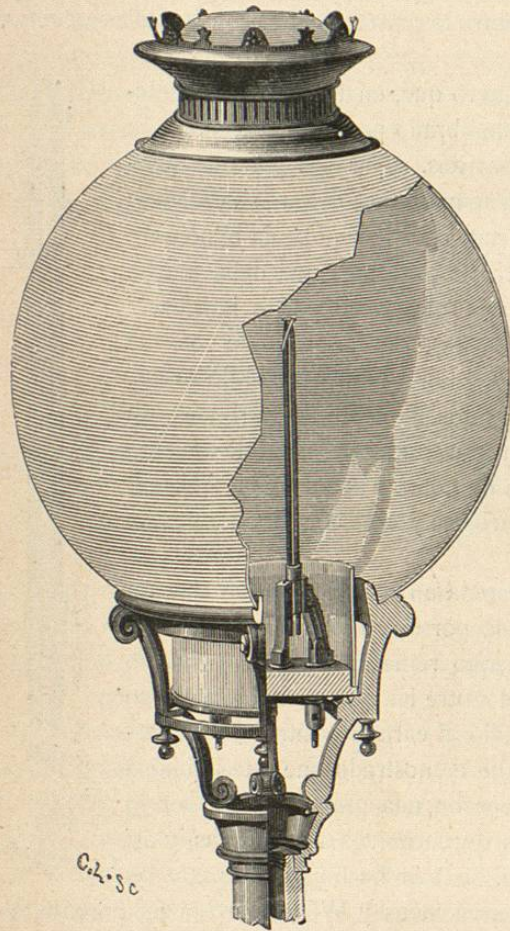


Fig. 454.—Lámpara Jablochhoff

Cuando el arco se apaga, los carbones se ponen de nuevo en contacto, y se vuelven á encender automática é instantáneamente por decirlo así.

Fundándose M. Jamín en que el arco voltaico no es otra cosa sino una porción de corriente sometida como ellas á las leyes de Ampère sobre las acciones recíprocas de los elementos paralelos, ha discurrido el rodear los carbones de las bujías de un marco *director* formado de 40 vueltas de alambre de cobre fino y aislado. Las corrientes alternativas destinadas á alimentar el arco de la bujía pasan por los hilos del marco siguiendo un camino paralelo al que tienen en los carbones contiguos. Por consiguiente, si por el contacto de los dos carbones en un punto cualquiera de su longitud mediante un tercer carbón se llega á producir la combustión, el arco voltaico quedará sometido, según las leyes de Ampère, á la acción combinada de los cuatro lados del marco direc-

tor, y pasará á las puntas de los carbones, permaneciendo fijo en ellas, y pudiendo ponerse la bujía en cualquier posición, sin que el arco cese. La consecuencia de esta disposición es poderse colocar el punto luminoso en la parte inferior, con lo cual se evitan las sombras, no siendo tampoco necesario el aislador de la bujía Jablochhoff.

tor, y pasará á las puntas de los carbones, permaneciendo fijo en ellas, y pudiendo ponerse la bujía en cualquier posición, sin que el arco cese. La consecuencia de esta disposición es poderse colocar el punto luminoso en la parte inferior, con lo cual se evitan las sombras, no siendo tampoco necesario el aislador de la bujía Jablochhoff.

He aquí la descripción que hace M. Jamín de la última forma que ha dado á su lámpara eléctrica: "Descansa en una base de pizarra (fig. 456) que según las necesidades se pone en globos ó faroles, y que sostiene en la parte inferior una gotera ó pantalla de cobre H H H, ancha, pero poco gruesa, para evitar las sombras, y en la superior otra

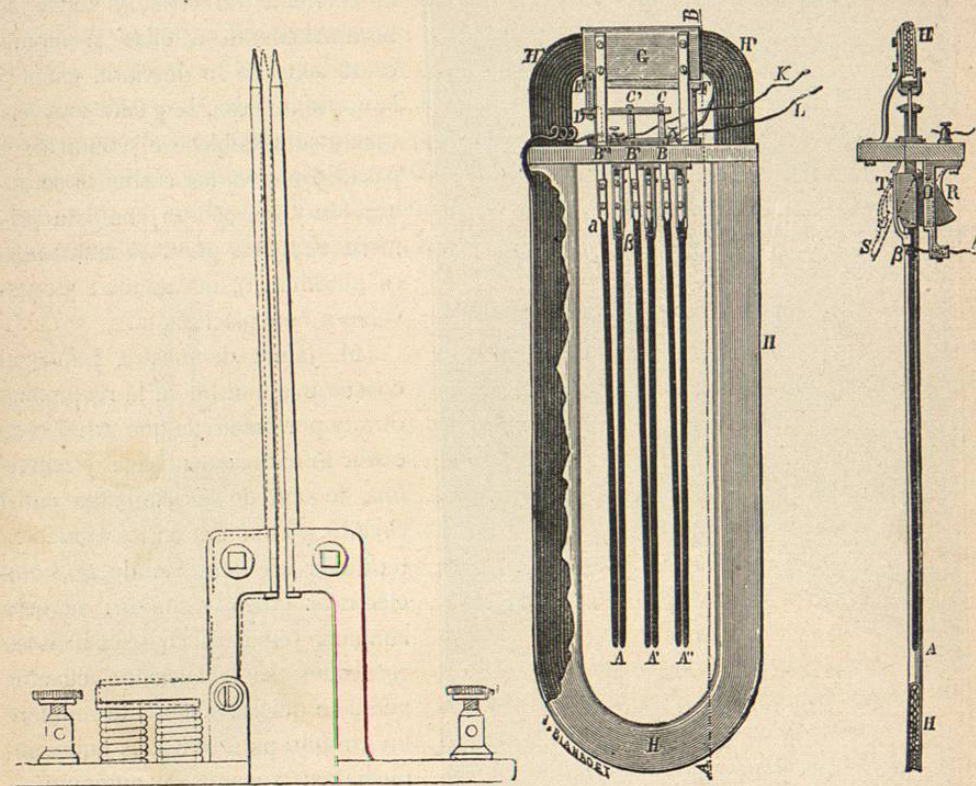


Fig. 455.—Bujía eléctrica de Wilde

Fig. 456.—Lámpara Jamín

pantalla de hierro dulce G, que tiene por objeto imanarse y atraer una paleta móvil E F. La corriente alternativa de una máquina Gramme pasa primero por un alambre de cobre fino, enrollado quince ó veinte veces en las dos goteras y que constituye el circuito director. En medio de este marco y en su plano se colocan las bujías ó pares de carbón entre los cuales ha de brotar el arco. Hay tres de éstos, pero se puede poner mayor número, si se quiere prolongar el alumbrado. Introdúcese cada uno de estos carbones en un soporte tubular de cobre, en los que se mantienen verticalmente, sujetos por un muelle, con la punta hacia abajo. La operación no ofrece dificultad ni requiere destreza alguna. No hay materia aisladora entre los carbones. Los de la derecha B A..... están fijos y verticales; los de la izquierda a..... penden libremente alrededor de las articulaciones A B' B"; los remates de sus soportes están enlazados por una barra C C' que les imprime un movimiento común; la paleta E F está unida por medio de una palanca E D con esta barra empujándola por su peso hacia la izquierda, lo cual acerca los carbones hasta que uno de ellos choca con el otro. Es de notar que una sola de las