

El problema de la calefacción de los trenes puede presentar una gran importancia, porque la carga correspondiente es bastante considerable cuando la temperatura es muy baja. El aumento de carga por calefacción durante los meses de invierno para un clima como el de Inglaterra, puede calcularse en un 9 por 100. Es de suma importancia disponer de aparatos de calefacción ligeros y susceptibles de poder ser retirados durante los periodos en que dejan de utilizarse.

Podrá emplearse en gran parte del material el aluminio, que presenta la doble ventaja de la ligereza y la de no ser atacado, exigiendo, por lo tanto, menos pintura que el acero y la madera. El mayor inconveniente del aluminio consiste en la deterioración en los puntos de unión con otras piezas; pero puede evitarse este defecto disponiendo las piezas de aluminio de un modo lo suficientemente invariable para suprimir el juego. Empleando aluminio en vez de acero para las planchas exteriores, se consigue una disminución de una media tonelada en el peso.

Como ejemplo se pueden dar las siguientes cantidades que permiten hacer la comparación entre los pesos y precios de los distintos materiales:

El peso de los cristales de un coche es, aproximadamente, el 1,4 por 100 del peso total. En cuanto a los asientos, si se utilizan los de respaldo reversible, no puede hacerse uso del aluminio porque es muy frágil. El empleo de asientos fijos permite ganar con los mismos materiales unos 4 kilogramos por asiento; y si se hace uso del aluminio ó de otros materiales de ligereza comparable, puede reducirse el peso, aproximadamente, á la mitad del de los asientos reversibles, ó sea en un peso total de tonelada y media, aproximadamente, se ganarían 750 kilogramos.

Para la construcción de los pisos se emplea, generalmente, la madera; sin embargo, puede utilizarse igualmente el acero ó el aluminio. Parece ser que en el porvenir se empleará con éxito el aluminio ondulado combinado con corcho.

El acero que actualmente se emplea en Inglaterra para la construcción de los bastidores presenta una resistencia de 30 á 40 kilogramos por milímetro cuadrado, con una dilatación mínima de 20 por 100. El empleo de aceros de gran resistencia como el acero al níquel, por ejemplo, debe dar resultados interesantes; en efecto, permitiría reducir, por lo menos, el peso del material en un 25 por 100, ó sea una rebaja de una tonelada en un bastidor de 18 metros que pesa, aproximadamente, 5 toneladas. Ciertamente es que resultaría un aumento en el precio de coste del material, pero este aumento no excedería del 100 por 100 del precio actual, ó sea 290 pesetas por tonelada.

Para la dotación eléctrica se empleará, igualmente, todo lo posible, aparatos y conexiones de aluminio, pero es preciso tener en cuenta que la dificultad de realizar las juntas puede conducir á aumentar los peligros de incendio. Además se dispondrán los aparatos de modo que estén todo lo bajo posible y próximos al centro de los carretones.

Los carretones del tipo ordinario empleados en Inglaterra en la tracción por vapor, están contruidos con muelles elípticos ó en espiral, colocados bien en el interior ó en el exterior de las ruedas. Colocando los muelles en el interior de los bastidores se tiene la ventaja de poderles dar mayores dimensiones, y, por otra parte, es conveniente emplear muelles en espiral que economizan, aproximadamente, 750 kilogramos por coche.

En lo que se refiere á los motores cuyas especialidades dependen de las condiciones de funcionamiento en cada caso particular, casi solamente puede recomendarse el empleo de motores de ventilación natural. Los cuadros I y II proporcionan algunos datos relativos á la construcción de material instalado, teniendo en cuenta algunas de las consideraciones expuestas en este artículo.

CUADRO II.—Coche remolcado.

|                                                                               | 1     | 2     | 6     | 7     | 8    |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Diámetros de las ruedas en centímetros.....                                   | 105   | 72,5  | 75    | »     | 82,5 |
| Longitud del carretón entre ejes en metros.....                               | 3     | 1,50  | 1,65  | »     | »    |
| Peso del carretón en toneladas.....                                           | 5,06  | 2     | 3,5   | 4,5   | 3    |
| Peso del coche en toneladas.....                                              | 14,85 | 9,50  | 12,75 | 13,25 | »    |
| Longitud del coche en metros.....                                             | 19,05 | »     | 17,85 | 12,90 | 9,60 |
| Longitud útil en metros..                                                     | 16,60 | 11,70 | 14,95 | 10,50 | »    |
| Distancia entre centros de los carretones en metros.                          | 13,50 | 8,85  | »     | 8,55  | 6    |
| Superficie total de planta en metros cuadrados....                            | 52,8  | »     | 39,9  | 32,3  | 24,8 |
| Superficie útil de planta en metros cuadrados.....                            | 48    | 28,5  | 35,8  | 26,7  | 23,9 |
| Proporción en 100 de superficie utilizada con relación á la superficie total. | 90,8  | 85,8  | 89    | 82,42 | »    |
| Superficie útil por tonelada en metros cuadrados....                          | 19,5  | 21,9  | 18    | 15,8  | »    |
| Superficie total por tonelada en metros cuadrados.                            | 20,4  | 25,5  | 20,1  | 18    | »    |
| Potencia necesaria para la calefacción en kilovatios.                         | 4,8   | »     | »     | 4,8   | »    |
| Potencia necesaria para el alumbrado en kilovatios.                           | 1,5   | »     | »     | 0,76  | 0,80 |

H.

## Las representaciones mecánicas de los fenómenos eléctricos

POR

D. PAULINO CASTELLS Y VIDAL

Cuando trata el hombre de penetrar en los secretos de la Naturaleza, se encuentra siempre sin puntos de partida suficientemente sólidos para la conquista de su ideal; la ciencia que le ha de conducir en sus investigaciones, no puede brotar como manantial desprovisto de toda impureza, sino que, en su mismo origen, forzosamente ha de llevar el sello que caracteriza á toda obra humana imperfecta y mutable.

Pero en su afán de acercarse á la verdad, los hombres de ciencia trabajan de un modo incesante para desentrañar el *por qué* de todos los fenómenos naturales, y ante la imposibilidad de conseguirlo en absoluto, cifran hace mucho tiempo su triunfo en encontrar su explicación mecánica. ¿En qué consistiría esta explicación?

La respuesta no es tan sencilla como parece, pues sólo cabe decir que consistiría en deducir las leyes que rigen un fenómeno cualquiera, partiendo del menor número de hipótesis sobre los elementos que en él intervienen, y aplicando los principios de Mecánica admitidos como ciertos en aquel momento. Magno problema es, en verdad, aunque bien insignificante si se le compara con el total planteado, y bueno sería que conviniésemos todos en que, aun en el supuesto de alcanzar el triunfo, sería éste un triunfo muy relativo.

Dentro del conjunto de fenómenos que integran el mundo físico, y cuya explicación nos es más ó menos asequible, no cabe duda que los fenómenos eléctricos son los que menos explicables nos aparecen, llamando, por otra parte, nuestra atención que dichos fenómenos, los más oscuros en su origen, son los que dejan una estela más espléndida en las aplicaciones.

Es indudable que, si reproducimos un fenómeno con todos

sus caracteres, combinando los elementos que en él intervienen u otros análogos por medio de mecanismos especiales y haciendo que sobre éstos actúen las fuerzas que nos son familiares, el secreto de la Naturaleza desaparece en gran parte, y si no profundizamos, crearemos conocer la razón del fenómeno, mejor todavía que deduciéndola de sus ecuaciones diferenciales.

Claro está que el espíritu del matemático o del filósofo encuentra en estas imágenes más puntos vulnerables que en las deducciones del cálculo y de la mecánica racional; pero la cualidad de reproducir materialmente el fenómeno tendrá siempre importancia suma, como la tiene en los estudios matemáticos la interpretación gráfica de muchos principios, aunque sólo sea para dar á conocer de una sola ojeada y hacer en cierto modo tangibles verdades que se demuestran analíticamente.

De aquí que ilustres físicos, entre los que sobresalen los de la escuela inglesa, á pesar de ser también notables matemáticos, no hayan vacilado en acudir á las representaciones mecánicas de los fenómenos eléctricos para sus estudios, las cuales creo que pueden considerarse no sólo como complementarias de los trabajos teóricos, sino á veces como precursoras de estos trabajos; aunque más propias de la imaginación, sabido es que ésta, bien encauzada, puede auxiliar y hasta adelantar con fruto á los esfuerzos puramente intelectuales.

\*  
\*\*

El estudio de las representaciones mecánicas de los fenómenos eléctricos puede hacerse en nuestro concepto, bajo tres aspectos diferentes:

- 1.º Desde el punto de vista puramente didáctico, ó sea como medio de facilitar la exposición de la ciencia eléctrica.
- 2.º Como medio de comprobar los resultados obtenidos en el desarrollo de una explicación mecánica determinada.
- 3.º Como medio de investigación de nuevas explicaciones.

Ahora bien; aunque no nos proponamos hacer un examen de las diferentes hipótesis ideadas para explicar los fenómenos eléctricos, la estrecha relación existente entre estas hipótesis y las representaciones mecánicas, objeto de nuestro trabajo, hace que no podamos prescindir de referirnos á las primeras. Cada hipótesis conduce, en efecto, á una serie de imágenes para su representación, y también, si nos dedicamos á investigar nuevas representaciones con el fin de explicarnos la naturaleza de los fenómenos, insensiblemente ajustaremos dichas representaciones á la hipótesis por la que tengamos preferencia.

Por lo mismo, vamos á considerar sucesivamente las hipótesis principales que se destacan en la historia de la electricidad, y en cada una de ellas nos detendremos de un modo especial en las representaciones á que conduce, estudiándolas en los diferentes aspectos que antes hemos mencionado.

\*  
\*\*

Hasta el último tercio del siglo pasado las ideas dominantes sobre electricidad estaban basadas en las antiguas hipótesis de Symmer y de Franklin, admitiéndose la existencia de flúidos imponderables dotados de la propiedad de actuar á distancia. Cuando se aceptaron dos electricidades, una positiva y otra negativa para la explicación de los fenómenos eléctricos, y dos cargas magnéticas también distintas en la teoría del magnetismo llegaron á ser cuatro los flúidos imaginados. Cuando se descubrió la analogía entre un imán y un solenoide, el número de flúidos pudo reducirse á dos. En el mismo grupo deben incluirse las teorías unitarias, aun en el caso de establecer como único flúido el éter luminoso, con la propiedad de poderse enrarecer y

acumular en determinadas regiones y de trasladarse de unas á otras, á semejanza de los flúidos ponderables.

Las representaciones mecánicas correlativas á estas primeras hipótesis son numerosísimas, siendo de notar que, cuando cayeron estas hipótesis en desuso, subsistieron no obstante dichas representaciones y aun fueron multiplicándose, encontrándose todavía hoy difundidas por la mayoría de textos destinados á vulgarizar la Ciencia eléctrica y hasta en libros de estudios más elevados. La razón es clara: cuando no se trata de profundizar en la esencia de los fenómenos, sino únicamente de darlos á conocer en forma sencilla, la hipótesis de los flúidos, en especial la de un flúido único, se presta á multitud de imágenes y razonamientos fácilmente asequibles, recurriendo á las propiedades más conocidas de los líquidos ó de los gases. Hasta las inteligencias para las que no constituye dificultad el auxilio de las matemáticas superiores, encuentra en dichas imágenes un medio para fijar y aclarar determinados conceptos, y se desvían á veces del camino riguroso sólo para hacer un alto en terreno menos árido ó para orientarse mejor en sus estudios.

De aquí que las nociones de potencial, intensidad, resistencia, etc., en un circuito eléctrico; se expliquen en multitud de obras, comparando la corriente eléctrica á un caudal líquido que circula por una tubería, en virtud de una diferencia de presión entre dos puntos y teniendo que vencer determinadas resistencias en su trayecto.

Por esto, al tratar de definir las unidades eléctricas y en especial al fijar los conceptos de trabajo, potencia, etc., se acude casi siempre á modelos hidráulicos y á analogías con lo que sucede en los saltos de agua.

Muchas propiedades de las corrientes alternas, de una ó varias fases, que para conocerlas científicamente exigen estudios bastante profundos, se comprenden asimismo sin esfuerzo, recurriendo á esquemas en los cuales aparecen ingeniosamente combinadas una ó varias tuberías en relación con cuerpos de bombas, cuyos émbolos están dotados de movimiento alternativo.

Si se trata de explicar las extracorrientes que acompañan á la apertura y cierre de un circuito, sirven admirablemente para el caso los efectos de inercia de las columnas líquidas y los consiguientes golpes de ariete.

El efecto de la descarga que se propaga por un hilo conductor y que es capaz de producir una fuerte chispa en su extremo, sin que la eviten los fusibles colocados durante el trayecto, podremos explicarlo también muy claramente, reemplazando los fusibles por válvulas dispuestas de tal modo que obturan el tubo cuando la corriente líquida es excesiva, pero no evitan que se transmita un exceso momentáneo de presión, debido, por ejemplo, á un choque.

Así podríamos continuar enumerando imágenes y analogías, que si bien es verdad tienen poco valor científico, lo tienen y mucho en la práctica de la electricidad, porque fijan los hechos y las leyes en la memoria con muy poco esfuerzo, y además facilitan el lenguaje.

Por lo mismo que este grupo de representaciones mecánicas, basadas en la hipótesis de flúidos, tienen su importancia principal desde el punto de vista didáctico, es en las obras destinadas á la enseñanza donde más generalizadas están. Entre las de este grupo, y ya que en el resto de este trabajo apenas si podríamos referirnos á algún autor español, creemos de justicia consignar que el *Tratado de Electrodinámica industrial* del malogrado académico D. Francisco de P. Rojas es una de las obras en las que se hallan expuestas con mayor claridad las analogías referidas y el concepto de las principales cantidades eléctricas.

\*  
\*\*

Si las representaciones mecánicas que hasta ahora hemos considerado reúnen las ventajas que acaban de verse, por ser éstas inherentes á la teoría de los flúidos, también han de adolecer dichas representaciones del defecto capital de aquella teoría en la que se prescinde casi por completo del medio en que se desarrollan los fenómenos eléctricos. Por esto se echa de menos, así que se analizan, una imagen, aunque sea remota, de lo que podrían ser las acciones entre cuerpos electrizados, ó entre las corrientes, no encontrándose tampoco nada que se parezca de cerca ni de lejos á los fenómenos de inducción electrostáticos y electrodinámicos.

¿Cómo concebir, aun en el terreno de las imágenes, que una masa flúida en reposo ó circulando por una tubería, pueda ejercer acciones sobre otra masa flúida sin comunicación de la primera?

La segunda fase por que ha pasado la historia de la Electricidad, tiene precisamente como carácter esencial el haber tratado de explicar dichas acciones por la influencia del medio intermediario, tendiendo, además, á explicar todos los fenómenos sin necesidad de admitir la existencia de flúidos especiales, distintos del éter luminoso.

Esta teoría, completamente opuesta á la de los flúidos, es la que, esbozada por Faraday y desarrollada más tarde por Maxwell y Hertz, pudo creerse muy próxima del triunfo á últimos del siglo pasado. Las representaciones mecánicas á que conduce, no tienen, ni con mucho, la simplicidad de las primeras; por lo mismo la importancia didáctica de dichas representaciones es menor; en cambio tienen algunas mucho más alcance, porque penetran más hondo en el mecanismo de los fenómenos y tratan, sobre todo, de explicarlo, prescindiendo de toda acción á distancia que repugna á nuestra inteligencia, la cual se esfuerza en rechazarla ó en reducirla, por lo menos, á los límites de las distancias moleculares.

Aunque dichas representaciones distan todavía mucho de lograr su objeto, vamos á describir algunas de las principales, no con minuciosidad, para no tener que referirnos á figuras, pero sí con la suficiente detención para que resalte la importancia que tienen y de que carecían las primeras, como medio de comprobación ó de investigación de nuevas explicaciones mecánicas; aparte de que, si se dispusiera de determinados modelos representativos, también se prestan éstos á experimentos de Cátedra, con el fin de reproducir las leyes y particularidades de muchos grupos de fenómenos.

\* \*

Ya hemos dicho que la teoría á que ahora vamos á referirnos pretende explicar los fenómenos eléctricos por perturbaciones ó deformaciones que se producen en el campo donde dichos fenómenos se manifiestan ó sea en el llamado *dieléctrico*; bien al contrario de la teoría anterior, sólo una mínima parte de dichas modificaciones tiene lugar en el espacio ocupado por los conductores y cuerpos electrizados. Los esfuerzos de esta teoría, que para abreviar se la llama teoría del dieléctrico, van encaminados á encontrar la naturaleza real de aquellas modificaciones, y al mismo fin se dirigen, desde su especial punto de vista, las imágenes y modelos ideados.

Ya el mismo Maxwell, en su obra clásica de Electricidad y Magnetismo, describe uno de estos modelos con el fin de hacer comprender las propiedades de los dieléctricos. Las cargas eléctricas positiva y negativa están representadas por líquidos distintos (agua y mercurio), contenidos en un tubo especial cerrado y replegado dos veces en U. Un pistón que puede moverse dentro del tubo produce presiones representativas de los potenciales.

Un tubo de comunicación inferior, provisto de una llave, permite restablecer el equilibrio en circunstancias diversas. Con estos sencillos elementos pueden representarse los diferentes estados del dieléctrico, por efecto de las cargas y descargas de un condensador, las llamadas *corrientes de corrimiento*, las descargas residuales y los fenómenos que Maxwell describe con el nombre de *absorción y conducción* por el dieléctrico.

Esfuerzos de otra índole se realizaron con posterioridad, en particular por G. Claude, para extender á la teoría del dieléctrico las analogías hidráulicas de que habíamos en la teoría de los flúidos. Surge, en efecto, la necesidad de armonizar dichas analogías con los modernos puntos de vista sobre electricidad, así que se trata de reproducir los efectos de una capacidad en un circuito. Si se trata, por ejemplo, de corriente continua y colocamos un condensador en derivación, en la teoría de los flúidos vendría éste representado por un recipiente colocado también en derivación sobre una tubería, pero claro está que este recipiente, una vez lleno, dejaría el paso libre á la corriente, cosa que no sucede en un condensador. Además, la carga de éste se reduciría á una corriente ordinaria, esto es, á una cierta cantidad de electricidad, siendo así que constituye una energía almacenada en el dieléctrico. Se salvan estas dificultades intercalando en el recipiente imagen del condensador un tabique transversal, constituido por una membrana elástica. Esta membrana representa el dieléctrico; en virtud de la presión del líquido se deforma y adquiere una cierta tensión, lo que equivale á la carga del condensador; por un lado de la membrana aumenta la cantidad de líquido; por el otro disminuye; pero la cantidad de líquido total contenido en el recipiente no varía.

Dispuesta así la imagen, pueden representarse fácilmente varios condensadores en serie ó en derivación, pudiéndose explicar también los efectos de una capacidad en un circuito recorrido por corriente alterna, así como las descargas oscilantes.

Así, por ejemplo, es fácil darse cuenta de que el efecto de la membrana elástica será el de adelantar la fase de la corriente líquida con respecto á la fuerza alternativa que la produce, porque, si no hubiese membrana y prescindiésemos de la inercia del líquido, la corriente estaría de acuerdo en todo momento con dicha fuerza; en cambio, al intercalar dicha membrana, así que la fuerza ha pasado por un máximo y empieza á decrecer, la membrana reacciona y adelanta el cambio de sentido de la corriente.

Para las descargas oscilantes, basta suponer que, una vez puesto en tensión el tabique elástico en un sentido determinado, desaparece bruscamente la causa generadora de esta tensión, y considerar las oscilaciones que en dicho tabique se producirían, debidas á su elasticidad, según fuese el grado de ésta, la masa líquida que ha de ser impulsada y las resistencias que encuentra este líquido en su movimiento.

\* \*

Aparte de estos modelos hidráulicos, relativamente fáciles de imaginar y aun de construir, existe otro grupo de aparatos más complicados, cuyo objeto es reproducir determinados fenómenos, en especial los de inducción electrodinámica, pero sin pretender, ni mucho menos, dar una idea de lo que en realidad sucede en el dieléctrico. Tal es, entre los más ingeniosos el de Boltzmann.

Véase en él, montadas sobre un mismo eje vertical, dos ruedas cónicas, una frente la otra, engranando con otras dos de eje horizontal encargadas de transmitir el movimiento entre las primeras. Las ruedas intermedias no sólo pueden girar alrededor de su eje, sino que, en conjunto, pueden también girar alrededor

del eje vertical, á semejanza de lo que sucede en las ruedas satélites de los mecanismos llamados diferenciales.

Las disposiciones adoptadas, mediante la combinación de diversos reguladores de fuerza centrífuga, para lograr que puedan hacerse variar de un modo independiente ó satisfaciendo á determinadas relaciones los momentos de inercia de las diversas partes que constituyen el aparato, no pueden ser más ingeniosas y dan lugar, al ser realizadas prácticamente, á dificultades de construcción, que su autor explica con todo detalle. (*Vorlesungen über Macnicells Theorie*, 1908). Prescindiendo de todo ello, bastará decir, para dar idea de los experimentos que pueden realizarse con este aparato, que al imprimir una velocidad creciente á una de las ruedas cónicas antes referidas, la otra gira en sentido contrario; cuando la velocidad de la primera es constante, la otra permanece en reposo; cuando la velocidad de la primera disminuye, la otra gira en el mismo sentido; todo ello, desde luego, sin que se produzca ningún cambio brusco en un momento dado y sin que dejen de engranar continuamente todas las ruedas del sistema.

La analogía de aquellos resultados con los que se observan en las corrientes inducidas, según que las corrientes inductoras aumenten, lleguen al estado de régimen, ó disminuyan, no puede ser más completa. Y no sólo pueden observarse los efectos citados, sino que, durante el movimiento de las ruedas, pueden verse también los efectos correlativos á la variación de los coeficientes de autoinducción ó inducción mutua.

La obtención más ó menos fiel de estos fenómenos y de sus leyes, por medio de dispositivos diestramente combinados, en los que se echa mano de poleas, engranajes, reguladores de fuerza centrífuga, mecanismos diferenciales y demás de los recursos de la mecánica, todo con el fin de reproducir lo que para el éter debe ser sencillísimo, no se encuentra sólo en el aparato de Boltzmann.

Lord Rayleig había ya descrito con anterioridad (1890) otro mecanismo menos complicado, pero en el que no podían hacerse variar los coeficientes de inducción como en el de Boltzmann. Se reducía á una cuerda sin fin destinada á sostener dos poleas, de las que pendían pesos iguales; la suspensión se hacía por medio de otras dos poleas provistas de manubrios. Al impulsar una de estas poleas con velocidad variable, la inercia de los pesos se opone á su movimiento, y entonces la cuerda sin fin obliga á la otra rueda á girar en sentido contrario ó en el mismo sentido que la primera, según que la velocidad de ésta sea creciente ó decreciente. Cuando la velocidad es constante, uno de los pesos sube y el otro baja, sin que la segunda polea tenga que girar en ningún sentido.

Mucho más completo es el que describe el físico italiano A. Garbasso, en la revista *Nuovo Cimento*, del año 1897. Su objeto es la representación de circuitos aislados ó de dos circuitos en presencia, provistos de inducción y de capacidad. Presenta bastante analogía con el de Boltzmann, en lo referente al modo de relacionar los dos circuitos valiéndose de mecanismos diferenciales, pero reproduce, además de los efectos de inducción ordinarios, los referentes á la descarga oscilante en un circuito aislado ó en presencia de otro circuito.

La capacidad en cada circuito viene representada por la elasticidad de una cuerda que obra por torsión; la autoinducción, por el momento de inercia de un volante dispuesto de modo que puede hacerse variar en un instante dado; la resistencia es la que experimenta una rueda de paletas por efecto del aire. Según sean estos elementos en cada mitad del aparato, y según se relacione ó no el movimiento de una mitad con el de la otra por medio del engranaje diferencial, pueden observarse multitud de circuns-

tancias en el movimiento de ambas partes, que tienen como siempre su equivalente en los fenómenos de autoinducción ó inducción mutua entre dos circuitos, y además los correlativos al caso notable de oscilaciones eléctricas, directas ó inducidas.

El empleo del engranaje diferencial, para representar mecánicamente dos circuitos con inducción mutua, se observa todavía en otros aparatos de este grupo, entre ellos el de Ebert (*Wiedemann Annalen*, 1893). Por lo mismo y por la complicación de los mecanismos secundarios si se quieren lograr determinadas variaciones durante los movimientos, son estos aparatos de construcción algo difícil.

En breves palabras, y sin otra finalidad que la de contribuir á la vulgarización de los aparatos de esta índole, voy á describir otra disposición que se me ocurrió y que no se ha traducido, al menos que yo sepa, en aparato alguno.

Consistiría éste en un vaso cilíndrico, conteniendo mercurio, agua ú otro líquido, representativo del éter existente en un dieléctrico.

Dos cilindros verticales, provistos de paletas en toda su longitud, estarían sumergidos en el centro del vaso, de modo que sobresaliesen solamente los extremos superiores de dichos cilindros.

Supondremos que estos cilindros pueden girar libremente alrededor de su eje, ó recibir, cuando se desee, movimientos de rotación en uno ú otro sentido; y que la transmisión empleada es de tal naturaleza que permite á dichos cilindros acercarse ó alejarse cediendo á la acción del líquido, aunque sea desviándose de la vertical, cosa que fácilmente podría realizarse suspendiendo dichos cilindros por medio de alambres ó de resortes encargados de transmitirles el movimiento de rotación. Los ejes de los cilindros así dispuestos representarían corrientes eléctricas, en un sentido ó en otro, según fuese el de la corriente circuladora que se formase á su alrededor.

Veamos los experimentos que podrían realizarse con esta sencilla disposición:

Dispongamos primero uno solo de los cilindros en el eje del vaso; como está provisto de paletas longitudinales, su movimiento de rotación está dificultado en todo momento, no sólo por los roces inherentes á los puntos de giro, sino por el frotamiento entre el líquido y las paletas. Estas resistencias darían lugar á un desarrollo de calor como en la corriente eléctrica; pero, además, como la masa líquida impelida por las paletas va participando poco á poco del movimiento de rotación de éstas, es evidente que al principio del movimiento la resistencia que opone el líquido es mayor y que buena parte del trabajo se invierte en comunicar á dicho líquido una determinada fuerza viva, á semejanza de lo que pasa también en la corriente eléctrica á causa del campo magnético á que da lugar.

Si una vez alcanzada la velocidad del régimen cesa el esfuerzo que aplicamos á la rueda de paletas, pero queda ésta en libertad, observaremos seguramente que el movimiento de rotación del líquido continúa y que el líquido arrastrará ahora á la rueda de paletas, devolviéndole *en parte* el trabajo absorbido al iniciarse el movimiento.

En la corriente eléctrica la energía almacenada en el campo magnético queda restituída en su totalidad; pero alguna diferencia ha de haber entre el líquido de nuestro vaso, influido por la gravedad y por toda clase de frotamientos y el éter con sus especialísimas propiedades.

Si el movimiento que actúa sobre la rueda, en lugar de ser continuo es alternativo, el del líquido también lo será; pero debido á la inercia de este último, su movimiento será siempre retardado con respecto al primero, esto es, que existirá una dife-

rencia de fase (como en las corrientes alternas) entre el movimiento impulsor y el del líquido.

Dispongamos ahora las dos ruedas, que para abreviar llamaremos A y B, en la región central del vaso, y próximas la una á la otra. Si la rueda B la dejamos libre, é iniciamos un movimiento de giro en la rueda A, este movimiento se comunicará á la masa líquida que la rodea, y como el movimiento de rotación de esta masa emplea algún tiempo en propagarse de unas capas á otras, las paletas de la rueda B más próximas á la rueda A, recibirán primero que las demás el impulso de la masa líquida, y se puede asegurar que dicha rueda, en virtud de esta impulsión, girará en los primeros momentos en sentido contrario al de la rueda A.

En cambio, si después de girar la rueda A durante algún tiempo, el movimiento de esta rueda cesa de pronto, como la masa líquida continuará girando en el mismo sentido, la acción que dicha masa ejercerá sobre la rueda B dará por resultado hacerla girar en igual sentido.

Las particularidades de la descarga oscilante en un conductor aislado ó en dos conductores próximos pueden también manifestarse en el aparato que describimos, porque estando suspendidas las ruedas de paletas por medio de resortes ó por simples alambres que pueden someterse á una torsión, se encuentran dichas ruedas en condiciones parecidas á las del aparato de A. Garbasso, antes mencionado, con la ventaja de que la resistencia del líquido al movimiento de las paletas, cambiando la superficie de éstas ó la naturaleza de aquél, puede hacerse variar entre límites más extensos.

Por último, se prestaría, además, el aparato que hemos indicado á la reproducción de las atracciones y repulsiones entre dos corrientes eléctricas, según sean del mismo sentido ó de sentido contrario. Bastaría para ello imprimir al mismo tiempo á las dos ruedas A y B movimientos de giro de una ú otra especie. Si, por ejemplo, las dos ruedas girasen en el mismo sentido, sus acciones sobre la masa líquida que las rodea se sumarían, originándose una fuerte circulación alrededor del sistema formado por las dos ruedas, cuyo influjo sobre éstas tendería á llevarlas hacia el centro del vaso y á aproximarlas, por lo tanto, una de otra.

Por el contrario, si las ruedas girasen en opuesto sentido, se producirían dos corrientes líquidas también opuestas, pero que, en realidad, serían concordantes en el espacio que separa las dos ruedas, y la masa líquida, al ser impelida á pasar por entre dichas ruedas, tendería á alejarlas una de otra.

Según ha podido verse, los efectos que acabamos de describir son análogos á los obtenidos con los aparatos antes mencionados, y aun los de atracción y repulsión entre dos corrientes no podían obtenerse con aquéllas; por otra parte, reproduciría este aparato

los referidos fenómenos valiéndose de mecanismos que no afirmaremos sean más semejantes á los naturales (1), pero sí que son más sencillos y comprensibles que los primeros.

(Continuará.)

## Estaciones centrales y de distribución.

### DESARROLLO DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

POR EL

#### INGENIERO DIRECTOR SIEGEL

(Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen.)

Como medida del desarrollo del actual consumo de energía eléctrica puede tomarse, bien sea la potencia de producción de las instalaciones mecánicas productoras de electricidad, bien la potencia total de las redes que alimentan las instalaciones de utilización, ó bien, igualmente, el número de unidades de energía consumidas, es decir, de kilovatios-hora. El primer método da una idea del posible desarrollo actual del medio de producción, mientras que el último da el consumo efectivo.

En el cuadro I, se enumeran las cantidades que indican en globo la potencia de las fábricas eléctricas de Alemania, desde 1891 hasta 1913. En este cuadro, como en los siguientes, se entiende por fábricas públicas, á las que venden la corriente, y privadas, las que producen la corriente para sus propias necesidades.

CUADRO I

Potencia, en globo, de las máquinas de las fábricas eléctricas de Alemania

| AÑOS      | POTENCIA EN MILLONES DE KILOVATIOS |                    |        |
|-----------|------------------------------------|--------------------|--------|
|           | Fábricas públicas.                 | Fábricas privadas. | TOTAL. |
| 1891..... | 0,01                               | 0,05               | 0,06   |
| 1900..... | 0,20                               | 1,40               | 1,60   |
| 1905..... | 0,52                               | 3,00               | 3,52   |
| 1907..... | 0,73                               | 3,90               | 4,63   |
| 1909..... | 0,98                               | 5,10               | 6,08   |
| 1911..... | 1,27                               | 6,70               | 7,97   |
| 1913..... | 1,90                               | 8,30               | 10,20  |

Según el cuadro II, que da el número y la potencia de las redes centrales eléctricas públicas, se ve que durante el período de 1895 á 1913, el número de fábricas se ha multiplicado por 27; el de localidades surtidas por 75; el de lámparas de incandescencia alimentadas por 50; el de lámparas de arco por 20; la potencia de los motores fijos por 300, y la potencia total de las redes por 100.

CUADRO II

Número de fábricas y potencia proporcionada por las centrales públicas de Alemania.

| AÑOS | Número de fábricas. | Número de localidades á que surten. | Número de lámparas de incandescencia alimentadas. — Millares. | Potencia representada por las lámparas de incandescencia. — Millares de kilovatios. | Número de lámparas de arco alimentadas. — Millares. | Potencia representada por las lámparas de arco alimentadas. — Millares de kilovatios. | Potencia de los motores fijos. — 1.000 caballos. | Potencia de los motores de tracción. — 1.000 caballos. | Potencia de los aparatos. — 1.000 kilovatios. | Potencia total. — 1.000 kilovatios. |
|------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1895 | 148                 | 170                                 | 494                                                           | 25                                                                                  | 12                                                  | 6                                                                                     | 6                                                | »                                                      | »                                             | 36                                  |
| 1900 | 652                 | 800                                 | 2.624                                                         | 131                                                                                 | 50                                                  | 25                                                                                    | 106                                              | »                                                      | »                                             | 252                                 |
| 1905 | 1.175               | 2.000                               | 6.302                                                         | 315                                                                                 | 122                                                 | 61                                                                                    | 310                                              | »                                                      | »                                             | 655                                 |
| 1907 | 1.530               | 3.300                               | 9.737                                                         | 487                                                                                 | 179                                                 | 89                                                                                    | 583                                              | »                                                      | »                                             | 1.101                               |
| 1909 | 1.970               | 4.600                               | 12.808                                                        | 640                                                                                 | 235                                                 | 129                                                                                   | 897                                              | 287                                                    | 38                                            | 1.873                               |
| 1911 | 2.526               | 10.500                              | 16.209                                                        | 810                                                                                 | 246                                                 | 135                                                                                   | 1.207                                            | 418                                                    | 73                                            | 2.478                               |
| 1913 | 4.040               | 12.650                              | 24.554                                                        | 1.228                                                                               | 232                                                 | 128                                                                                   | 1.643                                            | 417                                                    | 83                                            | 3.726                               |

(1) El aparato descrito debería considerarse en realidad como un modelo mecánico correspondiente á la teoría de los torbellinos, de que hablaremos más adelante.