

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Congreso internacional de aplicaciones de la electricidad.

La sesión general de apertura tuvo lugar el 10 de Septiembre de 1911 en el *Regio Politécnico* de Turín, con la asistencia de entidades importantes, de delegados de los diversos Ministerios italianos y de las Asociaciones electrotécnicas.

Después de los discursos de Boselli, Presidente del Politécnico, y del profesor Lombardi, Presidente del Comité de organización, el Ministro de Correos y Telégrafos, Callissano, declaró abierto el Congreso.

Se hicieron, después de haber usado de la palabra diferentes personalidades, los nombramientos de Presidente efectivo del Congreso á favor del Sr. Lombardi; Vicepresidentes, Guido Grassi y el Ingeniero E. Jona, y Secretario general, Guido Semenza.

El Congreso aprobó igualmente el nombramiento, como Vicepresidentes de honor, de los siguientes representantes de las diversas naciones:

MM. A. Paccinotti, por Italia; Silv. Thompson y Alex. Siemens, por Inglaterra; G. Dunn, por los Estados Unidos; Paul Janet, por Francia; Karl Strecker, por Alemania; Alfred Graf, por Austria-Hungría; Pierre Ossactchy, por Rusia; Gustavo L'Hoest, por Bélgica; Behn-Eschenburg, por Suiza; De la Peña, por España, y W. Poulsen, por Escandinavia.

Después se hizo el nombramiento de los Presidentes de las diferentes Secciones y designación de los trabajos á que se habían de dedicar:

Primera sección: Máquinas eléctricas.—Transformadores.—Presidente, M. Boucherot (Francia).

Segunda sección: Estaciones centrales.—Canalizaciones.—Presidente, M. de Bast (Bélgica).

Tercera sección: Medidas eléctricas.—Presidente, Mister Keennly (Estados Unidos).

Cuarta sección: Alumbrado eléctrico y calefacción.—Presidente, M. Rossander (Suiza).

Quinta sección: Tracción eléctrica.—Presidente, Mister Mailloux (Estados Unidos).

Sexta sección: Telegrafía y telefonía.—Presidente, mister O'Meara (Inglaterra).

Séptima sección: Acumuladores.—Electroquímica.—Electrometalurgia.—Presidente, M. Beckmann (Alemania).

Octava sección: Tarificación y legislación.—Presidente, M. R. Arnó (Italia).

Hemos detallado del completísimo trabajo que publicó *L'Industrie Eléctrique*, los trabajos de las diferentes secciones, y por considerarlo de interés para nuestros lectores, damos á continuación una noticia de las más importantes conclusiones:

Primera sección: Máquinas eléctricas y Transformadores.—Sección del lunes 11 de Septiembre.—El Presidente, después de haber dado lectura de los principales artículos del Reglamento del Congreso, concede la palabra á M. H. Behn-Eschenburg para una comunicación relacionada con las «características eléctricas y mecánicas de los generadores eléctricos modernos, en particular los de gran velocidad».

a) *Consideraciones generales respecto al desarrollo de las generatrices eléctricas modernas.*—Antes de enumerar algunas de las propiedades de las generatrices eléctricas modernas, pasaremos una rápida revista al modo en que se han desarrollado.

El dictado de «moderno» que damos á una cosa es relativo; depende del lapso de tiempo que consideremos. La construcción de las máquinas eléctricas es moderna si nos remontamos al año 1830, época en que Faraday comenzó sus investigaciones respecto al electromagnetismo. El empleo de las corrientes polifásicas es más moderno, porque en 1888 Ferraris, el mismo inventor, negaba todo valor práctico á los campos rotatorios que acababa de descubrir. Para conocer el alcance de la significación del dictado de «moderno» que damos á nuestras generatrices eléctricas hoy, es necesario referirnos á una época en que su realización y empleo, hoy universales, nos parezcan inconcebibles.

En 1900 hubiera parecido absurdo á un constructor pensar en alternadores de 10.000 kilovatios á 1.500 vueltas por minuto ó en dínamos de 1.500 kilovatios á 1.500 vueltas por minuto, y de 4.000 kilovatios á 300 vueltas por minuto. Hace cinco años se ponía como límite de potencia de los alternadores 1.000 kilovatios á 3.000 vueltas por minuto y 5.000 kilovatios á 1.500 vueltas por minuto. Por esto me parece que el carácter moderno de las generatrices eléctricas reside en la desaparición de estos límites, que se asignaban á su potencia por unidad de polo.

Siempre es difícil determinar el momento en que nace la primera impulsión hacia la realización de formas nue-

vas; es probable que como en el mundo de los organismos se hace una selección en el nacimiento de las invenciones, no subsisten más que las formas que respondan verdaderamente á las «exigencias del mercado». Sin la presencia de este factor, que pide sin cesar productos nuevos que respondan á necesidades nuevas, pocas invenciones hubieran llegado á la realización práctica. Las ideas más fecundas han permanecido en el olvido mientras no han respondido á alguna necesidad de su tiempo. Ha sucedido que esta necesidad se ha dejado sentir de repente y ha dado lugar al renacimiento de las mismas ideas, viables esta vez.

Citemos solamente la compensación de las dinamos de corriente continua, de la que hoy apenas se puede prescindir y que, sin embargo, había sido ya descrita por Menges en 1884, como un perfeccionamiento moderno.

Otro factor de evolución de nuestras construcciones es la «necesidad». Cada nueva construcción lleva consigo una parte imprevista; cada modo de utilización nuevo de las máquinas eléctricas da nacimiento á una serie de fenómenos hasta entonces inadvertidos ó despreciados, casi siempre perturbadores, y que exigen un nuevo esfuerzo de invención por parte de los técnicos.

Pero cada uno de estos esfuerzos, cada uno de estos progresos, es seguido paso á paso por todos aquellos que combaten con las mismas armas en el mismo terreno, y que no descansan más que cuando han conseguido alguna ventaja, por ligera que sea, sobre el adversario. Este es el tercer factor de evolución: la «conurrencia».

Si se nos pregunta hasta dónde podrá llegar el movimiento de evolución señalado al principio, grandes potencias por unidad de polo, haremos observar que el aumento de potencia y de velocidad de las generatrices eléctricas ha sido determinado por el de estos mismos factores relacionados con el motor: turbinas hidráulicas y turbinas de vapor. El desarrollo de la potencia de las unidades generatrices actuales no ha tenido otro encadenamiento que el de las consideraciones económicas y técnicas, que limitan la potencia de los motores.

Esta dependencia, entre el desarrollo de las máquinas eléctricas y su destino, hace también que los tipos que consideramos hoy como definitivos, envejecerán ó desaparecerán tal vez, si nuevas formas de energía ó de corriente adquieren más extensión que las formas actualmente conocidas; por ejemplo, el empleo de la energía á alta frecuencia, de nuevas disposiciones de acumulación, etc.

b) *Características de algunas generatrices modernas.*— Á continuación citamos algunos ejemplos de generatrices construídas por diferentes talleres, ó en vías de construcción, cuya potencia y velocidad exceden en mucho á las previsiones que se hubieran podido tener en cuenta hace algunos años:

- I. Alternadores trifásicos accionados por turbinas de vapor.
- II. Dinamos de corriente continua accionados por turbinas de vapor.
- III. Alternadores trifásicos para velocidades medias.
- VI. Dinamos de corriente continua para velocidades medias.
- V. Alternadores y dinamos en 1900.

c) *Ligera reseña de la construcción de generatrices modernas.*—Relativamente hay pocos cambios que señalar durante los últimos años, en cuanto á los principios de construcción, á los materiales empleados, á los modos de

regulación, al rendimiento y la frecuencia y la tensión de las generatrices, que sensiblemente han permanecido las mismas.

El empleo de las altas tensiones producidas directamente por los alternadores no ofrece sino pocos ejemplos (Central de Manojlovak de Ganz y Compañía, 5.200 kilovatios A, 30.000 voltios), merced á las ventajas de los transformadores estáticos.

Ciertos tipos, de los que algunos prometían mucho, han sido abandonados; por ejemplo, el tipo homopolar, llamado de hierro giratorio, así como los alternadores de inducido rotatorio. Otros tipos, como las dinamos de corriente continua de alta tensión, no se han extendido. Los numerosos sistemas de alternadores compundados han estado en boga poco tiempo, pero ninguno se ha impuesto, y el antiguo modo de regulación por relays y regulador automático, actuando sobre la corriente de excitación, ha prevalecido.

Los perfeccionamientos aportados recientemente á los aparatos de regulación les permiten responder á las exigencias más severas y ponen en segundo lugar la cuestión de la caída de tensión. Esta pierde en importancia cada vez más ante la consideración de la economía del material, aumento del rendimiento y reducción de la corriente del cortocircuito.

De una manera general el material se simplifica, se unifica. Los alternadores se hacen exclusivamente de inducido fijo é inductor giratorio, excitado por corriente continua, no empleándose los alternadores asíncronos más que excepcionalmente.

La demanda de los grandes alternadores-volantes ha descendido rápidamente con la de las máquinas de pistón, y su estudio está casi desprovisto de interés. En cuanto á los alternadores de polos exteriores para motores de explosión, su desarrollo está encadenado con la potencia relativamente pequeña y el enorme peso requerido por el volante.

El enorme desarrollo de la potencia de las turbinas hidráulicas ha determinado un crecimiento equivalente de la potencia de los alternadores de velocidad media; por ejemplo, 750 vueltas por minuto. Aquí la lucha para la mejor utilización del material ha sido tan activa, que en cinco años los alternadores y las dinamos han llegado á una potencia doble para el mismo peso y la misma velocidad angular, sin que haya habido modificación sensible en su modo de construcción. Esta evolución se hace, naturalmente, sin que se la pueda relacionar con otra invención determinada; pero puede decirse que sigue la vía natural del progreso. Se pueden distinguir, sin embargo, algunas orientaciones principales.

Primeramente la reducción gradual de los fenómenos secundarios, como los campos de dispersión, las armónicas superiores de las curvas de tensión, las pérdidas suplementarias, etc., y de algún modo un cálculo de la máquina en segunda aproximación.

En segundo lugar, la reducción de las pérdidas específicas en los circuitos eléctricos y magnéticos, por el empleo de ranuras numerosas, la disposición en hojas y el perfil de las piezas polares, la subdivisión de las secciones de cobre, el empleo de amortiguadores y el uso de láminas de pequeño coeficiente de pérdidas, permiten saturar cada vez más las partes activas de las máquinas, sin aumentar la suma de las pérdidas que tienden á calentarlas.

En tercer lugar, la proscripción, cada vez más completa, de las piezas fundidas en la parte giratoria, á fin de poder verificar la solidez en todos los detalles y conservar la misma seguridad, á pesar del aumento de los esfuerzos específicos.

Por último, y sobre todo, el prudencial empleo de la ventilación artificial que permite obtener de la corriente de aire que atraviesa la máquina, el máximo de eficacia, y mantener la calefacción dentro de los límites de seguridad, á pesar de la disminución constante de las superficies de irradiación.

Pero estos progresos no son, como hemos dicho, sino una especie de perfeccionamiento de los procedimientos conocidos ya hace una decena de años, habiendo permanecido las formas tipo las mismas.

Solamente con los «turbo-alternadores» de dos, cuatro y seis polos, asistimos al nacimiento de una forma verdaderamente nueva; el rotor cilíndrico; presentado hace algún tiempo, es cierto, pero introducido solamente en su forma definitiva en 1901, por la construcción genial de Charles Brown. Es difícil demostrar las ventajas del inductor cilíndrico; pero conviene hacer constar, según opinión de los constructores, cada vez más numerosos, que lo han adoptado, que se presta maravillosamente á todas las potencias, de 100 á 20.000 kilovatios A, á 25 y 50 períodos por segundo, dos, cuatro y seis polos. Con unos 80.000 amperios-vueltas por polo, un inductor cilíndrico bipolar que tenga un paso polar de 1,5 metros puede hacer pasar por el inducido 150×10^6 líneas de fuerza magnéticas por polo.

Estas cifras se refieren á un turbo-alternador de 10.000 kilovatios A, 25 períodos por segundo; 1.500 vueltas por minuto. El cuerpo cilíndrico y las bobinas pueden estar ventilados enérgicamente; la consolidación de los arrollamientos en las ranuras es tan regular, que basta algunas decenas de gramos de peso muerto para equilibrarlos; por último, el conjunto de las chavetas y de los bandajes de cabeza constituye todo, naturalmente, un amortiguador perfecto. Este tipo de inductor está adoptado actualmente por «Brown-Boveri y Compañía», la «A. E. G.», «Siemens-Schukert», «Talleres de Construcción Oerlikon», «Compañía Alsaciana de Belfort», «Westinghouse» y «G. E. Cie.» Unos constructores hacen las ranuras ya estampadas en las planchas, ó fresadas en la masa del cilindro; otros («A. E. G.» y «G. E. Cie.»), como los dientes sirven para mantener los arrollamientos, están comprimidos entre éstos en el cuerpo cilíndrico.

El progreso más importante que hay que señalar en la construcción de las máquinas de corriente continua, es el empleo general de los arrollamientos compensadores y de los polos auxiliares, que permiten, cualquiera que sea la forma y la intensidad del campo inductor, obtener una buena conmutación, aun con 10.000 amperios-vueltas por polo en el inducido, y una tensión media entre las delgas de 16 voltios. Entre las máquinas enumeradas más arriba, se encuentra en ellas que tensión media en las delgas de 16 voltios, tienen que conmutar 400 amperios-vueltas por bobina, ó sea una potencia media de 6.400 vatios. Los límites de velocidad y de potencia quedan, sin embargo, muy inferiores á las cifras dadas para los alternadores, circunstancia que obedece á dos causas principales: la primera es que, á pesar de todo el ingenio del sistema compensador, su acción está influenciada por ciertos fenóme-

nos secundarios, como oscilación y distorsión de los campos en la zona de conmutación, por consecuencia de discontinuidad de la superficie del entrehierro y de la superficie del colector, oscilaciones y asimetría del campo inductor, repartición desigual de las corrientes inducidas en los circuitos en paralelo, elementos todos cuyos efectos son difíciles de prever por el cálculo.

La segunda causa se relaciona con la captación de la corriente; á pesar de las numerosas cualidades de los carbones de que se dispone, la perfección que se alcanza hoy en la fabricación de los colectores, la larga experiencia adquirida con los diferentes tipos de porta-escobillas, no se han variado notablemente los límites de densidad de la corriente y de velocidad periférica, que antes se consideraban para calcular las dimensiones de los colectores. Si aún se estuviera en posesión de un sistema compensador perfecto, estos dos elementos, superficie y velocidad periférica del colector, bastarían para limitar la potencia y la velocidad de las máquinas. Para aprovechar por completo las ventajas que ofrecen los motores de gran velocidad, quedan dos medios: repartir la potencia del motor en dos ó más máquinas, montadas sobre el mismo árbol, ó reducir la velocidad por medio de una transmisión. La construcción de transmisiones para grandes potencias y grandes velocidades, es, pues, uno de los problemas más importantes de la técnica actual; su solución permitirá elegir las dos unidades, motor y generatriz, independientemente la una de la otra, es decir, en las mejores condiciones de economía y rendimiento.

Determinación de las dimensiones de los alternadores modernos.—Como hemos dicho, entendemos bajo esta denominación los alternadores de muy gran potencia por unidad de polo, y vamos á indicar, aunque sea á la ligera, los puntos que hay que considerar en el cálculo. Aquí trataremos, especialmente, de un alternador bipolar de 5.000 kilovatios A, 50 períodos por segundo, y de un alternador de cuatro polos de 12.500 kilovatios A, 1.500 vueltas, 50 períodos por segundo.

Características mecánicas.—Gorrones de árbol: La velocidad periférica alcanzada, 25 metros, y la presión específica referida á una sección diametral, 5 kilogramos por centímetro cuadrado.

Dimensiones del árbol: Suponiendo que la construcción del rotor sea tal que se comporte como un cuerpo homogéneo, es decir, que el equilibrio establecido con cuidado no esté influenciado por las variaciones de temperatura ó de excitación, se puede siempre mantener la velocidad crítica lo menos en un 25 por 100 por encima de la velocidad normal. La flecha del árbol se calcula gráficamente ó por fórmulas aproximadas.

Tensiones específicas de los materiales empleados.—Se toma como base el que los efectos específicos para una aceleración anormal de la máquina del 40 por 100 superior á la velocidad normal, son inferiores al límite de los alargamientos proporcionales. Las partes más expuestas son los dientes, chavetas, bandajes ó zunchos, que mantienen los arrollamientos.

Límites de los alargamientos proporcionales de los diversos materiales.—Se excluye toda pieza fundida por la dificultad de verificación del material. Se da la preferencia á los metales, gran alargamiento á la ruptura, que reparten mejor los esfuerzos locales, y cuya deformación es tal, que

la marcha de la máquina está influenciada por ella mucho antes de la ruptura.

Pérdidas mecánicas.—Las pérdidas en los cojinetes se calculan en vatios aproximadamente $12 \times S$, siendo S la sección diametral del gorrón. Las pérdidas debidas á la resistencia del aire alcanzaban á 100 metros de velocidad periférica, próximamente á 0,5 vatios por centímetro cuadrado de superficie cilíndrica.

Refrigeración de los cojinetes.—La lubricación por aceite bajo presión, enfriado por circulación, se ha generalizado. Con 30 grados centígrados de calentamiento se hacen pasar próximamente 1,5 litros de aceite por minuto y por kilovatio de pérdida.

Ventilación.—La acción refrigerante de la irradiación superficial es depreciable si se la compara con la acción del aire que circula en todas las partes de la máquina. La cantidad de aire necesaria teóricamente, admitiendo 20 grados centígrados de calentamiento, es de 2 kilogramos por minuto por kilovatio de energía á evacuar. Se toma prácticamente el doble de esta cantidad. La producción de esta cantidad de aire entraña en las condiciones normales, ó sea una velocidad de 15 metros por segundo en los canales, una presión de 150 milímetros de columna de agua y 30 por 100 de rendimiento del ventilador, un gasto suplementario de energía aproximado de 300 vatios. La refrigeración es uno de los puntos más importantes de la construcción de las generatrices de gran velocidad. El cuidado del constructor debe de ser el de proporcionar las superficies de refrigeración á las pérdidas de energía en los arrollamientos y en el cuerpo en hojas del inducido, teniendo en cuenta las experiencias de circulación del calor, especialmente á través de los aislantes y de los paquetes de láminas, de manera que no exceda en ningún punto los límites admisibles de temperatura.

El cálculo detallado de las dimensiones de los canales de ventilación de la temperatura interna de las láminas y de las bobinas en función de la temperatura del aire refrigerante y de las pérdidas, se detallan en el texto alemán de la comunicación presentada al Congreso.

El cálculo de la refrigeración del rotor, tomando como base 10.000 amperios por ranura y 100.000 amperios-conductores por polo, demuestra que la refrigeración natural de la superficie cilíndrica es insuficiente para mantener el calentamiento de los conductores á temperatura inferior á 30 grados centígrados, á menos de adoptar una densidad de corriente inferior á 0,8 amperios por milímetro cuadrado, lo que es impracticable. La ventilación artificial del rotor es, pues, necesaria. Permite aumentar la densidad hasta 3 amperios por milímetro cuadrado.

En las construcciones más recientes la ventilación del rotor es independiente de la del estator. El aire es aspirado de ambos lados según el eje, y evacuado en el entrehierro, donde se une la corriente de aire principal para refrigerar el inducido. La ventilación del estator es: radial, cuando el aire emitido por los ventiladores se acumula á ambos lados del inducido, penetrando en el espacio del entrehierro, y de aquí en los canales de ventilación que dividen al cuerpo en hojas, ó axial, como en la notable disposición de Siemens-Schuckert, en la que el aire se inyecta en los canales longitudinales practicados en las ranuras á lo largo de los conductores y en el cuerpo en hojas.

Características eléctricas.—Para aumentar la potencia de un alternador, cuyo número de polos es dado, así como

la frecuencia, es necesario aumentar, bien el flujo magnético del entrehierro, bien los amperios-conductores totales ó la velocidad periférica. La velocidad periférica está limitada por las pérdidas debidas al laminado del aire en el entrehierro y por la resistencia mecánica de los materiales, que alcanza su límite á la velocidad aproximada de 150 metros por segundo en la periferia del inductor. Parece, pues, que 110 metros por segundo en servicio normal constituye el límite de velocidad periférica para los tipos actuales.

El número de amperios-conductores inducidos, que supone un número por lo menos doble de amperios-conductores, está limitado por este último. Inductores, 100.000 amperios-conductores por polo en la excitación, que parece ser el máximo actual, fijan el límite de los amperios-conductores próximamente en 400 por centímetro.

El flujo magnético para una inducción magnética dada, 10.000 gauss, por ejemplo, está limitado por la longitud del inducido, sujeto igualmente á las condiciones de resistencia mecánica del árbol y á la eficacia de la ventilación. Se pueden dar, por ejemplo, 120 centímetros á 3.000 vueltas por minuto y 200 centímetros á 1.500 vueltas por minuto como máximo practicable para la longitud del inducido, ó sea respectivamente 60×10^8 y 100×10^8 , como flujo máximo posible por polo.

Las consideraciones arriba expuestas dan para las potencias máximas prácticamente realizables: 5.700 kilovatios A á 3.000 vueltas por minuto y 10.000 kilovatios A á 1.500 vueltas por minuto.

Desde el punto de vista del bobinado, mencionaremos solamente los detalles siguientes, que son particulares á los alternadores de gran potencia: el aislamiento por medio de micanita y amianto exclusivamente, soportando sin deterioro la temperatura de 100 grados centígrados que pueden alcanzar los conductores en el centro de las ranuras; la subdivisión de los conductores desde el momento en que su sección total pase de 200 milímetros cuadrados, á fin de reducir las pérdidas por corrientes de Foucault; el impregnado de las bobinas, para evitar los efectos de ozonización que destruyen los aislantes; por último, la consolidación mecánica de las bobinas en las dos caras del inducido para prevenir los efectos destructores de los corto-circuitos bruscos.

Las bobinas inductoras se mantienen en las ranuras del rotor por chavetas metálicas, que sirven de disposición amortiguadora. Se pueden así reducir las pérdidas suplementarias por cortos circuitos á 75 por 100 de las pérdidas Joule en trifásica y á 150 por 100 en alternativa simple.

La forma de la característica en vacío es tal, que una elevación de tensión del 30 por 100 tiene lugar á plena carga inductiva y la marcha en vacío bajo la misma excitación.

El rendimiento de los turbo-alternadores modernos, es, en general, menor que el rendimiento de los alternadores de la misma potencia y de la misma velocidad, por consecuencia de la importancia de las pérdidas por fracción y ventilación.

Dínamos de corriente continua.—En general, el aire producido por un ventilador lateral atraviesa la dínamo paralelamente á su eje y refresca las bobinas inductoras, así como la superficie cilíndrica del inducido. El rotor está ventilado por canales en el sentido del eje y en el sentido radial. El colector recibe en su parte inferior aire que des-

emboca de un canal practicado en la placa de fundación. Los polos de conmutación y los arrollamientos compensadores son de empleo corriente. El arrollamiento más frecuente es el arrollamiento imbricado en paralelo con dos conductores por ranura y por lámina. Se llega hasta 20.000, y aun 30.000 amperios-conductores por polo. La tensión laminar puede alcanzar 25 voltios, la velocidad de la periferia del colector 35, y hasta 45 metros por segundo.

Los zunchos ó bandajes del colector han sido objeto de patentes especiales (Oerlikon-Gasser), que tienden á mantener las láminas exterior é interiormente con independencia del empuje de las láminas próximas. Las láminas aislantes se hacen exclusivamente de mica. Los tipos de porta-escobillas son todos de juego libre de carbones. La cualidad de éstos no se ha fijado todavía; los carbones duros parecen recuperar la superioridad sobre los carbones grafíticos. Las escobillas metálicas cada día son menos empleadas. Recubren de dos á tres delgas del colector, y admiten una densidad de corriente que llega á 15 amperios por centímetro cuadrado. La sensibilidad á las grandes velocidades de la resistencia de paso hace el trabajo en paralelo de las escobillas muy difícil.

El cálculo del árbol á la velocidad crítica es más difícil que para los alternadores, á causa de la longitud suplementaria requerida para el colector.

El cuadro comparativo de las velocidades angulares más ventajosas de la turbina de vapor y de la dinamo de 3.000 á 230 kilovatios A hace resaltar el gran interés que habría en disponer de un acoplamiento de reducción de velocidad de funcionamiento seguro y de buen rendimiento.

A consecuencia de esta comunicación se hicieron varias observaciones, á las que contestó satisfactoriamente M. Behn-Eschenberg.

El Presidente concedió después la palabra al Dr. S. P. Thonson para su comunicación sobre «Los convertidores y motores generadores».

En ausencia de M. Hallo, el Dr. Feldmann dió lectura de la comunicación del primero sobre los «Convertidores en cascada», demostrando en su trabajo el autor que el rendimiento del convertidor en cascada difiere muy poco del de la conmutatriz, pero que los primeros son más aptos para la utilización de los polos auxiliares que las conmutatrices.

En la sección del 12 de Septiembre de 1911 se dió lectura del trabajo de M. Bunet, relacionado con el «Problema de la transformación de la frecuencia». M. Boucherot dió lectura á su comunicación «Los fenómenos electromagnéticos que resultan de la puesta en corto circuito brusco de los alternadores».

Al día siguiente no hubo sesión, y en la del viernes 15, M. Legouez dió lectura á su comunicación «Motores de colector», discutiéndose á continuación la comunicación del Ingeniero Sarli «Sobre los motores trifásicos del colector».

El problema de la regulación económica de la velocidad de los motores trifásicos se ha resuelto de dos maneras diferentes: Primero, mediante la construcción de mo-

tores trifásicos de colector; segundo, por el montaje llamado en «cascada».

Después de algunos breves datos sobre el motor trifásico de colector de Georges, Sarli describe el sistema Winter-Eichberg de regulación de la velocidad de un motor trifásico de colector, en derivación. Este sistema consiste en la aplicación en las escobillas de una fuerza electromotriz exterior que se la hace variar, según las necesidades, al medio de un transformador, y que sirve para reglar la velocidad del motor.

Después hace una descripción breve del motor en serie y de su regulación, para hablar á continuación del doble motor de colector Brown-Boveri, que no es otra cosa que una combinación de dos motores Déry, de corriente alternativa simple de colector.

Por último, menciona el método de compensación del factor de potencia en los motores en derivación (sistema Winter-Eichberg) y en los motores en serie.

En un segundo capítulo el autor describe los tres montajes en cascada recientemente introducidos en la práctica. Este sistema consiste en una utilización de la energía del motor principal que se dirige á una segunda máquina, de velocidad reglable, que la restituye, bien bajo la forma de energía mecánica al árbol del motor principal, bien á la red de distribución, bajo la forma de energía eléctrica:

a) La segunda máquina es un motor de colector directamente acoplado al motor principal.

b) La segunda máquina es un motor de corriente continua, al que se transfiere la energía de resbalamiento al medio de un convertidor.

c) La segunda máquina es un motor de colector acoplado á un generador sincrónico que hace pasar á la red de distribución la energía de resbalamiento.

El tercer capítulo está especialmente consagrado á la comparación de los diversos sistemas. M. Sarli hace observar en él que los motores trifásicos de colector están actualmente reservados á las pequeñas y las medias potencias, mientras que para las grandes, tales como las que requieren los laminadores, se ha recurrido con frecuencia y con ventaja á los montajes en cascada.

Para terminar, después de algunos datos sobre las máquinas ya construídas y la producción de sus curvas características, M. Sarli indica la aplicación de los grupos montados en cascada y unidos á masas de rotación que funcionan como igualadores de energía.

Como término de la sesión, el Ingeniero Clerici dió lectura á su trabajo «Sobre la refrigeración de los transformadores de aire».

Se escuchó con viva atención la lectura de esta comunicación por la interesante serie de números y de experiencias diferentes que se han ejecutado, y especialmente para el estudio de la elección entre los transformadores de aceite y los transformadores de aire (1).

S. L.

(1) Extracto publicado por *La Energia Eléctrica*, de un completísimo trabajo de la notable revista *L'Industrie Electrique*.