

CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GRANDES REDES ELECTRICAS (C.I.G.R.E.) 16.^a Sesión.

Por JOAQUIN GARRIDO MOYRON,
Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor un resumen muy completo de lo tratado en la 16.^a Sesión de esta Conferencia Internacional, a la que asistió en representación de la Oficina Técnica de Servicios Eléctricos del Ministerio de Obras Públicas.

Esta Conferencia se celebra con carácter regular cada dos años, en París, agrupando a los técnicos, representantes oficiales y directivos de Empresas privadas interesados en los problemas generales de producción, transporte y distribución de la energía eléctrica.

La importancia de los temas que en ella se presentan y estudian y la altura técnica de los ponentes, hace que cada sesión vaya aumentando el número de asistentes, de tal modo, que en esta 16.^a sesión que comentamos se han inscrito 1 660 participantes de 44 países, habiéndose presentado 117 *rapports* a discusión, repartidos en las cuatro diferentes Secciones en que se ha dividido la Conferencia.

Las citadas cuatro Secciones son:

- 1.^a Producción, transformación y corte de corriente.
- 2.^a Construcción, conservación y aislamiento de las líneas aéreas y subterráneas.
- 3.^a Explotación, interconexión y protección de las redes.
- 4.^a Tensiones superiores a 220 000 V.

La C.I.G.R.E. tiene organizados 18 Comités Internacionales de Estudios, que son los que realizan el enlace entre cada dos sesiones consecutivas, estudiando profunda y meticulosamente los temas que se proponen.

Dichos Comités son: 1. Aceites. — 2. Cables de alta tensión. — 2 bis. Cajas de cables. — 3. Interruptores. — 4. Protecciones y relays. — 5. Aisladores. — 6. Líneas aéreas. — 7. Postes y sus cimentaciones. — 8. Sobre tensiones y rayos. — 9. Transmisión por corriente alterna a tensiones muy altas. — 10. Transmisión por corriente continua a tensiones muy altas. — 11. Perturbaciones telefónicas y radiofónicas. — 12. Transformadores. — 13. Estabilidad y control de la carga y frecuencia. — 14. Teletransmisión a alta frecuencia. — 15. Coordinación de aislamientos. — 16. Fenómenos reactivos y deformantes. — 17. Condensadores.

La 16.^a Sesión que nos ocupa se ha celebrado en los días 30 de mayo a 9 de junio del pasado año, en la Fundación Berthelot, bien organizada, con traducción simultánea en inglés y francés, perfectamente realizada.

Como antes hemos indicado, han asistido 1 660 delegados de 44 países, cuyo detalle es el siguiente:

Europa. — Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Checoslovaquia, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Gran Bretaña, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Yugoslavia, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Sarre, Suecia, Suiza, Turquía, Rusia.

Asia. — La India, Japón y Siria.

Africa. — Africa del Sur, Argelia, Congo Belga y Túnez.

América del Norte. — Canadá, México y Estados Unidos.

América del Sur. — Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Uruguay.

Oceanía. — Australia e Indonesia.

El Comité Nacional Español está constituido por los Sres. Montañés y Campos, siendo el primero Presidente de dicho Comité y el segundo Secretario. El Sr. Montañés es Vicepresidente de la C.I.G.R.E.

La asistencia española ha sido numerosa, estando 46 inscritos, aunque no todos han asistido.

La representación oficial ha sido de los Ministerios de Industria y Obras Públicas.

Por el Ministerio de Industria han asistido los Sres. Millas, Herrán e Iparraguirre, los tres de la Dirección General de Industria. Por el Ministerio de Obras Públicas, Oficina Técnica de Servicios Eléctricos, el Sr. Garrido, de la Confederación Hidrográfica del Tago, dependiente de la Dirección General de Obras Hidráulicas.

Por el I.N.I. han asistido los Sres. Baztán y Moutón; por las Empresas afectas al I.N.I. han asistido los Sres. Guarner y Sirvent, de la ENHER, y el Sr. Campos, de la Empresa Nacional de Electricidad, Secretario del Comité Español.

Por las Empresas productoras y distribuidoras de electricidad han asistido los Sres. Montañés, Santasusana y Dejong, de FECSA; los Sres. Carrasco y Rodríguez Ceballos, de Iberduero; los Sres. Albertos, Arroyo, Menéndez Ormazá y Spottorno, de UEM y sus filiales; los Sres. Fernández Trelles y Lafuente, de HE; los Sres. Alarcón y Trincado, de Saltos del Sil; el Sr. Fernández y Fernández-Trelles, de Hidroeléctrica del Cantábrico; los Sres. Mendes-Morillo y Zavala, de EIASA; el Sr. Trejo, de Hi-

droeléctrica de Moncabril: el Sr. Gomis, de Fuerza y Alumbrado, y el Sr. Redonet, de UNESA.

Por las Empresas que fabrican material eléctrico han asistido los Sres. Gortázar y Parodinas, de la General Eléctrica; el Sr. Cebrián, de Isodel-Sprecher, y otros. Con su representación personal ha asistido el Sr. Caso.

Los asuntos más destacables de la conferencia, dentro de los que a nuestras actividades respectan, son los siguientes:

1.ª La revisión y posible reducción de los coeficientes de seguridad en los cálculos de líneas aéreas eléctricas. — 2.ª Los transportes de energía a tensiones muy altas en corriente continua; y 3.ª Las tensiones de 600 KV. (que estudia Suecia) y de 800 KV. (que estudia Rusia) para realizar transportes en corriente alterna.

Dada la simultaneidad de las sesiones, ha sido preciso elegir temas, y a continuación se expone un extracto de lo que más se destaca en los asuntos tratados: debe advertirse que no se ha considerado lo relativo a la fabricación de máquinas eléctricas y apareillaje, por considerarlo fuera de nuestras actividades técnicas.

En el citado extracto hemos agrupado los temas dentro de las Secciones ya indicadas.

1.ª Sección. — Producción, transformación y corte de corriente.

GRUPO 11. — ALTERNADORES.

Progresos relativos a la refrigeración de los generadores realizados en los Estados Unidos. — Presentados por W. L. Ringland, C. E. Kilbourne y L. A. Kilgore (E.U.A.).

Indican sus autores, pertenecientes a las conocidas casas constructoras Allis Chalmer M. Co., General Eléctrica y Westinghouse, los progresos rápidos conseguidos en esa refrigeración en los últimos cinco años. Consisten en poner hidrógeno en estado gaseoso en contacto directo a la vez con el estator y el rotor; algunas veces se ha empleado refrigeración líquida para el estator.

Estos progresos han permitido aumentar hasta el doble la potencia nominal de los rotores de dos polos. Se han llegado a construir máquinas de 320 MVA. y es posible construir las aún más potentes.

Para potencias menores, la ventaja es que pueden reducirse tanto el peso como las dimensiones, así como las corrientes de cortocircuito.

Los alternadores de la central mareomotriz de La Rance. — Trabajo presentado por R. Gibrat y L. Kammerlocher (Francia).

Después de quince años de estudios, los autores exponen las ventajas e inconvenientes de la instala-

ción de La Rance con 38 grupos (ampliables a 40), que enviarán energía a la red de 225 KV. mediante transformadores de 90 MVA.: examinando los problemas de dimensionamiento (producción de potencia reactiva y refrigeración) y de funcionamiento. Para estudiar y resolver las dificultades de una buena puesta a punto, se está instalando por Electricité de France, en una pequeña esclusa del puerto de Saint Malo, cerca de La Rance, una instalación de ensayo, en tamaño natural, en la que funcionará un grupo proyectado de acuerdo con lo estudiado. Este grupo será explotado en esta esclusa antes de ser instalado en La Rance.

El detenido estudio de esta central mareomotriz servirá para darnos nuevas ideas sobre la construcción de centrales de saltos pequeños.

Trabajos del Comité de Estudios de Generadores. — Realizados por G. Belfils y L. Carpentier (Francia) y A. Wust (Bélgica).

Se han estudiado las definiciones relativas a los sistemas de excitación: el calentamiento y control dieléctrico de los bobinados; el funcionamiento de los alternadores en régimen desequilibrado (que para máquinas de potencia menor que 100 MVA. sin enrollamientos amortiguadores se ha señalado en un 12,5 %; con enrollamientos amortiguadores, puede llegarse a desequilibrios del 20 %); la constante de aceleración de las grandes máquinas (en que se ha obtenido el precio en función de dichas constantes, así como los límites de las mismas, entre los que las máquinas son económicas); la puesta a tierra del punto neutro de los alternadores (en que se ha llegado a las conclusiones de que la corriente debe ser de 15 a 20 A. como máximo con componente wataada, y que el arrollamiento que debe protegerse para las máquinas de potencia media debe ser del 90 al 95 %); la protección de las máquinas contra las sobretensiones (que debe ser prevista en las máquinas conectadas a la red general directamente por líneas aéreas, no siendo imprescindible en las máquinas que están conectadas por intermedio de un transformador elevador) y la medida de la reactancia transitoria de los alternadores (que debe medirse poniendo en cortocircuito un alternador en vacío con tensión mitad de la nominal, analizando los oscilogramas obtenidos con una corriente de cortocircuito aproximadamente el doble de la normal).

GRUPO 12. — TRANSFORMADORES.

Problemas planteados por el ruido de los transformadores. — Estudiados por E. Tobin (Inglaterra).

Indica que se conocen los niveles sonoros aproximados, según las diferentes potencias de los transformadores, llegando a la consecuencia de que en el estado actual de la técnica no es económico reducir

los efectos sonoros, sobre todo en grandes potencias. Expresa los resultados a que se ha llegado mediante el empleo de pantallas sonoras, así como la disminución conseguida mediante procedimientos sencillos.

Ensayos de conmutadores de toma en carga. — Estudiados por E. C. Rippon (Inglaterra).

Llega en su estudio, después de determinar las características de los contactos, bajo cargas normales o sobrecargas, a abordar el problema de la conmutación en las condiciones que se presentan inmediatamente después de un cortocircuito sobre la red, indicando que hay asuntos por estudiar.

Termina con un Apéndice en que propone las definiciones de cada órgano y de las magnitudes actuantes.

GRUPO 13. — DISYUNTORES.

Explotación de redes de transporte y distribución de energía eléctrica por medio de centros de seccionamiento, con disyuntor único con juego de barras en derivación. — Trabajo presentado por L. Cabanes y Ch. Dietsh (Francia).

El procedimiento que se indica por los autores permite a la vez simplificar la construcción de los centros y la explotación de los mismos, estando el disyuntor normalmente sin corriente y sin tensión.

2.ª Sección. — Construcción, conservación y aislamiento de las líneas.

GRUPO 21. — CABLES DE ALTA TENSIÓN.

Cable compuesto totalmente de aluminio a 301 KV. Trabajo presentado por H. D. Short (Canadá).

El cable que indica el autor es el que en una central de la costa montañosa del Canadá une los alternadores de la central con el centro exterior, en una longitud aproximada de 600 m. En realidad, el cable en cuestión transporta energía en alta tensión desde los transformadores que se encuentran instalados en la misma central subterránea hasta el centro exterior.

Va en un túnel con tres cables de conductor único para cada circuito, separados convenientemente para evitar calentamientos mutuos.

Todo el cable es de aluminio, impregnado en la masa. Lleva envoltente de aluminio sin soldadura. Es del tipo de los primeros cables que con estas características se instalaron en Montreal en 1952.

El autor detalla la línea, sección del cable, las juntas del mismo (que han sido 12 en total), los extremos del cable y datos concernientes a los ensayos realizados de acuerdo con las especificaciones de la

Asociación de Compañías de Iluminación Edison para cables con aislamiento de aceite.

Desarrollo de los cables a presión, en Francia. — Estudio presentado por P. Capdeville, L. Donemach, M. Heupgen y R. Laroche (Francia)

Este estudio describe los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio con cables a presión de gas en lugar de los de presión de aceite, con tubería envolvente de acero.

Indican los autores que estos resultados permitirán utilizar estos cables a presión con tubería de acero para tensiones de 380 KV. Previamente se realizarán ensayos de duración en el Centro de Investigaciones de Fontenay.

Se indica también en el trabajo la aplicación de esta clase de cables a los enlaces submarinos.

Trabajos del Comité de Estudios de Cables de Alta Tensión. — Presentado por el Presidente del Comité, E. Laborde (Francia).

El Comité admitió para esta sesión de la C.I.G.R.E. el estudio de cables submarinos para gran distancia: cables de alta tensión con aislante de plástico; empleo del aluminio para conductores y envolturas; comparación de los diferentes tipos de cables de alta tensión (de aceite fluido, de presión de gas y cables aislados en tuberías) y comparación de las diferentes formas de poner en el suelo los cables (directamente o en tuberías de cemento).

Sobre estos diferentes asuntos se han presentado trabajos en la sesión, debiendo advertirse que respecto al último asunto se ha decidido posterior investigación con el concurso de especialistas europeos y americanos, ya que estos últimos lo tienen en la actualidad en estudio en el Instituto Americano de Ingenieros Electricistas.

Se ha ocupado también el Comité de realizar un inventario de los diferentes enlaces subterráneos y submarinos de alta tensión existentes, con el detalle de tipo de cable, accesorios y datos generales de cada enlace, quedando encargado el Prof. Van Staveren (Holanda) de analizar todos los datos, deduciendo los esenciales, para comunicarlo posteriormente a los miembros del Comité, a los expertos especializados y a todos los Comités Nacionales.

GRUPO 23-24. — LÍNEAS AÉREAS. - VIBRACIONES.

Nuevas experiencias de explotación con conductores en Aldrey. — Estudios de G. Dassetto (Suiza).

Recomienda el autor el empleo del Aldrey (tipo Al-Mg-Si) para el equipado de líneas aéreas a alta y muy alta tensión, en lugares de grandes sobrecargas de nieve, después de las experiencias realizadas durante más de treinta años en los Alpes suizos y

el empleo del Aldrey-acero si son muy elevadas las cargas de rotura.

La Comisión Electrotécnica Internacional, a la vista de los excelentes resultados de explotación de estos materiales, ha recomendado estas aleaciones para líneas aéreas.

Trabajos del Comité Internacional de Estudios número 6. Cálculo mecánico de líneas aéreas. — Presentados por Giovanni Silva (Italia).

Al abrir la discusión sobre los temas presentados en este grupo, el Presidente, Sr. Silva, resume brevemente la exposición de los trabajos realizados por el Comité, señalando la gran importancia de la cuestión, indicando que en julio de 1953 se envió un cuestionario sobre los siguientes temas:

- 1.º Número de elementos de cadenas de suspensión.
- 2.º Máxima inclinación de las cadenas de aisladores.
- 3.º Distancias mínimas a la masa.

En abril de 1955 se distribuyó el resumen de las respuestas recibidas, de las que ha hecho recapitulación R. Poyart (Francia), presentándolas a la C.I.G.R.E.

Se hizo notar, al acabar la discusión sobre líneas aéreas, por el Presidente Sr. Silva, que los diferentes Comités Nacionales deben indicar a sus Administraciones respectivas la conveniencia de establecer Reglamentaciones nuevas o modificar las antiguas, reduciendo los coeficientes de seguridad en el cálculo de dichas líneas, a la vista de los resultados presentados por los diferentes ponentes.

Informó también que la línea aérea del Estrecho de Mesina (de la que se ha repartido en la sesión un interesante y bien editado folleto) que tiene características excepcionales — 3,646 m. de vano entre postes, dos postes de 193,60 m. de altura y conductor de 26,80 mm. de diámetro exterior con 1,80 mm. de diámetro del hilo de acero — permitirá obtener datos muy interesantes sobre la cuestión que nos ocupa, ya que se ha previsto la instalación en ella de aparatos de medida para todos los elementos relacionados con el comportamiento mecánico de los cables.

4.ª Sección. — Tensiones superiores a 220 000 V.

GRUPO 40-42. — CUESTIONES GENERALES. TRANSPORTE DE ENERGÍA A MÁS DE 200 KV.

Evolución del transporte de energía a muy alta tensión en Australia. — Presentado por W. Diessendorf (Australia).

El autor indica que la producción de energía eléctrica en Australia aumenta en un 10 % por año, habiéndose alcanzado el año último los 15 000 millones de Kwh., que representan 1 630 Kwh. por habitante y año.

La mayor parte de la población vive en Nueva Gales del Sur, Victoria y Queensland, Estados del Este de la nación, y en ellos es en donde se ha presentado el aumento del consumo con las características antes indicadas.

La necesidad de la interconexión eléctrica de los Estados de Nueva Gales del Sur con Victoria es la que ha inducido al estudio de la línea adecuada, a 330 KV., para transporte de una potencia total de 3×10^6 KW.

En el trabajo se detalla el esquema de la red, que se prevé acabar en 1962, indicándose las centrales, subestaciones, etc.

En Australia del Sur se prevé la instalación de una línea a 275 KV. para transporte de 330 000 KW., que describe asimismo el autor.

En el resto del país (Australia oriental y nórdica), no existen necesidades de líneas de grandes voltajes y capacidad.

La red de transporte de energía de Sakuma (Japón), a 275 KV. — Estudio presentado por T. Shinbara (Japón).

El autor describe muy detalladamente la red a 275 KV. que se proyecta construir para transportar la energía que se producirá en el salto (con embalse) de Sakuma, de 350 000 KW. de potencia, a los centros consumidores de Tokio y Nagoya, a distancias de 185 y 83 Km., respectivamente.

Se indican las características de la central de Sakuma, sobre el río Tenryu, que producirá anualmente $1 280 \times 10^6$ Kwh., las de los conductores de las líneas, que tendrán 610 mm.², conductor tipo A.C.S.R. con 34,2 mm. de diámetro exterior, hilo de tierra de acero galvanizado de 90 mm.², aisladores, herrajes, aislamiento, protección, postes, etc.

Se describen también las subestaciones y las comunicaciones por radiotelefonía para la conservación de la red.

La red finlandesa a 380 KV. y sus características principales. — Presentado por L. Novanlinna y L. Arponen (Finlandia).

Finlandia produce principalmente energía hidráulica (de modo análogo a Suecia) y los recursos aún no explotados se encuentran en el norte del país, por lo cual se hace preciso realizar su transporte a grandes distancias. Actualmente se transportan unos 300 000 KW. por líneas a 220 KV. de 500 Km. de longitud. Se proyecta transportar $1,5 \times 10^6$ KW. a 650 Km. con 380 KV. de tensión dentro de unos quince años.

Se comenzó en 1954 la construcción de unos 380 kilómetros de línea, que se ha puesto en servicio en 1956, a 220 KV. Cuando esté la línea totalmente acabada, tendrá 650 Km. a 380 KV.

Los autores describen las características de la

red de 380 KV. Tendrá dos conductores por fase ($2 \times 635.5 \text{ mm.}^2$), con sección equivalente de cobre $2 \times 355 \text{ mm.}^2$. El cable es de 32.85 mm. de diámetro.

Los postes son muy ligeros, en pórtico, arriostados con vientos, con vanos de 350 m. Siguen los detalles de cada clase de poste (alineación, ángulo, doble circuito), así como los de los aisladores, puesta a tierra, etc.

Problemas técnicos de la red alemana a 380 KV. —

Presentado por los Dres. Ingenieros Boll y H. Roser (Alemania).

El gran aumento de la demanda de energía en la República Federal Alemana ha hecho que en los últimos tiempos sea insuficiente la red actual a 220 KV. Por ello la Deutsche Verbundgesellschaft (D.V.G.), empresa fundada por todas las productoras del país, ha propuesto la construcción de una red a 380 KV., pudiendo variar $\pm 5 \%$, es decir, de 360 a 400 KV.

El transporte previsto es entre las regiones del Rin y del Ruhr hacia el Sur y Sureste, y de la región alpina hacia el Norte.

Los autores dan las características principales de la línea cuya construcción ha comenzado ya, esperando que pueda ponerse en servicio la red completa de 380 KV. en 1957.

Los postes, de tipo Donau ordinarios, para un solo circuito de 380 KV., serán de 48.90 m. de altura, y los de dos circuitos de la misma tensión serán de 49.70 m. El conductor será de $4 \times 21 \text{ mm.}$, en aluminio-acero, sección 240/40 mm.^2 . El hilo de tierra que irá a lo largo de toda la línea será del mismo tipo (240/40 mm.^2) que el de la línea.

La potencia de corto-circuito máxima prevista es de 14 000 MVA., habiéndose previsto transformadores estrella/estrella 400/30 KV.

Se indican todos los detalles de protección, potencia reactiva, reglaje de la tensión, etc.

La explotación de las redes a 330 KV. de la Compañía Americana de Gas y Electricidad y de la Corporación Eléctrica del Valle de Ohio. — Presentado por los Sres. Ph. Sporn y W. S. Price (Norteamérica).

Estas redes son las únicas en los Estados Unidos que funcionan a tensión de 300 KV. o más. La red de la Compañía Americana de Gas y Electricidad se hizo necesaria en 1956, al quedar inadecuada la tensión de 132 KV. utilizada durante treinta años, para realizar transportes de grandes cantidades de energía. En 1947 se instaló en Tidd (Estado de Ohio), una estación de ensayo a 500 KV. para estudiar las pérdidas por efecto corona, influencia de las líneas sobre la radiotelefonía y la separación de conductores según las diferentes condiciones climatológicas de todo el año.

De estos estudios se dedujo que la tensión de servicio sería la de 330 KV., que los conductores serían de aluminio-acero de 1.6 pulgadas (4.06 cm.) de diámetro y cadenas de 18 aisladores de 5.75 pulgadas (14.60 cm.).

Se empezó la construcción en 1951 y se puso un trozo en tensión en 1953 (Sporn-Nuskingum). En la actualidad hay 260 millas (418 Km.) en explotación a 330 KV. y 231 millas (372 Km.) en construcción.

En 1952, quince Empresas fundaron la Corporación Eléctrica del Valle de Ohio y la Corporación Eléctrica Indiana-Kentucky, para suministrar 1 950 000 KW. a la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos en Portsmouth.

Esta red, de 389 millas (625 Km.) a 330 KV., fue inaugurada entre agosto de 1954 y julio de 1955.

Los autores dan indicaciones sobre la influencia de estas redes en las emisiones radiofónicas y de televisión, así como la explotación de estas líneas en cuanto a descargas atmosféricas, envejecimiento de los conductores, etc.

Líneas de transporte a 400 KV. o más, en Suecia. —

Presentado por G. Jancke y S. Lalander (Suecia).

Los planes de ampliación de la red sueca que se proyectaron hace diez años, han quedado rebasados por la gran demanda de energía y la necesidad de su transporte a grandes distancias. En 1946 se proyectó una red a 400 KV., que está terminándose de construir actualmente, con longitud total de 2 710 kilómetros y distancia máxima de transporte de 1 335 kilómetros. La potencia total que está conectada a la red es de $4.365 \times 10^6 \text{ KVA.}$, habiéndose aumentado la capacidad de transporte con la instalación de condensadores-serie 400 KV. de potencia total de 310 000 KVA.

En Suecia se precisa seguir utilizando las reservas de tipo hidráulico, teniendo en cuenta que siguen siendo más económicas que las térmicas de carbón o que las posibles de origen atómico.

Independientemente de que se está construyendo una central atómica de 100 000 KW. (que será seguida por otras análogas), que se supone estará terminada en 1963, el plan hidráulico actual prevé una puesta en servicio en veinticinco años de $70 \times 10^9 \text{ Kwh./año.}$, de los cuales se cuenta para 1960 con $36 \times 10^9 \text{ Kwh./año.}$

Cuando se proyectó la red de 400 KV. se pensaban transportar 3 000 000 KW., debiendo contarse en la actualidad con 8 000 000 KW. aproximadamente.

Por ello se estudia la posibilidad de establecer la tensión de 500 KV., o bien la superposición de una red de 650 KV. sobre la actual de 400 KV., teniendo en cuenta que los autores consideran esta tensión como la máxima posible hoy día, sobre todo por lo que respecta al aislamiento.

Después de detallar los estudios realizados hasta

la fecha, se indican las tres posibles soluciones, sobre las que no se ha decidido aún, por no estar acabados totalmente dichos estudios. Puede seguirse con la tensión de 400 KV, introduciendo un tercer conductor en el haz de cada fase (que tienen en la actualidad dos conductores por fase de 593 mm.² de sección y 31.7 mm. de diámetro), al mismo tiempo que se aumenta en cierta medida la compensación serie, con lo que se llega a una carga de 800 000 KW., con reducción de coste de transporte nada despreciable.

Puede también realizarse el cambio de tensión a 500 KV., por no creer que la necesaria construcción de subestaciones a esta tensión presente problemas técnicos difíciles de resolver. La carga ascendería así a 1 000 000 de KW., con menor número de líneas que con 400 KV.

Por último, puede adoptarse la construcción de una red superpuesta a la de 400 KV, que tenga tensión de 650 KV., que los autores consideran la máxima posible que puede ser concebida en la actualidad. La carga sería así de 1 700 000 KW., con una economía de gastos de transporte no despreciable, aunque con problemas técnicos que exigirían trabajos de gran importancia. Se debe advertir que la economía obtenida si se pasase de 400 a 650 KV., no sería de la importancia relativa que se obtuvo hace diez años al pasar de los 220 a 400 KV., además de que los autores indican que no debe olvidarse el riesgo que se corre por ser el primer país que desarrolla las construcciones necesarias para estas muy grandes tensiones.

En el estudio que se realiza en Suecia sobre el transporte a alta tensión en corriente continua, los autores informan que no está lo suficientemente avanzado para poder formar juicio respecto al mismo.

Línea de transporte de energía a 400 KV., de Kouilyhev a Moscú. — Presentado por A. V. Miroshubov, S. S. Rocotjan, V. N. Sergejev y B. V. Sokolov (Rusia).

Subestación receptora en Noginsk (región de Moscú), a 400 KV. — Presentado por A. A. Gogolin, K. K. Levitsky y V. N. Sergejev (Rusia).

a) *Línea.* — Se ha empezado a construir esta línea en 1952, para transportar la energía producida en la central Kouilyhev (Volga), que es de 6.1×10^9 Kwh. en año medio y potencia de transporte de 1.5×10^6 KW.

Está compuesta de dos circuitos, Norte y Sur, de longitudes 890 y 815 Km., respectivamente. El circuito Sur y la subestación receptora en Noginsk, de la que se tratará más adelante, están en explotación en la actualidad.

El circuito Sur termina en la subestación citada, en Noginsk, llamada Este, y el circuito Norte enlaza con la subestación llamada Norte, en Moscú. Las dos subestaciones están enlazadas por una línea

de circuito único de 77 Km. a 400 KV. El conductor empleado es de aluminio-acero, con 480 mm.² de sección de aluminio y 59.7 mm.² de sección de acero.

El diámetro exterior es de 30.2 mm. El peso del cable es de 1.815 Kg./m. y su carga de rotura 14 370 kilogramos. Cada fase de la línea lleva tres conductores dispuestos en los vértices de un triángulo equilátero de 40 cm. de lado, con lo que la sección de aluminio de cada fase es de 1 440 mm.².

El hilo de tierra es de acero de 70 mm.² de sección. Los aisladores son de porcelana, en cadenas de 22 elementos, de tipo II-8.5, habiéndose utilizado también el tipo II-7.

La longitud total de una cadena montada es de 5.4 m. Los postes son de tipo H, de enlace articulado, que representa disminución de gastos de conservación, de transporte durante la construcción, de ahorro de metal y de facilidad de levantamiento y manejo. Están compuestos de trozos soldados que se unen por roblonado, al levantarlos en la construcción.

Los autores describen los herrajes, protección, distancias elegidas, etc.

b) *Subestación.* — Como ya se ha indicado, es la receptora Este, que enlaza con el circuito Sur en Noginsk. Tiene dos grupos de transformadores, $410/\sqrt{3}/115$ / 11 KV.; son monofásicos, de potencia $\frac{115}{\sqrt{3}}$ 90 000 KVA.

Para reducir las corrientes en vacío, el devanado de 11 KV. está dividido en dos partes. En una de ellas va conectado un condensador síncrono de 75 000 KVA.

Se describen las protecciones, los disyuntores de tipo neumático (10 000 000 MVA de ruptura), los seccionadores, pararrayos, etc., así como el aparellaje de 400 KV.

* * *

Durante la sesión en que se puso a discusión este informe, el representante ruso Nekrasov declaró que Rusia está estudiando en la actualidad una línea a Siberia de 2 000 Km. de longitud y a 800 KV. de tensión.

Características y costes de líneas a muy alta tensión (220 y 380 KV.), provistas de conductores sencillos y de conductores dispuestos en haz. — Trabajo del Comité de Estudios núm. 9, de transmisión a muy altas tensiones. Sres. Cahen y Magnien (Francia) y Sres. Rathsmann y Zetterholm (Suecia).

En 1952, en su reunión de París, el Comité número 9 decidió enviar a todos los miembros del mismo un cuestionario, que se redactó en septiembre del mismo año, solicitando datos que permitieran comparar las características y los costes de las líneas a muy alta tensión con conductores sencillos o con conductores dispuestos en haz.

Los datos recibidos han permitido al Comité establecer los cuadros que más adelante se indican, con líneas hasta 275 KV. y de tensión superior a 275 KV. Han enviado datos de las primeras (tensión igual o inferior a 275 KV.) Inglaterra, Estados Unidos, Canadá, Italia y Francia, con líneas de 275, 230, y 225 KV., y de las segundas (tensión superior a 275 KV.) Suecia, Alemania, Francia y Estados Unidos, con líneas de 380 y 345 KV.

Constituyen los cuadros un conjunto de datos de gran valor, ya que abarcan tanto las características mecánicas y eléctricas de los conductores, como los detalles constructivos de los postes, y además, los precios por kilómetro de cada línea.

Se adjuntan, por lo tanto, seis cuadros cuyo contenido se expresa en el siguiente esquema:

Líneas 275-220 KV. (cuadro I)	a) Características eléctricas y mecánicas de los conductores de fase.
	b) Características mecánicas de los postes.
Líneas 380-345 KV. (cuadro II)	c) Descomposición del coste por kilómetro de línea.

Advierten los autores que no se ha establecido comparación alguna entre las Reglamentaciones aplicadas en cada país, ya que ese estudio fué realizado de modo muy completo en 1950 por M. E. Richard (Francia), en representación de los Comités de Estudios núms. 6 y 7 (*Rapports* núms. 230 y 231 de C.I.G.R.E., 1950).

Trabajos del Comité de Estudios núm. 9, de transmisión a muy alta tensión en corriente alterna. — Presentados por su presidente, Ph. Snorn (Estados Unidos).

Describe el presidente el trabajo realizado por el Comité sobre características y costes de líneas a muy alta tensión (ya reseñado) y da cuenta a continuación de las últimas informaciones recibidas de los diferentes países que son, brevemente expuestas, las siguientes:

Francia. — En 1957 se espera convertir unos 500 kilómetros de líneas a 225 KV. en líneas a 380 KV. Se cuenta con tener en 1960 2 380 Km. de líneas a 380 KV., que podrán ser explotadas a 420 KV.

Suecia. — Se espera tener a fin del año 1956 2 600 Km. de líneas a 380 KV. Como ya se ha dicho, Suecia estudia la ampliación de sus redes de transporte a base de considerar 400, 500 y 600 KV., eligiendo la tensión que más convenga según el resultado de los estudios y considerando también como posible el transporte a muy alta tensión en corriente continua.

Suiza. — Sin tener líneas de tensión superior a 230 KV., en Suiza se estudian y ensayan las pérdidas por efecto corona, las perturbaciones radioeléctricas y demás cuestiones de las líneas de 380 KV.

Australia. — Como ya se ha expuesto, está en

construcción la nueva red de 330 KV. En el Sur se prevé la construcción de una red a 275 KV. para un transporte especial.

Alemania. — Espera transportar la energía en 1957 a tensión de 380 KV.

Rusia. — Tiene en construcción y parcialmente en explotación líneas a 400 KV., cuyo detalle es objeto de comentario especial.

Sobre las investigaciones que se realizan en la actualidad, se indica que los Estados Unidos estudian con gran interés el efecto corona, la influencia radioeléctrica en las grandes alturas y los efectos de las descargas eléctricas en las líneas, que han sobrepasado las cifras previstas, esperándose los resultados de estas investigaciones con gran interés.

Como resumen, puede indicarse que se sigue utilizando cada vez más el transporte a muy alta tensión para grandes masas de electricidad y para grandes distancias.

Se utilizan dos conductores por fase, con conductores en haz, en Francia, Inglaterra y Suecia, a 380 KV. A la misma tensión, con tres conductores por fase, en Rusia, y en Suecia se añade un tercer conductor en algunos casos. Cuatro conductores por fase están en construcción en Alemania.

Se hace notar que aun a tensiones de 110 KV. se utilizan conductores en haz para aumentar la capacidad de transporte.

Se estudia en varios países el transporte a muy alta tensión en corriente continua.

GRUPO 43. — CORRIENTE CONTINUA EN ALTA TENSIÓN.

Trabajos del Comité de Estudios núm. 10, sobre transporte de energía a muy alta tensión en corriente continua. — Presentados por Bo. G. Rathsman (Suecia), presidente del Comité, con anejos de N. Yamada y S. Saeki (Japón).

Dada la importancia de este asunto, el Comité encargó a los delegados británicos y suecos su estudio para establecer la comparación económica entre los transportes a gran distancia en corriente continua y alterna. Estando estos estudios en ejecución, el Comité ha recibido información muy interesante respecto a este asunto, de los Sres Yamada y Saeki (Japón). El primero indicando el estado actual del transporte a corriente continua en el Japón, y el segundo facilitando datos económicos comparativos entre los transportes de las dos clases de corriente, deducidos de los proyectos estudiados en el Japón.

En Rusia, desde 1951, funciona como ensayo un transporte a 200 KV. en corriente continua, con potencia de 30 000 KW a 112 Km. de distancia, sin retorno por tierra. Este ensayo va mejorando, y actualmente se espera, en porvenir relativamente próximo, hacer transportes comerciales en corriente continua para interconectar los grandes centros de energía del país.

Ya los suecos han descrito el primer transporte moderno de esta clase. Suecia-Isla de Gotland, en información anterior de C.I.G.R.E. (Sres. Lamm y Rathaman (Suecia), 1954).

En la actualidad funciona este suministro perfectamente.

En estiaje de la península sueca, se ha invertido el suministro, transportándose la energía por la misma línea, de la central térmica de la isla de Gotland, sin que haya habido incidente importante alguno.

El Sr. Yamada (Japón) describe en su anejo el estado actual del transporte a corriente continua que se realiza en el Japón.

Dada la constitución geográfica del Japón, que comprende cuatro grandes islas y gran número de islas pequeñas, se utilizan mucho los cables submarinos, y en los transportes que se proyectan en corriente continua se utilizarán también estos cables.

Los transportes van a realizarse con tensiones de 60 a 100 KV, y potencias de 5 000 a 100 000 KW. Las distancias varían de 5 a 130 Km., debiendo indicarse que en este último transporte sólo son 5 kilómetros de cable submarino, dentro de los 130 kilómetros de distancia total entre Shikoku y Honshu, que son dos de las más grandes islas del archipiélago.

Se indican los convertidores que se encuentran en proceso de fabricación con potencias de 2 000 a 15 000 KW., así como los cambiadores de frecuencia con arco de mercurio, que pueden ser considerados como caso especial de transporte en corriente continua sin línea.

Este transporte se ha estimulado, por las condiciones ventajosas que presentaba al utilizarse, entre Yakushima y Kyushu.

* * *

El Sr. Saeki (Japón), indica en su anejo que, dado que el transporte en corriente continua tiene ventaja económica en la línea con mayor coste de subestaciones comparado con el transporte en corriente alterna, el primero resulta indicado, en principio, en aquellos casos en que la línea es muy costosa, como ocurre en el transporte submarino o en el de grandes distancias.

Por ello se pensó en la unión de las cuatro grandes islas japonesas (Hokkaido, Honshu, Shikoku y Kyushu), ya que sólo están unidas en la actualidad Honshu y Kyushu por línea aérea y cable de corriente continua instalado en un túnel submarino.

Se utilizan dos frecuencias (50 y 60 ps./seg.) en todo el Japón. Al transportar en corriente continua, se podrán realizar interconexiones de las redes.

Además, las nueve grandes Compañías existentes en el Japón, producen su energía en gran número de centrales hidroeléctricas de pequeña potencia. La imposibilidad de regular debidamente la frecuencia es causa de dificultades para los intercambios de energía. Estando interconectadas por líneas en corriente

continua, las redes de alterna efectuarían su regulación independientemente de las frecuencias, por la energía intercambiada.

Establece hipótesis para realizar sus cálculos, basadas en diferentes condiciones para las líneas aéreas y los cables submarinos, llegando a deducir que con dichas hipótesis la corriente continua es más económica en transportes submarinos a partir de 20 Km. de distancia, y más económica que la alterna en líneas aéreas a partir de 200 Km., debiendo advertirse que entre los 100 y 300 Km. las diferencias son pequeñas.

Comparación de costes de transporte en corriente continua y en corriente alterna. Trabajos del Comité núm. 10, sobre líneas de corriente continua a muy alta tensión. — Presentados por F. J. Lane (Inglaterra), U. Lamm, B. C. Rathmann y K. S. Smedsfelt (Suecia).

Los autores han realizado el estudio, en nombre del Comité núm. 10, para líneas aéreas de 300 a 1 000 Km. de distancia y hasta una potencia de $1,5 \times 10^6$ KW., y para cables submarinos de 30 a 100 Km. de longitud para potencia máxima de 750 000 KW.

Las conclusiones a que han llegado deducen que la corriente continua es más ventajosa en líneas aéreas a partir de 530 kilómetros con potencia de $1,5 \times 10^6$ KW., y a partir de 650 Km. con potencia de 750 000 KW. En cables submarinos, la corriente continua es más ventajosa a partir de 37 Km. para 750 000 KW., y a partir de 43 Km. para 200 000 KW.

Los autores detallan las variantes de estos límites según las distintas condiciones planteadas.

Comité de Estudios núm. 1. Aceites aislantes. — Nota sobre la actividad del Comité de estudios de aceites aislantes. Presentado por el presidente del Comité, H. Weiss.

Ha estudiado la conductividad eléctrica (sobre la que se han realizado una serie de medidas comparativas, cuyo resultado aún no se conoce) y la rigidez dieléctrica (sobre la que se ha decidido que los Comités nacionales y profesionales den su opinión sobre el sistema a seguir para estudiar la normalización del ensayo de dicha rigidez, que es, prácticamente, medir el agua e impurezas físicas contenidas en el aceite).

Visita a la central térmica de Creil.

Entre las diferentes visitas de carácter técnico organizadas por la C.I.G.R.E. figuraba la de la gran central térmica de Creil.

Esta central se encuentra situada a unos 40 kilómetros de París y se construye por Electricité de France para hacer frente a las grandes necesidades

de punta de potencia en la región parisina, que absorbe por sí sola cerca del 25 % del consumo total de Francia.

Está ubicada sobre el río Oise, cuyas aguas sirven para la refrigeración, al mismo tiempo que para el transporte del carbón, que puede llegar por vía fluvial. Como además tiene inmediata la línea de ferrocarril Paris-Lille, puede abastecerse también con

este medio. Por último, está situada en el cruce de las carreteras N-16 y N-330, por lo que, si es preciso, también podrá abastecerse de carbón mediante estas vías de comunicación.

Esta central tendrá un gran automatismo en su funcionamiento, de tal modo, que podrá explotarse por sólo 160 productores.

Sus características principales son:

Potencia	{ En carga normal permanente...	460 000 KW. (4 x 115 000).
	{ En sobrecarga temporal	500 000 KW. (4 x 125 000).
Presiones	{ Vapor alta	89 Kg./cm. ² a 540°.
	{ Vapor recalentado	16.7 Kg./cm. ² a 540°.
Consumo específico		2.600 calorías por Kwh.

La producción de energía se realizará a 15 500 V., que será elevada a 230 000 V. para su transporte a la red nacional de interconexión en tres de los cuatro grupos, y a 65 000 V. para su consumo en la región, en el cuarto grupo.

El consumo de carbón por año será, aproximadamente, de 1 000 000 de toneladas. Todo el manejo del carbón, la carga y descarga, su entrada en la central, etc., se realizará mecánicamente.

Las calderas se encenderán mediante quemadores alimentados por mazout, cuyos depósitos pueden apreciarse en la fotografía. En ella se ven, a la izquierda, en primer término, los edificios de mezclado de carbón, garaje de *bulldozers* para su almacenado, torre central, etc. Al fondo se ve el parque de carbón, con una capacidad de almacenado de 400 000 toneladas, es decir, para el consumo aproximado de medio año.

El carbón llegará a la central por ferrocarril o barcas, preferentemente. Por ferrocarril pueden descargarse 750 toneladas por hora, y por vía fluvial pueden descargarse 150 Tn./hora.



Las chimeneas tienen una altura de 110 m.

Las obras se han comenzado en abril de 1953. El primer grupo ha sido acoplado a la red en diciembre de 1955, el segundo en abril de 1956, contándose con acoplar los dos restantes en el último trimestre del mismo año.