

— DIRECTOR-DELEGADO —
JAIME FONT MAS

Admón.: Vía Layetana, n.º 59
Teléfono 12425 — BARCELONA



ÓRGANO OFICIAL
— DE LA —
ASOCIACIÓN DE
INGENIEROS IN-
DUSTRIALES DE
BARCELONA —

Año LIII — Núm. 143

(Adherida a la Asociación Española de la Prensa Técnica)

Noviembre 1930

SUMARIO

La compensación de corrientes a tierra por bobinas de puesta a tierra: Conferencia dada en nuestra Asociación de Ingenieros el 12 de Mayo del año actual por el *Dr. S. Albrecht*. — Crónica de la Agrupación.

La compensación de corrientes a tierra por bobinas de puesta a tierra

Conferencia dada en nuestra Asociación de Ingenieros el 12 de Mayo del año actual
por el *Dr. S. Albrecht*

1. Descripción del fenómeno de circuito a tierra y de sus consecuencias.

La mayoría de las perturbaciones en el servicio de las líneas de alta tensión, son debidas a contactos a tierra. Por esta razón desde hace mucho tiempo se hacen los mayores esfuerzos para prevenir los perjuicios que lleva consigo esta clase de averías, y se han propuesto soluciones para este objeto en parte contrapuestas.

Me propongo hablar a ustedes del procedimiento que hoy día, no sólo en Alemania y casi toda Europa, sino también en América, empieza a ser reconocido como el más eficaz y conveniente de todos, es decir, la compensación de las corrientes capacitivas a tierra por inductividades conectadas a la red.

Antes de llegar a los detalles que están en relación directa con la protección misma, creo conveniente explicar algo, las bases fundamentales de la avería que nos ocupa, o sea el contacto a tierra, tanto en lo que se refiere a las causas que la originan, como a los fenómenos físicos que la acompañan.

Según estadísticas hechas en redes de alta tensión equipadas con indicadores registradores de contactos a tierra, más del 90 % de los desenganches de interruptores en las redes aéreas, son debidos a contactos a tierra, lo que demuestra la importancia del problema de una protección correspondiente. Las averías pueden ser producidas por pájaros, roturas de alambres, a consecuencia de fuertes tempestades o cargas de nieve, descargas de aisladores en estado normal, debidas a altas sobretensiones, o también aún con sobretensiones muy pequeñas si están sucios y mojados por nieblas o rocío. En redes de cables subterráneos, el contacto a tierra es menos frecuente, pero ocurre también en éstas por dete-

rioro del cable al doblarle durante el montaje o por avería al efectuar las obras de movimiento de tierra, etc., etc. En tales casos al romperse las capas del aislamiento y el manguito de plomo, la humedad que entra provoca la perforación del aislamiento a tierra; además hay que contar con las averías que se producen pasado el tiempo por los vacíos existentes entre las capas del aislamiento al carbonizarse éste por ionización continua.

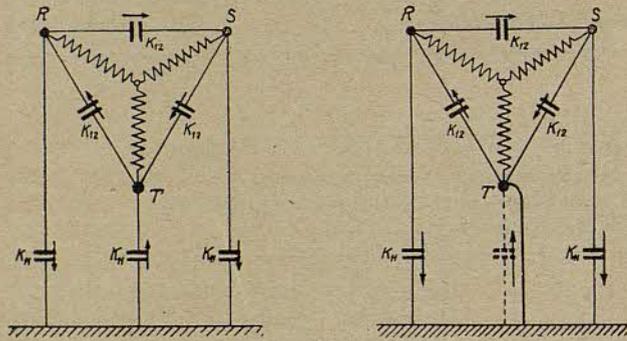
Como puede deducirse de la enumeración que antecede, el contacto a tierra raras veces es metálico, sino que en general se presenta en forma de arco entre una fase y tierra. Este arco, que por su manera de apagarse y reencenderse se denomina en la literatura técnica arco intermitente, es el origen de todos los peligros que trae consigo el contacto a tierra en general. Hasta una intensidad de unos 3 a 5 Amps., es de suponer que el arco se apague sin reencender, lo que desde luego depende mucho de las condiciones locales y atmosféricas. Si la intensidad del arco pasa dicho valor, ya no se apaga y puede llegar a intensidades muy altas y longitudes hasta 20 y 30 mts.

Precisamente este arco es, que trae consigo todos los peligros para el servicio.

La sección del conductor se debilita al arder el arco entre conductor y tierra, puesto que en los puntos de su origen se funde el metal, siendo tan grande el desgaste que en muchas ocasiones se produce posteriormente la rotura del cable. Por su longitud y su gran movilidad, pasa frecuentemente el arco a las fases sanas del sistema originando cortocircuitos entre fases. Lo mismo puede ocurrir también formándose un contacto doble a tierra, debido a que por el contacto a tierra de una fase, las fases sanas están sometidas a la tensión compues-

ta contra tierra. Bajo esta tensión unida al efecto de ondas de frente escarpada, que provienen del contacto a tierra, no es raro que se perfora el aislamiento en algún punto débil. El contacto doble a tierra así formado produce un cortocircuito entre fases con sobretensiones elevadas que provocan el desenganche de las líneas averiadas.

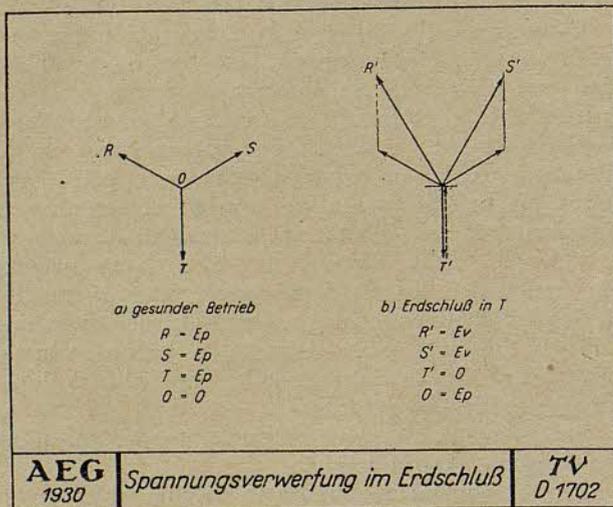
El aumento de tensión en las fases sanas, lleva



- Esquema de la red trifásica -
a) normal b) contacto a tierra.

Diap. 1

consigo otros fenómenos desagradables. La corriente de carga de estas fases a tierra, aumenta proporcionalmente al aumento de tensión, o sea en el sistema bifásico al doble, en el trifásico a raíz de tres veces del valor normal. Esta potencia de carga suplementaria, es una carga monofásica por la cual se forman campos magnéticos alternos en los alternadores con todas sus consecuencias desfavorables como aumento de pérdidas en el hierro y el cobre, curvas de la tensión con puntas muy elevadas

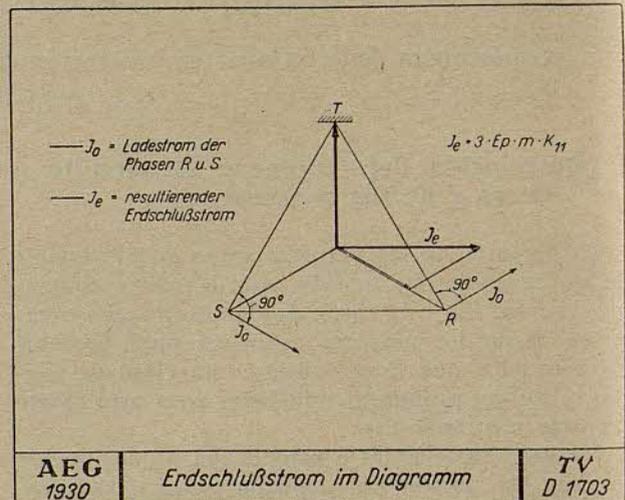


Diap. 2

das que pueden perforar el aislamiento, etc. Esta carga capacitiva además puede originar la autoexcitación de las máquinas con aumentos inadmisibles de la tensión de la red si las máquinas conectadas a la misma son de potencia demasiado pequeña. También las pérdidas por efluvios en los conductores pueden aumentar repentinamente si los diámetros de los conductores son demasiado pequeños, por lo

que se refiere a su tensión crítica. Como es sabido, esas corrientes de efluvio tienen curvas de forma bastante irregular, originando al igual que la carga asimétrica capacitiva, ondas armónicas en la tensión. Además conviene fijar la atención sobre la influencia estática y la inducción magnética de otras líneas, ambas peligrosas a los circuitos de señales y teléfonos. La primera es debida a la asimetría de las tensiones contra tierra del sistema averiado, la segunda a la corriente que se forma en tierra y que provoca tanto más perturbaciones cuanto más existan ondas armónicas en la corriente. Esas corrientes a tierra pueden perjudicar también la vida humana en sitios donde la resistencia eléctrica del terreno varía en límites amplios, formándose una caída de tensión que en ocasiones ha producido la muerte de hombres y animales. Esta tensión se denomina en alemán «tensión de paso».

El caso en que el arco después de poco tiempo origina un cortocircuito entre fases, aún no es el peor, porque se desconectará la parte averiada por



Diap. 3

los relays de sobretensión. Mucho más peligroso para la red es, si el arco no se desconecta, sino que se mantiene durante minutos y horas entre fase y tierra, apagándose y reencendiéndose, y originando cada vez que se reenciende una sobretensión en toda la red, hasta 3,5 veces la tensión normal.

Formación del arco. — Para aclarar algo mejor la formación de esta altísima sobretensión, observemos las condiciones físicas en que se forma:

Se puede dibujar esquemáticamente una red trifásica con su alternador trifásico y la capacidad entre conductores y tierra, despreciando para mayor sencillez las resistencias óhmicas entre conductores y tierra, como indica el Diap. 1 para el estado normal y el contacto a tierra de la fase T.

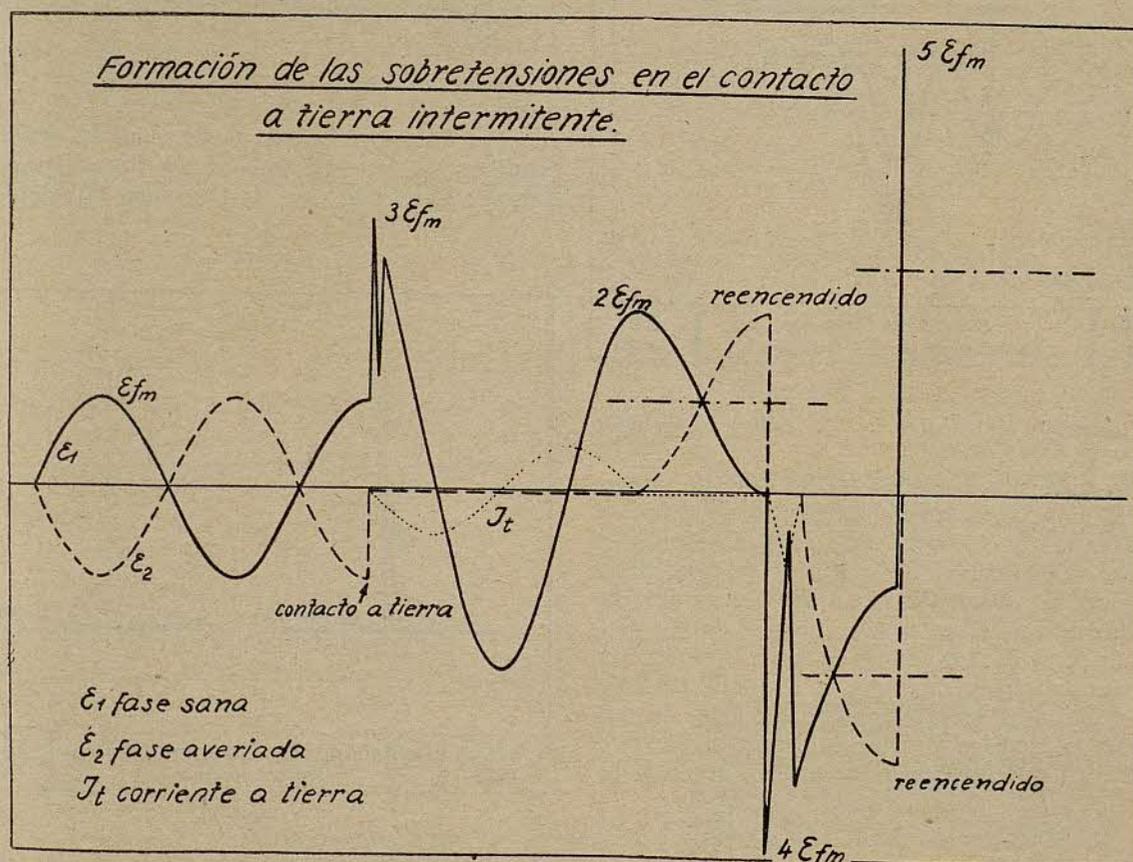
En servicio normal, circulan por estas capacidades las corrientes de carga de la red, siendo la estrella de las tensiones completamente regular, como se ve en la figura de la izquierda. (Diap. 2). Suponiendo un contacto a tierra en la fase T, esta tensión desaparece, lo que equivale a añadir a cada fase una tensión igual, pero de sentido opuesto a la fase

T, resultando así la estrella de la figura a la derecha. Las dos fases sanas, están sometidas a la tensión compuesta contra tierra, calculándose la corriente de carga de las capacidades correspondientes entre las fases S y R por un lado, y la tierra por otro. Según la fórmula

$$I_o = E_f \sqrt{3} mK_{11}$$

Estas dos corrientes de carga se han dibujado en la Diap. 3, adelantando la corriente en 90° a la tensión de la fase correspondiente. La figura demuestra como se suman geoméricamente estas dos intensidades I_o en el punto neutro a la corriente de tie-

siempre ocurre cerca del máximo de la curva de la tensión. La tensión de la fase averiada contra tierra, desaparece casi instantáneamente mientras que la de la fase sana aumenta al mismo momento a la tensión compuesta, o sea en este caso al doble, puesto que la fuente de energía mantiene la tensión compuesta. Este es idéntico a una maniobra de conexión en el circuito oscilante formado por la inductividad y la capacidad de la red. Como es sabido, se verifica en forma de una oscilación amortiguada senoidal, produciéndose en el caso más desfavorable, como se puede ver en la diapositiva, una sobretensión igual a tres veces el valor máximo de la tensión



Diap. 4

rra I_o que por su parte adelante en 90° a la tensión de la fase T. Esta corriente es:

$$I_o = 2 \cdot \cos 30^\circ E_f \sqrt{3} mK_{11} \text{ o sea } = 3 E_f mK_{11}$$

El resultado es que por el punto de contacto a tierra, en vez de la corriente normal de carga $E_f mK_{11}$, circula ahora una corriente tres veces mayor, pero manteniéndose el ángulo de 90° de adelanto con relación a la tensión de la fase averiada; por esta razón la corriente a tierra es una corriente capacitativa.

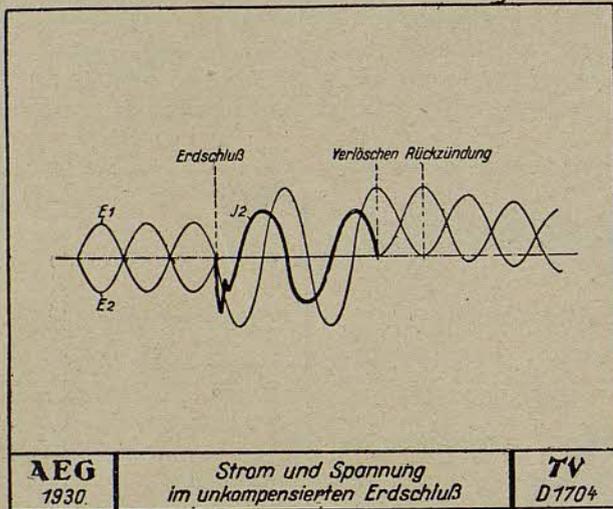
Para mayor sencillez volvamos al sistema bifásico en vez del trifásico para observar la formación del arco. Las tensiones de las dos fases se han indicado con E_1 y E_2 , en la Diap. 4.

El contacto a tierra, o sea la descarga por perforación que introduce el arco, desde luego casi

de fase. La frecuencia de la oscilación se calcula en función de la inductividad de la red y de la capacidad de la fase sana contra tierra, resultando en redes normales, un valor de 500 hasta 1.000 períodos aproximadamente, que sólo en redes muy grandes, como p. ej. la red de 100 KV. de Baviera, se acerca a la frecuencia de servicio de 50 períodos.

Mientras que la tensión de la fase averiada queda en cero, la de la fase sana tiene el valor compuesto contra tierra y el punto neutro del sistema, la de la tensión de fase contra tierra. La corriente a tierra es capacitativa y tiene tendencia a anularse en el momento de pasar por el valor cero a consecuencia de influencias exteriores, del aire, etc. La fase sana en este momento tiene el valor máximo de la tensión compuesta contra tierra, y el punto neutro del sistema el valor máximo de la tensión de fase, que que-

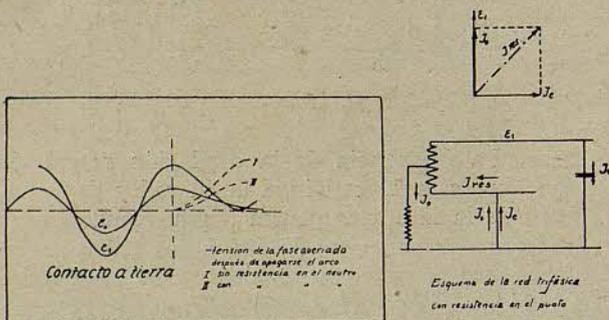
da como carga continua en toda la red. Por consecuencia, después de cesar el contacto a tierra, la trayectoria de las tensiones de las dos fases, se obtiene superponiendo dicha tensión continua con la tensión alterna, lo que se ve también en la diapositiva 5, y puesto que existen las pérdidas óhmicas, la carga continua desaparece paulatinamente; pasado algún tiempo las dos tensiones volverían a la



Diap. 5

abscisa normal, si la interrupción del arco es definitiva.

Ahora bien; transcurrido medio período, volvemos a la diap. 4, la tensión de la fase sana baja a cero, mientras que la de la fase averiada alcanza el doble del valor máximo de la tensión de fase. Si las condiciones de apagamiento no son extraordinariamente favorables, en este breve tiempo, de una centésima de segundo, los puntos de formación del arco aún no se habrán refrigerado, ni la conductibilidad del aire ionizado habrá disminuído mucho, de manera que se reenciende el arco lo más tarde en el momento en que la tensión de la fase averiada al-



Diap. 6

canza el valor de $2E_{fm}$. La tensión de esta fase desaparece casi instantáneamente si, prescindimos de la oscilación de descarga pronto amortiguada. La tensión de la fase sana aumenta a $-2E_{fm}$. (Véase diapositiva 4). También este cambio tiene que producirse de un modo oscilante. El valor máximo de la sobretensión en este momento será:

$$-4E_{fm}$$

como se deduce fácilmente del dibujo. La frecuencia de la oscilación es la misma que acabamos de describir. La corriente de esta oscilación es mayor que la de la primera y se superpone a la corriente de tierra, apagándose fácilmente el arco en el momento en que la corriente resultante es cero, lo que se verificará ya aproximadamente después del primer semiperíodo de la oscilación. La carga continua que en este caso queda en la red, será aproximadamente:

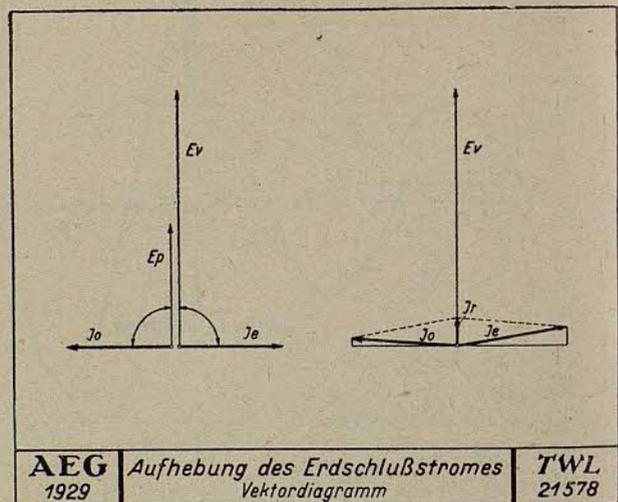
$$-2E_{fm}$$

Superponiendo este valor con la tensión de fase, resultará, medio período después del primer reencendido, una tensión contra tierra de la fase averiada igual a

$$-3E_{fm} \text{ aproximadamente,}$$

en cuyo momento lo más tarde ocurrirá otro reencendido. La fase averiada, toma instantáneamente otra vez la tensión cero, la fase sana el valor

$$+2E_{fm}$$



También este proceso es oscilante, de manera que el valor máximo posible de la sobretensión de la fase sana, será

$$+5E_{fm}$$

Así podríamos seguir hasta el infinito, pero en realidad, desde luego, esto no es posible, sino que por la amortiguación del circuito, se limita la altura de las sobretensiones. Aparte de esto, las capacidades mutuas entre fase y fase, ejercen influencia aminorando el valor de la sobretensión, como se puede comprobar por los cálculos.

Los valores que prácticamente se alcanzan y se han comprobado por medio de chispómetros son:

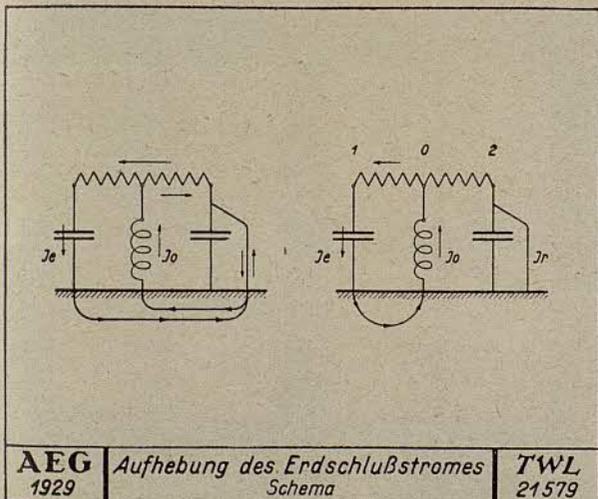
En redes monofásicas 3 hasta 4 E_{fm} .
y » » trifásicas 3,5 hasta 4,5 E_{fm} .

Esos valores ya en sí son completamente inadmisibles, puesto que en los aparatos de instalación

usuales, raras veces tendremos un coeficiente de seguridad tan elevado.

Ahora bien: el peligro de estas sobretensiones consiste sobre todo en que se extienden sobre la red desde el punto de la avería en forma de ondas de frente escarpada, provocando un esfuerzo formidable del aislamiento en general y sobre todo de las bobinas de entrada. Hay que tener en cuenta además que esos arcos intermitentes pueden durar minutos y hasta horas antes de desconectarlos, de manera que suponiendo solamente un minuto y un reencendido en cada semiperíodo, en este tiempo recorren toda la red 6.000 ondas de frente escarpada de la altura de lo menos 3,5 veces del valor máximo de la tensión normal.

Las primeras e interesantes publicaciones sobre los fenómenos explicados, las hizo el Profesor Petersen en el año 17 en la E. T. Z. alemana, donde se pueden encontrar más detalles sobre el particular.



AEG 1929 *Aufhebung des Erdschlußstromes Schema* **TWL** 21579

Diap. 8

2. Medios para evitar las consecuencias del contacto a tierra.

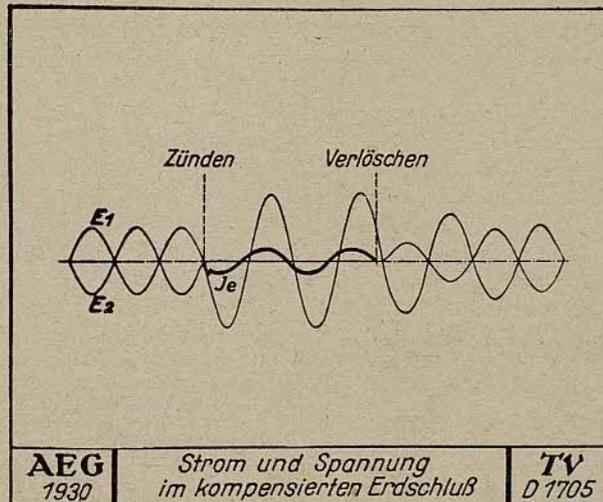
Después de conocer en la forma explicada, las condiciones en que se producen los fenómenos del contacto a tierra, fácilmente y casi como una necesidad obligatoria, se inventó el remedio eficaz para impedir las consecuencias catastróficas del mismo.

Los reencendidos del arco son debidos principalmente, como hemos visto, a la influencia de la carga continua que queda en la red después de apagarse el arco. Por esta razón una protección preventiva debería procurar la derivación de dicha carga continua.

Los medios conocidos hasta entonces eran:

- Puesta a tierra directa del punto neutro.
- Descargadores de antenas con resistencias amortiguadoras.
- Resistencias óhmicas montadas entre fases y tierra.
- Resistencias óhmicas montadas entre los puntos neutros de alternadores o transformadores y tierra.

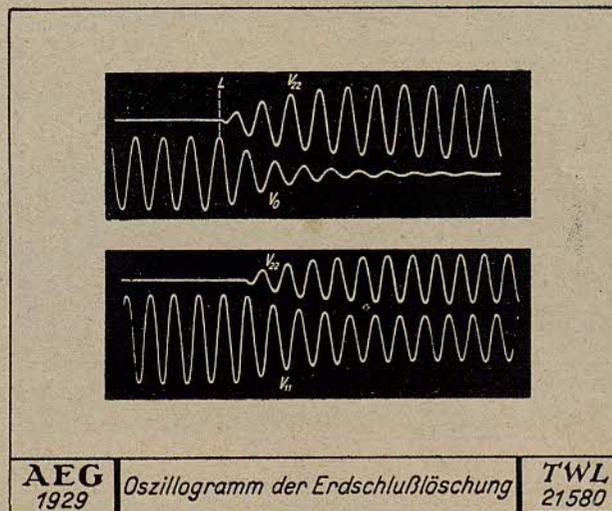
1). *Puesta a tierra directa del punto neutro.* — El medio más radical de los enumerados, es la puesta fija del punto neutro a tierra, transformándose por ella cada contacto a tierra enseguida en un cortocircuito de una fase, reproduciendo su desconexión. Desde luego el arco intermitente y las sobretensiones de reencendido producidas por él, se evi-



AEG 1930 *Strom und Spannung im kompensierten Erdschluß* **TV** D 1705

Diap. 9

tan, así como también el aumento de la tensión contra tierra de la fase sana. Por estas razones este remedio radical encontró empleo casi general en América. En cambio en Alemania está estrictamente prohibido por el Estado; las causas para esta prohibición son los perjuicios que se originan a las instalaciones de telecomunicación. Como es sabido, la puesta a tierra fija de los neutros permite a todas las ondas armónicas, cuyo número de orden es múl-



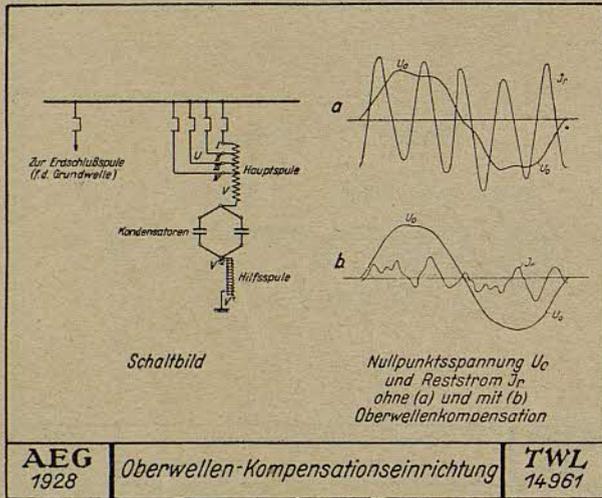
AEG 1929 *Oszillogramm der Erdschlußblöschung* **TWL** 21580

Diap. 10

tiplo de 3, formar corrientes por tierra que pueden entrar en todas las líneas de telecomunicación que en general están puestas a tierra. Peligrosas son sobre todo la tercera y la novena armónica, puesto que con sus frecuencias de 150 y 450 períodos por segundo, se encuentran exactamente dentro de los límites de las oscilaciones de la voz humana, impidiendo una

buena telecomunicación, para no hablar de los desenganches involuntarios que podrían producirse por estas corrientes en instalaciones de señales, etc., punto este de suma importancia para FF. CC.

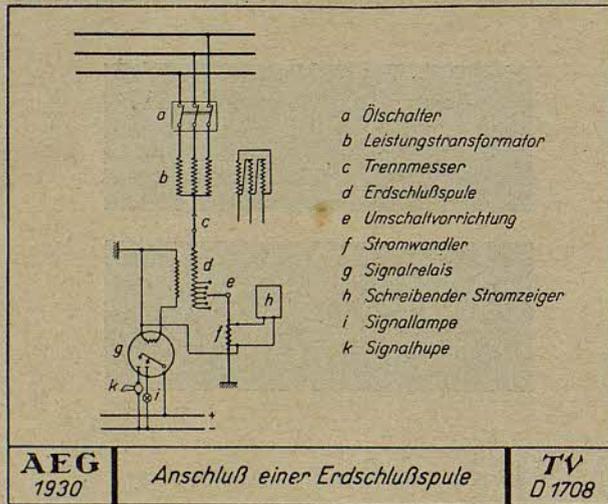
Tratándose de instalaciones de comunicación con dos conductores y sin puesta a tierra, las probabilidades de un buen servicio son algo mejores, pero de



Diap. 11

todos modos, también en este caso, existe el peligro de una inducción magnética en líneas de baja tensión, por las fuertes corrientes de tercera y novena armónica.

En América, donde la red de telecomunicación no es pública y además menos densa que en Alemania, esos últimos puntos de vista no han podido impedir la puesta fija a tierra de los neutros de las

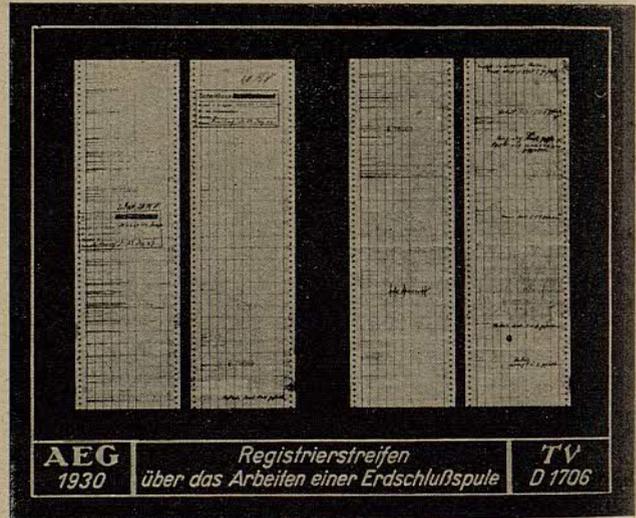


Diap. 12

redes de alta tensión, sino al revés, se ha obligado a las redes de telecomunicación a buscar medios de protección contra este peligro, pero en todo caso queda el sistema indicado con la desventaja fundamental de originar un cortocircuito de una fase cada vez que ocurre un contacto a tierra. Eso trae consigo una perturbación gravísima en el servicio,

continuos desenganches de líneas y malas consecuencias para la instalación misma, por los esfuerzos elevados a que se somete el material en caso de cortocircuitos. Para reducir estos fenómenos desagradables a límites tolerables, los americanos se han visto obligados a aislar sus redes casi siempre para la tensión compuesta y no para la tensión de base, lo que debería bastar poniendo a tierra el punto neutro, privándose con ello de la única ventaja económica que podría indicarse en pro del sistema americano.

b). c). *Resistencias entre fases y tierra.* — El segundo procedimiento de poner descargadores con resistencias óhmicas, desde luego deriva las sobretensiones a tierra, pero lo que no impide es, en primer lugar la formación de las mismas, que desde luego pueden producir la descarga entre las antenas únicamente después de formarse y en segundo lugar el arco que sigue quemando con sus consecuencias perjudiciales para el conductor y el peligro

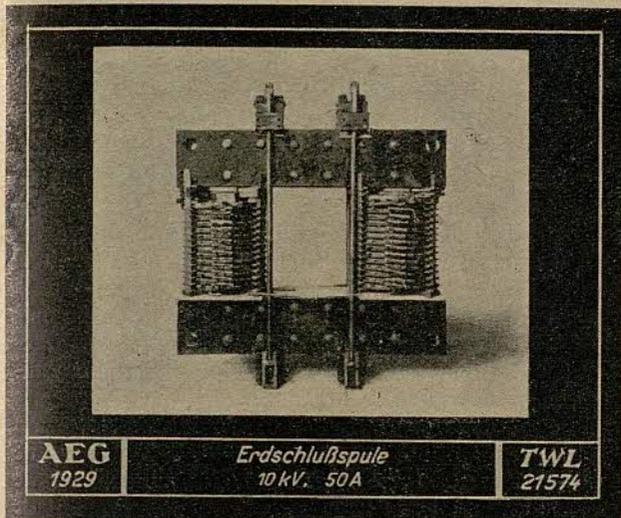


Diap. 13

de introducir cortocircuitos con otras fases. La primera de estas desventajas, queda evitada por las resistencias óhmicas fijadas entre fases y tierra, pero en cambio tienen en contra de sí, la pérdida constante de energía.

d). *Resistencias entre neutro y tierra.* — Bajo todos los puntos de vista, la mejor protección en su tiempo existente, era la conexión de resistencias óhmicas entre el punto neutro de transformadores o generadores y tierra. Puede funcionar y cumplir su misión de derivar la carga continua a tierra, sin que haga falta descargar las antenas por una sobretensión y sin que ocurran pérdidas continuas de potencia. El valor de las resistencias tiene su límite, inferior en el aumento de la corriente a tierra, y superior en la velocidad mínima necesaria de la derivación de la carga. Las resistencias demasiado grandes colocadas en el punto neutro, retrasan la derivación de manera que su eficacia protectora resulta casi nula. El pequeño croquis siguiente (diapositiva 6), indica la forma en que se aumenta la tensión de la parte averiada contra tierra, después

de apagarse el arco. Desde luego lo más desfavorable es, cuando no hay colocada resistencia alguna, alcanzando después de un centésimo de segundo el valor máximo de la tensión compuesta. Conectando una resistencia en el punto neutro desaparece la carga continua, según una curva logarítmica, sumándose en cada momento el valor de la tensión de fase



Diap. 14

correspondiente al de la carga continua, que queda todavía en la red. Las condiciones más favorables, se obtienen con una resistencia, que permite alcanzar la tensión de la fase averiada después de un semiperíodo, 1,0 hasta 1,2 veces el valor máximo de la tensión de fase, aunque también en este caso es posible que se reencienda el arco, pero ya no probable, puesto que por la fase óhmica de la corriente casi nunca se apagará el arco cuando la tensión tenga su valor máximo, sino al revés cuando tenga un valor muy cerca del mínimo. Estas relaciones entre la corriente de carga y la corriente óhmica por el punto neutro, las aclara muy bien el diagrama vectorial. Sin resistencia óhmica en el punto neutro, la corriente a tierra adelanta a la tensión en 90° , acercándose la fase de la corriente a la de la tensión, tanto más cuanto mayor será la corriente óhmica en el punto neutro, es decir, cuanto menor sea la resistencia óhmica.

e). *Inductancias sintonizadas con la red. Teoría general.* — El diagrama anterior nos sugiere la idea de emplear en vez de una corriente óhmica adicional, una corriente inductiva en el punto neutro que se cierra también sobre el punto de contacto a tierra, sumándose allí a la corriente a tierra. Dando a esta corriente inductiva el mismo valor que tiene la corriente capacitiva, la corriente resultante en el punto de la avería debe ser cero, puesto que el sentido de las dos corrientes es inverso; en el lado izquierdo de la diapositiva 7, observarán ustedes estas condiciones. El esquema correspondiente para la red bifásica, lo vemos en la diapositiva siguiente, número 8. La fase dos, tiene contacto a tierra y sobre este contacto circulan las

dos corrientes a tierra, a través de la capacidad de la fase sana I_e y a través de la inductividad en el punto neutro I_o .

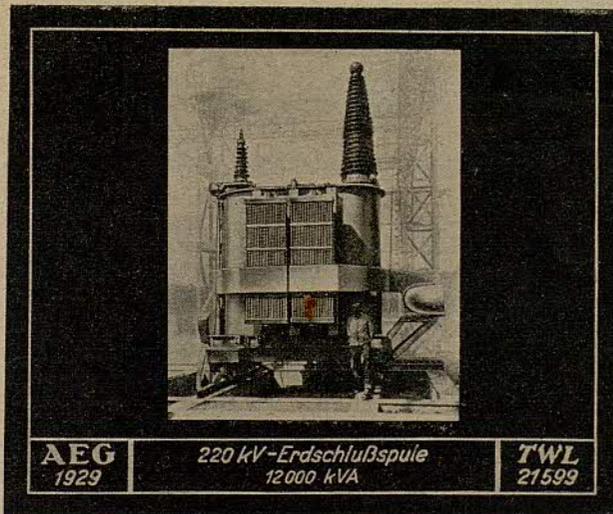
Teniendo en cuenta que las dos intensidades son de sentido opuesto y del mismo valor absoluto, caso de prever la inductividad del tamaño correspondiente, se tendrá que en toda la parte donde circulan las dos intensidades en sentido opuesto, la intensidad resultante será cero, y la distribución de corrientes que será la que vemos en la misma diapositiva 8 a mano derecha. La corriente debida a la capacidad I_e sale de la fase 1, y vuelve por la inductividad montada en el punto neutro I_o , dejando de esta manera sin corriente el sitio de avería, si suponemos que las dos intensidades I_e y I_o son exactamente iguales y con desfase de 180° .

Ahora bien, debemos tener en cuenta que la capacidad y la inductividad tienen pérdidas propias, de manera que las corrientes I_e e I_o no presentan con la tensión un desfase de 90° , sino algo menor. Las condiciones correspondientes las vemos en el diagrama derecho de la diapositiva 7. Se observará que solamente se anulan las componentes desfasadas, mientras que las componentes óhmicas se suman dejando una corriente residual I_r que está en fase con la tensión. Esta corriente es muy reducida comparada con los valores primitivos de la corriente de contacto a tierra I_o .

Vamos a calcular ahora, el valor L_o de la inductividad necesaria en el punto neutro.

Al producirse el contacto a tierra de la fase 2, la capacidad de la misma contra tierra está sometida a la tensión compuesta

$$E = 2 E_f,$$



Diap. 15

originándose una corriente

$$I_e = 2 E_f m K_{11}$$

La inductividad L_o , está sometida sólo a la tensión de fase E_f , dando paso a una corriente de

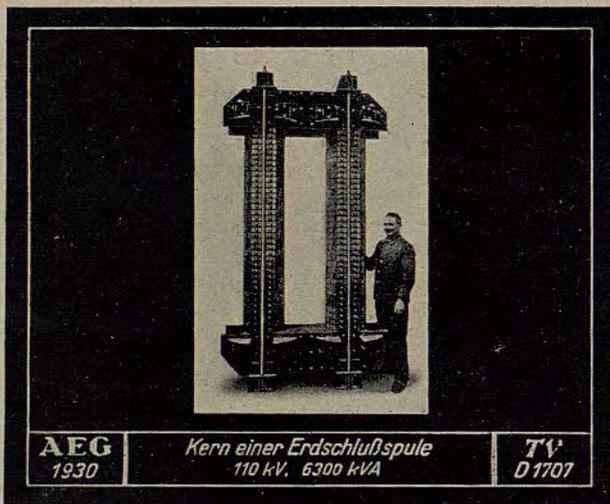
$$I_o = \frac{E_f}{m L_o}$$

La condición para la compensación de las dos corrientes será como hemos visto

$$I_o = I_e$$

o sea según lo que antecede,

$$mL_o = \frac{1}{2mK_{11}}$$



Diap. 16

La interpretación de esta fórmula es la siguiente:

Para compensar la corriente de contacto a tierra de una línea, hay que poner en el punto neutro una bobina inductiva tal, que su reactancia inductiva sea igual a la reactancia resultante de todas las capacidades de la red contra tierra. Para una red trifásica se puede deducir en la misma manera como lo hemos hecho para la red bifásica,

$$mL_o = \frac{1}{3mK_{11}}$$

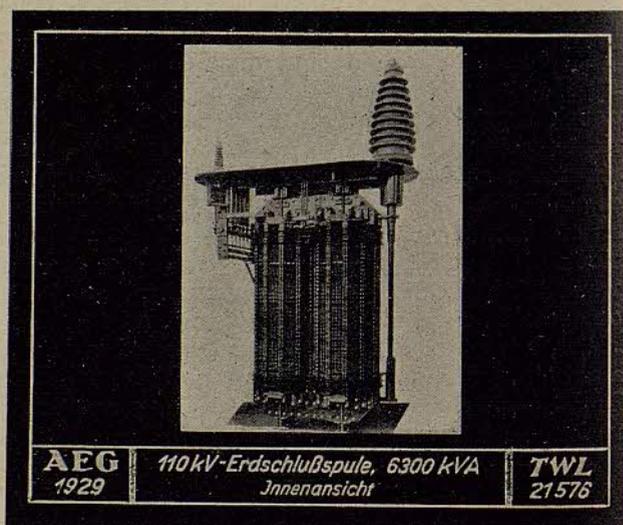
Añadiré algunas palabras sobre la corriente residual I_r .

El valor de la misma fluctúa según las condiciones de la red, aislamiento, etc., etc., entre 3 y 4 % para redes de alta tensión de 100 kw. aproximadamente, y en los casos más desfavorables un 15 % en redes de muy baja tensión de 3 kw. aproximadamente y con aislamiento bastante malo.

Hay que tener presente que, según han demostrado diversas experiencias prácticas, el arco se apaga, aún con 50 Amps. de corriente residual (para mayores valores existe una conexión especial). Ello es debido en primer término a la fase óhmica de la corriente residual, que da lugar a que al pasar por cero la corriente y apagándose el arco en este momento, no queda ninguna tensión sobre el punto neutro de la red en forma de carga continua. Pero aún teniendo en cuenta el caso más desfavorable que puede ocurrir, o sea, el apagamiento del arco en el momento del máximo de la tensión, las condiciones para evitar su reformación son sumamente favorables. En este caso queda en la capacidad de la fasa sana contra tierra el valor máximo de $2 E_f$ como tensión continua, distribuyéndose esta carga casi instantáneamente por igual sobre las dos

fases de la red, de manera que toda la red queda sometida sólo al valor máximo de la tensión de fase contra tierra como carga continua. Mientras que con punto neutro libre se mantiene esta tensión originando después de una centésima de segundo una diferencia de tensiones en el punto de la avería igual al valor máximo de la tensión compuesta, en el caso que nos ocupa ahora, o sea con inductividad en el punto neutro, la carga de la capacidad puede derivarse a tierra por la inductividad de la red, puesto que ella es precisamente la frecuencia propia del circuito oscilante; capacidad de la red—inductividad de la bobina a tierra. En la misma escala en que va disminuyendo la tensión del punto neutro contra tierra, aumenta poco a poco la tensión de la fase averiada también contra tierra, siendo ésta siempre, igual a la diferencia entre tensión de fase y la del punto neutro en el mismo momento, según se ve en la diapositiva 9, y mejor todavía en la 10. Puesto que el valor máximo de los primeros semiperíodos es sólo una fracción de la tensión normal, resulta sumamente difícil el reencendido del arco.

Si la bobina y la capacidad de la red no están exactamente sintonizadas, en vez de oscilaciones de la misma frecuencia de la red, las tendremos de una frecuencia algo distinta, para la derivación de la carga continua a tierra, dando por resultado que la tensión de la fase averiada aumenta con algo más rapidez, puesto que existe una superposición de dos ondas de frecuencias distintas. No obstante, ensayos prácticos han comprobado que la desintonización puede alcanzar valores de hasta 30 %, o



Diap. 17

sea la corriente inductiva hasta 30 % mayor o menor que la corriente a tierra, sin perjudicar la eficacia de la bobina.

Tenemos que mencionar todavía una consecuencia muy importante de la bobina de puesta a tierra; la bobina suministra el aumento monofásico de potencia de carga de la red, en el contacto a tierra, para cuya demostración haremos un pequeño cálculo para el sistema bifásico.

En estado normal la potencia de carga es

$$p = EI_{cap.} = 2 E_f E_f m K_{11} = 2 E_f^2 m K_{11}$$

Al producirse el contacto a tierra sin compensación es

$$P_e = EI_e = 2 E_f 2 E_f m K_{11} = 4 E_f^2 m K_{11}$$

Y cuando el contacto a tierra es con compensación por bobinas

$$P_{e\ comp.} = E_f I_e = E_f 2 E_f m K_{11} = 2 E_f^2 m K_{11}$$

Como se ve, la potencia de carga aumenta al doble sin bobinas, mientras que queda constante con bobinas de compensación, puesto que estas bobinas suministran la energía adicional. En la red bifásica compensada, tenemos la corriente doble a tierra, pero solamente la mitad de la tensión, como la otra mitad del devanado del transformador queda sin corriente y por tanto no participa en la formación de la potencia.

Aún nos quedan por hablar tres puntos bastante interesantes, que por falta de espacio sólo podemos mencionar, o sean:

Influencia de las ondas armónicas de orden superior en la compensación.

Posibilidad de formación de sobretensiones a causa de fenómenos de resonancia.

Características necesarias de los transformadores para conectar las bobinas y la distribución de las corrientes en ellos.

Influencia de ondas armónicas. — Todas las características y ventajas de la bobina descrita, que en recuerdo de su inventor se llama «Bobina Petersen», tienen únicamente valor para corrientes de la frecuencia de servicio, a la cual está sintonizada la bobina, o sea en general para la onda de base de 50 períodos por segundo. Solamente para ésta tiene validez la relación

$$mL_o = \frac{1}{2 m K_{11}} \quad (\text{Red bifásica})$$

que es la base fundamental para la compensación. Si la curva de tensión de nuestra red contiene ondas armónicas superiores, por ejemplo una del quinto orden con un valor de 5% de la onda base, provocará en el caso de contacto a tierra una corriente de

$$2 \cdot 0,05 \cdot E_f \cdot 5 m K_{11} = 0,25 I_e.$$

La corriente correspondiente por la bobina será:

$$\frac{0,05 E_f}{5 mL_o} = \frac{0,05}{5} \cdot E_f \cdot 2 m K_{11} = 0,01 I_e,$$

de manera que solamente queda compensada la vigésima quinta parte de la corriente a tierra capacitiva de la quinta armónica.

Para facilitar también la colocación de las bobinas en redes con estas curvas de tensión desfavorable, el Profesor Peterson ha indicado una conexión especial que vemos en la diapositiva número 11.

La curva «a» representa un oscilograma de la curva de la tensión de fase U_o en la cual se ve muy bien la influencia de la quinta armónica de la tensión, que en caso de cortocircuito a tierra pro-

duce una corriente de frecuencia determinada, que no puede compensarse por la bobina principal y que por consiguiente aparece como corriente residual I_r en el oscilograma.

La conexión especial consiste en conectar en paralelo con la bobina principal, otra bobina sintonizada con la capacidad de la red y la quinta armónica de la onda de base, empleándose una conexión en serie de inductividades y capacidades para impedir al mismo tiempo, tanto como sea posible, el paso de la tercera armónica por esta conexión.

Conectando esta bobina para la quinta armónica en paralelo con la bobina para la onda base, obtendremos una reducción de la corriente residual hasta el valor del oscilograma «b». Se ve además que la curva de tensión se acerca mucho a la sinusoidal pura, por desaparecer, con la corriente de la quinta armónica, también las caídas de tensión correspondientes que produce la desviación en el oscilograma «a».

Ya en varias redes ha sido necesario montar este dispositivo especial para la compensación de ondas armónicas superiores. Se trata de redes que tienen una carga muy oscilante, y al mismo tiempo muchísimos transformadores de pequeña potencia en su red, de manera que cuando la carga es reducida, por ejemplo durante la noche, la corriente que tienen que suministrar las pocas máquinas en marcha, es casi pura corriente magnetizante que, como es sabido, en redes trifásicas contiene una quinta armónica fuerte; ahora bien, tratándose de redes relativamente extensas con corrientes de carga capacitivas bastante elevadas, ocurre el caso de que la onda base de la componente inductiva de la corriente magnetizante, se compensa por la onda base de la componente capacitiva de la corriente de carga, quedando entonces casi una pura corriente de carga para las máquinas de quinta armónica. Esta corriente origina caídas de tensión del mismo orden de frecuencia, que por su parte producen en casos de contacto a tierra la corriente residual de frecuencia quintuple, haciendo necesario el mencionado dispositivo especial para la compensación de la misma.

Sobretensiones por resonancia. — Por lo que se refiere a la formación de sobretensiones por la bobina Petersen, me limito a pocas palabras aclaratorias, puesto que el número de la *AEG al Día*, del mes de Abril último, trae un artículo muy interesante sobre estos detalles, del Jefe de Laboratorios y cálculos de la fábrica de la AEG, que construye estas bobinas.

Las ideas principales son las siguientes:

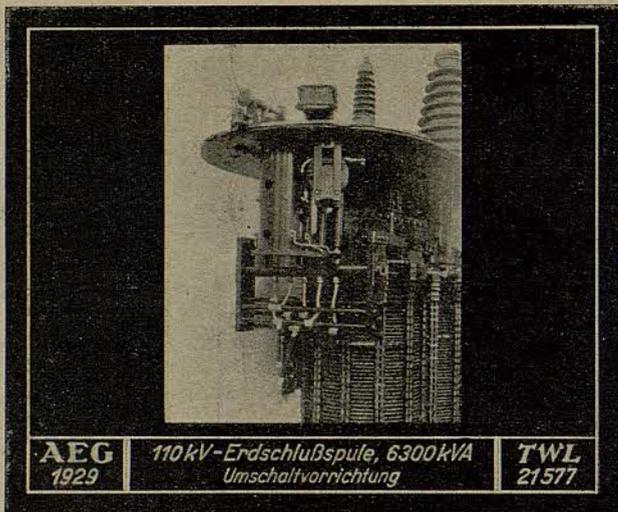
La bobina Petersen, en el caso ideal, está calculada para resonancia exacta con todas las capacidades de la red a tierra, de manera que rige la ecuación

$$mL_o = \frac{1}{3 m K_{11}}$$

para la red trifásica. Por esto tenemos un circuito de resonancia y son posibles teóricamente sobretensiones cuando existe en este circuito una tensión excitatriz. Este caso puede ocurrir por fenómenos de inducción de la línea por otros sistemas o también por asimetrías capacitivas entre la misma línea

contra tierra, de las cuales es la peor la desconexión de una fase de la red por rotura de cable u otras razones.

Desde luego en estos casos resultaría una sobretensión enorme también con pequeñas tensiones excitatrices si tuviéramos un circuito de resonancia sin limitación ninguna, pero eso no es verdad.



Diap. 18

La ecuación antes mencionada rige únicamente para una determinada inductividad L_0 ; ahora hay que tener en cuenta que este valor para un circuito magnético con hierro, que se emplea para las bobinas, depende de la saturación del mismo y se comprueba fácilmente que la inductividad L es proporcional al primer cociente diferencial de la curva de imantación de la bobina Petersen, puesto que la tensión es por una parte

$$e = L \frac{di}{dt}$$

y por otra parte

$$e = \text{Const.} \frac{dN}{dt}$$

siendo N el flujo magnético.

De las dos ecuaciones anteriores se deduce,

$$L = \text{Const} \frac{dN}{di}$$

Por tanto se ve que al aumentar la corriente de magnetización de la bobina (lo que ocurriría en casos de fenómenos de resonancia), la inductividad de la bobina disminuye rápidamente después de llegar al codo de la curva. Por esta razón las bobinas se construyen de tal manera, que su tensión normal se encuentra inmediatamente debajo del codo, de manera que al sobrepasar este valor la bobina se desintoniza automáticamente, evitándose así con seguridad absoluta que ocurran sobretensiones que sobrepasen mucho el valor de la tensión de fase de manera que no son sobretensiones. Para prevenir a todas las eventualidades, el aislamiento se verifica para la tensión compuesta; por tanto hay un mar-

gen muy amplio de seguridad. Además estos fenómenos de resonancia son extraordinariamente raros y pueden evitarse casi por completo, si se procura una buena simetría de las capacidades entre las fases y tierra por medio de trasposiciones de los conductores, lo que ya es costumbre para líneas de alta tensión en la mayoría de las redes.

Conexión de la bobina Petersen a transformadores de la red.—Tampoco me permite el espacio reducido hablar detalladamente sobre la conexión de bobinas Petersen a transformadores y la distribución de la corriente a tierra de los mismos, como sería mi deseo. Desde luego las corrientes a tierra son una carga adicional para los transformadores, que tienen además la condición especial de que no se compensan los flujos magnéticos producidos por ellas. Por estas razones todos los transformadores con circuito magnético libre, o sea los trifásicos acorazados y los compuestos de tres monofásicos, únicamente admiten la conexión de bobinas Petersen en el punto neutro de un devanado, si el otro devanado está conectado en triángulo o existe un devanado terciario en triángulo de la potencia de la bobina. Transformadores de los tipos mencionados con la conexión estrella estrella, no admiten la conexión de bobinas, como tampoco admiten una carga monofásica entre fase y neutro.

Los transformadores trifásicos corrientes, con tres núcleos admiten todos la conexión de bobinas, teniendo en cuenta que la potencia del transformador debe ser mayor a la de la bobina:

En cinco veces para conexión estrella estrella,

En dos veces para la conexión estrella triángulo.

Caso de no existir un transformador de potencia adecuada con punto neutro accesible, se puede conectar la bobina a un transformador especial de conexión zig zag, que al mismo tiempo puede reci-



Diap 19

bir un bobinado secundario para el consumo propio de la instalación, etc.

El esquema de una bobina con sus aparatos, tal como generalmente se montan, aparece en la diapositiva 12. La bobina misma se conecta únicamente por un desconectador, puesto que el punto neutro, en general no tiene tensión alguna. Desde luego

este desconectador no puede maniobrase caso de existir un contacto a tierra.

Es interesante conocer, que la bobina, como se ve en el esquema, lleva en su extremo puesto a tierra una serie de embornamientos, que tienen por objeto variar la corriente inductiva que suministra la bobina en el caso de un contacto a tierra según la corriente a tierra de la red, que varía con la longitud de líneas, de manera que para cada configuración de la red, se puede conectar el embornamiento más favorable de la bobina, garantizándose siempre una sintonización perfecta.

Para dar una idea de las variaciones que pueden ocurrir, voy a indicar un procedimiento sencillo para el cálculo de la corriente a tierra. Se puede calcular por cada 100 km. de línea aérea y 10 kv. de la tensión compuesta de la red, una corriente a tierra de aproximadamente 3 Amps., fluctuando este valor entre los límites 2,2 y 3,3 Amps., según la disposición de los conductores en el poste.

Para cables subterráneos esos valores pueden considerarse unas veinticinco veces mayores, fluctuando entre 40 y 150 Amps. por 100 km. y 10 kv.

Al desconectar una parte de la red, desde luego disminuye la corriente capacitiva, de manera que conviene, aunque no sea necesario, ajustar la corriente de la bobina al mismo valor que tiene la corriente a tierra total. Como hemos dicho ya antes, la diferencia entre la corriente a tierra y la corriente de la bobina, puede alcanzar un 20 a 30 % sin perjudicar su eficacia.

De los aparatos que se conectan a la bobina, conviene mencionar, aparte de señales acústicas y ópticas para el funcionamiento de la bobina cuando ocurre un contacto a tierra, sobre todo el amperímetro registrador que está indicado con «h».

La diapositiva siguiente, número 13, representa la cinta del registrador de dicho amperímetro montado en la bobina de una red de 20 kv., en Baden. La escala de tiempos es de 20 minutos por unidad, así que, como se ve, han ocurrido muchísimos contactos a tierra en muy poco tiempo, la mayoría en espacio de pocos minutos, apagándose en seguida cada vez el arco, sin tener la más mínima consecuencia para la red. De más de 100 contactos a tierra producidos dentro de un día aproximadamente, ni uno solo se ha transformado en contacto continuo, ni ha introducido un cortocircuito entre fases. Mejor prueba de la eficacia de la bobina que esta cinta registradora, no se puede dar. A continuación presentaremos unas diapositivas sobre la construcción de la bobina.

Detalles de la construcción de bobinas Petersen. — En la diapositiva número 14, vemos la primera bobina que se montó en el año 17 en una red aérea de Alemania del Sur, de 10 kv., con una corriente a tierra de 50 Amps. La bobina tiene, como se ve todavía, refrigeración de aire y una altura de unos $\frac{3}{4}$ de metro. A continuación vemos ya en la Diap. 15 una bobina algo mayor para 220 kv. y 12,000 kva., que se suministró el año pasado en Alemania para la nueva línea de esta tensión. El hombre que está al lado, da una idea de las dimensiones enormes de esta bobina. El anillo que vemos alrededor de la bobina contiene tuberías para insuflar aire contra la bobina para su

mejor refrigeración en el caso de un contacto a tierra continuo. Añadiremos que las bobinas se construyen en general para servicio de dos horas, o para servicio continuo. Para redes de cables, basta la primera; para líneas aéreas es preferible la de servicio continuo.

Siguen cuatro diapositivas de una bobina para una red de 110 kv.

La 16 enseña el núcleo de la bobina; interesante es la construcción de los montantes; como las corrientes que pasan por la bobina son puras corrientes magnéticas, resultaría una saturación enorme del núcleo, si todo el circuito magnético fuera de hierro. Por esta razón, para quedar dentro de la parte recta de la curva de imantación, es necesario aumentar la resistencia magnética del circuito intercalando material con una permeabilidad igual a la del aire. La AEG emplea su material CEAX, y en la diapositiva se ve muy bien la subdivisión de los montantes en muchas partes pequeñas de hierro, entre las cuales se intercalan las capas de Geax.

La diapositiva 17 presenta la misma bobina montada, pero sin el tanque de aceite. Los dos extremos del bobinado llevan aislamiento reforzado; interesante es, sobre todo, la disposición de los embornamientos y el dispositivo de conmutación de los mismos, que en escala mayor se ve en la siguiente diapositiva 18.

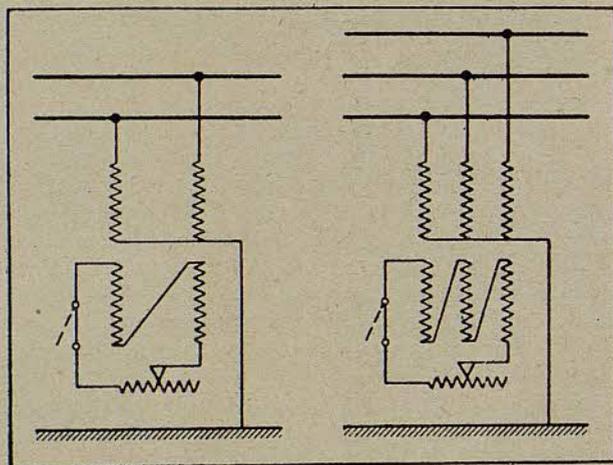
El conmutador propiamente dicho consiste en un tubo cilíndrico en cuya periferia se encuentran los contactos unidos con los embornamientos y que por medio de un rodillo de contacto especial verifica la unión del embornamiento deseado con tierra, a través de un transformador de intensidad montado bajo la tapa de la bobina. El accionamiento del rodillo se verifica desde el exterior por medio de un engranaje con rueda de maniobra, que vemos mejor en la diapositiva 19. Desde luego es inadmisibles actuar sobre el conmutador durante una avería, puesto que aunque desconectase el conmutador la corriente, el aceite de la bobina se ensuciaría.

El «transformador apagador». — Haré aún algunas observaciones sobre una modificación de la bobina Petersen, que basándose en el mismo principio de la extinción del arco por una corriente inductiva se patentó un año más tarde, y que se llama en alemán «Loeschtransformator», o sea «Transformador apagador».

La diapositiva número 20 indica el esquema de conexiones de este transformador. Como se ve, tiene bobinajes primario y secundario, de los cuales el punto neutro del primario está conectado a tierra, mientras que el bobinado secundario se conecta en triángulo abierto, cerrando el triángulo por una resistencia inductiva.

Cuando ocurre un contacto a tierra en una fase de la red, se formará igual que para la bobina conectada en el punto neutro, una corriente por el transformador sobre el punto de avería, cuya magnitud y desfase inductivo se regula en el circuito secundario por medio de la inductividad variable, de tal manera que la corriente capacitiva y la corriente inductiva se compensen. Por la conexión del secundario en triángulo abierto, cerrado por

la inductividad, se obliga a la corriente a pasar por los tres núcleos del secundario, con el mismo valor, alcanzándose de esta manera también una distribución uniforme de la corriente de compensación inductiva sobre los tres núcleos del primario. De la misma manera que para la bobina colocada en el punto neutro, se alcanza también en



Diap. 20

este caso, que la carga capacitiva de la red queda invariable y simétrica, cuando se produce el contacto a tierra de una fase.

La desventaja principal de la disposición descrita estriba en que se necesita un transformador trifásico conectado a la red continuamente y para su desconexión un interruptor de aceite, mientras que la sencilla bobina se monta en el punto neutro de cualquier transformador que exista ya en la red, no estando bajo tensión en servicio normal, por cuya razón se pueden efectuar las maniobras por simples desconectores unipolares.

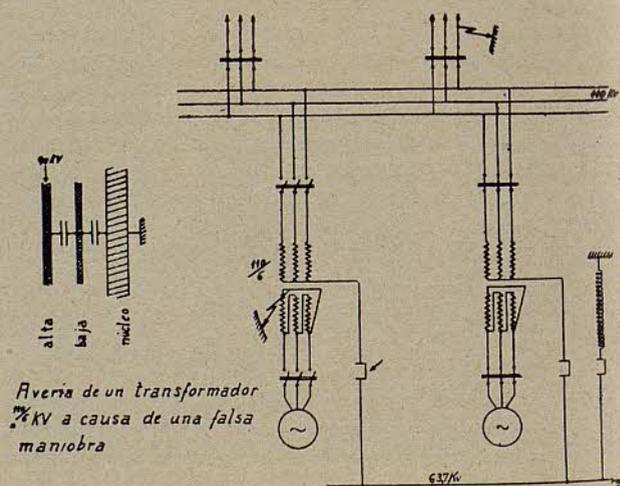
3. Experiencias realizadas con la bobina Petersen.

En la cubierta del núm. 4, año 1930, de la *AEG al Día*, encuentran ustedes una fotografía de la misma bobina de 220,000 Volts. que vimos antes, conectada simbólicamente a la totalidad de las líneas protegidas por estas bobinas, que alcanza en la actualidad un valor de más de cuatro veces la longitud del ecuador terrestre. Teniendo en cuenta que en América del Norte con sus redes gigantescas domina aún la puesta fija del punto neutro a tierra, la cifra mencionada da una idea hasta qué punto se ha introducido ya en el mundo entero la compensación de corrientes a tierra. Pero también en América del Norte, en el último año, ha ganado mucho terreno la idea de la bobina Petersen, como lo demuestran numerosas publicaciones.

La siguiente diapositiva, número 21, contiene más detalles sobre el desarrollo. Para el año 1929 se suministró aproximadamente el doble de la potencia de las bobinas suministradas en el año 1928, o sea unos 300,000 kva. Muy interesante por sus razones, es el descenso que se observa después de los primeros años de éxito. En el año 1921, y aproximadamente hasta el 1924, se entabló una lucha

tan fenomenal contra la bobina Petersen, por varias personas más o menos parciales, que muchísimas redes dudaron de la verdadera eficacia de la misma, prefiriendo esperar hasta que se comprobase. Lo peor de todo para el desarrollo era, que todas las averías en las redes que no pudieron aclararse, se echaron sobre la bobina Petersen, diciendo que todo era la consecuencia de fenómenos de resonancia. Voy a repetir aquí solamente un caso que ocurrió ya en los primeros años en una gran Central de Alemania, con unos doce grupos de 10,000 kva., transformadores elevadores 6/110 kv. y dos salidas de 110 kv. que alimentan a Berlín. Los puntos neutros de alta de los transformadores están conectados a una barra de neutros que conduce a la bobina Petersen. Añadiré que es conveniente que, en general, todos los transformadores en servicio se conecten a la bobina, pero nunca los que se han desconectado de la red.

Un día el empleado del cuadro, al sacar de servicio un transformador, olvidó desconectar también el punto neutro del mismo de la barra de neutros. Durante el servicio normal no hay peligro, pero la cosa cambia por completo si ocurre un cortocircuito a tierra en la línea de alta — como ocurrió entonces — y se sigue marchando en contacto a tierra, objeto para el cual precisamente está destinada la bobina Petersen. Este caso se ha dibujado en la diapositiva siguiente, número 22. Puesto que la barra de los neutros estaba en este caso a la tensión de fase, o sean 63 kv. efectivos con el valor máximo de aproximadamente 90 kv., esta tensión se comunicó también a todo el bobinado de alta del transformador que quedó conectado a la barra con su punto neutro, mientras que los interruptores en alta y baja estaban abiertos. En este caso el potencial del bobinado de 6 kv. no está definido, sino que se estima teniendo en cuenta que la tensión del bobinado de alta se distribuye sobre la capacidad,



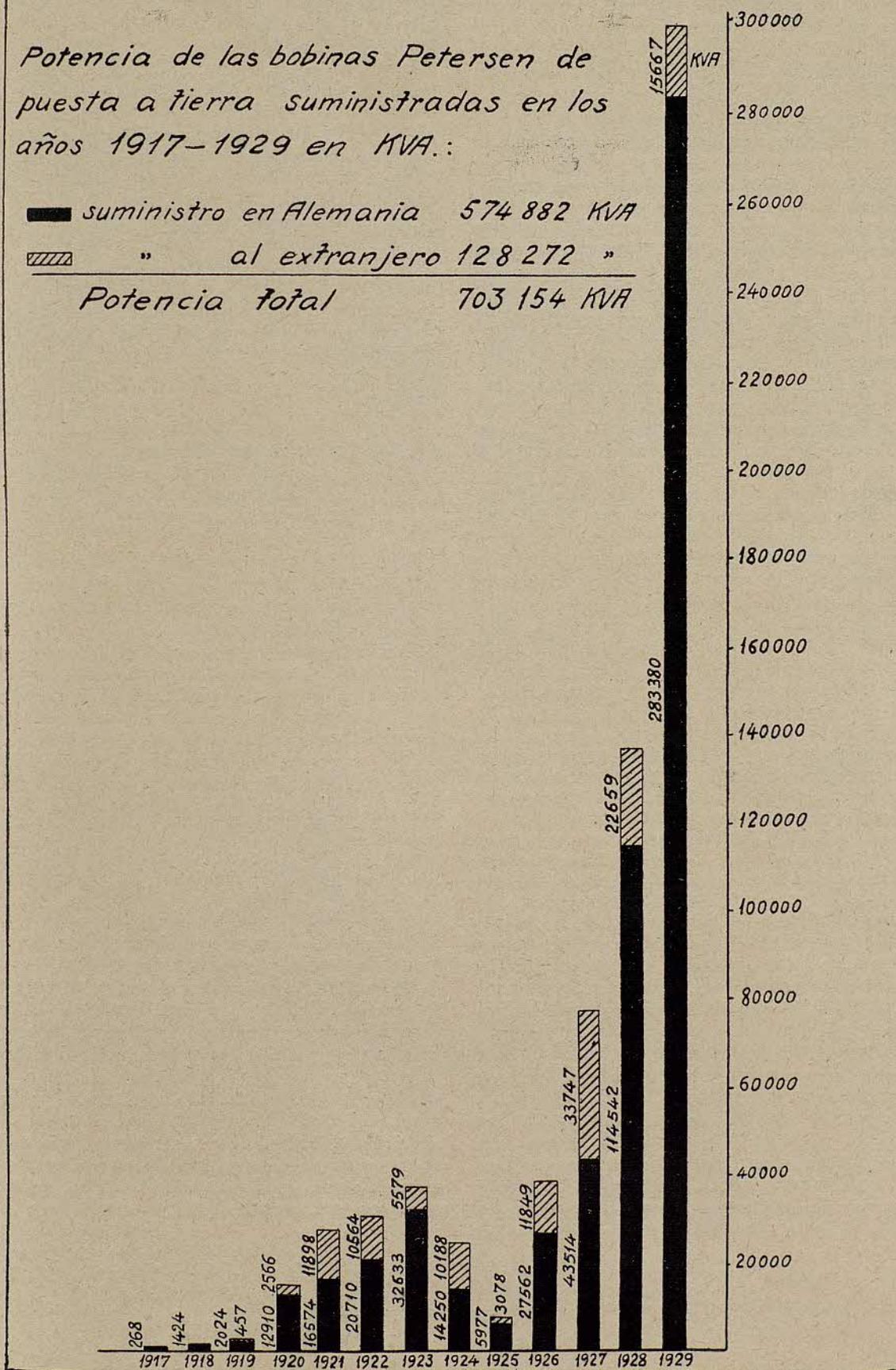
Diap. 22

entre bobinado de alta y bobinado de baja por una parte, y la capacidad entre bobinado de baja y núcleo por otra. Suponiendo que estas dos capacidades tienen aproximadamente el mismo valor, resultaría que la tensión se distribuye por igual, de manera que resulta para el bobinado de baja un valor máximo de la tensión de 45 kv. Si con golpes de

Potencia de las bobinas Petersen de puesta a tierra suministradas en los años 1917-1929 en KVA.:

■ suministro en Alemania 574 882 KVA
 ▨ " al extranjero 128 272 "

 Potencia total 703 154 KVA



Diap. 21

tensión instantáneos de esta altura es ya probable la perforación del aislamiento, será absolutamente segura si este esfuerzo dura minutos y aún horas, como en este caso de cortocircuito a tierra. Se perforó el aislamiento y se dijo que hubo fenómenos de resonancias, aunque a los otros transformadores que estaban en servicio no les pasó nada. Este ejemplo demuestra la importancia de desconectar los aparatos de alta tensión siempre por todas partes.

Mencionaré aún otro ejemplo que tiene un interés especial, porque hasta ahora no ha sido posible remediar las verdaderas causas de las perturbaciones. Se trata de una red de 95,000 Volts., donde se montó el año 1921 una bobina Petersen y poco después otra al ampliar la red. Ahora bien, estas bobinas dieron mal resultado, con averías de las bobinas y descargas entre la borna de la bobina y las paredes de la celda, etc. Después de bastante tiempo, se logró averiguar la causa de estas perturbaciones: en la misma red hay un transformador que lleva el aislamiento escalonado y el punto neutro puesto fijo al núcleo dentro de la caja, de manera que por fuera no se ve nada.

Después de las explicaciones que he dado sobre la eficacia de la bobina, se comprende fácilmente que esto es absolutamente imposible. Poniendo un solo punto neutro en toda la red a tierra, cada contacto a tierra se transforma en seguida en un cortocircuito directo de la fase correspondiente con ondas de tensión de frente escarpado, reflexiones de las mismas en los extremos de las líneas, etc. Hasta hoy, aunque se conoce ahora bien el origen de las perturbaciones, no hemos logrado ni quitar el transformador con punto neutro a tierra, ni que se dejen las bobinas desconectadas, sino las bobinas y el mencionado transformador siguen conectados al mismo tiempo, sometiendo así las bobinas que ya no sirven para nada, a los peores esfuerzos de ondas en cada cortocircuito.

Ahora bien, para formarse un juicio justo sobre las bobinas, hay que oír los resultados que dieron en las redes donde están bien instaladas. De éstas hay multitud de cartas al Profesor Petersen (respectivamente la AEG), elogiando del modo más elevado los resultados obtenidos con la bobina, hasta que en algunas se dice que ya no pueden imaginarse cómo antes había sido posible un servicio regular sin bobinas de puesta a tierra. Las estadísticas probaron que las averías en las redes que produjeron una desconexión, se redujeron a un 10% del valor anterior. Importantísimos son también los casos en que se salvó la vida de hombres que tocaron la línea y que sin compensación de la corriente a tierra hubieran muerto quemados, mientras que así, por apagarse el arco en seguida, sufrieron solamente ligeras quemaduras. La mayor importancia, sin embargo, la atribuyen todas las

redes a la posibilidad de poder seguir trabajando aún con contacto a tierra hasta que se haya establecido la alimentación de todos los consumidores importantes por otra parte, para poder desconectar el trozo averiado. Hasta doce horas o más se ha seguido marchando con contacto a tierra; yo conozco un caso en que en una red aérea de 15,000 Volts. y 800 km. de longitud trabajaron treinta horas aproximadamente, hasta haber construido para el abonado una línea provisional, lo que era imprescindible tratándose de una mina.

En el número de la *AEG al Día*, de Diciembre de 1928, encontrarán ustedes también la traducción de un largo informe de la Bayernwerk, la mayor red de 110,000 Volts. de Alemania del Sur, cuya parte más interesante copio a continuación:

«Tenemos el gusto de informar a ustedes de una perturbación reciente que despierta un interés especial debido a su larga duración, que fué de 90 minutos.

Corriente a tierra total al principio de la perturbación, 529 Amps.

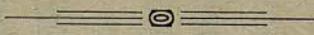
Después de veinte minutos se modificó la repartición de la carga de la red, de modo que la corriente a tierra de la línea averiada era de 216 A.

Causa: Rotura de un cable en un punto debilitado, debido a una carga demasiado grande por escarcha. El cable se encontró en contacto con la tierra.

Efectos: La línea defectuosa (línea doble) pertenece a un consumidor que recibe corriente de 100 kw. Cuando ocurrió la derivación a tierra, sólo estaba funcionando uno de ambos sistemas, pues en el otro se efectuaban trabajos de reparación. Como la línea averiada sola abastecía al consumidor, se continuó marchando a pesar de la derivación a tierra permanente, hasta que quedó terminada la reparación de la segunda línea, intercalada en el acto, de modo que no hubo necesidad de interrumpir el abastecimiento de energía.»

Para poder desconectar fácilmente la parte averiada de la red y sólo ésta, la A. E. G. ha construido un relais especial que indica la posición de la avería en la red, y otro relais que indica la fase averiada, de manera que después de establecer el abastecimiento de todos los abonados, la parte averiada se desconecta fácilmente. Además hay indicadores para medir la sintonización de las bobinas a la red.

Más detalles también sobre estos relais, así como sobre otros puntos que hoy sólo hemos podido mencionar, espero me será posible explicárselos a ustedes en otra ocasión.



CRÓNICA DE LA AGRUPACIÓN

Junta general de elecciones. — El día 31 del pasado octubre tuvo lugar en nuestra Agrupación la Junta general que debía elegir a Presidente, Tesorero y a cinco vocales de la Junta directiva. Habiendo tomado parte en la elección un crecido número de votantes fueron elegidos, por gran mayoría de votos, Presidente, don Cayetano Cornet Palau; vocales don Francisco Pí y Suñer, don Julio Nogués Caiz, don José M. Ganzer Miralles, don Estanislao Ruiz Ponsetí y don Fernando Cuito Canals, y fué reelegido Tesorero, en igual forma, don Pedro Vallcorba Sánchez.

En el mismo día se procedió a renovar las Comisiones Permanentes de las Secciones resultando elegidos presidente de la Sección de Mecánica, don José I. Mirabet Matheu, de la de Electricidad don Ricardo Pagés Maristany, de la de Enseñanza don Ramón Marqués Fabra y de la de Acción Social don Francisco Muñoz Gomis.

Aprobada por unanimidad en la propia Junta general del 31 la Memoria de Secretaría del ejercicio social 1929-1930, la reproducimos íntegra a continuación, siguiendo la costumbre seguida en años anteriores.

Al dar cuenta a mis compañeros de lo actuado por la Junta Directiva durante el ejercicio que hoy acaba, en cumplimiento de un precepto reglamentario, comenzaré por indicar cuáles han sido las peticiones que la Agrupación de Barcelona ha rogado a la Asociación Nacional que dirigiera al Poder Público en lo relativo a lagunas o deficiencias que se notan en nuestra legislación y que dejan en désparo nuestros derechos como ingenieros industriales.

Y en este punto he de comenzar por hacer constar que durante el ejercicio han entrado en vigor los nuevos Estatutos y Reglamento de nuestra Asociación Nacional, en los cuales establece de una manera más clara y categórica que en los antiguos, en forma que no cabe la menor duda, que las distintas Agrupaciones no pueden dirigir al Poder Público comunicación de ningún orden que se refiera al interés general de la clase; sino que el único y exclusivo organismo con facultad, en tales respectos, es la Asociación Nacional, representada por la Junta Superior. Lo que se hace constar solamente a título informativo y para justificar que de conformidad a ello la Agrupación de Barcelona no haya dirigido directamente al Gobierno ninguna petición.

Sin embargo, la Junta Directiva no ha permanecido cruzada de brazos ante ningún problema de orden legal que se le haya presentado, sino que por el contrario, se ha dirigido a la Junta Superior en múltiples ocasiones, siendo las más importantes peticiones que a la misma ha dirigido durante el ejercicio, las siguientes:

Para que solicitara que en la Junta examinadora de los proyectos del aeropuerto de Madrid se diera entrada a ingenieros industriales.

Para que se modificase la redacción del Reglamento de la Contribución industrial en el sentido de que desaparezca el equivoco de que personas sin título profesional puedan ejercer al amparo de la ley funciones propias de los titulares, satisfaciendo una cuota menor que los tales.

Para que se declare que los titulares de nuestra carrera tienen derecho a que por los señores Jueces se decrete a su favor el procedimiento privilegiado de apre-

mio, al reclamar sus honorarios como peritos en sus actuaciones judiciales, derecho que hoy no tienen por no constar la palabra «ingeniero» en el correspondiente artículo de la Ley de Enjuiciamiento.

Para que se extendiera a favor nuestro el derecho de uso de arma de fuego concedido a los titulares de otras especialidades de la ingeniería.

Para que se protestara de la actuación de los Comités paritarios y para que, de acuerdo a un precepto legal vigente, pero incumplido, la función reguladora de la industria fuere atribuida a los elementos técnicos de la Dirección General de Industria.

Para que, sin perjuicio de lo anteriormente citado, la Presidencia de los Comités Paritarios de carácter industrial debiere recaer precisamente en un ingeniero industrial.

Para que fueren modificadas las tarifas de honorarios acomodándolas a las exigencias actuales.

Para que fuere derogado un artículo de un Decreto-Ley-Reglamento a las oposiciones a cátedras de Universidad, cuyo artículo establece que sólo los Doctores en la respectiva especialidad puedan tomar parte en ellas, cuando hasta dicho Decreto el título de ingeniero equivalía al de Doctor en Ciencias Exactas, bajo tal punto de vista.

Para que fuere ordenada una inspección de todos los servicios del Cuerpo de Ingenieros Industriales que pudiese de relieve la perfección de los mismos cuando así resultare de la inspección, y para imponer las más enérgicas sanciones en el caso contrario, todo ello para realzar el prestigio del propio Cuerpo.

Para que se procurara la modificación del Reglamento de instalaciones eléctricas, especialmente en lo concerniente a que no se mermen las atribuciones legales de los ingenieros que ejercen su profesión, que con tal reglamento y con otras disposiciones se ven perjudicados por atribuirse la aptitud legal exclusivamente a los ingenieros al servicio del Estado.

Para que se persiga el intrusismo. Esto ha sido constante preocupación de la Junta Directiva que ha dado lugar a frecuente correspondencia, siendo la última la comunicación que se dirigió como consecuencia de una reunión celebrada en julio y en la que se convino en pedir autorización a la Junta Superior para perseguir en Barcelona casos concretos de intrusismo. Cuando en distintas ocasiones han aparecido artículos periodísticos en los que se atribuía la condición de ingeniero a personas que no poseían el título, se ha escrito a la Junta Superior denunciando el caso y rogándole protestara y cuando la Academia de San Fernando se ha adherido públicamente a actos celebrados por la Asociación de Ingenieros Libres y por la llamada Internacional Institución Electrotécnica, S. A., se ha protestado por telegrama y se han enviado todos los antecedentes para demostrar que se trata de uno de los casos de más claro intrusismo.

Se han remitido a la Junta Superior un proyecto de ordenación industrial, aprobado por la misma, un proyecto de Plan de Enseñanza elaborado por la Sección de Enseñanza, un dictamen sobre Formación profesional.

Fuera de las peticiones a la Junta Superior, se han realizado las siguientes gestiones:

Abierta por la Delegación del Ministerio de Trabajo en Cataluña una información pública sobre extremos relacionados con los Comités paritarios, esta Agrupación acudió a ella, mediante escrito de don Manuel Rodríguez, aprobado por unanimidad por la Directiva, en el que se solicitaba que cuantos cargos de asesoría técnica

de los Comités se refirieran a la industria debían ser desempeñados por ingenieros industriales.

Habiéndose promulgado una Real Orden por la que se ordenaba la formalización de un «Escalafón honorífico del Cuerpo» la Agrupación intervino para facilitar las inscripciones entregando impresos y cuidando de su presentación siendo en número de 302 los compañeros que aceptaron el servicio de nuestra Secretaría.

Las relaciones de esta Agrupación con las corporaciones barcelonesas han sido en extremo cordiales sin excepción alguna y esta Asociación ha sido invitada a numerosos actos a los cuales no ha dejado de estar representada.

Nuestro presidente ha sido nombrado miembro honorario de los Comités organizadores del Congreso Nacional de las Industrias de la Pintura y afines y del de Psicotécnica, y ha estado adherida al V Congreso de la Prensa Técnica celebrado en Liege.

La Directiva ha concertado con don José Mallorquí, editor de los Anuarios de la Construcción, de la Metalurgia y de la Industria Textil, la publicación de nuestro Anuario de inminente publicación.

Se ha publicado regularmente nuestra revista Técnica, publicando interesantes trabajos entre ellos uno muy notable de don Juan de Lasarte, Jefe de la Sección de Electricidad de la Exposición de Barcelona, dando a conocer la obra de ingeniería de nuestra Exposición, y un estudio de don Carlos Cardenal sobre el palpitante tema «La Selección Profesional».

Durante el ejercicio ha comenzado a publicarse la Revista de Ingeniería Industrial a cargo de la Junta Superior. Es acuerdo de una Junta general que será en su día cumplimentado, que en el próximo noviembre una Junta general de nuestra Asociación decida si debe continuar publicándose «Técnica» o si debe fusionarse con la nueva revista de la Junta Superior.

En cuanto a las Secciones, he de hacer constar que como tales Secciones no han actuado, excepción hecha de la de Enseñanza. La de Mecánica realizó una visita colectiva a la central elevadora que la Sociedad General de Aguas posee en Cornellá y la de Enseñanza celebró muchas reuniones para llegar a formar un proyecto de plan de enseñanza de nuestra carrera, plan que se dió a conocer a los socios por circular y al que formularon observaciones los señores Costa Coll y Molla. Como resultado se envió a la Junta Superior un proyecto de plan.

Han acudido a esta Agrupación solicitando dictámenes, fuera de los judiciales, la Bomba Ver-ta y Cotonificio de Badalona.

En nuestro local se han dado cuatro conferencias:

El Director General de la «Soudure électrique autogène», de Bruselas, Mr. M. Michel, desarrolló la primera el 10 de abril sobre «La construcción de armaduras por soldadura eléctrica».

El día 12 de mayo el Dr. Ing. Albrecht habló de la «Compensación de corrientes a tierra por bobinas de puesta a tierra».

El 14 del mismo mes el ingeniero Adolfo Hug, nos dió a conocer «La electrificación de los ferrocarriles de Estado de las Indias neerlandesas».

Y el 20 del propio mes, Mr. Arnold Roth desarrolló el tema: «Tendencias en la construcción y en la utilización de los interruptores de alta tensión».

Ha continuado prestándose el servicio de peritajes judiciales en idéntica forma que en años anteriores ofre-

ciendo parecidas características que en último año, siendo el número de peritaciones encargadas por los Juzgados a los compañeros de esta Asociación sensiblemente el mismo que en el año anterior.

Nuestra Biblioteca ha aumentado en algunos volúmenes por compra o por cambio con la revista «Técnica».

Ha continuado prestándose el servicio de préstamo de libros a los socios y a los de la Asociación de Alumnos, a estos últimos hasta hace poco en que ante abusos cometidos se suprimió.

A continuación anoto los socios con que contaba nuestra Agrupación al finalizar el ejercicio pasado y los que cuenta actualmente:

	Octubre 1929	Octubre 1930
Titulares residentes	490	503
Idem ausentes	79	85
Total titulares	569	588
Miembros asociados:		
Residentes	49	44
Ausentes	3 52	3 47
Total socios	621	635

lo que significa un aumento de 19 socios titulares, una baja de 5 miembros asociados y un aumento total de 14.

Las bajas han sido poco numerosas y la casi totalidad motivadas por fallecimiento y cambio de residencia. La muerte ha separado de nosotros a don Pedro Rius y Matas, Jefe que fué de la Inspección Provincial de Industria y a don Manuel Escudé y Molist, este último durante seis años Secretario de esta Junta Directiva.

Al citar hoy los nombres de tan estimados compañeros debemos rendir a su memoria el homenaje a que se hicieron acreedores por el celo y competencia con que habían contribuido al realce del título y al de nuestra Agrupación.

La obra del edificio social continua bajo los mejores auspicios. Según comunica la Junta autónoma que con plena autonomía administra el edificio, éste ha estado alquilado en sus diferentes locales, en su casi totalidad y en muchas ocasiones sin el casi, permitiendo que al terminar este ejercicio haya sido posible devolver a los señores Marqués de Alella, Conde de Caralt, Bosch-Labrús y Sedó las 40,000 pesetas que prestaron en un momento difícil, de cuya suma se han reintegrado renunciando intereses, y permitiendo abrigar la fundada esperanza de que en 1931 comenzarán a poderse amortizar las cantidades que aportaron los socios.

La marcha de la obra ha permitido instalar el segundo ascensor y ha permitido que se haya podido constituir la Caja de Auxilios, en forma incipiente, tal como fué acordado en la Junta general de noviembre de 1929. Como primera aportación figura la cantidad de 1,000 pesetas que es el importe del 40 % de las 2,500 ptas. que en obligaciones ha regalado don Francisco Vives Pons. Dichas pesetas las ha aportado la Junta Autónoma y forman un depósito especial destinado a la finalidad mencionada.

Para terminar, haré constar que, aprovechando la oportunidad de hallarse en Barcelona el entonces Ministro de Economía don Julio Wais y el Director general de Industrias nuestro compañero Sr. Casanova, nuestra Asociación les obsequió con un banquete celebrado en el Hotel Ritz el día 24 de mayo, acto que el señor Wais a su regreso a Madrid calificó del más simpático de su viaje.

SE CONCEDE

licencia de explotación de la patente número 102,317 concedida por «Generador de vapor». — R. Pujol, Aragón, 282. — Barcelona.

PUENTE GRUA

Accionado a mano, potencia 5 toneladas, se vende. Informarán: Papelera Española, Layetana, 20 — Barcelona.

SE CONCEDE

licencia de explotación de la patente 98,870 concedida por «cemento especial para la fabricación de baldosas u otros artículos». R. Pujol — Aragón 282 — Barcelona.