

En la figura representamos los momentos flectores: el correspondiente al extremo del pilar derecho es igual y opuesto al de empotramiento; $m'_f = -m'$.

$$\begin{aligned} M_v &= m + Hv - \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} cv^2 = + 0,015 cv^2 \\ M'_v &= M_v - Vv = - 0,021 cv^2 \\ m'_f &= -m' = m + \frac{1}{8} cv^2 - Vv = + 0,031 cv^2 \end{aligned}$$

La viga y el pilar de sotavento tienen también inflexión. Por ellos pasa la reacción total de la derecha, como es fácil comprobar calculando las componentes H' , V' y el par m' .

Figuramos las deformaciones del pórtico en escala, como siempre, muy exagerada.

(Continuará.)

Estudio acerca de las redes subterráneas de alta tensión

UNIDAS METÁLICAMENTE A LÍNEAS AÉREAS

Plantearemos las cuestiones siguientes:

- 1.º ¿Está la industria en condiciones de suministrar cables capaces de soportar las tensiones máximas empleadas en las líneas aéreas?
- 2.º ¿A qué tensiones conviene ensayar estos cables?
- 3.º ¿Se ha reconocido la existencia de peligros especiales para los cables unidos metálicamente a las líneas aéreas?
- 4.º ¿Qué precauciones se han tomado para evitar estos peligros?

I. *Tensión máxima.* — En Noruega, la línea aérea que pasa el túnel de Tysse á Odda funciona á 120.000 voltios.

En América se emplean tensiones de 110.000 á 120.000 voltios en líneas aéreas.

En el Continente son corrientes en estas mismas líneas las tensiones de 60 á 70.000 voltios.

Por otra parte, se han realizado, á título de ensayo, y especialmente para la Exposición de Turín, cables subterráneos de conductores múltiples capaces de funcionar á 100.000 voltios; pero, según nuestras noticias, no se han hecho funcionar todavía cables en servicio industrial á tensiones superiores á 400.000 voltios en alternativa y 50.000 en continua.

Sin embargo, la Compagnie Lorraine d'Electricité va á poner en carga una línea de transporte de energía de 65.000 voltios, de 23 kilómetros de cables subterráneos, de tres conductores.

En suma, las más recientes experiencias de los constructores de cables parecen establecer que pueden expedir, con toda seguridad, cables para funcionar:

En corriente continua.....	100.000 voltios.
En corriente alternativa....	50.000

¿Se puede ir más allá?

Esto depende del coeficiente de seguridad que se exija.

II. *Tensión de ensayo. Coeficiente de seguridad.* — Llamaremos coeficiente de seguridad á la relación entre la tensión de ensayo y la tensión de régimen.

En Alemania se prescribe el coeficiente 2 en fabricación, y el coeficiente 1,25 en instalación.

En Italia, según los informes dados por los establecimientos Pirelli, el coeficiente impuesto varía á gusto del comprador y esta

misma casa indica como suficientes los coeficientes 2 de fabricación y 1,5 de instalación.

En Francia y en Inglaterra las asociaciones prescriben 3 y 2, respectivamente.

La experiencia industrial es la que ha hecho adoptar estas últimas cifras para los cables que funcionen á 25.000 voltios y menos.

Se ha comprobado que los cables ensayados al doble en fabricación dan accidentes en servicio y que los cables ensayados al triple quedan indemnes.

Para los cables de corriente continua es suficiente, en general, 1,5 en fabricación.

Si se quiere aplicar la fórmula franco-inglesa á los cables de 100.000 voltios para corriente alternativa, tendremos necesidad de ensayarlos bajo 300.000 voltios en fabricación y 200.000 voltios en instalación.

Estos ensayos son de una realización difícil y hasta imposible en muchos casos; la ejecución del cable capaz de soportar estas tensiones es todavía problemática.

Pero la opinión parece indicar que para estas altas tensiones no es necesario un coeficiente de seguridad tan elevado.

Esta opinión ha sido sostenida especialmente en la Sociedad Internacional de Electricistas y en el Congreso de Marsella de 1908, por MM. Brylinski y De Marchena, y confirmada por los establecimientos Pirelli.

En efecto, las sobretensiones consecutivas á un cierre de interruptor en un cable en vacío, proporcionales á la tensión de servicio, no exceden del doble de esta tensión.

Pueden, es cierto, en caso de cierre en el momento de un máximo alcanzar dos veces la tensión máxima instantánea, ó sea $2\sqrt{2}$ veces la tensión eficaz del régimen.

Este caso es sumamente raro, tanto, que jamás se ha producido, y mediante precauciones fáciles de tomar, pueden eliminarse las consecuencias (bobinas de reactancia ó resistencias muertas intercaladas en el circuito en el momento del cierre, etc.).

Las otras sobretensiones de origen interno se producen en el momento de la ruptura de la corriente de régimen ó de la corriente de corto circuito, y son proporcionales al valor de la intensidad en el momento de la ruptura.

Como la intensidad para una potencia dada es inversa de la tensión, las sobretensiones al cortar la corriente de régimen son, pues, tanto más pequeñas cuanto más alta es dicha tensión de régimen.

Parece desde luego resultar de experiencias directas que el corte de la corriente se hace, no cerca del máximo de la intensidad, sino, al menos con los interruptores en aceite, muy cerca del paso por cero.

Por último, M. Boucherot ha demostrado recientemente que, en el caso de un corto circuito, la energía disponible en el campo magnético se dispersa en parte en el alternador por inducción mutua.

Una tercera causa de sobretensión reside en las descargas atmosféricas; pero hay que observar que, según los informes últimamente recibidos de América, se suprime impunemente toda protección en las líneas aéreas que funcionen á más de 100.000 voltios; si el hecho se confirma, resultaría de él que las sobretensiones de origen atmosférico no exceden de 100.000 voltios.

M. De Marchena indicó en el Congreso de Marsella de 1908, teniendo en cuenta estas consideraciones, la fórmula:

Tensión de ensayo en la fábrica = $10.000 + 2E$, siendo E la tensión de régimen.

Esta fórmula parece aceptable, según lo que acabamos de decir, para los cables de 25.000 á 50.000 voltios en corriente alternativa.

Para tensiones superiores, es probable que pueda reducirse el coeficiente á 1,5.

En corriente continua, el dieléctrico sufre mucho menos, porque no hay histéresis, y la tensión eficaz se confunde con la tensión máxima.

Proponemos, pues, que el coeficiente se limite á 1,25 para los cables destinados á transmitir corriente continua.

Sería preciso, si se aceptan estos coeficientes, fabricar cables que tuvieran 180.000 voltios en los ensayos en la fábrica, para poderlos unir directamente á las líneas aéreas de 120.000 voltios.

Observemos primeramente que los cables actuales tienen, aparte del coeficiente de seguridad determinado por la tensión de ensayo que soportan, un coeficiente de seguridad real doble ó triple, determinado por su tensión de ruptura.

Es probable que el día en que los fabricantes sean lo suficientemente hábiles para reducir sensiblemente este coeficiente suplementario, se pueda aumentar el coeficiente de seguridad del ensayo.

Duración del ensayo en la fábrica.—En cuanto á la duración de aplicación de la tensión, experiencias recientemente efectuadas por M. Delon, de Lyon, y por M. Laporte, del Laboratorio central de París, parecen demostrar que en corriente alternativa las tensiones de ruptura de un cable disminuyen regularmente cuando el tiempo de aplicación de la tensión aumenta, para resultar asíntotas en el valor real de la ruptura al cabo de quince minutos próximamente.

Esto nos da ya una indicación para fijar en quince minutos la duración del ensayo, si experiencias contrarias no se oponen á ello.

Ensayo de ruptura.—A título de información, se podrá buscar cuál es el coeficiente real de seguridad del cable, llevando el ensayo hasta la ruptura en un extremo del cable.

Pero no hay que olvidar que, á pesar de los progresos recientes en la fabricación, hay con frecuencia desvíos superiores al 15 por 100 en las tensiones de ruptura de trozos sucesivos de una misma longitud de fabricación.

Ensayo después de la fabricación.—Este ensayo resulta extremadamente oneroso si se le quiere realizar al pie de obra, fuera de la estación central, con ayuda de un transformador, porque la potencia del aparato crece muy rápidamente con la tensión de ensayo y con la longitud de la canalización.

Pero es preciso notar que aquí se trata de verificar simplemente si el cable ha sufrido durante el transporte, y si los empalmes están bien hechos para soportar la tensión de servicio.

Como el dieléctrico del cable ha sido ensayado durante un cuarto de hora después de la fabricación, en condiciones muy duras, no se suele ensayar nuevamente.

Parece, pues, que se puede sin inconveniente sustituir el ensayo en alternativa por la experiencia con corriente continua obtenida por un condensador ó una válvula electrolítica (aparatos Siemens, Picou, Delon, etc.)

Las investigaciones experimentales de M. Delon para encontrar el valor de la tensión continua equivalente, para los efectos disruptivos, á una tensión alternativa eficaz dada, le han demostrado que esta tensión continua era equivalente próximamente á 3,50 cuatro veces la tensión alternativa eficaz.

Estas experiencias han demostrado, además, que el valor de la tensión de ruptura es independiente de la duración de su aplicación, lo que prueba que la corriente continua no perjudica al dieléctrico.

Por otra parte, el coeficiente es tanto más pequeño cuanto más pastoso es el dieléctrico. Se puede, pues, deducir que el ensayo en continua con el coeficiente 4 pondrá, seguramente de manifiesto los defectos que prevengan de entradas de agua.

III. *Causas de peligros especiales en los cables subterráneos unidos á líneas aéreas.*—Además de las sobretensiones internas, que no vamos á estudiar aquí, las causas especiales de peligro son:

A) Las descargas atmosféricas de frecuencia más ó menos elevadas.

B) El cambio brusco de impedancia en el punto de unión de las partes aérea y subterránea.

Las oscilaciones que se propagan en la línea forman en este punto un vientre de potencial, tanto más peligroso cuanto más debiliten en estos sitios la defensa contra la descarga, la acumulación de las superficies de fuga.

IV. *Precauciones que hay que tomar para combatir estas dos causas de sobretensiones. Descargas atmosféricas.*—Hemos visto que, según los americanos, la tensión de las descargas atmosféricas no excede de 100.000 voltios; es decir, que más allá de esta cifra parece (esta es una afirmación que necesita comprobación) que no hay ninguna precaución que tomar.

Hasta 100.000 voltios hay que disponer los aparatos de protección usuales, y respecto á cuyo empleo está casi todo el mundo de acuerdo.

Para evacuar las descargas de tensión anormal, se adoptan, con preferencia, un pararrayos de antenas, montado directamente sobre el pilón.

Para hacer frente á las descargas más débiles, se utiliza, bien un condensador (que tiene la ventaja de funcionar tanto mejor cuanto más elevada es la frecuencia de la oscilación), bien un descargador eléctrico ó un descargador de agua.

Los descargadores de cilindros, cuyo funcionamiento es delicado, parecen aceptables cuando se dispone de un poste cerrado.

Para los tramos muy cortos, el empleo de estos aparatos de protección puede gravar con exceso los postes de establecimiento y de entretenimiento. Tal vez fuera ventajoso siempre colocar el tramo con un cable que pudiera funcionar á 100.000 voltios, que estaría, según la opinión referida más arriba, al abrigo de las descargas atmosféricas. Entonces se podría suprimir toda otra protección.

Citaremos como procedimientos especiales que han entrado más ó menos en la práctica:

1.º La caja del Ingeniero Semeuza, aplicación de la caja de Faraday.

Se une cada uno de los hilos de la línea aérea al plomo del cable correspondiente por el intermedio de una bobina de auto-inducción y de un condensador. Este ofrece á las oscilaciones un camino tanto más fácil cuanto más alta es la frecuencia, y las lleva á tierra por el plomo del cable.

Este procedimiento lo utiliza la Compañía Edison, de Milán.

2.º El sistema del disyuntor automático Merz Price, empleado en Inglaterra y especialmente en la Cleveland and Durham C.º

Tiene por objeto eliminar una porción de feeder en el que se produzca una avería. En las dos extremidades del cable que se trata de proteger y por las que circula la corriente de línea, hay colocados dos transformadores. Cuando se produce una avería en el cable, el desequilibrio que resulta entre los dos transformadores hace funcionar un relays que desengancha un disyuntor.

V. *Protección del punto de unión entre la línea aérea y la línea subterránea.*—Puesto que en este punto es en el que se producen, además de las oscilaciones, los vientres de potencial, es neces-

rio y bastará reforzar en ellas los aislantes, aumentando las distancias entre los conductores.

Para las canalizaciones de 25.000 á 40.000 voltios se envuelven los cables subterráneos con cajas de extremidades cuidadosamente rellenas de materias aislantes y de forma exterior triangular.

Los cables flexibles de unión salen en abanico por tuberías de porcelana y se encuentran así convenientemente distanciados.

Para tensiones superiores á 400.000 voltios esta disposición no basta. Se trata de separar y de prolongar lo más posible los aisladores de porcelana.

Por ejemplo: la casa Geofroy y Delore ha propuesto que el cable subterráneo vaya á una unión ordinaria de donde salen,

del lado opuesto á la entrada, los conductores sencillos, aislados y armados, trepando á lo largo del pilón, en cuyo vértice se separan para ir cada uno á un aislador diferente.

La Sociedad francesa de los cables Berthoud-Borel emplea una disposición basada en el mismo principio.

No dudamos que se han aportado otras soluciones al problema. Hay gran interés en demostrar una disposición satisfactoria, porque ese es, precisamente, el punto más delicado en las instalaciones mixtas.

J. GROSSELIN.

(Traducción por *La Energía Eléctrica* de *L'Industrie Electrique*.—Congreso de Turín 1911.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Puentes giratorios gigantes para locomotoras.

La Atchison, Topeka and Santa Fe Railway ha puesto en servicio, hace algunos años, unas nuevas locomotoras Mallet que, soportadas por cuatro pares de ruedas, presentan, comprendido el tender, la longitud excepcional de 33 metros. La carga por eje es tan elevada que ha sido necesario proceder á reforzar la vía y los puentes.

Además, se ha impuesto la construcción de nuevos puentes giratorios, porque de los que se disponía no eran ni bastante resistentes, ni bastante largos. Después de un atento estudio de la cuestión, se decidió construir unos puentes giratorios de 36,5 metros de longitud ó de diámetro, á fin de evitar también, á cada viraje, la operación enojosa y larga de desacoplar el tender. Damos á continuación una descripción sucinta de estos puentes giratorios, transcribiendo la que, tomándola de la *Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen*, publica el *Bulletin de l'Association du Congrès International des Chemins de fer*, del mes de Abril.

Dos vigas horizontales están colocadas en una cuba de mampostería circular, de manera que el punto medio del eje meridiano coincida con el centro de la cuba. En este punto es donde se encuentra el eje, de una construcción muy fuerte. Cada viga se apoya no solamente en el borde, como en las placas giratorias ordinarias, sino también en dos puntos equidistantes, sobre pequeños carretones de dos ruedas que ruedan sobre unos carriles que describen un círculo alrededor del centro del aparato. Fuertes riostras que reúnen las vigas llevan unos largueros sobre los cuales están fijados directamente los carriles de circulación.

El diámetro de las ruedas de los carretones portadores es de 835 milímetros; sus ejes convergen hacia el centro de rotación del puente. Los radios de las tres filas de carriles circulares recorridos por los carretones son de 3,55, 10,65 y 17,75 metros. Sobre la fila exterior rueda todavía una quinta rueda portadora, fijada entre los dos carretones de cada viga, en su eje.

El eje del puente descansa sobre un dado de hormigón con un soporte, el cual consiste en una caja de hierro que encierra continuamente aceite. En éste se sumerge un bloque metálico anular, sobre cuya extremidad superior está sujeta con pernos una placa que, á su vez, está ensamblada á las dos vigas por una traviesa y dos diagonales. El eje mencionado sirve únicamente para asegurar la centralización exacta de las vigas en la cuba, sin soportar ninguna carga; esta es por completo transmitida por los carretones á los carriles circulares. El movimiento de ro-

tación se produce por un motor eléctrico ó de otra clase, colocado en las inmediaciones del eje del puente. El arranque se hace con la ayuda de una manivela alojada en una cámara de protección cerca de la periferia. Al lado de los carriles sobre los cuales ruedan los carretones están dispuestas unas cremalleras circulares, con las cuales engranan unos piñones movidos por el motor para producir el movimiento. Los carriles y las cremalleras están ensambladas por pernos é invariablemente unidas al zócalo de hormigón, sobre el cual descansan; ésta es, por otra parte, la disposición adoptada en general para los puentes giratorios. Las ruedas dentadas tienen 280 milímetros y giran á la velocidad de 45 revoluciones por minuto.

La construcción de puentes giratorios de tan notables dimensiones—concluye la última de las revistas mencionadas—merece señalarse y ninguna administración europea hubiera pensado en emprender una obra semejante. Desde este punto de vista todavía nos prueban los Estados Unidos que no retroceden ante ninguna dificultad.

Mecanismo de avance por tornillo sin fin, sistema de la Dwight State Machine C.^o

El gobierno del movimiento de avance, empleado por esta Compañía en sus máquinas de taladrar, se describe en el *Iron Age*, del 4 de Abril, y está representado en la figura. Permite limitar á voluntad la profundidad del taladro abierto por el punzón y lleva una disposición muy sencilla que previene la rotura de este punzón, cuando encuentra una parte del metal demasiado dura para poderle taladrar á la velocidad normal.

Se compone de un tornillo sin fin *f* que recibe del árbol motor de la máquina un movimiento continuo, por medio del árbol *g*, y mueve una rueda helicoidal *r* solidaria de un piñón que engrana con la cremallera de avance del árbol porta-punzón. El engrane entre la rueda *r* y su tornillo sin fin *f* se asegura por un gancho *a*, articulado á un anillo *c* que gira libremente sobre el árbol *g* y termina en una clavija *i* del cojinete del árbol porta-punzón; un resorte *j* tiende á mantener el gancho *a* sobre la clavija *i*.

Para regular la profundidad del taladro abierto, está provista la máquina de un perfil *m* que lleva una uña *b*, que se puede fijar en una posición radial cualquiera, por medio de la tuerca *n*, tuerca que la hace solidaria de la rueda *r*. Cuando esta uña *b*, arrastrada por la rueda *r*, pasa delante del gancho *a*, le expulsa de la clavija *i*, desembragando el tornillo sin fin *f* y deteniendo, por consiguiente, el movimiento de avance de la herramienta.