

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

GRANDES TRANSPORTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA ⁽¹⁾

(CONTINUACIÓN)

En los puntos en que la superficie del hilo era algo rugosa, estos fenómenos eran mucho más marcados, deduciéndose la consecuencia de que deben emplearse conductores de superficie brillante.

Se aumentó la distancia de los hilos y aumentó la tensión crítica; próximamente cuando se elevaba al cuadrado la primera, doblaba la segunda.

Todas estas experiencias se hicieron con una frecuencia 60; se repitieron con otra frecuencia 133, y los resultados fueron sensiblemente iguales.

Los ensayos de Telluride son aún más interesantes que los anteriores, porque se hicieron en una línea industrial de 3,5 km. y se trabajó sin interrupción á 50.000 v. durante treinta y siete días, á pesar de que hubo violentos huracanes y tormentas, nubes de polvo, y lluvia en la zona montañosa (de Ames á Gold-king) que atravesaba la línea. La distancia d entre los hilos se varió entre 37,5 y 130 cm., y se obtuvieron, aumentando progresivamente la tensión, las pérdidas que indican las curvas de la figura 5, cuyos codos marcan las tensiones críticas. Introducien-

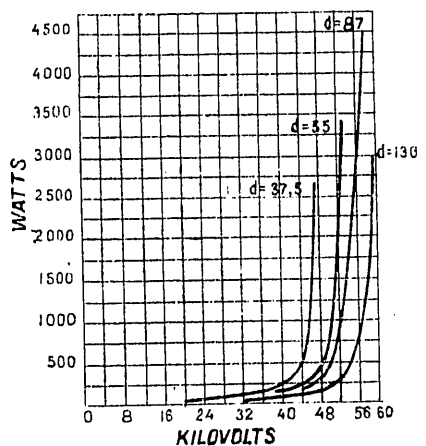


Fig. 5.

do una resistencia entre el generador y el transformador elevador, puede aumentarse algo la tensión crítica y llegarse á los 60.000 v., que es la mayor tensión, como indicamos al principio, que hoy puede industrialmente emplearse.

La presión barométrica, la temperatura, el estado higrométrico y la dirección y velocidad del viento, no parece que influyen sensiblemente en las pérdidas de la línea; pero si aumentaron éstas los grandes copos de nieve y la lluvia, sobre todo cerca de centros industriales en donde el aire tiene gran número de partículas en suspensión.

La forma de la onda de la tensión es de gran importancia, conviniendo la sinusoidal, y no la achatada, como á primera vista parece, por las armónicas que la acompañan.

Los ensayos de East Pittsburg y del Niágara, que pasaremos aún más rápidamente que los anteriores, porque esto ya va resultando largo, dieron análogos resultados.

En East Pittsburg se comprobó que la forma de la onda de la corriente en la línea, no era modificada por las pérdidas en ésta; se estudió también la influencia de la inducción electrostática de la línea sobre otros hilos, estudio muy importante por lo que á líneas telegráficas y telefónicas se refiere.

Para ello se dispusieron 53 cm. debajo de la línea dos hilos muertos (los de la línea estaban separados 118 cm.)

Para una tensión de 26 kv. se produjo una de 2,2 kv. entre los hilos de ensayo, y para otra de 103 kv. la de 12 kv. Se ve, por lo tanto, que es enorme la influencia de estas líneas de alta tensión.

Se comprobó que la tensión crítica aumenta con el diámetro de los kilos, y *considerablemente* si éstos están recubiertos de caucho. Esto último marca el camino que ha de seguirse si se quiere pasar la tensión de 60 kv.; es necesario aislar los conductores, pero de un modo seguro, pues que si se perforase el dieléctrico, las pérdidas serían mucho mayores que si el hilo fuera descubierto; tal vez el aire líquido sea la solución de este problema.

En el Niágara se confirmó todo lo anteriormente expuesto, y también se observó que la pérdida entre un hilo y tierra á estas altas tensiones era muy superior á la correspondiente á la resistencia de aislamiento de la línea.

Como aplicación de todo lo anteriormente expuesto, describiremos la Central eléctrica que, aprovechando un salto del río Manzanares, está construyendo el Marqués de Santillana, cerca de Colmenar Viejo. Esta Central ha de trabajar á la mayor tensión (15 kv.) que hasta ahora se ha empleado en Europa; ha sido necesario estudiar una solución bastante elástica, para que se preste á todas las aplicaciones posibles; el material es español, y también son españoles los Ingenieros que la dirigen; todo esto nos disculpa si resulta demasiado extenso este estudio.

Con una presa de 10 m. de altura, un canal de derivación de 7 km., y una tubería de 700 m., obras ya construídas, se ha conseguido un embalse regulador de 600.000 m.³, y un salto neto de 91,71 m.

La dotación del canal es 2 m³ por 1", y se conseguirá que sea constante, aumentando la altura de la presa construída.

De los indicados datos resulta una potencia de $\frac{91,71 \times 2.000}{75}$
 $= 2444$ c. v.

El rendimiento de la Central que ha garantizado la Industria eléctrica de Barcelona, que es la casa constructora, es en el caso más desfavorable 0,7; se tendrán por lo tanto, en la línea, $2444 \times 0,7 = 1710$ c. v. ó 1250 kw. en números redondos.

Esta potencia ha de transportarse á Madrid, atravesando el monte del Pardo, á 28 km. de distancia.

(1) Véase el núm. 1277.

Se ha elegido desde luego la corriente trifásica con tres hilos, que economiza con respecto á la monofásica 25 por 100 del peso del cobre para la misma pérdida en línea, y permite el arranque con carga de los motores, siendo éstos y las generatrices más baratos que los monofásicos, y de mejor rendimiento. En las corrientes trifásicas, además, es igual la potencia transmitida en cada instante (cosa que no sucede en las monofásicas), por lo cual se prestan mucho mejor á su transformación en continuas. Otra ventaja no pequeña de las corrientes trifásicas, es que, poniendo los transformadores en estrella, la tensión que cada uno resiste es sólo $\frac{1}{\sqrt{3}}$ de la compuesta, ó sea de la que hay entre hilos.

El tener que llevar tres hilos en vez de dos, no es inconveniente, sino ventaja para un gran transporte, porque sabido es que, tanto por razones mecánicas, como eléctricas, no conviene que los hilos excedan de un cierto diámetro (8 mm. por ejemplo).

A cambio de estas ventajas, es necesario con las corrientes trifásicas tener especial cuidado en que las tres fases estén igualmente cargadas, y en emplear máquinas de campo muy simétrico y de pequeña reacción de inducido; pero la práctica de las numerosas instalaciones hechas estos últimos años, demuestra que todo esto es muy fácil de conseguir, sobre todo si en las redes de baja tensión se pone el cuarto hilo compensador y se emplean transformadores trifásicos que tienden á igualar la corriente en los tres circuitos. Aun con el cuarto hilo compensador y á igualdad de tensión de las lámparas, se consigue una economía de 70 por 100 en el peso del cobre necesario con respecto á la distribución monofásica.

No suele seguirse, sin embargo, en general este sistema, sino el emplear transformadores monofásicos dispuestos en triángulo y sacar de cada uno tres hilos, sistema Edison. Claro que así si ocurre una diferencia de carga en las fases, variará la tensión en los términos de las lámparas, pero en el caso más desfavorable, y al cual no se debe llegar nunca, de que dos fases estén completamente descargadas, el aumento de tensión, en la tercera, apenas pasa en general de un 5 por 100, que no es grave inconveniente (1).

Cada día se comprueba más, que, en la práctica, y estando las instalaciones bien dispuestas, no tienen inconveniente alguno las tan exageradas dificultades de regla general que achacan á las corrientes trifásicas los pocos partidarios que tienen ya las bifásicas, y que estas últimas no tienen, salvo casos muy especiales, razón de ser para los transportes de energía.

El sistema Thury, de corrientes continuas, tampoco hubiera convenido para una instalación en la que se trata de alimentar lámparas y motores en varios pueblos y en condiciones muy diferentes.

Elegida por lo que queda expuesto la corriente trifásica, se ha fijado la tensión de 15.000 v. eficaces entre hilos que es completamente práctica, según se ha visto en los artículos anteriores, que había sido poco antes adoptada por el eminente y malogrado electricista Galileo Ferraris, para una instalación análoga (Paderno á Milán), que permitía hacer el transporte con un gasto de cobre moderado y emplear para la pérdida más conveniente, como después veremos, el hilo de 6 mm. de diámetro, que es el que da mejores resultados, tanto eléctrica como mecánicamente; pues que á los más delgados los rompe con más facilidad el viento y la nieve, y los más gordos, de cobre duro, son difíciles de tender y empiezan á oponer al paso de la corriente alterna una resistencia superior á la óhmica.

Para fijar la frecuencia de la corriente se ha tenido en cuenta cómo influye este factor en los aparatos generadores en la línea y en la utilización de la energía; es esta cuestión muy importante, y de no estudiarla lo suficiente suele resultar que, á veces, y después de algún tiempo de explotación, es preciso cambiar las máquinas, como hemos visto que está sucediendo en la Compañía Inglesa de Madrid.

Las bajas frecuencias hacen más económicas las generatrices, porque consienten menor número de polos, bajan el rendimiento de los transformadores aumentando sus dimensiones, disminuyen la auto-inducción de las líneas, son casi necesarias para las conmutatrices, disminuyen el rendimiento de los motores, pero les permiten trabajar á una velocidad moderada, y, por último, tienen graves inconvenientes para el alumbrado, tanto de incandescencia como de arco.

En cada caso es preciso armonizar estas contradictorias circunstancias.

En la central de Rheinfelden, en el Rhin, se dedujo de un estudio experimental que las frecuencias más convenientes que como límites podían adoptarse eran las siguientes:

Generatrices.....	de 25 á 100
Línea.....	35 75
Transformadores.....	40 75
Motores.....	30 75
Lámparas incandescentes.....	35 100
Lámparas de arco.....	50 100
Conmutadores.....	25 100

Como se han de alimentar arcos con la energía de la central de Colmenar Viejo, no es posible bajar de la frecuencia 50 (aunque ahora hay arcos que marchan regularmente con 42, este es un límite inferior al que no es conveniente llegar), y como esta frecuencia, aunque aceptable, es ya demasiado alta para los de más elementos de la instalación, es la que se ha fijado.

Por último, para el cálculo de la línea se ha supuesto un decalaje de 37° entre la tensión y la corriente en la central. Este decalaje equivale á uno de 38° grados en la estación de recepción, que corresponde al caso más desfavorable que puede presentarse, esto es, aquel en que toda la energía se emplee en motores eterocronos pequeños (menores de 40 kw. sólo podrá haber algunos como excepción); si como es seguro se instalan también motores isocronos y luces de incandescencia, el decalaje disminuirá con ventajas para la instalación.

ANTONIO GONZÁLEZ Y ECHARTÉ.

(Se continuará.)

COLORES OBTENIDOS DEL ALQUITRAN DE HULLA

(CONTINUACIÓN)

Se prepara otros azules: por medio de la difenilrosanilina y sus homólogos, principalmente la *feniltoluilamina* (C^6H^5) (C^7H^7) NH ; por acción sobre la rosanilina, de cualquiera de los cuerpos siguientes: alcohol metílico $C \begin{smallmatrix} H^3 \\ OH \end{smallmatrix}$, esencia de trementina bromada $C^{10}H^{15}Br$, aldehida C^2H^4O , yoduro de etileno $C^2H^4I^2$, bromuro de etileno $C^2H^4Br^2$, yoduro de isopropilo C^3H^7I , solución alcalina de laca; por oxidación de la metilanilina, etc., de los que no permite ocuparse con detalle la naturaleza de este trabajo, aunque sería muy interesante este estudio, bajo el punto de vista teórico, por las relaciones existentes entre los cuerpos obtenidos. Bajo el punto de vista práctico, sólo importa saber que estos colores azules, que se encuentran en el comercio con diversos nombres, son en general muy buenos.

PARDO DE ANILINA

El color pardo de anilina se obtiene fundiendo clorhidrato de anilina y fuchsina, ó bien calentando á 240 grados azul y violeta de anilina, hasta que la mezcla toma el color de que se trata. Se obtiene otro pardo tostando la fuchsina impura. No se conoce exactamente la composición química de estos colores; pero se supone que están principalmente formados por una sal de criso-

(1) Véase Rodet: «Distribución por corrientes polifásicas.»