

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

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

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

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

ESTACIONES CENTRALES Y DISTRIBUCIÓN

Fábrica eléctrica de transmisión sin cuadro de distribución

POR EL

DOCTOR LUIS BELL

(*Electrical World.*)

El autor de este artículo ha visitado la fábrica eléctrica de San Mauricio, instalada por el sistema Thury, de intensidad constante y que surte la estación central de Lausana; hace el autor la comparación entre este sistema y el trifásico de transmisión de la energía eléctrica, manifestando su opinión favorable por el primero.

Dice, en efecto, al principio de su estudio, después de haber considerado detenidamente el asunto, que si tuviese que mencionar la característica esencial del sistema Thury, declararía que es la sencillez práctica de funcionamiento. Es realmente cierto que si se quiere emplear un voltaje elevado, tanto las unidades generadoras como los motores receptores deben estar en serie; pero esto parece ser una insignificante parte del problema y las estaciones en su conjunto son mucho más sencillas que una estación trifásica ordinaria y, según el autor, tienen muchas menos probabilidades de mal funcionamiento.

La dotación auxiliar y la del cuadro de distribución de una estación ordinaria de transmisión de energía son en gran parte inútiles, costosos en extremo, y constituye el fundamento de múltiples perturbaciones en el funcionamiento de la estación; hacen difícil el poner al personal al corriente de las conexiones y disposiciones de una nueva estación de modo que pueda dirigirse con relativa facilidad y existe siempre una probabilidad capital de errores en caso de urgencia.

Por otra parte, todo electricista inteligente acostumbrado á dirigir una estación central será capaz de familiarizarse en la dirección de una estación de intensidad constante con sólo las veinticuatro horas necesarias para verla en su ciclo normal de carga y pudiendo al cabo de este tiempo inspeccionarla con gran facilidad.

La carencia de todo cuadro de distribución y de complicaciones debidas á los transformadores, no solamente simplifica la buena marcha de la estación, sino que también suprime la causa de muchos y necesarios gastos.

Después de estas generalidades, pasa el autor á hacer la descripción de la fábrica de San Mauricio, establecida en el curso su-

perior del Ródano, aguas arriba del lago de Ginebra. Esta fábrica proporciona, aproximadamente, una carga de 4.000 kilovatios á un voltaje máximo de 25.000 voltios. La línea de transmisión de la corriente á Lausana tiene una longitud de 56 kilómetros. Esta fábrica puede, por lo tanto, compararse en importancia con las de capacidad media que producen corriente trifásica con voltaje comprendido entre 20.000 y 25.000 voltios.

Existen en ella seis grupos generadores compuestos cada uno de una turbina hidráulica Escher-Wyss funcionando bajo una altura de 30 metros de agua y de dos generadores Thury. Cada generador da una corriente constante de 150 amperios á una presión máxima de 2.200 voltios, ó sea 330 kilovatios por generador y 660 kilovatios por grupo. Cada par de generadores está unido por un fuerte acoplamiento flexible y aislado, reuniendo otro acoplamiento semejante el grupo de generadores á la turbina. Estos acoplamientos están constituidos por dos externas planchas sujetas por fuertes anillos de caucho.

Para el sostenimiento de la intensidad constante, los seis grupos se registran por un único regulador que obra por la velocidad de las turbinas.

Además, cada grupo de generadores posee un pequeño servomotor para accionar las compuertas de poner en marcha y de detención. Encima de cada par de generadores están montados un amperímetro y un voltímetro, y delante del pilar anterior existe un pequeño contador automático de poner en corto-circuito para evitar que los generadores no funcionen como motores, y que en caso de accidente no se escapen de la comprobación. Cerca del extremo del grupo por el lado de la turbina y colocado sobre un pilar existe un conmutador muy sencillo de poner en corto-circuito para poner en marcha el grupo.

A esto se limitan los aparatos de comprobación. El cuadro principal de distribución, si así se le puede llamar, está constituido por una vitrina fijada en el muro, y que contiene un amperímetro, un voltímetro graduado en millares de voltios y nada más en lo que respecta á la instalación principal. El resto de los aparatos sirven para el manejo del pequeño motor que acciona al regulador y para poner á este mismo en circuito.

En un ángulo de la estación central hay dos pequeñas máquinas trifásicas, de 80 kilovatios, que alimentan la red local de San Mauricio, y que exigen ambas una dotación accesoria y un cuadro de mayor importancia que todo el resto de la instalación.

En una palabra, la fábrica principal de transmisión no tiene cuadro de distribución, y se dirige con suma facilidad. Por ejemplo, si la carga aumenta y se hace preciso poner en marcha una nueva unidad, se da una vuelta de volante al servo-motor de la

turbina correspondiente, oculto en parte detrás del pilar. Cuando la máquina puesta en corto-circuito arranca, el conductor de la estación abre el conmutador del grupo cuando el amperímetro de éste marca aproximadamente 150 amperios; el regulador hace el resto.

Para detener un grupo se cierra la válvula del servo-motor, después el conmutador de poner en corto circuito, cuando el voltímetro marca alrededor de 200 voltios: en esto consiste toda la maniobra.

Ordinariamente están en marcha tres ó cuatro grupos, los restantes quedan de reserva.

Observemos que esta instalación ya es antigua; en la actualidad se establecería con tres grupos únicamente, en vez de seis, constituidos por una máquina de doble inducido y tres cojinetes, que estarían directamente acoplados á la turbina por un solo acoplamiento aislador.

En instalaciones de esta clase las máquinas deben estar, bien entendido, cuidadosamente aisladas del suelo, montadas sobre aisladores de porcelana. En las instalaciones más modernas los cimientos de las máquinas están igualmente aislados, y puede trabajarse con completa seguridad alrededor de los generadores.

La estación receptora de un sistema de este género es parecida á la estación generadora, pero el motor de intensidad constante está directamente acoplado á generadores trifásicos, enrollados para el voltaje de distribución de la red. En este caso se emplea un regulador de velocidad constante que obra sobre el motor por descalce de las escobillas. La práctica ha demostrado que este sistema de regulación puede convertirse en muy sensible y preciso, de modo que los motores que funcionan en la red de distribución se mantengan á velocidad constante mucho mejor que en el caso de la transmisión directa por generadores trifásicos que marchan continuamente. En efecto, con una corriente de intensidad constante la velocidad de las fluctuaciones de ésta no ocasionan molestia alguna, excepto en lo que puedan limitar el consumo máximo.

Existe, naturalmente, en estos grupos motores-generadores una mayor pérdida que en los transformadores; pero, por otra parte, en vez de dos transformaciones sólo hay una, y si se facilita para corriente de tracción, la diferencia resulta muy pequeña.

El problema de la línea de transmisión es muy interesante. Es preciso aceptar deliberadamente el hecho de que sea cual fuere la pérdida en línea, es constante é independiente de la carga. Por otra parte, el voltaje máximo que determina el factor de seguridad en el aislamiento no afecta al sistema de intensidad constante y no existe componente difásico del que sea preciso tener cuenta en el establecimiento de la línea. Teniendo en cuenta el factor de potencia, igualmente que de las pérdidas que ocasiona indirectamente, las pérdidas medias en línea en ambos casos difieren mucho menos de lo que *a priori* podría creerse.

La línea de San Mauricio á Lausana es de construcción sencilla, está instalada sobre postes de madera con aisladores de porcelana, más bien pequeños. Es un simple circuito de dos hilos, pues prácticamente funciona como un circuito doble, pudiendo ser empleado sin pérdida cada hilo para transmitir la carga total con vuelta por tierra.

Esta línea lleva largo tiempo funcionando en esta forma, y es completamente inútil el empleo de un circuito metálico para la corriente de vuelta; excepto para poder doblar el circuito y para evitar perjuicios particulares.

Por lo demás, la conducción á tierra de una corriente de 150 amperios es muy distinta de la de una corriente alterna de voltaje constante.

Esta posibilidad garantiza la seguridad del servicio. La protección contra los rayos es excepcionalmente fácil, puesto que puede colocarse en la línea fuertes inducciones sin resultados perjudiciales. Igualmente desaparecen todas las perturbaciones que se producen por los efectos de resonancia, de modo que desde el punto de vista de la línea se puede estar completamente tranquilo.

En suma, á pesar del gran número de unidades generadoras y de los doce conmutadores de alta tensión, resulta el sistema de un manejo fácil en extremo. Por lo demás, los conmutadores no presentan rastro alguno de chispas.

Haciendo estas observaciones, se evita el autor hacer la apología del sistema de intensidad constante, pero declara que es muy impresionante y resulta muy útil en los casos apropiados, siendo al mismo tiempo considerablemente sencillo desde el punto de vista puramente práctico de aquel que lo tiene á su cargo.

H.

ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE LAS CORRIENTES ALTERNAS

MÉTODO DE FOURIER—MÉTODO DE RUNGE

SIMPLIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS (1)

POR

F. W. GROVER

VERSIÓN ESPAÑOLA

POR

B. O. R.

INGENIERO DE CAMINOS

Apéndices: Apéndice A. Tabla 1.^a Tabla de multiplicar para los análisis con 6 y con 18 ordenadas. Tabla 2.^a Tabla de multiplicar para los análisis con 12 ordenadas.—Apéndice B. Análisis de curvas con armónicas pares término y constante.

Apéndice A.

TABLA 1.^a

Tabla de multiplicar para los análisis con seis y dieciocho ordenadas.

	sen 10°	sen 20°	sen 30°	sen 40°	sen 50°	sen 60°	sen 70°	sen 80°
1	0.1736	0.3420	0.5000	0.6428	0.7660	0.8660	0.9397	0.9848
2	0.3473	0.6840	1.000	1.2855	1.532	1.732	1.879	1.970
3	0.5209	1.026	1.500	1.928	2.298	2.598	2.819	2.954
4	0.6946	1.368	2.000	2.571	3.064	3.464	3.759	3.939
5	0.8682	1.710	2.500	3.214	3.830	4.330	4.6985	4.924
6	1.042	2.052	3.000	3.857	4.596	5.196	5.638	5.909
7	1.2155	2.394	3.500	4.4995	5.302	6.062	6.578	6.894
8	1.389	2.736	4.000	5.142	6.128	6.928	7.518	7.878
9	1.563	3.078	4.500	5.785	6.894	7.794	8.457	8.863
10	1.7365	3.420	5.000	6.428	7.660	8.660	9.397	9.848
11	1.910	3.762	5.500	7.0705	8.4265	9.526	10.337	10.833
12	2.084	4.104	6.000	7.713	9.1925	10.392	11.276	11.818
13	2.2575	4.446	6.500	8.356	9.9585	11.258	12.216	12.802
14	2.431	4.788	7.000	8.999	10.7245	12.124	13.156	13.787
15	2.605	5.130	7.500	9.642	11.491	12.990	14.0955	14.772
16	2.778	5.472	8.000	10.2845	12.257	13.856	15.035	15.757
17	2.952	5.814	8.500	10.927	13.023	14.722	15.975	16.742
18	3.126	6.156	9.000	11.570	13.789	15.588	16.915	17.726
19	3.299	6.498	9.500	12.213	14.555	16.454	17.854	18.711
20	3.473	6.8405	10.000	12.856	15.321	17.320	18.794	19.696
21	3.647	7.1825	10.500	13.498	16.087	18.1865	19.734	20.681
22	3.820	7.5245	11.000	14.141	16.853	19.0525	20.673	21.666
23	3.994	7.8665	11.500	14.784	17.619	19.9185	21.613	22.650
24	4.168	8.2085	12.000	15.427	18.385	20.7845	22.553	23.635
25	4.341	8.5505	12.500	16.0695	19.151	21.6505	23.4925	24.620

(1) Véase el número anterior.