

TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CON CORRIENTE CONTINUA Y DISTRIBUCION EN SERIE

(CONCLUSIÓN)

minutos informes relativos á un itinerario que desea seguir, los precios de transporte por diferentes líneas, etc., etc.

El servicio de aprovisionamientos establecido en Chicago usa considerablemente el teléfono, gracias al cual puede dirigir rápidamente á tal ó cual punto de la línea los objetos ó materias que le han sido reclamados.

En el servicio de explotación, la facilidad y rapidez de las comunicaciones entre el jefe del movimiento y los jefes de tren constituyen una gran ventaja para arreglar la composición de los trenes según las necesidades del día. En cierta ocasión se pudo apreciar que el empleo del teléfono permitió suprimir durante todo un mes 10 trenes, que de otra manera hubieran circulado inútilmente.

Por otra parte, el servicio de lo contencioso y de reclamaciones utilizan ventajosamente el teléfono en ciertos litigios en que los reglamentos no consienten ninguna dilación.

En la división de Ravenna á Billings, situada en el extremo occidental de la red, el teléfono está establecido solamente para el uso de la explotación. Esta línea, que cruza una región cuya población está muy esparcida, tiene pocas estaciones de cierta importancia; pero en cambio tiene 35 estaciones-apartaderos, en las que no es posible tener un servicio telegráfico. En esta línea, un circuito de alambre de hierro con la vuelta por tierra pone en comunicación la estación-apartadero con una estación que tenga despacho telegráfico. De esta forma, el jefe de un tren que se halle detenido demasiado tiempo en una estación-apartadero puede ponerlo en conocimiento del jefe del movimiento y pedir instrucciones.

Lo que acabamos de decir del «Burlington» se aplica también á las demás grandes Compañías; algunas de éstas han extendido el uso del teléfono al servicio de los patios y dependencias de sus estaciones de mercancías, lo que permite á los funcionarios de los servicios centrales ponerse directamente en comunicación con el personal de estas importantes instalaciones.

De todo lo dicho se deduce que las grandes ventajas que resultan del empleo del teléfono: gran facilidad en las relaciones con el público, rapidez en las comunicaciones relativas á la formación y movimiento de los trenes, así como al transporte de mercancías, posibilidad de utilizar el circuito simultáneamente para comunicaciones telefónicas y telegráficas, etc., etc., moverán, sin duda, á todas las Compañías de ferrocarriles á entrar resueltamente en el camino de la instalación del teléfono en toda su red.—H.

Subestaciones.—Los motores se aíslan de tierra y de los subgeneradores, lo mismo que el pavimento en la forma que se ha indicado antes; cada motor dispone de un regulador que modifica su velocidad con el cambio de posición de las escobillas. Además de los amperímetros y voltímetros necesarios, se instala un conmutador de corto circuito para aislar la subestación, y otro automático que pone en corto circuito el motor cuando el voltaje entre sus terminales es superior á un cierto valor.

Coste de la instalación y gastos de explotación.—Es muy difícil comparar de una manera general los gastos de las instalaciones eléctricas para transporte de energía correspondiente á uno y otro de los dos sistemas de distribución que se han considerado, porque las condiciones particulares de cada caso tienen sobre aquellos gastos una influencia muy notable. En el cuadro II se consignan los costes de varias instalaciones eléctricas ordinarias de corriente alterna, cuyos motores son turbinas de vapor; dichos gastos serán menores si la potencia de las unidades es mayor que la de las que figuran en aquél; las cantidades relativas los edificios son bajas y sólo aplicables á casos de circunstancias muy favorables. El mismo Cuadro contiene datos análogos referentes al sistema Thury con motores de vapor cilíndricos y con pequeña velocidad. Los Cuadros III y IV se refieren á las subestaciones, pero no comprenden los gastos relativos á los edificios y cuadros de baja tensión. El Cuadro V comprende varios datos relativos á conductores subterráneos. El Cuadro VI es un resumen de los anteriores y pone de manifiesto las longitudes para las que la economía que se obtiene en los conductores principales compensa la diferencia en más del coste de una central para corriente continua sobre otra de la misma potencia para alterna. Los cuadros son de gran utilidad para los anteproyectos, pero el presupuesto detallado de cada instalación hay que hacerle sin atender á aquéllas y teniendo muy presente las circunstancias particulares de aquéllas.

Cuadro II.—Central eléctrica.

	Sistema en derivado con corriente alterna.				Sistema serie con corriente continua.			
	2.400 kv.	14.000 kv.	37.500 kv.	110.000 kv.	2.400 kv.	14.000 kv.	37.500 kv.	110.000 kv.
Potencia total.....	6	7	10	22	12	14	20	44
Número de unidades.....	400 kv.	2.000 kv.	3.750 kv.	5.000 kv.	200 kv.	1.000 kv.	1.875 kv.	2.500 kv.
Potencia de cada una.....	10.000 v.	12.000 v.	15.000 v.	20.000 v.	3.300 v.	4.000 v.	4.500 v.	2.500 v.
Voltaje.....	"	"	"	"	60 a.	250 a.	417 a.	1.000 a.
Amperios.....	Frs.	Frs.	Frs.	Frs.	Frs.	Frs.	Frs.	Frs.
Edificios, incluyendo las chimeneas	303.250	967.375	2.153.000	6.208.125	303.250	1.256.125	2.587.250	7.218.750
Maquinaria de la Central.....	542.250	2.122.375	5.019.125	13.022.625	692.500	3.733.000	8.140.000	22.894.500
Cuadro.....	74.500	144.000	217.500	461.000	22.750	30.625	34.250	64.500
Calderas.....	484.500	1.719.500	4.111.125	12.459.250	484.500	1.719.500	4.111.125	72.459.250
Coste total.....	1.401.500	4.953.250	11.530.750	32.151.000	1.503.000	6.739.250	14.872.625	42.637.000
Coste por kilovatio.....	585,2	353,8	307,5	292,3	626,3	481,4	396,6	387,6

Cuadro III. Sub-estación.

	Corriente alterna.				Corriente continua.			
	Grupo de transformadores para rebajar el voltaje a 500 voltios.				Grupos rotativos que producen un voltaje de 500 voltios.			
	200 kv.	800 kv.	2.000 kv.	6.000 kv.	200 kv.	800 kv.	2.000 kv.	6.000 kv.
Potencia total.....	200 kv.	800 kv.	2.000 kv.	6.000 kv.	200 kv.	800 kv.	2.000 kv.	6.000 kv.
Número de unidades.....	12	12	12	18	4	4	4	6
Potencia de cada una.....	17 kv. a.	70 kv. a.	170 kv. a.	335 kv. a.	50 kv.	200 kv.	500 kv.	1.000 kv.
	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>
Maquinaria.....	15.625	46.7 0	64.125	241.750	39.375	99.500	168.625	498.125
Cuadro de alta tensión.....	13.875	57.375	62.125	88.125	40.500	59.000	63.625	89.500
Coste total.....	59.500	104.125	126.250	329.875	79.875	158.500	232.250	587.620
Coste por kilovatio.....	297,5	130,2	63,1	55	399,3	198,1	116,1	97,9

Cuadro IV.—Sub-estación.

	Corriente alterna.				Corriente continua.			
	Motores-generadores cuyo voltaje es 500 v.				Motores-generadores cuyo voltaje es 500 v.			
	200 kv.	800 kv.	2.000 kv.	6.000 kv.	200 kv.	800 kv.	2.000 kv.	6.000 kv.
Potencia total.....	200 kv.	800 kv.	2.000 kv.	6.000 kv.	200 kv.	800 kv.	2.000 kv.	6.000 kv.
Número de unidades.....	4	4	4	6	4	4	4	6
Potencia de cada unidad.....	50 kv.	200 kv.	500 kv.	1.000 kv.	500 kv.	200 kv.	500 kv.	1.000 kv.
	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>	<i>Frs.</i>
Maquinaria.....	68.250	163.875	293.375	883.625	65.875	165.750	287.700	662.750
Cuadro de alta tensión.....	40.500	59.000	63.625	89.500	14.400	19.750	29.875	66.000
Coste total.....	108.750	222.875	357.000	973.125	80.275	185.500	317.575	728.750
Coste por kilómetro.....	543,7	284,8	178,5	162,2	401,4	231,9	158,7	121,5

Cuadro V

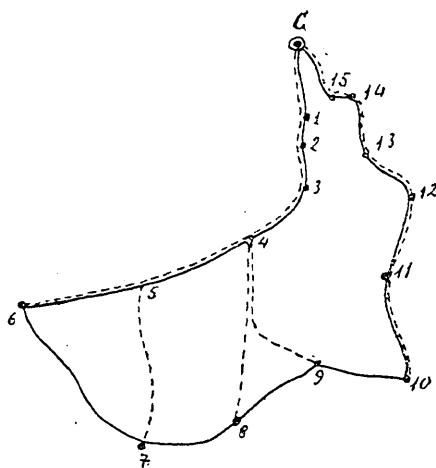
Costo de las líneas de cables aislados con papel y cubiertos con plomo ó colocados dentro de tuberías enterradas.—Costo de la excavación, tubería con tres huecos y colocación: 17 090 francos por kilómetro.—Precio del cobre: 2.153,80 francos tonelada.—Precio del plomo: 4.123 francos tonelada.

Voltaje.	Area de la sección: 64,5 mm².					Area de la sección: 129,0 mm².					Area de la sección: 193,5 mm².					Area de la sección: 322,5 mm².					
	Capacidad en kv. para densidades de corriente de		Costo por kv. y kilómetro.		Excavación, tubería y cable. Frs.	Capacidad en kv. para densidades de corriente de		Costo por kilómetro.		Excavación, tubería y cable. Frs.	Capacidad en kv. para densidades de corriente de		Costo por kilómetro.		Excavación, tubería y cable. Frs.	Capacidad en kv. para densidades de corriente de		Costo por kilómetro.		Excavación, tubería y cable. Frs.	
	1,75 a. por mm².	0,78 a. por mm².	1,75 a. por mm².	0,73 a. por mm².		1,55 a. por mm².	0,73 a. por mm².	1,55 a. por mm².	0,73 a. por mm².		1,45 a. por mm².	0,78 a. por mm².	1,30 a. por mm².	0,78 a. por mm².							
Corriente continua S.s.l.-ma serie.	565	250	10.326	27.100		500	1.000	14.581	31.661		750	1.395	20.497	37.577		1.250	30.512	46.351		1.30 a. por mm². Frs.	0,78 a. por mm². Frs.
	1.130	500	12.300	29.379		2.000	1.000	16.848	33.929		1.500	12.790	23.230	40.310		4.250	33.478	50.559			
Dos conductores aislados.	2.260	1.000	13.425	30.512		4.000	2.000	18.214	35.295		3.000	25.590	24.597	41.677		8.500	31.844	51.925			
	3.390	1.500	15.031	32.112		6.000	3.000	19.814	36.895		4.500	38.370	26.196	43.276		12.750	36.444	53.525			
	4.520	2.000	16.553	33.478		8.000	4.000	21.410	38.494		6.000	41.160	27.780	44.860		17.000	38.025	55.109			
	4.520	2.000	13.431	30.512		8.000	4.000	18.214	35.295		6.000	11.160	21.597	41.677		17.000	10.000	4.844	51.925		
	6.780	3.000	15.031	32.112		12.000	6.000	19.814	36.895		9.000	16.740	26.196	43.276		25.500	15.000	36.444	53.525		
Dos conductores y tierra.	9.040	4.000	16.553	33.478		16.000	8.000	21.410	38.494		12.000	22.320	27.780	44.860		34.000	20.000	38.025	55.109		
	11.300	5.000	18.000	35.075		20.000	10.000	23.230	39.689		15.000	27.900	29.612	46.689		34.000	20.000	38.025	55.109		
	13.560	6.000	19.814	36.900		24.000	12.000	25.043	42.127		18.000	33.480	31.428	48.510		34.000	20.000	38.025	55.109		
	2.260	1.000	6.724	20.700		4.000	2.000	9.100	23.075		5.580	3.000	12.299	26.272		8.500	5.000	17.422	31.398		
Un conductor y tierra (1).	4.520	2.000	8.200	22.174		8.000	4.000	10.715	21.689		6.1	11.160	13.882	27.857		17.000	10.000	19.019	32.394		
	6.780	3.000	9.907	23.882		12.000	6.000	12.531	26.503		4,4	16.740	15.701	29.689		3,3	3,3	1,9	3,3		
Corriente alterna trifásica.	10.000	3.910	2.595	25.994	43.075	11,0	16,7	6.920	5.190	41.055	58.137	8,4	11,2	9.655	7.785	54.720	71.801	66.149	83.229		
	15.000	5.865	3.890	31.894	45.975	8,4	12,7	10.380	7.785	47.883	64.970	6,2	8,4	14.480	11.677	61.987	79.068	73.540	90.621		
Dos conductores con triple núcleo	20.000	7.820	5.190	37.795	52.080	6,7	10,0	13.840	10.380	54.720	71.801	5,2	6,9	19.310	15.570	69.255	84.783	80.931	98.012		

(1) Se supone que la excavación y tuberías cuestan 13.975 francos el kilómetro.

Cuadro VI.

	C. A.	C. C.	C. A.	C. C.	C. A.	C. C.	C. A.	C. C.
Potencia de la instalación..... kv.	2.400	2.400	14.000	14.000	37.500	37.500	110.000	110.000
Voltaje..... v.	10.000	40.000	15.000	120.000	20.000	120.000	20.000	120.000
Coste de la línea en francos por kv. y kilómetro....	18,0	12,7	6,5	1,24	5,1	2,0	4,8	1,5
Coste de la central en francos por kv.....	568,0	626,3	360,0	481,3	315,0	396,5	300,0	387,5
Potencia de la sub-estación..... kv.	200	200	800	800	2.000	2.000	6.000	6.000
<i>Coste de la sub-estación en francos por kv.</i>								
Con transformadores estáticos.....	297,5	"	130,2	"	63,0	"	54,7	"
Con conmutatrices.....	399,3	"	198,0	"	11,6	"	97,7	"
Con motores-generadores.....	513,7	399,3	234,7	232,0	178,5	159,5	162,2	121,2
<i>Coste total de la central y sub-estación en francos por kv.</i>								
Con transformadores estáticos.....	865,5	"	490,2	"	378,0	"	354,7	"
Con conmutatrices.....	967,3	"	558,0	"	326,6	"	397,7	"
Con motores-generadores.....	1.111,7	1.025,6	644,7	713,3	493,5	556,0	462,2	508,7
<i>Longitud de línea en kilómetros, para la cual son iguales los costes de la instalación en los dos sistemas.</i>								
Con transformadores estáticos.....	26,9	26,9	59,7	59,7	57,1	57,1	45,9	45,9
Con conmutatrices.....	7,6	7,6	41,5	41,5	40,2	40,2	33,2	33,2
Con motores-generadores.....	"	"	18,2	18,2	20,1	20,1	13,5	13,50
<i>Conductores.</i>								
Número y sección en mm ²	2- 64,5	2- 64,5	2- 258,0	2- 96,7	4- 258,0	4- 129,0	12- 258,0	193,5
Densidad de corriente en a. por mm ²	1,20	1,02	1,16	1,20	1,16	1,20	1,14	1,19
Pérdidas de energía (C ² R) por km., con carga máxima. En las corrientes alternas el factor de potencia es 0,90.....	0,37	0,081	0,23	0,036	0,17	0,036	0,17	0,036

Fig. 7.^a

— Línea de corriente continua.
 Idem id. alterna.
 C Central.
 ● Sub-estación.

Potencias.	Sub-estaciones. ●	Distancias parciales.	Potencias.	Sub-estaciones. ●	Distancias parciales.
K. v.	Central		250.	10.	11,25
250.	1.	9,40	250.	11.	8,25
300.	2.	5,90	250.	12.	8,60
250.	3.	5,00	250.	13.	9,00
650.	4.	7,80	300.	14.	4,20
" 5.	5.	10,25	1.000.	15.	2,20
450.	6.	11,25	" Central.		9,40
900.	7.	18,10	" 9.		"
900.	8.	10,90	" 4.		12,00
1.000.	9.	8,60	" 8.		18,10

De los números consignados en los cuadros se deduce que cuando la central de una instalación eléctrica haya de ocupar el centro de la región que ha de utilizar y sus distancias a los puntos de consumo sea unos 12 kilómetros, por excepción, será preferible el sistema Thury al sistema en paralelo con corriente alterna, tanto desde el punto de vista económico como desde el eléctrico.

Si se emplea el vapor como agente motor, entonces son más baratas las centrales para corriente alterna que las de continua, siendo el coste de la línea quien ha de decidir la adopción de uno u otro sistema de distribución.

En las instalaciones cuya carga está concentrada en un punto, así como la central, son muy útiles los cuadros, porque demuestran si el sistema serie puede ser aplicable. Pero si se trata de casos en los que los centros de consumo están repartidos sobre una línea cerrada, más o menos parecida a una circunferencia y cuya central es exterior a ésta o está situada sobre ella, entonces no es posible sentar reglas generales, hay que estudiar cada caso en detalle.

Considérese una instalación de 7.000 kilovatios cuya central y cuyos centros de consumo ocupan las posiciones relativas que se dibujan en la figura 7.^a

Si el transporte se hace con corriente alterna, se establecen dos líneas a partir de la central, cada una constituida por dos cables trifásicos con conductores de 51 mm² de sección que trabajan a 20.000 voltios con una densidad de corriente de 1,17 amperios por mm², ó sean 60 por conductor; la energía producida son 7.200 kilovatios, con una pérdida del 14 por 100 en el extremo de la línea a toda carga.

Los gastos relativos a la construcción de la línea se reparten en esta forma:

	Francos.
106 kilómetros de cable con conductores de 35 mm ² , á 14.000 francos kilómetro.....	1.484.000
84 kilómetros de cable con conductores de 51 mm ² , á 16.250 francos kilómetro.....	1.365.000
137 kilómetros de zanjas y tuberías á 15.500 fran- cos kilómetro.....	2.123.500
Total.....	4.972.500

No se han tenido en cuenta el factor de potencia, la corriente de capacidad ni las pérdidas debidas á la histeresis dieléctrica.

Á pesar de que el trazado de las líneas de distribución es el más sencillo posible y de que el transporte á los centros más apartados se hace con un solo cable, el coste por kilovatio es excesivamente alto, 710,40 francos.

Si se emplea el sistema serie con corriente continua se establece una línea que rodee la región que ha de utilizar la energía pasando sucesivamente por los diferentes centros de consumo. La línea puede constituirse por un solo cable de 64 mm² de sección, cuyo aislamiento puede resistir una diferencia de potencial de 50.000 voltios entre el conductor metálico y tierra; la densidad de corriente puede ser 1,25 amperios por mm²; en estas condiciones, y haciendo la distribución con dos conductores y tierra á 100.000 voltios entre aquéllos, la energía transportada sería 6.000 kilovatios. Los gastos serían:

	Francos.
135 kilómetros de cable, á 9.000 francos kilómetro.	1.218.000
Zanjas y tuberías, á 15.000 francos kilómetro.....	1.890.000
Total.....	3.108.000

El coste total del transporte, según se emplee uno ú otro sistema de distribución, es el siguiente:

	C. A. Francos	Por kv. Francos.	C. C. Francos.	Por kv. Francos.
Central de 7.000 kilovatios (incluyendo los transfor- madores elevadores si la corriente es alterna).....	2.975.000	425	3 500.000	500
Subestaciones de 7.000 kilo- vatios.....	1.750.000	250	1.750.000	250
Línea. { 7.000 kv. con C. A. } { 8.000 kv. con C. C. }	4.972.500	710,4	3.108.000	444 (1)
Totales.....	1.697.500	1.385,4	8.358.000	1.194

De lo anteriormente expuesto se deduce que el coste de las zanjas y de las tuberías es una fracción considerable del correspondiente á toda la línea, así como del relativo á la instalación completa; la ventaja que respecto á este punto ofrece el sistema de distribución en serie sobre el sistema de distribución en paralelo es digna de atención y de estudio, sobre todo cuando se trata de empresas cuyo desarrollo es lento.

En el Cuadro que precede se ha partido de la base de que la energía eléctrica se produce con turbogeneradores y transformadores elevadores cuando la distribución se hace en derivado

con corriente alterna y que se emplean motores de pequeña velocidad con el sistema serie, transformándose las tres cuartas partes de la energía con máquinas rotativas.

Las pérdidas de energía (C R) en el sistema serie representan un 3 por 100 á toda carga; pero si la carga máxima de la línea es 4.000 kilovatios y se trabaja con un factor de carga del 25 por 100, aquellas pérdidas llegan al 24 por 100 de la energía producida. En el sistema en derivado todas las pérdidas en la red no pasan del 10 por 100; pero puesto que la unidad de energía perdida á toda carga vale 30 céntimos cuando la corriente es alterna y 3 cuando es continua, gastará menos dinero con el sistema serie que con el derivado.

Tanto en un sistema como en el otro se instala la línea de la manera más económica posible, tendiendo un cable entre la central y cada centro de consumo. Los cables de un solo conductor son preferibles á los que tienen varios, tanto desde el punto de vista mecánico como desde el relativo á la seguridad. Con la distribución serie las centrales están menos expuestas á averías y hay menos causas de interrupciones eléctricas por subidas bruscas del voltaje que con el sistema derivado; además, en el primero una derivación á tierra no suspende por completo el servicio.

Si los centros de consumo están situados sobre dos direcciones opuestas, se tienden dos conductores, uno en cada una de éstas, á las cuales se da tierra en sus extremos para cerrar el circuito; esta disposición tiene la ventaja de que permite aumentar la longitud de la línea con mucha facilidad.

En una instalación de transporte de energía puede ocurrir un caso que se resuelve con mucha sencillez con la distribución serie. Supóngase que al cabo de algún tiempo el consumo excede con mucho las previsiones del proyecto y que es de todo punto necesario aumentar el número de generadores; entonces basta dividir la línea en dos secciones cuyas cargas sean aproximadamente iguales é instalar las nuevas máquinas en el punto que las separa, solución que permite duplicar la carga sin cambiar los conductores. En la instalación de Chaux Fonds-Loche, que empezó con una pequeña central hidroeléctrica, se han establecido posteriormente otras dos en serie sobre el mismo circuito de la primera. Constituye, efectivamente, una ventaja muy digna de atención la sencillez con que puede aumentarse la potencia de una red á medida que la carga aumenta, sin más que colocar dinamos en serie con la línea, pudiendo de esta manera elevar el voltaje todo lo que se quiera. En resumen, el sistema serie es mucho más flexible que el derivado, dada la uniformidad de la sección de los conductores del primero.

Los gastos de explotación correspondientes á cada sistema se diferencian muy poco, si bien es verdad que son más económicas las turbinas de vapor que las máquinas de cilindros. El servicio es mucho más cómodo con el sistema serie que con el derivado, tanto por lo que se refiere á los generadores como á los receptores.

Aplicaciones del sistema serie.

Existen muchos casos en los cuales está especialmente indicado el empleo del sistema de distribución en serie con corriente continua.

Uno de ellos es aquel en que los subgeneradores tienen que funcionar á velocidades que varían entre límites muy amplios durante periodos de tiempo bastante largo, como sucede, por ejemplo, en las instalaciones electroquímicas. Hay ocasiones en las que debiendo ser la corriente constante el voltaje tiene que oscilar mucho, y otras en que tanto una como otra han de variar, teniendo que marchar las máquinas á velocidades muy reducidas; entonces hay que adoptar el sistema serie, puesto que con corrientes alternas es comercialmente imposible variar la velocidad entre los límites necesarios sin reducir el rendimiento, como sucede con aquél.

También debe aplicarse el sistema serie cuando los electro-

(1) Para 8.000 kilovatios este coste sería 333,50 francos.

motores han de variar de velocidad entre límites muy separados, han de arrancar y de parar con mucha frecuencia y han de poseer una gran aceleración, como sucede, por ejemplo, en los motores para grúas. En estos casos los generadores deben poseer reguladores muy sensibles para mantener constante la intensidad de la corriente, á pesar de las variaciones bruscas de la carga.

La marcha de los electromotores se regula con la posición de las escobillas exclusivamente. Cuando la parada dura bastante tiempo, se ponen aquéllos en corto circuito para evitar el calentamiento inútil de los devanados. El enfrenado se hace también con el movimiento de las escobillas, funcionando los motores como generadores.

Por el funcionamiento sencillo y seguro, así como por la facilidad que para arrancar y parar poseen las instalaciones con distribución en serie, son muchas veces preferibles á cualquier otro sistema, tanto, que si es conveniente el sistema trifásico para llevar la mayor parte del servicio correspondiente á una localidad, podría ofrecer ventajas la instalación de una línea especial dispuesta, según el sistema serie, para servir las grúas, máquinas de extracción y otras análogas.

En resumen, las ventajas que ofrece el sistema serie con corriente continua son:

1. Posibilidad de hacer transportes de energía eléctrica á distancias mucho mayores que con corrientes alternas, sobre todo cuando los conductores han de ir enterrados.
 2. Aparatos sencillos para la conmutación y regulación.
 3. Funcionamiento sin dificultades de varias estaciones en serie con la misma carga, de manera que las de mejor rendimiento trabajen con continuidad y las que le tengan pequeño durante las máximas de la carga.
 4. La uniformidad de la sección de los conductores permite aumentar el número de estaciones sin sustituir aquéllos, intercalando los nuevos generadores en los puntos de la línea que se juzgue convenientes.
 5. Perfecta regulación de los subgeneradores cuando las cargas son químicas y están distantes.
 6. Buen rendimiento cuando los motores son turbinas hidráulicas, cuya altura de agua es muy variable.
- Á M. Thury se debe que el sistema serie de distribución de energía eléctrica con corriente continua haya salido del período experimental, así como los grandes perfeccionamientos introducidos en la construcción de los generadores y motores para trabajar á voltajes altos, que pueden ser aún mucho mayores, según ha demostrado él mismo. Aunque las máquinas hasta ahora construidas son de potencia relativamente pequeña, los ensayos hechos enseñan que se pueden construir de potencia mucho mayor, sin que las dificultades que pueda ofrecer su funcionamiento sean mayores que las correspondientes á los alternadores.—Ω.

PUERTO DE SAINT-NAZAIRE

NUEVA ENTRADA

Hasta estos últimos tiempos, la entrada del puerto Saint-Nazaire se hacía por un canal situado perpendicularmente á la dirección del Loire, que desembocaba al lado del viejo fondeadero construido en 1856 y comunicaba por una ancha esclusa con el de Penhoët, mucho más espacioso.

Las maniobras de entrada y salida de los barcos era siempre peligrosa á causa de la constante presencia de corrientes transversales y de la poca profundidad de los accesos al canal, situado frente á un banco de roca, separado solamente de la costa 3^m,20; no podían, pues, maniobrar más que en alta mar.

Por otra parte, los fondeaderos estaban frecuentemente en co-

municación con las aguas del Loire, lo que no permitía mantener su nivel constante, y, sobre todo, evitar su relleno por las aguas de lluvia, muy cargadas de sedimentos.

Se resolvió modificar la entrada de los fondeaderos de manera que pudiese darse paso á todas las horas del día á barcos de todos los tonelajes, y para esto fué menester dar mayor profundidad al canal y aislarlo de las aguas del Loire.

De la clase de trabajos ejecutados con este objeto encontramos noticias muy completas en el *Genie Civil* (número del 20 de Octubre de 1906).

La nueva entrada está situada en el eje de las dársenas y paralelamente á la dirección del Loire; funciona por medio de una esclusa de grandes dimensiones, cuyas salidas tienen la cota — 6 metros, ó sea á 2^m,70 debajo de la antigua entrada. Teniendo el nivel de las aguas muertas en los altos mares + 4 metros de cota, se dispone en cada marea de una altura de agua de 10 metros sobre las salidas de la esclusa.

El fondo de los fondeaderos, como es de rocas, se ha realizado el mismo calado en la entrada, elevando la flotación por medio de agua tomada en el Loire, y á este efecto se ha hecho uso de una máquina elevadora.

Á grandes líneas, la nueva entrada tiene un antepuerto de 507^m,50 de longitud total, limitado por dos escolleras convergentes, cuya separación media es de 265 metros.

La boca de entrada, comprendida entre los muros extremos, tiene una longitud de 120 metros y está ligeramente vuelta hacia el Este, de manera que está abrigada del oleaje y de los grandes vientos del Oeste. La escollera Oeste presenta desde luego cerca del muro extremo algunas arcadas, que permiten establecer un pronto equilibrio entre las aguas del antepuerto y las que vienen de lejos. El fondo del antepuerto está á 6 metros debajo del nivel de las mareas más bajas y tiene dos rompeolas en pendiente suave, sobre las cuales se amortigua la ola, sin que ninguna resaca peligrosa pueda producirse. Pilares de mampostería colocados al pie de los rompeolas limitan el canal.

La nueva esclusa, de 228^m,75 de longitud y de 30 metros de anchura, desemboca en el fondo del antepuerto y en el eje de las dársenas. Las dos paredes laterales de la esclusa están puestas en comunicación por dos puentes móviles: un puente giratorio sobre la cabeza, agua abajo, y otro rodante sobre la cabeza, agua arriba.

Las escolleras son de mampostería maciza y tienen la forma de un trapecio isósceles, cuya base superior tiene 5 metros de longitud y los paramentos laterales un talud de 1,6. La plataforma, situada á 1^m,60 por encima de las más altas mareas del equinoccio, tiene un ancho de 3^m,50 y está limitada en sentido de la longitud por un parapeto. Las escolleras descansan directamente sobre la roca ó sobre la arena incompresible, ó más bien sobre un macizo de cimiento de 8 metros de ancho en mampostería con mortero de cemento; en los dos primeros casos los cimientos están hechos al aire libre para bajas mareas, y en el tercer caso el macizo inferior está construido por el procedimiento dicho, llamado de aire comprimido.

Los rompeolas tienen su coronación al nivel de la plataforma de las escolleras y descienden en pendiente suave, oblicuamente al eje del canal hasta la cota + 1 metro, donde están limitadas por un muro.

Siendo de roca el fondo, y para evitar los gastos considerables que hubiera acarreado el hacer excavaciones en el agua, se ha seguido el programa siguiente para la ejecución de los trabajos:

Construcción de las escolleras y de un muro ataguía provisional, reuniendo los muros extremos, de manera que venga á formar un recinto que, después de agotado, permita efectuar en seco todos los trabajos del antepuerto, comprendidas las esclusas. Después de la ejecución de las obras permanentes, rellenar el antepuerto por medio de compuertas establecidas en el muro y demolición de éste con dinamita para abrir el paso.

Señalaremos de paso la manera como se ha realizado la unión entre los cajones en la construcción de las escolleras,