

se emplean motores compound de aire comprimido, capaces de ejercer un esfuerzo de 70 toneladas; el desplazamiento de la puerta se verifica á la velocidad de 7^m,65 por minuto y la presión del aire es de 5^k,272 por centímetro cuadrado. Estos mismos motores suben y bajan los puentes que cubren las cámaras de las puertas cuando éstas entran en estas cámaras ó salen de ellas; disposiciones automáticas impiden la maniobra de apertura de las puertas antes de la elevación total de los puentes ó el descenso de éstos antes del cierre completo de las puertas.

Los motores de aire para la maniobra de las compuertas establecidas en las tuberías para llenar ó vaciar las calas y las dársenas, tienen de 25 á 60 caballos de fuerza; funcionan normalmente á la presión de 5^k,272, pero están construidas para la presión de 7^k,030 por centímetro cuadrado. La velocidad de elevación de las compuertas es de 0^m,60 por minuto con los motores de 25 caballos, y de 1^m,50 por minuto con los de 60.

Las compuertas son de construcción muy sólida. La experiencia de las establecidas en Gibraltar ha demostrado que la fuerza viva de los grandes volúmenes de agua en movimiento deben tenerse en cuenta y constituye un factor de gran importancia en el cálculo de los esfuerzos necesarios para efectuar las maniobras de las compuertas.

Los acueductos que sirven para establecer el nivel deseado en la dársena mayor tienen 4^m,88 de anchura y 2^m,75 de altura en el medio; están provistos de compuertas del sistema móvil, accionadas por dos tornillos; las ruedas circulan sobre caminos de rodamiento de fundición fijados en la mampostería de granito. Cada uno de los 41 cabrestantes que rodean las dársenas y las calas, se pone en movimiento por un motor de aire especial capaz de ejercer una tracción de 4 toneladas á la velocidad de 36^m,60 por minuto ó un esfuerzo de 16 toneladas á la velocidad de 9^m,15 por minuto.

Añadamos que el uso de la dársena comprenderá una grúa fija del tipo Cantilever, que podrá elevar 160 toneladas, 2 grúas también fijas del tipo Fairbairn de 75 toneladas, 3 grúas móviles, dos de ellas de 30 toneladas y una de 20 toneladas.

Las grúas fijas serán puestas en movimiento por la electricidad y las móviles por el vapor.—O.

TRANSPORTE DE ENERGIA POR CORRIENTE CONTINUA DE 60.000 VOLTIOS

DE MONTIERS Á LYON

Los progresos realizados en el empleo de las corrientes alternas durante los años 1890-1900, y las ventajas indiscutibles del alternador de inducido fija y del transformador estático, han asegurado hasta el día el monopolio casi exclusivo del transporte eléctrico de la energía con los sistemas de corrientes polifásicas.

Los electricistas no han vacilado en llevar las tensiones de 5 á 10.000 voltios, utilizadas al principio á 15, 30, 60.000 voltios á medida que se ha tratado de transmitir la energía á distancias más considerables (100, 200 kilómetros y aun mayores), y esto sin cambiar nada en principio, ni á los aparatos generadores, ni á los aparatos receptores.

Este desarrollo enorme de la corriente alterna ha llamado, como es natural, la atención de la mayor parte de los Ingenieros, dejando más ó menos en el olvido los ensayos anteriores de transporte de energía por corriente continua.

Durante estos últimos años, el empleo de tensiones alternas siempre crecientes no ha dado al sistema serie el derecho de imponerse por una ventaja particularmente marcada; pero al presente, en que las tensiones de 50 á 70.000 voltios eficaces parecen ser un límite en la práctica para el empleo de las corrientes alternas, se podrá tener con la corriente continua, á la misma tensión, una seguridad mucho mayor, puesto que no hay que

tener en cuenta una tensión máxima llevando los valores por encima de 70 y 100.000 voltios, y que, además y sobre todo, se posee el medio de reducir el potencial á la mitad con relación al suelo poniendo en tierra el punto medio de la serie de máquinas generadoras.

Se puede, desde ahora, contar con el empleo del sistema serie á 2 × 50.000 voltios, y no ha lugar á prever dificultades especiales para llevar este número á 2 × 75.000 voltios; es muy probable que este límite pueda excederse llegando á 2 × 100.000 voltios.

El transporte de energía de Montiers á Lyon es la más reciente y la más importante de las aplicaciones del sistema serie; la descripción de esta instalación, que tomamos de *L'industrie électrique*, dará una idea exacta del estado actual de la técnica de la corriente continua á alta tensión.

Datos generales.—La importancia de un centro como Lyon y su proximidad relativa á los Alpes franceses y al Jura meridional debían hacer naturalmente que naciera la idea de transportar á esta villa la energía de los saltos de agua disponibles en los departamentos vecinos. Esto es lo que ha hecho la Sociedad grenoblesa al crear la estación central de Plombière cerca de Montiers (departamento de la Saboya).

La fuerza motriz está suministrada por el Isère; una tubería forzada lleva el agua á la fábrica que utiliza un salto medio de 65^m,50. Las unidades generadoras se ponen en movimiento por cuatro turbinas centrípetas de reacción y eje horizontal, construídas por la casa Piccard, Pictet y Compañía, de Ginebra. Estas turbinas giran con una velocidad de 300 revoluciones por minuto, y suministran una potencia de 1.180 poncelets cada una. Según el principio más admitido para el sistema serie, haciendo variar su velocidad, es como se efectúa la regulación de la intensidad á un valor constante, proporcionando la velocidad á la tensión que hay que producir; los distribuidores son, con este objeto, puestos en movimiento por servomotores á presión de aceite. El movimiento se efectúa por medio de una transmisión general por un regulador único de escape y solenoidal.

La potencia de 4.700 kilovatios disponible, transformada en energía eléctrica bajo forma de corriente continua á alta tensión, es transportada á Lyon por una línea aérea de 180 kilómetros de longitud y transformadas en dos estaciones receptoras, una, la de Vaulx-en-Vélin, en el límite de la villa; la otra, más al centro y unida á la precedente por una línea subterránea de 4 kilómetros.

La tensión prevista para el transporte es de 50 á 60.000 voltios, valor que se podrá doblar en lo sucesivo porque el punto central de los generadores se ha puesto á tierra. La potencia en las bornas de los generadores, deducidas las pérdidas de transformación, se elevan á 4.320 kilovatios; la intensidad constante en el circuito asciende á 86,4 amperios á 50.000 voltios, y á 72 amperios á 60.000 voltios; se ha tomado el valor de 75 amperios, al que corresponde una tensión de 57.600 voltios.

La línea se compone, en la parte aérea, de dos hilos de cobre de 9 milímetros de diámetro, montados en aisladores de triple campana, colocados en postes de madera en travesía en la mayor parte de los circuitos y, en los demás, en columnas de hierro de una línea trifásica existente.

En la parte subterránea, la línea se compone de dos cables distintos de 75 milímetros de diámetro cada uno, suministrados por la Sociedad francesa de cables eléctricos, sistema Berthond, Borel y Compañía, de Lyon. Estos cables se componen de 19 hilos de cobre aislados con papel; tienen una doble envolvente de plomo y una armadura de cintas de hierro con telas alquitranadas. El empleo de los cables subterráneos en la parte urbana de la línea se ha impuesto por razones de seguridad. Debe notarse que gracias al empleo de la corriente continua es como se ha podido cumplir esta obligación (1); con la corriente trifásica no se hu-

(1) La puesta en serie en el caso de un transporte de corriente trifásica constituirá, ciertamente, un peligro, pero la interposición de un transformador de relación de transformación igual á la unidad ha permitido vencer la dificultad.

biera podido completar una línea de 180 kilómetros aéreos por un trozo de 4 kilómetros de cables, sin exponer dicho trozo al peligro de perforación por subtensión debida á la puesta en serie de una red inductora con otra que tiene una capacidad notable.

La resistencia de la línea aérea se eleva á 98 ohmios, la de los cables á 2 ohmios, ó sea un total de 100 ohmios; resulta una pérdida de tensión en línea de 7.500 voltios y una pérdida de potencia de 562,5 kilovatios que representa un 13 por 100 de la disponible en las bornas del generador.

La primera estación receptora (fábrica de Vaulx-en-Vélin) está provista de tres motores serie de 530 kilovatios, cada uno de los cuales pone en movimiento un alternador de 500 kilovatios; estos alternadores están unidos á la red trifásica de la Sociedad grenoblesa de fuerza y luz y pueden, ya alimentar esta red, ya eventualmente recibir corriente trifásica de las fábricas que la producen y funcionar como motor sincrónico, en el caso en que la corriente continua del circuito serie viniese á faltar; los motores serie se utilizarían entonces como generadores para servir, en lo posible, á la segunda estación receptora. Esta comprende, por el momento, cinco motores serie de 530 kilovatios; acoplado cada uno á un generador de corriente continua de 500 kilovatios á 600 voltios. Estas máquinas secundarias sirven la red de los tranvías de Lyon.

Fábrica generadora.—Repartiéndose la potencia total de la fábrica en cuatro unidades de 1.160 kilovatios, la tensión por unidad alcanza la cuarta parte de 57.600 voltios, ó sea 14.400 voltios.

Para realizar esta tensión es necesario poner en serie cuatro inducidos por unidad, con sendas producciones de 3.600 voltios.

Estos inducidos están agrupados por parejas sobre el mismo árbol, de manera que la unidad generadora se compone de dos máquinas dobles, acopladas entre sí y á la turbina por manguitos de acoplamiento elástico con correa.

Cada máquina doble se compone de una construcción de tres cojinetes que llevan dos inductores hexapolares de acero colado, polos radiantes procedentes de fundición con la corona, de dos inducidos, acuñados sobre el mismo árbol, pero montados sobre el núcleo por el intermedio de regletas aisladas. El devanado en tambor es alojado en muescas, las bobinas están hechas sobre molde. El colector está aislado del árbol, como el inducido; habiéndosele llevado sobre las extremidades de las regletas. El devanado inductor está colocado en bobinas de zinc con aislamiento de papel. Todas las conexiones están montadas sobre aisladores de porcelana. Los acoplamientos elásticos que unen los árboles de las generatrices entre sí y al de la turbina presentan la particularidad siguiente: el manguito mayor no está hecho de una pieza, sino que se compone de un platillo. Éste puede resbalar concéntricamente el cubo; el borde interior del platillo está oprimido contra el borde exterior del núcleo por una pieza anular ajustada por 32 pernos con resortes intermedios. El ajuste de los pernos está graduado de manera que el platillo no pueda cambiar de lugar bajo el efecto del par normal, pero resbala cuando éste par toma un valor exagerado, cuando hay un corto circuito en la línea, por ejemplo. De esta manera se evita todo deterioro de las correas de acoplamiento ó de los inducidos mismos, cuando hay una parada brusca de las generatrices.

Sobre cada máquina doble se encuentra colocado un trinquete por inversión mandado por un perfil, cuyo papel es poner en corto circuito la generatriz correspondiente en el caso en que ésta, á consecuencia de una falsa maniobra, se pusiera á girar como motor en sentido inverso de la rotación normal.

El interruptor principal, llamado de corto circuito, el amperímetro y el voltímetro de una unidad están agrupados sobre una columna que tiene en la parte superior dos pararrayos ramificados en serie entre los dos polos de la máquina; allí también todos los aparatos están montados en porcelana. Los aparatos generales de comprobación y regulación del arranque, voltímetro,

amperómetro, contador é interruptor de corto circuito, están colocados en un cuadro-armario.

Como antes hemos dicho, la regulación de la intensidad se efectúa obrando sobre la velocidad de las turbinas. Con este objeto, los servomotores de presión de aceite, que ponen en movimiento sus distribuidores, están mandados por una transmisión general, sobre la cual obra un regulador eléctrico llamado de intensidad. El regulador consiste en un mecanismo de sujeción con trinquetes, que recibe un movimiento continuo de vaivén de un pequeño motor eléctrico y de un solenoide recorrido por la corriente del circuito serie; el núcleo del solenoide pone en movimiento un balancín, que hace que engranen los trinquetes del mecanismo de sujeción con los dientes de una rueda acuñada sobre el árbol de una transmisión general.

Según que la corriente en el solenoide tienda á sobrepasar el valor normal ó á quedar por debajo, los trinquetes arrastran la rueda dentada, y la transmisión en un sentido ó en otro, lo que produce el cierre ó la apertura de los distribuidores de las turbinas.

El regulador está colocado sobre una columna; su pequeño motor está intercalado en el circuito por medio de un shunt alojado en el cuadro-armario.

Una importante estación de pararrayos protege á la fábrica de las descargas eléctricas. Á su entrada en la fábrica, los dos hilos de línea están provistos de resistencias inductivas, formadas de diez resortes con espiras de hilo de hierro de fuerte sección cuadrada. Entre cada polo y la tierra hay dos series paralelas de pararrayos en tensión; están, como aquéllos, suspendidos entre las bornas de las generatrices, del tipo de cuernos; el efecto del campo magnético está utilizado en una longitud muy grande del arco.

Los diversos aparatos están instalados en un local especial de dos pisos; las bobinas de autoinducción y las resistencias hidráulicas están colocadas en el piso bajo contra las paredes; los 40 pararrayos en el primer piso en cuatro filas sobre soportes poco elevados que ocupan el centro de la habitación.

Estaciones receptoras.—Los motores de las dos estaciones receptoras son por completo semejantes entre sí, y presentan, desde el punto de vista de la construcción, las mismas particularidades que las generatrices.

Los motores son máquinas dobles; el bastidor de tres cojinetes lleva dos inductores tetrapolares de acero colado; sobre el árbol están acuñados dos inducidos aislados de su núcleo por el sistema de regletas.

Los aparatos de cada motor están montados en una columna del mismo grueso que la de las generatrices. Estos aparatos son los siguientes: el interruptor de corto circuito con su parachispas, éste colocado en el exterior de la columna; el voltímetro, el amperímetro, el escape de tensión que pone en corto circuito el motor en el caso en que la tensión en los terminales exceda en un 10 por 100 del valor normal; en fin, en el vértice de la columna, un pararrayos ramificado entre los terminales del motor.

Para prevenir un accidente de embalamiento, cada motor está provisto de un escape de velocidad colocado en el extremo del árbol, que le pone en corto circuito cuando la velocidad angular excede á la normal en un 15 ó 20 por 100.

Para regular constantemente la velocidad de los motores, es decir, proporcionar su par motor al par resistente, se ha utilizado por la primera vez, entera y únicamente, el principio de desacuñar las escobillas sobre el colector.

En la parada, los frotadores vuelven á ponerse en la posición correspondiente al eje de los polos, de manera que la mitad de los conductores del inducido esté en oposición con la otra mitad.

Desacuñando los frotadores en el sentido de la rotación se da al par motor un valor creciente con este desacuñe; el par máximo tiene lugar para la posición correspondiente á la línea de conmutación bajo la punta de los ensanchamientos polares; no se sobrepasa esta posición á fin de conservar siempre las mismas condiciones de conmutación.

El movimiento de los porta-escobillas de cada motor se ordena automáticamente por un regulador especial de velocidad. Este aparato es análogo al que regula la intensidad de corriente en la estación generadora, salvo que el solenoide está reemplazado por un taquímetro que recibe su movimiento del árbol del motor serie, el cual acciona igualmente del regulador.

Si el par resistente aumenta, la velocidad del motor disminuye; pero el taquímetro, variando entonces la posición, hace obrar al escape del regulador de manera que los frotadores estén desacuñados más hacia adelante, en una posición en que el par motor es más fuerte y viceversa.

A fin de que el regulador tenga tiempo de obrar, aun con las bruscas variaciones de carga y sin variación sensible de velocidad, los grupos motores están provistos de un par de volantes muy pesados, el uno sujeto al árbol del motor serie, el otro sobre el árbol de la generatriz secundaria; forman al mismo tiempo manguitos de acoplamiento.

En la estación de Vaulx-en-Velin los tres motores serie pueden funcionar como generatrices. Basta para esto desacuñar los frotadores, no hacia adelante, sino hacia atrás del sentido de rotación del inducido; la tensión crece con este desacuño.

A fin de regular la intensidad constante, los reguladores de estas máquinas poseen cada uno un solenoide, que puede ser intercalado en el tugar del péndulo cónico para ordenar el escape las variaciones de la corriente de línea más acá ó más allá del valor normal producen el desplazamiento del núcleo del solenoide; movimiento que tiene, por consecuencia, gracias al sistema de sujeción del escape, un desacuñado apropiado de las escobillas.

En el caso del funcionamiento en generatrices de las máquinas en serie de la fábrica de Vaulx-en-Vélin, los alternadores que les están acoplados deben marchar como motores sincronos; es necesario entonces recurrir á un manantial de energía independiente para poder mover un grupo y ponerle en sincronismo con la red alterna. Para esto se utiliza una de las excitatrices de los alternadores puesta en movimiento por un motor asincrónico; se intercala esta excitatriz en el circuito de una máquina serie que arranca como motor bajo el efecto de la corriente gastada por esta máquina auxiliar; se pone el alternador en paralelo con la red, después se desencuña las escobillas frotadoras hacia atrás del sentido de rotación; cuando éstos sobrepasan la posición correspondiente al eje polar, el motor serie viene á ser generador y el alternador motor sincrónico. Se pone entonces en corto circuito la línea que viene de la excitatriz y se puede hacer uso de la máquina serie en el circuito de corriente continua. Una vez este grupo en servicio, permite efectuar el arranque de los otros sin intermedio.

Terminándose la línea aérea en la fábrica de Vaulx-en-Vélin, se ha instalado una estación de pararrayos de la misma importancia que la de la salida de la fábrica de Plombière. Además de los pararrayos propiamente dichos, hay todavía, por polo, un grupo de descargadores uniendo cada hilo de la línea á la tierra; estos descargadores están constituidos por 18 tubos de resistencia en grupos de tres en paralelo que forman así seis juegos de descargadores en tensión.

Aislamiento con la tierra.—Conexiones en las fábricas.—Las diferencias de potencial máxima que se presentan en la actualidad en la instalación serie Montiers-Lyon, se pueden clasificar como sigue:

	Volttos.
Por inducido, próximamente.....	4.000
Por máquina doble, idem.....	7.500
Por grupo, idem.....	15.000
En los cuadros generales, idem.....	60.000
Entre máquinas y la tierra, idem.....	60.000

En los cuadros se realiza con facilidad el aislamiento necesario montando los aparatos sobre aisladores de porcelana y

empleando esta materia, no sólo para los soportes, sino para ciertas piezas de los mismos aparatos. Todas las máquinas, las columnas de maniobras y los cuadros-armarios están sostenidos por pernos empotrados en aisladores de doble cubeta; estos aisladores descansan sobre hormigón y están cubiertos en casi toda la altura por hormigón de asfalto. El suelo de las fábricas está recubierto, además, de una capa de un centímetro de asfalto puro en toda la parte en que están montadas las máquinas de alta tensión. Las conexiones entre máquinas y columnas de maniobras están hechas por cables aislados, alojados en tubos de gres, recubiertos con hormigón de asfalto. Para unir los cuadros generales y las estaciones de pararrayos, el mismo cable aislado sigue las paredes de las fábricas colocadas sobre aisladores del mismo tipo que los empleados en la línea aérea.

Normalmente el punto medio ó neutro de la serie de máquinas generatrices es el del circuito que está unido directamente al suelo. Los descargadores crean también una relación entre líneas y tierra; pero la composición de su aglomerado es tal, que se puede considerar todavía su resistencia como infinita á 30.000 voltios de diferencia de potencial; una subtensión estática superior á este valor podría sola crear un efluvo igualitario entre línea y tierra.—O.

LA CORROSIÓN ELECTROLÍTICA DEL HIERRO Y DEL ACERO EN EL HORMIGÓN

En presencia de las aplicaciones, de día en día más numerosas, del hormigón y del cemento armados, se impone el problema de saber qué perjuicios puede causar la acción electrolítica en los metales que constituyen la armadura.

Carter ha hecho un cierto número de experimentos para determinar la intensidad de corriente y el tiempo necesario para corroer los metales colocados en el seno del hormigón ó del cemento, de los cuales nos da cuenta el *Proceedings of American Institute of Electrical Engineers*.

Los bloques de ensayos estaban formados de partes iguales de cemento Portland y de arena, y dispuestos en moldes de metal. En el centro de cada bloque estaba colocado un tubo de hierro de 4 centímetros. Uno de los bloques estaba sumergido en el agua dulce y el otro en el agua de mar, estando unidos en serie y atravesados de una manera continua por una corriente de 0,1 amperio. Un tercer bloque, igualmente sumergido en el agua de mar, no estaba atravesado por la corriente; éste debía servir de término de comparación.

Los ensayos mostraron una descomposición progresiva del hormigón y una electrolisis importante del hierro, con pérdida de peso del metal. Una segunda serie de experimentos se hicieron sobre dos bloques de hormigón semejantes á los precedentes, pero constituidos por cemento de Rosendale. La variación de resistencia de los bloques durante los treinta primeros días ha sido notable. Los resultados obtenidos fueron, por otra parte, los mismos que con los bloques del cemento Portland; es, pues, probable que la naturaleza del cemento influya poco sobre los fenómenos de que se trata.

En lo que concierne á los remedios que hay que adoptar para sustraer el metal á la acción electrolítica, no hay lugar, según el autor de los experimentos, á recurrir al empleo de barnices ó de colores, sino al de un aislador capaz de resistir de una manera continua á la humedad.

Las condiciones que se desprenden de los ensayos de laboratorio, corroboradas por las observaciones hechas en la práctica, son las siguientes:

1.^a Las construcciones en acero colocadas en el agua salada ó en la dulce están preservadas de la corrosión ordinaria por el hormigón.