

de 3 metros cúbicos, sin que por ello llegue el agua ni su oleaje a la plataforma.

Una reja suplementaria, que podrá bajarse ó subirse mediante cables y contrapesos que la suspendan de la verja, permitirá cerrar el vaso libre sobre la lámina de agua é impedir el acceso de extraños al mecanismo de la válvula.

(Se continuará.)

EL MEJOR CABLE DE TROLE

Por

C. H. M'KELLWAY

(Electrical Railway Journal.)

El autor, Ingeniero del servicio de distribución de la red Brooklyn Rapid Transit, expone la necesidad y modo de proceder á un minucioso análisis matemático cuando se trate de apreciar la economía que se obtendrá en una red determinada comparando cables de diferente calidad.

Dice que sin hacer los cálculos previos, será imposible, en un caso especial, saber cuál será el cable que dará mejor rendimiento. Ahora bien, raramente se hacen estos cálculos; aun cuando el precio de dos cables de distinta fabricación varíe considerablemente, pocas veces se hace el estudio del problema en averiguación de cuál de ellos resultará más económico en un servicio prolongado; casi invariablemente se elige el de menor precio, ó aquél del que se espera mayor duración. No suele establecerse la comparación entre la diferencia de precio de ambos cables y la mayor ó menor duración de los mismos; no se tiene en cuenta la seguridad contra las roturas de cable y otras molestias y entorpecimientos, ni tampoco el valor mercantil del cable usado.

Los cables de trole, generalmente empleados, son de cobre, de acero, de cobre y acero ó bien de un compuesto de bronce; la elección debe hacerse entre estos materiales. Aunque el de cobre sea el más empleado y en muchas líneas sea el que dé mejores resultados, no cabe duda que se hace un empleo abusivo de él puesto que las únicas ventajas que presenta sobre los demás cables, son la mayor conductibilidad y el menor precio inicial. Esta gran conductibilidad es importante cuando no existiendo *feeders* el cable de trole debe conducir toda la corriente, pero disminuye mucho su importancia cuando se emplean gruesos *feeders* en paralelo, porque entonces sólo tiene que transportar una débil cantidad de corriente, siendo también muy pequeñas la caída de voltaje y la pérdida de energía en el cable de trole.

Por consecuencia, en las líneas de poca carga donde no existan probabilidades de que haya simultáneamente más de tres ó cuatro coches tomando corriente, de modo que la intensidad media, aunque variando entre amplios límites, no sea lo suficientemente grande para justificar el empleo de *feeders*, el cobre estirado en frío será, generalmente, el mejor metal para el cable de trole. Por otra parte, en las líneas de mucha carga en que la intensidad pueda alcanzar á más de 1.000 amperios y donde sea necesario instalar un *feeder* en paralelo para alimentar el cable de trole, rara vez podrá el cable de cobre alcanzar el valor práctico de otros de mayor resistencia mecánica, aunque de menor conductibilidad.

El mismo razonamiento puede aplicarse, aun con mayor fuerza todavía, á las líneas de poca carga, pero muy largas, donde es necesario emplear un gran número de *feeders* para sostener el voltaje, aunque la densidad de la corriente sea débil, tanto en el cable como en los *feeders*.

Dentro de estos límites existen una infinidad de casos que deben ser estudiados particularmente, porque debido á las fluctuaciones del curso del cobre pueden diferir bastante las condiciones y, por lo tanto, según el caso, ser más conveniente un modelo de cable que otro.

Precio de los distintos modelos de cable y valor de los cables usados.—Para demostrar cuánto puede variar el precio de los cables según la época, y al mismo tiempo para permitir calcular los precios de los cables de trole de diferentes metales, el autor señala el precio de los cables de cobre, de bronce, de acero con revestimiento de cobre y de acero ordinario, por kilogramo, según la clase de metales para los números 0 á 0000. Es preciso hacer observar que si el metro de cable de cobre y del de bronce tienen el mismo peso, los de los cables de cobre, de acero y de acero revestido de cobre son distintos.

Las siguientes cantidades, tomadas por el autor en los últimos meses, dan el valor relativo en esta época de los distintos modelos de cable y el valor de los cables usados, utilizados como metal viejo:

	Cables nuevos. — Pesetas. (1)	Cables usados. — Pesetas.
Cobre (el kilogramo)	1,85	1,52
Bronce (idem).....	2,15 á 2,28	1,52
Acero y cobre (idem).....	1,81	0,35
Acero (idem).....	0,77	0,938

Se ve que el cobre es uno de los más caros, pero como su valor como metal viejo es muy alto, la pérdida en servicio resulta la menor; por el contrario, el acero revestido de cobre, en este sentido ocupa el último lugar.

Duración relativa de los cables de distinta calidad.—En lo relativo á este asunto existe una gran divergencia de opiniones, que todas se justifican según las marcas de los cables empleados, los lotes de fabricación, las condiciones variables de servicio, etc. Sin embargo, parece que los Ingenieros están de acuerdo en reconocer que, por término medio, la duración de los distintos cables es, aproximadamente, la misma, á excepción del cable de cobre estirado en frío, que en igualdad de condiciones de servicio se reduce á la mitad de la de los otros.

Conductibilidad y pérdidas en línea.—Para apreciar la diferencia que pueda resultar de las mayores ó menores pérdidas de energía en el cable, es preciso indicar las resistencias de las distintas cualidades, variando las pérdidas en razón directa de la resistencia. Comparadas, según el cuadro de Mathiessen, la conductibilidad es, aproximadamente, la siguiente:

Cobre estirado en frío	95
Bronce	45
Acero y cobre.....	40
Acero	10

Ahora bien: antes de comparar la pérdida anual que corresponde á los distintos cables, es preciso considerar la intensidad media de la corriente transportada por el cable. Para ello, el tomar la intensidad media no resulta completamente exacto; lo que es necesario conocer es la intensidad que produciría la misma pérdida en línea por año que es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las intensidades registradas en cortos intervalos. Cuando la carga varía poco, la intensidad media se aproxima

(1) Todas las cantidades en pesetas á que se hace referencia en este artículo son pesetas oro.

mucho al valor exacto; pero cuando la línea queda completamente interrumpida durante varias horas de la noche, ó cuando las intensidades correspondientes á las horas de tráfico intenso son elevadas, es preciso adoptar la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las intensidades.

Ahora bien, está comprobado que en la mayoría de las líneas el Ingeniero hace un cálculo exagerado de la pérdida de corriente en línea, porque se basa principalmente en la carga de las horas de mayor tráfico y durante la estación en que la actividad es mayor. Este Ingeniero se extrañará al ver que las noches, los domingos y las épocas de poco movimiento reducen considerablemente la pérdida en línea y la intensidad que él consideraba como media. Si, por ejemplo, la corriente es de 200 amperios durante el invierno, en las horas de tráfico intenso, podrá suceder que la media del año no sea más que de 35 amperios, cuando se calculaba que ascendería á 100 amperios.

En lo que se refiere á la apreciación de la pérdida en línea, depende exclusivamente del precio de coste del kilovatio-hora.

Precio de los diferentes modelos de cables instalados.—Al precio del cable es conveniente añadir el de la colocación ó instalación que, aproximadamente, es igual en los diversos tipos de cables, aunque el de cobre, por ser menos rígido, sea de más fácil manipulación. El trabajo de colocación puede calcularse, por término medio, en 190 pesetas por kilómetro, influyendo, por consiguiente, sensiblemente en el precio de coste total.

Tomemos como término de comparación el cable núm. 00, que es el que con más frecuencia se emplea por muchas de las grandes Compañías americanas, especialmente en el servicio urbano; el precio total del kilómetro de cada una de las diferentes calidades de cables colocados se establecerá en la siguiente forma:

	Cobre. — Pesetas.	Bronce á 2,15 pts. — Pesetas.	Bronce á 2,28 pts. — Pesetas.	Acero y cobre. — Pesetas.	Acero. — Pesetas.
Precio del cable.....	1.100	1.210	1.365	1.018	805
Colocación.....	190	190	190	190	190
TOTAL....	1.290	1.400	1.555	1.208	995

Ateniéndose únicamente á este cálculo, resultaría que el cable de acero es el mejor, y luego el de acero y cobre; pero es preciso, además, tener en cuenta el valor del metal viejo. Por esto, supongamos que el cable pierde por desgaste la cuarta parte de su peso, de modo que, como metal usado, puedan recuperarse las tres cuartas partes restantes. Es evidente que muchos cables continúan en servicio hasta un grado de desgaste mucho mayor; pero, sin embargo, en las líneas de importancia donde una interrupción causada por la rotura de un cable perjudicaría mucho el tráfico, sin contar los peligros de accidentes, es prudente no exceder el grado de desgaste antes indicado. En estas condiciones el precio neto de cada cable es el indicado en el siguiente cuadro:

	Cobre. — Pesetas.	Bronce á 2,15 pts. — Pesetas.	Bronce á 2,28 pts. — Pesetas.	Acero y cobre. — Pesetas.	Acero. — Pesetas.
Precio del cable colocado..	1.290	1.290	1.555	1.208	995
Idem del metal usado.....	680	680	680	167	15
Precio neto.....	610	720	875	1.041	980

La comparación de estos precios rectificará muchas falsas ideas relativas á la baratura de ciertos tipos de cables. El cobre

que al principio se clasificaba como uno de los metales más caros, resulta ahora el más barato, mientras que el acero y el acero y cobre resultan los más caros.

Si se admitiese un desgaste que alcanzara la pérdida del 50 por 100 del peso, la economía resultante de la venta del metal usado se reduciría á los dos tercios de las precedentes cantidades; sin embargo, el cobre continuaría siendo el más económico, aunque el acero y el acero y cobre quedarían en mejor lugar en la comparación.

Sin embargo, no es eso sólo, porque es preciso también tener en cuenta la diferencia de duración de los cables dentro del mismo servicio. Para tener una relación exacta del precio á que resultan, es también necesario basarse en la cantidad anual de amortización y de interés. Admitiendo una duración de diez años para los cables más resistentes al desgaste y de cinco años para el cobre, con desgaste de la cuarta parte de la sección, la cantidad total, amortización é interés al 5 por 100, ambas englobadas, sería:

	Cobre. — Pesetas.	Bronce á 2,15 pts. — Pesetas.	Bronce á 2,28 pts. — Pesetas.	Acero y cobre. — Pesetas.	Acero. — Pesetas.
Amortización.....	122,00	72,00	87,50	101,10	98,00
Interés al 5 por 100	30,50	36,00	43,75	52,05	49,00
TOTAL....	152,50	108,00	131,25	153,15	147,00

Del examen de estas cantidades se deduce una nueva clasificación en la que el cobre ya no resulta el metal más económico; el bronce sigue en su puesto, mientras que los cables de acero y de acero y cobre se han elevado ocupando el lugar de los más caros.

Si se admite el desgaste hasta el 50 por 100, el cobre se convierte en el más caro y el bronce á 2,15 pesetas el más económico, pero seguido muy de cerca por el acero.

Efecto de la pérdida de energía en línea.—Queda todavía por tener en cuenta esta variable. Su cálculo resulta el más difícil porque está basado en el de la intensidad media en el cable y en el valor del kilovatio-hora; además es necesario apreciar si toda la corriente que se calcula perdida en línea es realmente verdad ó se confunde con la corriente, que á un voltaje más elevado en el cable se pierde en las resistencias del coche, debido á que el conductor marcha en esos momentos con las resistencias en serie con los motores durante un plazo de mayor duración.

Aunque así sea, observando el siguiente cuadro se comprenderá que, aun cuando el precio del kilovatio-hora sea de algunos céntimos, una gran pérdida en línea modificará completamente los resultados hasta ahora obtenidos. La densidad media de la corriente en el cable debe tomarse preferentemente como una cantidad igual á la mitad de la medida en el punto de llegada á la línea, puesto que desde este punto hasta el otro extremo decrece hasta cero.

*Pérdida de energía en línea por kilómetro y por año
en kilovatios-hora.*

	Cobre.	Bronce á 2,15 pts.	Bronce á 2,28 pts.	Acero y cobre.	Acero.
100 amperios..	5.900	12.425	12.425	14.000	56.000
50 ídem.....	1.475	3.100	3.100	3.500	14.000
20 ídem.....	236	500	500	560	2.240
10 ídem.....	59	125	125	140	560

Si comparamos las cantidades correspondientes al cobre con las de los otros cables de poca conductibilidad, quedan éstos en inferioridad manifiesta, pues es preciso recordar que con estos cables, si existe un *feeder* en paralelo, la corriente es menor cuando el cable de trole es de poca conductibilidad que cuando su resistencia es inferior. Aunque esto reduzca la pérdida en el cable de trole igualmente que dentro de cierta medida en todo el sistema de distribución con relación á lo que podría suponerse, existe, sin embargo, una mayor pérdida en el *feeder* como consecuencia de la mayor carga que tiene que sufrir.

Conclusiones: Con las duraciones admitidas de cinco años para los cables de cobre y de diez para los otros, que son verdaderamente las convenientes en densidades de corriente de 20 á 50 amperios en el cable de trole, las cantidades generales son, en general, las más probables. Asimismo, los cables de acero resultarían muy caros si en idéntico servicio tuviesen el mismo diámetro que los cables de los otros metales; este inconveniente puede remediarse aumentando la sección del cable, con lo que disminuyendo su resistencia se aumentaría la duración. Por razón del aprovisionamiento de cables necesario para la conservación, es conveniente no tener más de dos ó tres secciones diferentes de cables, porque una mayor variedad sería costosa y podría dar lugar á errores; por este motivo es preferible elegir, en definitiva, el cable que parezca más económico para el conjunto de la red y adoptarlo como tipo normal.

H.

Instrucciones prácticas sobre motores DE TRANVÍAS

La importante casa alemana B. Paegle, de Berlín, nos ha remitido un interesante folleto en el que se tratan puntos tan importantes y de gran utilidad para todos los técnicos y electricistas, tanto de tranvías y centrales, como para constructores de motores y aparatos eléctricos, que no vacilamos darle á conocer á nuestros lectores, en la seguridad de que con su conocimiento prestamos un servicio de verdadera entidad á nuestros electricistas, y tanto más cuanto que estas mismas instrucciones han sido solicitadas, según nuestros informes, por Academias y Universidades alemanas para aprovecharlas como base de las conferencias de los profesores correspondientes.

El motor es uno de los factores más importantes en el servicio de tranvías, sobre todo en los coches eléctricos motores; más aun puede decirse, que es el único factor impulsor, propiamente dicho, pues sólo por su fuerza propulsora se convierten los coches de los tranvías en objetos útiles y adecuados al fin propuesto.

Las partes principales del motor son: el inducido, la caja, las piezas polares, los carretes de campo y el collar de portaescobillas. La parte más importante y más sensible del motor es el inducido, por lo cual hemos de dedicar al mismo la mayor atención. El inducido consiste esencialmente en un eje de acero, núcleo, bridas laterales de acero colado con las tuercas de sujeción correspondientes, los carretes, el combinador, los anillos de contacto ó inyectores, y, finalmente, la rueda dentada.

El núcleo, de chapa de hierro blanda y bien oxidada, está atravesado por varios canales de aire, que, saliendo de la brida al lado de la rueda dentada, conducen el aire á través del inducido en movimiento á la superficie del mismo, produciendo una considerable refrigeración del inducido recalentado durante su

funcionamiento. Se ha de tener mucho cuidado de soplar los canales de aire por medio de fuelles de mano ó de preferencia por medio de un compresor, al menos cada vez que se cambie el inducido. Si esta limpieza no se verifica ocurre lo contrario de lo que se desea obtener, esto es, el polvo y la suciedad allí reunidos se secan intensivamente por el continuo recalentamiento y se convierten de esta manera en un conservador de calor nada apetecible.

Las chapas del núcleo se han de sumergir en un baño de barniz aislante, que se adhiere fuertemente, y las aísla entre sí, evitando pérdidas de corrientes parásitas. El aislamiento de las chapas del núcleo tiene lugar preferentemente al colocar las mismas sobre el eje ó sobre la caja del núcleo (esta última existe en construcciones sólidas).

Después de haber prensado la primera brida se pone el eje verticalmente sobre un caballete ó cualquier otro apoyo, y al colocar las chapas unas sobre otras se las cubre por un lado de barniz aislante apropiado, ó bien se pintan ambos lados de cada segunda chapa, de manera que sobre el eje ó la caja haya una chapa pintada por ambos lados junto á cada chapa desprovista de barniz. Empleando un buen barniz basta con una capa aislante entre cada dos chapas, siendo además este método de barnizar las chapas por una sola cara el más rápido y barato.

Después de haber colocado las chapas ya enumeradas, se prensa el núcleo bajo una prensa hidráulica suficientemente fuerte con la violencia necesaria, y al verificar esta presión se aprieta al mismo tiempo la tuerca del inducido. Si después de una presión bastante grande, el calibre longitudinal del núcleo experimenta variación, se añadirán ó retirarán tantas chapas cuantas sean necesarias hasta que el núcleo presente á la presión la longitud deseada. La violencia de la presión depende del tamaño del núcleo; además, ha de considerarse la construcción de las bridas y ejes, así como sus dimensiones.

Por lo general, cuando el núcleo tiene 280 milímetros de diámetro y 230 de longitud, la presión máxima ha de ser de 30.000 kilogramos, y de 40.000 kilogramos cuando las dimensiones sean de 400 - 250. Luego se quitan las partes de barniz innecesarias, á las ranuras de los carretes se les dará las dimensiones necesarias, redondeando y alisando también los ángulos y cantos con limas dulces, y retirando después las limaduras. A continuación se baña el núcleo con barniz aislante, cuidando principalmente de que las superficies laterales y la de base de las ranuras del núcleo no presenten el más leve punto desprovisto de barniz, y de que todas las caras y cantos estén bien barnizados. Para verificar esta operación se coloca el núcleo del inducido, ya en el eje, sobre un banco de trabajo, de modo que pueda ser fácilmente girado á voluntad, pues sólo los extremos del eje deben estar en contacto con el banco. La colocación del eje en las puntas del núcleo durante las operaciones sucesivas no debe tener lugar, pues se dañarían fácilmente las marcas del punzón y se descentraría el inducido sobre el torno. Después se introduce en las ranuras para los carretes (si el espacio lo permite) un canal de aislamiento de cartón comprimido ó de papel Leatheroido, lo que se describe minuciosamente más adelante.

Para Empresas de tranvías que poseen 100 y más coches motores se recomienda en todo caso que confeccionen por sí mismas los carretes de los inducidos, y aun en Empresas de poca importancia brinda esto ventajas considerables y seguridad no pequeña, pues, en primer lugar, mediante disposiciones ventajosas y gracias á la pericia creciente de los obreros á quienes se confía esta operación, los carretes resultarán sin duda más baratos que si se obtienen en una fábrica especialista, y, en segundo lugar, esto brinda independencia. Lo mejor es confeccionar solamente