

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA 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.

Características y servicio del automotor benzo-eléctrico ⁽¹⁾

POR

L. C. JOSEPHS, JR.

Del servicio mecánico de la General Electric Company, Schenectady, N. Y.

(*Railway Age Gazette.*)

En el estudio de un automotor cualquiera es preciso prever primeramente las dimensiones que se han de dar al motor mecánico.

La práctica ha demostrado que en los Estados Unidos para un automotor que tenga que conducir algunas veces remolques, se necesita una potencia de 1,65 á 1,93 kilovatios por tonelada métrica de peso del vehículo. En Europa, donde las condiciones del servicio son más fáciles y las velocidades reglamentarias más pequeñas, las máquinas pueden ser también más pequeñas. La cantidad antes indicada debe considerarse como la que representa la carga que la máquina puede soportar sin recalentarse excesivamente y sin averías; la sobrecarga durante corto tiempo puede alcanzar y exceder del 50 por 100.

La dinamo de un coche benzo-eléctrico necesita ser de funcionamiento todo lo flexible posible y capaz de marchar dentro de límites de velocidad muy amplios: desde el 50 por 100 menos de lo previsto hasta el 25 por 100 más.

Igualmente la carga de la dinamo debe poder variar, entre el 50 por 100 menos de la carga normal y el 200 por 100 más y la tensión entre el 70 por 100 menos del voltaje normal y el 30 por 100 más. El enrollamiento Compound de la dinamo debe ser preferentemente plano y se podrá utilizar el efecto del campo entre polos. El estudio del inducido debe hacerse minuciosamente, es preciso que pueda soportar altas temperaturas durante poco tiempo, pero no es necesario que las soporte en servicio continuo.

La potencia en kilovatios de la dinamo estará racionalmente fijada en el 80 por 100, aproximadamente, de la de la máquina, aunque esta cantidad tenga poca importancia, porque cuando la dinamo marcha á alta tensión con gran pérdida en el hierro la intensidad es débil y la pérdida en el cobre es muy reducida; recíprocamente, cuando la dinamo funciona con un gran consumo

y gran pérdida en el cobre el voltaje es débil y por consecuencia la pérdida en el hierro muy moderada.

Los motores empleados en un automotor benzo-eléctrico pueden ser del tipo normal adoptado en los ferrocarriles, lo que permite emplear un sistema ya probado durante muchos años de servicio y que simplifica la inspección y la conservación; ahora bien, como estos motores están llamados á funcionar en iguales condiciones de servicio que los de muchos ferrocarriles, es preciso que sean de construcción muy sólida y capaces de funcionar durante mucho tiempo sin necesidad de ocuparse de ellos.

Un asunto muy importante es la elección de la relación de reducción y del diámetro de las ruedas. Por regla general, para coches de ruedas de 0,838 metros y con motores, en los que la velocidad del inducido no pueda exceder de 1.800 vueltas por minuto, dará resultado satisfactorio una relación de engranaje del 2,75, aproximadamente. La elección de estos diferentes factores depende, bien entendido, del motor empleado y de la clase de servicio que tenga que prestar el coche. La combinación antes indicada se ha ensayado con automotores aislados afectos á un servicio en que rara vez se emplean coches remolcados. Con una producción de la dinamo de 100 kilovatios se obtiene un esfuerzo de tracción en la arrancada, aproximadamente, de 5.440 kilogramos, lo que permite alcanzar una velocidad de 96,6 kilómetros por hora, y para la carga normal de los motores un esfuerzo de tracción de 1.905 kilogramos á la velocidad de 15,3 kilómetros por hora.

Cuando se trate de locomotoras y automotores benzo-eléctricos que circulen con remolques á velocidades moderadas, es útil que la relación de reducción sea todo lo elevada posible; resulta de ello un esfuerzo de tracción un poco mayor en la arrancada y una velocidad mucho menor bajo la carga normal de los motores; pero, por el contrario, la diferencia en las relaciones generales entre la velocidad y el esfuerzo de tracción del equipo es muy ligera, como lo demuestran las dos curvas de la figura 1.^a, que indica las relaciones entre la velocidad y el esfuerzo de tracción para equipos similares que tengan respectivamente relaciones de engranajes de 2,75 y 3,41. Se observará que á partir de la velocidad de 16 kilómetros por hora, se confunden las dos curvas.

En un coche benzo-eléctrico es conveniente que la potencia del motor sea igual, aproximadamente, al 125 por 100 de la de la dinamo.

Esta diferencia se explica fácilmente por los métodos diferentes de evaluación de los dos tipos de máquinas. Se acostumbra á calcular la potencia de la dinamo tomando como base una ele-

(1) Extractos de una Memoria presentada en la reciente Asamblea de la Association of Railway Electrical Engineers.

vacación de temperatura de 50° C., mientras que para los motores se admite ordinariamente un recalentamiento de 75° C.

Es útil que un coche benzo-eléctrico tenga un motor mecánico de velocidad variable á causa de la flexibilidad suplementaria de las maniobras. El conjunto de las conexiones del motor

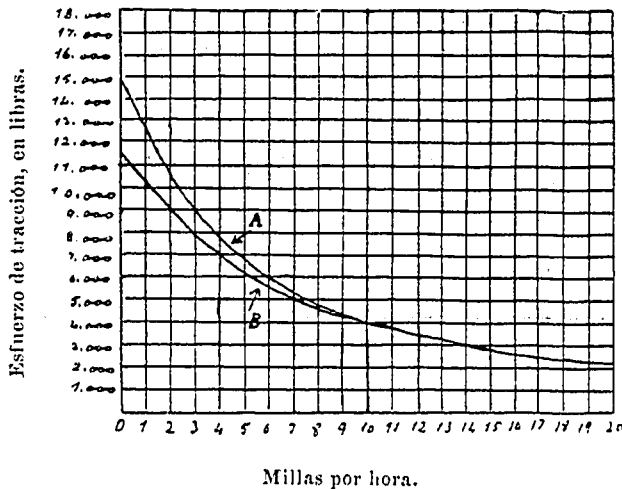


Fig. 1.ª — Efecto de las relaciones de engranajes sobre la velocidad y el esfuerzo de tracción.

Explicación: A. Relación de reducción, 3,41. Velocidad correspondiente á la potencia unihoraria, 7,6 millas (12,2 kilómetros) por hora. Velocidad máxima, 50 millas (80,5 kilómetros) por hora. — B. Relación de reducción, 2,75. Velocidad correspondiente á la potencia unihoraria, 9,4 millas (15,1 kilómetros) por hora. Velocidad máxima, 60 millas (96,6 kilómetros) por hora.

puede ser maniobrado con ayuda del modelo ordinario de regulador de cilindro, parecido al que se emplea en los coches de trole. La corriente de excitación en derivación de la dinamo puede maniobrase por medio de un tipo cualquiera conveniente de reóstato de campo, que preferentemente debe ser accionado por la misma manivela del regulador de los motores.

En esta forma, para el acoplado de los motores en serie, puede el voltaje de la dinamo ser conducido por etapas sucesivas

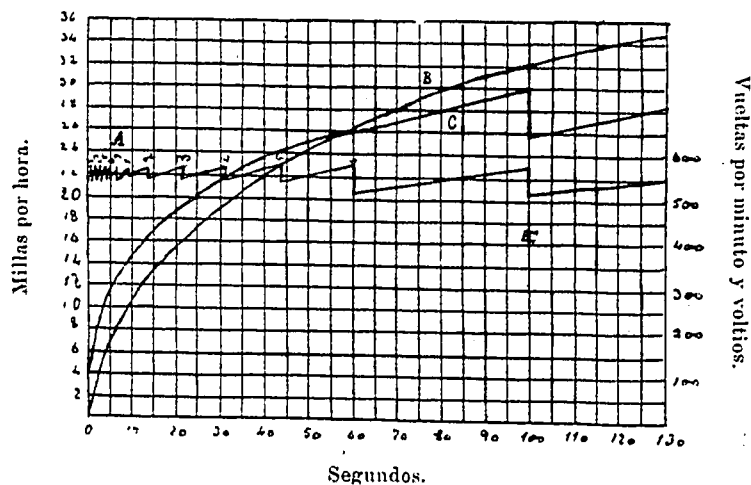


Fig. 2.ª — Curva de aceleración del coche de 54,43 toneladas métricas.

Explicación: A. Muesca 1 de marcha en paralelo. — B. Velocidad del coche en millas por hora. — C. Voltaje del motor. — D. Velocidad del motor mecánico en vueltas por minuto. — E. Inductores del motor en derivación.

desde su límite inferior á la tensión máxima, siendo el de los motores siempre igual á la mitad del voltaje de la dinamo; por otra parte, para el acoplado de los motores en paralelo el voltaje de la dinamo puede conducirse de nuevo por etapas sucesivas desde su límite inferior á la tensión máxima, siendo esta vez el de los motores igual al voltaje de la dinamo. En la práctica se halla que la combinación más ventajosa para la dotación de un automotor ordinario, es la constituida por 7 grados de voltaje en el

acoplado de los motores en serie y 6 para el acoplado en paralelo. En esta forma se obtienen trece tensiones distintas para la marcha de los motores. Además, cambiando la velocidad del motor mecánico, se puede para cada muesca del regulador hacer variar el voltaje dentro de límites extensos. En esta forma se realiza una gama completa de tensiones en los motores desde el punto más bajo de estabilidad hasta aquel en el que el campo de la dinamo está totalmente saturado. Para conseguir en la conducción del coche una aceleración regular, sin golpe, se hacen á la vez las maniobras de excitación de la dinamo y del regulador de la velocidad del motor. Esto se indica claramente en forma gráfica en la figura 2.ª, que demuestra las variaciones de la velocidad del coche, de la velocidad del motor mecánico y del voltaje durante la aceleración de un coche de 54,43 toneladas métricas.

Se ha expuesto la idea de emplear en el coche benzo-eléctrico, á título auxiliar, una batería de acumuladores. Un acumulador es esencialmente un aparato de voltaje constante y no puede adoptarse á un coche benzo-eléctrico sin el empleo de órganos susceptibles de desarreglarse á menos que la disposición de conjunto no se modifique de manera que pueda realizarse la maniobra con voltaje absolutamente constante.

Servicio.

Para que un coche benzo-eléctrico dé buenos resultados en servicio, es preciso evitar con cuidado complicar el regulador de modo que la velocidad del motor mecánico pueda apartarse sensiblemente de la mejor velocidad de marcha, que es la velocidad que da la economía máxima de combustible. Este hecho se pone en evidencia en el cuadro que se detalla á continuación, que indica la velocidad del coche y el esfuerzo de tracción para distintas velocidades del motor mecánico y para cada muesca del regulador.

Al examinar el cuadro se observará que la velocidad del motor mecánico de 550 vueltas por minuto, aproximadamente, es la más ventajosa, porque es á esta velocidad cuando el esfuerzo de tracción y la velocidad del vehículo, correspondiente á cada muesca del regulador, están mejor distribuídas entre todas las fases de la conducción.

Velocidad del motor mecánico en vueltas por minuto.	650		600		550		500		400		300	
	Esfuerzo de tracción.	Velocidad.	Esfuerzo de tracción.	Velocidad.	Esfuerzo de tracción.	Velocidad.	Esfuerzo de tracción.	Velocidad.	Esfuerzo de tracción.	Velocidad.	Esfuerzo de tracción.	Velocidad.
Muesca:	Kg.	Km.	Kg.	Km.	Kg.	Km.	Kg.	Km.	Kg.	Km.	Kg.	Km.
En serie 1.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
— 2.....	3.084	15,3	3.788	10,3	5.398	3,7	2.073	0	0	0	0	0
— 3.....	2.948	16,7	3.470	12,2	4.513	6,6	5.035	0	0	0	0	0
— 4.....	2.749	18,3	3.107	14,2	3.701	10,1	4.967	4,5	0	0	0	0
— 5.....	2.540	20,4	2.835	16,9	3.221	13,2	3.783	9,2	2.077	0	0	0
— 6.....	2.350	23,0	2.604	19,2	2.880	15,9	3.221	12,4	4.536	4,5	0	0
— 7.....	2.032	27,8	2.200	24,1	2.436	20,0	2.658	16,6	3.325	9,2	4.740	2,4
En paralelo 1...	1.279	47,2	1.606	35,1	2.404	20,4	4.740	0	0	0	0	0
— 2...	1.225	49,6	1.479	39,1	1.950	26,9	4.286	6,8	0	0	0	0
— 3...	1.143	53,9	1.310	44,4	1.588	33,3	2.200	22,0	0	0	0	0
— 4...	1.052	57,9	1.175	49,6	1.361	41,4	1.610	32,0	4.740	0	0	0
— 5...	953	65,0	1.080	55,7	1.192	47,5	1.361	39,3	1.996	21,6	2.077	0
— 6...	803	77,9	889	67,6	1.016	57,6	1.102	49,6	1.397	33,0	2.064	16,4
Inductores en derivación. { 1.	785	79,3	889	66,5	1.007	56,3	1.125	46,0	1.636	24,3	1.769	0
2.	658	95,9	730	82,6	826	69,5	907	62,0	1.166	38,0	1.751	18,7

En las velocidades menores de 550 vueltas por minuto algunas muescas resultan inútiles, y en las velocidades mayores de 550 vueltas, la separación que se produce al pasar de la marcha en serie á la en paralelo, es considerable.

Al calcular el servicio que un automotor benzo-eléctrico puede prestar, existen dos puntos importantes que es preciso determinar: primeramente la velocidad que puede preverse en el horario y luego la fuerza que puede proporcionar de un modo continuo, sin recalentamiento excesivo de la dotación.

Entrettenimiento é inspección.

La dotación de los automotores tiene desde muchos puntos de vista bastante analogía con la de los coches de viajeros para el alumbrado de los trenes; necesita, por lo demás, aproximadamente, los mismos cuidados. Como consecuencia de las propiedades particulares del automotor benzo-eléctrico, que puede asegurar el servicio de las líneas de empalme de poco tráfico mediante un pequeño gasto, no es extraño encontrar automotores en servicio en aquellas secciones más improductivas y alejadas de las grandes líneas.

Los que tienen práctica en el manejo de motores de explosión saben que es preciso prever las reparaciones antes y no después que la avería pueda presentarse.

Este es un hecho bien sabido de los encargados de inspeccionar los automotores; á veces graves averías, cuya reparación ha exigido un día, tenían por causa la deterioración de una pequeña pieza de detalle, que previamente hubiese podido arreglarla cualquiera con un destornillador ó con una llave de tuerca. Esta clase de reparación preventiva es muy necesaria en los automotores benzo-eléctricos, por cuya razón es de grandísima importancia la instrucción de los conductores de estos coches. En lo que respecta á la clase de agentes más convenientes para la mejor conducción de los automotores, se ha elegido ordinariamente al maquinista que anteriormente prestaba servicio en la misma línea en las máquinas de vapor, habiéndose comprobado de un modo general que estos agentes son aptos para la conducción de los automotores, con la condición de que reciban una instrucción completa é inspirada dentro de un sentido amplio y práctico; en otros términos, se procurará preferentemente hacerles comprender los aparatos de la dotación, que no obligarles á responder á una porción de preguntas. Cuando las explicaciones resulten más fáciles gracias á las analogías tomadas á las máquinas de vapor, será ventajoso emplear este procedimiento, pero se tendrá cuidado de no llevarlo más lejos, asimilando, por ejemplo, la derivación de los inductores del motor al manejo de la corredera de una locomotora de vapor.

Es preciso que los conductores de automotores sean capaces de efectuar todo el arreglo de los coches, de inspeccionar el motor mecánico y demás piezas de la dotación al final del día, haciendo una relación de los trabajos de entretenimiento que deben efectuarse antes del día siguiente. Además, también es necesario que uno de los ajustadores del depósito ó del taller de reparaciones esté iniciado en la construcción del automotor; este obrero estará encargado de hacer todas las operaciones regulares corrientes; no tendrá necesidad de emplear más que las herramientas de mano ordinarias de un buen ajustador-mecánico. Si el conductor desempeña con celo la inspección y el ajuste de las piezas de la dotación, la misión del ajustador se limitará á colocar en su sitio una pieza desenchajada ó alguna otra pequeña reparación de la misma clase. Ahora bien, si el conductor no hace la inspección cuidadosamente, la tarea del ajustador se hace más difícil.

Para comprobar el trabajo del conductor y el del ajustador es necesario que en épocas regulares se inspeccione minuciosamente el automotor por otro agente, con preferencia por uno de los electricistas encargados de la inspección de los aparatos de alumbrado eléctrico.

Este agente conocerá muy pronto el automotor y generalmente se interesará en su servicio, enviado periódicamente á inspeccionar los automotores de su circunscripción, es decir, todos los órganos mecánicos y eléctricos, se transmitirá su informe al servicio central, donde servirá para poner al día un cuadro que indique el estado de cada automotor.

En la discusión de esta Memoria se hizo observar que los coches deberían trabajar en el límite de su potencia normal y que no se debía continuamente sacar partido de las sobrecargas posibles.

Debe ejercerse una gran vigilancia en el entretenimiento y las reparaciones hacerse en tiempo oportuno para evitar grandes gastos. Mr. J. E. Hilton, Inspector general de los automotores del Frisco, presenta datos estadísticos muy curiosos. En el primer semestre de 1913, los gastos de conducción y de conservación de siete coches benzo-eléctricos de su red fueron, por término medio, de 57,48 céntimos por kilómetro, comprendido en ello la reparación general de tres coches.

Algunos de estos vehículos prestan un servicio muy duro remolcando 27,22 toneladas métricas y los resultados han sido muy satisfactorios. El gasto medio menor de un coche fué de 46,91 céntimos por kilómetro durante seis meses haciendo un recorrido total de 49.115 kilómetros y remolcando 29,94 toneladas métricas.

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

- V. Varias aplicaciones: 1.^a Cálculo de los valores medio y eficaz de una magnitud periódica. 2.^a Cálculo de la potencia media de un circuito. 3.^a Deducción de las ecuaciones de las curvas de la potencia. 4.^a Descomposición de la curva de la potencia en dos componentes. 5.^a Deducción de las ecuaciones de las curvas de las componentes de la potencia.

V. Varias aplicaciones.

- 1.^a—CÁLCULO DE LOS VALORES MEDIO Y EFICAZ
DE UNA MAGNITUD PERIÓDICA.

Es costumbre definir el valor *medio* de una f. e. m. ó de una corriente alterna por la ordenada media de una semionda, positiva ó negativa, porque como las de signos contrarios son simétricas, el valor medio de las ordenadas correspondientes á un período es cero. Cuando las curvas que representan aquellas magnitudes son muy irregulares, como sucede, por ejemplo, con la de la corriente de un condensador (fig 5.^a), es muy difícil, por no decir imposible, la determinación del origen de una semi-

(1) Véase el número anterior.