

El precio de la corriente de carga fué de 6,25 céntimos por kilovatio-hora.

A pesar de las condiciones desfavorables en que este coche prestó el servicio, los gastos por kilómetro no han subido más que á 39 céntimos, aproximadamente, no comprendiendo el salario del conductor. Esta cifra representa los resultados de tres años de explotación, durante los cuales el coche ha recorrido, aproximadamente, unos 50.000 kilómetros.

Resulta interesante la comparación de este último resultado, con el de un coche provisto de motor de explosión, de $\frac{7}{11}$ caballos, afecto al servicio de un veterinario, cuyo coche ha recorrido igualmente en un período de tres años, unos 50.000 kilómetros aproximadamente; habiendo sido calculados los gastos de amortización en el 20 por 100 del valor del coche, el gasto por kilómetro se ha elevado á 31,25 céntimos.

Wendt, por último, valora los gastos de un servicio extenso, referente á coches de plaza provistos de motor de explosión, tomando como base una explotación análoga á la de los coches eléctricos de Hamburgo.

Los gastos de combustible por coche-kilómetro no pueden ser en ningún caso menores de 5 céntimos; por otro lado, los gastos de engrasado, que son insignificantes en los coches eléctricos, ascienden en los de motor de explosión á 1,25 céntimos, aproximadamente, por coche-kilómetro; además, con estos últimos coches es preciso tener una cantidad relativamente grande de material de reserva (30 á 40 por 100), lo cual lleva consigo, en la misma proporción, un aumento en el capital empleado.

Si se calcula el valor de un coche de plaza, provisto de motor de explosión, en 7.500 pesetas, y la duración en 300.000 kilómetros, los gastos de amortización se elevarán á 2,25 céntimos por coche-kilómetro. En la hipótesis de que la mayor parte de los gastos anuales (cubiertas de las ruedas, gastos generales, amortización del capital empleado en la adquisición del material, interés del capital) sean los mismos, los gastos por coche-kilómetro serían iguales en ambos casos (0,45 pesetas); pero teniendo en cuenta que los gastos de reparación de los motores de explosión y de los bastidores ascienden á 9,4 céntimos por coche-kilómetro, contra 4,45 á que se elevan los de los coches eléctricos, resulta que, si bien durante el primer año de servicio los motores de explosión tienen un gasto de reparación relativamente pequeño, aumenta luego rápidamente por el desgaste del coche; por consiguiente, si el empleo de motores de explosión parece más barato en los principios de una explotación que el de los motores eléctricos, al cabo de cierto tiempo de servicio la tracción eléctrica alcanza la ventaja.

Si se quiere hacer la misma comparación con vehículos susceptibles de carga de 5 toneladas, puede hacerse basándose en los resultados de ensayos practicados; por ejemplo, un coche eléctrico consume de 90 á 95 kilovatios-hora por kilómetro y por tonelada de peso total. Las fábricas de acumuladores se encargan, en general, á precio alzado del entretenimiento y renovación de las baterías á razón de 12,5 céntimos, aproximadamente, por coche-kilómetro.

Además, un coche con la misma capacidad de carga, pero provisto de motor de explosión, consume, aproximadamente, 0,5 kilogramos de combustible por kilómetro, teniendo que añadir también 2,5 céntimos, aproximadamente, por coche-kilómetro para engrasado.

* *

Según hizo constar Went al principio de su conferencia, la competencia entre los dos modelos de automóviles en la actualidad únicamente es posible cuando el recorrido sea por terreno

llano y por carreteras en buen estado de conservación. Por el contrario, cuando el recorrido es largo y accidentado, no hay competencia posible; el motor de explosión tiene mayores ventajas, sobre todo si con un solo coche puede asegurarse el servicio; pero cuando se trate de una explotación que requiere gran número de coches, que los recorridos son poco accidentados y que el precio de la corriente no es muy elevado, la tracción eléctrica puede hasta resultar más económica que la tracción por medio de motores de explosión.

Como ejemplo de esto señalaremos el de una gran Empresa de transportes berlinesa que, después de ensayar durante largo tiempo los dos modelos de coches, ha sacado en consecuencia que los gastos de explotación en el servicio de coches de plaza, y en una ciudad como Berlín, son mucho menores empleando la tracción eléctrica que la de motores de explosión.

En fin, aun en el caso de servicios que alcancen grandes distancias, podría reservarse en el porvenir cierta extensión á la tracción eléctrica, dado que á las centrales intercomunales les convendría, en buenas condiciones, facilitar la carga de los acumuladores, sobre todo en las horas de poco consumo de energía; el factor de carga de estas centrales y, como consecuencia, su situación económica mejoraría.

Si, por otra parte, las fábricas de acumuladores se pusieran de acuerdo con las centrales para construir baterías que permitiesen reemplazar fácilmente las usadas por otras cargadas con anticipación, seguramente tomaría gran incremento la explotación de los servicios por medio de la tracción eléctrica.

H.

INVESTIGACIONES

SOBRE LA

RADIACIÓN DE LAS FUENTES LUMINOSAS ARTIFICIALES

(ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT)

Para hacer la comparación del valor absoluto de las diferentes fuentes luminosas, se ha recurrido á las dos cantidades siguientes: *al rendimiento luminoso*, es decir, la relación entre la cantidad de energía relativa á la parte visible del espectro (comprendida entre 0,41 y 0,76 μ) y la cantidad de energía correspondiente á la radiación total y *al rendimiento útil*, es decir, la relación entre la primera de estas dos cantidades de energía y la energía consumida.

Houstoun opina que entre los diferentes métodos empleados para la separación de la radiación luminosa y la radiación total, los de filtración, bajo las formas más corrientes en que se emplea, no dan resultados exactos; en efecto, los filtros de agua dejan pasar gran cantidad de rayos oscuros, lo que hace sean muy altos los valores del rendimiento luminoso obtenidos por estos procedimientos. El mismo autor opina también que las soluciones de alumbre, lo mismo que el agua, no absorben tampoco bien los rayos caloríficos oscuros. Según Houstoun y Logie, los filtros de sulfatos de hierro y de amonio son mejores que los filtros de agua, pero también insuficientes para determinar el rendimiento luminoso. Nichols y Coblenz han demostrado que los filtros constituidos con una solución de yodo en sulfuro de carbón son inadmisibles. Houstoun cree que con el método de Angström se pueden obtener muy buenos resultados en éste, después de la refracción de la parte invisible; con el auxilio de una lente cilín-

drica, la parte visible del espectro se recompone nuevamente en luz blanca fría. La cantidad de energía correspondiente á esta radiación fría visible puede luego compararse con la correspondiente á la radiación total.

Houstoun, para determinar el rendimiento luminoso de las lámparas de filamento metálico, emplea el sistema del filtro de agua, pero después de haber cuidadosamente determinado, por medio de la curva de repartición de energía, la relación entre la radiación luminosa visible que deja pasar el filtro y la radiación total que atraviesa á éste; esta relación debe, naturalmente, intervenir en el cálculo.

Respecto al método del calorímetro de agua, empleado frecuentemente para determinar el rendimiento útil, Houstoun lo considera defectuoso, dado que se trata de apreciar una diferencia relativamente débil entre grandes cantidades de calor; por consecuencia, los errores de medida pueden alcanzar el orden de magnitud de los resultados que se buscan.

Para la clasificación absoluta de las fuentes luminosas, el conocimiento del rendimiento luminoso y del rendimiento útil tiene gran importancia. Sin embargo, desde el punto de vista de la técnica práctica del alumbrado debe figurar, en primer término, el modo de repartición de la energía en la parte visible del espectro. A rendimiento útil igual, la mejor fuente de energía es aquella que da la repartición de la energía en la parte visible del espectro, lo más apropiada para la mejor sensibilidad por la vista de los diferentes colores. Los sistemas fotométricos conocidos, cuando se observan las precauciones necesarias, dan valores que, comparados con los de consumo de energía, permiten determinar de una manera práctica y suficiente las posibilidades de empleo de una fuente luminosa cualquiera. Las fuentes luminosas más antiguas de las conocidas son las llamas; presentan siempre el mismo espectro característico, sea cual fuere la naturaleza del combustible empleado. Se observa siempre que al espectro continuo de las partículas de carbón incandescentes se sobrepone el espectro discontinuo de los productos de combustión gaseosa, y particularmente los de vapor de agua y del anhídrido carbónico.

En la hipótesis de que la radiación de las partículas de carbón contenidas en las llamas está comprendida entre la del cuerpo negro y la del platino incandescente, las temperaturas límites son:

Bujía: 1687° C. á 1477° C.

Mechero Argand: 1627° C. á 1427° C.

Llama de acetileno: 2527° C. á 2232° C.

El rendimiento luminoso de la llama de acetileno lo fijó Stewart en el 3,9 por 100, mientras que Angström encontró anteriormente un valor del 5,5 por 100. Respecto á la bujía Hefner, Angström obtuvo el 0,96 por 100.

El rendimiento útil de la lámpara Hefner lo valoró Tumlriz en el 0,092 por 100, y el de la lámpara de hidrógeno en el 0,059 por 100.

Houstoun da igualmente los resultados de algunas investigaciones relativas al mechero Auer. Según los trabajos de Rubens, el vivo efecto luminoso del mechero Auer debe atribuirse á la gran emisión de la masa finamente dividida del mechero en la parte visible del espectro y á la débil emisión en la parte próxima á la región ultrarroja, que limita la parte visible. Rubens opina que la repartición de la emisión es más favorable cuando la masa del mechero contiene un 99,2 por 100 de óxido de torio y un 0,08 de óxido de cerio.

Rubens marca el rendimiento luminoso del mechero Auer en el 2 por 100. La temperatura de este mechero, según los experimentadores, varía entre 1527° C. y 1650° C.

Las propiedades radiadoras de la lámpara de filamento de carbón han sido estudiadas muchas veces, y las investigaciones respecto al particular se han llevado muy lejos. Según los estudios de Nichols y de Blaker, el filamento de carbón presentaba una radiación selectiva en el amarillo. Por el contrario, según E.-P. Hyde y Coblentz, no existía esta radiación selectiva.

Los valores límites dados por los diferentes autores para la temperatura del filamento de carbón incandescente son: 1600° C. y 1825° C. para la tensión normal. En lo que respecta al rendimiento luminoso de las lámparas de filamento de carbón, no concuerdan bien los valores indicados por los diferentes autores. Estos valores varían, en efecto, entre el 1,56 y el 3,6 por 100. Houston da para el valor medio de las lámparas á 250 voltios el 2,9 por 100.

Es conveniente hacer constar en qué medida depende el rendimiento luminoso del filamento de carbón del estado de la superficie externa de éste. Evans halló que un filamento recubierto de negro de humo consume 100 vatios para 20 bujías Hefner, mientras que un filamento de superficie externa brillante sólo necesita 74 vatios para producir la misma intensidad luminosa.

Según Drysdale, la pérdida de energía debida á la conductibilidad calorífica no puede en ningún caso pasar del 2 al 3 por 100 del valor de la energía consumida. Houstoun, por el contrario, afirma que la ampolla absorbe el 33 por 100 de la energía radiada por el filamento.

Por lo que respecta á los arcos eléctricos durante los últimos años se han practicado numerosas investigaciones sobre su formación y su estabilidad; pero en lo que se refiere al rendimiento luminoso y al rendimiento útil de los mismos, existen pocos resultados de experimentos, debido á las grandes dificultades con que se tropieza en las investigaciones de esta clase por el hecho de las variaciones incesantes á que está sometida la energía total radiada por el arco.

Según algunos experimentadores, que, sin embargo, se han dedicado á estas investigaciones, Nakano en particular, el rendimiento luminoso varía entre el 1,8 y el 19,8 por 100, según la naturaleza del arco; por consiguiente, el valor medio puede calcularse en el 10 por 100.

Por otra parte, Lux da, para el rendimiento luminoso y para el rendimiento útil de las diferentes especies de arco, los valores respectivos que figuran en el siguiente cuadro:

	Rendimiento luminoso.	Rendimiento útil.
Arco de corriente continua entre carbones puros y al aire libre...	8,1 por 100	5,6 por 100
Arco de admisión de aire limitada.	2,2 »	1,15 »
Arco entre carbones mineralizados de luz amarilla.....	17,7 »	15 »
Arco entre carbones mineralizados de luz blanca.....	8,6 »	7,56 »

Aparte de las curvas publicadas por Langley sobre la repartición de la energía en el espectro del arco entre carbones puros, no se conocen hasta la fecha otros resultados relativos á investigaciones análogas. Sin embargo, desde el punto de vista práctico y económico, sería de gran interés el conocimiento de la repartición de la energía en la parte visible del espectro de los arcos entre carbones mineralizados. Lummer y Pringsheim fijaron la posición del máximo de la repartición de energía del arco entre carbones puros en 0,7 μ , y como consecuencia valoraron que la temperatura del cráter positivo estaba comprendida entre 3.480° C. y 3.797° C. Le Chatelier, por otro lado, según las medidas

tomadas con el pirómetro óptico, indicó en 1892 las temperaturas siguientes: en el cráter positivo, 4.100° C.; en la punta negativa, 3.000° C. Por último, en la misma época, Violle encontró, por medio de un método calorimétrico, 3.500° C. en el cráter positivo y 2.690° C. en la punta negativa.

Lummer estudió la barrita Nernst y dió la curva de repartición de la energía en el espectro de este cuerpo. Para el límite de temperatura de la barrita incandescente, Lummer y Pringsheim señalan la cifra de 2450° absolutos, ó sea 2200° C.; Medenhall é Ingersoll la de 2300° absolutos, ó sea, aproximadamente, 2020° C. En cuanto al rendimiento luminoso, Ingersoll lo valora en el 4,60 por 100, como media, para una barrita nueva que consume 89 vatios bajo 110 voltios; pero al cabo de veinte horas de uso, aproximadamente, este valor baja al 4,3 por 100; algunas barritas muy usadas alcanzaron un valor del 3,6 por 100. Lux, por otra parte, para un quemador de 165 vatios, halló un rendimiento luminoso del 5,7 por 100 y un rendimiento útil del 4,21 por 100.

El estudio de las propiedades de radiación de las lámparas de filamento metálico se ha llevado muy lejos.

Waidner y Burgess han valorado, con ayuda del pirómetro óptico, la temperatura probable del filamento de tántalo, fijándola en 2000° C., y la del filamento de tungsteno, en 2300° C. Jolley, por el contrario, cree que, según la ley de Stefan, la temperatura del filamento de tántalo sólo alcanza á 1700° C., y la del filamento de tungsteno, á 1800° C.

En lo que respecta al rendimiento luminoso de las diferentes lámparas de filamento metálico, Bussner da las siguientes cifras:

Para la lámpara Tántalo de 25 bujías Hefner, bajo 110 voltios (á 115 voltios), 2,2 por 100.

Lámpara Osmiun, á 64 voltios, 2,3 por 100.

Lámpara Osram, de 50 bujías Hefner, bajo 110 voltios (á 115 voltios), 2,46 por 100.

Houstoun da, por el contrario, valores más elevados, como son los siguientes:

Para dos lámparas de tungsteno, á la tensión normal de 250 voltios, 7,6 y 3,39 por 100.

Para dos lámparas de tungsteno, á la tensión normal de 130 voltios, 7,15 y 7 por 100.

Para dos lámparas de tántalo, á la tensión normal de 125 voltios, 6,66 y 6,35 por 100.

Para una lámpara de osmio, á la tensión normal de 55 voltios, 6,52 por 100.

Por otra parte, de los trabajos de Leimbach y de Lux, se deducen interesantes indicaciones sobre las pérdidas de energía por conductibilidad.

En lo que respecta á las lámparas de vapor de mercurio, merecen citarse particularmente los trabajos de von Reklinghausen y de Polak.

Geer valora en 41 á 48 por 100 el rendimiento luminoso de la columna de vapor, para una tensión en el arco de 14 voltios y una intensidad de 5 á 9 amperios.

Estos últimos valores son verdaderamente demasiado elevados, dado que se han obtenido por medio del filtro de agua y al yodo sulfuro de carbón, el cual, como ya hemos dicho anteriormente, deja pasar gran número de rayos oscuros.

El tubo de cuarzo permite obtener una concentración de energía mucho mayor que el tubo de cristal ordinario, dado que el primero puede soportar sin peligro temperaturas más elevadas que el segundo. Con el aumento de temperatura el color de la luz se aproxima más al blanco. Además el rendimiento luminoso del arco aumenta también sensiblemente.

En fin, Houstoun considera posible crear fuentes luminosas artificiales, más económicas que las utilizadas actualmente en la práctica.

Los progresos realizados hasta la fecha se deben, principalmente, á las razones siguientes: empleo de temperaturas más elevadas (lámparas de filamento metálico) y cuerpos de radiación selectiva favorable (mechero Auer) por un lado y por otro, utilización de la radiación de los vapores de metales ó de óxidos metálicos, á los que se hace alcanzar temperaturas muy altas (arcos entre carbones mineralizados y lámparas de vapores metálicos).

Sin embargo, todas las fuentes luminosas que pertenecen á cualquiera de las categorías últimamente citadas, presentan también una pérdida de energía considerable, debido á las radiaciones oscuras.

Se hace pues, preciso, esforzarse para crear fuentes luminosas artificiales, cuya curva de repartición de energía sea lo más aproximada posible á la luz media del día, es decir, que no se difunda más que entre los estrechos límites de la parte visible del espectro, coincidiendo por otra parte el máximo, todo lo posible, con la sensibilidad máxima del ojo.

Ahora bien, desde hace mucho tiempo se conocen fenómenos luminosos que dan una repartición de energía análoga á la del «radiador de luz fría» ideal; estos fenómenos son los que se producen en el interior de los tubos en que se ha hecho el vacío. Warburg cree que en algunos tubos de Geissler, en parte alguna ha pasado la temperatura de 133° R.-W. Word valora la temperatura, en el interior de un tubo lleno de ázoe, entre cuyos electrodos se ha aplicado una diferencia de potencial continua de 1.250 voltios, comprendida entre 30° y 40° C.

Según las investigaciones de Angström, los diferentes gases, dentro de estos tubos, obran además de un modo completamente diferente; así es que para una débil diferencia de potencial entre los electrodos, obtuvo Angström, con el ázoe, un rendimiento luminoso del 90 por 100 y solamente un rendimiento útil del 8 por 100.

La radiación luminosa de gases rarificados, desde hace algún tiempo se utiliza en la práctica para el alumbrado, por medio de los tubos de Moore.

Wedding fija el consumo efectivo específico de una instalación de luz Moore con tubos llenos de ázoe, en 1,53 vatios por bujía Hefner; Flemming lo valoró en 1,78 vatios por bujía Hefner.

La naturaleza del gas empleado para llenar los tubos, ejerce, además, una gran influencia sobre la cantidad de luz emitida. Según Moore, un tubo lleno de ázoe da veinte veces más luz que otro en que se emplee el hidrógeno y dos veces más que aquel en que se use el anhídrido carbónico. Georges Claude, ensayando tubos de seis metros de longitud y cuatro y medio centímetros de diámetro cargados con neón, obtuvo un consumo efectivo específico de 0,8 vatios por bujía Hefner, comprendidas las pérdidas en el transformador.

Houstoun opina que el alumbrado por medio de tubos de gases rarificados está todavía en los comienzos de su desarrollo, pero que le está reservado un gran porvenir cuando se obtengan nuevos perfeccionamientos.

H.

