

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 15 DE NOVIEMBRE DE 1892.

4.ª Serie.

Tomo 10.

Número 21.

AÑO XL DE LA PUBLICACIÓN.

---

## SUMARIO.

El túnel de la Argentera. Tratado de construcción de túneles.—Alumbrado eléctrico del puerto de Barcelona.—Congreso internacional de ferrocarriles.

SUMARIO DEL BOLETIN.—El gas y la luz eléctrica.—Noticias.—Bibliografía.—Movimiento del personal de Obras públicas.

---

## EL TÚNEL DE LA ARGENTERA

### TRATADO DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES (1)

(Continuación.)

Puesto que en el inducido pasan 13.500 líneas de fuerza por centímetro cuadrado y su sección diametral entre los dos planos secantes antes mencionados mide una superficie de  $2 \times 2$  cm.<sup>2</sup>, requiere, para estar saturado, que la superficie del espacio de *entrefierros*, comprendido entre los mismos planos, esté atravesada por  $13.500 \times 2 \times 2$  líneas de fuerza, esto es, que el flujo total de inducción sea de 54.000; y como la mencionada superficie vale en nuestro caso

$$\frac{\pi \times 25,5 \times 160^{\circ}}{360^{\circ}} = 35,60 \text{ (2)}$$

el coeficiente  $B_s$  de la fórmula [8] es de 1.517. La diferencia de potenciales correspondiente, puesto que el *entrefierro* no lo ocupa ninguna sustancia magnética, es de

$$\Delta H' = 1,5 \times 2 \times 1.517 = 4.551 \text{ unidades,}$$

y la diferencia total de potenciales que nos proponíamos buscar será de

$$\Delta H + \Delta H' = 5.023 + 4.551 = 9.574 \text{ unidades.}$$

Para determinar qué disposición debe darse á los inductores á fin de

---

(1) Véase la REVISTA del 30 de Octubre de este año, pág. 805.

(2) Consideramos solo una unidad de la máquina.

alcanzar esta diferencia de potenciales los asimilaremos á solenóides, en los cuales representaremos por  $n$  el número de espiras de hilo que circundan al núcleo y por  $i$  la intensidad de la corriente. En esta hipótesis es sabido que la fuerza magnetizante es  $4\pi ni$  expresada en unidades C. G. S. Ahora bien, la diferencia total de potenciales á lo largo de las piezas polares puede considerarse como una fuerza *desmagnetizante*, esto es, de sentido contrario á la anterior; por lo tanto, la fuerza total magnetizante que se requiere para que á través de los electroimanes pase un número de líneas de fuerza capaz de saturar el inducido, es de

$$4\pi ni = 9.574 = X. \quad [9]$$

Vamos á determinar el valor de  $X$ . Hace poco vimos que el número total de líneas de fuerza que atraviesan los *entrefierros* en una mitad de la máquina y entre dos planos paralelos distantes entre sí 0,01 metros era de 54.000; por consiguiente, á través de la superficie á todo el ancho  $ab$  del entrefierro (figura 1.<sup>a</sup>), pasarán  $54.000 \times 12 = 648.000$  líneas de fuerza. Pero es sabido que una parte de estas líneas no atraviesa el inducido, sino que pasa directamente de una á otra pieza polar, especialmente por los extremos, cierto número de ellas, y otras irán también directamente desde una rama del inductor á la otra, sobre todo cuando éstas afectan forma de herradura, como hasta la fecha se han construido. Es preciso, pues, calcular este número de líneas perdido y agregarlo al que acabamos de determinar para poder calcular el valor de  $X$ .

Evidentemente tendremos un límite superior de dicho número si, suponiendo quitado el anillo inducido, buscamos el que pasa de una á otra pieza polar por el intervalo comprendido entre los dos planos secantes paralelos, considerando como distancia entre las mismas, ó sea como longitud del *entrefierro* actual, la de separación de otros dos planos, tangente cada uno á los extremos de la armadura correspondiente; problema sumamente sencillo, pues conocemos la diferencia total de potenciales entre las mismas.

Llamando  $S'$  la susodicha superficie y  $d'$  la distancia mencionada, tendremos, en virtud de la fórmula [8], puesto que  $\mu = 1$ :

$$9.574 = \frac{N' \times d'}{S'}$$

siendo  $N'$  el número total de líneas de fuerza que buscamos. Si nos fijamos en la figura 3.<sup>a</sup>, veremos que

$$d' = 2 \times 15 \times \text{sen. } 10^\circ = 5,22;$$

y también que

$$S' = 2 \times 13,5 \times \text{cos. } 10^\circ \times 1 = 26,60 \text{ centímetros cuadrados};$$

luego

$$N' = \frac{9.574 \times 26,6}{5,22} = 48.787;$$

y recordando que el ancho del inducido es de 12 centímetros, tendremos para valor del número de líneas de fuerza que pasan directamente de una pieza polar á otra sin atravesar aquél,

$$N'' = 48.787 \times 12 = 585.444 \text{ líneas de fuerza};$$

por consiguiente, deberán emerger de las piezas polares, para que el anillo inducido esté saturado

$$648.000 \times 585.444 = 1.233.444 \text{ líneas de fuerza.}$$

Puesto que el desarrollo del arco directriz de la superficie interior de la armadura (advírtase que solo estudiamos una mitad del dinamo) es

$$\frac{\pi 27 \times 160^\circ}{3.600} = 37,68 \text{ centímetros,}$$

aquella valdrá

$$37,68 \times 12 = 452 \text{ centímetros cuadrados,}$$

y el número total de líneas de fuerza que pasan por unidad de superficie de las mismas, será de

$$\frac{1.233.444}{452} = 2.817.$$

Conocido este número y el valor correspondiente de  $\mu$ , que según Hopkinson es de 570, tendremos para valor de la fuerza magnetizante  $x$ , llamando  $L = 108$  centímetros la distancia entre los dos puntos  $z, v$  (figura 1.<sup>a</sup>), ó sea el desarrollo de media máquina según las líneas  $zz' rx, v'v$ ,

$$x = \frac{2.817 \times 108}{570} = 534 \text{ unidades.}$$

Sustituyendo este valor en la ecuación [9] podremos despejar el de *amperes-revoluciones*  $ni$ :

$$ni = \frac{9.574 + 534}{4\pi} = 805 \text{ unidades};$$

pero estando expresado en unidades C. G. S. el segundo miembro, para que  $ni$  resulte en *amperes*, como conviene, multiplicaremos aquél por 10, puesto que la dimensión del amper, en unidades absolutas, es  $10^{-1}$ . Así, pues, el número de *amperes-revoluciones* es

$$ni = 805 \times 10 = 8.050;$$

del cual, dividiendo por 12, intensidad de la corriente en amperes, se deducirá el número total de espiras  $n$  del electroimán de media máquina:

$$n = \frac{8.050}{12} = 671 \text{ espiras.}$$

Podemos ahora muy fácilmente deducir, en vista de las dimensiones admitidas para el alma de un electroimán, el diámetro del hilo inductor, y, por consiguiente, el número de capas que deberá arrollarse en cada uno y la longitud total de hilo. En efecto, admitiendo para densidad de la corriente en el hilo inductor el valor de 2 amperes, la sección del hilo será de  $\frac{12}{2} = 6$  milímetros cuadrados; á ésta corresponde un diámetro de 2,8 milímetros; así, pues, el hilo revestido para su aislamiento tendrá 3,4 milímetros, y siendo de 170 milímetros la longitud útil de cada electro, el número de revoluciones del hilo en cada capa arrollada sobre el mismo será de

$$\frac{1.700}{34} = 50;$$

y el de éstas

$$\frac{\frac{671}{2}}{50} = \frac{671}{100} = 6,7;$$

en números redondos siete capas, que ocuparán un espesor dado por la fórmula

$$e_o = \frac{da\sqrt{3}}{2}$$

siendo  $a$  el número de capas,  $e_o$  el espesor buscado, y  $d$  el diámetro del hilo. Efectuando las operaciones indicadas por los valores que estas letras tienen en nuestro caso, resultará:

$$e_o = 20,58 \text{ milímetros;}$$

y teniendo en cuenta que la compresión no es perfecta y que el mastic aislador aumentará algo este espesor, podremos contar 22 milímetros: un poco mayor, 25 milímetros, era este espesor en las dinamos empleadas en la Argentera.

Para determinar la longitud total de hilo, aplicaremos la fórmula

$$L_t = 4 \times 336 \times s;$$

siendo  $s$  la longitud media de una espira, determinada por la ecuación:

$$s = 2(l + e + 2e_0) = 2(30 + 3,5 + 2 \times 2,5) = 77 \text{ centímetros};$$

por consiguiente,

$$L_t = 4 \times 336 \times 0,77 = 1.035 \text{ metros.}$$

El hilo del inductor de las dinamos empleadas en Argentera era de  $\frac{28}{10}$ , su peso de 60 kilogramos y su longitud de 1.000 metros (1).

(Se continuará.)

## ALUMBRADO ELÉCTRICO DEL PUERTO DE BARCELONA

(Continuación.)

Las dinamos pueden establecerse en uno ó en más grupos, alrededor de la ciudad donde su instalación sea más barata; los conductores principales vendrán á empalmarse con ambas redes en diversos puntos, repartiendo el fluido eléctrico á nuestra voluntad, ó sea en proporción del consumo (2); y como quiera que la diferencia de potenciales deberá arreglarse no al partir de las estaciones, sino en la proximidad de los puntos de empalme con las redes de dichos conductores, éstos podrán ser de pequeña sección, consin, tiendo una pérdida de 8 á 10 volts, y de aquí la economía del sistema. Pero hay más aún; como la electricidad puede afluir por diferente vías á la vez impidiendo que el potencial varíe sensiblemente con el consumo, esto permite otro considerable ahorro sobre los conductores de red. Por último-dicho sistema permite cortar dos conductores contiguos, en caso de recom-

(1) Si se quisiera calcular ahora la pérdida de potencial debido á los electroimanes, podríamos aplicar la fórmula

$$e = \frac{r L_t i}{2}$$

en la cual  $r$  expresa en ohms la resistencia de un metro de hilo inductor, igual en nuestro caso á 0,0027;  $L_t = 1.100$  metros, é  $i = 12$ ;

$$e = 17,32 \text{ volts};$$

por consiguiente, la pérdida de energía en watts, será de

$$17,32 \times 12 = 208 \text{ watts} = 0,282 \text{ caballos de vapor,}$$

próximamente el 7 por 100 de la energía utilizada.

(2) Dichos conductores constituyen los llamados «Hilos de alimentación.»