

ble, se ha efectuado parte con andamiaje y parte sin él (tramo central) por medio de una grúa que podía levantar 12 toneladas al extremo de un brazo de 10 metros.

El importe total de esta importante obra se ha elevado á 12 millones de marcos.

Tomamos esta nota de un resumen que hacen los *Annales des Ponts et Chaussées*, del artículo publicado sobre este asunto por M. Bruno Schulz en la *Zeitschr. des Ver. deutsch Ingenieur*.

## La filtración húmeda del aire refrigerante de las máquinas eléctricas

POR

D. A. HACKETT

(*The Electrical Review*.)

El empleo del aire depurado, por lo que se llama generalmente en la actualidad la filtración húmeda, es una innovación relativamente reciente, y hasta ahora existen pocas instalaciones de esta clase. Por razón del rápido desarrollo del número de generadores accionados directamente por turbinas, que necesitan para su ventilación continua volúmenes considerables de aire, muchos Ingenieros de estaciones centrales se ocupan de este método y discuten actualmente las posibilidades de empleo. El autor se propone abarcar el problema desde ciertos puntos de vista técnicos con objeto de estimular la discusión práctica.

El método de filtración húmeda consiste en poner el aire á depurar en contacto íntimo con el agua en un estado de división extrema. Se puede, pues, decir, efectivamente, que el aire se lava; las partículas sólidas en suspensión constituyen núcleos, alrededor de los cuales se forman las gotitas que son separadas, á su vez, de las corrientes del aire, tanto por la gravedad como por choque. Además de las partículas de polvo, esta operación elimina del aire los ácidos y gases generadores de ácido mezclados á este aire y por lo menos tan perjudiciales como las partículas de polvo.

El primer problema que se presenta es el de averiguar si es posible que el aire arrastre fuera del filtro partículas líquidas. Este es un problema que se reduce á la instalación de un aparato susceptible de tratar el volumen de aire necesario y está fuera de duda que los constructores de estos aparatos puedan dar las garantías de carencia total de humedad en suspensión en el aire que salga del filtro. Sin embargo, este aire está cargado de vapor de agua; ahora bien, la resistencia de aislamiento de las máquinas se reduce con la presencia de humedad y hay lugar de examinar la influencia que pueda tener la cantidad de vapor de agua del aire filtrado.

Respecto á este particular el autor hace observar que en Inglaterra, por ejemplo, sucede frecuentemente que el grado higrométrico de la atmósfera se mantiene á 100 por 100 durante largos períodos. Este es el caso que se observa particularmente en las fábricas donde existen máquinas que exigen una ventilación forzosa, y, sin embargo, cuando la atmósfera está pura se hace pasar ordinariamente á través de las máquinas aire no filtrado sin que ocasione perjuicio alguno en el aislamiento. Aún más, con tiempo nublado, el aire está saturado y contiene en suspensión partículas líquidas, y, sin embargo, no se tiene conocimiento de que las máquinas se hayan quemado por la reducción

en estas circunstancias de la resistencia de aislamiento; tampoco se han tomado nunca disposiciones especiales para reducir la humedad del aire en tiempo nublado ó en condiciones atmosféricas excepcionalmente húmedas. En fin, las máquinas están aisladas para funcionar en las condiciones ordinarias de la atmósfera que las rodea, y los ensayos prácticos indican siempre los constructores que se hacen sin precauciones especiales; aun se especifica también en muchos casos que las máquinas, antes de ser ensayadas en las condiciones atmosféricas ordinarias, deben estar durante algunos días en los talleres. Parece, pues, demostrado que el factor de seguridad del aislamiento aplicado á las máquinas eléctricas en general está garantizado con el empleo del aire filtrado por el agua.

Es conveniente examinar la influencia del paso del aire á través de la máquina. El aire, al salir del filtro, encuentra primeramente en las tuberías y en especial en los recodos cierta resistencia; debe ser empujado hacia la máquina por un ventilador. Por estas distintas causas la temperatura se eleva y su humedad disminuye. Para aumentar en un grado la temperatura de un metro cúbico de aire es preciso, en efecto, una cantidad muy pequeña de energía (2 vatios, aproximadamente, por metro cúbico y por minuto) y para un grado higrométrico dado, la cantidad de humedad decrece rápidamente cuando aumenta la temperatura del aire.

Admitamos 100 por 100 de humedad en el aire á la presión atmosférica y á 19°,5; una elevación de temperatura de 1°,5 reduce al 90 por 100 el grado higrométrico; ahora bien, el cálculo demuestra que las pérdidas de energía, en las conducciones y en un ventilador que tenga un rendimiento del 65 por 100, elevan la temperatura del aire en 3°, aproximadamente, antes de que llegue á los enrollamientos de las máquinas. En este caso el grado higrométrico del aire saturado al salir del filtro se reduce al 79 por 100, cantidad inferior á la media de las condiciones atmosféricas de la estación de invierno en Inglaterra. Observemos, además, que la atmósfera de las fábricas está siempre más recargada de vapor que lo normal.

Por otra parte, es preciso tener en cuenta el calentamiento de los enrollamientos, que se manifiesta inmediatamente después de puesta en carga. En una estación central el aire se calienta igualmente por la radiación de las calderas, máquinas y conducciones: estos dos casos, tienden, por consiguiente, á rebajar la cantidad de humedad.

Se ha exagerado la importancia de la ventaja de este método de filtración que refresca el aire al mismo tiempo que lo depura, lo que baja la temperatura máxima de las máquinas. Lo que se gana con este método no parece ser de gran consideración; es fácil de demostrarlo por medio del cálculo.

Por ejemplo, el aire á 13°,9 y 81 por 100 de humedad correspondiente á la media de las condiciones atmosféricas de verano en Inglaterra, cuando sale del filtro saturado de humedad tiene una temperatura de 12°. Este enfriamiento se produce principalmente porque la evaporación del agua absorbe una cantidad de las calorías correspondientes á su calor latente. No parece posible, exceptuando en casos particulares, reducir más la temperatura del aire, á no ser con la instalación de aparatos refrigerantes, cuyo beneficio es dudoso.

En lo que se refiere á las cualidades refrigerantes del aire húmedo, el estudio de sus variaciones de calor específico y de densidad da, para estos dos factores, un aumento del 0,2 por 100 en las condiciones medias, por lo que desde este punto de vista se obtiene una pequeña ventaja.

H.