

resultados en la fabricación del acero Martin-Siemens, tanto para comprobar la marcha del trabajo como para reconocer los productos obtenidos; constituye un guía excelente en la preparación de las herramientas, en la inspección de los alambres para resortes y en las forjas para distinguir el hierro bueno del que ofrece dificultades para la soldadura.

Los experimentos fueron objeto de gran atención, siendo muy felicitado Mr. Bermann por el Presidente.—Ω.

(Se continuará.)

LAS GRANDES CENTRALES DE VAPOR

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS CONDICIONES GENERALES DE SU ESTABLECIMIENTO

(Notas de M. G. Chevrier. — Bulletin de la Société des Ingenieurs civils de France.)

(Conclusión.)

Economizadores y recalentadores; canalizaciones de vapor.

Los dos grandes auxiliares, inseparables de una producción y de una utilización económica del vapor, son el recalentador previo del agua de alimentación, designado por el término demasiado general de economizador, y el recalentador de vapor.

Independientemente de la naturaleza de estos aparatos y de los detalles de su ejecución, la primera cuestión de orden general que se ofrece en su aplicación es ésta: ¿deben ser colectivos ó individuales? El primer caso es el del aparato independiente, distinto de los generadores y que sirve un número más ó menos grande de éstos; el segundo es el del aparato atribuido á un solo generador y haciendo cuerpo con él.

Por lo que concierne al economizador, la solución racional está al parecer claramente indicada: el aparato individual. Dicha solución presenta, en efecto, una ventaja económica evidente, por consecuencia de las dos razones siguientes:

1.º La de que pudiendo ser colocado á la salida de los gases, antes de que éstos sean enfriados parcialmente al pasar por los tragantes (por su expansión y por las pérdidas directas) podrá utilizar una temperatura más elevada, obteniéndose así las mejores condiciones de rendimiento.

2.º La de que pudiendo el agua al salir del economizador entrar directamente en el generador, no sufría la pérdida de calorías inherentes á un largo recorrido en un colector general.

Por el contrario, estas mismas razones tienden á dar ventajas al recalentador—ó grupo de recalentadores—, colectivo, colocado entre la batería de generadores y el grupo de motores servidos por ella lo más cerca posible de estos últimos, á fin de evitar la pérdida de calor ocasionada por el gran exceso de temperatura del vapor recalentado sobre el medio ambiente.

Además, la independencia del recalentador, que posee su foco propio, permite obrar con seguridad sobre el grado de recalentamiento, condición mucho más difícilmente realizable con la solución del recalentador intercalado en el generador y sometido por este hecho á todas las variaciones de una marcha más ó menos intensiva, según el estado de carga.

No obstante estas dos razones, se ve que en la mayoría de las instalaciones recientes se da la preferencia á la agrupación generador recalentador economizador, hallándose las tres series de tubos en el recorrido de la misma corriente gaseosa. Debe haber alguna razón para esta preferencia, pero no se acaba de ver claramente.

Canalización de vapor.

El esquema general de la distribución de vapor ha sido definido más arriba en sus grandes líneas; esto es, un colector en forma de V que enlace las dos líneas de generadores que están enfrente en la misma calle, más un segundo colector transversal que enlace todas las baterías y que se mantenga cerrado en servicio normal, salvo en el caso de un accidente en uno de los grupos electrógenos. Una cuestión que tiene su importancia, siquiera sea de un orden menos general, es la referente al sistema de montaje de estos colectores, desde el punto de vista de los apoyos, compensadores de dilatación, etc.

Para estos últimos, la solución generalmente admitida hoy es la del órgano mecánico—compensador de deslizamiento ú otros—con exclusión definitiva de los grandes bucles, cuya práctica ha demostrado la falta de seguridad.

En materia de apoyos, los dos principios extremos consisten: en fijar el tubo lo más libre posible, suspendiéndole por collares con tirantes verticales, ó, por el interior, en fijarle rápidamente por diversos puntos á la armadura metálica del edificio, de modo que no se deje más que el juego normal exigido por las dilataciones, asegurando este juego por compensadores convenientemente repartidos.

El primer principio debe por completo rechazarse. Un exceso de libertad resulta una licencia, y este es el caso. No solamente la tubería suspendida de este modo se encuentra sometida á los movimientos pendulares inevitables con las máquinas de émbolo y de los que ciertos tipos de turbomotores (del género Parsons) pueden no estar exentos—, lo que conduce rápidamente á la rotura de los tubos de toma de vapor en su encuentro con el tubular fijo de cada generador—, sino que la facilidad que se da de este modo á las deformaciones del conjunto es de tal manera excesiva que constituye un peligro permanente, haciendo que ciertas partes tengan que soportar esfuerzos imprevistos.

El segundo sistema, exento de este defecto de estabilidad y susceptible de dar satisfacción completa al problema si ha sido cuidadosamente estudiado en todos sus detalles, no se aplica sino en muy pequeña escala.

Finalmente, un sistema intermedio que consiste en dejar que la tubería transmita todo su peso á apoyos separados, perfectamente rígidos, por intervención de superficies deslizantes ó rodantes, las cuales permitan el libre juego de las dilataciones, asegurando por otra parte el peso de la tubería la estabilidad perdida para destruir toda tendencia ó un movimiento pendular, es la solución al parecer mejor y más general.

Servicio electro-mecánico y eléctrico.—Alternadores y cuadros de distribución.

Excitación de los alternadores.—Es la única cuestión, con relación á los grupos electrógenos, de que vamos á tratar aquí. Todo lo que se refiere al establecimiento de los turboalternadores es, en efecto, de la competencia del construc-

tor; pero es al explotador á quien corresponde, en buena lógica, la elección del modo de excitación, del cual él asume la responsabilidad efectiva durante la marcha.

Dos soluciones se ofrecen: la excitación colectiva por un grupo de unidades electrógenas independientes, sirviendo por una red común de distribución el conjunto de los alternadores de la fábrica; ó la excitación individual, por excitatriz solidaria á cada turbo alternador y á él solo destinado.

Desde que existen fábricas de corriente alterna, estos dos sistemas se han aplicado y discutido; quizás en las instalaciones modernas cuente la primera con más aplicaciones que la segunda. No obstante estas referencias, no dudamos de preferir la excitación individual, después de experimentos hechos con los dos medios y en condiciones estrictamente comparables.

Desde luego podemos fijar este hecho: el de que no existe en una fábrica central servicio más delicado, más *inmediatamente* esencial, y, por tanto, que con más interés se debe proteger contra todo peligro de accidente, que la excitación. Es el tipo del servicio de *primera urgencia*, porque su menor deficiencia en él compromete instantáneamente toda la marcha. De la excitación, en efecto, depende la *posibilidad, para la energía motora, de ser transformada en energía eléctrica*; y proporciona, por decirlo así, el punto de apoyo á la palanca, en una de cuyas extremidades actúa la fuerza motriz, y en la otra reacciona la resistencia creada por el pedido de energía sobre la red. Es, pues, el factor esencial del equilibrio dinámico; si la excitación falta en el conjunto de las unidades generadoras, se tiene, á más de la extinción, la rotura inmediata y completa de este equilibrio, con sus consecuencias: embalamiento de las máquinas motoras, elevación de la presión del vapor en los generadores, etc. Si este mismo accidente sobreviene sobre uno solo de los alternadores actualmente acoplados en paralelo, este alternador, bruscamente descargado, complicará el accidente por el hecho de encontrarse en corto circuito sobre las bornas de otras unidades generadoras, determinando la desincronización eventual de éstas, y de aquí la extinción más ó menos total, sin perjuicio de las averías que pueden resultar en tal grupo en cuestión.

En resumen: un accidente en la excitación es uno de los más graves que pueden amenazar á una fábrica; es, al mismo tiempo, uno de los menos fáciles de prevenir por la vigilancia durante la marcha. Se puede decir que en ello reside uno de los puntos débiles — el más débil quizás — de toda central, porque la excitación la mantiene propiamente en *un hilo*.

Dedúcese de aquí, como principio general, la necesidad de simplificar los órganos, de evitar toda complicación, ya en los intermediarios, ya en las maniobras, siendo ésta la razón principal que hace preferir, salvo casos muy especiales, la excitación individual á la excitación colectiva.

Con la excitatriz montada en el extremo del árbol, la conexión de sus escobillas con los anillos del inductor es directa, y esta disposición impide toda eventualidad en el circuito intermedio, pues no hay que preocuparse de intercalar un reostato en este circuito, siendo como es tan fácil y tan inmediato actuar sobre el campo mismo de la excitatriz. Es suficiente para ello que esta máquina, *habiendo sido proyectada y establecida convenientemente*, sea estable en toda la escala de la variación del voltaje en las bornas, entre el estado de plena carga y el de la marcha en vacío, antes del acoplamiento. Una dinamo cualquiera no podría en general satisfacer á esta condición, únicamente podría cebarse sobre

un circuito cerrado muy poco resistente, pero una excitatriz debe ser proyectada y calculada como tal.

Únicamente deberá ir al cuadro la conexión que cierre el circuito á través del pequeño reostato del campo, y esta conexión y este reostato, así como todos sus enganches, deberán establecerse *en condiciones de solidez á toda prueba*, basando sus dimensiones no sobre la intensidad de la corriente que los atraviesa, sino sobre la única consideración de que tengan una resistencia mecánica ampliamente considerada.

Este sistema es, como se ve, de los más sencillos, y lo es también por las maniobras. Á decir verdad, suprime toda maniobra en las excitatrices, cada una de las cuales comienza y termina su servicio al mismo tiempo que el grupo de que forma parte, sin que haya otro aparato á maniobrar que el reostato del campo.

Con la excitación colectiva, por el contrario, cuyas unidades deben ser acopladas, á medida de las necesidades, sobre las bornas del circuito común que distribuye la corriente continua á los alternadores, ó retiradas, hay lugar de que se hagan falsas maniobras. Por sencillos que sean el acoplamiento ó desacoplamiento de una dinamo de corriente continua, el electricista puede tener una distracción, y si la probabilidad de un hecho semejante es pequeña relativamente, ello va compensado de sobra, desde el punto de vista de la equidad general, por la importancia de un accidente que recae precisamente sobre la parte más vital de la instalación.

En segundo lugar, siendo las unidades excitatrices en número más pequeño que las unidades principales, adquieren también mucha más importancia que estas últimas. Hay siempre un peligro en subordinar la marcha de muchas máquinas á la de una sola, mucho menos potente. La eventualidad mayor que se debe temer, es el ver que una falta de las excitatrices inmovilice, durante todo el tiempo necesario para la reparación de las averías producidas, muchas máquinas principales.

Se puede objetar á esto, que al menos la excitación colectiva hace posible los recambios inmediatos, en tanto que la excitación individual no lo permita; pero un accidente en la excitatriz de una unidad principal no inmovilizará, momentáneamente, más que esta unidad; al día siguiente, el inducido ó la bobina inductora averiadas podrán ser cambiadas en el almacén. Además, los accidentes de los dinamos son bastante raros; el punto débil de los grupos convertidores no está generalmente en la dinamo generatriz, sino en el motor.

En cuanto á los accidentes durante la marcha, se puede admitir que una batería de acumuladores, bien instalada y bien conservada, es una garantía de seguridad, si no absoluta, por lo menos bastante satisfactoria. Su empleo se impondrá necesariamente en el caso en que la corriente de excitación sea engendrada por grupos convertidores que tomen su energía motora en las bornas del cuadro y sometidos de este modo á todos los accidentes de la red. Pero desde este último punto de vista, *no es más que un paliativo* que será preferible no tener necesidad de emplearlo.

En fin, la necesidad de asegurar la independencia de las regulaciones individuales conduce á intercalar entre cada inductor de alternador y el circuito general de corriente continua un reostato que deba soportar la intensidad total de la corriente de excitación, y esto casi sin interrupción en la mayoría de los casos. Es este un aparato embarazoso, de

una vigilancia y de una conservación generalmente delicadas, un foco de calor sujeto á averías por consecuencia de las roturas interiores, algunas veces muy graves por los contactos accidentales que ocasionan, ya entre las diversas partes del circuito, ya entre este circuito y la masa.

En resumen, no parece que la excitación colectiva pueda recabar sobre la excitación individual la ventaja de una seguridad mayor. En cuanto á la cuestión económica, es de toda evidencia que, dejando á un lado la energía disipada en calor en el reostato, la transformación directa en corriente continua de una fracción de la potencia motora de cada unidad principal dará un rendimiento superior al que se obtiene engendrando desde luego la energía eléctrica á la cual se hace sufrir después una doble transformación en grupos convertidores. La ventaja económica está, pues, igualmente del lado de la excitación individual.

Cuadro de distribución.—Centraliza, como es sabido, la energía eléctrica producida, así como los medios de comprobación y de acción que permiten regir su producción y su distribución en los feeders.

Los aparatos que entran en su composición pueden ser clasificados según tres categorías principales:

Los aparatos de maniobras propiamente dichos: interruptores diversos.

Los aparatos de regulación: reostatos de campo y reguladoras de potencia que actúan sobre la distribución de las unidades motoras.

Los aparatos de comprobación y de medida, además, para cada categoría, el conjunto de auxiliares tales como transformadores, relays, disposiciones de protección, etc.

Disposiciones generales.

La técnica de las corrientes alternas ha determinado de un modo progresivo una transformación completa del tipo inicial, según el cual se establecían antes sin distinción todos los cuadros, tanto de corriente alterna como de corriente continua. El principal agente de esta transformación es el *transformador de intensidad*, el cual, combinado con el transformador de tensión, ha permitido extender á todos los aparatos de medida esta posibilidad, precedentemente restringida solamente á los voltímetros, de establecerlos á una distancia *cualquiera* de los circuitos que se quieren medir.

Esta aplicación, que se presta á combinaciones múltiples, es fecunda en resultados prácticos. Juntamente con la acción á distancia de los aparatos de maniobras, dicha aplicación permite separar enteramente el cuadro propiamente dicho—reducido solamente á los aparatos de acción y de medida—de los circuitos de gran intensidad y alta tensión, introduciendo de esta suerte, en el arreglo extraordinariamente defectuoso, en general, de los cuadros antiguos, una disposición metódica muy racional, muy general, y que da un grado de seguridad incomparablemente superior al obtenido antes.

Con el antiguo tipo, la acción directa de los interruptores que efectuaban los cortes en el cuadro mismo, así como la necesidad de establecer los amperímetros y watímetros muy cerca de los circuitos principales, ocasionaban muy frecuentemente una gran confusión entre los diversos circuitos: continua para la excitación, alterna de baja tensión, alterna de alta tensión, subdivididas en circuitos de máquinas y circuitos de distribución, por el mayor peligro, tanto del material, como del personal. La necesidad de disimular esta con-

fusión por detrás de una fachada de bella apariencia no es una de las menores razones—abstracción hecha del apego de los electricistas clásicos á una tradición—por las cuales se justifica el empleo poco lógico de vastos recuadros de mármol ó de pizarra, de los cuales ha sonado ya la hora de su desaparición.

La característica del tipo moderno reside, pues, en la separación bien clara y perfectamente ordenada de las diversas partes, dejando por una parte el conjunto de los aparatos que el electricista debe tener á la vista y á la mano, y por otra los locales reservados á las altas tensiones, puntos de corte, etc.

Esta separación permitía atribuir á cada parte las dimensiones y las disposiciones más apropiadas á su naturaleza y á su papel, sin que sea impedido por las condiciones complejas y frecuentemente inconciliables que lleva consigo una misma localización de estas diversas partes.

Plataforma.—El puesto de maniobra ocupado por los agentes destinados al cuadro, será una plataforma elevada, descubierta, desde donde sean visibles todas las unidades de la sala de máquinas.

Los aparatos de medida deben todos montarse sobre transformadores, y los interruptores deben operar los cortes á distancia, no yendo nunca á este sitio ninguno de los circuitos principales; únicamente á el irán á parar los conductores de los galvanómetros y los circuitos de acción de los aparatos de maniobra y regulación.

En estas condiciones, que suprimen radicalmente sobre esta parte de la instalación los pesados y voluminosos interruptores, así como el embarazo de circuitos múltiples, todos los aparatos afectos á una unidad ó á un uso determinados podrán montarse sobre zócalos metálicos enfrente de las máquinas y dejando la vista enteramente libre con exclusión de todo cuadro.

Circuito de alta tensión.—Por lo que concierne á los circuitos de alta tensión, sus puntos de unión y de corte, sus aparatos de protección, etc., para el conjunto de los cuales la práctica ha sancionado el principio del cerramiento, su separación de la plataforma ofrece un recurso de los más preciosos: el de desarrollarlos en espacios ampliamente dimensionados y en condiciones que dan las mayores comodidades para las visitas y las reparaciones eventuales. Los puntos de unión entre las barras colectoras habrán de establecerse de manera que permitan el seccionamiento de las diversas partes de la distribución general, y éstas deberán ser perfectamente accesibles en todos sus puntos, hallándose todo al abrigo de contactos accidentales en el estado normal de carga.

Un defecto de las medidas protectoras es frecuentemente el sustraer á la vigilancia las partes consideradas como peligrosas. El ideal—no realizable—sería mantener éstas visibles aun bajo tensión. Sucede muchas veces que las uniones se aflojan á la larga, determinando malos contactos, destinados á ser focos de calentamiento intenso que pueden llegar á fundir el metal. Otros órganos eléctricos, situados en estas zonas peligrosas, pueden igualmente estar sujetos á modificaciones progresivas, que llegan á ponerlos fuera de servicio. Si todo está cuidadosamente cerrado, no se conocerá el accidente sino cuando sea quizás tarde para remediarlo.

Una vigilancia activa, sin interrupción—y que es por otra parte maquinaal en las prácticas—por la vista, el oído y aun el olfato, es la primera condición de un servicio de

central, y todas las facilidades deben darse para que pueda ejercerse esta vigilancia, perfectamente compatible además con las medidas de seguridad general.—O.

EMPLEO DE COMBUSTIBLES POBRES

EN HOGARES INDUSTRIALES (1)

Los esfuerzos de todo industrial celoso de poder luchar ventajosamente con la desenfrenada concurrencia que se hace mayor de día en día, van todos á parar á un mismo y único fin: *disminuir sin cesar el precio de coste*.

La carga más pesada que gravita sobre el productor es, sin duda alguna, el gasto de combustible. Bien se emplee éste como fuente directa de calor en un horno, bien se emplee como generador del vapor que ha de originar el movimiento de motores ó el caldeo de depósitos, entra siempre como el más principal factor del precio de coste en todos los productos industriales; hay, por tanto, un interés vital en abaratar todo lo posible tan importante elemento.

Los esfuerzos constantes de los Ingenieros han tendido casi exclusivamente á perfeccionar las máquinas y aparatos que utilizan el vapor para su funcionamiento, relegando á lugar secundario lo referente á mejorar los aparatos en que la combustión se produce.

La primera condición que deben éstos llenar es la de quemar *convenientemente* el combustible, es decir, quemarlo en forma que permita obtener el *máximum* de rendimiento con el *mínimum* del material empleado.

La combustión puede definirse como *una combinación química del carbón con el oxígeno del aire*. ¿Cómo se provoca esa combinación? Cargando el combustible en el hogar y haciendo pasar á través del mismo una cantidad de aire. Esta combinación, aparte del vapor de agua nacido de la oxidación del hidrógeno, da lugar á dos cuerpos, el óxido de carbono y el ácido carbónico.

Si el oxígeno falta se produce el óxido de carbono (CO) y el hogar produce un calor débil á consecuencia de ser incompleta la combustión. Si, por el contrario, la cantidad de oxígeno es suficiente, se produce el ácido carbónico (CO²), el desprendimiento de calor es muy elevado y tres veces superior al engendrado en el caso anterior; entonces la combustión es completa.

¿Qué se hace del calor obtenido de la combustión? Transmitirlo á los cuerpos que deben calentarse bajo una de las dos formas siguientes: primera, *caldeo directo* por radiación del combustible incandescente; y segunda, *caldeo indirecto* por mediación de los gases obtenidos de la combustión; gases muy calientes al desprenderse, y que se ponen en contacto con los cuerpos que quieren calentarse; cuando su temperatura ha disminuído considerablemente se les deja en libertad, pero siempre llevan consigo una cantidad mayor ó menor de calórico que se pierde en la atmósfera, determinando un mal aprovechamiento del combustible. Esta pérdida puede atenuarse, disminuyendo en lo posible el volumen de dichos gases mediante una menor admisión de aire en los hogares.

De aquí se deduce que la cantidad de aire que debe admitirse en los hogares es de una importancia capital bajo el punto de vista económico.

El defecto del aire en el tiro ocasiona combustión incompleta y, por tanto, origina una pérdida.

El exceso del mismo produce una baja de temperatura en el hogar, aumenta el volumen de los gases desprendidos y, por tanto, la cantidad de calórico que éstos arrastran á la atmósfera, originando también una pérdida.

En consideración á lo expuesto puede establecerse:

1.º La cantidad de aire admitida en el hogar debe ser la estrictamente necesaria para asegurar una combustión completa.

2.º Los elementos comburentes y combustibles deben hallarse íntimamente unidos durante la combustión para facilitar su combinación.

3.º Evitar toda pérdida de combustible no quemado, que queda bien entre las rejillas ó entre las cenizas.

Visto el importante papel que el aire desempeña en la combustión y que la intervención del mismo se consigue por medio del *tiro*, vamos á examinar los diversos sistemas de éste para indicar las ventajas é inconvenientes de cada uno de ellos.

Tiro natural.—Obtenido por la diferencia de peso entre la columna de gases encerrados en la chimenea y el de la columna de aire libre que rodea exteriormente el hogar. Este sistema descansa, por tanto, en la temperatura que alcanzan los gases citados, y como exige que esa temperatura sea muy elevada es, desde luego, antieconómico. Y lo es, además, porque es *esencialmente inestable* á consecuencia de las variaciones á que queda sujeto por la diferente dirección é intensidad de los vientos, grado de humedad de la atmósfera, presión variable de la misma, etc., etc. Agreguemos á esto que no pueden aplicarse á los combustibles baratos y llegaremos á la conclusión de que debe rechazarse su empleo.

Tiro aspirado. Tiro inducido.—Es más enérgico que el precedente y se obtiene mediante un ventilador instalado en el recorrido de los gases quemados. Presenta como inconvenientes que el hacer pasar el aire á través de las rejillas del hogar y el hacer que los gases de la combustión sean aspirados á medida que se producen, contribuye á una pérdida grande de calor; además, necesita costosas instalaciones mecánicas que se deterioran rápidamente por su constante contacto con los gases á altas temperaturas, aparte del gasto que supone el entretenimiento de dichas instalaciones.

En resumen, este sistema adolece del mismo defecto capital que el anterior y resulta antieconómico.

Tiro forzado.—Este tiro se obtiene por medio de una soplante ó de un ventilador que envía el aire al cenicero herméticamente cerrado.

Racionalmente establecido, esta disposición permite regular una buena combustión.

La aspiración de la chimenea resulta inútil, puesto que el aire comburente se produce bajo presión en el cenicero.

El tiro forzado es aplicable á toda clase de combustibles, y aun á aquellos de más difícil combustión. Además presenta este método la gran ventaja de suprimir el costoso gasto de elevadas chimeneas.

Por todo lo dicho vemos la gran economía que puede realizarse con una combustión completa del combustible empleado y de la adopción de un tiro racional para efectuar esta combustión.

Otro elemento importantísimo de economía es la elección del combustible.

(1) De Ingeniería.