



Informe técnico

Dipl.-Ing. Hardy Ernst
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



La combinación correcta de caldera y quemador

La obligación de ahorrar energía y reducir emisiones requiere forzosamente una optimización del rendimiento de caldera y quemador. La asignación óptima proporciona un funcionamiento de caldera sin daños ni mantenimiento durante años. En opinión del autor, se confiere demasiado poca importancia a determinar con esmero la necesidad de potencia real y su cobertura mediante varias calderas individuales con rendimiento conjunto. De este modo, se han observado aquí y allá daños evitables y funcionamientos poco rentables. Los siguientes incentivos indican cómo se puede mejorar el funcionamiento de sistemas de calderas de forma efectiva.

Clasificación de los sistemas de calderas por criterios de consumo

La clasificación de calderas y su potencia individual solo se puede realizar bajo la carga mínima, máxima y media esperada. Los aspectos de seguridad de funcionamiento también son importantes a este respecto, pero no deben ser el único criterio a tener en cuenta.

El calor requerido sirve principalmente para los módulos de producción.

Renovación de sistemas antiguos con los mismos criterios de consumo

Si un sistema de calderas se transforma únicamente por motivos de edad o modernización, o por la adaptación a las disposiciones de protección medioambiental, por lo general se conoce el diagrama de carga. Si no se cuenta con estos datos, se recomienda averiguar mediante anotaciones cuál es la energía requerida real antes de empezar con la planificación, a través de intervalos de tiempo representativos. Para ello, son importantes los intervalos de tiempo de la energía requerida más baja (p. ej. los fines de semana o por la noche durante el verano), pero también los picos de consumo de energía (p. ej. días fríos de invierno con la máxima producción). También deben realizarse planos e investigaciones sobre la velocidad del cambio de energía (p. ej. picos repentinos de energía requerida).

Si se cumplen o se conocen los criterios previamente indicados, se debe comprobar qué estados máximos del medio de calefacción se requieren realmente. Todo aumento innecesario de la temperatura de marcha previa en sistemas de agua caliente o de la presión del vapor en sistemas de vapor, se traduce en gastos evitables y funcionamiento ineficaz desde el principio.

Con frecuencia, las redes de calefacción antiguas existentes tienen temperaturas nominales y presiones altas, y deben reducirse a la medida necesaria, siempre y cuando los conductos instalados y los consumidores lo permitan.

Si existen consumidores de gama alta con un programa temporal definido, es necesario comprobar en qué medida es posible y razonable establecer un vínculo inteligente entre el control del consumidor desencadenante de demanda energética y el control de la caldera.

En muchos casos, se puede reducir el tamaño de un sistema de calderas completo mediante la comunicación prematura de la demanda de carga a través de impulsos externos por parte del sistema de calderas; de este modo, el sistema de calderas se traslada a una conmutación de disposición. Si se producen picos de consumo repentinos solo de forma breve o a largos intervalos de tiempo, es necesario comprobar en qué medida tiene sentido acumular energía mediante acumuladores de caída o acumuladores de agua caliente.

Nuevas planificaciones

Por experiencia, con frecuencia las nuevas planificaciones dan como resultado sistemas de calderas sobredimensionados, ya que los planificadores, fabricantes, proveedores de componentes y usuarios, a menudo atribuyen recargos a las necesidades reales. Es necesario investigar sobre estas reservas calculadas. Si existe la posibilidad de obtener información a través de otros explotadores sobre aparatos ya conectados y su necesidad de energía real, esto debe aprovecharse. No obstante, para un estrecho dimensionamiento del sistema de calderas completo es necesaria la intervención de proveedores de componentes individuales fiables, así como tener en cuenta ampliaciones que pudieran planificarse posteriormente.

A excepción de un aumento de las prestaciones que ya esté planeado definitivamente, más adelante se deberían tener en cuenta potenciales adicionales concebibles en la configuración de la red, así como el tamaño de la sala de calderas, si bien no en la clasificación de la caldera con la potencia total de ese momento.

El calor requerido sirve principalmente para la calefacción.

A diferencia de lo que ocurre en el caso del calor de producción, la demanda de carga real de calor de calefacción se determina a través del tiempo. Por lo general, el margen de fluctuación de las demandas de carga es fundamentalmente más grande y está menos definido en comparación con los sistemas de calor de producción.

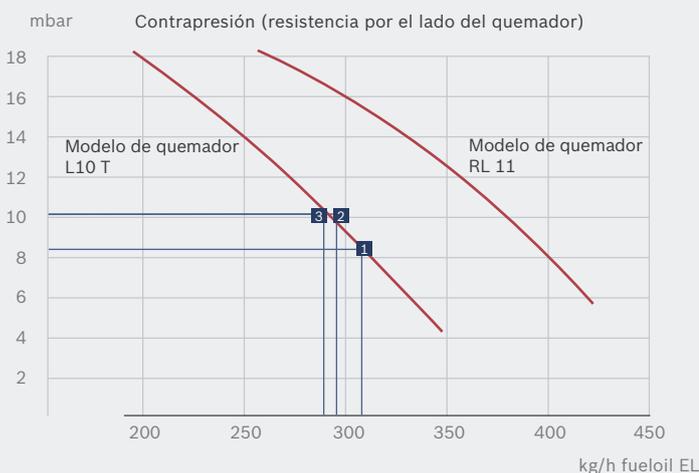
Mientras que en pleno verano, parte de los sistemas de caldera tan solo se mantienen en funcionamiento por demandas caloríficas de agua industrial, en los días fríos de invierno se requiere la potencia calorífica completa con la seguridad de funcionamiento suficiente.

Al establecer la potencia de cresta, hay que tener en cuenta que, por lo general, esta solo se requiere unos pocos días al año. En caso de emergencia, hay que aceptar el hecho de que si se produce una avería en una caldera o un quemador solo estará disponible un funcionamiento de emergencia con una oferta calorífica reducida. No obstante, es necesario asegurarse de que las partes del sistema o los componentes de red no se congelen en ningún caso.

También al establecer la potencia mínima de la caldera más pequeña se requiere más cuidado. Aquí es especialmente importante tener la seguridad suficiente al determinar la temperatura, tanto en lo que respecta a la temperatura de calefacción máxima requerida de los consumidores, como a la expansión de temperatura para valorar controles secuenciales, etc..

Diagrama característico del quemador con curvas de potencia máximas

Ejemplo de selección de quemador con amplio rango de regulación, de 1 : 4



Ejemplo 1:

Caldera compacta de tres tiros tipo UL-S 5000
Sobrepresión: 10 bar
Contrapresión en el hogar: 8,5 mbar
Consumo de combustible: 307 kg/h, fueloil EL
Potencia de caldera: 5000 kg_{vapor}/h
Campo de regulación del quemador con tipo L10 T 70 : 307 ~ 1 : 4,4 **1**

Ejemplo 2:

Caldera compacta de tres tiros tipo UL-S 5000 con ECO
Sobrepresión: 10 bar
Contrapresión en el hogar: 10,7 mbar
Consumo de combustible: 293 kg/h, fueloil EL (ahorro del 4,5%)
Potencia de caldera: 5000 kg_{vapor}/h
Campo de regulación del quemador con tipo RL11 105: 293 # 1 : 2,8 **2**

... Al reducir la potencia de caldera un 3%–4%:

Consumo de combustible: 284 kg/h, fueloil EL
Potencia de caldera: 4840 kg_{vapor}/h
Campo de regulación del quemador con tipo L10 T 70: 284 ~ 1 : 4 **3**

El mayor flujo de calor de la central de calefacción se produce en invierno, cuando los grupos de consumidores se conmutan del modo noche al modo día. Cuando estas conmutaciones no están muy espaciadas entre sí temporalmente, se genera normalmente una demanda de punta en las primeras horas de la mañana, que supera con creces la potencia nominal del sistema de calefacción. Esto debe impedirse a toda costa planificando una regulación de calefacción inteligente y desplazando temporalmente la conexión de los distintos grupos de consumidores. Aquí también debe contarse con el hecho de que, tras la conmutación en la red, se pueden producir bajadas de temperatura hasta que el sistema de calderas haya vuelto a recuperar su equilibrio.

Requisitos del sistema completo

Si se han elaborado suficientes datos seguros, se procede a la determinación de la potencia energética total.

Distribución del sistema total en varias calderas individuales

Por lo general, actualmente ya no se instalan sistemas stand-by, ya que los gastos requeridos y las pérdidas por disposición son demasiado elevados. Por este motivo, se debe asegurar que en caso de avería de la unidad más grande, el sistema de calderas siga funcionando (aunque sea de forma limitada) hasta que se haya solucionado la avería o el defecto.

En cualquier caso, se recomienda la distribución en dos calderas como mínimo. Según el diagrama de demanda de energía previamente indicado, la caldera más pequeña, por ejemplo, debería producir la carga básica por la noche o los fines de semana en verano de modo que el quemador se desconectara lo menos posible. Esta caldera se utilizaría también como caldera de carga máxima en caso de alta necesidad, que por lo general se produce en invierno, principalmente por la mañana.

Por ejemplo, si en el caso de centrales de calefacción también se da una alta necesidad de agua caliente por lotes en verano, tal como es habitual en cuarteles y empresas productoras, la potencia de caldera mínima se debe diseñar para poder prestar esta potencia de forma segura.

En algunos casos, la inclusión de acumuladores térmicos, como los amortiguadores, han probado su eficacia de forma óptima, especialmente en sistemas con quemadores de combustible sólido.

En los sistemas pequeños (potencia calorífica total < 4 MW), se recomienda realizar controles secuenciales sencillos a través de rangos escalonados de temperatura o presión. Aún mejores (y en cualquier caso, recomendables para sistemas grandes) son los controles secuenciales regulados a través de contadores de calor o de vapor, que facilitan una óptima adaptación a la carga. No obstante, debido a los gastos considerables que generan estos dispositivos, con frecuencia se realizan concesiones que más tarde se revelan muy perjudiciales.

Conclusión: el concepto de regulación debe conocerse bien a la hora de planificar el sistema total, especialmente en el caso de sistemas de agua caliente.

Asignación de quemadores

Para la selección de los quemadores, es importante establecer la demanda de potencia mínima de una caldera. La potencia mínima

en quemadores de 2 niveles es del 40%–60% de la potencia nominal, en quemadores de 3 niveles, del 35% aprox., y en quemadores de regulación continua, puede ser aún menor. Las calderas más pequeñas, hasta 2 MW, tienen generalmente quemadores de 2 ó 3 niveles. Aquí, con quemadores de regulación continua, no se alcanza una carga básica más baja, pero los gastos adicionales por quemadores, mantenimiento y ajuste son considerables. Las calderas de mayor tamaño, a partir de una potencia de quemador de 2 MW, funcionan bien con quemadores continuos, ya que el campo de regulación es más amplio en comparación con los quemadores de 2 y 3 niveles.

En caso de potencia nominal fija de la caldera sin ningún juego hacia abajo, en casos puntuales habría que escoger un tipo de quemador que realmente sería demasiado grande. Por el contrario, en caso de potencia nominal mínimamente reducida, el siguiente quemador más pequeño ofrecería ya un campo de regulación ampliado considerablemente con una potencia mínima favorable. Por ello, la adaptación de la potencia de caldera a la gama de potencia del quemador debe tenerse más en cuenta (ver también a este respecto el informe especializado „Regulación del rendimiento de calderas de vapor“). Esto ocurre especialmente cuando hay que diseñar un sistema completo compuesto por varias calderas.

La determinación definitiva del quemador y su ventilador debe realizarse de modo que, teniendo en cuenta todos los componentes que se encuentran en el flujo de gas de combustión, el quemador se ponga en funcionamiento con la caldera en carga completa y con su límite de potencia superior. Esto permite un amplio margen de reducción en la regulación del quemador en caso de rango de carga reducida, y evita las conexiones y desconexiones frecuentes. Esto es así dado que, antes de encender nuevamente un quemador, es necesario limpiar el hogar con aire fresco debido al riesgo de explosión. El aire calentado obligatoriamente en la caldera se pierde entonces por la chimenea.

Ejemplo:

Tipo de caldera UL-S 5 000

Temperatura del agua de caldera	184 °C
Rendimiento de los quemadores	3400 kW
Temperatura del aire de aspiración	24 °C
Calentamiento del aire	160 °C
Duración de aire previo	30 ... 120 s
Pérdida calorífica por ON-OFF	1,05 ... 4,20 kWh
Energía requerida en 6 ON/OFF por hora	6,3 ... 25,2 kWh

En consecuencia, no se debe recomendar al proveedor de calderas ningún tipo de quemador, para que sea posible la perfecta optimización de la caldera, los componentes del flujo de gas de combustión, los quemadores, los ventiladores y la regulación. Además, las prestaciones individuales de la caldera deben ser variables dentro de la potencia total considerando la optimización del quemador.

Por lo general, el fabricante de calderas debe disponer de una tolerancia de $\pm 10\%$ de la potencia total.

Solo con este margen podrá garantizarse sin problemas un servicio óptimo y duradero. Para ello, mostramos un ejemplo (ver diagrama): Una caldera de vapor ¹ con una potencia nominal de 5000 kg_{vapor}/h aumentó su resistencia por la parte del quemador en ² mediante la conexión posterior de un ECO, de modo que teóricamente se requería el siguiente quemador más grande. Una reducción de la potencia de caldera máxima del 3%–4% permite a ³ mantener el quemador utilizado hasta el momento, con el resultado de que se alcanza una relación de regulación de 1 : 4 frente a 1 : 2,8; todo ello unido al resto de las ventajas anteriormente indicadas.

Puesto que, no obstante, las curvas características son valores aparentes, en la práctica pueden darse resultados diferentes. Esto también incluye la tolerancia indicada anteriormente del $\pm 10\%$ de la potencia total.

Si no se acepta ningún margen, habrá que tener en cuenta, dependiendo de los casos, un potencial en las reservas de potencia, especialmente al seleccionar el quemador, que perjudicará la optimización del servicio y de los costes. No obstante, la optimización cada vez cobra más importancia, especialmente la protección medioambiental requerida para los nuevos componentes que se superponen al quemador y que limitan su flexibilidad. De este modo, por ejemplo, los quemadores equipados con dispositivos de circulación de gas de combustión, solo se desconectan y se vuelven a arrancar hasta 4 veces por hora, lo que tiene consecuencias considerables en la planificación y el servicio posterior de un sistema de calderas.

Resumen

Actualmente, al planificar una central energética es necesario tener en cuenta más criterios que antes. Los fallos del pasado deben conocerse y evitarse de forma segura.

Especial importancia tiene la correcta distribución de la potencia entre varias calderas con quemadores determinados. Si aquí diera un déficit de planificación, este se reflejaría en la necesidad de combustible debido a las conexiones y desconexiones innecesarias y a una alta carga medioambiental.

Los sistemas sobredimensionados producen un alto desgaste en los componentes, que será mayor cuanto más frecuente sea la conexión y la desconexión del quemador y deba conectarse o desconectarse otra caldera.

La seguridad de funcionamiento se reduce, ya que cada proceso de conexión y desconexión de un quemador requiere altas exigencias por parte de los equipos de control (p. ej. detectores de llama), teniendo en cuenta que, en caso de duda, se deba desconectar un sistema.

Las licitaciones y peticiones deben presentar potencias de caldera con datos de tolerancia.

Un sobredimensionamiento del quemador se traduce en un comportamiento de regulación limitado con todas las desventajas mencionadas.

Muchas calderas se utilizan durante décadas. Por el contrario, los quemadores y los dispositivos de regulación deben actualizarse en periodos de 5–10 años como mínimo, si es que no deben cambiarse completamente. Por ello, también se debe tener en cuenta una demanda de potencia adicional para más adelante al seleccionar el tamaño de la caldera, ya que aquí no existe prácticamente ninguna desventaja. Los quemadores, por el contrario, siempre deben seleccionarse de modo que se cambie en caso de un aumento pendiente de la demanda, lo que es muy posible, casi sin excepciones, en los sistemas de calderas de calefacción industriales y comunales.

Las instalaciones de producción:

Terrenos de la fábrica 1 Gunzenhausen
Bosch Industriekessel GmbH
Nürnberger Straße 73
91710 Gunzenhausen
Alemania

Terrenos de la fábrica 2 Schlungenhof
Bosch Industriekessel GmbH
Ansbacher Straße 44
91710 Gunzenhausen
Alemania

Terrenos de la fábrica 3 Bischofshofen
Bosch Industriekessel Austria GmbH
Haldenweg 7
5500 Bischofshofen
Austria

www.bosch-industrial.com

© Bosch Industriekessel GmbH | Las imágenes son solo ejemplos | Se reservan modificaciones | 07/2012 | TT/SLI_sp_FB-Kessel-Brenner_02