

Mądre planowanie

Inż. Jochen Loos, LOOS INTERNATIONAL

Właściwe określenie mocy kotła i palnika do celów przemysłowych i grzewczych

Dążenie do oszczędności energii i zmniejszenia emisji wymaga zoptymalizowania wydajności kotła i palnika.

Optymalny dobór kotła przyczynia się też do jego wieloletniej bezawaryjnej eksploatacji. Znaczenie dokładnego obliczenia rzeczywistego zapotrzebowania mocy oraz jego pokrycia przez kilka

kotłów nie znajduje jednak zdaniem autora - dostatecznego zrozumienia. Od czasu do czasu, z różnych miejsc, otrzymujemy sygnały o zakłóceniach bądź nie efektywnej pracy kotłów, których można było uniknąć. Poniższe propozycje są przykładem, jak można efektywnie polepszyć charakterystykę roboczą kotła.

1. Podział kotłów według kryteriów zużycia

Kotły można podzielić według ich mocy tylko uwzględniając oczekiwane minimalne, maksymalne i średnie obciążenie.

Znaczące są tutaj też aspekty bezpieczeństwa pracy, ale nie mogą one stać się jedynymi kryteriami.

1.1 Ciepło dla agregatów produkcyjnych

1.1.1 *Modernizacja starych kotłów przy zachowaniu kryteriów zużycia*

Jeżeli kocioł jest modernizowany tylko ze względu na wiek bądź konieczność dostosowania do przepisów ochrony środowiska, wykres obciążenia jest zwykle znany lub łatwy do sporządzenia.

Jeżeli brakuje danych, to przed rozpoczęciem planowania zalecamy

notowanie przez jakiś czas rzeczywistego zużycia energii.

Ważne są tutaj okresy najniższego zapotrzebowania energii, np. w weekendy i latem w nocy, oraz szczytowego zużycia energii, np. zimą w mroźne dni przy maksymalnej produkcji.

Ważne są też zapisy i dokumentacja szybkości zmian zużycia energii: np. czy występują nagłe skoki zapotrzebowania energii i czym są powodowane?

Kiedy już wymienione kryteria są ustalone i znane, należy sprawdzić, jakie maksymalne parametry medium grzewczego będą rzeczywiście potrzebne.

Każde niepotrzebne podwyższenie temperatury zasilania w kotłach gorącej wody czy ciśnienia pary w kotłach parowych z góry oznacza zbyteczny wzrost kosztów i nie-

efektywną pracę kotła.

Często stare sieci grzewcze mają za wysoką temperaturę i ciśnienie obciążeniowe. Takie sieci należy redukować do koniecznych wymiarów, o ile oczywiście pozwalają na to zainstalowane przewody i odbiory.

Jeżeli istnieją odbiory szczytowe o zdefiniowanym programie czasowym, należy sprawdzić, czy sensowne i możliwe jest inteligentne połączenie sterowania odbioru, wywołującego zapotrzebowanie energii, ze sterowaniem kotła.

W wielu przypadkach wielkość kotła można zmniejszyć, jeśli impulsem zewnętrznym będzie wysyłane do kotła zapotrzebowanie mocy i kocioł będzie wprowadzany w stan gotowości.

Jeżeli nagłe skoki zapotrzebowania mocy występują chwilowo i w dłuższych odstępach czasu, należy

sprawdzić, czy nie byłoby sensowne gromadzenie energii w zasobnikach spadkowych i zasobnikach gorącej wody.

1.1.2 *Nowe projekty*

Z naszego doświadczenia wynika, że nowo projektowane kotły bardzo często są za duże, ponieważ projektanci, producenci, dostawcy komponentów instalacji i użytkownicy zwykle zawyżają rzeczywiste zapotrzebowanie.

W rozmowie z projektantem, producentem kotła i wykonawcą instalacji należy zbadać zakładane rezerwy i przedyskutować ich celowość.

Jeżeli istnieje możliwość uzyskania od innych użytkowników takich samych kotłów informacji o ich rzeczywistym zapotrzebowaniu energii, trzeba z niej skorzystać. Warunkiem precyzyjnego zwymiarowania kotła jest jednak współpraca z poważnymi dostawcami poszczególnych komponentów instalacji i uwzględnienie planowanych ewentualnie późniejszych rozszerzeń.

Pomijając zawyżenie mocy, już de-

finitely wstępnie zaplanowane, każdy planowany na później potencjał dodatkowy należy uwzględnić w ukształtowaniu sieci i wielkości kotłowni, a nie w rozdziale kotłów i ustaleniu chwilowej mocy łącznej.

1.2 Ciepło grzewcze

Inaczej niż w przypadku ciepła technologicznego rzeczywiste zapotrzebowanie mocy dla ciepła grzewczego określają warunki atmosferyczne.

Zakres zapotrzebowania mocy w kotłach grzewczych jest znacznie większy i bardziej niedefiniowany niż w kotłach do wytwarzania ciepła technologicznego.

W lecie kotły są utrzymywane w eksploatacji tylko do wytwarzania ciepłej wody użytkowej, za to zimą przy najniższych temperaturach na zewnątrz potrzebna jest cała ich moc cieplna przy dostatecznej niezawodności roboczej.

Przy ustalaniu mocy szczytowej trzeba pamiętać, że będzie ona potrzebna z reguły tylko przez kilka dni w roku, a w razie potrzeby, np. awarii kotła lub palnika, może być podtrzymywana w trybie awaryjnym ze zmniejszoną podażą ciepła.

Nie wolno dopuścić do zamarznięcia

elementów kotła i komponentów sieci.

Również w planowaniu kotłów do wytwarzania ciepła grzewczego więcej uwagi należy poświęcić zminimalizowaniu najmniejszego kotła niż rozdziałowi mocy łącznej na poszczególne kotły.

Szczególnie ważne jest jednak dostateczna pewność w ustaleniu temperatury, i dotyczy to zarówno maksymalnej wymaganej temperatury grzewczej odbioru, jak również uwzględnienia różnicy temperatur do zaprojektowania ewentualnej regulacji kaskadowej itd.

Największy odbiór ciepła z ciepłowni następuje w zimie, kiedy grupy odbiorców przełączane są z trybu nocnego o niższym zapotrzebowaniu ciepła na dzienny, zwłaszcza kiedy odłączenia nie następują z dużą zwłoką jedno po drugim.

Z reguły powstaje wówczas we wczesnych godzinach rannych szczyt zapotrzebowania mocy, znacznie wykraczający poza obliczeniową wydajność kotłów grzewczych.

Można tego uniknąć przede wszystkim planując inteligentną regulację i wzajemne przesunięcie czasowe w dołączaniu kolejnych grup odbiorców. I tu również należy spodziewać się, że po przełączeniu w sieci może dojść do spadku temperatury, dopóki kotły znowu nie „opanują sytuacji”.

2. Wymagania dla całej instalacji kotłowej

Po zbadaniu i opracowaniu wymienionych kryteriów można przejść do kolejnego etapu planowania - ustalenia łącznej mocy instalacji kotłowej.

2.1 Rozdział łącznej mocy na kilka kotłów

Po ustaleniu łącznej mocy instalacji trzeba zastanowić się, czy moc ma być rozdzielona na jeden czy więcej kotłów.

Jeżeli instalacja zasilania energetycznego jest ważnym czynnikiem dla zapewnienia bezpieczeństwa produkcji lub zasilania w ciepło grzewcze, należy przeanalizować konsekwencje ewentualnej awarii kotła lub palnika.

Z reguły dzisiaj nie instaluje się już kotłów w trybie stand-by ze względu na zbyt wysokie koszty i straty wynikające z ciągłego utrzymywania kotła w stanie gotowości.

Z tego powodu należy zapewnić, aby w razie awarii największego kotła instalacja kotłowa nadal funkcjonowała, choćby w sposób ograniczony, dopóki zakłócenie czy usterka nie zostanie usunięta.

W każdym razie zaleca się zainstalować co najmniej dwa kotły.

Zgodnie ze sporządzonym wcześniej wykresem zapotrzebowania energii najmniejszy kocioł powinien np. w nocy lub w weekendy latem utrzymywać takie obciążenie podstawowe, aby palniki wyłączały się jak najrzadziej. Kocioł ten będzie też kotłem szczytowym dla maksymalnego zapotrzebowania, z reguły zimą przeważnie w godzinach rannych.

Jeżeli w ciepłowniach występuje okresowo duże zapotrzebowanie ciepła także latem, jak np. w kosza-

rach czy zakładach produkcyjnych, minimalna moc kotła powinna być obliczona tak, aby wystarczyła na zabezpieczenie tego zapotrzebowania.

W niektórych przypadkach najlepiej sprawdza się użycie zasobników ciepła jako buforów, zwłaszcza w kotłach opalanych paliwem stałym.

W mniejszych instalacjach (o łącznej mocy < 4 MW) zaleca się zastosowanie prostej regulacji kaskadowej sterowanej przez zróżnicowane zakresy temperatur i ciśnienia.

Lepsza, a w każdym razie zalecana dla większych instalacji, jest regulacja kaskadowa sterowana przez liczniki ciepła i pary, umożliwiającą optymalne dostosowanie obciążenia do zapotrzebowania mocy.

Ze względu na znaczne koszty tych urządzeń często jednak idzie się na kompromis, co później i tak okazuje się niekorzystne.

Wniosek: w planowaniu trzeba uwzględnić koncepcję regulacji - zwłaszcza w instalacjach do wytwarzania ciepła grzewczego.

2.2 Wybór palnika

Przy doborze palnika ważne jest ustalenie minimalnego obciążenia kotła. Minimalna moc wynosi w palnikach 2-stopniowych 40...60% mocy znamionowej, w palnikach 3-stopniowych ok. 35 %, w palnikach z płynną regulacją może być jeszcze mniejsza.

W mniejszych kotłach o mocy ok. 2 MW instaluje się przeważnie palniki 2- lub 3-stopniowe. Palnik z płynną regulacją nie pozwoliłby tu na uzyskanie dużo niższego obciążenia podstawowego, za to koszty jego montażu, konserwacji i regulacji są dużo wyższe.

W większych kotłach o mocy powyżej 2 MW instaluje się również palniki z płynną regulacją, zwłaszcza że ich zakres regulacji jest większy niż w palnikach 2- i 3-stopniowych.

Przy ustalonej mocy znamionowej kotła bez żadnej tolerancji w dół w wielu przypadkach dobrano by typ palnika, który jest właściwie za duży, ale pozwala na pokrycie zapotrzebowania mocy co do ostatniego procenta. Tymczasem przy bardzo niewielkim zmniejszeniu mocy znamionowej już najbliższy mniejszy palnik oferuje znacznie szerszy zakres regulacji przy korzystniejszej mocy minimalnej.

Dlatego dostosowaniu mocy kotła do zakresu mocy palnika należy poświęcić nieco więcej uwagi (por. raport branżowy „Regulacja mocy kotłów parowych”). Zwłaszcza kiedy chodzi o instalację wielokotłową.

Ostatecznego wyboru palnika i dmuchawy należy dokonać uwzględniając wszystkie elementy znajdujące się w strumieniu spalin, czyli kocioł, ekonomizer, podgrzewacz powietrza, tłumik dźwięku, długa droga spalin, urządzenie do recyrkulacji spalin - przy pełnym obciążeniu kotła palnik będzie bowiem pracować na maksymalnej swojej mocy.

Na małych obciążeniach można w znacznym stopniu obniżyć regulację palnika i zapobiec częstym jego włączeniom i wyłączeniom.

Częste włączenia i wyłączenia palnika wyraźnie odbijają się w kosztach eksploatacyjnych. Przed każdym zapłonem palnika komora spalania - aby zapobiec wyfuknięciom - jest przepłukiwana świeżym powietrzem, które podgrzewa się w kotle, zabierając ciepło, które następnie ulatuje niewykorzystane przez komin.

Przykład:

Kocioł UL-S 5000

Temperatura wody kotłowej 184 °C

Temperatura powietrza zasysanego 24 °C

Podgrzewanie powietrza $\dot{A}t$ 160 °C

Czas trwania przewietrzania 65 ... 135 s

Strata ciepła

na każde WŁ / WYŁ 4,77 ... 9,91 kWh

Zapotrzebowanie energii przy

6 WŁ / WYŁ na godzinę 29 ... 60 kWh

W związku z tym dostawcy kotła nie należy narzucać określonego typu palnika. Wybór palnika powinien pozostać kwestią otwartą, aby umożliwić optymalizację kotła, komponentów w strumieniu spalin, palnika, dmuchawy i regulacji.

Powinna też być możliwość zmiany mocy każdego kotła w granicach mocy łącznej przez wzgląd na optymalizację palnika.

W zasadzie producent kotła powinien mieć tolerancję + 10 % łącznej mocy instalacji kotłowej.

Tylko przy takiej tolerancji można zoptymalizować i zapewnić wieloletnią, bezawaryjną eksploatację kotła.

Przytoczę tu przykład (por. wykres): do kotła parowego ① o wydajności znamionowej 5000 kg_{par}/h doinstalowano ekonomizer, co zwiększyło opór kotła po stronie palnikowej ②, czyli teoretycznie potrzebny byłby już najbliższy większy palnik.

Redukcja maksymalnej wydajności kotła o 3...4 % umożliwia ③ utrzymanie dotychczasowego palnika ze skutkiem takim, że stosunek regulacji zmieni się z 1 : 4 na 1 : 2,8 i to poza wszystkimi innymi wspomnianymi wcześniej korzyściami.

Krzywe na wykresie są jednak wartościami uśrednionymi, mogą więc w praktyce nieco odbiegać od rzeczywistości. Uwzględniają też wspomnianą wcześniej tolerancję $\pm 10\%$ łącznej mocy.

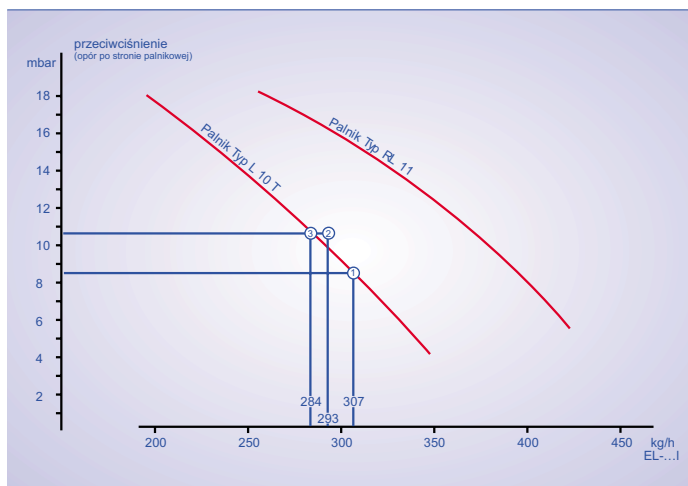
Przy braku tej tolerancji w każdym posz-

czególnym przypadku potencjalna rezerwa mocy - zwłaszcza przy doborze palnika - będzie działać na nie-korzyść optymalizacji palnika i kotła.

Optymalizacja zyskuje coraz większe znaczenie, szczególnie gdy ochrona środowiska wymaga stosowania coraz to nowych elementów, które interferują z pracą palnika i ograniczają jego elastyczność.

Na przykład palniki wyposażone w urządzenie do recyrkulacji spalin są nadal włączane i wyłączane nawet 4 razy na godzinę, co ma istotne konsekwencje dla planowania i późniejszej eksploatacji instalacji kotłowej.

Charakterystyka palnika z krzywymi mocy maksymalnej przykład na dobry dobór palnika o większym zakresie regulacji 1 : 4



Przykład 1:

Trójciągowy kocioł kompaktowy UL-S 5000

Nadciśnienie 10 bar

Przeciwność w komorze spalania 8,5 mbar

Zużycie paliwa 307 kg/h oleju lekkiego

Wydajność kotła 5000 kg_{par}/h

Zakres regulacji palnika typu L10 T 70 : 307 1 : 4,4 ①

Przykład 2:

Trójciągowy kocioł kompaktowy UL-S 5000 z ekonomizerem

Nadciśnienie 10 bar

Przeciwność w komorze spalania 10,7 mbar

Zużycie paliwa 293 kg/h oleju lekkiego (oszczędność 4,5 %)

Wydajność kotła 5000 kg_{par}/h

Zakres regulacji palnika typu RL11 T 105 : 293 # 1 : 2,8 ②

... przy redukcji wydajności kotła o 3...4 %:

Zużycie paliwa 284 kg/h oleju lekkiego

Wydajność kotła 4840 kg_{par}/h

Zakres regulacji palnika typu L10 T 70 : 284 1 : 4 ③

3. Podsumowanie

Z powyższego raportu widać, że w planowaniu instalacji kotłowej trzeba dzisiaj uwzględnić więcej kryteriów niż do tej pory.

Trzeba rozpoznać i unikać błędów popełnianych w przeszłości.

Znaczenie elementarne ma zwłaszcza właściwy rozdział mocy na kotły.

Każde niedociągnięcie projektowe w tym zakresie zaowocuje większym zużyciem paliwa, spowodowanym ciągłym niepotrzebnym włączaniem i wyłączaniem palników.

Skutkiem tego będą też większe obciążenia dla środowiska, ponieważ każde uruchomienie palnika emituje zwiększoną ilość CO i NOx.

Wyraźnie za duże kotły powodują szybsze zużycie komponentów, tym szybsze, im częściej włącza/wyłącza się palnik i dołączany lub wyłączany jest kolejny kocioł.

Mniejsza jest też niezawodność eksploatacyjna, ponieważ każde włączenie i wyłączenie palnika wymaga uruchomienia urządzeń kontrolnych (np. czujnika płomienia), które w razie wątpliwości wyłączają całą instalację.

Przetargi i zapytania powinny uwzględniać podaną tolerancję mocy kotła.

Praktycznie nie istnieje urządzenie, które wykazywałoby moc wskazaną przez projektanta bez tolerancji.

Związanie dostawcy dokładną mocą kotła zawsze oznacza nadmierną wielkość kotła ze wszystkimi wymiennymi wcześniej następstwami.

Dobór za dużego powoduje ograniczenie regulacji ze wszystkimi wspomnianymi negatywnymi skutkami.

W większości przypadków kotły są użytkowane przez wiele dziesięcioleci. Palniki i urządzenia regulacyjne trzeba natomiast co najmniej aktualizować, jeśli nie wymieniać, co 5-10 lat.

W związku z tym brany pod uwagę późniejszy wzrost zapotrzebowania mocy też trzeba uwzględnić przy wyborze wielkości kotła, gdyż tu praktycznie nie wynikają żadne niekorzyści (por. raport branżowy „Jaki kocioł parowy na jakie zapotrzebowanie”). Palniki natomiast trzeba dobierać tak, aby w razie wzrostu zapotrzebowania można było je wymienić - co w przypadku kotłów przemysłowych i komunalnych nie stanowi problemu.



Industriekesselanlage mit Kesseln gleicher Leistung und gleichen Brennergrößen bei weniger Dampfbedarf kann jederzeit problemlos umgerüstet werden.