



## Raport branżowy

[www.bosch-industrial.pl](http://www.bosch-industrial.pl)

Efektywność energetyczna BOSCH:

Moduł automatyki rozruchu dla kotłów parowych

Inż. Bernhard Morawietz, Członek Zarządu LOOS Centrum  
Dipl.-Ing. Jochen Loos  
Dipl.-WirtschaftsIng. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH) Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH

Pod skrótem SUCcess kryje się „Start-Up-Control combined with Shutdown and Standby”, wariant sterowania i wyposażenia umożliwiający automatyczną pracę kotła parowego w trybach pracy normalnej, podtrzymania w gorącej rezerwie, stanie gotowości oczekującej (Cold Standby) i gotowości pełnej (Hot Standby). Kiedy system SUCcess jest używany, procesy rozruchu<sup>1</sup> i zatrzymania są przeprowadzane w pełni automatycznie i w sposób łagodny dla kotła za naciśnięciem przycisku lub w odpowiedzi na zadany sygnał sterujący z systemu nadrzędnego. Funkcje automatyki zabezpieczają kocioł przed zbędnymi naprężeniami w procesach zimnego startu, zatrzymania oraz w trybach podtrzymania i normalnej pracy.

### Przesłanki techniczne

#### Zimny rozruch

Rozruch ze stanu zimnego stanowi dla kotła płomieniowopłomieniówkowego dużo większe obciążenie mechaniczne niż praca w trybie regulacji. Stany podobne do zimnego rozruchu mogą wystąpić też np. po dłuższych przestojach czy w instalacjach wielokotłowych ze sterowaniem kaskadą bez utrzymania ciśnienia i temperatury (stan gotowości oczekującej), i charakteryzują się tym, że woda w kotle nie wrze. Powodem większego obciążenia mechanicznego towarzyszącego zimnemu startowi jest znacznie większa

różnica temperatur między płomienicą a płaszczem kotła w porównaniu z rozruchem w trybie regulacji. Płomienica rozszerza się więc znacznie bardziej ku powłoce kotła niż w trybie regulacji. To zaś prowadzi do znacznie większych mechanicznych obciążeń elementów łączących i kotwiących między płomienicą a powłoką kotła lub płomienicą a chłodniejszymi od niej płomieniówkami, takich jak np. połączenie płomienicy z dnem, rur kotwiących, połączenia płomienicy z komorą nawrotną czy kotew narożnych. Obciążenie to przybiera jeszcze na sile, gdy w czasie trwania procedury rozruchowej nie tworzą się pęcherzyki pary lub powstaje ich bardzo niewiele, co ma miejsce wówczas, gdy

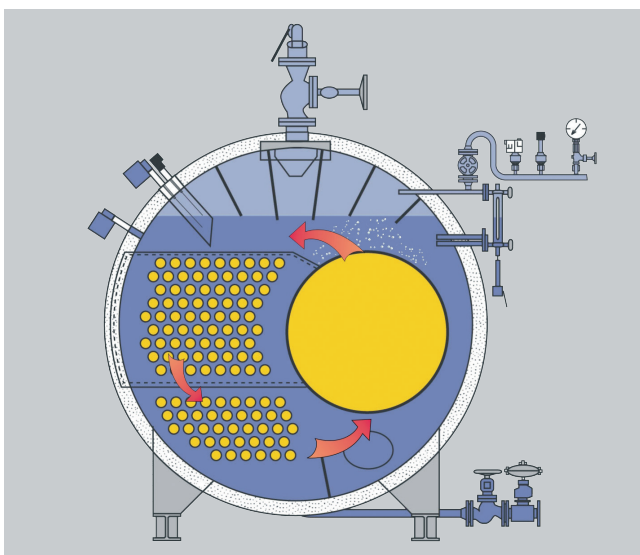
<sup>1</sup> Wyposażenie w SUC nie zwalnia operatora kotła z obowiązku obecności w kotłowni. Podczas automatycznego rozruchu kotła ze stanu zimnego (zimny rozruch) obecność operatora kotła w kotłowni jest nieodzowna, np. w celu sprawdzenia uszczelnień włączów lub interwencji w razie wystąpienia nietypowych zjawisk.

rozruch następuje przy zamkniętej armaturze poboru pary. Nie wytwarza się wówczas naturalny obieg wody, jaki normalnie występuje w kotle parowym (Rys. 1). W konsekwencji w kotle formują się warstwy o różnych temperaturach (zimno na dole, gorąco na górze), co pociąga za sobą dodatkowe naprężenia.

### Przeciążenie i duże szybkości zmian obciążenia

Każdy kocioł parowy jest zaprojektowany na określoną wydajność znamionową, z którą może stale dostarczać parę. Gdy ilość pobieranej pary przekroczy tę wydajność znamionową, aktualne nadciśnienie robocze kotła spada, nawet jeśli palenisko pracuje nadal na swojej pełnej mocy. Ze względu na – w zależności od piku obciążenia – mniej lub bardziej gwałtowny spadek nadciśnienia roboczego i związane z nim obniżenie temperatury wrzenia w przestrzeni wodnej kotła zachodzi zjawisko wtórnego parowania. Oznacza to, że w całej przestrzeni wodnej kotła tworzą się dodatkowe pęcherzyki pary. W związku z tym, że para wodna zajmuje większą przestrzeń niż woda, a pęcherzyki pary potrzebują nieco czasu, aby zdolać oddzielić się od powierzchni wody i unieść do przestrzeni parowej, woda zaczyna się pienić. Pienienie się wody może mieć negatywne skutki w postaci niekontrolowanego podniesienia się poziomu wody albo odwrotnie – wyłączenia kotła wskutek niedoboru wody, a ponadto może doprowadzić do przerzutów piany wraz z parą do instalacji parowej. W efekcie mamy do czynienia z wilgotną parą, uderzeniami wodnymi, korozją, osadami soli i nieuszczelnnością armatur w podłączonej do kotła sieci pary i kondensatu.

Przy dużej szybkości zmian obciążenia i wynikających z nich silnych wahaniami ciśnienia w kotle mogą wystąpić niekorzystne stany przepływów, nawet bez przekraczania znamionowej wydajności. Konieczne do odprowadzenia ciepła z powierzchni grzejnych tworzenie się pęcherzyków pary może ulec stagnacji lub ewentualnie może wystąpić łączenie się wielu małych pęcherzyków pary w większe pęcherze, które nie od razu oddzielają się od powierzchni grzewczych sprzyjając miejscowemu przegrzewaniu.



Rysunek 1: Schematyczne przedstawienie tworzącego się we wnętrzu kotła naturalnego obiegu, gdy w czasie trwającego procesu rozruchu jest umożliwiony odpływ pary

## Jak uniknąć obciążeń i przedwczesnego zużycia?

### Rozruch ze stanu zimnego

Z wymienionych wyżej powodów rozruch kotła ze stanu zimnego powinien mieć jak najłagodniejszy przebieg i odbywać się ściśle według instrukcji obsługi. Do momentu osiągnięcia niewielkiego nadciśnienia roboczego woda w kotle powinna być podgrzewana z możliwie najmniejszą mocą palnika. Poziom wody w kotle musi być kontrolowany z uwzględnieniem rozszerzalności cieplnej wody. Jeśli poziom wody wzrośnie nadmiernie, należy go obniżyć otwierając armaturę odmulającą. Ważne jest, aby w fazie rozruchowej uzyskać dobre wymieszanie wody kotłowej. To pozwoli uniknąć niepotrzebnych obciążeń naprężeniami termicznymi. Uzyskać taki stan można przez lekkie otwarcie armatury poboru pary. Niewielka ilość pary może wtedy przepłynąć do podłączonej sieci. Uruchamia się naturalny wewnętrzny obieg wody w kotle. Gdy zostanie osiągnięte średnie nadciśnienie robocze należy powoli zwiększać ilość pobieranej pary przez stopniowe otwieranie armatury poboru pary. Uderzeń wodnych w rurach spowodowanych ewentualną obecnością w nich kondensatu, przeciążenia kotła parowego, a także niepotrzebnych naprężeń w podłączonej sieci rur można uniknąć powoli rozgrzewając sieć.

### Przeciążenie i duże szybkości zmian obciążenia

W idealnej sytuacji ta kwestia zostałaby już uwzględniona na etapie projektowania instalacji i struktury odbiorników. Jeżeli silne wahania odbiorów i związane z nimi wahania ciśnienia w sieci, np. gdy jest zainstalowany akumulator pary, są nieuniknione, zautomatyzowane urządzenia powinny w razie potrzeby ograniczać bądź uniemożliwiać pobór pary i tym samym ich negatywne następstwa.

### Automatyczne sterowanie rozruchem, stanem gotowości i zatrzymaniem SUC

Automatyczne sterowanie rozruchem, stanem gotowości i zatrzymaniem SUC automatyzuje pracę urządzeń, które w przeciwnym razie musiałyby być obsługiwane ręcznie. Oprócz typowego wyposażenia kocioł parowy posiada napędzaną silnikiem armaturę poboru pary i automatyczną armaturę odmulającą. Zintegrowane w systemie zarządzania kotłem BCO funkcje sterowania i regulacji dbają o automatyczny i łagodny dla kotła rozruch ze stanu zimnego. Przeciążenia i duże szybkości zmian obciążenia są wykrywane, a ich szkodliwe skutki niwelowane przez regulację.

### Rozruch ze stanu zimnego lub stanu gotowości oczekującej (Cold Standby) systemu wielokotłowego

Za naciśnięciem przycisku lub w odpowiedzi na zadany sygnał z systemu nadrzędnego SUC system łagodnie uruchamia zimny kocioł (Rys. 3). Do momentu osiągnięcia nastawionego ciśnienia ochronnego kotła woda w kotle jest podgrzewana przez palnik pracujący na niskiej mocy. Poziom wody jest stale monitorowany i w razie potrzeby regulowany za pomocą automatycznej armatury odmulającej. Po osiągnięciu nastawionego ciśnienia ochronnego kotła następuje uruchomienie regulacji mocy palnika i armatura poboru pary z napędem silnikowym otwiera się powoli, aby wypuścić niewielką ilość pary. SUC dostosowuje fazę rozruchu do panujących warunków ciśnieniowych, aby uzyskać optymalny dla kotła i odbiorników przebieg rozruchu. Naturalny, wewnętrzny obieg wody w kotle uruchamia się, co pozwala uniknąć niepotrzebnych naprężeń termicznych. Wypuszczona ilość pary powoduje powolne nagrzewanie się podłączonej za kotłem sieci. Gdy zostanie osiągnięte średnie nadciśnienie



Rysunek 2: Zawór zniszczony przez uderzenie wodne

robocze, kocioł przechodzi na pracę normalną.

#### Proces zatrzymania

Proces automatycznego zatrzymania może być również wywołany za naciśnięciem przycisku lub w odpowiedzi na zadany sygnał sterujący. Zamyka się armatura poboru pary i moc palnika jest powoli redukowana aż do momentu, gdy sterownik palnika ostatecznie całkowicie zatrzyma podawanie paliwa. Kocioł przechodzi w stan gotowości i czeka na kolejne ządania.

#### Reakcja na przeciążenia i duże szybkości zmian obciążenia

Zintegrowana funkcja ochrony przed przeciążeniem zapewnia utrzymanie niezmięnionej jakości pary w razie nagłych skoków obciążenia. Jeśli nadciśnienie robocze kotła parowego spada mimo, że palenisko wciąż działa na obciążeniu znamionowym, jest to pewna oznaka przeciążenia. Zintegrowana regulacja ochronna kotła wykrywa problem i przy pomocy armatury poboru pary z napędem silnikowym redukuje upust pary dotąd, aż ciśnienie w kotle ponownie się ustabilizuje. Takie działanie pozwala uniknąć przerzutów wody do pary i ich szkodliwych następstw, takich jak zasolenie i korozja podłączonych za kotłem komponentów.

#### Podtrzymanie w gorącej rezerwie lub stan gotowości pełnej (Hot Standby) systemów wielokotłowych



Rysunek 3: Interfejs użytkownika Boiler Control BCO –za naciśnięciem przycisku z symbolem rozruchu na ekranie dotykowym lub w odpowiedzi na zewnętrzny sygnał sterujący następuje w pełni automatyczne uruchomienie kotła.

W trybie podtrzymania w gorącej rezerwie lub w stanie gotowości (np. w systemie wielokotłowym, gdy kolejny kocioł nie jest potrzebny), upust pary z danego kotła zostaje wstrzymany. W tym trybie pracy paleniska załączają się tylko sporadycznie, aby wyrównać straty ciepła uciekającego przez przewodzenie i promieniowanie. Gdy taki stan utrzymuje się przez dłuższy czas (> 3 dni), w kotle zaczyna kształtować się warstwowy rozkład temperatury. Gdy kotły utrzymywane w gorącej rezerwie są ponownie włączane do normalnej pracy, to wysokie ciśnienie robocze (górną strefę gorącą) powoduje natychmiastową dyspozycyjność kotła. Sterowanie wywołuje w takim kotle przy odpowiednim zapotrzebowaniu w bardzo krótkim czasie duże obciążenie palnika. Ze względu na warstwowy rozkład temperatury w kotle wystąpią wówczas ekstremalne naprężenia termiczne, jak już opisano w punkcie „Zimny rozruch”. Cykl rozruchowy napędzanej silnikiem armatury poboru pary jest automatycznie dostosowany w oparciu o aktualne warunki w kotle, aby w pierwszej kolejności wywołać naturalny, wewnętrzny obieg wody mający bardzo szybko doprowadzić do wymieszania się wody kotłowej.

Taki sposób działania pozwala uniknąć ekstremalnych naprężeń termicznych i wystąpienia warstwowego rozkładu temperatury.

#### Korzyści dla klienta

Moduł automatyki rozruchu SUCcess z automatycznymi funkcjami ochronnymi zapewnia długą i bezproblemową pracę kotła. Podczas gdy wcześniej personel obsługujący musiał sam troszczyć się o wiele czynności kontrolnych, teraz wystarczy jedno naciśnięcie przycisku, aby uruchomić kocioł ze stanu zimnego.

Podczas normalnej pracy funkcje automatyczne interweniują w przypadku przeciążenia i chronią instalację przed przerzutami wody do pary i ich następstwami, takimi jak uderzenia wodne, korozja lub złogi soli w podłączonych za kotłem elementach. W fazie podtrzymania w gorącej rezerwie pobór pary jest umożliwiony przy każdym załączeniu paleniska, co z kolei stymuluje naturalny, wewnętrzny obieg wody w kotle i zapobiega warstwowemu rozkładowi temperatur. Operator kotła zostaje odciążony od swoich dotychczasowych rozległych obowiązków i przy rozruchu kotła może skupić się jedynie na czynnościach związanych z samym tylko monitorowaniem i nadzorowaniem.



## Bosch Industriekessel GmbH

Nuernberger Straße 73  
91710 Gunzenhausen/Niemcy

[www.bosch-industrial.com](http://www.bosch-industrial.com)

**LOOS**  
KOTŁY PRZEMYSŁOWE

## LOOS Centrum Sp. z o.o.

ul. Marii Kazimierzy 35

01-641 Warszawa

 +48 22 561 90 90

 [loos@loos.pl](mailto:loos@loos.pl)

[www.loos.pl](http://www.loos.pl)

[www.bosch-industrial.pl](http://www.bosch-industrial.pl)

Dołącz do nas na

**LinkedIn**

<https://www.linkedin.com/company/loos-kotly-przemyslowe-bosch/>

<https://www.linkedin.com/in/bernhard-morawietz-kotly-przemyslowe-bosch/>

**YouTube**

[https://www.youtube.com/channel/UCy-28sagt844xzdAAMMN\\_ew](https://www.youtube.com/channel/UCy-28sagt844xzdAAMMN_ew)



## KONTAKT

### Centrum Obsługi Klienta

Białystok + 48 604 290 608

Bydgoszcz + 48 604 290 606

Gdańsk + 48 604 290 611

Gorzów Wlkp. + 48 604 290 606

Katowice + 48 604 290 602

Kraków + 48 604 290 610

Kielce + 48 604 290 602

Lublin + 48 604 290 610

Łódź + 48 604 290 602

Olsztyn + 48 604 290 611

Opole + 48 604 290 607

Poznań + 48 604 290 606

Rzeszów + 48 604 290 610

Szczecin + 48 604 290 611

Warszawa + 48 604 290 608

Wrocław + 48 604 290 607

Modernizacja + 48 734 128 755

Serwis + 48 602 190 003

Części + 48 735 202 861

