

Regulacja dopływu wody zasilającej do kotła parowego podczas gwałtownych zmian poboru pary.

Krzysztof Szałucki

Wstęp.

Podczas pracy instalacji technologicznych zasilanych parą bardzo często, szczególnie w czasie uruchamiania i wyłączenia dużych odbiorników ciepła, obserwuje się gwałtowne zmiany zapotrzebowania pary produkowanej w kotle parowym. Gwałtowne zmiany obciążenia kotła parowego mogą być przyczyną szeregu zaburzeń w jego poprawnej pracy.

Nowoczesne kotły parowe charakteryzują się wciąż malejącą przestrzenią parową. Oznacza to konieczność ograniczenia dopuszczalnych wahań poziomu wody, szczególnie tych związanych z gwałtownymi zmianami obciążenia kotła od strony pary. Jeżeli zależy nam na bezproblemowej pracy kotła konieczne jest zastosowanie właściwych systemów regulacji, które będą optymalizować proces wytwarzania pary.

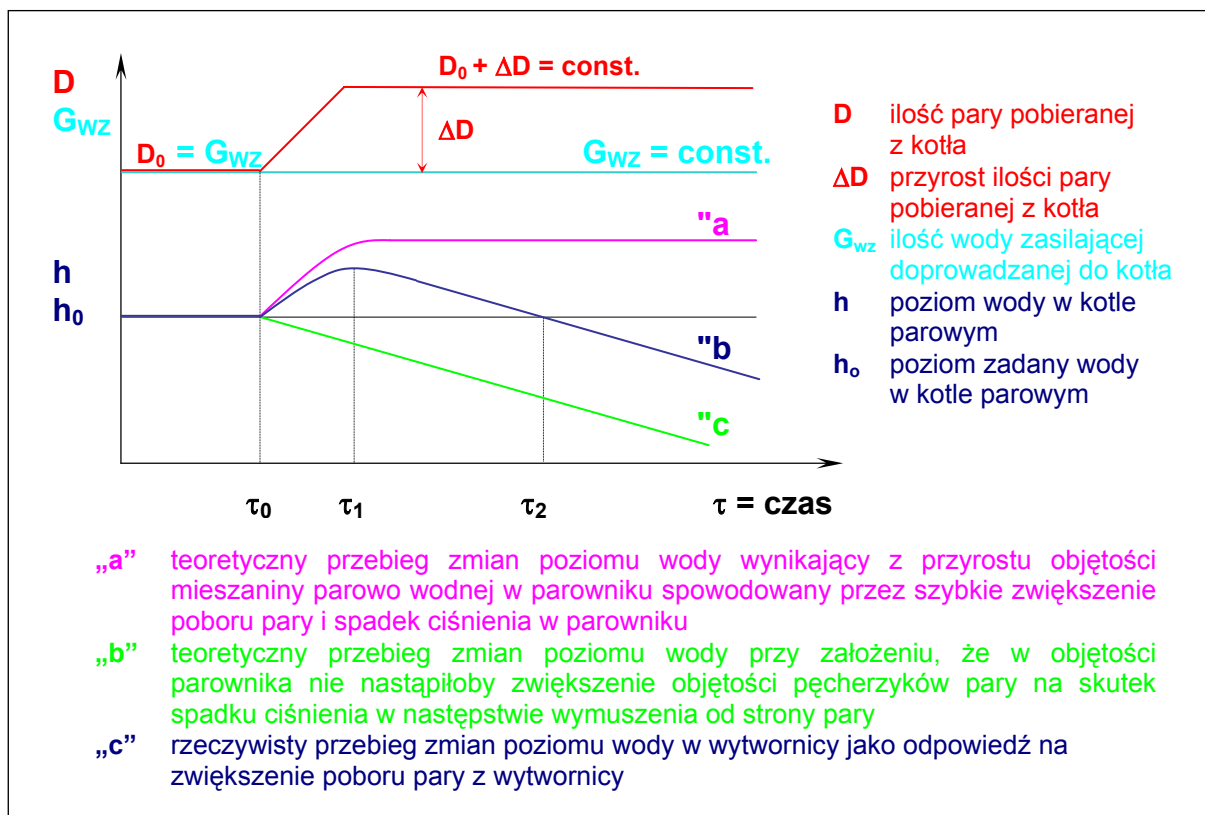
Pierwszym krokiem w zakresie poprawy stabilizacji poziomu wody w kotle parowym jest zastosowanie ciągłego (modulowanego) systemu regulacji w miejsce systemu nieciągłego (interwałowego) polegającego na załączaniu i wyłączaniu pompy wody zasilającej. Oba jedno-impulsowe (tylko impuls od pomiaru poziomu) systemy regulacji poprawnie pracują w przypadku kotłów o dużych objętościach wodnych i w stabilnie pracujących instalacjach. Praca w warunkach gwałtownych zmian obciążenia od strony poboru pary stawia nowe wymagania. Wówczas szczególnie dla kotłów o konstrukcyjnie mniejszej przestrzeni parowej konieczne jest zastosowanie systemów regulacji i stabilizacji poziomu wody bazujących na więcej niż jednym impulsie pomiarowym.

Dlaczego gwałtowne zmiany obciążenia od strony poboru pary są niebezpieczne?

W przypadku gwałtownego wzrostu poboru pary z kotła następuje spadek ciśnienia, którego efektem jest chwilowy gwałtowny wzrost poziomu wody (Rysunek 1) oraz bardzo silne wzburzenie powierzchni wody na skutek zwiększenia objętości i intensywności powstawania pęcherzy parowych w objętości wodnej kotła. Zjawiska te powodują nie tylko fałszywe zadziałanie jedno-impulsowych regulatorów poziomu (ograniczenie dopływu wody zasilającej przy wzroście poziomu wody), ale również są przyczyną porywania wody kotłowej do instalacji parowej.

Po wykorzystaniu efektów związanych z akumulacją ciepłą przestrzeni wodnej kotła poziom wody gwałtownie spada również na skutek doprowadzania znacznych ilości chłodniejszej wody zasilającej.

Nieprawidłowe zadziałanie jedno-impulsowego regulatora poziomu, po chwilowym wzroście poziomu, może być przyczyną awaryjnego wyłączenia kotła z ruchu na skutek spadku poziomu wody poniżej najniższego dopuszczalnego konstrukcyjnie poziomu wody.



Rysunek 1. Poziom wody jako wielkość regulowana.

Podczas gwałtownego wzrostu obciążenia kotła parowego od strony poboru pary następuje "fałszywy" wzrost poziomu wody oraz bardzo silne spienienie powierzchni lustra wody. Zjawiska te połączone ze wzrostem prędkości przepływu pary z kotła są przyczyną porywania wody kotłowej do instalacji parowej. Na skutek obecności znacznych ilości soli rozpuszczonych w wodzie kotłowej jej obecność w instalacji parowej jest bardzo niebezpieczna dla rurociągów i ich armatury. Sole odkładając się w instalacjach pary i kondensatu powodują zawężanie ich przelotu, co z kolei powoduje znaczny wzrost oporów przepływu, które mogą być przyczyną braku możliwości dotrzymania wymagań technologii grzewczej. Szczególnie istotny jest brak wtrąceń zasolonej wody kotłowej w przypadku bezpośredniego oddziaływania pary na produkt.

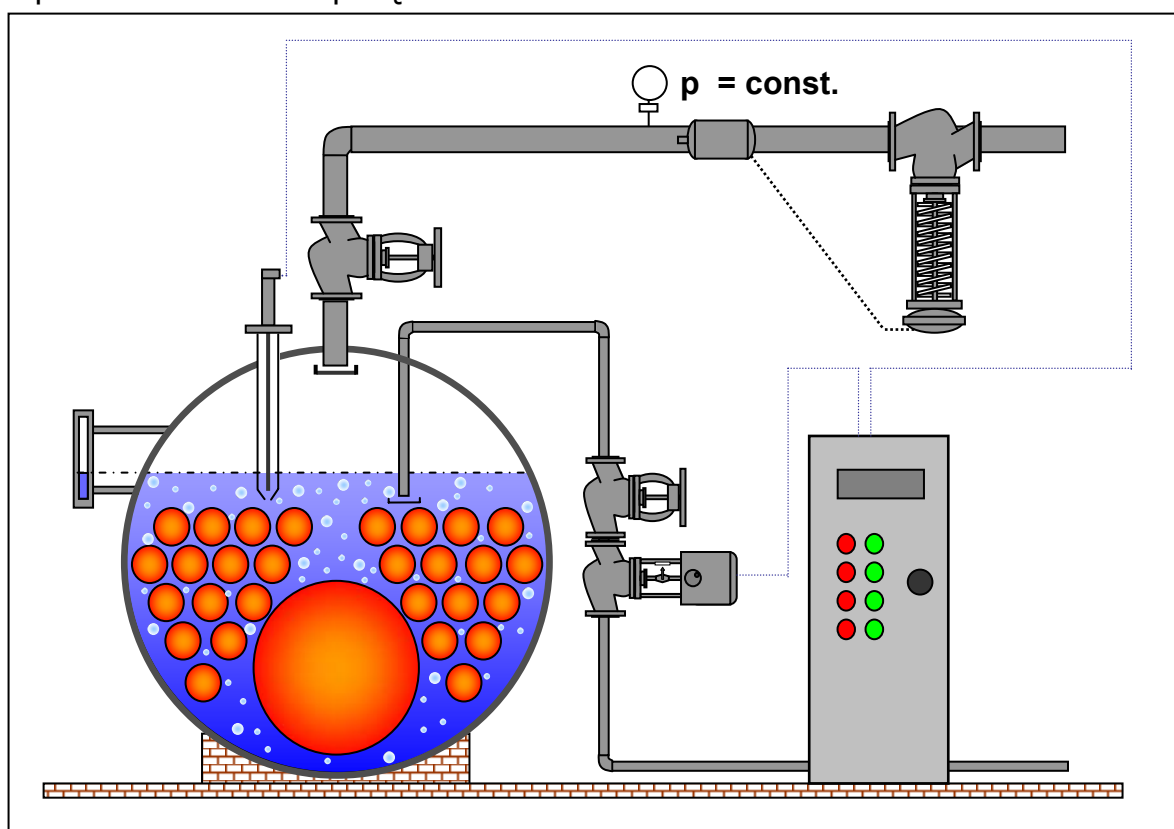
Problem gwałtownych zmian obciążania możemy rozwiązać dwiema metodami. Pierwszym sposobem rozwiązania jest zastosowanie układu stabilizacji ciśnienia w instalacji parowej za kotłem parowym. Drugą metodę można zdefiniować jako trój-impulsowy system regulacji dopływu wody zasilającej do kotła parowego.

Stabilizacja ciśnienia.

Następstwem gwałtownych zmian obciążeń kotła parowego od strony pary są silne wahania ciśnienia pary. Wzrost obciążenia jest przyczyną gwałtownego spadku ciśnienia pary, zmniejszenie się obciążenia spowoduje wzrost ciśnienia pary.

Należy nadmienić, iż wahania ciśnienia za kotłem zależą również od jakości systemu regulatora dopływu paliwa i powietrza do spalania - nie stanowi to jednakże tematu niniejszego opracowania. Zarówno wzrost jak i spadek ciśnienia pary za kotłem są niekorzystne z punktu widzenia bezpiecznej i poprawnej pracy kotła parowego. Jednakże to skutki gwałtownego wzrostu obciążenia, a w jego następstwie spadku ciśnienia pary, są bardziej niebezpieczne ze względu na pracę samego kotła jak i pracę całej instalacji pary i kondensatu.

Przed wzrostem ciśnienia pary ponad dopuszczalną konstrukcyjnie wartość kocioł chroniony jest za pomocą zaworu bezpieczeństwa. Przed spadkiem ciśnienia zazwyczaj nic kotła nie chroni. Dlatego też, jeżeli zależy nam na bezpiecznej pracy kotła parowego, a nasz system parowy jest źródłem gwałtownych zmian obciążeń kotła, konieczne jest zastosowanie układu stabilizacji ciśnienia. Zadaniem takiego układu jest przede wszystkim zapobieganie niedozwolonym spadkom ciśnienia pary przy zwiększonym zapotrzebowaniu na parę.



Rysunek 2. Zawór nadmiarowy typ 5610 jako zabezpieczenie kotła parowego przed spadkiem ciśnienia na skutek wzrostu obciążenia od strony pary (powoduje ograniczenie ilości pary podawanej do procesu technologicznego).

Aby osiągnąć taki efekt stabilizacji ciśnienia konieczne jest zainstalowanie zaworu regulacji ciśnienia pary za głównym zaworem parowym kotła. Jego zadaniem będzie utrzymywanie stałego ciśnienia od strony napływu pary tak, więc również w kotle. Skutkiem gwałtownego wzrostu zapotrzebowania pary przez odbiorniki ciepła będzie spadek ciśnienia pary w systemie. Odpowiedzią na obniżenie się ciśnienia mierzonego przed zaworem będzie zmniejszenie przekroju przepływowego pary w zaworze regulacji ciśnienia, czyli ograniczenie przepływu pary. Poprzez ograniczenie podaży pary, ciśnienie przed zaworem utrzymane zostanie na oczekiwanym stabilnym poziomie. Dzięki temu również ciśnienie w kotle będzie stabilne i unikniemy niepożądanych skutków gwałtownych zmian obciążeń kotła od strony poboru pary. W przypadku, gdy gwałtowne zmiany obciążenia obserwujemy jedynie na jednej lub kilku gałęziach instalacji parowych często wystarczające jest zainstalowanie takiego układu stabilizacji ciśnienia na tych właśnie gałęziach instalacji.

Wydaje się, że najbardziej uzasadnione z punktu widzenia jakości działania, prostej konstrukcji i ekonomii jest zastosowanie zaworu bezpośredniego działania zapewniającego utrzymywanie stałego ciśnienia przed zaworem. Takim zaworem może być na przykład zawór nadmiarowy typ 5610 pracujący w funkcji stabilizatora ciśnienia - Rysunek 2.

Należy zaznaczyć, że proponowane dla zapewnienia stabilizacji ciśnienia rozwiązanie spowoduje ograniczenie ilości pary dostarczanej do odbiorników, co w sposób znaczący ograniczy szybkość ich nagrzewania, a może również spowodować chwilowe niedobory w ilości dostarczanego ciepła. Należy sobie zdawać sprawę, że rozwiązanie to można zastosować, gdy chwilowe ograniczenie dopływu pary nie będzie miało znaczenia na poprawność procesu technologicznego. W przypadkach, gdy takie ograniczenie jest niedopuszczalne, ciśnienie pary można stabilizować stosując magazyn energii cieplnej, jakim jest system zbiornika Ruths'a lub ograniczyć skutki gwałtownych zmian obciążeń poprzez zastosowanie tańszego i bardziej sprawnego rozwiązania, jakim jest trój-impulsowy system regulacji kotła parowego.

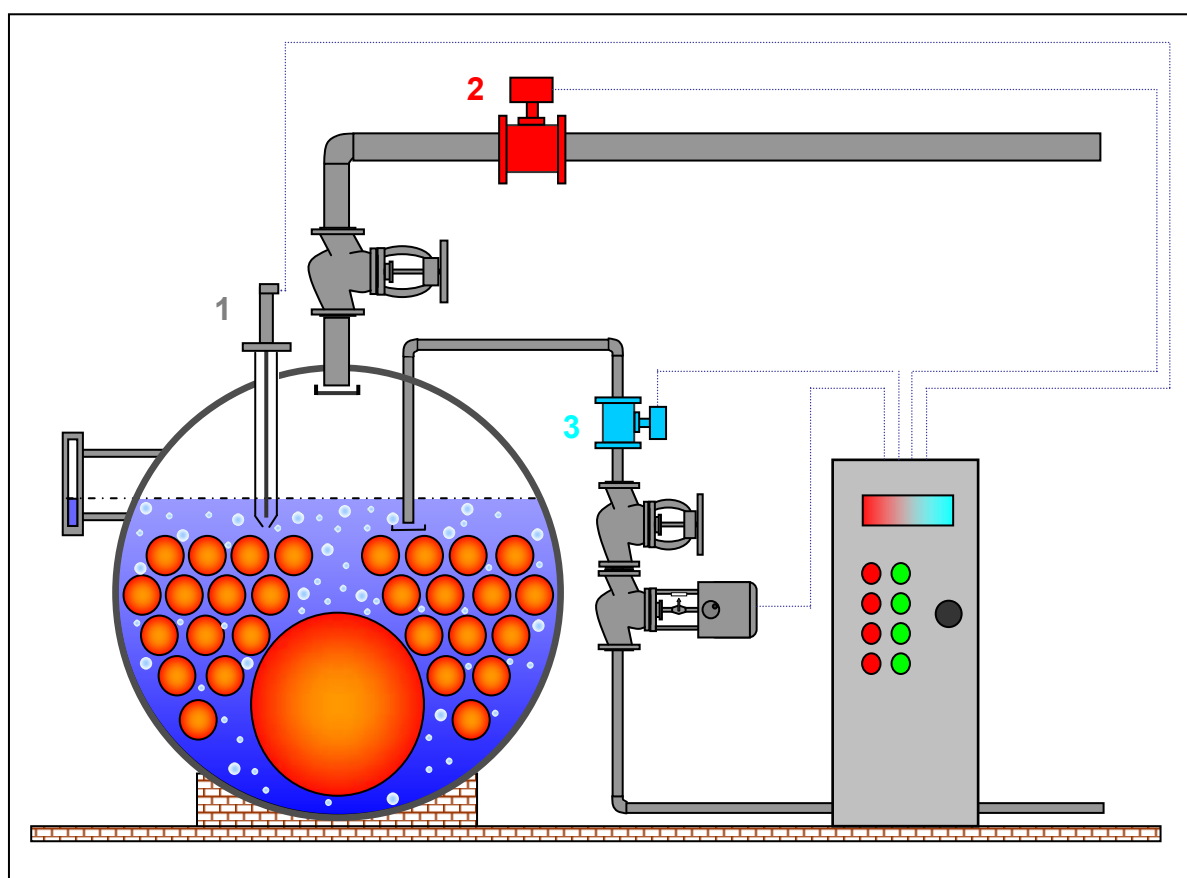
Trój-impulsowy system regulacji dopływu wody zasilającej.

Trój-impulsowy system regulacji dopływu wody zasilającej do kotła parowego, przedstawiony na Rysunku 3, jest zalecany w przypadkach, gdy ilość pary dostarczanej do procesu technologicznego nie może być ograniczona, oraz kiedy zależy nam na przeciwdziałaniu występowania niepożądanych awaryjnych odstawień kotła parowego z ruchu, które występują na skutek przekroczenia dopuszczalnych wartości poziomu wody.

Przy regulacji trój-impulsowej w układzie pomiarowym regulatora mierzone są:

1. odchyłka poziomu wody od wartości zadanej,
2. obciążenie masowe wytwornicy pary oraz
3. natężenie dopływu wody zasilającej.

W układzie regulatora trój-impulsowego sygnały pomiaru natężenia przepływu pary i wody odbierane są przez przekąźnik różnicowy. Zależnie od tego czy sygnały te mają taką samą wartość, czy też występuje różnica w wartości tych sygnałów do układu regulatora wysyłany jest odpowiedni sygnał wynikowy. Sygnał z elektrody pomiarowej układu pomiaru poziomu zostaje porównany z sygnałem przekazanym z przekąźnika różnicowego w układzie regulatora. Zależnie od wartości i wielkości tych sygnałów, po ich analizie ostateczny sygnał regulacyjny wyjściowy stanowiący wypadkową kolejnych porównań zostaje przekazany do siłownika zaworu regulacyjnego wody zasilającej. W ten sposób ilość wody zasilającej doprowadzana do kotła parowego poprzez zawór regulacyjny zostaje uzależniona od wartości i współzależności trzech impulsów.



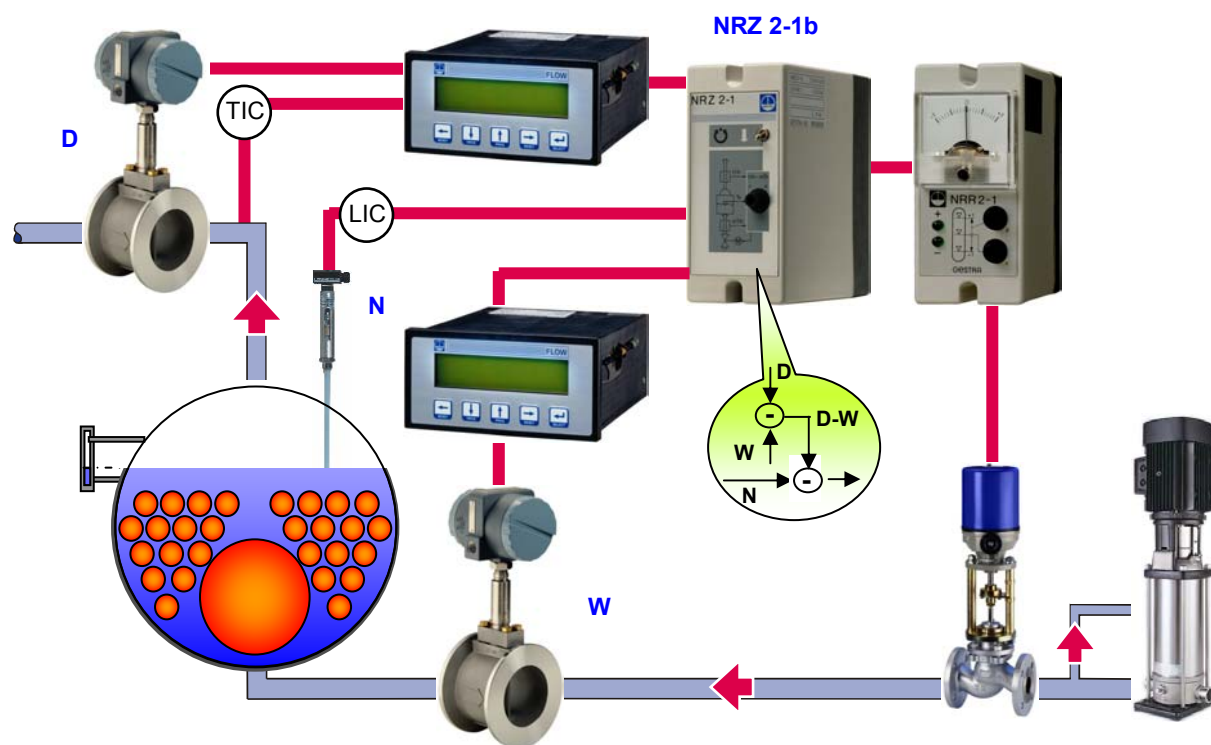
Rysunek 3. System trój-impulsowej regulacji dopływu wody zasilającej - jako zabezpieczenie kotła parowego przed skutkami gwałtownych zmian obciążenia od strony pary bez ograniczenia ilości pary podawanej do procesu technologicznego.

Dzięki zastosowaniu trój-impulsowego systemu regulacji poziomu wody w kotle parowym unika się błędu regulacji, polegającego na zamykaniu dopływu wody zasilającej w momencie uzyskania wskazania o wzroście poziomu wody bez analizy zmian obciążenia kotła od strony pary. Błąd ten popełniany jest szczególnie w przypadku wykorzystywania układów jedno-impulsowych regulatorów poziomu.

Obecnie w większości przypadków obiektów kotłowych montuje się jako wyposażenie standardowe elektrodę pojemnościową dla ciągłego pomiaru

poziomu oraz układ pomiarowy ilości pary produkowanej przez kocioł parowy. Wobec powyższego dla uzyskania możliwości realizacji trój-impulsowego systemu regulacji dopływu wody zasilającej konieczne jest uzupełnienie istniejącego systemu o układ pomiaru przepływu wody zasilającej oraz trój-impulsowy regulator poziomu. Zarówno nowoczesne systemy pomiarowe przepływu wody jak i seryjnie produkowane trój-impulsowe regulatory poziomu stanowią niewielki procent kosztów kompletu automatyki kotłowej. Trój-impulsowy układ regulacji poziomu zastosowany na nowoczesnym obiekcie kotłowym nie stanowi kosztowo znaczącej pozycji, dając nieporównywalnie wysokie bezpieczeństwo i stabilność pracy kotła parowego przy gwałtownych zmianach obciążenia od strony pary.

Trzeba jednakże pamiętać, iż układ trój-impulsowej regulacji poziomu nie zabezpiecza całkowicie przed konsekwencjami związanymi z niedopuszczalnym przeciążeniem kotła ponad wydajność obliczeniową (w przypadku chwilowych przeciążeń może łagodzić ich skutki - w przeciwieństwie do układów jedno-impulsowych).



Rysunek 4. Trój-impulsowy regulator poziomu typu NRZ 2-1b

Trój-impulsowy regulator poziomu typu NRZ 2-1b - przedstawiony na Rysunku 4 - realizuje proces regulacji poziomu wody w kotle parowym (dopływu wody zasilającej do kotła parowego) przy wykorzystaniu trzech impulsów pomiarowych: poziomu wody w kotle, przepływu pary produkowanej w kotle i przepływu wody zasilającej do kotła parowego. Zastosowanie tego regulatora zapewnia prawidłową pracę kotła parowego również w przypadku gwałtownych zmian obciążenia kotła parowego od strony poboru pary.

Podsumowanie.

Problem stabilnej pracy kotła parowego przy gwałtownych zmianach obciążenia od strony poboru pary możemy rozwiązać: poprzez zastosowanie urządzeń stabilizujących ciśnienie, jednakże wówczas musimy się liczyć (za wyjątkiem bardzo drogich zasobników ciepła) z chwilowymi ograniczeniami w podaży pary do procesu technologicznego lub też poprzez zastosowanie układów trój-impulsowej regulacji poziomu w kotle parowym, dzięki czemu nie dopuszczamy do chwilowych ograniczeń w podaży pary.

Regulacja trój-impulsowa modulowana zapewnia doskonałą stabilizację poziomu i zalecana jest szczególnie dla kotłów parowych:

1. o stosunkowo małej pojemności wodnej,
2. o konstrukcyjnie małych przestrzeniach parowych walczaka,
3. pracujących przy dużym obciążeniu cieplnym powierzchni ogrzewalnej,
4. o dużych wydajnościach,
5. dla przypadków charakteryzujących się zmiennością parametrów roboczych oraz gwałtownymi wymuszeniami od strony pary.

Krzysztof Szalucki

tel.kom. 0-602614535
mailto: info@szalucki.pl
www.szalucki.pl