

Krzysztof Szalucki

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

1. Wstęp

W czasie pracy instalacji technologicznych zasilanych parą bardzo często, szczególnie w podczas 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.

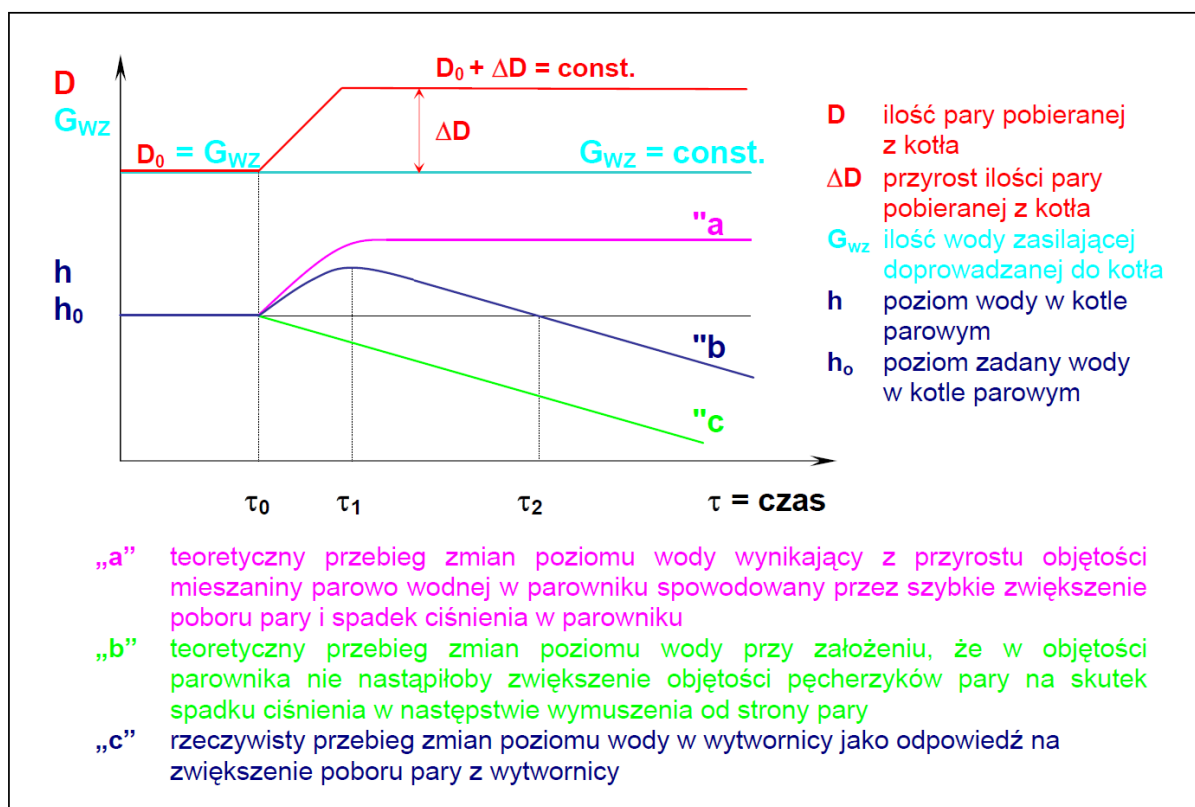
Nowoczesne kotły parowe charakteryzują się wciąż malejącą przestrzenią parową. Oznacza to konieczność ograniczenia dopuszczalnych wahań poziomu wody, szczególnie tych związanych z gwałtownymi zmianami obciążenia kotła od strony pary. Jeżeli zależy nam na bezproblemowej pracy kotła konieczne jest zastosowanie 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 jednoimpulsowe (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.

2. 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 jednoimpulsowych 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 jednoimpulsowego 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.

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 wypływu 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.



Rysunek 1. Zmiany poziomu wody jako odpowiedź na liniowe wymuszenie zmiany obciążenia od strony poboru pary z kotła

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.

3. 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.

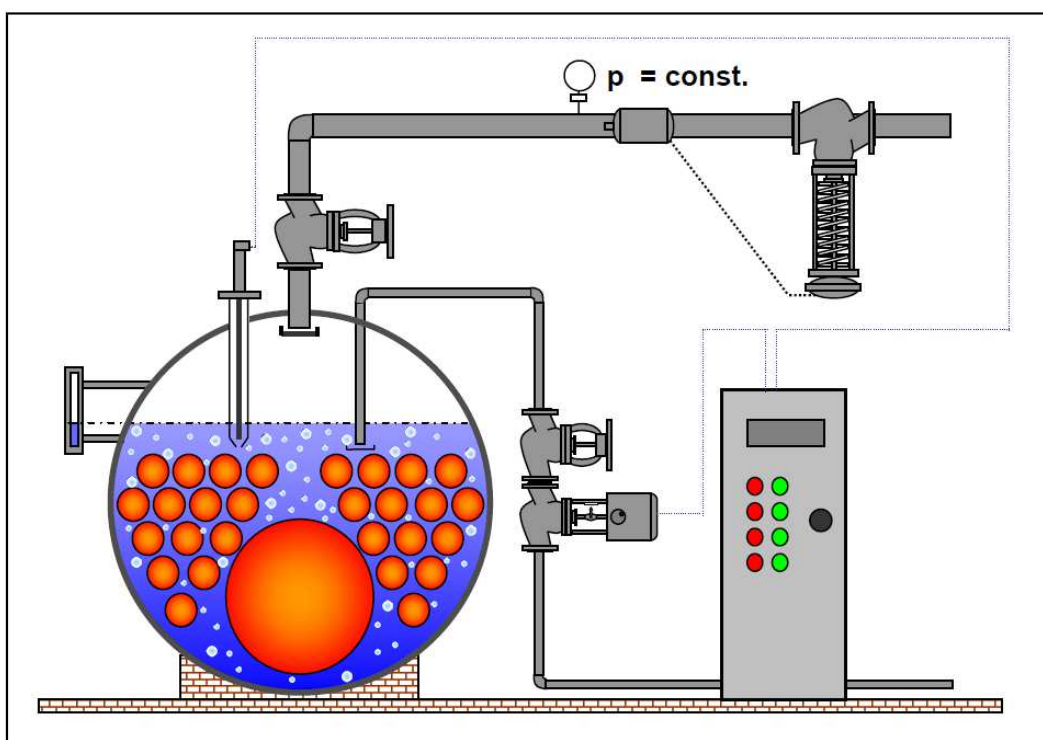
Przed wzrostem ciśnienia pary ponad dopuszczalną konstrukcyjnie wartość kocioł chroniony jest za pomocą zaworu bezpieczeństwa. Przed spadkiem ciśnienia zazwyczaj nic kotła nie chroni. Dlatego też, jeżeli zależy nam na bezpiecznej pracy kotła parowego, a nasz system parowy jest źródłem gwałtownych zmian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

Efekt stabilizacji ciśnienia pary za kotłem możemy uzyskać dwiema metodami:

- ograniczając mechanicznie nadmierne obciążenie kotła od strony poboru pary,
- stosując rozwiązania oparte na akumulacji ciepła.

3.1 Stabilizacja ciśnienia pary za kotłem przez mechaniczne ograniczenie nadmiernego obciążenia kotła od strony poboru pary

Dla zapewnienia efektu stabilizacji ciśnienia metodą mechanicznego ograniczenia nadmiernego obciążenia kotła od strony poboru pary, 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.



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

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 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.

3.2 Stabilizacja ciśnienia pary przez zastosowanie akumulacji ciepła

W przypadkach, gdy ograniczenie dopływu pary do procesu technologicznego jest niedopuszczalne, ciśnienie pary za kotłem można stabilizować stosując magazyn energii cieplnej, jakim jest system zbiornika Ruths'a. W systemie zbiornika Ruths'a ciepło akumulowane jest w wodzie podgrzewanej parą wysoko ciśnieniową z kotła do temperatury wrzenia – jest to proces ładowania. Podczas spadku ciśnienia część wody wrzącej o wysokim ciśnieniu ulega odparowaniu uzupełniając ubytki ciepła. Dla zapewnienia poprawnej pracy systemu akumulacji ciepła wymagana jest różnica ciśnień między ciśnieniem pary ładującej (z kotła), a ciśnieniem pary wykorzystywanej w procesie technologicznym. Im wyższa różnica ciśnień tym możliwa jest większa akumulacja ciepła w jednostce masy wody.

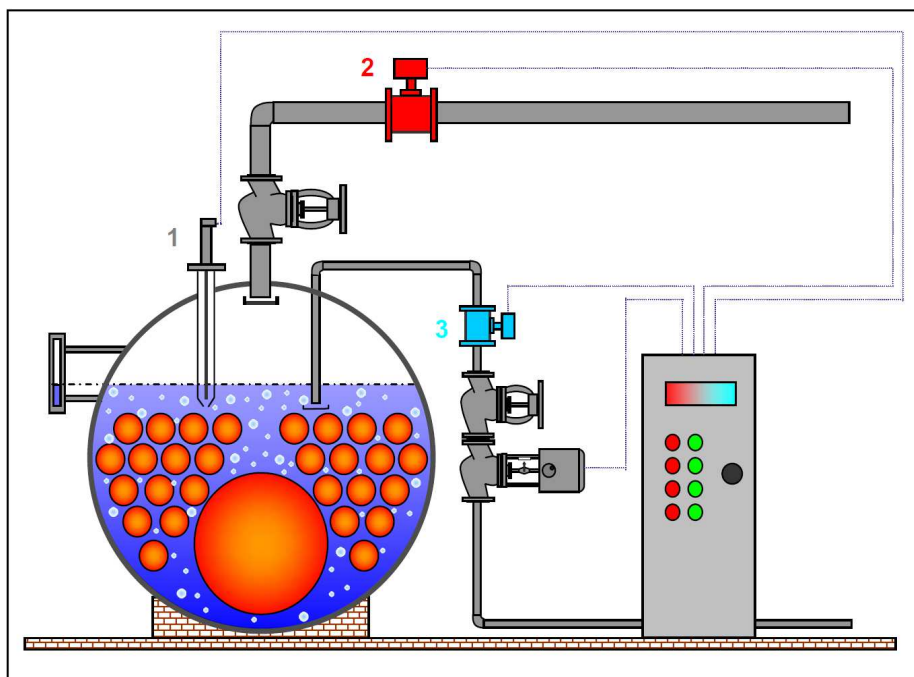
Stosuje się szereg różnych rozwiązań zabudowy akumulatora Ruths'a w systemie parowym zależnie od budowy systemu, zagrożeń i potrzeb związanych ze zmianami obciążeń.

4. Trójimpulsowy system regulacji dopływu wody zasilającej.

Skutki gwałtownych zmian obciążeń mieszczących się w zakresie obciążalności kotła można również ograniczyć poprzez zastosowanie tańszego i bardziej sprawnego rozwiązania, jakim jest trójimpulsowy system regulacji kotła parowego. Trójimpulsowy 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, a zmiana obciążenia mieści się w zakresie dopuszczalnych zmian obciążalności kotła oraz kiedy przede wszystkim zależy nam na przeciwdziałaniu występowania niepożądanych awaryjnych odstawień kotła parowego z ruchu, które występują na skutek przekroczenia dopuszczalnych wartości poziomu wody.

Przy regulacji trójimpulsowej w układzie pomiarowym regulatora mierzone są:

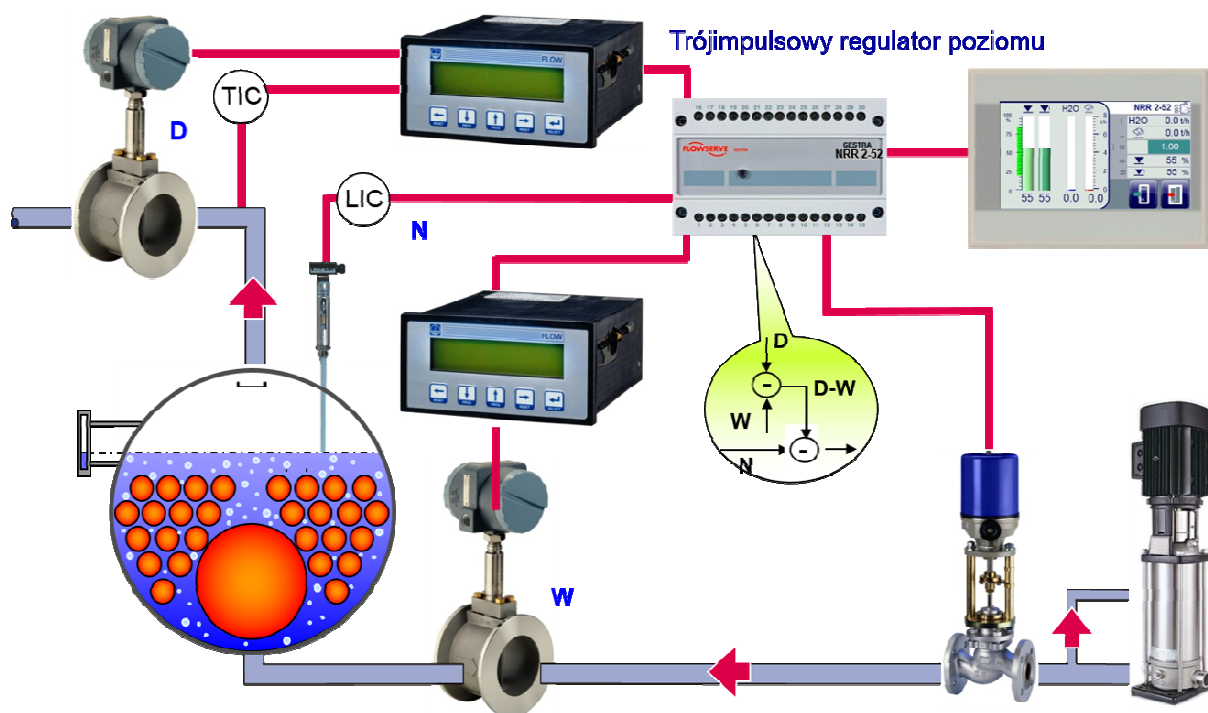
1. odchyłka poziomu wody od wartości zadanej,
2. obciążenie masowe wytwornicy pary oraz
3. natężenie dopływu wody zasilającej.



Rysunek 3. System trójimpulsowej 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 trójimpulsowego systemu regulacji poziomu wody w kotle parowym unika się błędów 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 jednoimpulsowych 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 trójimpulsowego systemu regulacji dopływu wody zasilającej konieczne jest uzupełnienie istniejącego systemu o układ pomiaru przepływu wody zasilającej oraz trójimpulsowy regulator poziomu. Zarówno nowoczesne systemy pomiarowe przepływu wody jak i seryjnie produkowane trójimpulsowe regulatory poziomu stanowią niewielki procent kosztów kompletu automatyki kotłowej. Trójimpulsowy 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 trójimpulsowej 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. Trójimpulsowy regulator poziomu

Trójimpulsowy regulator poziomu 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.

5. Podsumowanie.

Problem stabilnej pracy kotła parowego przy gwałtownych zmianach obciążenia od strony poboru pary możemy rozwiązać: poprzez zastosowanie zaworów upustowych stabilizujących ciśnienie, jednakże wówczas musimy się liczyć z chwilowymi ograniczeniami w podaży pary do procesu technologicznego lub też poprzez zastosowanie zasobników ciepła lub układów trójimpulsowej regulacji poziomu w kotle parowym, dzięki czemu nie dopuszczamy do chwilowych ograniczeń w podaży pary.

Regulacja trójimpulsowa 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.

Wiele innych szczegółowych opracowań w temacie systemy pary i kondensatu znajdzie czytelnik na mojej stronie internetowej: www.szalucki.pl
Serdecznie zapraszam.

Krzysztof Szalucki

tel. 667994413

e-mail: krzysztof@szalucki.pl

www.szalucki.pl