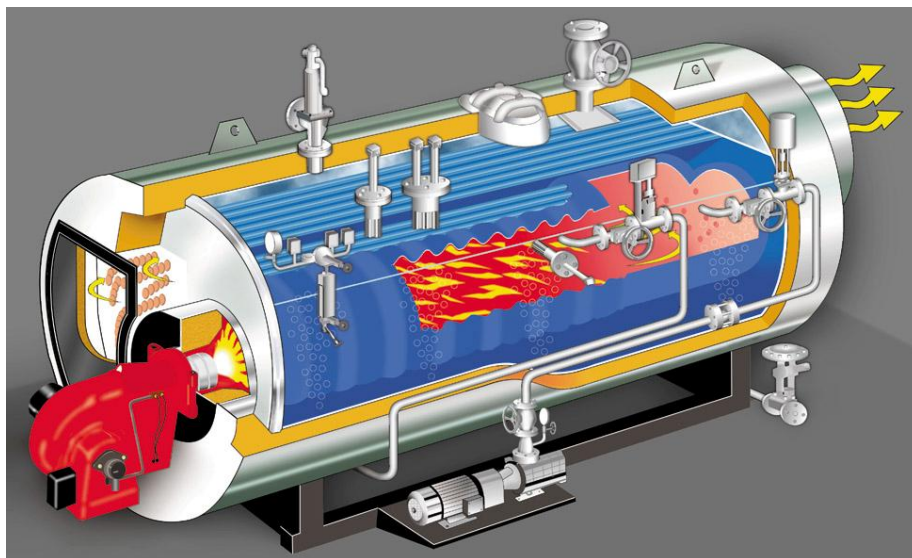


Krzysztof Szatucki

AUTOMATYCZNA REGULACJA KOTŁÓW PAROWYCH

WPROWADZENIE



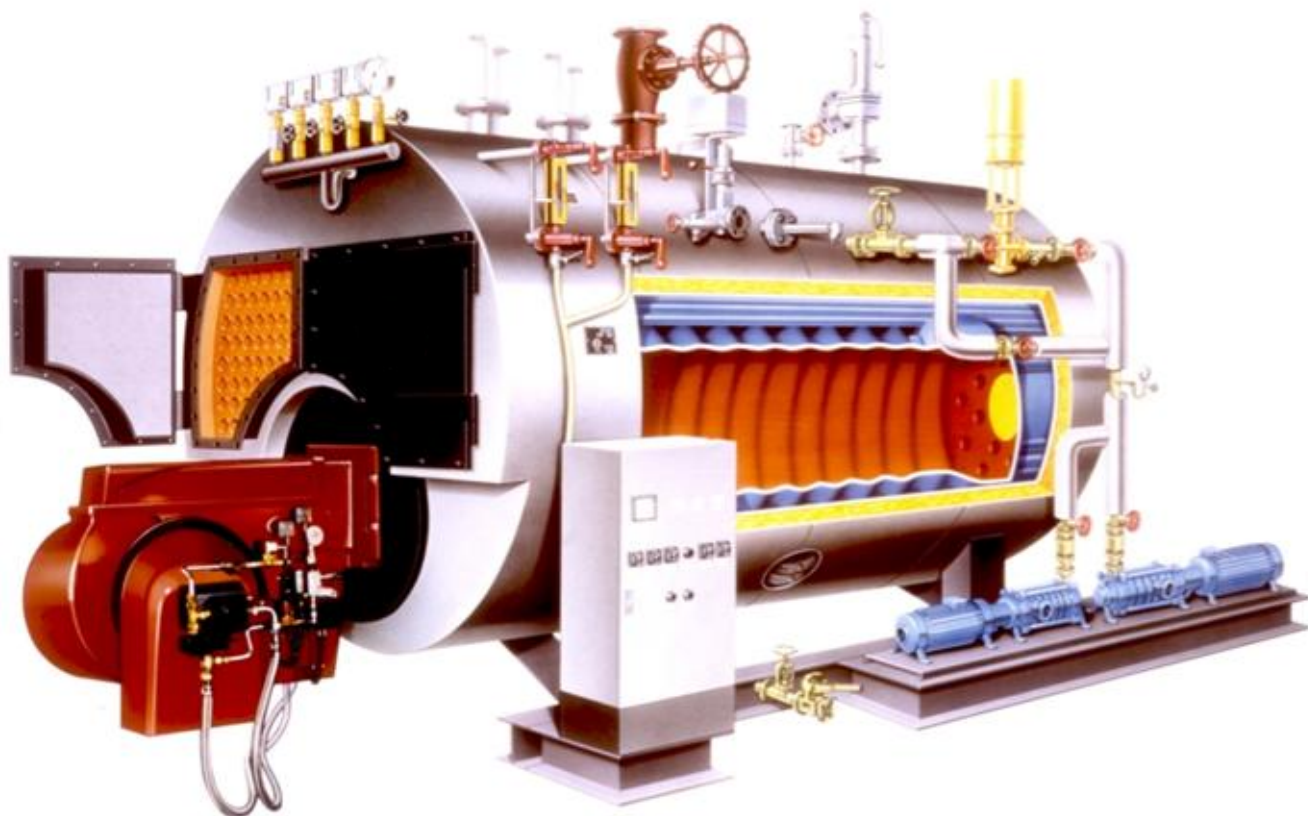
1. WSTĘP

Podobnie jak w wielu innych dziedzinach przemysłu, również w technologii budowy urządzeń kotłowych i ich wyposażenia notuje się stały postęp techniczny, polegający głównie na dostosowywaniu się do nowych dyrektyw i norm, wprowadzaniu racjonalizacji, innowacyjnych rozwiązań i automatyzacji.

Automatyzacja procesu wytwarzania pary wodnej w kotłach parowych ma na celu zapewnienie poprawności realizacji procesu produkcji pary wodnej bez lub z ograniczonym udziałem człowieka oraz zapewnienie bezpiecznej pracy urządzenia (tu kotła parowego) w stanach ustalonych i nieustalonych, również w przypadku występowania zakłóceń zewnętrznych.

Gdyby istniał system parowy, który pracowałby bez jakichkolwiek zmian obciążenia i bez zakłóceń zewnętrznych, wówczas kocioł parowy jako element takiego systemu nie potrzebowałby zastosowania układów automatyki dla regulacji procesu produkcji pary wodnej - raz nastawione współzależności w systemie zapewniałyby poprawną pracę wszystkich urządzeń. Czy taki system istnieje?

Niestety systemy parowe istniejące w naszej rzeczywistości są dalekie od tego ideału i charakteryzują się znaczną zmiennością obciążeń oraz podatnością na oddziaływanie zewnętrznych czynników zakłócających. Oznacza to, że także kocioł parowy jako część systemu parowego narażony jest na pracę przy dużej zmienności obciążeń, to z kolei oznacza konieczność zastosowania układów automatycznej regulacji odpowiedzialnych za poprawną pracę urządzenia kotłowego.



Rysunek 1. Kocioł parowy wyposażony w system automatycznej regulacji

2. ZADANIA AUTOMATYCZNEJ REGULACJI KOTŁÓW PAROWYCH.

Zadania automatycznej regulacji przy zmianach obciążenia kotła parowego , sprowadzają się do dwóch podstawowych zadań regulacyjnych :

Regulacji dopływu wody zasilającej , która musi zapewnić przy zmianach obciążenia kotła parowego stabilność poziomu wody w walczaku kotła z naturalnym lub wymuszonym obiegiem lub ścisłą współzależność masowego poboru pary i dopływu wody zasilającej w kotłach przepływowych dla uniknięcia wahań ciśnienia i temperatury pary.

Regulacji intensywności spalania paliwa, obejmującej regulację dopływu paliwa do komory paleniskowej , regulację dopływu powietrza do spalania oraz regulację ciśnienia spalin w komorze paleniskowej. Regulacja intensywności spalania paliwa musi zapewniać w stanach ustalonych i przejściowych równowagę pomiędzy poborem pary z kotła, a produkcją pary w kotle kosztem ciepła uzyskiwanego w procesie spalania paliwa i wymiany ciepła w powierzchniach ogrzewalnych (opracowanie to nie obejmuje głębszej analizy).

Do zadań dodatkowych automatycznej regulacji kotłów parowych zalicza się zadania związane z :

- regulacją temperatury pary przegrzanej,
- kontrolą jakości wody kotłowej,
- przygotowaniem wody zasilającej i kontrolą jej jakości,
- przygotowaniem i kontrolą jakości paliwa.

3. REGULACJA DOPŁYWU WODY ZASILAJĄCEJ (POZIOMU WODY).

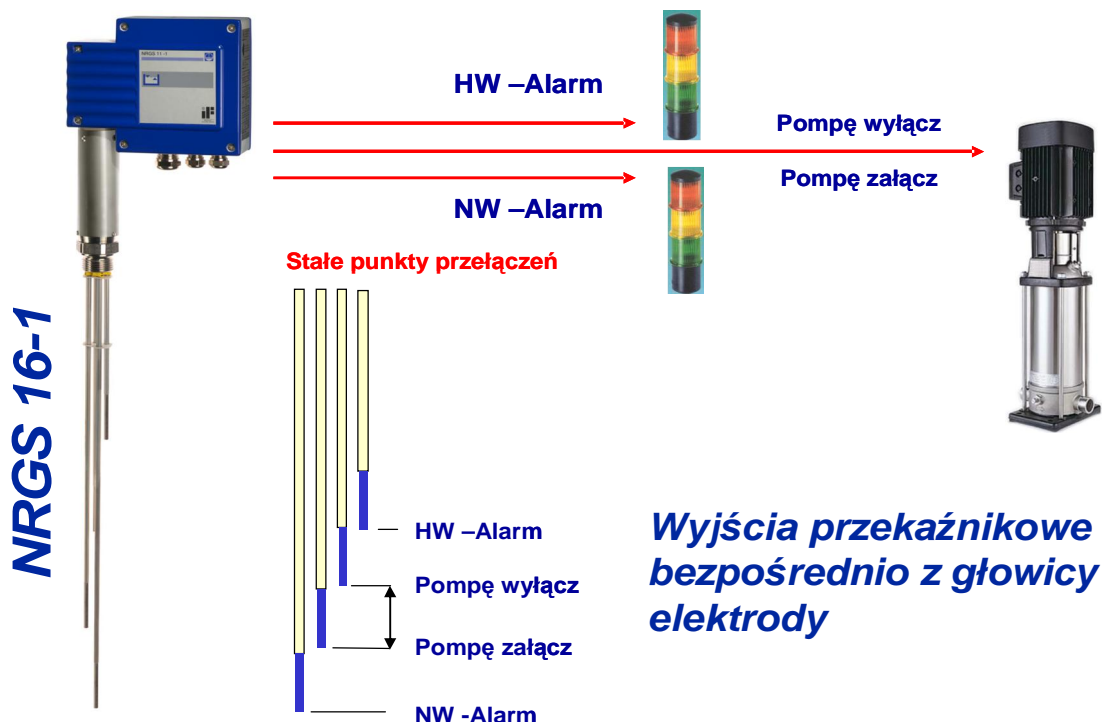
Ze względu na zachodzący w kotle proces odparowania wody jej poziom musi być automatycznie uzupełniany, do realizacji tego zadania potrzebny jest pracujący bez kontroli człowieka regulator poziomu wody.

Zależnie od ilości impulsów pomiarowych w układzie pomiarowym regulatora poziomu wody oraz od typu i ilości regulatorów zastosowanych w układzie regulacji dopływu wody zasilającej, wyróżnia się następujące układy regulacji poziomu wody :

regulacja jednoimpulsowa

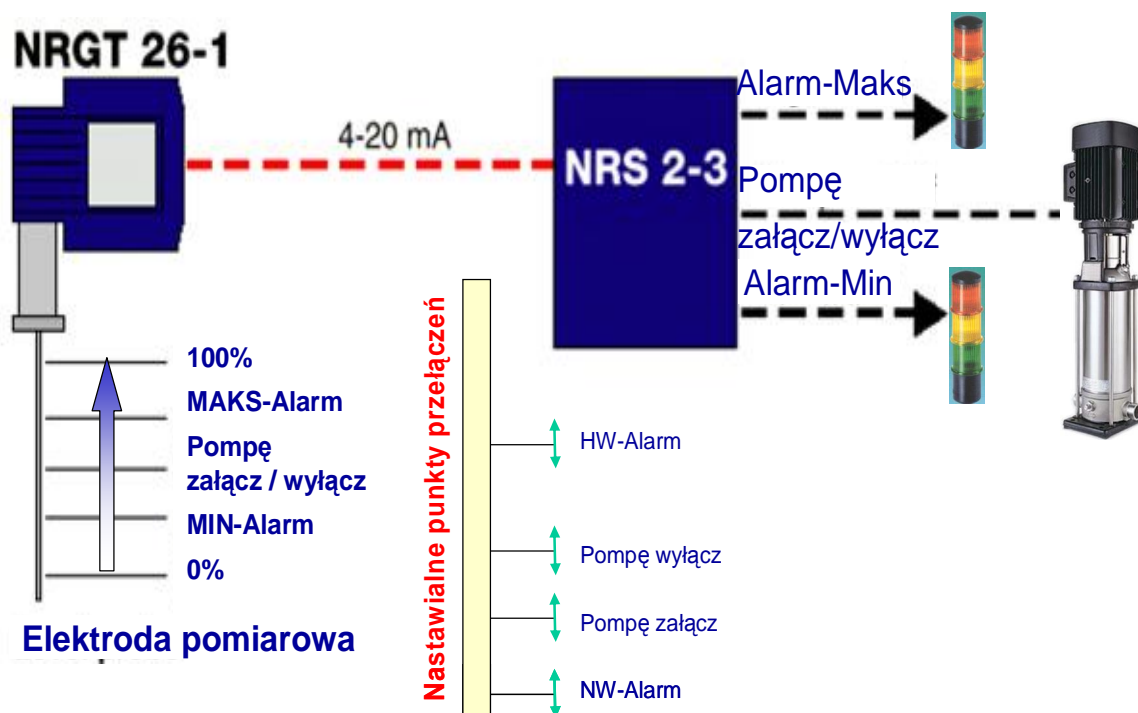
interwałowa (nieciągła) polega na wykorzystaniu określonych impulsów granicznych poziomu wody dla nieciągłej regulacji załącz - wyłącz pompę wody zasilającej.

z tzw. stałymi punktami przełączeń (bez możliwości zmiany) np. obciążone do odpowiedniego poziomu elektrody przewodnościowe,



Rysunek 2. Jednoimpulsowa interwałowa regulacja poziomu ze stałymi punktami przełączeń

ze w sposób ciągły nastawialnymi punktami przełączeń (z możliwością zmiany) np. przy wykorzystaniu elektrod pojemnościowych , gdzie punkty przełączeń nastawialne są z regulatora w szafie sterowniczej kotła i istnieje możliwość ich dostosowania do określonych wymagań.



Rysunek 3. Jednoimpulsowa interwałowa regulacja poziomu z nastawialnymi punktami przełączeń

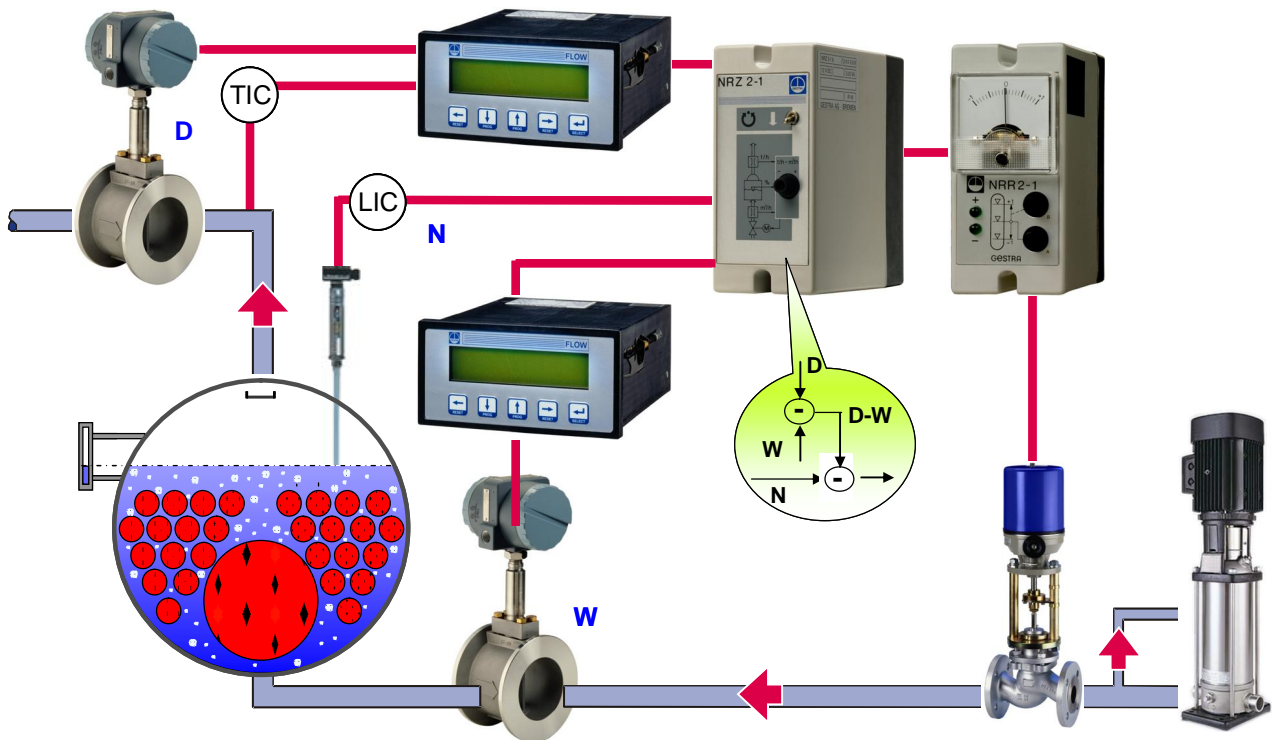
modulowana (ciągła) polega na ciągłym ustaleniu i utrzymywaniu stałego poziomu regulowanego wody poprzez jeden regulator poziomu wpływający na zmianę nastawienia zaworu regulacyjnego (lub prędkości obrotowej pompy) doprowadzającego wodę zasilającą do kotła.



Rysunek 4. Jednoimpulsowa modulowana regulacja poziomu

regulacja modulowana dwuimpulsowa - dla uniknięcia dużych wahań poziomu wody w kotle w stanach przejściowych, szczególnie przy szybkich zmianach obciążenia, w kotłach parowych o dużym obciążeniu cieplnym powierzchni ogrzewalnych i mniejszej jednostkowej pojemności wodnej stosuje się do automatycznej regulacji poziomu wody regulatory dwuimpulsowe. Jednym z impulsów, mierzonym w układzie pomiarowym takiego regulatora, jest odchyłka poziomu wody od zadanej wartości, a drugim obciążenie masowe (ilość pobieranej pary) kotła parowego.

regulacja modulowana trójimpulsowa - przy regulacji trójimpulsowej w układzie pomiarowym regulatora mierzone są: odchyłka poziomu wody od wartości zadanej, obciążenie masowe kotła parowego oraz natężenie dopływu wody zasilającej. Łączne oddziaływanie impulsów od obciążenia i dopływu wody podtrzymuje stały stosunek między tymi dwoma wielkościami, a impuls od zmian poziomu wody ma znaczenie korygujące. Zastosowanie systemu trójimpulsowej regulacji modulowanej zapewnia uzyskanie doskonałej stabilności poziomu wody w kotle parowym. Ten sposób regulacji zalecany jest dla kotłów o małej pojemności wodnej, dużym obciążeniu powierzchni ogrzewalnych i w przypadku gwałtownych zmian obciążenia.



Rysunek 5. Trójimpulsowa modulowana regulacja poziomu

regulacja modulowana trójimpulsowa dwu regulatorowa – przedstawiona wyżej regulacja trójimpulsowa w znacznym stopniu kompensuje zmiany poziomu wody w kotle parowym na skutek gwałtownych zmian obciążenia, jednakże nie zapewnia utrzymania stałego spadku ciśnienia na zaworze regulacyjnym wody zasilającej. Całkowite wyeliminowanie wpływu wahań ciśnienia umożliwi układ regulacji dwu regulatorowej. Pierwszy układ regulacji jest trójimpulsowym regulatorem, drugi układ regulacji zapewnia utrzymanie stałego ciśnienia różnicowego na zaworze regulacyjnym.

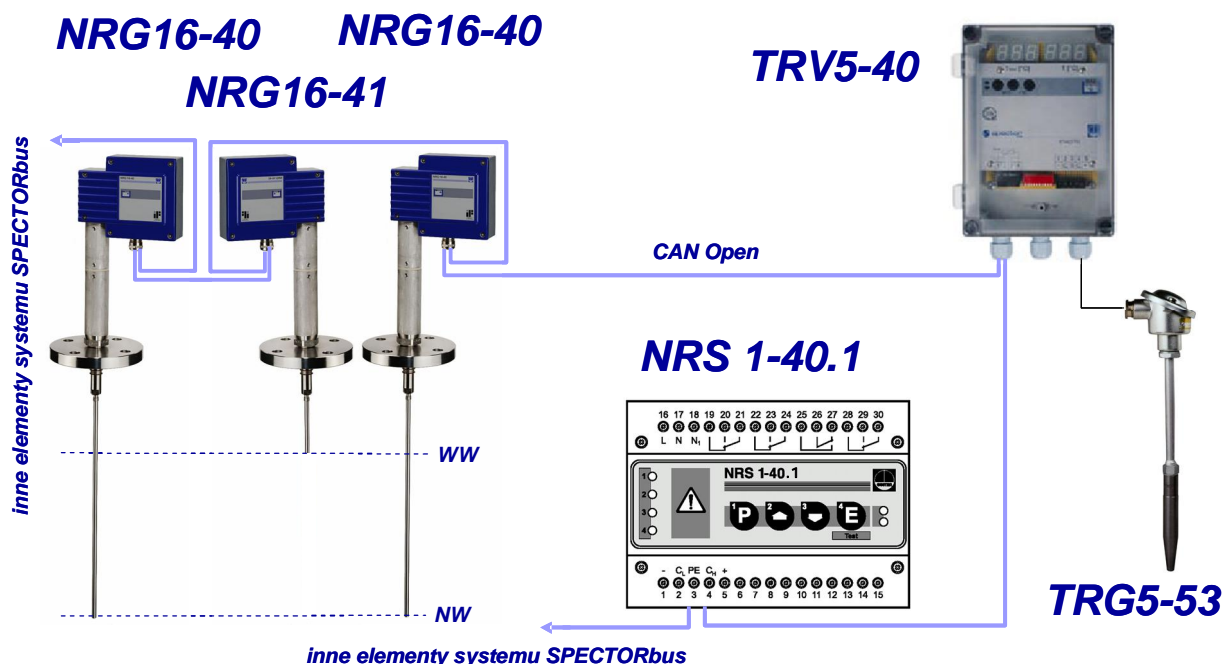
4. OGRANICZNIKI NISKIEGO POZIOMU WODY.

Niezależnie od regulatora poziomu wody konieczne jest zastosowanie w systemie nowoczesnego kotła parowego dwóch niezależnych zabezpieczeń, które przy przekroczeniu „w dół” najniższego dopuszczalnego poziomu wody spowodują wyłączenie palnika. Tego typu ograniczniki niskiego poziomu wody muszą pracować wzajemnie niezależnie od siebie, jak również niezależnie od głównego urządzenia regulacji poziomu wody. W tym przypadku należy stosować wyłącznie tzw. urządzenia specjalnego wykonania.

Zalecane jest wykorzystywanie ograniczników niskiego poziomu wody, w skład których wchodzi konduktometryczny czujnik poziomu wody, zwany potocznie elektrodą poziomu z funkcją samokontroli współpracującą z dwukanałowym wzmacniaczem przekaźnikowym. Urządzenia te gwarantują ciągłą i odbywającą się bez uczestnictwa zawodnych, ruchomych części mechanicznych, kontrolę niskiego poziomu wody.

Elektrody ograniczników poziomu wody mogą być instalowane wewnątrz jak i na zewnątrz walczaka. W przypadku montażu na zewnątrz konieczne jest, dla zagwarantowania wysokiego poziomu bezpieczeństwa, zastosowanie dodatkowego układu do kontroli skuteczności okresowego odmulania naczynia pomiarowego.

NRS 1-40.1 - NOWA ERA OGRANICZNIKÓW NA KOTLE



Rysunek 6. Zestaw ograniczników bezpieczeństwa instalowanych systemu SPECTORbus na kotle parowym: 2x ogranicznik niskiego poziomu wody NRG16-40, ogranicznik wysokiego poziomu wody NRG16-41, ogranicznik temperatury pary przegrzanej TRV5-40 – wszystkie ograniczniki współpracują z jednym elementem bezpieczeństwa NRS 1-40.1 (przez magistralę danych CAN-bus) nadzorującym obwód bezpieczeństwa palnika.

5. ZABEZPIECZENIE PRZED PRZEPEŁNIENIEM.

Realizacja zabezpieczenia przed przepełnieniem, wymaga zastosowania urządzenia pracującego samoczynnie, a w niektórych przypadkach również niezależnie od innych regulatorów i ograniczników poziomu wody, oraz które w sposób niezawodny zapobiegać będzie przekroczeniu maksymalnego dopuszczalnego przez producenta kotła stanu wody w tym urządzeniu. Zabezpieczenia przed przepełnieniem mogą być stosowane w formie pojedynczych elektrod lub elektrody zespolonej z regulatorami poziomu.

Podobnie jak w przypadku funkcji ograniczenia niskiego poziomu wody, tak i w przypadku zabezpieczenia przed przepełnieniem kotła, sygnał wyjściowy przepełnienia może być na krótki czas opóźniony względem stanu faktycznego (dla kotłów lądowych ok. 3 sekund).

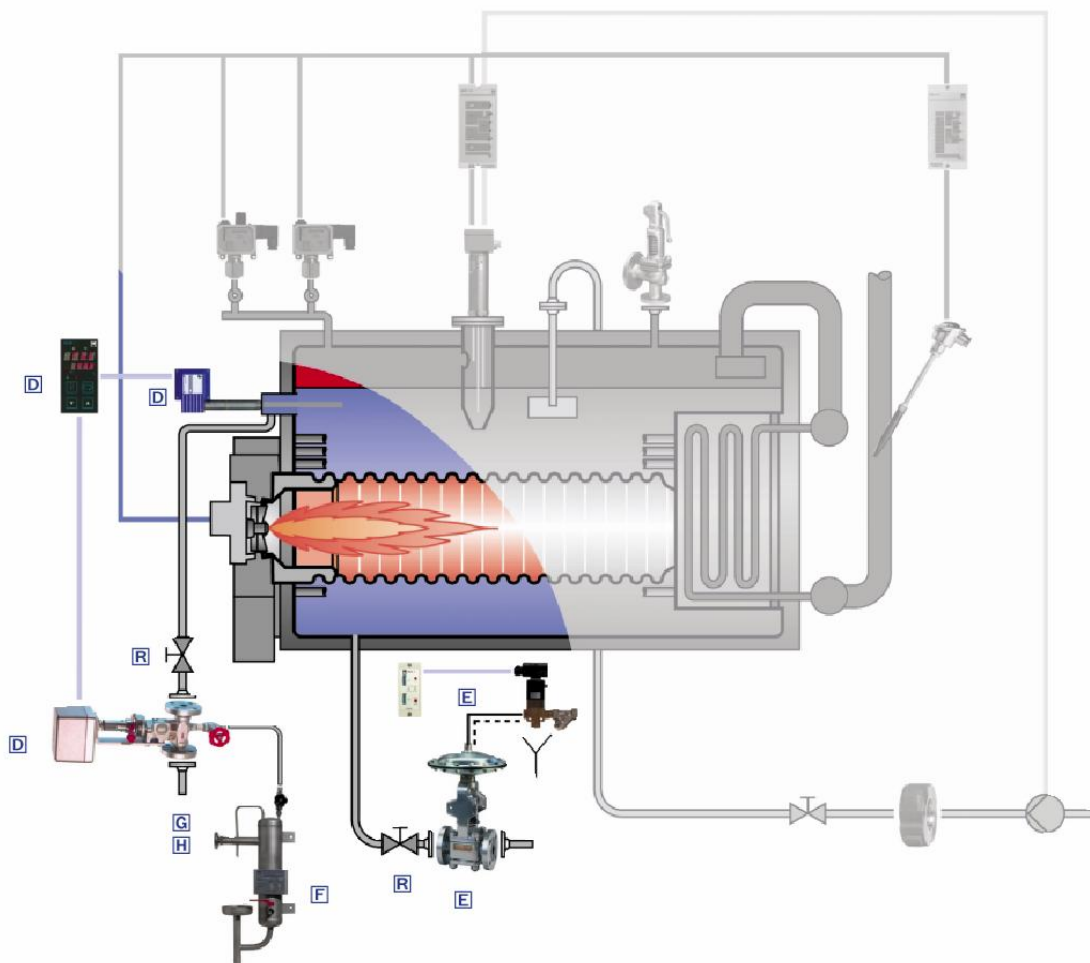
6. UKŁADY OGRANICZENIA TEMPERATURY.

Jeżeli kocioł parowy wyposażony jest w przegrzewacz pary i jeżeli temperatura pary przegrzanej jest regulowana automatycznie, konieczne jest wprowadzenie zabezpieczenia przed przekroczeniem dopuszczalnej temperatury. Szczególnie w przypadkach, gdy temperatura obliczeniowa przegrzewacza będzie niższa od najwyższej temperatury z zakresu możliwych temperatur pary przegrzanej.

Stosuje się do tego celu urządzenia bezpieczeństwa termicznego w postaci układów ograniczników temperatury, które nastawia się podczas rozruchu urządzenia kotłowego na zadaną wartość, a następnie zamyka i plombuje celem uniemożliwienia zmiany nastawy przez osoby nieupoważnione.

7. AUTOMATYCZNE ODSALANIE I ODMULANIE.

W wielu przypadkach pojawia się konieczność wyposażenia kotła parowego w urządzenia do odmulania i odsalania. Szczególnie przy całkowicie zautomatyzowanym ruchu kotła opłaca się również te procesy zautomatyzować. Osiąga się dzięki temu odciążenie personelu obsługi kotła z równoczesnym zagwarantowaniem zgodnego z reżimem technologicznym odmulania i odsalania w czasie całego okresu eksploatacji kotła.

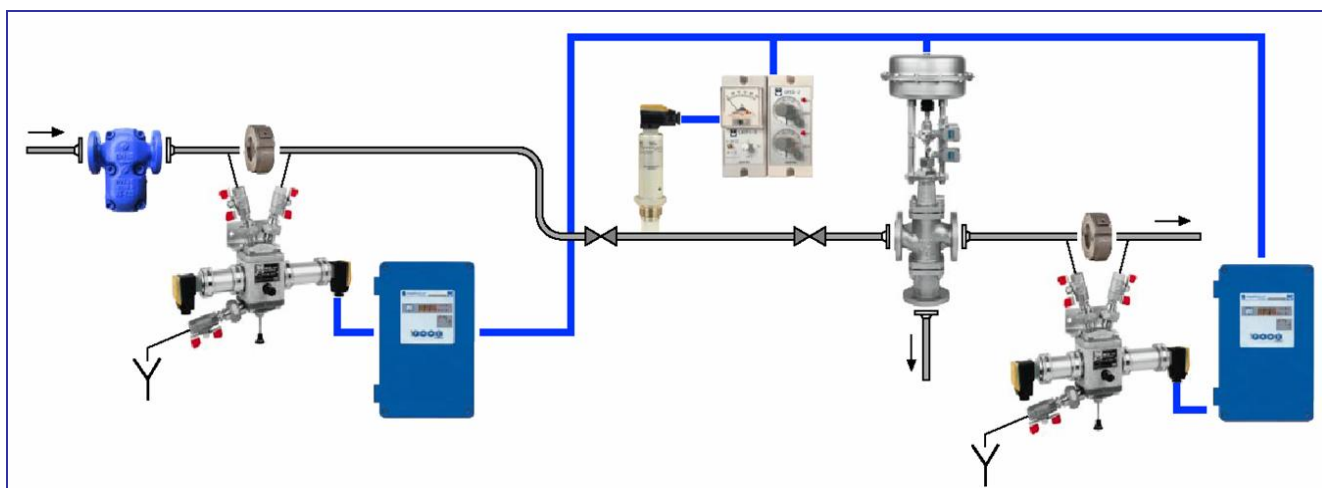


Rysunek 7. Systemy automatycznego odsalania i odmulania kotła parowego

8. KONTROLA JAKOŚCI KONDENSATU I WODY ZASILAJĄCEJ.

W wielu zakładach i instalacjach kotłowych spływający kondensat doprowadzany jest ponownie do kotła parowego, a należy pamiętać o tym, że istnieje możliwość wniknięcia do obiegu pary i kondensatu substancji obcych takich jak oleje, tłuszcze, kwasy i ługi.

Aby zapobiec wprowadzeniu zanieczyszczonego kondensatu do kotła parowego i wynikającym z tego zakłóceniom pracy instalacji kotłowych należy wprowadzić automatyczne monitorowanie jakości (czystości) kondensatu. Do kontroli zanieczyszczenia kondensatu olejem i tłuszczami stosowane jest urządzenie do wykrywania obecności oleju i pomiaru stopnia zmętnienia kondensatu dokonujące pomiaru zmętnienia próbki kondensatu pobieranej z rurociągu kondensatu. Podobne zadanie, lecz w odniesieniu do zanieczyszczenia kondensatu kwasami lub ługami realizują urządzenia do kontroli przekroczenia granicznych wartości przewodnictwa elektrycznego kondensatu. Szczególnie polecane są układy pomiarowe, w których zastosowany został system automatycznej kompensacji temperatury, co w praktyce oznacza, że wahania temperatury kondensatu nie mają żadnego wpływu na wynik pomiaru przewodności.



Rysunek 8. Systemy kontroli jakości kondensatu: analizatory zaolejenia i zmętnienia oraz czujniki przewodności kondensatu

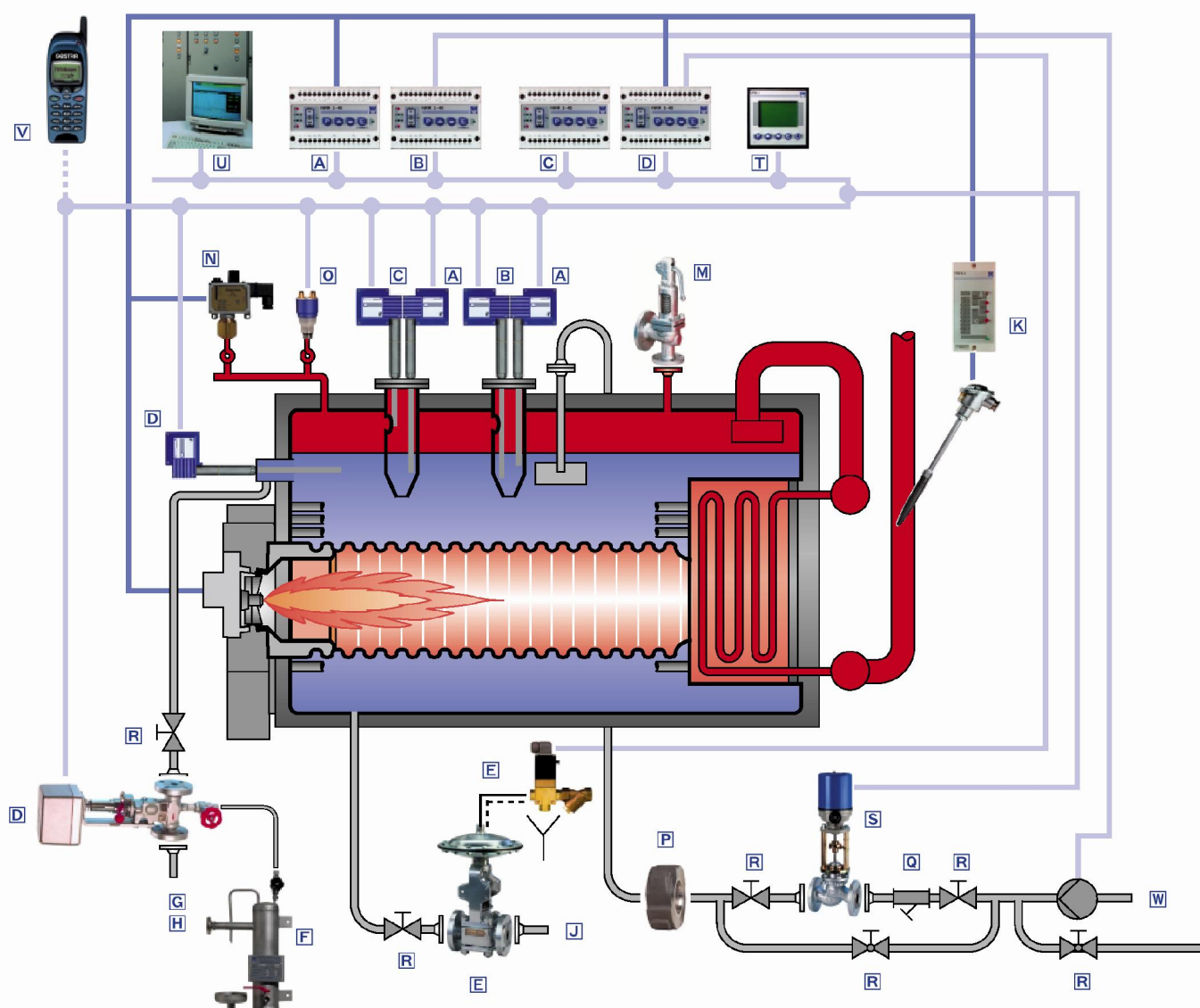
We wszystkich przypadkach wymienione urządzenia kontrolne mogą sterować trójdrogowym zaworem zrzutowym zainstalowanym na rurociągu kondensatu, co pozwala na automatyczne odprowadzenie zanieczyszczonego kondensatu do zbiornika awaryjnego w przypadku wykrycia zanieczyszczenia kondensatu.

9. SYSTEM AUTOMATYCZNEJ REGULACJI KOTŁA PAROWEGO WYKORZYSTUJĄCY MAGISTRALĘ DANYCH CAN-BUS.

W nowym systemie automatycznej regulacji kotła wykorzystującym magistralę danych CAN-bus zostały utrzymane podstawowe cechy fizyczne i mechaniczne sprawdzonych w wieloletniej praktyce eksploatacyjnej konstrukcji elektrod i czujników pomiarowych. Jednak w przeciwieństwie do dotychczas stosowanej technologii każdy czujnik pomiarowy wyposażony został w dodatkowy układ elektroniczny. Zadaniem układu elektronicznego jest przejmowanie i przetwarzanie sygnału pomiarowego oraz komunikacja.

Dzięki „inteligencji” wbudowanej w sam czujnik, w każdym pojedynczym układzie czujnika pomiarowego zachodzi autonomiczny proces detekcji sygnałów pomiarowych lub nieprawidłowości w działaniu, jak również wymiana danych i komend sterujących z odpowiednim przełącznikiem lub regulatorem znajdującym się w szafie sterującej, a także komunikacja z wyższymi rangą w hierarchii systemami sterowania i regulacji.

Wymiana informacji przeprowadzana jest przy wykorzystaniu protokołu CAN-OPEN przez jeden wspólny dla całego systemu cztero żyłowy kabel magistrali danych CAN-bus. Dzięki tej koncepcji każdy czujnik (np. elektroda pomiaru poziomu) staje się małą niezależną jednostką w całym systemie komunikowania się przez magistralę.



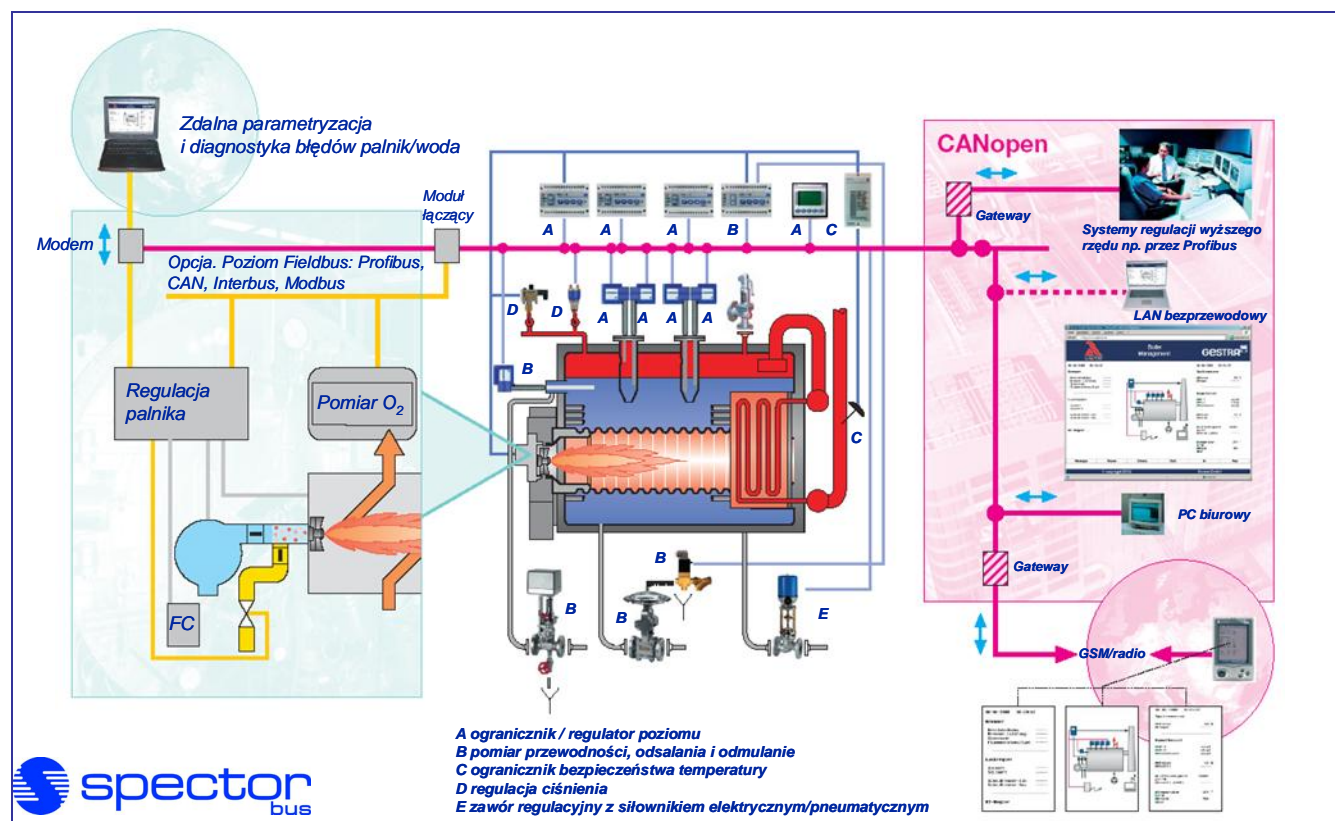
Rysunek 9. Przykład wyposażenia kotła parowego w układy automatycznej regulacji i nadzoru – pracujące w systemie CAN-BUS.

- A. Elektrodogowy ogranicznik bezpieczeŃstwa niskiego poziomu wody w kotle parowym pracujący z okresową samokontrolą poprawnoŃci działania – układ podwójny czujników zainstalowanych niezaleźnie na oddzielnych kołnierzach współpracuje z jednym ogranicznikiem zabudowanym w szafie sterującej.
- B Elektrodogowy układ regulacji poziomu wody w kotle parowym – przedstawiony system jednoimpulsowej ciągłej regulacji poziomu wody
- C Elektrodogowy ogranicznik wysokiego poziomu wody w kotle parowym
- D Układ odsalania ciągłego kotła składajacy się z elektrody pomiaru przewodnoŃci, regulatora odsalania i zaworu regulacji iloŃci odsolin odprowadzanych z kotła parowego
- E Układ automatycznego okresowego odmulaniania kotła parowego składajacy się z włacznika czasowego oraz zaworu odmulajacego napędzanego pneumatycznie lub wodą pod ciŃnieniem
- F Chłodniczka dla poboru próbek wody kotłowej i odsolin
- G Symboliczne oznaczenie systemu rozprężacza odsolin
- H Symboliczne oznaczenie systemu odzysku ciepła resztkowego odsolin
- J Symboliczne oznaczenie systemu schładzacza mieszającego odmulin przed zrzutem do kanalizacji
- K Ogranicznik bezpieczeŃstwa przekroczenia dopuszczalnej temperatury pary przegrzanej w przegrzewaczu pary
- M Zawór bezpieczeŃstwa – zabezpieczenie kotła parowego przez niedopuszczalnym wzrostem ciŃnienia produkowanej pary
- N Ogranicznik bezpieczeŃstwa ciŃnienia – impulsy pomiarowe wykorzystywane są w procesie regulacji palnika
- O Przetwornik ciŃnienia – impulsy pomiarowe mogą być wykorzystywane w procesie regulacji palnika
- P Zawór zwrotny jako element odpowiedzialny za zabezpieczenie systemu zasilania kotła wodą zasilającą przez przepływem zwrotnym
- Q Osadnik zanieczyszczeŃ
- R Zawór odcinający
- S Zawór regulacyjny doprowadzający wodę zasilającą do kotła parowego sterowany w funkcji poziomu wody w kotle parowym
- T Jednostka wizualizacji i nastaw, nadzorująca system automatycznej regulacji kotła parowego
- U Komputer przemysłowy z programem wizualizacji procesów zachodzących na monitorowanym kotle parowym, gromadzenie danych, wykresy trendów, parametryzacja, zestawienia przeglądów i napraw, ciągły nadzór itp.
- W Symboliczne oznaczenie systemu doprowadzenie wody zasilającej
- Z Palnik (gaz/olej) wraz z układem regulacji – odpowiedzialny za przemianą energii chemicznej zawartej w paliwie (przy udziale powietrza podawanego do spalania) na energię cieplną przejmowaną przez powierzchnie ogrzewalne kotła parowego

Zmiany koncepcyjne i konstrukcyjne zostały również wprowadzone do typoszeregu przełączników sterowanych w funkcji poziomu oraz innych sterowników i regulatorów. Modyfikacje te ułatwiają użytkownikowi zmianę ich nastawień na żądanie, podczas gdy – co jest bardzo istotne - parametry decydujące o bezpieczeństwie są zaprogramowane przez producenta na stałe. W oprogramowaniu fabrycznym mogą być uwzględnione specjalne wymagania zgłoszone przez klientów w zamówieniach. System ten uzupełnia wpięta w magistralę CAN-bus nowa jednostka obsługi i wizualizacji.

Wraz ze wzrostem stopnia automatyzacji systemu bardzo ważny stał się dostęp do wszystkich danych (oraz ich rejestracja) istotnych z punktu widzenia bezpiecznej i ekonomicznej pracy kotła parowego.

System automatyki kotłowej pracujący w oparciu o magistralę danych CAN-bus „spina” automatykę palnika z automatyką strony parowo-wodnej, a dzięki zastosowaniu odpowiednich interfejsów zapewnia bezpośredni dostęp do wszystkich danych (jak również parametryzację zwrotną) dla sterowników lokalnych na kotłowni, a także dla nadrzędnych systemów sterowania, wizualizacji lub diagnostyki zdalnej. Informacje o pracy kotłowni można również w prosty sposób przesyłać wykorzystując sieć GSM lub intranet/internet.



Rysunek 10. System automatyki pracujący w oparciu o magistralę CAN-bus zapewnia dostęp do wszystkich danych o chwilowych warunkach eksploatacji kotła tam gdzie i kiedy jest to potrzebne.

Krzysztof Szalucki

tel. kom. 0-602 614535

info@szalucki.pl

www.szalucki.pl