

Stacje gazowe wysokiego ciśnienia – przegląd rozwiązań stosowanych w ciągach redukcyjnych

High pressure natural gas stations – review of applied solutions in reduction lines

Michał Kwaśniewski^{*)}

Słowa kluczowe: stacja gazowa, reduktor, zawór szybkozamykający, ciąg redukcyjny, system ciśnieniowego bezpieczeństwa, nastawy urządzeń redukcyjnych i zabezpieczających

Streszczenie

W artykule dokonano przeglądu układów redukcyjnych stacji gazowych wysokiego ciśnienia, stosowanych w przesyłach i dystrybucji dla ciśnień wejściowych do 10 MPa włącznie. Wymieniono podstawowe elementy stacji gazowej. Przeanalizowano wymagania prawne, zabezpieczeń i standardów dla stacji gazowych. Opisano również dostępne i najczęściej stosowane zespoły, występujące na ciągach redukcyjnych. Opisano również sposoby umożliwiające zdalne sterowanie nastawami stacji, limitowanie wielkości przepływu oraz przełączania ciągów redukcyjnych.

Keywords: gas station reducer, slam-shut valve, reduction line, pressure safety system, settings of reduction and safety devices

Abstract

The article reviews the reduction systems of high-pressure gas stations used in transmission and distribution for inlet pressures up to and including 10 MPa. The basic elements of the gas station were replaced. The legal requirements, safety and standards of natural gas reduction stations were analyzed. The available and most commonly used components on reduction lines are also described. The methods of remote control of station settings, flow limitation and switching the reduction sequence are also described.

Wprowadzenie

Artykuł jest początkiem cyklu publikacji, opisujących praktyczne zastosowanie i dostępność na rynku poszczególnych elementów stacji gazowej.

Stacja gazowa jest to zespół urządzeń lub obiekt budowlany wchodzący w skład sieci gazowej, spełniający co najmniej jedną z funkcji: redukcji, uzdatnienia, pomiarów lub rozdziału gazu ziemnego.

Ze względu na pełnione funkcje stacje gazowe możemy podzielić na:

- **Stacja redukcyjna** – jest to zespół urządzeń, w skład których wchodzi armatura odcinająca, filtrująca, urządzenia redukcyjne lub regulacyjne oraz urządzenia bezpieczeństwa ciśnieniowego,
- **Stacja pomiarowa** – pomiar strumienia objętości, masy lub energii paliwa gazowego,
- **Stacja redukcyjno-pomiarowa** – połączenie funkcji stacji redukcyjnej i pomiarowej,
- **Stacja systemowa** – zwykle o dużych przepustowościach w przesyłach paliwa gazowego – przeznaczona do sterowania wielkością strumienia oraz do jego pomiaru.[6]

1. Wymogi prawne w zakresie wyposażenia stacji gazowej w układ redukcji i zabezpieczenia przed wzrostem ciśnienia

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r., w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie, stacje redukcyjne powinny

być wyposażone co najmniej w dwa ciągi redukcyjne z regulacją automatyczną, każdy o przepustowości równej przepustowości stacji redukcyjnej, przy czym jeden z nich powinien być ciągiem rezerwowym. W przypadku zastosowania w stacjach gazowych więcej niż dwóch ciągów redukcyjnych, dopuszcza się, aby każdy z następujących ciągów miał przepustowość mniejszą niż przepustowość stacji gazowej. Stacja redukcyjna o maksymalnym ciśnieniu roboczym (MOP) wejściowym większym od 1,6 MPa, powinna być wyposażona w system sterowania ciśnieniem.[6]

Stacja gazowa powinna spełniać wymagania dopuszczalnego natężenia hałasu w otoczeniu stacji, wywołanego redukcją ciśnienia gazu ziemnego lub jego przepływem, określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r., w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. Nr 120, poz. 826 oraz z 2012 r. poz. 110)[7].

1.1. Elementy składowe stacji gazowych

W skład stacji gazowej mogą wchodzić następujące zespoły:

- zespół zaporowo-upustowy na przewodzie wejściowym,
- odwadniacz,
- zespół filtrów lub filtroseparatorów,
- podgrzewacze gazu,
- ciągi redukcyjne,
- aparatura kontrolno-pomiarowa,
- złącza izolujące od strony wejścia i wyjścia w przypadku gazociągów stalowych,
- układy pomiarowe,

^{*)} Michał Kwaśniewski – Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o. Oddział Zakład Gazowniczy w Warszawie, Zakład Inżynierii Środowiska - Państwowa Uczelnia Zawodowa w Ciechanowie.

- układy regulacyjne,
- przewód obejściowy (bajpas),
- układ technologiczny podgrzewu gazu,
- nawalnialnia,
- zespół zaporowo-upustowy na przewodzie wyjściowym.

1.2. Przepustowość stacji gazowej

Zaleca się, aby wartość projektowanego strumienia objętości gazu QD, (wyrażona w m³/h) w warunkach normalnych (273,15 K; 101,325 kPa), była wybrana z szeregu Renarda, zgodnego z PN-ISO 497 i wynosiła: 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 300, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 12500, 16000, 20000, 25000, 31500, 40000, 50000, 63000, 80000, 100000, 125000, 160000, 200000, 250000, 315000, 400000, 500000, 630000, 800000, 1000000.

Wartość minimalnej przepustowości stacji wynika z przewidywanego minimalnego poboru gazu po stronie wyjściowej stacji. Minimalny strumień objętości gazu na etapie projektowania stacji, określany jest między innymi poprzez dobór układu pomiarowego i redukcyjnego ciśnienia gazu.[8]

2. Ciągi redukcyjne

Podstawowym elementem stacji gazowej są ciągi redukcyjne, które są szerzej opisane w niniejszej publikacji. Stacja gazowa powinna być wyposażona w co najmniej dwa ciągi redukcyjne z regulacją automatyczną, każdy o przepustowości projektowanej stacji. Każdy z nich może pełnić funkcję ciągu rezerwowego.

Dopuszcza się zastosowanie w stacji gazowej jednego ciągu redukcyjnego w przypadkach gdy:

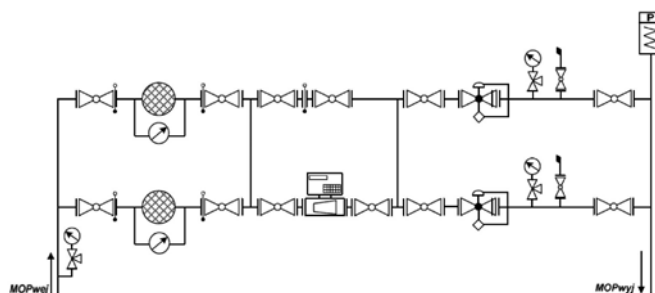
- stacja gazowa zasilana jest ciśnieniem roboczym MOP od 10 do 500 kPa włącznie,
- stacja zasila dystrybucyjną sieć gazową, w której inne stacje mogą przejąć jej funkcje w razie, gdy będzie prowadzony jej przegląd lub nastąpi awaria.[8]

2.1. Wyposażenie ciągu redukcyjnego

Każdy ciąg redukcyjny powinien być wyposażony w:

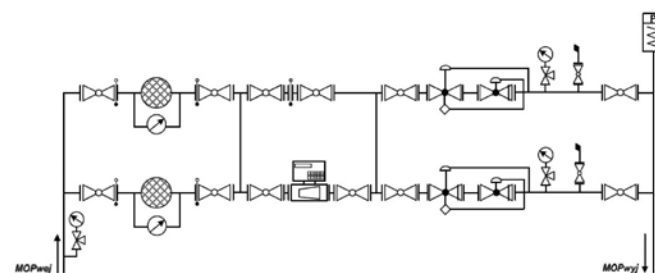
- armaturę zaporową na wejściu i wyjściu,
- reduktor,
- zawór szybkozamykający,
- wydmuchowy zawór upustowy opcjonalnie w przypadkach określonych w
- drugi zawór szybko zamykający albo drugi reduktor pełniący rolę monitora,
- aparaturę kontrolno-pomiarową,
- przewód odprężający.

Zaleca się, aby wszystkie ciągi redukcyjne w stacji były wyposażone w urządzenia redukcyjne i zabezpieczające tego samego typu.



Rys. 2. Schemat ciągu redukcyjnego wyposażonego w reduktor zintegrowany z zaworem szybkozamykającym [8].

Fig. 2. Diagram of a reduction station line equipped with a reducer integrated with a slam-shut valve [8].



Rys. 3. Schemat ciągu redukcyjnego wyposażonego w reduktor zintegrowany z zaworem szybkozamykającym i reduktorem monitor [8].

Fig. 3. Diagram of a reduction line equipped with a reducer integrated with a slam-shut valve and a monitor reducer [8].

Dla określonej projektowanej przepustowości ciągów redukcyjnych, należy dobrać system redukcji ciśnienia i system ciśnieniowego bezpieczeństwa o takiej charakterystyce, aby zapewnić wymagane ciśnienie gazu po redukcji oraz bezpieczeństwo dostaw gazu.

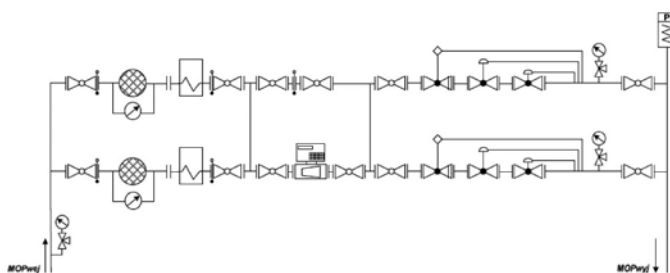
Wymienione elementy, w różnych konfiguracjach, składają się z reduktora ciśnienia gazu – urządzenia, którego funkcją jest utrzymanie wartości ciśnienia wyjściowego na zadanym poziomie w granicach pola tolerancji, niezależnie od zmiennych zakłócających. Reduktory ciśnienia powinny spełniać wymagania zgodne z PN-EN 334+A1 i być oznakowane znakiem CE, z wyjątkiem przypadku określonego w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki (Dz.U. z 2005 r. Nr 263 poz. 2200).

Reduktory powinny być dobierane według charakterystyk deklarowanych przez ich producentów tak, aby zapewnić po redukcji wymagany strumień objętości gazu, przy minimalnym ciśnieniu roboczym wejściowym i określonym przez operatora ciśnieniu roboczym wyjściowym, z uwzględnieniem spadku ciśnienia we wszystkich urządzeniach zamontowanych przed reduktorami. Nieodłącznym elementem systemu redukcji ciśnienia jest system ciśnieniowego bezpieczeństwa.

2.2 Reduktor roboczy – jest to reduktor ciśnienia gazu, służący w normalnych warunkach pracy stacji do obniżania ciśnienia wejściowego gazu do ciśnienia wyjściowego i utrzymywania wartości nastawionej na zadanym poziomie. Reduktor roboczy w systemach redukcji ciśnienia z reduktorem monitorem powinien otwierać się w przypadku gdy główna membrana uległa uszkodzeniu, lub gdy zanika energia potrzebna do jego poruszenia.[8]

- W stacjach gazowych dopuszcza się stosowanie reduktorów, które:
- w ciągu redukcyjnym mierzą i rejestrują ciśnienie oraz wartość strumienia objętości gazu;
 - przechowują dane w lokalnej pamięci, które mogą być pobrane do komputera przenośnego lub przesłane własnym urządzeniem transmisyjnym.

Reduktory powinny spełniać wymagania dotyczące strefy ciśnienia zamknięcia w odniesieniu do zadeklarowanej.



Rys. 1. Schemat ciągu redukcyjnego wyposażonego w zawór szybkozamykający, reduktor i reduktor monitor [8].

Fig. 1. Diagram of a reduction station equipped with a slam-shut valve, a regulator and a monitor regulator [8].

Reduktor powinien pracować z wymaganą klasą dokładności AC ciśnienia roboczego na wejściu reduktora i określonego ciśnienia nastawy.

2.3 Reduktor monitor – jest to drugi reduktor zainstalowany szeregowo z reduktorem roboczym, którego zadaniem jest utrzymanie zmiennej regulowanej w dopuszczalnych granicach, gdy jej wartość przekracza uprzednio ustaloną (np. w razie spowodowanego uszkodzeniem otwarcia się reduktora roboczego itp.). Wartość nastawy monitora powinna być taka, aby podczas uszkodzenia reduktora roboczego tymczasowe ciśnienie robocze TOP nie zostało przekroczone. Dodatkowo jego nastawy nie powinny negatywnie wpływać na prawidłowe działanie systemu ciśnieniowego bezpieczeństwa.[8]. Jeżeli stan pracy, w której reduktor monitor przejmuje od reduktora roboczego sterowanie ciśnieniem wyjściowym może być wykryty dzięki systemowi alarmowemu w krótkim czasie, to w celu określenia wartości nastawy może być wzięte pod uwagę maksymalne ciśnienie przypadkowe MIP.

2.4 Reduktor monitor pasywny – jest to drugi reduktor zainstalowany szeregowo z reduktorem roboczym, który przejmuje funkcję kontroli ciśnienia wyjściowego o wartości nadzorowanej wyższej od utrzymywanej przez reduktor roboczy, w przypadku jego otwarcia po uszkodzeniu. W celu zabezpieczenia stacji gazowej przed nadmiernym wzrostem lub spadkiem ciśnienia stosuje się system ciśnieniowego bezpieczeństwa jest to układ, który niezależnie od systemu redukcji ciśnienia zapewnia, że ciśnienie na wyjściu z systemu redukcji ciśnienia nie przekroczy maksymalnego ciśnienia przypadkowego system redukcji ciśnienia układ zawierający reduktor lub zespół reduktorów zapewniający utrzymanie ciśnienia w wymaganych granicach.[8]. Reduktor monitor stosowany jako urządzenie zabezpieczające przed nadmiernym wzrostem ciśnienia powinien zapewnić, aby:

- wartość nastawy monitora była taka, aby podczas uszkodzenia reduktora roboczego tymczasowe ciśnienie robocze TOP nie zostało przekroczone;
- uszkodzenie reduktora roboczego nie wpływało negatywnie na prawidłowe działanie systemu ciśnieniowego bezpieczeństwa.

Jeżeli stan pracy, w której reduktor monitor przejmuje od reduktora roboczego sterowanie ciśnieniem wyjściowym może być wykryty dzięki systemowi alarmowemu w krótkim czasie, to w celu określenia wartości nastawy może być wzięte pod uwagę maksymalne ciśnienie przypadkowe MIP.

2.5 Zawór szybkozamykający – stosowany jest jako urządzenia odcinające i zabezpieczające przed nadmiernym wzrostem ciśnienia. Zawory szybkozamykające powinny być montowane przed reduktorami, powinny spełniać wymagania PN-EN 14382. Ich oznakowanie powinno być zgodne ze znakiem CE.[8]

Najwyższa wartość nastawiona ciśnienia dla zaworu szybkozamykającego powinna być równa wartości maksymalnego ciśnienia przypadkowego MIP, pomniejszonej o wartość odchylenia klasy dokładności nastawy ciśnienia.

Zawory szybkozamykające powinny spełniać zadeklarowane wymagania klas dokładności wskazane w tabl.1.

Tabela 1 Klasy dokładności zaworów szybko zamykających.

Table 1. Accuracy classes of slam-shut valves

Klasa dokładności	Dopuszczalne odchylenie
AG 1	± 1 % a)
AG 2,5	± 2,5 % a)
AG 5	± 5 % a)
AG 10	± 10 % a)
AG 20	± 20 % b)
AG 30	± 30 % b)

Jeżeli zawór szybkozamykający zadziałał, to powinien on pozostać w położeniu zamkniętym, aż do jego ręcznego otwarcia. Zawory szybkozamykające po zamknięciu nie powinny otworzyć się samoczynnie, ponadto powinny być wyposażone w urządzenia uaktywniające do ręcznego otwarcia oraz wskaźnik (sygnalizator) jego położenia. Dostępną praktyką jest stosowanie zaworów szybkozamykających, stanowiących konstrukcyjną całość z reduktorem, przy zachowaniu funkcjonalnej niezależności urządzeń.

Czas zadziałania zaworów szybkozamykających nie powinien przekraczać 2 s.

2.6 Wydmuchowy zawór upustowy

Kolejnym elementem, zabezpieczającym stację przed nadmiernym wzrostem ciśnienia, są wydmuchowe zawory upustowe. Należy dobierać je według charakterystyki deklarowanej przez producenta tak, aby miały przepustowość do 2 % przepustowości maksymalnej ciągów redukcyjnych, na których są zamontowane.

Wydmuchowe zawory upustowe powinny spełniać wymagania klas dokładności określone w tab.2.

Tabela 2. Klasa dokładności wydmuchowych zaworów upustowych.

Table 2. Accuracy class of bleed valves.

Klasa dokładności	Dopuszczalna dodatnia i ujemna zmiana wielkości regulowanej
AG 1	± 1 % a
AG 2,5	± 2,5 % a
AG 5	± 5 % a
AG 10	± 10 % a
AG 20	± 20 % b
AG 30	± 30 % b

Wydmuchowe zawory upustowe powinny być nastawione na ciśnienie otwarcia poniżej ciśnienia, przy którym następuje zamknięcie zaworów szybkozamykających i powyżej ciśnienia wyjściowego reduktora monitora, jeżeli jest zamontowany. Czas reagowania wydmuchowych zaworów upustowych nie powinien przekraczać 2 s.

3. Rodzaje systemów bezpieczeństwa stacji

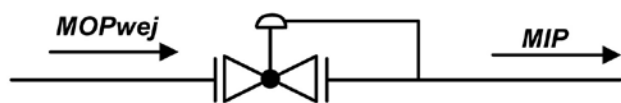
System redukcji ciśnienia gazu powinien utrzymywać wartość ciśnienia w dopuszczalnych dla systemu wyjściowych granicach. Nastawa wartości ciśnienia po redukcji nie powinna przekraczać wartości MOP_{wyj}. Rzeczywista wartość, ze względu na dynamikę systemu, może przekraczać MOP_{wyj} określonych granicach OP_{wyj}. System redukcji ciśnienia nie powinien dopuścić, aby ciśnienie wyjściowe przekroczyło wartości nastaw reduktorów. Stosowanie wydmuchowego zaworu upustowego ciągu redukcyjnego zapobiega wcześniejszemu zadziałaniu zaworu szybkozamykającego. W stacji redukcyjnej należy instalować armaturę zaporową przed wydmuchowym zaworem upustowym, pod warunkiem że armatura ta będzie zabezpieczona przed przypadkowym zamknięciem.

W systemach redukcji ciśnienia należy stosować reduktory ciśnienia zgodne PN-EN 334, bez zewnętrznego źródła zasilania. System ciśnieniowego bezpieczeństwa w praktyce pracuje automatycznie w taki sposób, że w razie uszkodzenia systemu redukcji ciśnienia nie dopuszcza do przekroczenia zadanego ciśnienia na wyjściu ze stacji.

3.1 System ciśnieniowego bezpieczeństwa Typu A wyposażony w reduktor roboczy ma zastosowanie, gdy np.: $MOP_{wyj} \leq 0,01 \text{ MPa}$ i odpowiadające mu $MIP \leq 2,5 \times 0,01 \leq 0,025 \text{ MPa}$ przy $MOP_{wej} < 0,025 \text{ MPa}$.

Taki typ systemu redukcji ciśnienia i systemu ciśnieniowego bezpieczeństwa może mieć zastosowanie w stacjach regulacji ciśnienia,

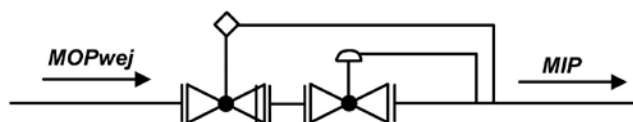
zlokalizowanych wewnątrz systemu przesyłowego lub dystrybucyjnego w pełnym zakresie ciśnień wejściowych MOP_{wej}.



Rys. 4. Schemat system ciśnieniowego bezpieczeństwa Typu A [8].

Fig. 4. Diagram of the Type A pressure relief system [8].

3.2 System ciśnieniowego bezpieczeństwa Typu B wyposażony w reduktor roboczy i pojedyncze urządzenie systemu ciśnieniowego bezpieczeństwa, tj. zawór szybkozamykający. System ma zastosowanie w stacjach gazowych, które są zasilane z gazociągów podwyższonego średniego ciśnienia o $MOP_{wej} \leq 1,6$ MPa, redukujących ciśnienie do wartości $MOP_{wyj} \leq 0,5$ MPa oraz ze średniego ciśnienia o $MOP_{wej} \leq 0,5$ MPa, redukujących ciśnienie do wartości $MOP_{wyj} \leq 0,01$ MPa.



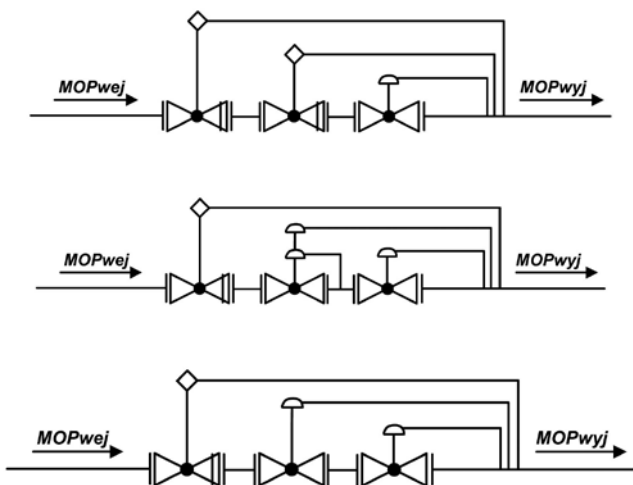
Rys. 5. Schemat system ciśnieniowego bezpieczeństwa Typu B [8].

Fig. 5. Diagram of a type B pressure safety system [8].

3.3 System ciśnieniowego bezpieczeństwa Typu C wyposażony w reduktor roboczy i podwójne urządzenie systemu ciśnieniowego bezpieczeństwa, tj. dwa zawory szybkozamykające albo reduktor monitor i zawór szybkozamykający. System jest wymagany w stacjach gazowych, które są zasilane z gazociągów wysokiego ciśnienia o $MOP_{wej} > 1,6$ MPa oraz w których są spełnione warunki:

$$MOP_{wej} - MOP_{wyj} > 1,6 \text{ MPa i } MOP_{wej} > P_{t \text{ wytrzym wyj}}$$

W przypadku konieczności zapewnienia ciągłości dostaw gazu, należy zastosować system ciśnieniowego bezpieczeństwa z drugim reduktorem monitorem. Drugi reduktor monitor może być stosowany jako pasywny lub aktywny. W tym przypadku jako reduktor podstawowy nie może być stosowany reduktor typu awaria zamyka.



Rys. 6. Schematy systemów ciśnieniowego bezpieczeństwa Typu C [8].

Fig. 6. Diagrams of Type C pressure safety systems [8].

4. Sterowanie ciśnieniem

System sterowania ciśnieniem powinien utrzymywać ciśnienie na wyjściu po redukcji w wymaganym zakresie i powinien zapewniać, że ciśnienie to nie przekroczy dopuszczalnego poziomu. Maksymalne

ciśnienie przypadkowe MIP na wyjściu ze stacji powinno być mniejsze niż ciśnienie próby wytrzymałości sieci gazowej zasilanej ze stacji. Dla gazociągów zasilanych ze stacji o maksymalnym ciśnieniu roboczym MOP_{wej} większym niż 1,6 MPa i mniejszym lub równym 4,0 MPa oraz nieprężeniach obwodowych większych niż 0,45 Rt05, maksymalne ciśnienie przypadkowe MIP nie może być większe niż 1,15 MOP_{wyj} gazociągu. Dla danej stacji gazowej, zależność między maksymalnym ciśnieniem roboczym MOP_{wyj}, górnym poziomem ciśnienia roboczego OP_{wyj}, tymczasowym ciśnieniem roboczym TOP i maksymalnym ciśnieniem przypadkowym MIP na wyjściu ze stacji podano w tab. 3 i 4.

Częstym rozwiązaniem jest stosowanie systemu do zdalnego sterowania stacją redukcyjną, limitowanie wielkości przepływu oraz przełączanie ciągów redukcyjnych.

Praktycznym przykładem może być zastosowanie Systemu LC/21 Tartarini, Emerpol.

W wykonaniu podstawowym: wersja LC-21/1/P-Q/4/SW1 wyposażony jest on w jedną elektroniczną jednostkę sterującą oraz jedną elektro-pneumatyczną jednostkę wykonawczą. Może obsługiwać stacje wielociągowe.

System pozwala realizować i nadzorować następujące funkcje:

- Nastawy ciśnienia urządzeń w stacji redukcyjnej – System LC/21 może zmieniać wartość ciśnienia nastawy lokalnie – zgodnie z tym, co zadano na panelu sterowania systemu – i/lub zdalnie – z Centrum Sterowania via MODBUS (standardowo zaimplementowany) lub automatycznie z pamięci sytemu, za pomocą wprowadzonej tabeli z wartościami dla danej daty/godziny. Dla zapewnienia ciągłości działania stacji w stanach awaryjnych systemu, stacja może pracować również w trybie mechanicznych nastaw „sprężynowych”, bez udziału urządzenia. W przypadku awarii sygnału 4-20 mA, podawanego przez przetwornik ciśnienia zainstalowany przez użytkownika po stronie wylotowej, system wygeneruje sygnał alarmowy i przejdzie do trybu manualnego. System nie zmieni od tego momentu zadanych parametrów, poprzez zachowanie niezmięionej wartości ciśnienia sterującego pilotem. Wylotowe ciśnienie stacji, za reduktorem, nie będzie niższe niż minimalna nastawa, zapewniana wyłącznie przez sprężynę pilota. Awaria zasilania spowoduje automatyczne aktywowanie wewnętrznego układu bezpieczeństwa. Układ ten będzie utrzymywał cały system w pełnej sprawności, przez przynajmniej 24 godziny. Po upływie tego czasu system wyłączy się ale nie zmieni od tego momentu zadanych do reduktora parametrów, poprzez zachowanie niezmięionej wartości ciśnienia sterującego pilotem. Wylotowe ciśnienie stacji, za reduktorem, nie będzie niższe niż minimalna nastawa, zapewniana wyłącznie przez sprężynę pilota.
- Nastawa maksymalnej dopuszczalnej wartości przepustowości stacji redukcyjnej – wartość maksymalnej dopuszczalnej przepustowości fizycznej stacji redukcyjnej. Możliwe jest dokonywanie zmiany nastawy przepustowości lokalnie – zgodnie z tym, co zadano na panelu sterowania systemu – i/lub zdalnie – z Centrum Sterowania via MODBUS (standardowo zaimplementowany) lub automatycznie z pamięci systemu (wprowadzona tabela wartości dla danej daty/godziny).
- System LC/21 może stanowić zabezpieczenie gazomierza przed niewłaściwą pracą.

Komunikacja z Systemem LC/21 może przebiegać np. za pomocą modemu GPRS i być w pełni zintegrowana z systemem nadrzędnym TelWin.[3]

System LC/21 występuje również w wykonaniu rozszerzonym: – wersja LC-21/3/P-Q/8/SW3.13, który wyposażony jest w jedną elektroniczną jednostkę sterującą oraz elektro-pneumatyczne jednostki wykonawcze, w ilości równej liczbie ciągów sterowanych (2, 3 itd.).

System pozwala realizować i nadzorować funkcje identyczne, jak w wykonaniu podstawowym, a dodatkowo umożliwia okreso-

wą zamianę funkcji ciągów (np. ciąg główny, ciąg rezerwowy, ciąg zapasowy itp.). Może to być realizowane lokalnie, zdalnie lub automatycznie (tabela automatycznego przełączania ciągów). Ponadto, za pomocą urządzenia można dokonać podziału strugi gazu pomiędzy dwa ciągi, np. od określonej wielkości przepływu system uruchamia drugi ciąg i całkowitą strugę dzieli równomiernie pomiędzy dwa ciągi, w celu: zmniejszenia poziomu hałasu, umożliwienia zastosowania mniejszych średnic układu redukcyjnego, równomiernego obciążenia urządzeń redukcyjnych.[3]



Rys. 7 Widok ciągów redukcyjnych oraz jednostki wykonawczej LC-21 [3].

Fig. 7. View of reduction lines and LC-21 executive unit [3].



Rys. 8. Widok urządzeń redukcyjno-zabezpieczających CRONOS oraz jednostki sterującej LC-21 [3].

Fig. 8. View of the CRONOS reduction and protection devices and the LC-21 control unit [3].



Rys. 9. Jednostka wykonawcza LC-21 [3].

Fig. 9. LC-21 executive unit [3].



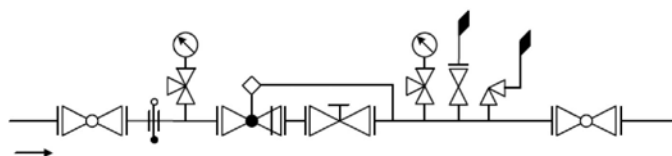
Rys. 10. Wyświetlacz jednostki sterującej LC-21 [3].

Fig. 10. Display of the LC-21 control unit [3].

5. Przewód obejściowy

W stacji gazowej może być instalowany przewód obejściowy, wyposażony w:

- armaturę zaporową na wejściu i wyjściu,
- zawór szybkozamykający,
- zawór do ręcznej lub automatycznej regulacji ciśnienia lub reduktor 1),
- przewód odprężający z zaworem,
- wydmuchowy zawór upustowy o przepustowości do 2 % przepustowości przewodu obejściowego,
- zaślepkę-okular,
- manometry przed i za zaworem do ręcznej regulacji ciśnienia.



Rys. 11. Schemat przewodu obejściowego.

Fig. 11. Diagram of a bypass line.

Przepustowość przewodu obejściowego powinna być równa wymaganej przepustowości stacji w warunkach jej użytkowania.

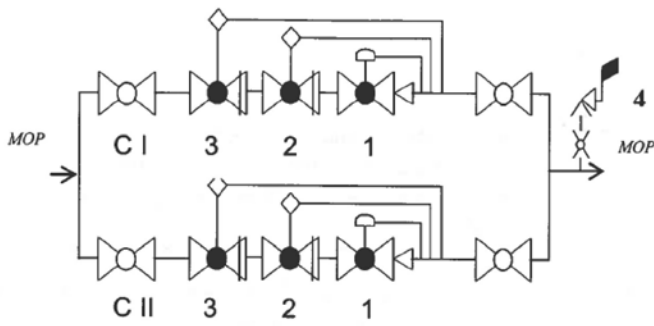
Urządzenia zainstalowane w przewodzie obejściowym, do końcowej armatury gazociągu włącznie, powinny spełniać wymagania wytrzymałościowe dostosowane do MOP gazociągu zasilającego stację. W czasie normalnej pracy stacji, przewód obejściowy powinien być odcięty od gazociągu zasilającego stację za pomocą zaślepki okularowej, zamontowanej za armaturą zaporową, na wejściu przewodu obejściowego. Wszystkie urządzenia zainstalowane w przewodzie obejściowym na wolnym powietrzu powinny być dostosowane do pracy w zakresie temperatury roboczej od $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (od 244 K do 333 K).

6. Nastawy urządzeń redukcyjnych i zabezpieczających

Nastawy ciśnień na urządzeniach redukcyjnych i zabezpieczających zależą od klasy dokładności AC i ciśnienia w stanie zamknięcia reduktorów roboczych oraz reduktorów monitorów, klas dokładności AG zaworów szybkozamykających i wydmuchowych zaworów upustowych, tworzących system ciśnieniowego bezpieczeństwa. W przypadku wydmuchowych zaworów upustowych, należy uwzględnić również przyrost ciśnienia b1(% względem ciśnienia początku otwarcia P_{po}, niezbędny do uzyskania maksymalnej przepustowości oraz spadek ciśnienia b2%) względem P_p, niezbędny do szczelnego zamknięcia. Dla zaworów szybkozamykających, mających czas reakcji dłuższy niż 0,5s, należy uwzględnić wzrost ciśnienia o ok 1 od granicy górnego ciśnienia zwalnającego, powstający po przekroczenia przez ciśnienie wyjściowe tej granicy do chwili rozpoczęcia zamykania.

6.1. Przykładowe nastawy urządzeń redukcyjnych i zabezpieczających

Stacja ma dwa ciągi redukcyjne wyposażone w reduktor, dwa zawory szybkozamykające oraz wydmuchowy zawór upustowy, zamontowany na wyjściu ze stacji. Wyposażenie to jest zgodne z systemem ciśnieniowym bezpieczeństwa typu C. Dobry reduktor powinien mieć taką dokładność aby jego P_{wyj}+P_{wuj}8AC/100 nie przekraczało wartości OP



Rys. 12. Schemat technologiczny ciągów stacji redukcyjnej wyposażonej w system bezpieczeństwa C.

Fig. 12. Technological diagram of the strings of the reduction station equipped with the C safety system.

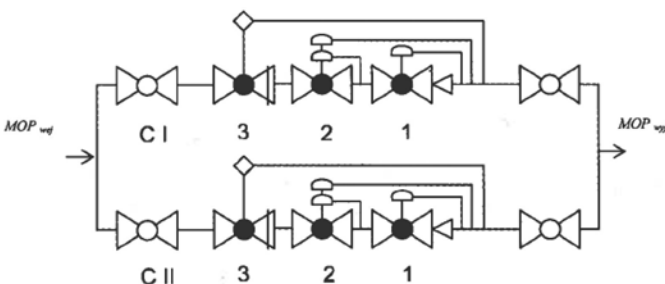
Oznaczenia dla rys.12

Reduktor, 2 – zawór szybkozamykający, 3 – zawór szybkozamykający, 4 – wydmuchowy zawór upustowy.

Tabela 3. Przykładowe nastawy ciągu redukcyjnego wyposażonego w reduktor i 2 zawory szybkozamykające.

Table 3 Exemplary settings of the reduction line equipped with a reducer and 2 slam-shut valves.

Pożądanie ciśnienie w sieci (po redukcji)	Ciąg	Reduktor 1	OP	Wydmuchowy zawór upustowy – 4 wg. schematu	Zawór szybkozamykający 2 i 3 wg. schematu	MIP dopuszczalne
MPa		MPa	MPa	Ppo MPa	Pzo MPa	MPa
1,0	CI	1,0	1,15	1,35	1,35	1,35
	CII	0,84			1,4	
0,6	CI	0,6	0,64	0,74	0,74	0,74
	CII	0,51			0,77	
0,5	CI	0,5	0,54	0,60	0,66	0,7
	CII	0,4			0,69	
0,35	CI	0,35	0,38	0,43	0,48	0,50
	CII	0,30			0,50	



Rys. 13. Schemat technologiczny ciągów stacji redukcyjnej wyposażonej reduktorem roboczym, monitorem i zaworem szybkozamykającym.

Fig. 13. Technological scheme of the lines of the reduction station equipped with a working regulator, monitor and quick-closing valve.

1 – reduktor roboczy, 2 – reduktor monitor aktywny, zawór szybkozamykający.

Wysokość ciśnienia pośredniego reduktora monitora aktywnego powinna być wynikiem przeprowadzonej analizy, w której należy uwzględnić możliwości:

- osiągnięcia QD przez reduktor roboczy przy maksymalnym ciśnieniu wyjściowym,
- pracy reduktora roboczego z klasą dokładności AC w wymaganym zakresie przepustowości od Q min do QD,

Tabela 4. Przykładowe nastawy ciągu redukcyjnego wyposażonego w reduktor roboczy, monitor i zawór szybkozamykający.

Table 4. Examples of reduction line settings equipped with a working regulator, monitor and slam-shut valve.

Pożądanie ciśnienie w sieci (po redukcji)	Ciąg	Reduktor 1	OP	Monitor aktywny poz. 2 wg. schematu	TOP	Ciśnienie pośrednie monitora	Zawór szybkozamykający poz. 3 wg. schematu	MIP dopuszczalne
MPa		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		MPa
1,0	CI	1,0	1,15	1,26	1,37	1,35	1,37	1,45
	CII	0,84		1,26		1,35	1,42	
0,6	CI	0,6	0,64	0,7	0,75	0,81	0,8	0,83
	CII	0,51		0,7		0,81	0,82	
0,5	CI	0,5	0,54	0,57	0,63	0,8	0,66	0,7
	CII	0,4		0,57		0,8	0,69	
0,35	CI	0,35	0,38	0,41	0,45	0,64	0,47	0,50
	CII	0,30		0,41		0,64	0,49	

- dobrania optymalnej wielkości reduktorów monitora i reduktora roboczego,
- osiągnięcia jak najniższego sumarycznego poziomu ciśnienia akustycznego.

7. Urządzenia montowane na ciągach redukcyjnych

7.1. Reduktory ciśnienia

Wyróżniamy dwa rodzaje reduktorów ciśnienia .

7.1.1 Reduktor bezpośredniego działania,

w których na zmianę ciśnienia reaguje membrana i sprężyna, zamontowane w reduktorze. Sterują one elementem regulującym, umieszczonym na drodze przepływu strumienia gazu. Tego typu reduktory najczęściej są stosowane na stacjach gazowych zasilających indywidualnych odbiorców. Reduktor bezpośredniego działania ,w razie pęknięcia membrany otwiera się. Z tego względu zalicza się je do typu „awaria otwiera” Dlatego w przypadku wyposażenia stacji gazowej w tego typu urządzenia, zasadnym jest wyposażyc ciąg w jeden z systemów bezpieczeństwa opisany w niniejszym artykule.

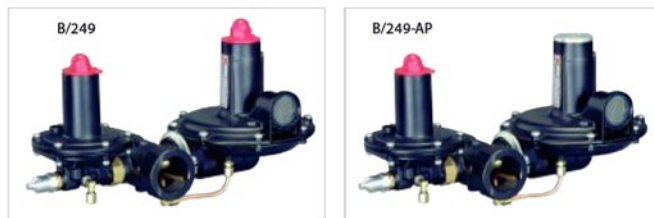
Zaletą reduktorów bezpośredniego działania jest krótki czas reakcji na zmianę ciśnienia wejściowego i przepływu oraz niski koszt zakupu. Wadami niestety są mniejsza dokładność regulacji i wyższe ciśnienie w stanie zamknięcia, mniejsza dokładność regulacji oraz niższe ciśnienie wyjściowe i jego zakres. Przykładem reduktora bezpośredniego działania jest reduktor serii B/240 firmy Emerpol. Wykorzystywane są one szczególnie w systemach i urządzeniach, w których mają miejsce nagłe zmiany przepływu lub w przypadkach, w których odcięcie przepływu gazu sterowane jest zaworem elektromagnetycznym, np. w przypadku gazowego zasilania palników przemysłowych lub palników montowanych w kotłach dla indywidualnych zastosowań.

Zazwyczaj dostarczane są one wraz z zaworem bezpieczeństwa. Mogą być również wyposażone w zawór szybkozamykający ,z działaniem na spadek ciśnienia, wzrost ciśnienia, oraz jednocześnie na wzrost i spadek ciśnienia [1].



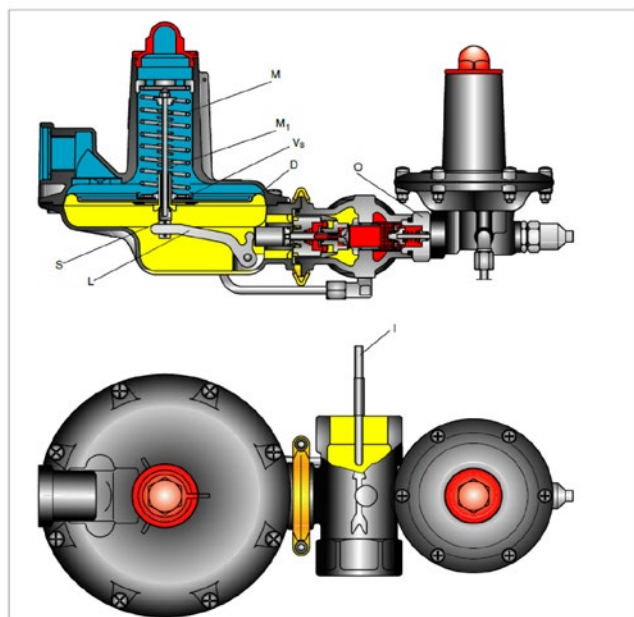
Rys. 14. Reduktor B/242 i B/242-AP Wersja bez zaworu szybkozamykającego [1].

Fig. 14. . 14. Regulator B / 242 and B242-AP Version without slam-shut valve [1].



Rys. 15. Reduktor B/249 i B249-AP Wersja z zaworem szybkozamykającym [1].
Fig. 15. B / 249 and B249-AP regulator. Version with a slam-shut valve [1].

Przy pomocy trzpienia (S) i dźwigni (L) ruchy membrany (D) przekazywane są na zawieradło (O), które jest utrzymywane w kontakcie z dźwignią (L) przez sprężynę (M). Zapewnia to wolne od luzu przesunięcia wszystkich części i szybką odpowiedź zawieradła (O) na każdy ruch membrany. Ciśnienie wylotowe, poprzez podłączenie impulsu (I), działa na membranę (D) i wywiera się, której przeciwstawia się siła sprężyny (M). Działanie ciśnienia gazu na membranę powoduje zamykanie zawieradła, natomiast przeciwne działanie sprężyny jego otwieranie. Równowaga pomiędzy tymi przeciwstawnymi siłami zapewnia odpowiednie ustawienie zawieradła i zapewnia stałe ciśnienie oraz przepływ na wylocie. Każdorazowo, gdy zmiana przepływu powoduje wzrost lub spadek wymaganego ciśnienia, układ ruchomy reaguje tak, aby powstała nowa pozycja równowagi stabilizująca ciśnienie. Reduktor może być wyposażony w zawór bezpieczeństwa (Vs) połączony z membraną (D). Jego regulacja odbywa się za pomocą sprężyny (M1)[1]. Zawór ten działa niezależnie od reduktora.



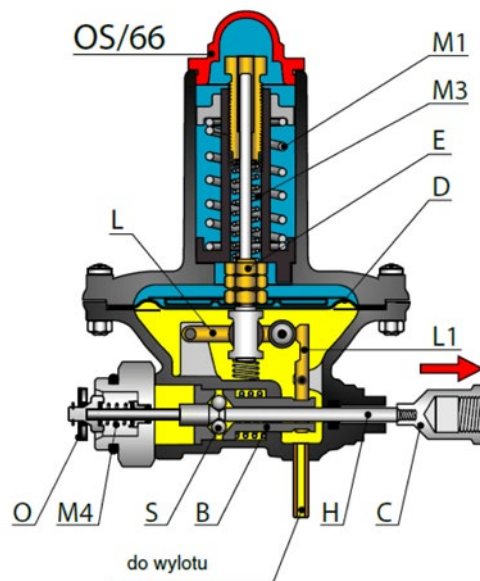
Rys. 16. Reduktory serii B/240 mogą być zintegrowane z zaworem szybko zamykającym OS/66 [1].
Fig. 16. Series B / 240 regulators can be integrated with the OS / 66 slam-shut valve [1].

Ciśnienie wylotowe oddziałując na membranę (D), przeciwstawia się naciskowi sprężyny

maksymalnego ciśnienia (M2) pokonując jednocześnie naprężenie sprężyny minimalnego ciśnienia (M3). W tych warunkach ruchoma część (E) znajdują się w równowadze, a dźwignia (L) ustawiona jest w pozycji osiowej z wyprofilowaną częścią dźwigni (L1).

Kule (S) utrzymywane są w swoich gniazdach przez tuleję (B). W efekcie zawór (O) utrzymywany jest w położeniu otwartym. Jakkolwiek zmiana ciśnienia wylotowego ponad ustawione wartości

przełamuje istniejącą równowagę i w przypadku wzrostu ciśnienia wylotowego jego nacisk pokonuje naprężenie sprężyny (M1), w przypadku spadku ciśnienia wylotowego nacisk sprężyny (M3) pokonuje jego wartość. W obu przypadkach powoduje to ruch części ruchomej (E), która uruchamia dźwignie (L), co powoduje, że dźwignie (L) i (L1) nie znajdują się w osi. Dźwignia (L1) zwalnia kule (S) umożliwiając zawieradłu (O) utrzymanie się, pod naciskiem sprężyny (M4), w pozycji zamkniętej. Zawór szybko zamykający, dzięki wewnętrznemu by-passowi, może być łatwo odblokowany również w przypadku wysokiego ciśnienia wlotowego. Wartości maksymalne i minimalne zadziałania ustawiane są niezależnie sprężynami (M1) oraz (M3).



Rys. 17. Zawór szybkozamykający OS/66 [1].
Fig. 17. OS / 66 slam-shut valve [1].

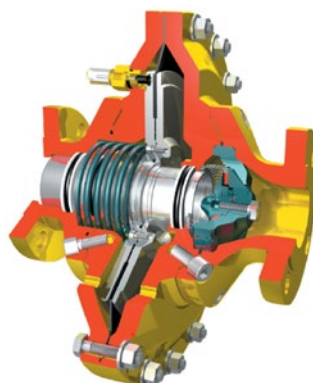
7.1.2 Reduktory pośredniego działania,

w których na zmianę ciśnienia wyjściowego reaguje pilot, który poprzez zmianę ciśnienia gazu w reduktorze, tj. w komorze ciśnienia sterującego, steruje elementem regulującym, umieszczonym na drodze przepływu głównego strumienia gazu. Reduktory opisanej konstrukcji są najczęściej stosowane na stacjach gazowych systemowych.

Przykładem reduktora pośredniego działania jest Reduktor ciśnienia FL firmy Tartarini/Emerson. Jest to urządzenie o przepływie osiowym. Możliwy do zastosowania w bardzo szerokim zakresie zastosowań.

Główne cechy reduktorów FL są następujące:

- większa przepustowość niż w reduktorach "top entry",
- odciążone zawieradło,
- membrana o pełnej wytrzymałości Full strength diaphragm,
- mała liczba części, modułowa konstrukcja.



Rys. 18. Przekrój reduktora FL [2].
Fig. 18. Cross-section of the FL reducer [2].



Rys. 19. Reduktor FL różnych konfiguracjach [2].
 Fig. 19. FL reducer in different configurations [2].

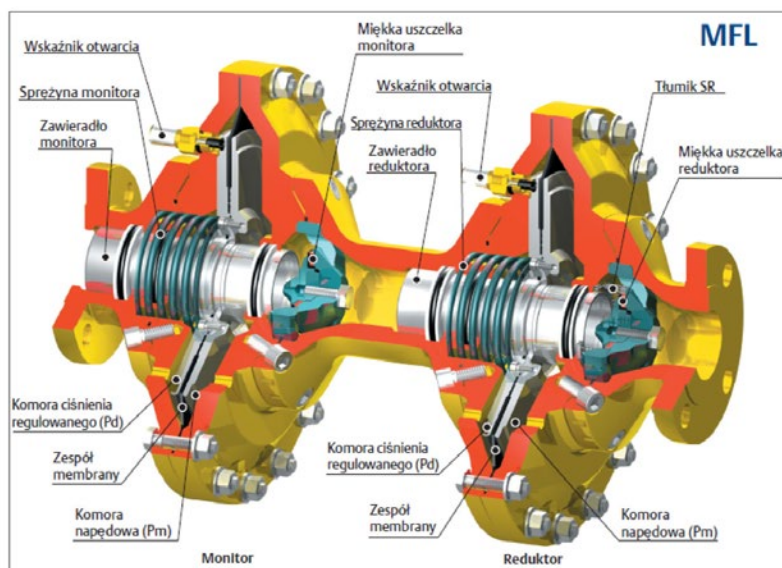
Zespół membrany (połączony na stałe z zawieradłem) dzieli siłownik reduktora na dwie komory. Do jednej z komór doprowadzone jest ciśnienie regulowane (P_d), a do drugiej – ciśnienie napędowe (P_m), wytwarzane przez pilota, zależnie od ciśnienia po stronie wylotowej. Na skutek braku ciśnienia sprężyna reduktora wywiera nacisk na zespół membrany i powoduje zamknięcie zawieradła. Zawieradło zajmuje położenie otwarte, gdy siła wytworzona przez ciśnienie napędowe, działające na zespół membrany, staje się większa od siły wytworzonej przez ciśnienie, sterowane po stronie wylotowej i zsumowanej z naciskiem sprężyny reduktora. Zawieradło pozostaje w bezruchu, gdy te dwie siły równoważą się wzajemnie i w tej sytuacji ciśnienie po stronie wylotowej jest równe wartości nastawy systemu. Każda zmiana zapotrzebowania na wielkość strumienia powoduje zmianę ciśnienia regulowanego na wylocie i reduktor sterowany pilotem otwiera się lub zamyka, aby zapewnić właściwą dostawę gazu, a jednocześnie zachować stałą wartość ciśnienia wylotowego.

Monitor lub reduktor przeciwwaryjny stosuje się, jako urządzenie bezpieczeństwa w systemach redukcji ciśnienia gazu. Zadaniem monitora jest ochrona układu przed możliwym nadmiernym ciśnieniem, przy jednoczesnym utrzymaniu ciągu redukcyjnego w ruchu.

Monitor kontroluje ciśnienie wylotowe w tym samym miejscu, co reduktor i jest ustawiony nieco wyżej niż reduktor. Przy normalnej pracy monitor jest całkowicie otwarty, ponieważ wykrywa ciśnienie niższe niż wartość nastawy monitora. Jeśli w wyniku dowolnego uszkodzenia reduktora ciśnienie wylotowe wzrasta i osiąga wartość graniczną, monitor wchodzi do pracy i dostosowuje ciśnienie do swojej własnej nastawy.[2]

8. Podsumowanie

Analiza przedstawionych wymagań prawnych, zabezpieczeń i standardów dla stacji gazowych jednoznacznie wskazuje, że budowa i eksploatacja tego typu obiektów jest bezpieczna. Dostępne u producentów podzespoły spełniają wymogi formalno – prawne i są dostosowane do indywidualnych potrzeb. Opracowane standardy i dostępne urządzenia pozwalają na konfiguracje ciągów redukcyjnych stacji, umożliwiającą ich zabezpieczenie, zarówno przed niepożądanym wzrostem jak i spadkiem ciśnienia. Nowoczesne metody dostępne na rynku umożliwiają zdalne sterowanie nastawami stacji, limitowaniem wielkości przepływu oraz przełączania ciągów redukcyjnych. ■



Rys. 20. Schemat zasady działania reduktora FL [2].
 Fig. 20. The diagram of the FL reducer operation principle [2].

LITERATURA

- [1] Biuletyn informacyjny firmy EMERPOL – reduktor ciśnienia typ B,240,
- [2] Biuletyn informacyjny firmy EMERPOL – reduktor ciśnienia Typ FL,
- [3] Biuletyn informacyjny firmy EMERPOL Skrócony opis funkcjonalności System LC-21 Tartarini, Emerson do zdalnego sterowania stacją redukcyjną, limitowania wielkości przepływu oraz przełączania ciągów redukcyjnych.
- [4] Osładacz Andrzej J., Chaczykowski Maciej. 2010. „Stacje Gazowe. Teoria projektowania, eksploatacja”, Fluid System sp. z o.o. Warszawa.
- [5] Ratasiewicz Witalis.2006. ”Stacje gazowe w systemach dostaw gazu”. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Warszawa.
- [6] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie.
- [7] Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. Nr 120, poz. 826 oraz z 2012 r. poz. 110)
- [8] Standard Techniczny ST – IGG – 501:2017 Stacje gazowe w przesyłce i dystrybucji dla ciśnień wejściowych do 10MPa włącznie. Wymagania w zakresie projektowania, budowy oraz przekazania do użytkowania.
- [9] Zespół autorów pod redakcją dr. inż. Mariusza Łaciaka.2011.”Instalacje i sieci gazowe dla praktyków Tom II” Verlag Dashöfer. Bratislava.