

Rola stacji gazowych w ograniczaniu strat gazu w sieciach dystrybucyjnych



**Politechnika
Warszawska**



**Zakład
Systemów
Ciepłowniczych
i Gazowniczych**

**Prof. dr hab. inż. Andrzej J. Osiadacz
Dr hab. inż. Maciej Chaczykowski**

Warszawa, listopad 2013 r.

Prawidłowa eksploatacja sieci dystrybucyjnej

Cel eksploatacji:

- ☐ koszty eksploatacji niskie,
 - ☐ wskaźnik bezpieczeństwa eksploatacji wysoki,
 - ☐ dostawy gazu do odbiorców ciągłe
 - o parametrach zgodnych z umowami.
-

Systemy wykorzystywane do zmniejszania strat na skutek nieszczelności

- ☐ pracujące w układzie otwartym,
- ☐ pracujące w układzie zamkniętym.

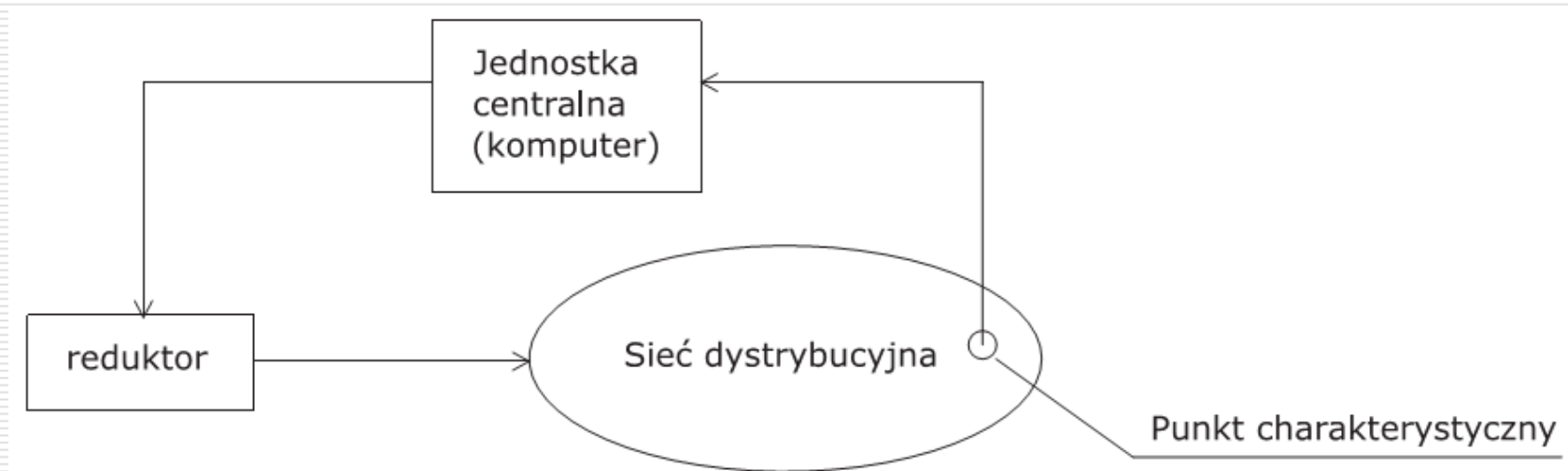
Praca w układzie otwartym polega na zmianie wartości ciśnienia na wyjściu stacji gazowej w oparciu tylko o lokalne pomiary lub na podstawie tzw. profilu zmiany ciśnienia wykorzystującego dane zebrane w trakcie eksploatacji sieci.

Sterowanie ciśnieniem w układzie zamkniętym

W przypadku sterowania w układzie zamkniętym:

- ❑ ciśnienie chwilowe jest mierzone systematycznie w krótkich odstępach czasu w punkcie charakterystycznym,
 - ❑ zmierzona wartość jest przekazywana drogą radiową lub w inny sposób (np. GPRS) do komputera stanowiącego jednostkę centralną,
 - ❑ z jednostki centralnej wychodzi sygnał do reduktora, powodujący podniesienie lub obniżenie ciśnienia o określoną wartość.
-

Schemat sterowania ciśnieniem w układzie zamkniętym

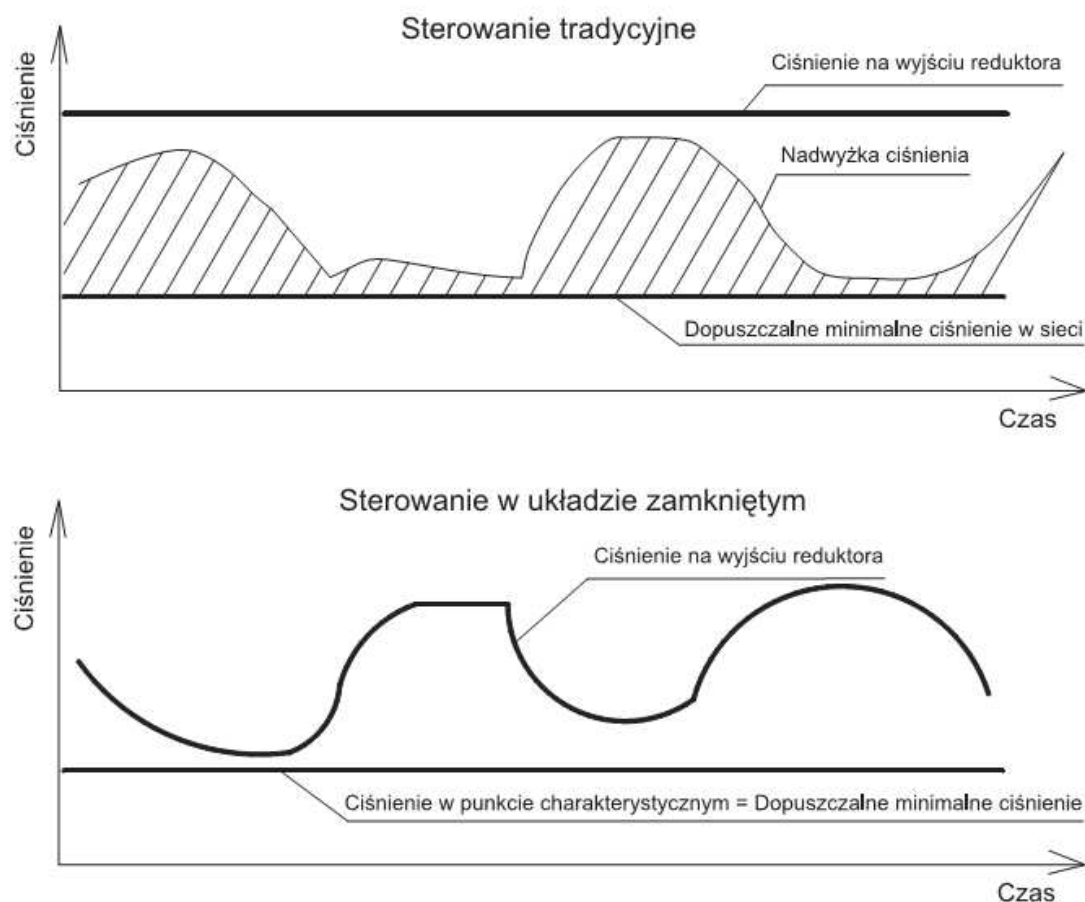


Opłacalność sterowania ciśnieniem w układzie zamkniętym

Opłacalność tej metody rośnie gdy:

- ❑ w sieciach występują znaczne różnice ciśnienia pomiędzy punktami zasilania a odległymi punktami charakterystycznymi,
 - ❑ sieć jest zasilana z kilku dużych stacji redukcyjnych, które dostarczają przeważającą część rozprowadzanego gazu,
 - ❑ znane są straty gazu na skutek nieszczelności sieci (przy czym im większe, tym większa jest opłacalność).
-

Przebieg ciśnienia przy tradycyjnym sterowaniu oraz przy sterowaniu w układzie zamkniętym



Wybrane systemy minimalizacji strat gazu w sieciach dystrybucyjnych

- ☐ System F.I.O. (Fiorentini)
 - ☐ System GridBoss (Fisher)
 - ☐ System LC 21 (Tartarini)
 - ☐ System RMG
-

Zmiana nastaw reduktorów w oparciu o pełną informację o sieci

Alternatywą dla opisanych rozwiązań są algorytmy symulacji i optymalizacji, które określają zmianę nastaw reduktorów w oparciu o pełną informację o sieci.

- ❑ Programy symulacyjne: badanie zachowania się sieci gazowych w określonych warunkach.
 - ❑ Programy optymalizacyjne: znalezienie takich warunków pracy systemu lub takich struktur, w których określony aspekt ekonomiczny lub techniczny tego procesu lub tej struktury będzie ekstremalizowany.
-

Algorytm minimalizacji strat gazu

Wskaźnik jakości jest postaci

$$J = \min \sum_{i=1}^N p_i$$

gdzie: N - liczba węzłów w sieci

Algorytm minimalizuje sumę wartości ciśnienia w węzłach sieci ograniczając w ten sposób straty gazu.

Algorytm minimalizacji strat gazu (c.d.)

Jeżeli posiadamy model strat gazu rozpatrywanej sieci, można zastosować wskaźnik jakości postaci:

$$J = \min \sum_{i=1}^N w_i p_i$$

$$w_i = \sum_{j=1}^{M_i} e_{ij} l_{ij}$$

gdzie: M_i - liczba rur incydentnych do i -tego węzła,

e_{ij} - współczynnik strat dla rury (i, j) ,

l_{ij} - długość rury (i, j) .

Algorytm minimalizacji strat gazu (c.d.)

Ograniczenia:

- Dla każdego węzła obciążonego musi być spełnione ograniczenie:

$$p_i^{\min} \leq p_i \quad (i = 1, 2, \dots, \beta)$$

gdzie β jest liczbą obciążonych węzłów sieci.

Algorytm minimalizacji strat gazu (c.d.)

- Z kolei, każda stacja redukcyjna winna spełniać poniższe ograniczenia:

$$p_k^{\min} \leq p_k \leq p_k^{\max} \quad (k = 1, 2, \dots, \alpha)$$

$$Q_k^{\min} \leq Q_k \leq Q_k^{\max} \quad (k = 1, 2, \dots, \alpha)$$

gdzie α jest liczbą obciążonych węzłów sieci.

Ograniczenia narzucone na sieć optymalizowaną:

- Spełnione równanie przepływu dla każdej rury,
 - I prawo Kirchhoffa spełnione w każdym węźle,
 - II prawo Kirchhoffa spełnione w każdym oczku.
-

Algorytm minimalizacji strat gazu - Rezultaty badań

Testowane sieci:

Nr sieci	Liczba łuków w sieci	Liczba węzłów obciążonych	Liczba stacji zasilających
1	15	9	1
2	120	101	3
3	350	304	4
4	700	608	8
5	1200	960	10

Algorytm minimalizacji strat gazu - rezultaty badań

Wyniki obliczeń:

Nr sieci	Straty gazu w sieci [%] przy arbitralnych nastawach reduktorów	Straty gazu w sieci [%] przy optymalnych nastawach reduktorów
1	2.69	2.01
2	3.27	2.09
3	3.97	2.50
4	4.91	3.03
5	5.01	3.40

Wnioski

- ❑ Stosowane algorytmy do obliczania ciśnienia wyjściowego reduktorów coraz częściej cechują się wysoką dokładnością otrzymanych wyników.
 - ❑ Zmiana nastaw reduktorów w oparciu o pełną informację o sieci znacznie przewyższa stosowane systemy minimalizacji strat gazu w sieciach dystrybucyjnych pod względem elastyczności działania oraz czułości na zmiany parametrów pracy sieci.
-

Wnioski (c.d.)

- ❑ Algorytmy minimalizacji strat gazu wymagają sformułowania typowego problemu nieliniowej optymalizacji z nieliniowymi ograniczeniami, którego rozwiązanie wymaga pełnej informacji o strukturze sieci, incydencji poszczególnych elementów, oraz stanie sieci (rozkładzie ciśnienia i wartości przepływu w sieci).
- ❑ Praktyczne wykorzystanie tych algorytmów jest niewiele droższe od rozwiązań klasycznych ale przynosi znacznie większe oszczędności dzięki dokładnie policzonym nastawom reduktorów.

Wnioski (c.d.)

- Niezbędnym warunkiem efektywnego wykorzystania pakietów obliczeniowych do minimalizacji strat gazu jest uzyskiwanie odpowiedniej jakości i ilości danych pomiarowych.
-

Literatura

- [1] Osiadacz A., Chaczykowski M. (2010), Stacje gazowe. Teoria, projektowanie, eksploatacja, Fluid Systems, Warszawa
 - [2] Hindi, K.S., Hamam, Y.M.: An optimisation model for setting pressure controllers to minimize leakage in pipe networks, Lecture Notes in Control and Information Science 174 (1992) 116–12
 - [3] Osiadacz A., Rygier J., Szczepański R.: Zasady prowadzenia ruchu sieci dystrybucyjnej, w materiałach: XXXV Krajowa Konferencja Gazowników Polskich, Mikołajki, 1999.
 - [4] Osiadacz A., Algorytm ograniczania strat gazu w sieci gazowej, w materiałach: Krajowa Konferencja Technika w Gazownictwie, Bydgoszcz, 2000.
 - [5] Osiadacz A., Leakage detection and control, w materiałach konferencji: Natural Gas Technologies: A driving force for market development, Berlin, 1996.
-