

Marek URBANIK¹

Barbara TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK²

PODSTAWY ANALIZY NIEZAWODNOŚCI FUNKCJONOWANIA INSTALACJI WYKORZYSTUJĄCYCH GAZ ZIEMNY

W pracy przedstawiono podstawowe i najczęściej stosowane metody pozyskiwania gazu ziemnego w Polsce. Gaz ziemny wydobywany z różnych złóż odznacza się niejednorodnymi właściwościami. W związku z tym przytoczone w pracy parametry gazu ziemnego są kluczowe z punktu widzenia porównania parametrów tego paliwa wydobywanego z różnych miejsc. Publikacja zawiera również charakterystykę gazociągów na terenie Polski oraz opis niezawodności gazociągu zależnie od jego struktury. W polskim przemyśle nadal głównym źródłem energii jest węgiel, jednakże rosnące zanieczyszczenie środowiska wymusza stopniowe przejście na paliwa emitujące mniej zanieczyszczeń. Paliwem, które w największym stopniu może zastąpić węgiel, jest właśnie gaz ziemny. Należy jednak pamiętać, że odbiorcy (szczególnie przemysł) korzystający z węgla mogą w łatwy sposób magazynować ten rodzaj paliwa na wypadek przerw w jego dostawie. Inaczej jest z gazem ziemnym, którego magazynowanie jest technologicznie skomplikowane, a więc dość kosztowne, dlatego też odbiorcy gazu wykorzystują go bezpośrednio z rurociągów przesyłowych. W związku z tym niezawodność systemu dostaw gazu ziemnego będzie miała coraz większe znaczenie, ponieważ przerwa w dostawie gazu np. do przedsiębiorstwa produkcyjnego może praktycznie zatrzymać całą produkcję.

Słowa kluczowe: sieć gazowa, wskaźniki niezawodności, niezawodność sieci gazowych

1. Wprowadzenie

O gazie ziemnym źródła historyczne mówią znacznie mniej niż o ropie naftowej, i to częściej o jego wydzielaniu niż zastosowaniu. Należy to przypisać temu, że dawniej ze względu na trudności związane z jego transportem handel gazem praktycznie nie istniał. Gaz był wykorzystywany jedynie tam, gdzie był wydobywany (okolice Baku, Chiny, Irak, Indie, Birma, Borneo). Wydobycie

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Marek Urbanik, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, marekurbanik@vp.pl

² Barbara Tchórzewska-Cieślak, Politechnika Rzeszowska

gazu ziemnego rozpoczęto dopiero w XX w., gdy przekonano się o jego walorach i różnorodnych możliwościach zastosowania.

2. Pozyskiwanie i charakterystyka gazu ziemnego

Gaz ziemny występuje w skorupie ziemskiej zarówno w postaci gazowej, jak i w postaci związanej w stałych hydratách węglowodorów. Spośród wielu gazów występujących w skorupie ziemskiej największe znaczenie mają palne gazy węglowodorowe, nazywane powszechnie gazami ziemnymi. Gaz ziemny powstał – podobnie jak ropa naftowa – w wyniku przemian szczątków organizmów żywych w węglowodory. Gazy ziemne charakteryzują się dużą zawartością kondensatu. W warunkach złożowych (przy ciśnieniu 50-80 MPa) charakteryzują się gęstością 0,5-0,6 t/m³. Podobną gęstość ma ropa naftowa, w której jest rozpuszczony gaz. Po wydobywaniu na powierzchnię z takich gazów można wykroplić kondensaty mające gęstość 0,7-0,8 t/m³. Podobnie jak ropa naftowa, kondensaty te składają się z węglowodorów parafinowych, naftenowych i aromatycznych. Są one jednak znacznie lżejsze od ropy.

Złoża czysto gazowe występują niezwykle rzadko. Zdecydowana większość złóż ma charakter gazowo-kondensatowy, przy czym zawartość kondensatu bywa bardzo różna: od znikomo małej do 10 g/m³, a w pojedynczych przypadkach ponad 1000 g/m³ [10]. Gaz ziemny pozyskuje się przez nawiercanie skał oraz montaż rur odprowadzających gaz na powierzchnię ziemi. Główną zaletą gazu ziemnego w porównaniu z innymi paliwami kopalnymi jest jego prosty skład chemiczny. Składa się on bowiem prawie wyłącznie z metanu (CH₄), dzięki czemu przy jego spalaniu powstaje bardzo niewiele szkodliwych związków. Olej napędowy i węgiel zawierają znacznie większą ilość innych związków, takich jak siarka czy azot, które w wyniku spalania wytwarzają związki chemiczne szkodliwe dla środowiska naturalnego.

3. Podstawowe parametry gazu ziemnego

Gaz ziemny jako produkt naturalny pozyskiwany z wielu źródeł na całym świecie posiada różny skład chemiczny (tab. 1.), a tym samym odmienną charakterystykę spalania. Parametrami gazu ziemnego, które w zasadniczy sposób określają możliwość jego efektywnego wykorzystania, są [3]:

- liczba Wobbego – jest najbardziej znaczącą zmienną w ocenie przydatności gazu ziemnego, jest uzależniona od składu gazu i decyduje o jego kwalifikacji do grupy wysokokalorycznej H lub niskokalorycznej L; gaz ziemny o różnym składzie, lecz tej samej liczbie Wobbego zapewnia w przybliżeniu uzyskanie podobnej ilości ciepła w procesie spalania pod warunkiem zapewnienia właściwego przebiegu procesu spalania,

- wartość opałowa mieszaniny powietrzno-gazowej – jest definiowana mocą użytkową możliwą do uzyskania podczas zasilania np. silnika spalinowego gazem ziemnym o znanym składzie, wartość ta jest w przybliżeniu taka sama dla gazu ziemnego pochodzącego z różnych źródeł (tzn. można założyć, że niezależnie od miejsca wydobycia gazu zapewnia uzyskanie podobnych osiągnięć); odmienny skład gazu wymaga jednak zapewnienia odpowiedniej ilości powietrza dla wytworzenia mieszaniny stechiometrycznej, ilość ta wzrasta lub maleje w zależności od zawartości gazów obojętnych, maleje również w przypadku obniżania się zawartości propanu i butanu; w konsekwencji, jeżeli system zasilania nie jest wyposażony w układ elektronicznej regulacji kompensującej te zmiany, pogorszeniu ulegają nie tylko osiągi silnika, lecz wzrasta również poziom emisji składników toksycznych w spalinach,
- liczba metanowa – wyraża odporność paliwa gazowego na spalanie stukowe i jest odpowiednikiem liczby oktanowej charakteryzującej paliwa benzynowe; odporność gazu ziemnego na spalanie stukowe znacznie przewyższa odporność benzyn; zwiększenie jednak ilości zanieczyszczeń, a w szczególności LPG, który bardzo często jest wprowadzany do sieci w przypadkach wzrostu zapotrzebowania, obniża w znacznym stopniu liczbę metanową.

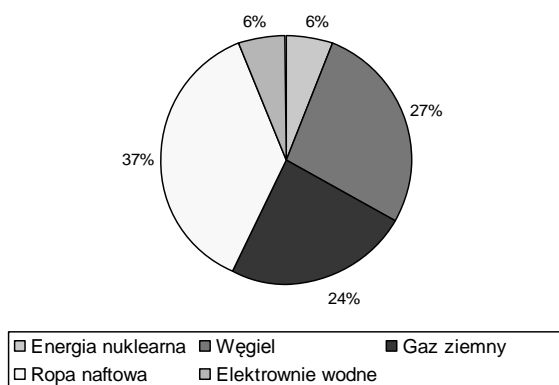
Tabela 1. Skład chemiczny gazu ziemnego z kilku źródeł w porównaniu z gazem wzorcowym, na podstawie [3]

Table 1. Chemical composition of natural gas from a number of sources compared to the standard gas, based on [3]

Parametr	Typ gazu	C [% obj.]	C ₂ [% obj.]	C ₃ [% obj.]	N ₂ [% obj.]	CO ₂ [% obj.]	Liczba Woobbe`go	Liczba metanowa, tolerancja ± 2%
Omman	L	82,3	2,85	0,44	12,90	1,28	44,40	84
Belgia, Francja	L	83,20	3,27	0,80	10,40	1,36	46,29	80
Norwegia	H	83,50	11,29	2,66	1,52	-	54	68
Rosja, (Polska)	H H	98,37 96,20	0,51 1,20	0,17 0,03	1,8	0,81 0,30	52,99 52,45	98 96
Polska, Przemyśl	H	98,63	0,314	0,073	1,039	0,00	83,4	100
Gaz wzorcowy	H	100	-	-	-	-	83,31	100
Gaz wzorcowy	L	87	-	-	13	-	43,88	103

4. Zastosowanie i przesył gazu ziemnego w Polsce

Do tej pory gaz ziemny na świecie stanowił ok. 24% energii wykorzystywanej w gospodarstwach domowych, firmach, pojazdach oraz do zasilania elektrowni (rys. 1.). Przewiduje się, że w ciągu najbliższych 20 lat jego udział w ogólnej konsumpcji energii przekroczy 50% [4].



Rys. 1. Globalne pokrycie zapotrzebowania energii z różnych źródeł

Fig. 1. First global cover the energy demand from different sources

W Polsce produkcja energii opiera się przede wszystkim na paliwach kopalnych, głównie na węglu (rys. 2.) [2]. Wynika to z tego, że Polska posiada bardzo duże złoża tego paliwa i prawdopodobnie sytuacja ta utrzyma się jeszcze przez pewien czas. Należy jednak pamiętać, że stosowanie węgla jako paliwa (szczególnie w elektrowniach) niesie ze sobą duże zanieczyszczenie środowiska. Dlatego też Unia Europejska wymusza na krajach członkowskich systematyczną redukcję emitowanych zanieczyszczeń.

W Polsce gaz ziemny jest wykorzystywany w wielu dziedzinach gospodarki, tj. w: rolnictwie, handlu, usługach, przemyśle (chemicznym, spożywczym, energetycznym, hutniczym). Według danych PGNiG w 2013 r. w sumie sprzedano ok. 14000 mln m³ gazu ziemnego, z czego największy odbiorca – przemysł zużył ponad 8684 mln m³ (rys. 3.).

W Polsce dystrybucja gazu ziemnego odbywa się siecią gazociągów przesyłowych obsługiwanych przez Operatora Gazociągów Przesyłowych Gaz System S.A. oraz siecią gazociągów lokalnych Operatorów Sieci Dystrybucyjnych – Spółek Gazownictwa [6] (rys. 4.). Gazociągi te dzielą się według maksymalnego ciśnienia roboczego (MOP) na: wysokiego, średniego, podwyższonego średniego i niskiego ciśnienia [11]. Przez terytorium Polski biegnie również część gazociągu JAMAL (tab. 2.).



Rys. 2. Źródła pozyskiwania energii w Polsce, na podstawie [2]

Fig. 2. Energy sources in Poland, based on [2]



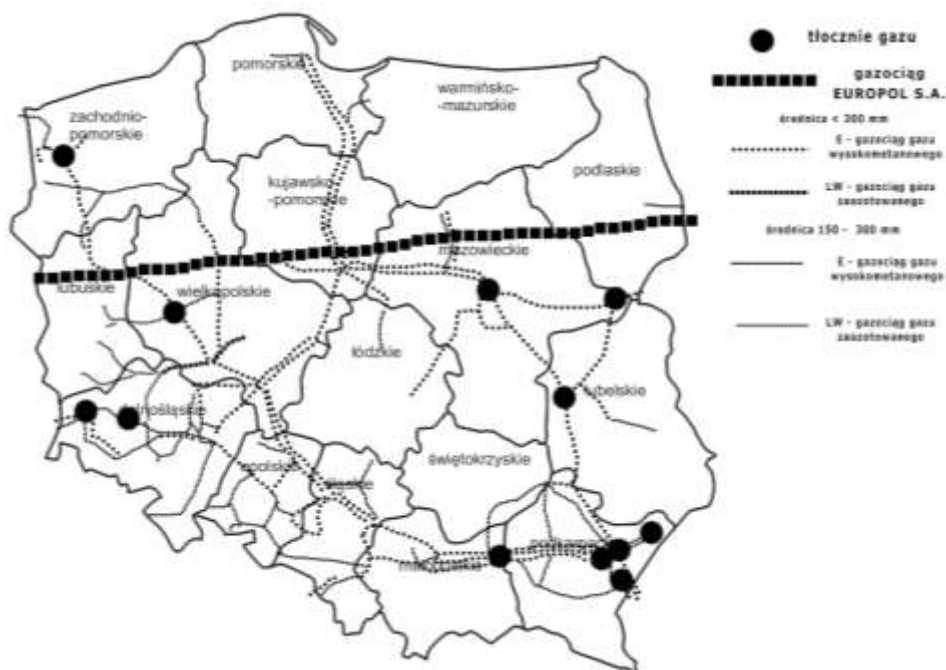
Rys. 3. Zużycie gazu ziemnego przez poszczególne sektory polskiej gospodarki w 2013 r., na podstawie [1]

Fig. 3. Natural gas consumption by different sectors of the Polish economy in 2013, based on [1]

Tabela 2. Gazociągi w Polsce, na podstawie [7]

Table 2. Gas pipelines in Poland, based on [7]

Rodzaj gazociągu	Parametry gazociągu			
	dlugość [km]	średnica [mm]	maksymalne ciśnienie [MPa]	wydajność [mld m ³ /rok]
Gazociąg tranzytowy JAMAL	680 w Polsce	1400	8,4	32,3
Gazociągi dystrybucyjne (wysokiego i niskiego ciśnienia)	17 500	80-700	1,6 – 6,3	32,3
Gazociągi średniego i niskiego ciśnienia	110000	gęstość 350 m/m ²	1,8 Kpa÷1,6 MPa	-



Rys. 4. Struktura gazociągów w Polsce

Fig. 4. Structure of gas pipelines in Poland

Polski system przesyłowy gazu ziemnego składa się z [15]:

- gazociągów gazowych (tab. 2.),
- tłoczni (liczba 14),
- węzłów gazowych (liczba 57),
- stacji gazowych (liczba 882).

Tłocznie gazowe buduje się na gazociągach przesyłowych. Ich zadaniem jest wyrównanie strat ciśnienia gazu w gazociągu, które powstaje w wyniku siły tarcia gazu o ścianki rurociągu.

Węzły gazowe dzielą się na węzły źródłowe i węzły sieci. Zadaniem węzłów źródłowych jest utrzymanie ciśnienia gazu w rurociągu gazowym na odpowiedniej wartości. Węzły sieciowe stanowią zaś pewnego rodzaju „rozgałęzienia” na gazociągi o mniejszej średnicy, którymi paliwo gazowe jest dostarczane do odbiorcy. Stacje gazowe znajdują się na rurociągach wysokiego, średniego i niskiego ciśnienia. W przypadku gazowych stacji redukcyjnych głównym zadaniem jest redukcja ciśnienia gazu. Stacje redukcyjne dzieli się na stacje pierwszego stopnia, które znajdują się na połączeniu gazociągu wysokiego i średniego ciśnienia (zasilają gazociąg średniego ciśnienia), oraz stacje drugiego stopnia redukujące średnie ciśnienie gazu do ciśnienia niskiego. Poza stacjami

redukcyjnymi na gazociągach stosuje się stacje pomiarowe (mierzące ilość przesyłanego gazu) oraz stacje redukcyjno-pomiarowe (łącznie cechy stacji redukcyjnej i pomiarowej). Często na stacjach gazowych stosuje się nawanianie przesyłanego gazu w celu podniesienia bezpieczeństwa w przypadku rozszczelnienia instalacji gazowej.

5. Wskaźniki stosowane do oceny niezawodności

Wskaźniki niezawodnościowe są to miary, za pomocą których opisuje się niezawodność danego systemu, w tym gazociągu. Norma Polska PN-77/N-04005 wyróżnia 22 wskaźniki niezawodnościowe [9]. W przypadku sieci gazowych najważniejsze wskaźniki opisujące jej niezawodność to [13, 14]:

- średni czas odnowy T_p – czas przeznaczony na naprawę oraz na czynności obsługowe mające na celu utrzymanie sprawności danego elementu technicznego,
- średni czas naprawy T_n – czas przeznaczony na przywrócenie sprawności eksploatacyjnej obiektu technicznego po awarii,
- intensywność uszkodzeń λ – intensywność uszkodzeń urządzenia tego samego typu w sieci gazowej,
- intensywność odnowy $\mu(t)$ – parametr określający liczbę niesprawności usuwanych w jednostce czasu,
- wskaźnik gotowości do pracy K – parametr opisujący probabilistyczną ocenę dyspozycyjności obiektu technicznego do wykonywania swoich zadań [8],
- wskaźnik zawodności U – prawdopodobieństwo, że obiekt będzie znajdował się w stanie zawodności.

6. Niezawodność sieci gazociągowych

Ogólnie niezawodność obiektu technicznego jest to jego zdolność do spełniania swoich funkcji przez określony czas bez wystąpienia awarii. W przypadku przedsiębiorstw sieciowych (np. dystrybutorów wody, energii elektrycznej, czy gazu) utrzymanie niezawodności na wysokim poziomie jest utrudnione, ponieważ sieci do przesyłania danego medium są położone (rozciągnięte) na stosunkowo dużym obszarze. Należy też pamiętać o tym, że sieć przesyłowa składa się z wielu obiektów technicznych, których prawidłowa praca nie jest od siebie uzależniona.

Analiza niezawodności gazociągu powinna odbyć się w trzech etapach.

Etap pierwszy – określenie czynników mogących zakłócić pracę gazociągu

Czynniki mogące zakłócić pracę gazociągu można podzielić na zewnętrzne i wewnętrzne. Do czynników zewnętrznych zalicza się:

- przerwy w dostawie gazu do systemu gazowego – w przypadku Polski jest to element dość istotny, ponieważ Polska jest uzależniona od jednego źródła gazu,
- awarie systemów, które współpracują z siecią gazową, np. przerwa w dostawie energii elektrycznej może sparaliżować pracę poszczególnych elementów gazociągu,
- działanie osób trzecich, np. zamach terrorystyczny,
- warunki środowiskowe, np. ukształtowanie terenu powodujące osuwiska.

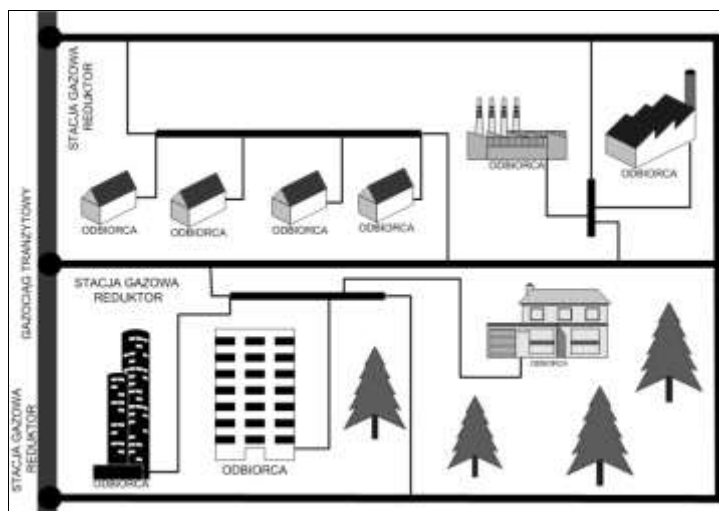
Czynniki wewnętrzne to:

- awaria gazociągu,
- błędy ludzkie w podejmowaniu decyzji.

Etap drugi – analiza struktury gazociągu

Analizę struktury gazociągu dzieli się na [13]:

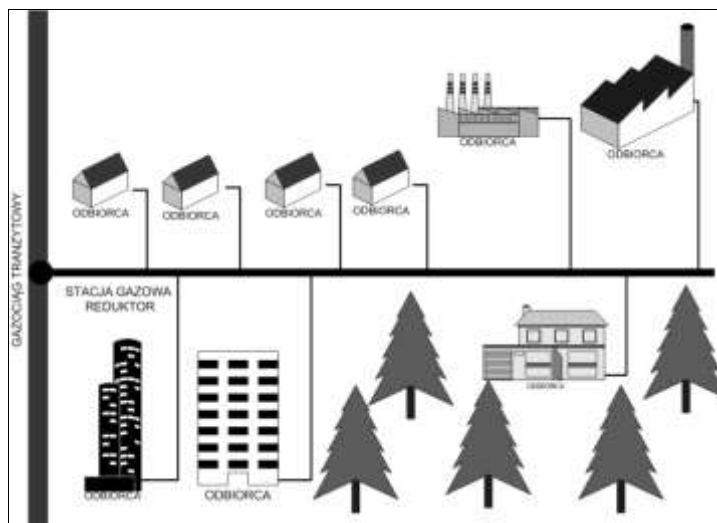
- pierścieniową – charakterystyczną cechą tej struktury jest to, że do odbiorcy gazu dociera z dwóch stron; w przypadku awarii gazociągu istnieje możliwość zamknięcia pewnego odcinka bez konieczności odcinania dopływu gazu do większości odbiorców (rys. 5.),



Rys. 5. Idea pierścieniowej struktury sieci gazowej

Fig. 5. The idea of the ring structure of the gas network

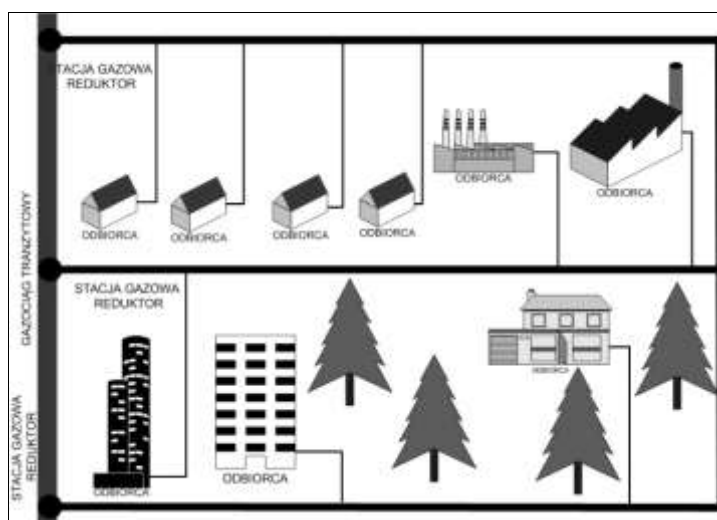
- rozgałęzioną – w tym przypadku gaz jest dostarczany przez gazociąg tranzytowy, a następnie przez węzeł gazowy do gazociągu niskiego ciśnienia, skąd trafia do odbiorcy; wadą tego typu systemu jest to, że w przypadku awarii gazociągu niskiego ciśnienia wszyscy są odcięci od dostaw gazu (rys. 6.),



Rys. 6. Idea rozgałęzionej struktury sieci gazowej

Fig. 6. The idea of the branched structure of the gas network

- kombinowaną – układ ten stanowi połączenie systemu pierścieniowego i rozgałęzionego (rys. 7.).



Rys. 7. Idea kombinowanej struktury sieci gazowej

Fig. 7. The idea of a combined structure of the gas network

Etap trzeci – przyporządkowanie struktury gazociągu do układu szeregowego, równoległego i mieszanego

Układ szeregowy obiektu technicznego charakteryzuje się tym, że awaria danego elementu (części) powoduje unieruchomienie całego obiektu. Układ równoległy obiektu technicznego cechuje się tym, że w przypadku awarii danego elementu nie unieruchamia całego obiektu. Struktura mieszana stanowi połączenie struktury szeregowej i równoległej. W przypadku gazociągów:

- strukturę pierścieniową można traktować jako układ równoległy,
- strukturę rozgałęzioną można traktować jako układ szeregowy,
- strukturę kombinowaną można traktować jako układ mieszany.

Niezależnie od rodzaju struktury gazociągu przy określaniu jego niezawodności należy przyjąć, że zarówno prawdopodobieństwo wystąpienia awarii, jak i czas pracy poszczególnych elementów nie jest taki sam. W przypadku układu szeregowego trwałość sieci gazowej zależy od elementu, który ma najniższą trwałość.

Gazociąg o strukturze szeregowej (rozgałęzionej)

Jeżeli w gazociągu o strukturze szeregowej składającym się z n elementów przez k_n oznaczy się niezawodność danego elementu, to niezawodność K_{ss} takiej sieci można zapisać wzorem:

$$K_{ss} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots \cdot k_n \quad (1)$$

Drugą miarą określającą niezawodność jest intensywność uszkodzeń, czyli czas trwania awarii przypadający na jednostkę czasu. Patrząc na strukturę sieci gazowej jako całość, należy pamiętać, że w tej strukturze znajdują się urządzenia, które mają różne czasy pracy bez wystąpienia awarii. Aby wyznaczyć intensywność sieci gazowej, należy pogrupować poszczególne jej elementy składowe na grupy tego samego rodzaju, np. przewody rurowe, uszczelnienia, sprężarki.

W przypadku sieci o strukturze szeregowej wyznaczanie intensywności uszkodzeń dla całej sieci należy zacząć od określenia intensywności uszkodzeń poszczególnych grup urządzeń tego samego typu. Można to wyrazić wzorem:

$$\lambda = \frac{A}{Q \cdot T \cdot I} [1/h] \quad (2)$$

gdzie: λ – intensywność uszkodzeń urządzenia (części) tego samego typu w sieci gazociągowej [1/h], A – liczba uszkodzeń, które wystąpiły w czasie eksploatacji, Q – czas eksploatacji, w którym wystąpiły uszkodzenia [lata], T – liczba godzin pracy w ciągu roku danego urządzenia [h], I – liczba urządzeń tego samego typu w rozpatrywanym odcinku sieci gazowej.

Po obliczeniu wartości λ dla poszczególnych typów urządzeń (części) intensywność dla całej sieci gazowej można wyrazić zależnością:

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^m \lambda_i(t) \quad (3)$$

gdzie: $\lambda(t)$ – intensywność uszkodzeń dla całej sieci gazowej [1/h], $\lambda_i(t)$ – intensywność uszkodzeń danej grupy urządzeń występujących w sieci gazowej.

Gazociągi o strukturze równoległej (pierścieniowej)

Struktura pierścieniowa gazociągu wymaga zdublowania niektórych elementów składowych, co z jednej strony podwyższa koszt sieci gazowej, z drugiej zaś podnosi poziom niezawodności, którą w tym przypadku wyznacza się z zależności:

$$K_{sr} = 1 - \prod_{i=1}^m [1 - k_i(t)] \quad (4)$$

gdzie: K_{sr} – niezawodność całego gazociągu, k_i – niezawodność pojedynczego elementu gazociągu, m – liczba elementów w gazociągu.

Poziom niezawodności w tej strukturze jest zawsze wyższy od poziomu niezawodności elementu najbardziej zawodnego. Im więcej elementów zdublowanych w sieci, tym wyższy jej poziom niezawodności [12]. W przypadku sieci pierścieniowej do określenia niezawodności można użyć jeszcze jednej miary, tj. wartości oczekiwanej czasu pracy danego elementu (urządzenia) bez awarii, co oznacza się symbolem ET. Przy założeniu, że intensywność uszkodzeń nie jest rozkładem wykładniczym, ale znaną funkcją czasu $\lambda(t)$, miarę ET można obliczyć z zależności:

$$ET = \int_0^{\infty} K(t) dt \quad (5)$$

Implementacja przedstawionych charakterystyk funkcyjnych oraz wskaźników niezawodności pozwala na czytelny opis systemu zarówno dla eksploatatora, jak i odbiorcy.

7. Podsumowanie

Budowa sieci gazowych o strukturze pierścieniowej na terenach, gdzie między odbiorcami są stosunkowo duże odległości pod względem ekonomicznym, jest mało opłacalne, ponieważ wymaga stosunkowo dużych kosztów. Z drugiej jednak strony struktura pierścieniowa zapewnia ciągłość w dostawie gazu w przypadku awarii. Stosowanie sieci gazowych o strukturze pierścieniowej lub mieszanej jest zasadne w miejscach o dużym zagęszczeniu odbiorców, np. w miastach. Opracowanie metodyki niezawodności funkcjonowania instalacji gazowych z uwzględnieniem dotychczasowych rozwiązań będzie stanowić

podstawę do zastosowania uzyskanych rozwiązań w praktyce i będzie podstawą w zarządzaniu instalacjami gazowymi. Takie podejście zapewni korzyści przez zwiększenie bezpieczeństwa, a także poprawę funkcjonowania systemów gazowych.

Literatura

- [1] Dane PGNiG za 2013 r.
- [2] Dane Polskiej Agencji Informacji i Inwestycji Zagranicznych. Sektor Energetyczny w Polsce.
- [3] Flekiewicz M.: Gaz ziemny jako paliwo do napędu pojazdów samochodowych, http://www.rynekgazu.pl/filez/Gaz_ziemny_jako_paliwo194212144.pdf
- [4] <http://infobus.com.pl/text.php?id=3925>
- [5] http://www.gaz-system.pl/fileadmin/pliki/do_pobrania/Nasze_inwestycje/GAZ-SYSTEM_mapa_systemu_przesylowego.png
- [6] http://www.pgnig.pl/dladomu/gaz_ziemny
- [7] Kotowicz J.: Ekonomiczno-techniczne aspekty wykorzystania gazu w energetyce. Politechnika Częstochowska, Częstochowa.
- [8] Kwietniewski M., Roman M., Kłoss-Trębaczekiewicz H.: Niezawodność wodociągów i kanalizacji. Arkady, Warszawa 1993.
- [9] Macha E.: Niezawodność maszyn. Politechnika Opolska, Opole 2001.
- [10] Molenda J.: Gaz ziemny: paliwo i surowiec. WNT, Warszawa 1996.
- [11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie (Dz.U. 2013, poz. 640).
- [12] Szopa T.: Niezawodność i bezpieczeństwo. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- [13] Tchórzewska-Cieślak B.: Niezawodność wybranych elementów podsystemu dostawy gazu ziemnego. Kraków 2002 (rozprawa doktorska).
- [14] Wieczysty A.: Niezawodność systemów wodociągowych i kanalizacyjnych, cz. I i II. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1990.
- [15] Zintegrowany raport roczny 2013. Gaz-system.

RELIABILITY ANALYSIS OF FUNCTIONING INSTALLATION USING NATURAL GAS

Summary

The article presents the basic and most frequently used method of acquiring natural gas, its characteristics and the use of this fuel in Poland. Natural gas extracted from various deposits is characterized by not uniform properties, thus quoted in work gas parameters are crucial for the comparison of the fuel parameters produced from different places. The article contains the characteristics of the gas pipelines on Polish territory and a description of the reliability of the gas pipeline depending on its structure. In Poland, still the main source of energy in industry is coal, however, the growing environmental pollution forces the gradual transition to fuels that emit less pollution. The fuel, which is the most likely to replace coal is natural gas. It should be remembered that the recipient (especially industry), using coal can easily store this type of fuel in case of interruptions in delivery. In contrast storage of natural gas is technologically complex and thus expen-

sive. Therefore, the gas customers use it directly from transmission pipelines. Therefore, reliability of the system of natural gas supplies will be increasingly important as a break in the supply of gas for example. The production company could practically stop the entire production.

Keywords: gas network, reliability indicator, gas network reliability

Przesłano do redakcji: 20.05.2014 r.

Przyjęto do druku: 28.03.2015 r.

DOI: 10.7862/rb.2015.30

