

RYSZARD PETELA, LECH DOBROWOLSKI,
ZBIGNIEW LORKIEWICZ
Instytut Techniki Ciepłej

PRAKTYCZNE WYKORZYSTANIE ISTNIEJĄCEJ METODY OCENY STRAT PRZY ZAKŁÓCENIACH W DOSTAWIE GAZU

Streszczenie. W artykule podano ogólne zasady istniejącej metody oceny strat na skutek ilościowych zakłóceń w dostawie gazu oraz na przykładzie wybranej huty żelaza przedstawiono po raz pierwszy próbę jej praktycznego zastosowania. Zebrano również wnioski oraz uwagi, jakie nasunęły się autorom w trakcie opracowywania charakterystyk strat odbiorców zastępczych gazu oraz odbiorcy gazu.

1. Wstęp

Teoretyczne podstawy metody oceny strat ekonomicznych spowodowanych zakłóceniami w dostawie gazu zostały opracowane przez W.W. Bojarskiego [1]. Metoda ta i jak również niniejsze rozważania obejmują tylko zakłócenia do tyżące ilości gazu. Nie uwzględnia się tu zakłóceń jakościowych (ciśnienie, wartość opałowa, stopień zanieczyszczenia itp.). Proponowany w pracy [1] sposób oceny strat ekonomicznych spowodowanych zakłóceniami w dostawie gazu nie został dotąd sprawdzony praktycznie. Próbę więc praktycznego zastosowania metody oraz jej udoskonalenia podjęli się autorzy niniejszego opracowania [3], dla trzech odbiorców gazu: huty żelaza, huty szkła oraz zakładu chemicznej przeróbki gazu.

W metodzie [1] wprowadzono trzy pojęcia, które należałoby zdefiniować. Odbiornikiem gazu nazywamy każde urządzenie pobierające gaz, np. piec grzewczy, piec do obróbki cieplnej. Odbiór zastępczy gazu (odbior gazu) stancwini zespół odbiorników gazu zgrupowanych według pewnych zasad, które zostaną podane w dalszym ciągu artykułu, np. oddział produkcyjny, wydział produkcyjny. Zbiór odbiorów zastępczych gazu wchodzących w skład danej jednostki organizacyjnej, stanowiącej przedmiot oceny ekonomicznej wrażliwości na ilościowe zakłócenia w dostawie gazu, nosi nazwę odbiorcy gazu, np. huta żelaza, huta szkła.

Punktem wyjścia do oceny ekonomicznej wrażliwości odbiorcy na ilościowe zakłócenia w dostawie gazu jest sporządzenie zestawienia wszystkich odbiorników gazu. Powinno ono obejmować krótką charakterystykę odbiornika gazu ze szczególnym uwzględnieniem jego roli w procesie technologicznym. Następnie należy zgrupować pojedyncze odbiorniki gazu w odbiory zastępcze gazu. Poszczególne odbiory są traktowane jako pojedyncze odbiorniki gazu. Grupowanie odbiorników gazu ma na celu zastąpienie bardziej dużej liczb-

by odbiorników gazu taką liczbą odbiorów zastępczych gazu, aby pozbyć się bezpośrednich powiązań i uzależnień w pracy między poszczególnymi odbiornikami gazu. Ułatwi to prawidłową ocenę wielkości strat.

Analiza strat ekonomicznych poniesionych przez odbiorcę gazu wymaga wyróżnienia poszczególnych stanów działania odbioru gazu. Kryteria wyróżniające stany działania odbioru gazu mogą być następujące:

- a) istotne różnice w godzinowym poborze gazu,
- b) zasadnicze różnice w wielkości strat spowodowanych zakłóceniem w dostawie gazu.

W ogólnym przypadku straty K_{ij} powstające na skutek zakłócenia w dostawie gazu do i -tego odbioru gazu i j -tego stanu działania są sumą następujących składników [2]:

$$K_{ij} = \sum_{l=1}^9 K_{ijl} \quad (1)$$

gdzie:

- K_{ij1} - straty wynikłe z beczynnego postoju pracowników obsługi odbioru gazu objętego zakłóceniem,
- K_{ij2} - straty wynikające z pogorszonej jakości produktów,
- K_{ij3} - koszt zniszczonego surowca, materiałów i energii,
- K_{ij4} - koszt napraw i usuwania uszkodzeń w danym odbiorze gazu,
- K_{ij5} - koszt rozruchu i przywrócenia odbioru gazu do stanu początkowego,
- K_{ij6} - dodatkowy koszt nadrobienia brakującej produkcji w innym czasie i zazwyczaj w mniej korzystnych warunkach.

W przypadku niemożliwości nadrobienia brakującej produkcji należy dodatkowo uwzględnić:

- K_{ij7} - część kosztów stałych odbiorcy gazu, wynikającą z niewykorzystania odbiorów gazu,
- K_{ij8} - dalsze straty pośrednie uwzględniające rozprzestrzenianie się skutków zakłócenia na dalszych odbiorców, współpracujących z danym odbiorcą gazu.

Jeżeli z zakłóceniem w dostawie gazu wiąże się niebezpieczeństwo dla zdrowia lub życia ludzkiego, należy uwzględnić to w omawianej metodzie oceny strat przez wprowadzenie dodatkowego składnika strat K_{ij9} .

Dla obecnych warunków gospodarczych proponuje się [2] przyjąć wielkość 300-600 zł na 1% prawdopodobieństwa utraty zdrowia lub życia jednej osoby. Odpowiada to sumie od 300 do 600 tys. złotych na jeden ciężki wypadek trwałej utraty zdrowia lub życia.

Celem omawianej metody jest określenie w zależności od czasu trwania zakłócenia τ całkowitej straty K , wywołanej zakłóceniem w dostawie gazu o określonym stopniu ograniczenia δ dostawy gazu oraz o określonej częstotliwości c powstawania zakłóceń dla danego stanu działania odbioru gazu oraz dla danego czasu uprzedzenia t_u o zakłóceniu.

Znajomość krzywych strat dla każdego wyróżnionego stanu działania odbioru gazu i udziału całkowitego czasu trwania danego stanu w pewnym przedziale czasowym (zazwyczaj rocznym) pozwala na wyznaczenie średniej ważonej krzywej strat. Charakteryzuje nam ona wrażliwość odbioru gazu na zakłócenia w dostawie gazu w średnich warunkach w tym przedziale czasowym. Średnie ważone krzywe strat poszczególnych odbiorów gazu są podstawą do wyznaczenia wypadkowej krzywej strat odbiorcy gazu. Stwierdzenie to jest słuszne tylko w przypadku braku jakichkolwiek uzależnień w pracy odbiorów gazu. W przeciwnym przypadku wypadkową krzywą strat odbiorcy gazu należy wyznaczyć dla określonej kombinacji stanów działania wyodrębnionych odbiorów gazu.

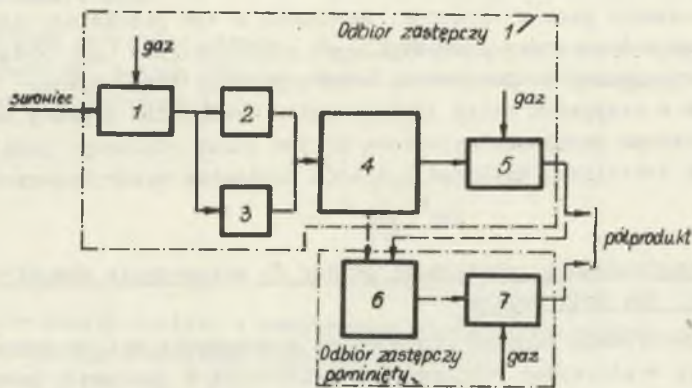
2. Przykład zastosowania istniejącej metody do wyznaczania charakterystyk wrażliwości dla huty żelaza

Podana w poprzednim punkcie niniejszego opracowania metoda wyznaczania charakterystyk wrażliwości odbiorców na zakłócenia w dostawie gazu została sprawdzona i udoskonalona w opracowaniu [3] na przykładzie zakładów przemysłowych należących do różnych branż i różniących się sposobem użytkowania gazu. Jednym z nich była huta żelaza reprezentująca branżę, do której należą zakłady zużywające największe ilości gazu spośród innych odbiorców przemysłowych. Na przykładzie huty żelaza omówiono tu sposób postępowania przy wyznaczaniu charakterystyk wrażliwości odbiorcy gazu.

Omawiana huta jest hutą typu "zakłady metalowe", gdyż jej głównymi procesami technologicznymi są: obróbka cieplna, plastyczna i mechaniczna. Zasadniczym produktem huty są zestawy kolejowe. Poszczególne elementy zestawów są wytwarzane w różnych wydziałach huty stanowiących ogniwa schematu technologicznego huty, przez które przepływa materiał w kierunku od surowców do produktu końcowego. Wydziały są poddzielane od siebie magazynami półfabrykatów. Daje to możliwość zlokalizowania małych zakłóceń powstających w wyniku przerw w dostawie gazu do odbiorników jednego wydziału, tylko w danym wydziale. Huta jest odbiorcą gazu koksowniczego, który jest jedynym paliwem jakim dysponuje huta do opalania pieców przemysłowych w poszczególnych wydziałach.

Obliczenia strat wynikających z zakłóceń w dostawie gazu, przeprowadzone dla wszystkich wydziałów huty, miały podobny charakter. Dlatego dla przedstawienia sposobu obliczeń strat dla odbioru zastępczego wystarczy ograniczyć się do jednego wydziału np. "Kuźni".

Schemat technologiczny "Kuźni" pokazano na rysunku 1. Do pieca grzejnego 1 dostarcza się surowiec w postaci kęsisk o przekroju kwadratowym. Nagrzane w tym piecu do odpowiedniej temperatury kęsiska podaje się do młotów parowych 2 i 3. Następnie odkuwki dostarcza się poprzez chłodnicę 4 do pieca normalizacyjnego 5. Półproduktem wydziału "Kuźni" są obrobione cieplnie odkuwki. Magazyn 6 oraz piec normalizacji wtórnej 7 pełnią rolę pomocniczą w podstawowym procesie technologicznym wydziału.



Rys. 1. Schemat technologiczny "Kuźni"

1 - piec grzejny, 2, 3 - młot parowy, 4 - chłodnica, 5 - piec normalizacyjny, 6 - magazyn, 7 - piec normalizacji wtórnej

Pierwszym zadaniem do wykonania jest zgrupowanie odbiorników w odbiory zastępcze. Wyróżniono dwa odbiory zastępcze:

- piec grzejny i normalizacyjny,
- piec normalizacji wtórnej.

Podział taki można uzasadnić następująco:

- a) piec grzejny i piec normalizacyjny należą do jednej linii produkcyjnej,
- b) piece te nie są oddzielone od siebie żadnym magazynem międzyoperacyjnym,
- c) cel i czas użytkowania gazu w obu piecach jest prawie jednakowy,
- d) przerwa w pracy jednego pieca powoduje zakłócenie w pracy drugiego,
- e) piec normalizacji wtórnej działa niezależnie od pozostałych pieców i jest oddzielony od nich magazynem półwyrobów.

Piec normalizacji wtórnej działa przez około 50% czasu pracy wydziału. Wykorzystywany jest do naprawiania braków powstałych w piecach grzejnym i normalizacyjnym oraz do normalizacji niewielkiej ilości wyrobów wymaga-

jących specjalnej technologii obróbki cieplnej. W przypadku tego odbioru zastępczego można uniknąć strat spowodowanych zakłóceniami w dostawie gazu wybierając godziny pracy pieca w okresie, gdy istnieje małe prawdopodobieństwo powstawania zakłóceń ilościowych (okresy dolin w poborze gazu). Ponadto istnieje zawsze możliwość nadrobienia produkcji niewykonanej z powodu zakłóceń w dostawie gazu. Straty dla tego odbioru są więc niewielkie w porównaniu ze stratami innych odbiorów. Dlatego w dalszych rozważaniach odbiór zastępczy jakim jest piec normalizacji wtórnej, został pominięty.

Dla pieców grzebnego i normalizacyjnego stanowiących odbiór zastępczy zwany dalej odbiorem zastępczym 1 wyróżniono następujące stany działania: nagrzewanie, działanie ciągłe oraz postój remontowy i świąteczny. Na podstawie danych statystycznych określono czasy trwania i średnie zużycie gazu dla danych stanów działania (tablica 1).

Tablica 1

Stany działania odbioru zastępczego gazu 1

Oznaczenie odbioru gazu i jego stanów działania (i,j)	Stan odbioru	Średnie godzinowe zużycie gazu V_{ij} $\frac{V_{ij}}{h}$	Roczny czas trwania stanu T_{ij} h	Ogółem godzin w roku T h	Udział stanu w czasie rocznym $t_{ij} = \frac{T_{ij}}{T}$
1.1	Nagrzewanie	1 259	350	8 760	0,040
1.2	Działanie ciągłe	1 259	6 390		0,728
1.3	Postój świąteczny i remontowy	0	2 020		0,232

Na podstawie informacji zebranych w wydziale "Kuźni" ustalono następujące wnioski:

- technologia procesu kucia i normalizacji wymaga ściśle określonych temperatur, dlatego nie istnieje możliwość częściowego ograniczenia dostawy gazu do obu pieców,
- od częstości i czasu τ trwania zakłóceń zależy czy niewykonaną produkcję można nadrobić. Możliwość nadrobienia ogranicza się do dwu niedziel w miesiącu,
- uprzedzenie o mającym nastąpić zakłóceniu w dostawie gazu nie wpływa w wypadku "Kuźni" na wielkość strat,
- na wielkość strat wpływa czas τ trwania zakłócenia oraz stan działania odbioru zastępczego gazu,

- czas rozruchu pieca po przerwie w dostawie gazu zależy od czasu trwania przerwy.

Na podstawie powyższych wniosków przyjęto do dalszych rozważań następujące założenia:

- obliczenia przeprowadzono dla całkowitej przerwy w dostawie gazu (stopień ograniczenia $\delta = 100\%$),
- zakłócenie wypada w połowie danego stanu działania odbioru zastępczego.

W zależności od czasu τ trwania zakłócenia i częstości c ich powtarzania się wyróżniono dwa przypadki:

- A) gdy istnieje możliwość nadrobienia niewykonanej produkcji,
- B) gdy nie ma możliwości nadrobienia niewykonanej produkcji.

Dla pierwszego przypadku straty wynikające z zakłóceń w dostawie gazu dla i -tego odbioru zastępczego i j -tego stanu jego działania oblicza się wzorem (1) w następujący sposób

$$K_{ij}(\tau) = K_{ij1}(\tau) + K_{ij2}(\tau) + K_{ij5}(\tau) + K_{ij6}(\tau) \quad (2)$$

gdzie:

$K_{ij1}(\tau)$ - koszt utraconej robocizny. Stanowią go płace dla obsługi za okres, gdy nie ma produkcji,

$K_{ij2}(\tau)$ - koszt związany z pogorszeniem jakości wyrobów. Wynika z konieczności powtórnej normalizacji osi, które w momencie przerwy w dostawie gazu znajdowały się w piecu normalizacyjnym. Koszt ten spowodowany jest zużyciem gazu na rozruch i pracę pieca normalizacji wtórnej,

$K_{ij5}(\tau)$ - koszt rozruchu, który obejmuje koszt gazu zużytego na podgrzanie pieców grzejnego i normalizacyjnego do temperatury umożliwiającej podjęcie pracy przez Kuźnię,

$K_{ij6}(\tau)$ - koszt nadrobienia niewykonanej produkcji (wynika z kosztów robocizny pracowników zatrudnionych dodatkowo przy nadrobianiu produkcji),

τ - czas trwania przerwy w dostawie gazu.

W przypadku "Kuźni" koszt $K_{ij3}(\tau)$ (koszt zniszczonego surowca) i $K_{ij4}(\tau)$ (koszt napraw i usuwania uszkodzeń nie występują.

Obliczenia strat wynikających w przypadku zakłóceń w dostawie gazu przeprowadzono dla poszczególnych stanów działania odbioru zastępczego podanych w tablicy 1. Dla stanów nagrzewania (1) i postoju (3)

$$K_{112}(\tau) = 0, \quad K_{132}(\tau) = 0, \quad K_{135}(\tau) = 0$$

zgodnie z podanymi wyżej określeniami poszczególnych składników strat.

Czas trwania przerwy technologicznej określono w zależności od czasu τ trwania zakłócenia na podstawie informacji udzielonych przez pracowników rozważanego wydziału. Na przykład dla $\tau = 2h$ i stanu działania odbioru zastępczego z normalną wydajnością (2) przyjęto czas przerwy technologicznej $t_{pz} = 4h$ dla $\tau = 22h$ zaś $t_{pz} = 30h$.

Z określenia poszczególnych składników strat $K_{ij}(\tau)$ wynika, że są one liniowo zależne od czasu τ trwania zakłócenia w dostawie gazu. Dlatego ich suma $K_{ij}(\tau)$ musi być również liniową funkcją tego czasu τ . Dla uzyskania wykresu zależności $K_{ij} = f(\tau)$ wystarczy wykonać obliczenia strat dla dwu czasów τ_1 i τ_2 trwania zakłócenia dowolnie przyjętych z przedziału najczęściej występujących w praktyce czasów trwania zakłóceń w dostawie gazu. Przyjęto $\tau_1 = 2h$ i $\tau_2 = 22h$. Po obliczeniu składników strat $K_{ij}(\tau)$ dla poszczególnych stanów działania odbioru zastępczego wykreślono krzywe $K_{ij} = f(\tau)$. Mnożąc rzędne poszczególnych punktów tych krzywych przez udziały t_{ij} czasów trwania poszczególnych stanów w roku otrzymuje się równanie średniej ważonej krzywej $K_i(\tau)$ określonej wzorem

$$K_i(\tau) = \sum_{j=1}^n K_{ij}(\tau) t_{ij} \quad (3)$$

gdzie:

n - liczba stanów działania odbioru zastępczego.

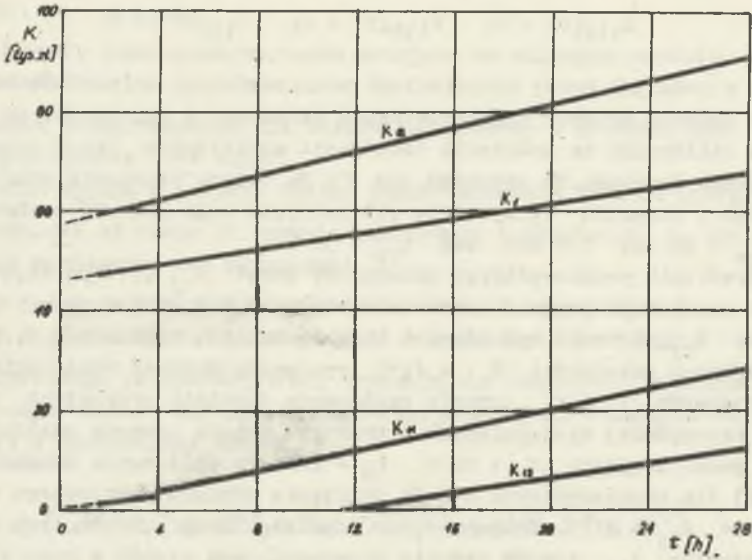
Wzór (3) przedstawia najbardziej prawdopodobną wielkość strat $K_i(\tau)$ jaka może wystąpić dla danego odbioru zastępczego przy założeniu, że zakłócenie w dostawie gazu wystąpi w dowolnym czasie rozważanego roku. Wykresy $K_{ij} = f(\tau)$ i $K_i = f(\tau)$ dla odbioru zastępczego 1 pokazano na rysunku 2 dla przykładu A, tzn. gdy istnieje możliwość nadrobienia niewykonanej produkcji.

W przypadku gdy nie ma możliwości nadrabiania niewykonanej produkcji dla określenia wielkości strat należy przyjąć $K_{ij6} = 0$ uwzględniając jednocześnie dodatkowe składniki kosztów

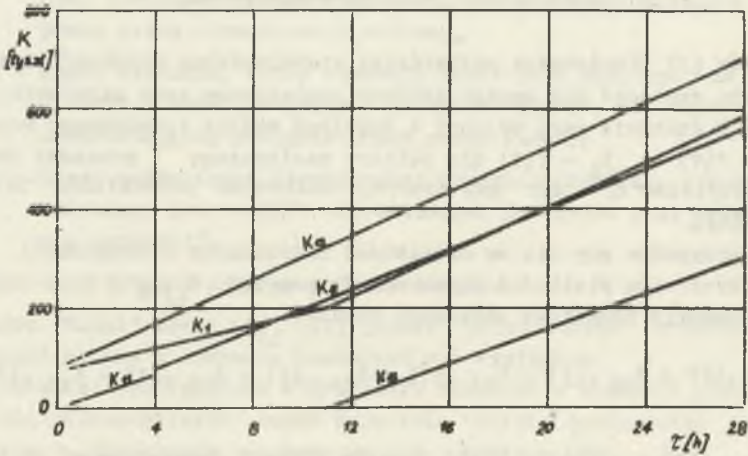
$$K_{ij}(\tau) = K_{ij1}(\tau) + K_{ij2}(\tau) + K_{ij5}(\tau) + K_{ij7}(\tau) + K_{ij8}(\tau) \quad (4)$$

gdzie:

$K_{ij7}(\tau)$ - utracona część kosztów stałych przypadająca na niewykonaną produkcję; obliczono ją jako sumę kosztów wydziałowych, ogólnozakładowych oraz oprocentowania nakładów inwestycyjnych przypadających na niewykonaną produkcję.



Rys. 2. Charakterystyki strat dla odbioru gazu 1 (przypadek A)



Rys. 3. Charakterystyki strat dla odbioru gazu 1 (przypadek B)

$K_{ij}(\tau)$ - dalsze straty pośrednie; określono je jako iloczyn niewykonanej produkcji przez rozpatrywany odbiór zastępczy gazu, kooperujące z nim inne odbiory zastępcze gazu lub wydziały odbiorcy gazu oraz nadwyżki nad jednostkowym kosztem własnym. Nadwyżka ta występuje w postaci zysku i podatku obrotowego.

Postępując podobnie jak w przypadku A otrzymano wykresy $K_{ij} = f(\tau)$ i $K_i = f(\tau)$ (rys. 3) dla przypadku B, w którym nie ma możliwości nadrobienia niewykonanej produkcji.

Analogiczne wykresy sporządzono dla pozostałych odbiorów zastępczych huty. Odbiory te przyjęto następująco:

- 1 - Kuźnia (wydział Kuźnia).
- 2 - Ciąg kół pełnowalcowych i obręczy (wydział Prasownia).
- 3 - Ciąg kół bosych i odkuwek (wydział Prasownia).
- 4 - Hartownia (wydział Prasownia).
- 5 - Piec węglny do obróbki cieplnej (wydział Prasownia).
- 6 - Piece szybowe (wydział Zestawów).
- 7 - Odbiorniki do celów pomocniczych (wydział Stalownia).

Znajomość funkcji $K_i(\tau)$ pozwala na wyliczenie strat jednostkowych przypadających na 1 m_n^3 niedostarczonego gazu do poszczególnych odbiorów

$$k_i(\tau) = \frac{K_i(\tau)}{\dot{V}_i \tau} \quad (5)$$

gdzie:

- $k_i(\tau)$ - strata jednostkowa i-tego odbioru zastępczego,
- $K_i(\tau)$ - średnia ważona strat i-tego odbioru zastępczego,
- \dot{V}_i - średni godzinowy pobór gazu przez i-ty odbiór zastępczy,
- τ - czas trwania zakłócenia.

Wartości strat jednostkowych $k_i(\tau)$ obliczone dla danego czasu τ trwania zakłócenia wykorzystuje się przy wyznaczaniu kolejności wyłączania poszczególnych odbiorów zastępczych w miarę wzrostu ograniczania dostaw gazu dla huty. Wyłączeń należy dokonać w kolejności wzrastania strat jednostkowych $k_i(\tau)$. W tym wypadku straty całkowite poniesione przez hutę będą najmniejsze. W tabelicy 2 pokazano optymalną kolejność wyłączeń odbiorów zastępczych dla różnych czasów τ trwania zakłócenia w dostawie gazu.

Sposób korzystania z tabelicy 2 jest następujący: Dla przewidywanego czasu τ trwania zakłócenia znajdujemy w odpowiedniej kolumnie kolejność wyłączania odbiorów zastępczych. Na przykład dla $\tau = 5\text{h}$ kolejność wyłączania, w miarę zwiększania się niedoboru gazu jest następująca:

- 3 - Ciąg kół bosych i odkuwek
- 4 - Hartownia
- 5 - Piec wglębny do obróbki cieplnej
- 2 - Ciąg kół pełnowalcowanych i obręczy
- 6 - Piece szybowe
- 1 - Kuźnia
- 7 - Stalownia (odbiorniki do celów pomocniczych).

Tablica 2

Kolejność wyłączeń odbiorów zastępczych gazu

Kolejność wyłączeń	Czas trwania zakłócenia τ [h]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	7	7	3	3	3	3	5	5	5	5
II	3	3	4	4	4	5	3	3	3	3
III	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4
IV	4	4	5	2	2	2	2	2	2	2
V	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
VI	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1
VII	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7

Uwaga: Cyfry rzymskie oznaczają kolejność wyłączeń, cyfry arabskie numery odbiorów zastępczych.

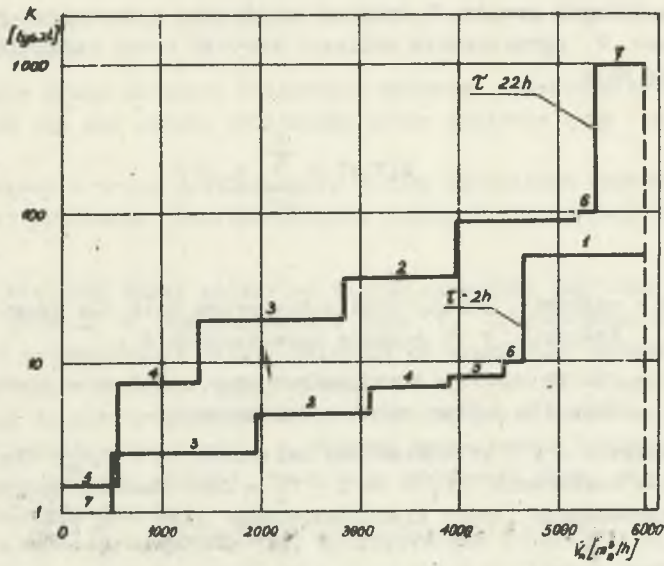
Natomiast dla np. $\tau = 2h$ kolejność wyłączenia w miarę zwiększenia się niedoboru gazu jest następująca:

- 7 - Stalownia (odbiorniki do celów pomocniczych)
- 3 - Ciąg kół bosych i odkuwek
- 2 - Ciąg kół pełnowalcowanych i obręczy itd.

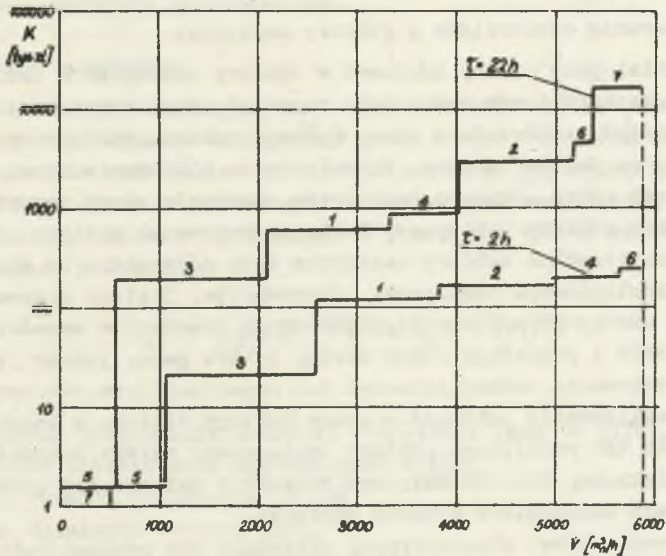
Znając ponadto wielkość ograniczenia, tzn. ilość gazu $\dot{V}_n \left[\frac{m^3}{h} \right]$ o jaką odbiorca zostanie ograniczony, według podanej wyżej kolejności wyłącza się tyle odbiorów, aby suma ich poborów godzinowych $\sum_{i=1}^n \dot{V}_{in} \left[\frac{m^3}{h} \right]$ spełniała nierówność

$$\sum_{i=1}^n \dot{V}_{in} \geq \dot{V}_n \quad (6)$$

Znając kolejność wyłączeń poszczególnych odbiorów zastępczych, ich średnie godzinowe zużycie \dot{V}_i gazu oraz wielkość średniej ważonej strat K_i



Rys.4. Uporządkowany wykres strat całkowitych odbiorcy gazu (przypadek A).



Rys.5. Uporządkowany wykres strat całkowitych odbiorcy gazu (przypadek B)

można dla różnych czasów τ trwania zakłócenia w dostawie gazu dla różnych stopni δ ograniczenia obliczyć wartość strat całkowitych poniesionych przez hutę

$$K(\tau, \delta) = \sum_{i=1}^n K_i(\tau) \quad (7)$$

gdzie:

$K(\tau, \delta)$ - całkowite straty poniesione przez hutę dla czasu trwania zakłócenia τ i stopnia ograniczenia δ ,

$K_i(\tau)$ - straty całkowite poniesione przy zakłóceniu trwającym τ godzin dla i -tego odbioru zastępczego.

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono zależność $K = f(V_n)$ dla różnych czasów trwania zakłócenia $\tau_1 = 2h$ i $\tau_2 = 22h$. Zamiast stopnia ograniczenia δ wprowadzono ilości niedostarczonego gazu $\dot{V}_n \left[\frac{m^3}{h} \right]$.

3. Uwagi dotyczące istniejącej metody oceny strat

W toku praktycznego stosowania omawianej metody nasunęły się następujące uwagi.

3.1. Grupowanie odbiorników w odbiory zastępcze

Odbiorniki gazu należy grupować w odbiory zastępcze w taki sposób, aby działanie tych odbiorów można było rozważać niezależnie od innych. W tym wypadku skutki zakłócenia w pracy jednego odbioru zastępczego nie będą się przenosiły na dalsze odbiory. Pozwoli to na obliczenie strat całkowitych poniesionych przez odbiorcę gazu przez sumowanie strat przypadających na poszczególne odbiory zastępcze. Takie postępowanie możliwe jest w wypadku, gdy poszczególne odbiory zastępcze będą oddzielone od siebie w procesie technologicznym magazynami półproduktów. Dlatego opłaca się łączyć w odbiory zastępcze odbiorniki, które mogą pracować w zasadzie niezależnie od siebie i posiadają różne okresy poboru gazu, jednak ich umiejscowienie w schemacie technologicznym lub organizacyjnym odbiorcy gazu pozwala na zlokalizowanie zakłóceń w pracy takiego odbioru w samym odbiorze. W przypadku tak przyjętego odbioru zastępczego należy założyć taką ilość stanów działania, aby ujmowały one wszystkie najbardziej prawdopodobne warianty pracy odbiorników w danym odbiorze.

Przy ocenie strat ekonomicznych proponuje się pominąć buforowe odbiorniki gazu. Odbiorniki te powinny posiadać możliwość przejścia na paliwo zastępcze, a gaz pobierać tylko w przypadku występowania nadmiarów.

3.2. Minimalizacja strat

Wyniki otrzymane przy obliczaniu wielkości strat przedstawianą metodą można wykorzystać:

- do ustalenia przez odbiorcę kolejności wyłączeń poszczególnych odbiorów zastępczych tak aby straty poniesione przez odbiorcę były jak najmniejsze,
- do opracowywania przez dostawcę gazu planów ograniczeń dostawy gazu do odbiorców w przypadku niezrównoważenia podaży i popytu gazu lub w wypadku awarii.

Ponieważ wielkość strat zależy od takich czynników jak czas τ trwania zakłócenia, stopień δ ograniczenia i czas t_u uprzedzenia, to prawidłowość wyników optymalizacji będzie zależała od prawidłowo podanej informacji o zakłóceniu w dostawie gazu. Prawidłowo informacja o zakłóceniu powinna dotrzeć do odbiorcy odpowiednio wcześniej przed zakłóceniem i powinna określić termin, czas trwania i stopień ograniczenia odbiorcy. W praktyce może się ponadto zdarzyć, że dane o zakłóceniu mogą się zmieniać w czasie trwania zakłócenia.

Zgodnie z założeniem metody [1], w przykładzie (rozdz. 2) nie uwzględniono dla danego czasu τ zakłócenia, wszystkich możliwych kombinacji stanów działania odbiorów zastępczych gazu przy ustaleniu kolejności wyłączeń w miarę wzrostu niedoboru gazu.

Możliwość taka występuje jednak w praktyce i zagadnienie to zostanie uwzględnione w dalszych opracowaniach.

3.3. Parametry zakłócenia

Wielkość strat ekonomicznych $K_{i,j}$ spowodowanych zakłóceniem w dostawie gazu do i -tego odbioru zastępczego oraz j -tego stanu działania jest funkcją parametrów zakłócenia. Zastosowanie metody [1] w praktyce wykazało potrzebę zdefiniowania poszczególnych parametrów zakłócenia oraz nadania im konkretnego sensu technicznego. W pracy niniejszej wprowadza się więc następujące propozycje:

$$K_{i,j} = K_{i,j}(c, \delta, \tau, \varphi, t_u) \quad [zł] \quad (8)$$

gdzie:

- c - częstość powstawania zakłóceń w dostawie gazu w $[1/h]$,
- δ - stopień ograniczenia dostawy gazu w $[\%]$,
- τ - czas trwania zakłócenia w $[h]$,
- φ - stan działania odbioru gazu,
- t_u - czas uprzedzenia o zakłóceniu w $[h]$.

Częstość c powstawania zakłóceń w dostawie gazu jest to liczba zakłóceń w dostawie gazu w określonym przedziale czasu (np. tydzień, miesiąc, rok), przy czym zakłócenia są to ilościowe zmiany w dostawie gazu uniemożliwiające pracę odbioru zastępczego gazu z normalną wydajnością eksploatacyjną.

Stopień δ ograniczenia dostawy gazu jest to wyrażony w procentach stosunek niedostarczonej godzinowej ilości gazu w czasie T trwania zakłócenia do średniej godzinowej dostawy gazu w rozpatrywanym przedziale czasu.

Czas T trwania zakłócenia obejmuje tylko czas upływający między końcem a początkiem zakłócenia w dostawie gazu. Nie obejmuje czasu τ_r rozruchu oraz przywrócenia odbioru zastępczego do początkowego stanu działania.

Stanem działania φ odbioru zastępczego gazu nazywamy warunki, w których może znajdować się odbiór zastępczy gazu w rozpatrywanym okresie zakłócenia. Dobrze byłoby znaleźć zależność liczbową na jednoznaczne określenie wyróżnionych j stanów działania φ_{1j} i -tego odbioru gazu. Przy określaniu tej zależności należałoby uwzględnić kryteria, podane w rozdziale 1, na podstawie których wyróżnia się stany działania φ_{1j} odbioru zastępczego gazu.

Czas t_u uprzedzenia o zakłóceniu obejmuje czas upływający między początkiem zakłócenia a momentem powiadomienia odbiorcy gazu przez dystrybutora gazu o mającym wystąpić zakłóceniu. Może się zdarzyć, że odbiorca gazu zostanie powiadomiony dopiero po powstaniu zakłócenia w dostawie gazu. W takim przypadku można uważać, że czas t_u uprzedzenia jest ujemny.

Na pojęcie stopnia uprzedzenia o zakłóceniu składają się trzy parametry zakłócenia. Są to:

- a) czas t_u uprzedzenia o zakłóceniu,
- b) czas τ trwania zakłócenia,
- c) stopień δ ograniczenia dostawy gazu.

Tak sformułowana informacja o zakłóceniu pozwoli odbiorcy gazu tak wyłączyć odbiory zastępcze gazu, aby straty były jak najmniejsze.

3.4. Inne uwagi

1. Przy określaniu zastępczej wartości $K_{1j} g(\tau)$ strat pośrednich, zwłaszcza u odbiorców gazu posiadających wiele wyodrębnionych odbiorów zastępczych gazu, może wchodzić w rachubę zbudowanie matematycznego modelu bilansu materiałów i energii odbiorcy gazu.

2. Obliczenia strat u odbiorcy gazu należy przeprowadzić oddzielnie w poszczególnych okresach interesujących dyspozytora systemu gazowniczego, np. dla okresu poboru szczytowego (zima, dzień roboczy, przed południem) i dla okresu poboru minimalnego (lato, dzień świąteczny, noc). Odnosi się

szczególnie do odbiorców o zróżnicowanym w tych okresach poborze. Odbiorcy przemysłowi pracujący w ruchu ciągłym i zużywający duże ilości gazu tylko do opalania pieców przemysłowych, np. hutnictwo żelaza i stali oraz zużywający gaz tylko jako surowiec podstawowy do produkcji (nie zużywający gazu do celów grzejnych) nie wykazują różnic w poborze gazu w poszczególnych okresach roku. Ewentualne różnice w zużyciu gazu mogą wystąpić wskutek postojów świątecznych lub remontowych poszczególnych odbiorników gazu.

3. W przytoczonej metodzie pewnych zmian wymagają określenia składników kosztów strat powstałych w wyniku zakłócenia w dostawie gazu. Składniki te należy dobrać tak, aby przynależność poszczególnych pozycji strat poszczególnych składników była jednoznacznie określona.

4. Określenie strat, jakie mogą wystąpić w gospodarce narodowej wskutek zakłócenia u jednego z odbiorców gazu jako utraconego zysku i podatku obrotowego, stanowi w niektórych przypadkach zbyt małe przybliżenie oceny tych strat. Ma to miejsce szczególnie w przypadku kooperacji zakładów przemysłowych. Zakłócenia w produkcji jednego kooperanta rzutują na pracę innych kooperantów. Łańcuch zakładów objętych zakłóceniami może być bardzo rozległy i straty powstałe w innych zakładach przez zakłócenie dostawy gazu do jednego zakładu będą trudne do uchwycenia.

5. Opracowane charakterystyki strat dla odbiorów zastępczych gazu oraz dla odbiorców gazu mogą być podstawą wykonania optymalnego planu wyłączeń dla odbiorcy gazu oraz dla systemu gazowniczego. W metodzie [1] przyjęto jako kryterium oceny działania minimalizację strat powstających w czasie ilościowych zakłóceń w dostawie gazu. Może również wchodzić w rachubę posługiwanie się tym kryterium oceny działania, jeżeli przy ocenie strat powstających wskutek zakłóceń uwzględni się również pośrednie powiązania i zależności w pracy poszczególnych odbiorów zastępczych gazu.

LITERATURA

- [1] Bojarski W.W. - Metoda wyznaczania charakterystyk techniczno-ekonomicznych wrażliwości odbiorców na zakłócenia w dostawie gazu. Warszawa 1969 (maszynopis).
- [2] Bojarski W.W. - Wprowadzenie do oceny niezawodności działania układów technicznych. Warszawa 1967, PWN.
- [3] Petela R., Lorkiewicz Z., Dobrowolski L., Bról A. - Przystosowanie i udoskonalenie metody wyznaczania techniczno-ekonomicznych charakterystyk wrażliwości odbiorców gazu. Katedra Podstaw Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej, Gliwice 1970 (maszynopis).

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОЦЕНЫ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ
ВСЛЕДСТВИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПЕРЕБОЕВ В ПОДАЧЕ ГАЗА

Р е з ю м е

В статье поданы общие основы метода оценки экономических потерь вследствие количественных перебоев в подаче газа, кроме того представлено на примере избранного металлургического завода пробу практического его применения. В этой статье представлены также все выводы и замечания возникшие во время хода работы по определению характеристик экономических потерь для избранных групп приборов и потребителей газа.

THE PRACTICAL APPLICATION OF THE VALUATION METHOD OF
LOSSES CAUSED BY THE QUANTITY CHANGES
IN THE GAS SUPPLY

S u m m a r y

The paper gives the general principles of the existing method valuating the losses caused by the quantity changes in the gas supply. For the first time the practical application of this method is presented in the example of the selected ironworks. Conclusions and remarks gathered about the method are given.