ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: GÓRNICTWO z. 261 Nr kol. 1650

Marian KOLARCZYK, Michał OLEKSY, Grzegorz PACH
Politechnika Śląska, Gliwice

TWORZENIE CYFROWEGO MODELU STRUKTURY SIECI DUALNEJ DLA SIECI PŁASKIEJ ZREDUKOWANEJ

Streszczenie. W artykule poruszono zagadnienie planarności kopalnianych sieci wentylacyjnych oraz tworzenia sieci dualnych dla sieci płaskich zredukowanych. Uzasadniono celowość prowadzenia badań w tym zakresie z uwagi na różnorodność struktur sieci. Podano i zilustrowano odpowiednie algorytmy oraz ogólne założenia opracowanego programu komputerowego, tworzącego strukturę sieci dualnej. Przy tworzeniu tej sieci wykorzystano cykle – komórki wyznaczane w trakcie badania planarności sieci, spełniające założenia twierdzenia Mac Lane`a. Istnienie takiego zbioru niezależnych cykli - komórek oraz jednego zależnego cyklu - komórki, w który każda bocznica występuje dwukrotnie, świadczy o planarności sieci. Zwrócono uwagę na przydatność analizy sieci dualnej przy badaniu właściwości sieci podstawowej. Podano przykład ilustrujący analizowane zagadnienie.

ELABORATION OF A DIGITAL MODEL OF DUAL NETWORK STRUCTURE FOR A FLAT REDUCED NETWORK

Summary. The paper presents the problem involving the planarity of ventilation networks in mines and the elaboration of dual networks for flat reduced networks. The purposefulness involving such investigation studies to be carried out was justified in view of various network structures being available. Appropriate algorithms were presented and illustrated as well as general assumptions were provided for the elaborated computer program forming the structure of dual network. While working out the network, cell-cycles were used determined in the course of investigation studies on the planarity of the network, which are in compliance with MacLane theorem. The existence of such a set of independent cell-cycles and one dependent cell-cycle in which each siding is occurring twice bespeaks of the planarity of the network. Attention was drawn to the applicability of dual network analysis when investigating the properties of elementary networks. An example illustrating the investigated problem was presented.

1. Wprowadzenie

Organizacja przewietrzania kopalni głębinowej wymaga między innymi ustalenia dróg świeżego powietrza doprowadzanego w odpowiedniej ilości do miejsc pracy załogi i dalej dróg zużytego powietrza odprowadzanego do atmosfery zewnętrznej. Jedną z nadrzędnych zasad tej organizacji jest przewietrzanie rejonów wentylacyjnych niezależnymi prądami powietrza. W oparciu o istniejące lub planowane wyrobiska tworzona jest kopalniana sieć wentylacyjna.

Wyrobiska podziemne pełnią różne funkcje w procesie technologicznym kopalni wynikające z zasadniczego celu istnienia zakładu górniczego, to jest pozyskiwania kopaliny użytecznej. Dlatego też struktura sieci wentylacyjnej budowanej w oparciu o te wyrobiska musi uwzględniać nie tylko wymogi wentylacji, lecz również te inne funkcje wyrobisk. Często więc struktura sieci posiada cechy niedogodne dla optymalnego przewietrzania kopalni. Występuje wtedy konieczność wypracowania rozwiązania kompromisowego, uwzględniającego całość funkcjonowania podziemnego zakładu wydobywczego oraz eliminującego cechy sieci najbardziej niedogodne dla wentylacji. Istotne jest więc poznawanie tych cech, które jest realizowane poprzez prowadzenie odpowiednich prac badawczych. Przedmiotem badań są właściwości struktury kopalnianej sieci wentylacyjnej i jej znaczenia w procesie kierowania przewietrzaniem. W tym zakresie wykonano wiele znaczących prac badawczych o dużym znaczeniu dla praktyki górniczej. Na podkreślenie zasługuje duży wkład polskiej szkoły aerologii górniczej [3, 2, 1].

W niniejszym referacie przedmiotem analizy będzie szczególne zagadnienie struktury sieci, to jest tworzenie cyfrowego modelu struktury sieci dualnej dla płaskich sieci zredukowanych. Celowość podjęcia tego zagadnienia wynika z możliwości dostrzegania niektórych właściwości sieci płaskich poprzez analizę ich modelu dualnego.

2. Sieci zredukowane, płaskie i dualne

Wyrobiska w kopalni podziemnej, wchodzące w skład kopalnianej sieci wentylacyjnej, wykonane są w trójwymiarowej bryle górotworu. Struktura sieci przedstawiana jest na mapach wentylacyjnych i przeglądowych, schematach przestrzennym i kanonicznym, w obliczeniach komputerowych zapisywana jest w postaci cyfrowej, gdzie wykorzystuje się odpowied-

nie macierze strukturalne. Przy sporządzaniu schematu kanonicznego, kreślonego na płaszczyźnie, powstaje między innymi zagadnienie odwikłania tego schematu i rozstrzygania o planarności sieci [2, 11]. Topologiczne kryterium odwikłania schematów kanonicznych, wykorzystujące znane w teorii grafów twierdzenia K. Kuratowskiego, podane zostało w pracy [11]. W pracach [5, 7] przedstawiono metodę badania planarności sieci, w której sprawdza się istnienie zbioru cykli niezależnych – komórek spełniającego kryterium Mac Lane`a.

Zdecydowana większość schematów kanonicznych dużych sieci jest niepłaska, tzn. nie istnieje sposób przedstawienia schematu na płaszczyźnie bez pozornego przecinania się bocznic. Występują jednak fragmenty sieci lub w szczególności podsieci, które są płaskie. Tym samym możliwe jest ich odwzorowanie na płaszczyźnie w postaci schematu kanonicznego bez pozornego przecinania się bocznic.

W teorii kopalnianej sieci wentylacyjnej wyróżnia także się tzw. sieci zredukowane [5]. Powstają one z sieci podstawowych po likwidacji szeregowych i równoległych połączeń bocznic oraz po zastąpieniu jedną bocznicą fragmentów sieci (podsieci) posiadających dokładnie dwa węzły wspólne z resztą sieci. Każda analiza sieci zredukowanej może być przeprowadzona równolegle dla wydzielonej podsieci, będącej elementem składowym sieci podstawowej. Przedmiotem analizy w niniejszym referacie będą więc szczególne sieci, to jest sieci płaskie zredukowane. Takie zawężenie problematyki niniejszego referatu uważać należy za celowe - jest to kolejny wybrany etap badań struktury sieci.

Dla grafów płaskich, w tym w szczególności dla sieci płaskich, możliwe jest tworzenie grafów (sieci) dualnych. Zagadnienie dualizmu znane jest w matematyce, w tym w szczególności w geometrii i w teorii grafów. Uważa się, że stosowanie zasady dualizmu w wielu dziedzinach nauki pozwoliło na skojarzenie dużej liczby prawidłowości, tym samym na przyspieszenie rozwoju wielu dyscyplin naukowych.

W teorii kopalnianej sieci wentylacyjnej zasada dualizmu została wprowadzona w pracy [12], gdzie znany wcześniej algorytm obliczania oporu całkowitego sieci wentylacyjnych normalnych został zilustrowany jako ciąg dualnych przekształceń takich sieci z redukcją półwęzłów. Ciąg takich przekształceń redukuje sieć normalną do jednej bocznicy, której przyporządkowuje się opór zastępczy sieci. W pracy [5] schematy kanoniczne dualne wykorzystano między innymi do wyznaczania przekrojów całkowitych przez sieć. Przydatne jest także tworzenie przekrojów bazowych w sieci wzorowanych na przekrojach pokazanych w pracy [1]. Należy uważać, że możliwe jest poznanie dalszych prawidłowości występujących w sieciach płaskich poprzez badania ich sieci dualnych.

3. Graficzna metoda wyznaczania struktury sieci dualnej

W obliczeniach komputerowych kopalnianej sieci wentylacyjnej występuje między innymi konieczność cyfrowego zapisu ich struktury. Jak już wspomniano, jest to możliwe przez sporządzenie wybranej macierzy strukturalnej. Posługiwanie się pełnymi postaciami takich macierzy jest jednak bardzo uciążliwe. Wypracowane więc zostały bardziej dogodne sposoby zapisu struktury sieci wykorzystujące prawidłowości występujące w tych macierzach. W macierzy incydencji węzłowo – bocznicowej, dla sieci, w której została wprowadzona orientacja bocznic, w każdej kolumnie występują dwa elementy różne od zera, to jest -1 i 1, pokazujące odpowiednio numery węzła początkowego i końcowego każdej bocznicy. Prawidłowość ta została wykorzystana do uproszczonego zapisu struktury sieci w postaci trzech kolumn:

b_i (numer bocznicy) w_p (numer węzła początkowego) w_k (numer węzła końcowego)

$i = 1, 2, ..., m$, m – liczba bocznic w sieci.

W danych wejściowych do niektórych programów obliczeniowych nie podaje się numeru bocznicy, ponieważ numer ten jest nadawany przez program jako numer kolejnego wiersza. Taki uproszczony zapis jest dalej przez odpowiednie podprogramy wykorzystywany do sporządzenia zapisów potrzebnych macierzy strukturalnych pełnych lub uproszczonych oraz do ułożenia równań równowagi sieci.

Identyczny uproszczony sposób zapisu struktury został wykorzystany przy sporządzaniu danych wejściowych do komputerowej analizy struktury sieci. Programy analizujące strukturę mogą wtedy korzystać z istniejącego pełnego modelu sieci lub z modelu ujmującego jedynie informacje o strukturze. Przy sporządzaniu zapisu struktury sieci dualnej dla wybranej sieci zredukowanej płaskiej należy więc dążyć do tego, by w zbiorze wynikowym zapis ten był podany również w postaci trzech kolumn, tak jak to wyżej pokazano.

Graficzny sposób sporządzenia grafu lub sieci dualnej S* do zadanej sieci płaskiej S przedstawiony jest w podręcznikach teorii grafów, np. w pracach [4, 9]. Redukcję sieci normalnych wykorzystującą sporządzanie sieci dualnych pokazano w pracy [12].

Graficzne odwzorowanie schematu sieci płaskiej (wraz z bocznicą zamykającą) pociąga za sobą podział płaszczyzny na $\nu + 1$ części (rys. 1a), gdzie ν jest liczbą cyklomatyczną sieci: $\nu = m - n + 1$, n – liczba węzłów w sieci. Te części płaszczyzny w teorii grafów nazywane są również regionami lub komórkami. Na podstawie regionów (komórek) wyznaczyć można niezależne cykle – komórki zawierające bocznice ograniczające daną komórkę. Liczba niezależnych cykli – komórek jest oczywiście równa liczbie cyklomatycznej sieci ν. Ostatni $\nu + 1$

cykl – komórka jest już zależny od poprzednio wyznaczonych. W $\nu + 1$ cyklach - komórkach każda bocznica występuje dwukrotnie. Tak stanowi znane twierdzenie Mac Lane`a [za 4], rozstrzygające o planarności grafu (sieci). W pracach [5, 7] opracowano odpowiedni algorytm oraz program komputerowy sprawdzający istnienie takiego zbioru cykli niezależnych - komórek. Odpowiedź pozytywna pozwala na wnioskowanie o planarności sieci. Wyznaczony zbiór niezależnych cykli – komórek dla sieci podstawowej S może być zapisany w macierzy komórkowo – bocznicowej **C** tej sieci S.

Graficzne wyznaczanie sieci dualnej S* sprowadza się do następujących czynności:

- narysowanie w każdej komórce sieci podstawowej S węzła sieci dualnej S* (rys. 1a) oraz nadanie numeru każdemu węzłowi w_i^*; liczba węzłów w sieci S* jest równa $\nu + 1$,
- połączenie węzłów w_i^* bocznicami b_i^* sieci dualnej S* w ten sposób, że przez każdą bocznicę b_i sieci podstawowej S przechodzi tylko jedna bocznica b_i^* sieci dualnej S* (rys. 1b); liczba bocznic m* w sieci S* jest równa liczbie bocznic m w sieci S,
- nadanie orientacji bocznicom b_i^* sieci dualnej S* zgodnie np. z regułą prawej ręki. Bocznicy zamykającej nadaje się orientację przeciwną.

Przykład pokazany na rys. 1c przedstawia strukturę sieci dualnej S* odpowiadającej sieci podstawowej S pokazanej na rys. 1a.

Dla przedstawionych czynności przy graficznym sporządzaniu schematu sieci dualnej można opracować odpowiedni algorytm i program komputerowy.

4. Tworzenie cyfrowego zapisu struktury sieci dualnej

Celowość przyspieszenia poszczególnych czynności tworzenia schematu dualnego oraz możliwość wykorzystania modelu cyfrowego sieci dualnej S* do dalszych analiz struktury sieci (lub podsieci) płaskiej wskazuje na zasadność opracowania odpowiedniego algorytmu i programu komputerowego realizującego to zagadnienie. Istnieje określona odpowiedniość pomiędzy elementami i innymi wielkościami płaskiej sieci podstawowej S i odpowiadającej jej sieci dualnej S*. Najważniejsze odpowiedniki tych sieci są następujące:

Sieć podstawowa S		Sieć dualna S*
Bocznica	→	Bocznica
Węzeł	→	Cykl – komórka
Cykl – komórka	→	Węzeł
Macierz incydencji węzłowo – bocznicowa **S**	→	Macierz incydencji komórkowo – bocznicowa **C***
Macierz incydencji komórkowo – bocznicowa **C**	→	Macierz incydencji węzłowo – bocznicowa **S***

Ponadto dla sieci S i S* słuszne są następujące równości:

$$m = m^* \tag{4.1}$$

$$\rho(S) = \nu(S^*) \tag{4.2}$$

$$\nu(S) = \rho(S^*), \tag{4.3}$$

gdzie ρ - stopień sieci $\rho = n - 1$

Przy tworzeniu modelu cyfrowego sieci dualnej S* interesująca jest pokazana odpowiedniość ich macierzy strukturalnych. Między innymi macierzy incydencji komórkowo – bocznicowej **C** sieci podstawowej S odpowiada macierz incydencji węzłowo – bocznicowa **S*** sieci S*; macierze te są identyczne. Tym samym struktura sieci dualnej S* jest określona, gdyż znana jest macierz **S*** = **C**.

Jak już wspomniano w pracach [5, 7] podjęto zagadnienie sprawdzania planarności sieci zredukowanych. Przyjęte kryterium wykorzystuje twierdzenie Mac Lane`a o istnieniu macierzy incydencji komórkowo – bocznicowej **C** dla sieci S. Jeżeli sieć jest płaska, to opracowany algorytm i program komputerowy wyznaczają macierz **C**. Tym samym znana jest macierz **S***.

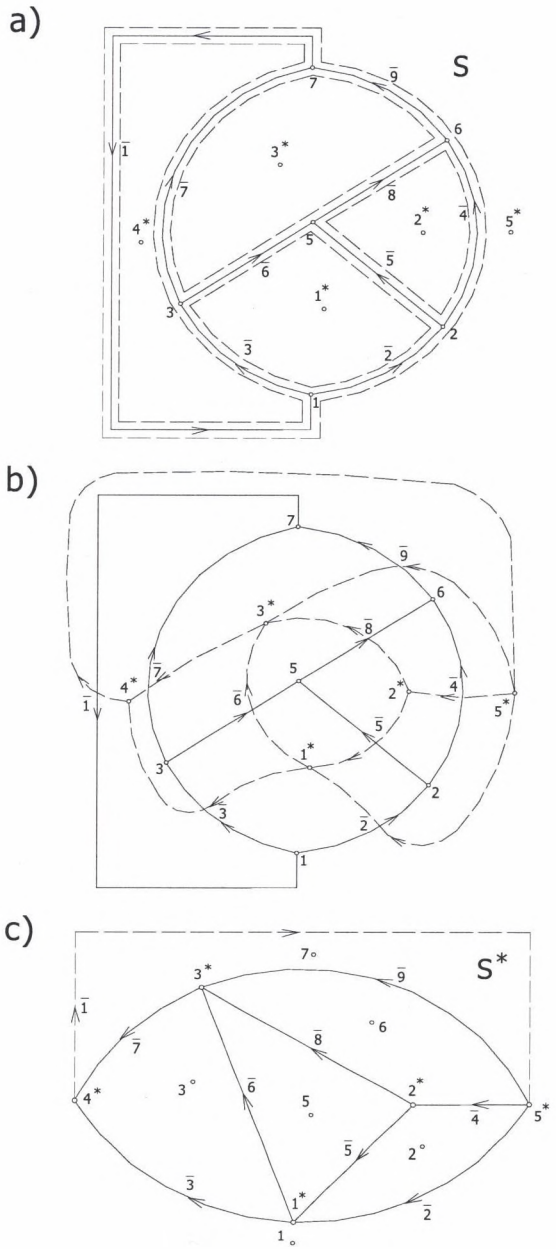
W macierzach **C** i **S*** każda bocznica występuje dwukrotnie. W sieci S należy do dwóch cykli komórek, w sieci S* związana jest z dwoma węzłami - początkowym i końcowym. Utworzenie zapisu skróconego struktury sieci dualnej S* w postaci:

b_i^* (numer bocznicy) w_p^* (numer węzła początkowego) w_k^* (numer węzła końcowego)

jest już bardzo proste.

Przedstawiony zarys algorytmu tworzenia sieci dualnej S* został oprogramowany i przetestowany. Zasadnicze procedury algorytmu i programu są następujące:

- przeczytanie zbioru wejściowego typu „ms- „, w którym w uproszczonej formie zapisana jest struktura sieci podstawowej S,
- przeczytanie zbioru wejściowego typu „sk- „, w którym zawarte są wyniki analizy planarności oraz zbiór niezależnych cykli – komórek sieci S,
- utworzenie macierzy komórkowo – bocznicowej **C** dla sieci S,
- utworzenie macierzy węzłowo – bocznicowej **S*** dla sieci S*,
- utworzenie uproszczonego zapisu struktury sieci S*.



Rys. 1. Przykład płaskiej zredukowanej sieci podstawowej S (a) i tworzenia sieci dualnej S* (b, c)
Fig. 1. Example of flat reduced elementary network S (a) and the formation of dual network S' (b,c)

5. Przykład utworzenia i zapisu struktury sieci dualnej

Na rysunku 1a pokazano podstawową sieć płaską S oraz kolejne etapy graficznego tworzenia sieci dualnej S* (rys. 1b, c). W tablicy 1 w części I przedstawiony jest skrócony zapis macierzy komórkowo - bocznicowej **C** uzyskanej z analizy tej sieci S programem badającym planarność wg metody przedstawionej w pracach [5, 7]. Ogólne dane o sieci S są następujące:

- liczba bocznic $m = 9$
- liczba węzłów $n = 6$
- stopień sieci $\rho = n - 1 = 5$
- liczba cyklomatyczna $\nu = m - n + 1 = 4$

Programem wyznaczono 4 niezależne cykle – komórki, piąty cykl - komórka jest już zależny od poprzednich. W macierzy **C** każda bocznica występuje dwukrotnie. Spełnione są więc wymogi twierdzenia Mac Lane`a o planarności tej sieci. W części II tablicy 1 podany jest zapis cykli - komórek wykorzystujący numerację węzłów. Para sąsiednich węzłów w tym zapisie tworzy bocznicę. Znak „-„ przed węzłem oznacza przeciwną orientację bocznicy względem orientacji cyklu. Wyznaczone cykle – komórki zaznaczono także na schemacie sieci S (rys. 1a) liniami przerywanymi. Cykle takie składają się z dwóch dróg - od węzła dolnego w_{dk} komórki do węzła górnego w_{gk} komórki.

Tablica 1

Skrócony zapis macierzy komórkowo – bocznicowej **C** dla sieci S pokazanej na rys. 1a

Numer cyklu – komórki	Bocznice należące do cyklu- komórki (zapis wg numerów bocznic)	Bocznice należące do cyklu – komórki (zapis wg numerów węzłów)
	I	II
1.	3 6 -5 -2	1 3 5 -2 -1
2.	5 8 -4	2 5 6 -2
3.	7 -9 -8 -6	3 7 -6 -5 -3
4.	-1 -7 -3	1 -7 -3 -1
5.	2 4 9 1	1 2 6 7 1

Na schemacie rys. 1a w każdej komórce zaznaczono również odpowiadający jej węzeł w_i^* sieci dualnej S*. Numeracja tych węzłów w programie realizowana jest wg kolejności wyznaczania cykli - komórek. Na rysunku 1b liniami przerywanymi pokazano bocznice b_i^* sieci dualnej S*. Utworzony schemat tej sieci S* przedstawiony jest na rys. 1c, gdzie pokazano również tylko węzły sieci podstawowej S. Skrócony zapis macierz incydencji węzłowo - bocznicowej **S*** sieci dualnej S* podany jest w I części tabl. 2. Jak widać, macierze **C** sieci podstawowej S oraz **S*** sieci dualnej S* są identyczne. W macierzy **S*** każda bocznica b_i^*

występuje dwukrotnie, co pozwala na przyporządkowanie jej węzła początkowego i końcowego oraz dalej na utworzenie uproszczonego zapisu struktury sieci dualnej S*. Zapis ten dla prezentowanego przykładu przedstawiony jest w 4 i 5 kolumnie tabl. 3.

Tablica 2

Skrócony zapis macierzy węzłowo– bocznicowej **S*** dla sieci S* pokazanej na rys. 1c

Numer węzła	Bocznice incydentne z węzłem (zapis wg numerów bocznic)	Bocznice incydentne z węzłem (zapis wg numerów węzłów sieci S)
	I	II
1.	3 6 -5 -2	1 3 5 -2 -1
2.	5 8 -4	2 5 6 -2
3.	7 -9 -8 -6	3 7 -6 -5 -3
4.	1 -7 -3	1 -7 -3 -1
5.	2 4 9 -1	1 2 6 7 1

Ogólne dane o sieci S* i jej strukturze są następujące:

- liczba bocznic $m^* = 9$
- liczba węzłów $n^* = 5$
- stopień sieci $\rho^* = n^* - 1 = 4$
- liczba cyklomatyczna $\nu^* = m^* - n^* + 1 = 5$

W części II tablicy 2, której zawartość jest identyczna z częścią II tablicy 1, podane są numery węzłów sieci podstawowej S, tworzących cykle komórki w tej sieci. W sieci dualnej S* te numery węzłów przechodzą w numery cykli - komórek sieci S* związanych z poszczególnymi węzłami tej sieci. Zapis ten jest równoważny macierzy **S*** - jest inną formą tego zapisu. Podaje także informację, z jakimi komórkami sieci S* powiązany jest każdy węzeł tej sieci.

Tablica 3

Skrócony zapis struktury sieci podstawowej S (rys. 1a) i sieci dualnej S* (rys. 1c)

Numer bocznicy	Węzły krańcowe bocznic w sieci podstawowej S		Węzły krańcowe bocznic w sieci dualnej S*		Uwagi
	W_P	W_k	W_P^*	W_k^*	
1.	7	1	4	5	bocznica zamykająca
2.	1	2	5	1	
3.	1	3	1	4	
4.	2	6	5	2	
5.	2	5	2	1	
6.	3	5	1	3	
7.	3	7	3	4	
8.	5	6	2	3	
9.	6	7	5	3	

Przedstawione kolejne etapy tworzenia uproszczonego zapisu struktury sieci dualnej S* realizowane są przez odpowiedni program komputerowy.

6. Uwagi końcowe

W ostatnich kilkunastu latach w związku z restrukturyzacją polskiego górnictwa znacznie zmieniły się sieci wentylacyjne kopalń węgla i ich struktury. Obserwuje się duże zmniejszanie się tych sieci, wynikające z likwidacji nierentownych pól eksploatacyjnych, likwidacji wielu poziomów, znacznego wzrostu koncentracji wydobycia. Występuje jednak bardzo duże ograniczenie robót udostępniających spowodowane zmniejszanymi nakładami na inwestycje w kopalniach. Rośnie liczba oddziałów wydobywczych ze schodzącymi prądami powietrza lub prowadzących eksploatację dużo poniżej najgłębszych poziomów wydobywczych.

W każdej kopalni szybko zmienia się więc sieć wentylacyjna i jej struktura. Mimo uwarunkowań wynikających z innych technologicznych funkcji poszczególnych wyrobisk oraz z celowości obniżenia kosztów produkcji, nie można zaniedbać, by sieci wentylacyjne, w tym ich struktury, stawały się coraz mniej odporne na powstające zaburzenia. Wiadomo, że wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji i intensywności wybierania rosną wszystkie zagrożenia naturalne oraz związane z organizacją robót. Dlatego też potrzebne są analizy występujących tendencji, badania kopalnianych sieci wentylacyjnych i ich struktur.

Zagadnienie poruszone w niniejszym referacie, to jest tworzenie cyfrowego zapisu struktury sieci dualnej dla płaskich sieci zredukowanych, może być przydatne w dalszych pracach badawczych dotyczących kopalnianej sieci wentylacyjnej. Należy spodziewać się, że niektóre wnioski z analizy sieci dualnych będą przydatne w praktyce górniczej. Na przykład w sieci dualnej S* pokazanej na rys. 1c można wyznaczyć najdłuższą drogę od węzła 5* do węzła 4*, utworzoną przez bocznice: 4*, 5*, 6* i 7*. Ta najdłuższa droga w sieci S* w sieci podstawowej S przechodzi w najdłuższy przekrój całkowity przez tę sieć (rys. 1a), do którego należą bocznice: 4, 5, 6 i 7. Informacje o tym i innych przekrojach mogą być przydatne w różnych zagadnieniach sieciowych. Wyznaczenie wymienionego przekroju w tym przypadku staje się więc bardzo łatwe, wynikające z prostej analizy struktury sieci dualnej.

LITERATURA

1. Barczyk S.: Odwracanie się głównego prądu powietrza przy pożarach we wznoszącym się prądzie. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa. T II, z 4. Kraków 1954, s. 489-512.

2. Bystroń H.: Sposób kreślenia kanonicznych schematów przewietrzania. Przegląd Górniczy 1956/3, s. 86-100.
3. Czeczott H.: Teoria prądów przekątnych. Prace Akademii Górniczej. Z. 1. Kraków 1925.
4. Deo Narsing.: Teoria grafów i jej zastosowania w technice i informatyce. PWN. Warszawa 1980.
5. Kolarczyk M.: Wpływ struktury kopalnianej sieci wentylacyjnej na wrażliwości prądów powietrza przy zmianach oporów bocznic. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 214. Gliwice 1993.
6. Kolarczyk M.: Uwagi o gospodarce powietrzem w podziemnej kopalni węgla w okresie restrukturyzacji. Materiały seminarium naukowo - technicznego na temat: "Wybrane aspekty profilaktyki pożarowej w kopalniach - Teoria i Praktyka". XVII DNI ROW`2000. Rybnik - Chwałowice. Wyd. IEZ Pol. Śl. Gliwice 2000, s. 77-88.
7. Kolarczyk M., Sułkowski J.: Investigations on the planarity of ventilation networks (sub - networks) in mines. Archives of Mining Sciences. v. 40, 1995 iss. 1, s. 25-38.
8. Kolarczyk M.: Diagonality and relative diagonality of the all side branches in the ventilation network of mines. Proccedings of the North American/Ninth US Mine Ventilation Symposium. Kingston, Ontario, Canada, VI 2002. s. 259-265.
9. Kulikowski J. L.: Zarys teorii grafów. PWN, Warszawa 1986.
10. Rajski Cz.: Teoria obwodów. T 1. WNT, Warszawa, 1971.
11. Sułkowski J.: Topologiczne kryterium odwikłania schematów kanonicznych sieci wentylacyjnych. Przegląd Górniczy, 1970/2, s. 79-83.
12. Sułkowski J.: Wykorzystanie zasady dualizmu w algorytmie obliczania oporu całkowitego sieci wentylacyjnych normalnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 70, Gliwice 1976, s. 315-327.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Strumiński

Abstract

Ventilation networks in mines are organized basing on the headings already existing in mines. Various form of bed deposition, numerous methods of mining works development and preparation for mining account for the existence of very different networks. The organization of ventilation in a mine should also take into consideration other technological functions of headings. It is important to learn the properties involving the structure of the network. Among others, there are so called flat, non-flat and reduced networks. For flat networks there exist dual networks. While investigating the properties of a network the analysis of dual network structure can be of use. Therefore it seamed reasonable to work out a respective algorithm and computer program determining the structure of dual network. In the elaboration process of such structures cell-cycles were used, determined in the course of investigation studies on the planarity of the network. We used the theorem of McLane involving the planarity of the net-

work for the case when there exists a set of independent cell-cycles and one dependent cell-cycle in which each siding is occurring twice. The cell-siding incidence matrix in the elementary network is identical as the quoin-siding incidence matrix of the dual network. It allows to determine the structure of dual network. Attention was drawn to the applicability of the analysis of this network when investigating the properties of elementary networks. An example illustrating the investigated problem was presented.