

Marian KOLARCZYK

METODA I ALGORYTM WYZNACZANIA PODSIECI W KOPALNIANEJ SIECI WENTYLACYJNEJ

Streszczenie. Rozwój metod numerycznych projektowania i analiz kopalnianych sieci wentylacyjnych skłania do zastosowania tych metod także przy analizach struktury sieci. Ułatwi to sporządzanie schematów sieci, w tym w szczególności schematu kanonicznego. W referacie przedstawiono metodę i algorytm wyznaczania podsieci oraz sporządzania zapisu struktury sieci zredukowanej. Podano prawidłowości odnośnie do konfiguracji podsieci w całej sieci. Wyróżniono charakterystyczne przypadki występowania podsieci. Dalsze analizy struktury sieci znacznie upraszczają się, gdy przedmiotem analizy jest sieć zredukowana.

A METHOD AND ALGORITHM OF DETERMINING SUBNETWORKS IN THE MINE VENTILATION NETWORK

Summary. The development of numerical methods of designing and analyzing ventilation networks in collieries has encouraged us to apply these same methods also in the analysis of the structure of this network. This might facilitate the elaboration of diagrams of these networks, particularly, however, of the canon diagram. The paper presents a method and algorithm of determining such a subnetwork and of plotting the structure of a reduced network. Regularities concerning the configuration of the subnetwork within the total network have been dealt with. Specific characteristics of subnetworks have been quoted. Further analyses of the structure of networks prove to be much simpler if a reduced network is analysed.

1. Wstęp

W procesie kierowania przewietrzaniem kopalni głębinowej stosuje się różne metody odwzorowania sieci wentylacyjnej. W ostatnim okresie oprócz map, schematów przestrzennych, kanonicznych i potencjalnych do obliczeń i analiz sieci zastosowane zostały modele cyfrowe. Dużo tzw. zagadnień obliczeniowych kopalnianej sieci wentylacyjnej rozwiązuje się z wykorzystaniem komputerów. W szczególności dotyczyć to może także analizy struktury sieci oraz właściwości wynikających z wzajemnych relacji występujących pomiędzy jej elementami.

Wiadomo, że wiele cech sieci można dostrzec analizując prawidłowo wykonany schemat kanoniczny. W praktyce kopalnianej w latach siedemdziesiątych zaniechano sporządzania tych schematów dla całych sieci. Decyzję tę uzasadniano dużą pracochłonnością kreślenia oraz małą przydatnością wynikającą z nieczytelności źle rysowanych schematów. Nieczytelny schemat kanoniczny jest mało przydatny dla praktyki. Znane są jednak ogromne zalety tych schematów oraz ich przydatność przy kierowaniu przewietrzaniem [3, 1, 2, 5, 14, 15, 16]. Analizę przewietrzania dla sytuacji normalnych i awaryjnych o wiele łatwiej i szybciej można przeprowadzić dysponując jednocześnie schematami: przestrzennym, kanonicznym i potencjalnym. Sporządzanie schematu potencjalnego także jest łatwiejsze, gdy wcześniej został wykonany schemat kanoniczny.

Duża uciążliwość rysowania schematu kanonicznego może być zmniejszona przez wykorzystanie komputera przeprowadzającego analizę struktury sieci [11, 17, 7, 13]. Można nawet uważać, że taki schemat lub informacje wynikające z jego analizy będą opracowywane i przechowywane w komputerze. W razie potrzeby schemat można będzie odwzorować na ekranie monitora lub wykorzystując ploter narysować na papierze. Dalsze przekształcenia tego schematu, w których elementom sieci przyporządkowuje się wybrane wielkości związane z przepływem powietrza, prowadzą do schematu ilościowego, potencjalnego oraz do schematu mocy.

Przytoczone uwagi o przydatności schematu kanonicznego i celowości ułatwienia prac związanych z jego kreśleniem, a także niewątpliwy wpływ struktury sieci na wiele jej cech, skłaniają do opracowania dalszych metod, algorytmów i programów komputerowych badania tych właściwości. W tym zakresie na uwagę zasługuje praca [11], gdzie podano algorytm podziału

zbioru węzłów na tzw. warstwy, co ułatwia rysowanie schematu. W pracach [5, 7, 8, 12] podjęto zagadnienie opracowania algorytmów wyznaczania bocznic przekątnych. Metody i algorytmy badania planarności sieci przedstawione zostały w pracach [7, 9]. Dalszą istotną cechą struktury sieci jest występowanie podsieci. Wiele metod analizy sieci i jej struktury znacznie upraszcza się, gdy przedmiotem analizy jest tzw. sieć zredukowana, w której podsieci reprezentowane są przez bocznicę zastępcze. Za celowe uznano więc opracowanie odpowiednich algorytmów i programów komputerowych wyznaczania i zastępowania tych podsieci w strukturze sieci zredukowanej.

2. Istnienie i wydzielenie podsieci. Sieć zredukowana

W sieci można wyróżnić dużo charakterystycznych fragmentów [2, 15, 16, 6]. Niektóre z nich posiadają szczególne właściwości. Między innymi wyróżnić można fragmenty posiadające dwa węzły wspólne z resztą sieci (rys. 1). Zagadnienie definiowania i wydzielenia takich części sieci zostało poruszone w pracy [15]. Podsiecią wentylacyjną kopalnianej sieci wentylacyjnej nazywa się taki podgraf lub graf częściowy G_p grafu G , tworzącego sieć, posiadający dokładnie dwa węzły wspólne z resztą sieci, który spełnia warunki definicyjne sieci [15] dla tej właśnie pary wierzchołków w_i, w_j , tzn.:

$$\text{w grafie } G_p \quad \Gamma_{w_i}^{-1} = \emptyset \text{ oraz } \Gamma_{w_j} = \emptyset$$

Węzeł w_i nazywać będziemy węzłem początkowym podsieci w_{pp} (rys. 1). Można go także kojarzyć z wlotem do podsieci. Węzeł w_j nazywać będziemy węzłem końcowym podsieci w_{kp} . Można go także kojarzyć z wylotem z podsieci. Istnienie odpowiednich zbiorów następników Γ i poprzedników Γ^{-1} węzłów w_{pp} i w_{kp} lub brak elementów w tych zbiorach wiąże się oczywiście z wcześniejszym przyjęciem orientacji bocznic zgodnej z wymogami grafów acyklicznych w sensie dróg [4, 15].

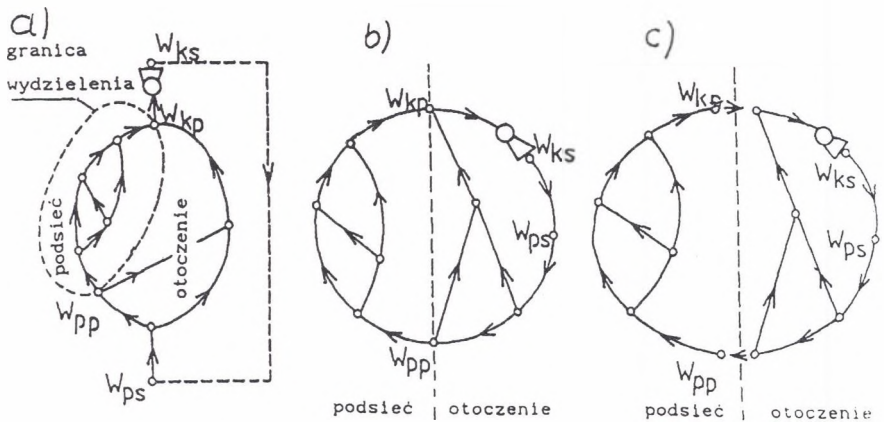
Wydzielenie podsieci pociąga za sobą powstawanie tzw. reszty sieci (rys. 1). Do tej części należą te elementy sieci, które nie należą do podsieci. W pracy [15] reszta sieci nazywana jest także otoczeniem podsieci.

Otoczenie jest dopełnieniem podsieci do całej sieci. W pracach [6, 10] wykazano istnienie charakterystyk zastępczych podsieci $W = f(V)$ oraz otoczenia $H = f(V)$, gdzie:

W - zastępczy spadek naporu powietrza w podsieci,

H - zastępczy przyrost naporu powietrza w otoczeniu,

V - zastępczy wydatek powietrza w podsieci lub w otoczeniu.



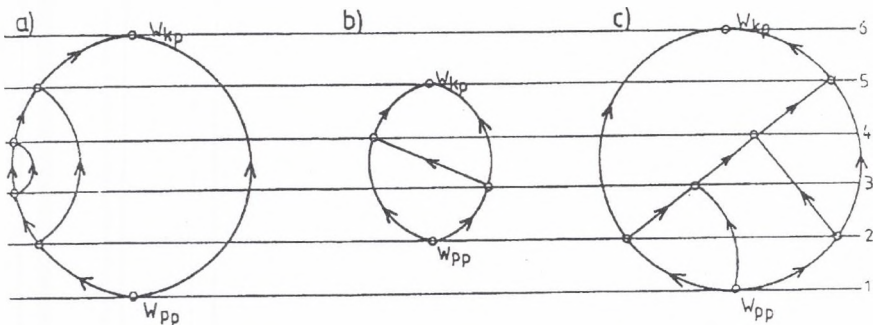
Rys. 1. Wydzielenie podsieci i otoczenia

Fig. 1. Separation of a sub-network and its environment

Posiadanie informacji o tych charakterystykach zastępczych pozwala na zastąpienie danej części sieci jedną boczną. Bardziej proste stają się wtedy dalsze analizy lub obliczenia, w tym także analizy struktury sieci. W pracach [6, 10] podano metody wyznaczania charakterystyk zastępczych wymienionych części sieci oraz typowe przykłady przebiegu tych charakterystyk w zależności od rodzaju elementów tworzących daną część. Podsieć w dalszych analizach struktury sieci lub w innych zagadnieniach obliczeniowych można wtedy traktować jako pojedynczą boczną.

Wydzielona z sieci podsieć (tak jak każda sieć) również posiada swoją strukturę. W pracy [15] zwrócono uwagę na tzw. sieci elementarne (podsieci elementarne), które nie zawierają już podsieci. Wyróżniono trzy typy sieci elementarnych (rys. 2):

- typ I: sieć elementarna normalna,
- typ II: sieć elementarna jednoprzekątna,
- typ III: sieć elementarna wieloprzekątna.



Rys. 2. Przykłady trzech typów sieci (podsieci) elementarnych: normalnej (a), jednoprzekątnej (b), wieloprzekątnej (c)

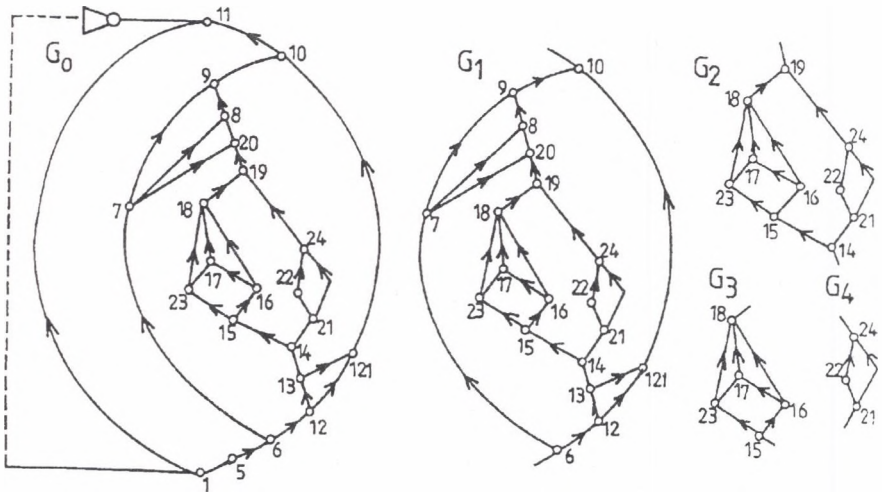
Fig. 2. Examples of three types of elementary networks (sub-networks): normal (a), single-diagonal (b), multi-diagonal (c)

Algorytmy wykrywające w sieci podsieci powinny uwzględniać występowanie wymienionych typów podsieci. Sieci i podsieci zbudowane z podsieci elementarnych typu I ze względu na występowanie wyłącznie równoległych i szeregowych połączeń bocznic są łatwo wykrywalne algorytmami redukcji połączeń równoległych i szeregowych. Przemienny ciąg zastępowania połączenia równoległego oraz zastępowania połączenia szeregowego doprowadza do wyznaczenia bocznic zastępczej reprezentującej taką podsieć w sieci zredukowanej. Algorytm ten z wiadomych względów jest nieskuteczny przy wykrywaniu podsieci elementarnych typu II i III. Typ II podsieci elementarnej jednoprzekątnej (Czeczotta) reprezentowany jest tylko przez jeden egzemplarz sieci. Podsieci elementarne typu III zawierają większą liczbę bocznic przekątnych. Sieci (podsieci) tego rodzaju jest nieskończenie wiele.

W sieciach wentylacyjnych kopalń mogą wystąpić także przypadki struktur, w których wybrana podsieć jest częścią składową innej większej podsieci. Można nawet niekiedy wyodrębnić takie ciągi podsieci, w których każda następną podsieć jest zawarta w poprzedniej, na co także zwrócono uwagę w pracy [15]. Ilustruje to rys. 3, sporządzony w oparciu o schemat poglądowy sieci podany w pracy [12]. Wyodrębnić tu można dwa ciągi od sieci globalnej G_0 do sieci elementarnych G_3 , G_4 , a mianowicie:

$$G_0 \supset G_1 \supset G_2 \supset G_3$$

$$G_0 \supset G_1 \supset G_2 \supset G_4$$



Rys. 3. Przykład hierarchicznego ciągu podsieci

Fig. 3. Example of a hierarchic sub-network sequence

3. Metoda wydzielenia i redukcji podsieci

Wymienione prawidłowości w zakresie występowania w sieci podsieci mogą być wykrywane i analizowane wizualnie na podstawie graficznego obrazu struktury sieci, tzn. schematu przestrzennego lub kanonicznego. Wielkość sieci powoduje jednak, że taka analiza jest uciążliwa i czasochłonna. Na obecnym etapie wdrażania komputerowych metod analiz sieci wskazane jest opracowanie odpowiedniej metody, algorytmu i programu komputerowego wykrywającego występujące prawidłowości. Celowość opracowania takiego algorytmu uzasadniona jest także znacznym uproszczeniem się metod analizy następných zagadnień struktury sieci, takich jak: przekątności bocznic, planarności i innych. Gdy przedmiotem

analizy jest już sieć lub podsieć zredukowana (tzn. nie zawierająca podsieci), metody te stają bardziej proste i szybsze.

Zadania opracowanego algorytmu analizującego występowanie podsieci zostały sprecyzowane następująco:

- wykrywanie w sieci wszystkich podsieci i zastąpienie każdej podsieci odpowiednią boczną zastępczą,
- ustalenie hierarchii w zakresie pod- i nadrzędności podsieci,
- sporządzenie zapisu struktury sieci zredukowanej (lub dowolnej podsieci zredukowanej), w której podsieci zastąpione będą odpowiednimi bocznymi.

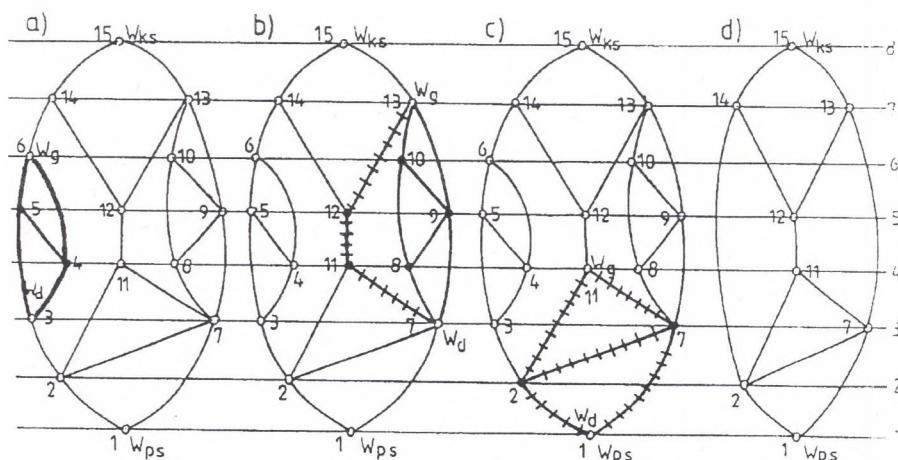
Każda podsieć w schemacie kanonicznym sieci rozciągnięta jest między swoim węzłem początkowym w_{pp} oraz końcowym w_{kp} (rys. 2). Ta para węzłów w_{pp} , w_{kp} dalej będzie nazywana parą węzłów krańcowych podsieci. W początkowym etapie analizy należy przypuszczać, że każda dowolna para węzłów może być parą krańcową podsieci. Wspomniano już wcześniej, że połączenia równoległe i szeregowo bocznic występujące w podsieci są łatwo wykrywalne w uproszczonej macierzy połączeń P . Trudniej wykrywalne są podsieci typu II i III, czyli podsieci przekątne. Węzeł w_{kp} w schemacie kanonicznym położony jest zawsze "wyżej" niż węzeł w_{pp} . Wykorzystać więc trzeba informacje wynikające z uporządkowania węzłów do poszczególnych warstw (poziomów), co przedstawiono w pracach [11, 17, 7]. Analiza podsieci elementarnej typu II (rys. 2b) wskazuje, że węzeł końcowy tej podsieci musi być położony w poziomie wyższym o co najmniej trzy jednostki niż węzeł początkowy podsieci. Przy wykrywaniu podsieci przekątnych można więc pominąć pary węzłów leżące w poziomach różniących się o dwie i mniej jednostek. By uzyskać informacje o zawieraniu się podsieci mniejszych w podsieciach większych, wyznaczanie podsieci należy rozpocząć od podsieci najmniejszych, czyli od takich, dla których różnica poziomów węzłów początkowego i końcowego wynosi 3 (rys. 2b).

W przedstawionej metodzie wyznaczania podsieci wykorzystuje się następującą własność wszystkich dróg przechodzących przez podsieć: jeżeli dany fragment jest podsiecią, to wszystkie drogi $w_{ps} \rightarrow w_{ks}$ przechodzące przez ten fragment przechodzą przez węzeł początkowy w_{pp} i końcowy w_{kp} podsieci. Będziemy zatem poszukiwać takich par węzłów i fragmentów sieci między tymi węzłami, posiadających wymienioną własność. Liczba wszystkich dróg od węzła początkowego sieci w_{ps} do węzła końcowego w_{ks}

sieci jest zazwyczaj bardzo duża. W rzeczywistych sieciach wynosi od kilku do kilkunastu tysięcy. W metodzie korzystać będziemy tylko z dróg niezależnych, tworzących (podobnie jak cykle liniowo niezależne) bazę wszystkich możliwych dróg w sieci. Liczba tych dróg bazowych wynosi v , podobnie jak liczba cykli niezależnych. Opracowanie odpowiedniej metody wyznaczania tych dróg jest bardzo proste [4 str. 207], dlatego też nie podajemy opisu tego fragmentu algorytmu.

4. Charakterystyczne przypadki występowania podsieci

Dla każdej pary analizowanych węzłów podejrzanych o to, że są węzłami krańcowymi podsieci, wyznacza się zbiór dróg wspólnych, czyli przechodzących przez obydwa węzły dolny w_d i górny w_g . Liczba tych dróg wspólnych nie powinna być mniejsza od 3, co wynika z istnienia 3 dróg przechodzących przez najmniejszą podsieć elementarną II typu (rys. 2b).



Rys. 4. Charakterystyczne przypadki fragmentów sieci przy wyznaczaniu podsieci

Fig. 4. Characteristics of the fragments of networks while determining a sub-network

Jeżeli ten warunek jest spełniony, to w drogach wspólnych wyznaczane są fragmenty tych dróg od analizowanego węzła dolnego w_d do analizowanego węzła górnego w_g (rys. 4). W wyznaczonych fragmentach wyróżnia się bocznicę oraz węzły wewnętrzne (rysunek 4 - bocznicę i węzły pogrubione). Następnie analizuje się bocznicę przy wszystkich węzłach wyróżnionych. Mogą tu wystąpić trzy charakterystyczne przypadki analizowanych fragmentów sieci pokazane na rys. 4 a, b, c.

Przypadek "a" (rys. 4 a)

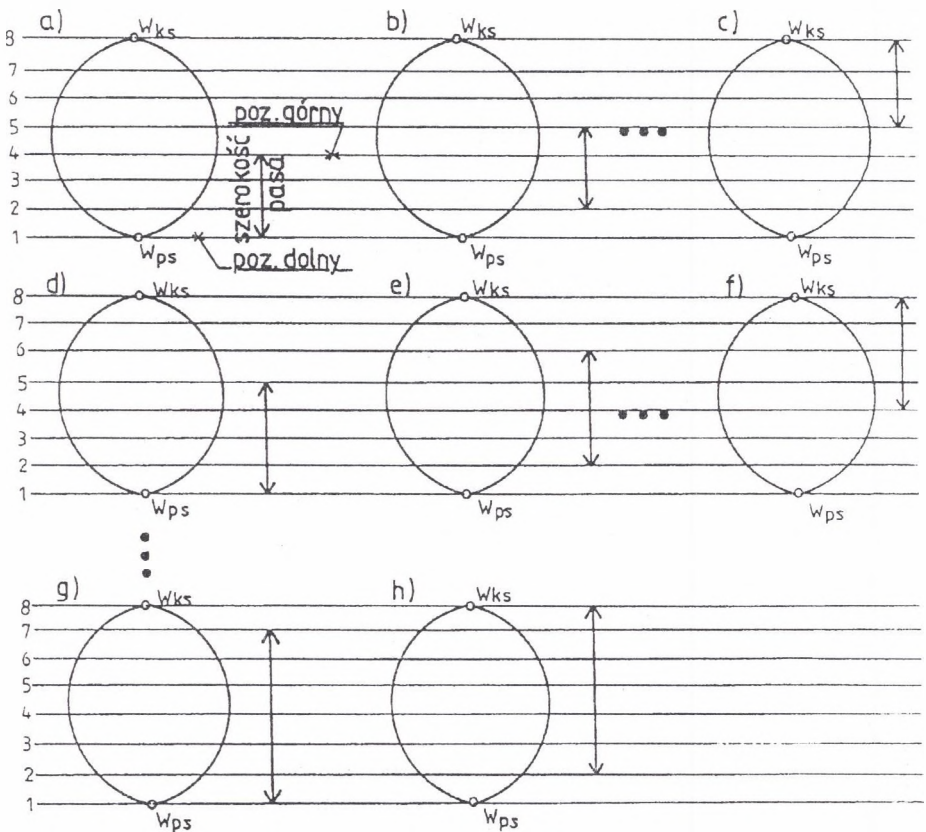
Zbiór dróg przechodzących przez węzeł dolny w_d pokrywa się ze zbiorem dróg przechodzących przez węzeł górny w_g . Przy każdym węźle wyróżnionym w analizowanym fragmencie sieci występują tylko bocznicę wyróżnioną (węzły 4, 5, bocznicę pogrubioną). Analizowany fragment jest wtedy podsiecią, a węzły w_d i w_g odpowiednio węzłami początkowym w_{pp} i końcowym w_{kp} podsieci. Bocznicę i węzły wyróżnione wycofuje się z modelu sieci oraz wprowadza się do struktury bocznicę zastępującą podsieć, dla której węzłami krańcowymi są węzły w_{pp} , w_{kp} .

Przypadek "b" (rys. 4 b)

Analizujemy kolejno wszystkie węzły wyróżnione i sprawdzamy, czy wszystkie bocznicę przy tych węzłach są wyróżnione. Nieprawdziwość takiego warunku dla jakiegoś węzła wyróżnionego oznacza, że przez analizowany fragment oprócz dróg wspólnych węzła dolnego w_d i górnego w_g przechodzą także inne drogi nie przechodzące przez któryś z tych węzłów. Likwidujemy wtedy wyróżnienie takich węzłów oraz wyróżnienie bocznicę związanych z tymi węzłami (rys. 4 b bocznicę pogrubioną z kreskami poprzecznymi przy węzłach 11 i 12). Jeżeli w dalszym ciągu przy węźle dolnym w_d i górnym w_g fragmentu sieci liczba bocznicę wyróżnionych jest większa od 1, to ponownie przeprowadzamy analizę wszystkich pozostałych węzłów wyróżnionych. Występowanie bocznicę wyróżnionych przy wszystkich węzłach wyróżnionych (rys. 4 b) upoważnia do stwierdzenia, że analizowany wyróżniony fragment sieci jest podsiecią. Zastąpienie tej podsieci w strukturze sieci jedną bocznicą zastępczą realizowane jest tak samo jak w punkcie a.

Przypadek „c” (rys. 4 c)

Po analizie węzłów wyróżnionych nie posiadających wszystkich bocznic wyróżnionych i cofnięciu tego wyróżnienia stwierdzamy, że przy węźle dolnym w_d lub górnym w_g fragmentu sieci liczba bocznic wyróżnionych nie jest większa od 1. Upoważnia to do wyciągnięcia wniosku, że analizowany fragment nie jest podsiecią i nie można go zredukować jako podsieć tak jak w przypadkach a i b.



Rys. 5. Szerokość "s" i położenie analizowanego pasa fragmentu sieci przy wyznaczaniu podsieci

Fig. 5. Width "s" and position of the analysed belt of a network fragment while determining the sub-network

Do wyznaczenia najpierw podsieci najmniejszych analizę (rys. 4, 5) rozpoczynamy od par węzłów, dla których różnica poziomów wynikająca z podziału na warstwy wynosi 3. W pierwszym analizowanym pasie sieci węzłem dolnym jest węzeł początkowy sieci w_{ps} , a węzły górne analizowanych fragmentów położone w poziomie 4 (rys. 5 a). Po wyczerpaniu wszystkich możliwych par węzłów identyczną analizę przeprowadza się podnosząc poziom węzłów dolnych i górnych o 1 (rys. 5 b) i tak do momentu, gdy poziom węzłów górnych osiągnie poziom najwyższy w sieci (rys. 5 c). Zwiększa się wtedy szerokość "s" analizowanego pasa sieci o jedną jednostkę, a poszukiwanie podsieci rozpoczyna się przyjmując, że węzły dolne znajdują się na poziomie 1 (rys. 5 d). Operację tę powtarza się do momentu, gdy szerokość analizowanego pasa sieci uzyska wartość $K-2$, gdzie K jest numerem najwyższego poziomu sieci (rys. 5 g, h).

Opracowany algorytm oraz program komputerowy realizujący wyszukiwanie podsieci na podstawie przedstawionej metody składa się z następujących zasadniczych bloków:

1. Redukcja połączeń szeregowych i równoległych. Operację tę przeprowadza się na początku programu oraz po zakończeniu analizy każdego pasa wtedy, gdy znaleziono podsieć. W trakcie redukcji podsieci mogą się pojawiać połączenia szeregowo i równolegle niektórych bocznie zastępczych.
2. Podział zbioru węzłów na warstwy (wg algorytmu podanego w pracach [7, 17]).
3. Wyznaczanie i redukcja dróg niezależnych. W trakcie redukcji sieci zmniejsza się liczba bocznic i węzłów. Maleje wtedy liczba cyklomatyczna sieci, a tym samym liczba dróg niezależnych.
4. Wyznaczanie podsieci oraz koordynacja szerokości i położenia analizowanego pasa sieci.
5. Sporządzanie zbioru wynikowego, w którym zapisana jest struktura sieci zredukowanej oraz struktura wszystkich wydzielonych podsieci.

Przeprowadzona opracowanym programem analiza struktury sieci wentylacyjnych kilku kopalń węgla wykazała, że w każdej z tych sieci występuje co najwyżej kilka fragmentów sieci spełniających przyjętą definicję podsieci. Wyznaczone podsieci to przeważnie podsieci oddziałów wydobywczych. Czasem występują także i inne fragmenty sieci, nie będące oddziałami, a spełniające definicję podsieci. Świadczy to o słabym wyodrębnieniu strukturalnym, zwłaszcza tzw. rejonów wentylacyjnych, w

których to powstają największe zagrożenia. Słabe wyodrębnienie tych rejonów może sprzyjać przenoszeniu się powstających zagrożeń do rejonów sąsiednich.

5. Uwagi końcowe

1. Rozwój teorii kopalnianej sieci wentylacyjnej oraz metod numerycznych sprzyja rozwiązywaniu wielu zagadnień przewietrzania kopalń z wykorzystaniem komputerów. Dotyczyć to powinno także struktury sieci i wynikających stąd prawidłowości.
2. Przydatność poprawnie wykonanego schematu kanonicznego sieci wentylacyjnej w procesie kierowania przewietrzaniem kopalni głębinowej skłania do prowadzenia dalszych prac badawczych zmierzających do wypracowania komputerowych metod analizy struktury sieci i automatycznego sporządzania tego schematu.
3. Przeprowadzone badania wskazują, że wiele metod analizy struktury sieci znacznie upraszcza się, gdy przedmiotem tej analizy jest sieć zredukowana (podsieci zastąpione są odpowiednimi bocznkami).
4. Przedstawioną metodę oraz algorytm wyznaczania podsieci wykorzystać można przy sporządzaniu cyfrowego zapisu struktury sieci zredukowanej. Metoda ta może być przydatna jako etap pośredni w pakiecie metod analizy sieci i sporządzania schematu kanonicznego.

Literatura

1. Budryk W.: Wentylacja kopalń cz. I. Przewietrzanie wyrobisk. WGH, Katowice 1961.
2. Bystron H.: Sposób kreślenia kanonicznych schematów przewietrzania. Przegląd Górniczy 1956/3, s. 86-100.
3. Czczott H.: Wybór pism. PWN, Warszawa 1957.
4. Deo N.: Teoria grafów i jej zastosowania w technice i informatyce. PWN, Warszawa 1980.
5. Frycz A., Sułkowski J., Kolarczyk M.: Opriedielenije wietwiej s nieodnoznacznym naprawlenijem wozducha dla nužd analiza

- bezpieczeństwa szachtnej wentylacyjnej sieci. 24th International Conf. of Safety in Mines Research Institutes. Donieck 1991, s. 209-218
6. Kolarczyk M.: Własności i zastosowania charakterystyk podsieci i otoczenia w kopalnianej sieci wentylacyjnej. Politechnika Śląska, ITEZ, Gliwice 1980 (nie publikowane).
 7. Kolarczyk M.: Wpływ struktury kopalnianej sieci wentylacyjnej na wrażliwość prądów powietrza przy zmianach oporów bocznic. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1206, seria Górnictwo z. 214. Gliwice 1993, s. 202.
 8. Kolarczyk M.: Bocznicie normalne i przekątne w kopalnianej sieci wentylacyjnej - metoda wyznaczania. W materiałach seminarium "Problemy przewietrzania wyrobisk dołowych oraz nowoczesne metody kontroli i stabilizacji parametrów sieci wentylacyjnej kopalni". XX Dni Techniki ROW-94. Wyd. SITG. Wodzisław Śl. 1994. s. 19-29.
 9. Kolarczyk M., Sułkowski J.: Investigations on the planarity of ventilation networks (sub-networks) in mines. Archives of Mining Sciences. v. 40, 1995/1. s. 25-38.
 10. Kolarczyk M.: Przykłady charakterystyk zastępczych części kopalnianych sieci wentylacyjnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1354, s. Górnictwo, z. 232, Gliwice 1996, s. 123-140.
 11. Miękus J.: Jednoznaczny schemat kanoniczny sieci wentylacyjnej jako graf uporządkowany. Prace. Nauk. Inst. Górn. Pol. Wrocław. Nr 26 Studia i Materiały nr 13, Wrocław 1978.
 12. Müller W.: Das Aufsuchen diagonalen Wetterverbindungen in stark vermaschten Wetternetzen. Kali und Steinsalz B. 10 H 4/5 1989/8.
 13. Rosiek F. i inni: Generowanie schematów kanonicznych sieci wentylacyjnych kopalń. Prace Nauk. Inst. Górn. Pol. Wrocław. Nr 81. Studia i Mat. nr 26. Wrocław 1996. s. 17-26.
 14. Strumiński A.: Sposoby zwiększenia stabilności prądów powietrznych w sieciach wentylacyjnych. Cuprum 1977/4.
 15. Sułkowski J. Rozwiązalność podstawowych zagadnień teorii kopalnianej sieci wentylacyjnej w zależności od jej struktury. Pol. Śl. ITEZ, Gliwice 1971 (nie publikowane).
 16. Sułkowski J.: Metody odwzorowania i miary struktur kopalnianych sieci wentylacyjnych. Zeszyty Nauk. Pol. Śl. s. Górnictwo z. 115, Gliwice 1982.

17. Sułkowski J., Kolarczyk M.: Kreślenie schematu kanonicznego kopalnianej sieci wentylacyjnej z wykorzystaniem algorytmu podziału zbioru węzłów na warstwy. Sem. "Vetranie a klimatizacija v hlbinnych baniach", ZSVTS, Koszyce 1991, s. 35-45.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Strumiński

Wpłynęło do Redakcji 7.11.1997 r.

Abstract

Besides maps and spatial diagrams also a canon diagram is useful in the process of ventilating deep collieries. It is, however, rather difficult to plot such a diagram concerning the entire network. In the 70-ies of our century, due to the poor readability of badly elaborated diagrams, their elaboration had been given up. For the purpose of setting up a canon diagram adequate computer programmes analysing the structure of the network may prove to be of much use. The paper presents a method as well as an algorithm of determining those fragments of the network which meet the definition of a subnetwork. In the digital notation of the structure of the network these subnetworks are being replaced by the respective side-branch. This leads to the setting up of a digital model of the structure of the so-called reduced network. Characteristic cases of the configuration of subnetworks within the total network have been presented. Further methods of analysing the structure of networks, e.g. the diagonality of side-branches, planarity etc., are considerably simpler when a reduced network is analysed. The method presented in this paper may prove to be useful as an intermediate stage in the whole set of methods concerning the analysis of a network and elaboration of a canon diagram.