

*Jerzy Siviński*

## **Automatyzacja centralnego urządzenia wentylacyjnego kopalni**

**Streszczenie:** Artykuł obejmuje zagadnienie zautomatyzowania centralnego urządzenia wentylacyjnego kopalni oraz zagadnienie zdalnego sterowania tego urządzenia przez dyspozytora kopalni. Rozwiązanie tego zagadnienia oparto na syntezie odpowiednich schematów przekaźnikowo-stykowych, wykonanej przy zastosowaniu algebry schematów przekaźnikowo-stykowych i częściowo intuicyjnie.

### **1. Wstęp**

Centralne urządzenie wentylacyjne kopalni należy do tych podstawowych urządzeń technicznych, których działanie musi być całkowicie pewne i niezawodne. Z uwagi na konieczną pewność ruchu urządzenie wentylacyjne posiada dwa wentylatory, z których jeden jest rezerwowym. Urządzenie to zainstalowane jest przy wylocie szybu wentylacyjnego znajdującego się w pewnej odległości, na przykład 1,5 km, od terenu zabudowań kopalni.

Przewietrzanie kopalni odbywa się zwykle w ten sposób, że strumień świeżego powietrza wpływa szybem klatkowym na podszybie, skąd chodnikiem przewozowym kieruje się do przodków, po czym strumień zużytego powietrza płynie do szybu wentylacyjnego i na powierzchnię.

Moc silników napędzających wentylatory zależy od ilości potrzebnego w kopalni powietrza i jest rzędu kilkuset kilowatów. Mogą to być na przykład silniki synchroniczne na napięcie 6 kV. Zasilanie urządzenia z uwagi na pewność ruchu wykonuje się dwoma niezależnymi liniami (o napięciu np. 6 kV). Odpowiednie zabezpieczenie zapewnia automatyczne odłączenie uszkodzonego doprowadzenia bez przerwy w zasilaniu.

Zastosowane w urządzeniu wentylatory mogą być osiowe albo odśrodkowe. Wentylatory osiowe są specjalnie wygodne z uwagi na to, że przy zmieniających się w kopalni warunkach w miarę postępu robót wydobywczych umożliwiają w łatwy sposób odpowiednie nastawianie wydajności urządzeń wentylacyjnych przez prostą zmianę kąta ustawienia łopatek kół roboczych.

Obsługa urządzenia wentylacyjnego polega na wyborze wentylatora przeznaczonego do pracy, na kontroli pracy wentylatora czynnego, na zastąpieniu wentylatora uszkodzonego wentylatorem rezerwowym oraz

ewentualnie w razie awarii w kopalni na zmianie kierunku przepływu powietrza.

W artykule omówiona zostanie pełna automatyzacja pracy urządzenia wentylacyjnego bez obsługującego personelu oraz kontrola pracy tego urządzenia przez dyspozytora kopalni. Automatyzacja pracy urządzenia polegać będzie na zastosowaniu odpowiednich elektrycznych układów przekaźnikowo-stycznikowych sterujących samoczynnie pracą wentylatorów według zadanego przez dyspozytora programu. Synteza potrzebnych schematów przekaźnikowo-stykowych wykonana zostanie przy zastosowaniu algebry schematów przekaźnikowo-stykowych, a częściowo w prostszych przypadkach — intuicyjnie.

Dla wykonania syntezy schematu automatyki całość czynności urządzenia wentylacyjnego zostanie podzielona na szereg części składowych i najpierw rozwiązany zostanie sposób zautomatyzowania tych czynności składowych. Połączenie otrzymanych tym sposobem rozwiązań częściowych da w rezultacie całkowity schemat układu zapewniający automatyczne wykonanie wszystkich żądanych czynności.

## 2. Schemat rozdzielni 6 kV w pomieszczeniu wentylatorów

Dla utrzymania możliwie pełnej ciągłości zasilania energią elektryczną urządzenia doprowadza się do rozdzielni dwie linie zasilające niezależnie od siebie. Linie te nie powinny być połączone ze sobą przez szyny zbiorcze rozdzielni, aby uszkodzenie jednej linii nie przeniosło się na drugą.

Przy zasilaniu szyn zbiorczych z dwóch niezależnych linii można zastosować dwa rozwiązania:

- 1) obie linie zasilające pracują równocześnie na osobne sekcje szyn i przy uszkodzeniu jednej linii druga przejmuje na siebie całe obciążenie;
- 2) jedna linia zasilająca pracuje na całe szyny, a druga znajduje się w rezerwie i załącza się automatycznie przy wyłączeniu pierwszej.

Przy pierwszym rozwiązaniu szyny zbiorcze rozdzielni podzielone są na dwie sekcje oddzielone wyłącznikiem sekcyjnym. Każda linia zasilająca pracuje osobno na swoją sekcję. W razie uszkodzenia którejś z linii linia ta zostaje odłączona, po czym wyłącznik sekcyjny łączy obydwie sekcje szyn. Wtedy całe obciążenie przejmuje druga linia.

Przy drugim rozwiązaniu szyny zbiorcze zasilane są tylko przez jedną linię zasilającą, a druga znajduje się w rezerwie i zostaje przyłączona do szyn dopiero wtedy, kiedy pierwsza linia na skutek uszkodzenia została wyłączona.

Przyjmujemy, że zasilanie urządzenia wykonane zostało według pierwszego sposobu, to znaczy, że szyny zbiorcze podzielone zostały na dwie

sekcje, z których każda ma niezależne zasilanie osobną linią (rys. 1). Silniki napędowe wentylatorów przy tym rozwiązaniu zasilania załączone będą do osobnych sekcji szyn, to znaczy w normalnych warunkach pracy silnik wentylatora 1 będzie zasilany z linii 1, a wentylatora 2 z linii 2.

Rys. 1. Schemat rozdzielni 6 kV

Oznaczenia:

1S, 2S, — silniki napędowe wentylatorów

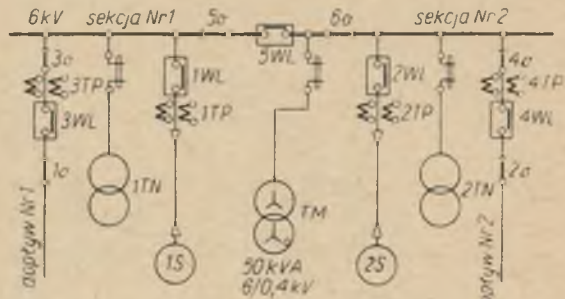
1TN, 2TN — transformatory napięciowe

1TP-4TP — transformatory prądowe

TM — transformator mocy do zasilania silników zasuw oraz obwodów sterowniczych

1WL-5WL — wyłączniki liniowe

1-6 — odłączniki



Dopiero w razie uszkodzenia jednej z linii i zamknięcia wyłącznika sekcyjnego obydwaj silniki otrzymają zasilanie wspólne z linii pozostałej w pracy.

Do zasilania silników uruchamiających zasuwę oraz prostowników stykowych dających napięcie stałe w obwodach sterowniczych, jak również do zasilania oświetlenia przewidziano transformator 50 kVA, 6/0,4 kV.

Rozwiązanie samoczynnego wyłączenia linii uszkodzonej oraz zamykania wyłącznika sekcyjnego nie jest tematem niniejszego artykułu. Zagadnienie to wiąże się z tematem artykułu tylko o tyle, że od przyjętego sposobu zasilania szyn dwoma liniami zależeć będzie sposób zabezpieczenia zanikowego silników napędzających wentylatory.

### 3. Warunki pracy zautomatyzowanego urządzenia wentylacyjnego

Zautomatyzowane urządzenie wentylacyjne ma być sterowane zdalnie przez dyspozytora. Do czynności dyspozytora należą:

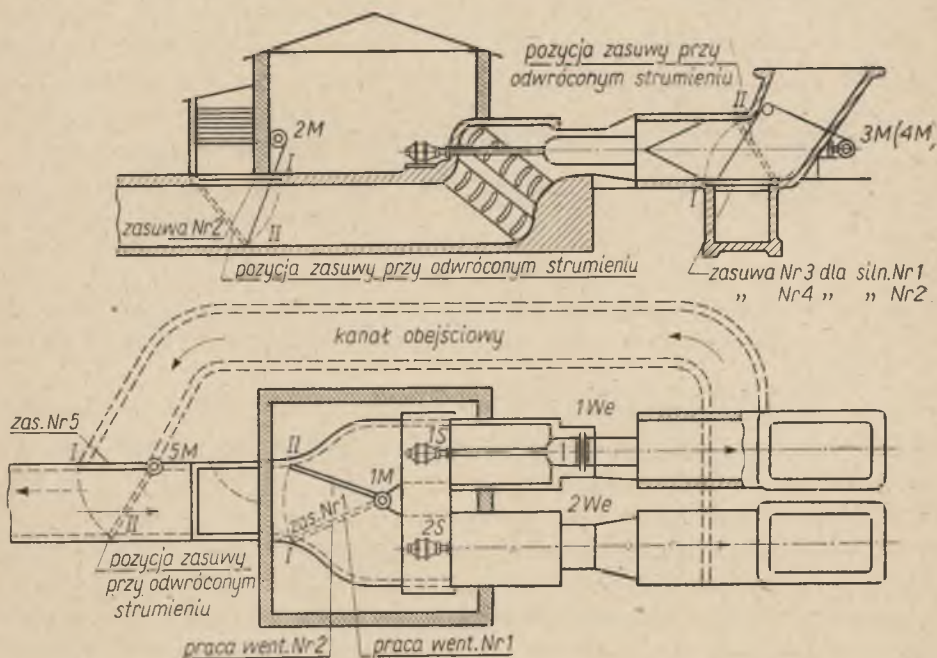
- kontrola pracy wentylatora,
- wybór wentylatora przeznaczanego do pracy,
- zmiana kierunku przepływu powietrza w razie awarii w kopalni.

Ponieważ urządzenie ma pracować automatycznie bez obsługującego personelu, to układ sterowania musi zawierać szereg aparatów ochronno-blokujących zapewniających automatyczne wyłączenie uszkodzonego agregatu i jako następstwo załączenie rezerwy.

Czynność a dyspozytor wykonuje przez obserwację sygnałów optycznych, które dla każdego wentylatora są następujące:

LZ – czerwona lampka załączeniowa,  
 LW – zielona lampka wyłączeniowa,  
 LA – żółta lampka awaryjna,  
 ISA<sub>1</sub> i ISA<sub>2</sub> – sygnalizatory przegrzania łożysk silnika,  
 ISA<sub>3</sub> – sygnalizator obniżenia depresji.

Czynności b i c dyspozytor wykonuje za pomocą nastawnika programu NP przestawiając jego korbę na odpowiednią pozycję.



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia zasuw w kanałach wentylacyjnych

Aby możliwa była praca dowolnego z dwóch wentylatorów, jak również odwrócenie strumienia powietrza, konieczne jest specjalne ukształtowanie kanałów wentylacyjnych oraz odpowiednie rozmieszczenie zasuw w tych kanałach. Każdorazowe ustawienie zasuw w potrzebnym położeniu musi odbywać się samoczynnie zależnie od ustawienia korby nastawnika przez dyspozytora.

Wymagane położenie zasuw przy różnych warunkach pracy wybieranych przez dyspozytora wynika z rysunku 2 oraz z tablicy 1.

Nastawnik powinien być tak skonstruowany, aby przez ustawienie jego korby można było wybrać następujące warunki pracy:

1) praca pierwszego wentylatora „naprzód“ bez możliwości ZSR, tj. samoczynnego załączenia rezerwy (w przypadku gdy włączenie drugiego wentylatora jest niemożliwe np. z powodu remontu),

2) praca drugiego wentylatora „naprzód“ bez możliwości ZSR (w przypadku gdy włączenie pierwszego wentylatora jest niemożliwe np. z powodu remontu),

3) praca dowolnego wentylatora „naprzód“ z możliwością ZSR w razie uszkodzenia wentylatora pracującego,

oraz analogiczne dalsze 3 możliwości dla pracy „wstecz“.

Tablica 1

## Położenie zasuw (I lub II) przy różnych warunkach pracy

Nr wentylatora	Kierunek pracy	Z a s u w y				
		1	2	3	4	5
1	naprzód	I	I	I	—	I
2	„	II	I	—	I	I
1	wstecz	I	II	II	—	II
2	„	II	II	—	II	II

Wraz z pozycją zerową dają to 7 pozycji ustawienia korby nastawnika. Ustawienie korby w którejkolwiek pozycji powinno spowodować:

a) powrót zasuw nr 1 w pozycję pracy silnika nr 1 lub nr 2,

b) powrót zasuw nr 3 względnie nr 4 w pozycję normalnej pracy lub odwróconego strumienia,

c) powrót zasuw nr 5 oraz równocześnie zasuw nr 2 w pozycję normalnej pracy lub odwróconego strumienia.

Normalnie nastawnik będzie znajdował się w 3 pozycji „naprzód“, w której mogą być włączone obydwie wentylatory. Przełączenie w pozycję 1 lub 2 wykonuje się tylko w przypadku, kiedy jeden z silników nie może być włączony z powodu uszkodzenia odnośnego zespołu, to znaczy kiedy nie może spełniać roli rezerwy.

W razie konieczności zmiany kierunku przepływającego strumienia dyspozytor przełącza korbę nastawnika w jedną z pozycji „wstecz“ w zależności od tego, który silnik należy włączyć przy odwróceniu strumienia. Przy tym żądamy, aby najpierw wentylator pracujący został wyłączony, potem zasuw kanału obejściowego nr 2, 5 oraz zasuw nr 3 lub 4 automatycznie przestawiły się w pozycję odwróconego strumienia i wreszcie aby wentylator załączył się z powrotem.

Automatyczną zmianę położenia zasuw w zależności od pozycji korby nastawnika można uzyskać w ten sposób, że zasuw wyposaży się w dwukierunkowy napęd elektryczny z silnikami, załączanymi za pomocą styczników kierunkowych ruchu „prawego“ i ruchu „lewego“. Zatrzymanie zasuw w położeniu skrajnym łatwo uzyskać się za pomocą obrotowego wyłącznika drogowego napędzanego wraz z zasuwą. Wyłącznik ten otwierając swoje n. z. (normalnie zamknięte) styki w skrajnym położeniu zasuw spowoduje przerwę obwodu stycznika kierunkowego, a przez to

wyłączenie silnika i unieruchomienie zasuw. Równocześnie inne styki wyłącznika drogowego mogą być wykorzystane do odpowiednich przełączeń w schemacie załączenia wentylatora.

Z podanego opisu czynności, jakie chcemy uzyskać za pomocą przedstawienia korby nastawnika w różne pozycje, wynika układ styków tablicy łączy tego nastawnika. W naszym przypadku układ ten przy uwzględnieniu żądanych warunków pracy będzie taki, jak pokazano w tablicy 2.

Tablica 2

Tablica łączy nastawnika programu NP

nazwa styków	wstecz (odwrócenie strumienia)			0	naprzód			przeznaczenie styków
	możliwa praca				możliwa praca			
	obydwa silniki	silnik Nr2	silnik Nr1		silnik Nr1	silnik Nr2	obydwa silniki	
	III	II	I		I	II	III	
NP-N <sub>1</sub>					x		x	załączenie silnika Nr1 „naprzód”
NP-0 <sub>1</sub>	x		x					„ „ Nr1 przy odwróc. strum.
NP-N <sub>2</sub>						x	x	„ „ Nr2 „naprzód”
NP-0 <sub>2</sub>	x	x						„ „ Nr2 przy odwróc. strum.
NP-1	x		x		x		x	powrót zasuw Nr1 w pozycję pracy siln Nr1
NP-2	x	x				x	x	„ „ Nr1 „ „ Nr2
NP-3N					x		x	„ „ Nr3 „ normalnej pracy
NP-30	x		x					„ „ Nr3 „ odwróc. strum.
NP-4N						x	x	„ „ Nr4 „ normalnej pracy
NP-40	x	x						„ „ Nr4 „ odwróc. strum.
NP-5N					x	x	x	„ „ Nr5i Nr2 „ normalnej pracy
NP-50	x	x	x					„ „ Nr5i Nr2 „ odwróc. strum.

x – oznacza styki zamknięte

Praca silnika napędzającego wentylator musi być uzależniona od położenia zasuw i może rozpocząć się dopiero wtedy, kiedy odpowiednie zasuw przestawiają się we właściwe położenie. Praca wentylatora 1 będzie kontrolowana przez skrajne położenie zasuw 1, 2, 3, a wentylatora 2 przez skrajne położenie zasuw 1, 2, 4. Położenie zasuw nr 5, zamykającej kanał obejściowy, nie będzie wprowadzone jako element kontrolujący, gdyż może się zdarzyć, że załączenie wentylatora trzeba będzie wykonać przy zamkniętej zasuwie. Wtedy prędkość przestawienia zasuw nr 5 można odregulować tak, aby ona zamykała się nieco później od chwili uruchomienia wentylatora.

Nastawnik programu steruje pracą równocześnie 7 silników, a mianowicie silników 1S i 2S napędzających wentylatory oraz 5 silników 1M, 2M, 3M, 4M, 5M, napędzających zasuw. Wzajemną współzależność pracy tych silników, wynikającą z tablic 1 i 2, zestawiono w tablicy 3.

Przy układaniu tablicy 3 założono, że obydwie wentylatory są dobre i nastawnik przestawiony jest przez dyspozytora z pozycji zerowej NP-0

Tablica 3.

Współzależność pracy silników zasuw i wentylatorów

Takty	0	1	2	3	4	...	5	6	7	8	...	9	10	11	12	...	13	14	15	16	17	18	19	20	...	21	22	23	24	...	25	26	27	28	...			
stan elementów	2W	-																+	-																			
	NP-NIII	-	+															- <sub>0</sub>																				
	NP-OIII	-																																				
	1M	-		+	-																																	
	2M	-		+	-																																	
	3M	-		+	-																																	
	4M	-		+	-																																	
	5M	-		+	-																																	
	1S	-																																				
	2S	-																																				

$\leftarrow 2S+ \rightarrow$      $\leftarrow SZR \rightarrow$      $\leftarrow SZR \rightarrow$      $\leftarrow 2S- \rightarrow$      $\leftarrow 2S+ \rightarrow$      $\leftarrow SZR \rightarrow$      $\leftarrow SZR \rightarrow$   
 $2S-, 1S+$      $1S-, 2S+$      $2S-, 1S+$      $1S-, 2S+$

praca „naprzód” normalna                      praca „wstecz” przy odwróceniu strum.

Oznaczenia:

2W—przycisk „wylącz” wentylatora Nr 2,

NP—NIII—poz. III „naprzód” nastawnika,

NP—OIII— poz. III odwróconego strumienia nastawnika,

Znak +, oznacza, że silnik zasuw został uruchomiony i pracuje aż do przestawienia tej zasuw w położenie II,

Znak +, oznacza, że silnik zasuw został uruchomiony i pracuje aż do przestawienia tej zasuw w położenie I,

Znak  $-_0$  w taktie 13 oznacza, że korba nastawnika została cofnięta z poz. NP—NIII w poz. 0.

od razu na pozycję III „naprzód” NP-N III lub III „wstecz” (odwrócenia strumienia) NP-O III.

Układ rozruchu wentylatorów musi być oczywiście tak wykonany, aby w razie przestawienia korby nastawnika w pozycję III, w której możliwa jest praca zarówno jednego wentylatora, jak i drugiego, jeden z tych wentylatorów miał pierwszeństwo włączenia, na przykład drugi. Wtedy wentylator pierwszy będzie rezerwowym.

Przy pozycjach korby nastawnika NP-N III lub NP-O III w razie uszkodzenia wentylatora pracującego nastąpi samoczynne załączenie wentylatora rezerwowego (ZSR).

W tablicy 3 zawarte są ramowe wymagania stawiane układowi automatyki zarówno przy pracy normalnej „naprzód”, to znaczy przy normalnym kierunku strumienia powietrznego, jak i przy pracy „wstecz”, to znaczy przy odwróceniu strumienia.

Cykl załączenia wentylatora 2 do pracy „naprzód”, takty 1—4

Z tablicy 3 widać, że w razie przestawienia korby nastawnika (z pozycji zero) w pozycję NP-N III (takt 1), nastąpi uruchomienie silników

1M, 2M, 3M, 5M (takt 2), które przestawiają zasuwę w odpowiednie położenia; następnie silniki zasuw zostają wyłączone (takt 3), po czym następuje uruchomienie silnika 2S drugiego wentylatora (takt 4). Na tym kończy się cykl uruchomienia drugiego wentylatora.

**Cykl SZR przy wyłączaniu z pracy „naprzód” wentylatora 2, takty 5—8**

W razie awaryjnego wypadnięcia z ruchu silnika 2S wentylatora drugiego (takt 5) następuje samoczynne uruchomienie silnika 1M (takt 6), który przestawia zasuwę nr 1 z położenia II w położenie I i po przestawieniu zasuwę zatrzymuje się (takt 7), po czym uruchamia się silnik 1S wentylatora 1 (takt 8).

**Cykl SZR przy wyłączeniu z pracy „naprzód” wentylatora 1, takty 9—12**

W razie awaryjnego wypadnięcia z ruchu silnika 1S wentylatora 1 (takt 9) następuje samoczynne uruchomienie silnika 1M (takt 10), który przestawia zasuwę nr 1 z położenia I w położenie II i po przestawieniu zasuwę zatrzymuje się (takt 11), po czym uruchamia się silnik 2S wentylatora 2 (takt 12).

**Cykl wyłączenia wentylatora 2 w celu odwrócenia strumienia, takty 13—16**

W razie konieczności odwrócenia strumienia powietrza dyspozytor przestawia korbę nastawnika z pozycji NP-N III w pozycję 0 (takt 13), po czym przez naciśnięcie ręcznego przycisku wyłączającego 2W (takt 14) wyłącza pracujący silnik 2S wentylatora 2 (takt 15). W taktach 16 następuje zwolnienie ręcznego przycisku 2W.

**Cykl załączenia wentylatora 2 do pracy „wstecz” (przy odwróconym strumieniu), takty 17—20**

Po przestawieniu korby nastawnika w pozycję zero oraz wyłączeniu za pomocą przycisku ręcznego 2W czynnego dotąd wentylatora 2 dyspozytor przestawia korbę nastawnika w pozycję odwróconego strumienia NP-O III (takt 17). Wskutek tego następuje uruchomienie silników 1M, 2M, 3M, 4M, 5M, (takt 18), które przestawiają zasuwę w położenia odpowiadające odwróconemu strumieniowi; następnie silniki zasuw zostają wyłączone (takt 19), po czym następuje ponowne uruchomienie silnika 2S drugiego wentylatora (takt 20).

**Cykl SZR przy wyłączaniu z pracy „wstecz” wentylatora 2, takty 21—24**

Cykl SZR przy wyłączeniu z pracy „wstecz” wentylatora 2 takty 21-24 jak również cykl SZR przy wyłączeniu z pracy „wstecz” wentylatora 1, takty 25-28, odbywają się podobnie jak opisane wyżej cykle SZR dla pracy tych wentylatorów „naprzód”.



Na podstawie ramowych warunków pracy zautomatyzowanego urządzenia wentylacyjnego, zestawionych w tablicy 3, należy wykonać syntezę schematów sterowania silników zasuw 1M-5M oraz silników wentylatorów 1S i 2S.

#### 4. Synteza schematu nawrotnego sterowania silnika 1M (zasuwy nr 1)

Załączenie silnika 1M następuje na skutek przestawienia korby nastawnika i zamknięcia odpowiednich styków tego nastawnika NP-1 lub NP-2, a wyłączenie na skutek otwarcia n. z. styków wyłącznika drogowego po osiągnięciu przez zasuwę skrajnego położenia I lub II.

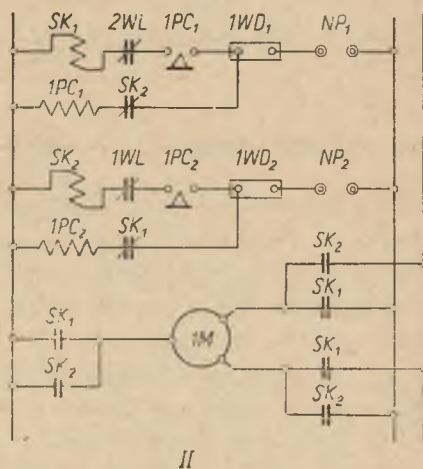
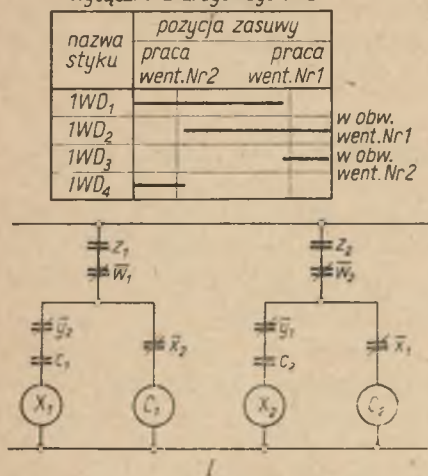
Ze względu na możliwość SZR muszą wchodzić do elementów odbiorczych, powodujących załączenie silnika 1M, jeszcze n. z. styki pomocnicze wyłączników liniowych silników 1S i 2S, napędzających wentylatory, to znaczy n. z. styki 1WL i 2WL.

W razie awaryjnego wyłączenia na przykład silnika 2S n. z. styki pomocnicze jego wyłącznika 2WL powinny zamknąć obwód cewki stycznika kierunkowego SK1 załączającego silnik 1M w kierunku przestawienia zasuwy pierwszej do położenia I odpowiadającego pracy wentylatora 1. Zatem elementami odbiorczymi schematu będą n. o. styki nastawnika NP-1 i NP-2, n. z. styki pomocnicze 1WL i 2WL oraz n. z. styki wyłącznika drogowego 1WD<sub>1</sub> i 1WD<sub>2</sub>. Elementami wykonawczymi będą styczniki kierunkowe SK1 i SK2.

Układ styków obrotowego wyłącznika drogowego 1WD, napędzanego wraz z zasuwą nr 1, wynika z opisanych wyżej funkcji, jakie wyłącznik ten ma spełniać. A więc w skrajnym położeniu I ma otworzyć swoje n. z. styki, aby wyłączyć silnik 1M obracający dotąd zasuwę w kierunku położenia I oraz zamknąć swoje n. o. (normalnie otwarte) styki, aby załączyć wentylator 1; w skrajnym położeniu II ma otworzyć swoje n. z. styki, aby wyłączyć silnik 1M obracający dotąd zasuwę w kierunku położenia II oraz zamknąć swoje n. o. styki, aby załączyć wentylator 2.

Stąd wynika wykres przełączenia styków wyłącznika drogowego 1WD, (rys. 3).

Przy układaniu równania schematowego należy uwzględnić najogólniejszy przypadek, w którym zasuwa nr 1 znajduje się w jakimś pośrednim położeniu, to znaczy kiedy obydwie styki 1WD<sub>1</sub> i 1WD<sub>2</sub> wyłącznika drogowego są zamknięte. Przestawienie korby nastawnika w pozycję NP-III powoduje równoczesne zamknięcie obydwu styków NP-1 i NP-2, jednakże przy tym może zadziałać tylko jeden stycznik kierunkowy. Przypuśćmy, że żądamy, aby w takim przypadku zadziałał stycznik SK2. Aby to osiągnąć, uzależnimy działanie styczników kierunkowych SK1 i SK2 od pośredniczących przekaźników czasowych 1PC<sub>1</sub> i 1PC<sub>2</sub> nastą-

wykres tąceń styków  
wyłącznika drogowego 1WD

Rys. 3. Schemat nawrotnego sterowania silnika 1M zasowy nr 1. I—uproszczony, II—techniczny

wionych na różne czasy przyciągania  $t_p$ , przy tym będzie  $t_{p2} < t_{p1}$ . W takiej sytuacji najpierw zadziała przekaźnik czasowy 1PC<sub>2</sub> i załączy stycznik kierunkowy SK2. Po zadziałaniu stycznika SK2 będzie już niemożliwe zadziałanie stycznika SK1 z powodu zastosowania między nimi wzajemnej blokady. Blokada może tu być wykonana w ten sposób, że n. z. styki pomocnicze jednego stycznika zostaną włączone do obwodu przekaźnika czasowego załączającego drugi stycznik i odwrotnie.

Syntezę schematu wykonamy w ten sposób, że najpierw dla każdego elementu odbiorczego (SK1, SK2) i pośredniczącego (1PC<sub>1</sub>, 1PC<sub>2</sub>) zapiszemy żądane warunki działania, a stąd od razu ułożymy równanie schematowe tego elementu. Dla uproszczenia zapisu równań oznaczenia techniczne elementów schematu zastąpimy oznaczeniami jednoliterowymi. Mając równania schematowe poszczególnych elementów ułożymy równanie całego schematu, wprowadzając w nim ewentualne uproszczenia, wreszcie wykreślimy odpowiadający znalezionemu równaniu schemat.

Żądane warunki działania dla stycznika SK1:

$$SK1+, \text{ jeżeli } (NP-1)+, 1WD_1-, 2WL-, 1PC_1+,$$

albo przy oznaczeniach jednoliterowych:

$$X_1+, \text{ jeżeli } Z_1+, W_1-, Y_2-, C_1+.$$

Stąd od razu równanie schematowe elementu  $X_1$

$$F(X_1) = z_1 \cdot \bar{w}_1 \cdot y_2 \cdot c_1.$$

Analogicznie

$$F(X_2) = z_2 \cdot \bar{w}_2 \cdot \bar{y}_1 \cdot c_2.$$

Żądane warunki działania dla przekaźnika czasowego  $1PC_1$ :

$$1PC_1+, \text{ jeżeli } (NP-1)+, 1WD_1-, SK2-,$$

albo przy oznaczeniach jednoliterowych:

$$C_1+, \text{ jeżeli } Z_1+, W_1-, X_2-.$$

Stąd od razu równanie schematowe elementu  $C_1$ :

$$F(C_1) = z_1 \cdot \bar{w}_1 \cdot \bar{x}_2.$$

Analogicznie

$$F(C_2) = z_2 \cdot \bar{w}_2 \cdot \bar{x}_1.$$

Ogólne równanie całego schematu:

$$\begin{aligned} F &= z_1 \bar{w}_1 \bar{y}_2 c_1 \cdot X_1 + z_2 \bar{w}_2 \cdot \bar{y}_1 c_2 \cdot X_2 + z_1 \bar{w}_1 \bar{x}_2 \cdot C_1 + z_2 \bar{w}_2 \bar{x}_1 \cdot C_2 = \\ &= z_1 \bar{w}_1 (\bar{y}_2 c_1 \cdot X_1 + \bar{x}_2 \cdot C_1) + z_2 \bar{w}_2 (\bar{y}_1 c_2 \cdot X_2 + \bar{x}_1 \cdot C_2). \end{aligned}$$

Równaniu temu odpowiada schemat na rysunku 3.

Jeżeli chcemy, aby przy równoczesnym zamknięciu styków  $z_1$  i  $z_2$  (przesłanie korby nastawnika w pozycję NP-3) zaczął pracować na przykład tylko element  $X_2$  (co odpowiada zadziałaniu stycznika kierunkowego SK2 i przesłaniu zasowy nr 1 do położenia II, w którym następuje uruchomienie wentylatora 2; wentylator 1 pozostaje wtedy w rezerwie), to wystarczy nastawić przekaźnik  $C_2$  na krótszy czas przyciągania aniżeli przekaźnik  $C_1$ .

#### Sprawdzenie

Przesłanie zasowy nr I z pozycji pośredniej w II

Zasowa nr I stoi w pozycji pośredniej, to jest  $1WD_1+$  i  $1WD_2+$ .  
(NP-1)+, (NP-2)+, przekaźnik czasowy  $1PC_2+$ , SK2+, obwód  $PC_1$  przerywa się,  $1M+$ ,  $1WD_1-$ ,  $1WD_2-$ , SK2-,  $1M-$ :

$1WD_4+$ ,  $2WL+$ , wentylator 2+.

Jak SK2-, to po nastawionym czasie przyciągania  $1PC_1+$ .

Dzięki różnicy czasów przyciągania przekaźników  $1PC_1$  i  $1PC_2$  po przesłaniu korby nastawnika w pozycję NP-III i równoczesnym zamknięciu styków NP1 i NP2 zasowa nr 1 zawsze samoczynnie ustawi się w położeniu pracy wentylatora 2.

SZR: wentylator 2-,  $2WL-$ , SK1+, obwód  $PC_2$  przerywa się,  $1M+$ ,  $1WD_1-$ ,  $1WD_2-$ , SK1-,  $1M-$ ;

$1WD_4-$ ,  $1WD_3+$ ,  $1WL+$ , wentylator 1+.

Zgadza się z założeniami.

### 5. Synteza schematu nawrotnego sterowania silników 2M i 5M (zasuw nr 2 i nr 5)

Położenie zasuw nr 2 i nr 5 zmienia się tylko wtedy, kiedy normalna praca wentylatorów zostaje zamieniona na pracę przy odwróconym strumieniu. Zasuwę te winny przestawiać się równocześnie i dlatego styczniki kierunkowe silników 2M i 5M są załączane wspólnym n. o. stykiem NP-5N lub NP-50 nastawnika. W końcowych położeniach zasuw silniki winny być wyłączone, zatem do obwodu styczników kierunkowych 2SKN i 2SKO muszą być włączone n. z. styki 2WD<sub>1</sub> i 2WD<sub>2</sub> wyłącznika drogowego 2WD napędzanego razem z zasuwą nr 2, a do obwodu styczników kierunkowych 5SKN i 5SKO n. z. styki 5WD<sub>1</sub> i 5WD<sub>2</sub> wyłącznika drogowego 5WD napędzanego razem z zasuwą nr 5. Styczniki kierunkowe jak zwykle muszą być wzajemnie zablokowane. Przed uruchomieniem wentylatora zasuwę nr 2 winna zająć dokładnie krańcowe położenie, zatem wyłącznik drogowy 2WD musi być wyposażony jeszcze w dodatkowy styk 2WD<sub>3</sub> kontrolujący obwód załączenia wentylatora 1 oraz w dodatkowy styk 2WD<sub>4</sub> kontrolujący obwód załączenia wentylatora 2. Położenie zasuwę nr 5, jak to już wyżej zaznaczono, nie będzie wprowadzone jako element kontrolujący.

Z powyższego wynikają wykresy przelączania styków wyłączników drogowych 2WD i 5WD (rys. 4).

Przy zapisie równań oznaczenia techniczne elementów schematu zastąpimy oznaczeniami jednoliterowymi:

$$\begin{array}{cccccccccc} \text{NP-5N} & \text{NP-50} & \text{2SKN} & \text{2SKO} & \text{2WD}_1 & \text{2WD}_2 & \text{5SKN} & \text{5SKO} & \text{5WD}_1 & \text{5WD}_2 \\ Z_1 & Z_2 & X_1 & X_2 & W_1 & W_2 & Y_1 & Y_2 & U_1 & U_2. \end{array}$$

Żądane warunki działania dla stycznika 2SKN:

$$2SKN+, \text{ jeżeli } (NP-5N)+, 2WD_1-, 2SKO-,$$

albo przy oznaczeniach jednoliterowych:

$$X_1+, \text{ jeżeli } Z_1+, W_1-, X_2-.$$

Stąd od razu równanie elementu  $X_1$ :

$$F(X_1) = z_1 \cdot \bar{w}_1 \cdot \bar{x}_2.$$

Analogicznie

$$F(X_2) = z_2 \cdot \bar{w}_2 \cdot \bar{x}_1.$$

Żądane warunki działania dla stycznika 5SKN:

$$5SKN+, \text{ jeżeli } (NP-5N)+, 5WD_1-, 5SKO-,$$

albo przy oznaczeniach jednoliterowych:

$$Y_1+, \text{ je\u017celi } Z_1+, U_1-, Y_2-.$$

Stãd od razu r\u00f3wnanie schematowe  $Y_1$ :

$$F(Y_1) = z_1 \cdot \bar{u}_1 \cdot \bar{y}_2.$$

Analogicznie

$$F(Y_2) = z_2 \cdot \bar{u}_2 \cdot \bar{y}_1.$$

Og\u00f3lne r\u00f3wnanie calego schematu:

$$F = z_1 \bar{w}_1 \bar{x}_2 \cdot X_1 + z_2 \bar{w}_2 \bar{x}_1 \cdot X_2 + z_1 \bar{u}_1 \bar{y}_2 \cdot Y_1 + z_2 \bar{u}_2 \bar{y}_1 \cdot Y_2 = \\ = z_1 (\bar{w}_1 \bar{x}_2 \cdot X_1 + \bar{u}_1 \bar{y}_2 \cdot Y_1) + z_2 (\bar{w}_2 \bar{x}_1 \cdot X_2 + \bar{u}_2 \bar{y}_1 \cdot Y_2).$$

R\u00f3wnaniu temu odpowiada schemat z rys. 4.

Sprawdzenie

(NP-5N)+, 2SKN+, 2N+, 2WD<sub>1</sub>-, 2SKN-, 2M-.

5SKN+, 5M+, 5WD<sub>1</sub>-, 5SKN-, 5M-.

(NP-5N)-,

(NP5O)+, 2SKO+, 2M+, 2WD<sub>1</sub>+, 2WD<sub>2</sub>-, 2SKO-, 2M-

5SKO+, 5M+, 5WD<sub>1</sub>+, 5WD<sub>2</sub>-, 5SKO-, 5M-.

Zgadza si\u0119 z za\u0142o\u017ceniami.

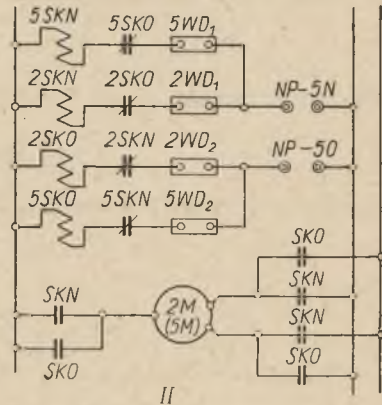
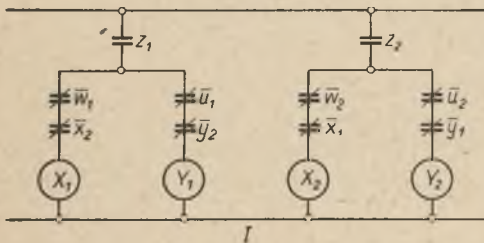
wykres tãce\u0144 styk\u00f3w  
wytãcznika drogowego 2WD

nazwa styku	pozycja zasuw	
	normalna	odwr\u00f3c. strum.
2WD <sub>1</sub>	—	—
2WD <sub>2</sub>	—	—
2WD <sub>3</sub>	—	—

w obw. went. 1i2

wykres tãce\u0144 styk\u00f3w  
wytãcznika drogowego 5WD

nazwa styku	pozycja zasuw	
	normalna	odwr\u00f3c. strum.
5WD <sub>1</sub>	—	—
5WD <sub>2</sub>	—	—



Rys. 4. Schemat nawrotnego sterowania silnik\u00f3w 2M i 5M zasuw nr 2 i nr 5 odwracajãcych kierunek strumienia powietrza, I — uproszczony. II — techniczny

### 6. Synteza schematu nawrotnego sterowania silnika 3 M (zasuwy nr 3)

Zasuwa nr 3 jest związana z pracą wentylatora 1. Praca wentylatora winna być możliwa dopiero po zajęciu przez zasuwę nr 3 skrajnego położenia. Styczniki kierunkowe 3SKN i 3SKO silnika 3M są załączane stykiem NP-3N lub NP-3O nastawnika. Między stycznikami kierunkowymi musi być zastosowana jak zwykle wzajemna blokada. W krańcowym położeniu zasuwy silnik winien być wyłączany, zatem do obwodów styczników kierunkowych 3SKN i 3SKO muszą być włączone n. z. styki 3WD<sub>1</sub> i 3WD<sub>2</sub> wyłącznika drogowego 3WD, napędzanego razem z zasuwą 3. Wyłącznik drogowy 3WD musi jeszcze posiadać n. o. styk 3WD<sub>3</sub> zamykający się w obydwu krańcowych położeniach zasuwy i kontrolujący obwód załączenia wentylatora oraz n. o. styk 3WD<sub>4</sub> zamykający się w skrajnym położeniu II zasuwy (odwrócenie strumienia).

Styk 3WD<sub>4</sub> zamykający się przy odwróceniu strumienia zostanie umieszczony w obwodzie wyłączenia wentylatora. Przeznaczeniem tego styku będzie zapobiec awaryjnemu wyłączeniu wentylatora przez styk przekaźnika depresji PD. Przekaźnik ten kontroluje prawidłowość ciągu powietrza przy pracy normalnej, a przy odwróceniu strumienia daje impuls wyłączający.

Z powyższego wynika wykres przełączania styków wyłącznika drogowego 3WD (rys. 5).

Przy zapisie równań oznaczenia techniczne elementów schematu zastąpimy oznaczeniami jednoliterowymi:

$$\begin{array}{cccccc} \text{NP-3N} & \text{NP-3O} & \text{3SKN} & \text{3SKO} & \text{3WD}_1 & \text{3WD}_2 \\ Z_1 & Z_2 & X_1 & X_2 & W_1 & W_2. \end{array}$$

Żądane warunki działania dla stycznika 3SKN:

$$3SKN +, \text{ jeżeli } (NP-3N) +, 3WD_1 -, 3SKO -,$$

albo przy oznaczeniach jednoliterowych

$$X_1 +, \text{ jeżeli } Z_1 +, W_1 -, X_2 -.$$

Stąd od razu równanie schematowe elementu  $X_1$ :

$$F(X_1) = z_1 \cdot \bar{w}_1 \cdot \bar{x}_2.$$

Analogicznie

$$F(X_2) = z_2 \cdot \bar{w}_2 \cdot \bar{x}_1.$$

Ogólne równanie całego schematu:

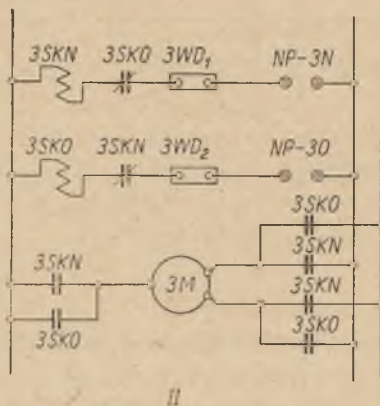
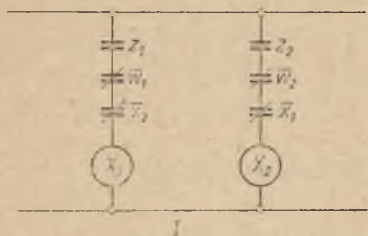
$$F = z_1 \bar{w}_1 \bar{x}_2 \cdot X_1 + z_2 \bar{w}_2 \bar{x}_1 \cdot X_2.$$

Równaniu temu odpowiada schemat z rysunku 5.

wykres tąceń styków  
wyłącznika drogowego 3WD

nazwa styku	pozycja zasuw	
	normalna	odwróc. strum.
3WD <sub>1</sub>		
3WD <sub>2</sub>	—	
3WD <sub>3</sub>	—	
3WD <sub>4</sub>		—

w obw. zát.  
went. I  
w obw. wyt.  
went. I



Rys. 5. Schemat nawrotnego sterowania silnika 3M zasuw nr 3. I — uproszczony II — techniczny (dla silnika 4M schemat jest identyczny)

### Sprawdzenie

(NP-3N)+, 3SKN+, 3M+, 3WD<sub>1</sub>-, 3SKN-, 3M-.

(NP-3O)+, 3SKO+, 3M+, 3WD<sub>2</sub>-, 3SKO-, 3M-.

Zgadza się z założeniami.

## 7. Synteza schematu załączenia i wyłączenia silników napędzających wentylatory

### 7.1. Synteza schematu wyłącznika samoczynnego ze stycznikiem pośredniczącym

Do napędu wentylatorów przyjmujemy silniki synchroniczne na napięcie 6 kV sterowane za pomocą wyłączników samoczynnych wysokiego napięcia.

Wyłączniki samoczynne mogą być zwykle lub ze stycznikiem pośredniczącym. Ponieważ chodzi tu o sterowanie silników wysokiego napięcia i dużych mocy, zastosujemy wyłączniki samoczynne ze stycznikiem pośredniczącym.

Dla wykonania syntezy schematu załączenia i wyłączenia silnika przy zastosowaniu wyłącznika samoczynnego ze stycznikiem pośredniczącym układamy tablicę łączeń (tablica 4).

Oznaczenia w tablicy łączeń:

Z — przycisk „załęcz“, W — przycisk „wyłącz“, S — cewka stycznika pośredniczącego, Xz — cewka załączająca wyłącznika, Xw — cewka wyłą-

Tablica łążeń wyłącznika samoczynnego ze stycznikiem pośredniczącym

Takty		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stan elementów	Z	-	+		-							
	W	-							+			
	S	-		+			-					
	X <sub>z</sub>	-			+			-				
	X <sub>w</sub>	-								+		-
	X	-					+					-

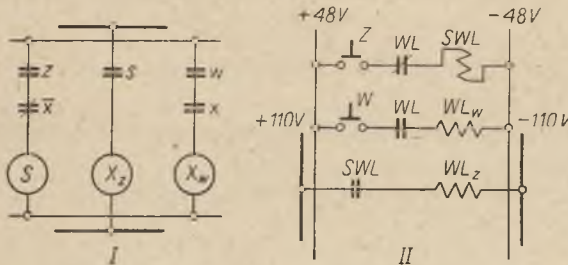
czająca wyłącznika,  $X$  — mechanizm wyłącznika ze stykami  $x$  i zapadką, sterowany cewkami  $Xz$  i  $Xw$ .

Z tablicy łążeń układamy równania dla elementów  $Xz$  i  $Xw$ . Równania dla  $X$  jako mechanizmu nie wypisujemy; działanie jego charakteryzują równania cewek sterujących  $Xz$  i  $Xw$ .

Z tablicy łążeń mamy:

$$F(S) = z \cdot \bar{x}; \quad F(Xz) = s \cdot \bar{s} = s; \quad F(Xw) = w \cdot \bar{\bar{x}} = w \cdot x;$$

$$F = z \cdot \bar{x} \cdot S + s \cdot Xz + w \cdot x \cdot Xw.$$



Rys. 6. Schemat wyłącznika samoczynnego ze stycznikiem pośredniczącym. I — uproszczony, II — techniczny

Równaniu temu odpowiada schemat z rysunku 6.

Sprawdzenie

$$Z+, S+, Xz+, X++ \quad \text{przez zapadkę, } S-, Xz-;$$

$$W+, Xw+, X-, Xw-.$$

Zgadza się z tablicą łążeń.

Otrzymany wynik uzupełniamy dalszymi warunkami.

Warunkiem uruchomienia wentylatora jest wysłanie impulsu załączającego do stycznika pośredniczącego wyłącznika liniowego. Zatem dla sformułowania warunków uruchomienia wentylatora wystarczy sformułować warunki zamknięcia obwodu cewki stycznika pośredniczącego SWL.



## 7.2. Synteza schematu załączenia silników napędzających wentylatory

Załączenie silnika wentylatora przy próbach i remontach wykonuje się za pomocą przycisku ręcznego Z. Przycisk Z umieszcza się zarówno u dyspozytora, jak i w pomieszczeniu wentylatora.

Wyłączanie silnika wentylatora zarówno przy normalnej eksploatacji, jak przy próbach i remoncie przyjmujemy za pomocą przycisku ręcznego W.

Załączanie silnika wentylatora przy normalnej eksploatacji odbywa się za pomocą korby nastawnika programu. Jak wynika z tablicy łącheń tego nastawnika (tablica 3), impuls załączeniowy nadaje styk NP-N1 nastawnika przy pracy „naprzód” albo styk NP-O1 nastawnika przy pracy „wstecz” (odwrócenie strumienia).

Uruchamianie wentylatora może nastąpić dopiero po odpowiednim ustawieniu zasuw, zatem do obwodu załączającego poza stykami nastawnika muszą być wprowadzone styki kontrolne odpowiednich wyłączników drogowych związanych z napędami zasuw. Jak wynika z rysunku 3 oraz z tablicy 1, załączenie wentylatora 1 musi być kontrolowane położeniem zasuw 1, 2, 3, a wentylatora 2 — położeniem zasuw 1, 2, 4. Położenia zasuw 5, jak już zaznaczono, nie wprowadza się do warunków załączenia. Poza tym wentylator 1 może być załączony tylko przy nieczynnym wentylatorze 2, i na odwrót, czyli do obwodów załączenia wentylatorów musi być wprowadzona wzajemna blokada.

O tym, który z dwóch wentylatorów ma pracować, decyduje położenie zasuw 1. Jeżeli zamknie się styk  $1WD_3$ , to uruchomiony zostanie wentylator 1, a jeżeli zamknie się styk  $1WD_4$  — to wentylator 2. Zatem wentylator 1 zostaje uruchomiony albo przy naciśnięciu przycisku 1Z, albo przy zamknięciu styku  $1WD_3$ , a wentylator 2 albo przy naciśnięciu przycisku 2Z, albo przy zamknięciu styku  $1WD_4$ .

Biorąc pod uwagę wykresy przełączania wyłączników drogowych 1WD, 2WD, 3WD, 4WD, związanych z napędami zasuw, oraz umieszczone na tych wykresach oznaczenia styków, zapiszemy warunki zamknięcia obwodów cewek styczników pośredniczących 1SWL i 2SWL w następujący sposób:

$1SWL+$ , jeżeli  $(NP-N1)+$  albo  $(NP-O1)+$ ,  $2WL-$ ,  $1WD_3+$  albo  $1Z+$ ,  $2WD_3+$ ,  $3WD_3+$ ,  $1WL-$ ;

$2SWL+$ , jeżeli  $(NP-N1)+$  albo  $(NP-O1)+$ ,  $1WL-$ ,  $1WD_4+$  albo  $2Z+$ ,  $2WD_3+$ ,  $4WD_3+$ ,  $2WL-$ .

Albo przy zastąpieniu oznaczeń technicznych oznaczeniami jednoliterowymi:

$X_1 +$ , jeżeli  $Z_1 +$  albo  $Z_2 +$ ,  $A_2 -$ ,  $B_1 +$  albo  $Z_3 +$ ,  $B_2 +$ ,  $B_3 +$ ,  $A_1 -$ .  
 $X_2 +$ , jeżeli  $Z_1 +$  albo  $Z_2 +$ ,  $A_1 -$ ,  $D_1 +$  albo  $Z_4 +$ ,  $B_2 +$ ,  $D_2 +$ ,  $A_2 -$ .

Stąd od razu równania schematowe elementów  $X_1$  i  $X_2$ :

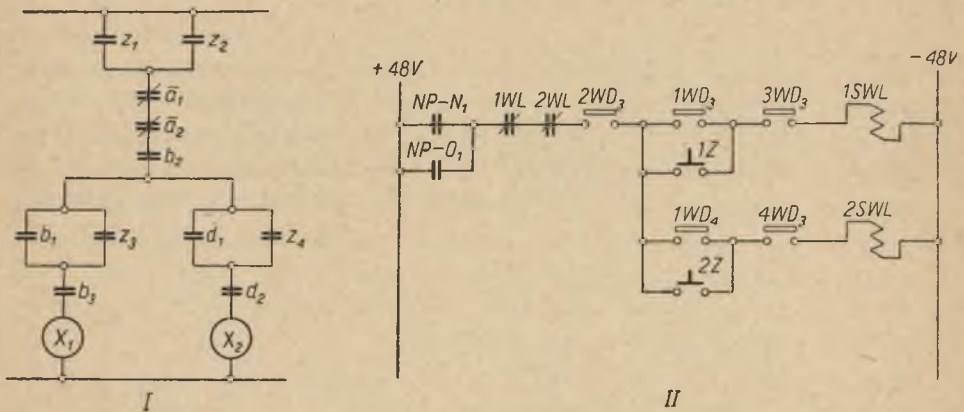
$$F(X_1) = (z_1 + z_2) \cdot \bar{a}_2 \cdot (b_1 + z_3) \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot \bar{a}_1,$$

$$F(X_2) = (z_1 + z_2) \cdot \bar{a}_1 \cdot (d_1 + z_4) \cdot b_2 \cdot d_2 \cdot \bar{a}_2,$$

$$F = F(X_1) \cdot X_1 + F(X_2) \cdot X_2,$$

$$F = (z_1 + z_2) \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2 \cdot b_2 [(b_1 + z_3) \cdot b_3 \cdot X_1 + (d_1 + z_4) \cdot d_2 \cdot X_2].$$

Równaniu temu odpowiada schemat z rysunku 7.



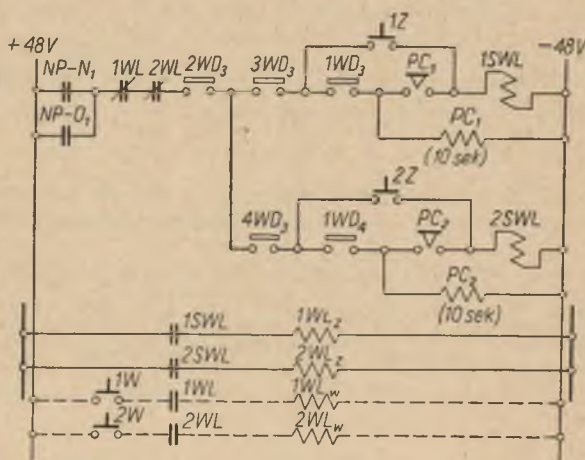
Rys. 7. Schemat pierwszy załączenia silników napędzających wentylatory, *I* — uproszczony, *II* — techniczny

Jeżeli działanie układu przedstawionego otrzymanym schematem przeanalizujemy dla przypadku wyłączenia, to okaże się, że schemat trzeba uzupełnić dodatkowymi elementami, które do niego nie weszły wskutek nieuwzględnienia w założeniu wszystkich warunków pracy. Mianowicie założymy, że pracuje wentylator 1, czyli zamknięty jest wyłącznik liniowy 1WL, i że z jakiegokolwiek powodu, na przykład przez naciśnięcie przycisku 1W, wyłącznik ten zostaje otwarty. W takim przypadku następuje równoczesne uruchomienie zasuwy nr 1 i przestawienie jej w położenie odpowiadające pracy wentylatora 2. Przystawienie to musi jednak jakiś czas trwać, czyli styk 1WD<sub>3</sub> otworzy się dopiero z pewnym opóźnieniem, a tymczasem nastąpi ponowne załączenie stycznika 1SWL, a więc ponowne załączenie wentylatora 1. W razie dłuższego zamknięcia przycisku 1W nastąpi wielokrotne załączanie i wyłączanie wyłącznika 1WL. Aby temu zapobiec, należy równolegle do cewki 1SWL włączyć jeszcze

przełącznik pośredniczący czasowy  $PC_1$ , pracujący z opóźnieniem na przyciąganie, przy tym opóźnienie to powinno być tak długie, aby zasuwa  $I$  zdążyła przejść w drugie położenie; czas ten wynosi zwykle około 10 sekund. N. o. styk przełącznika  $PC_1$  należy włączyć w szereg z cewką  $1SWL$ .

Jeżeli uzupełniony w ten sposób schemat połączymy ze schematem poprzednim (rys. 7), to otrzymamy schemat jak na rysunku 8.

Rys. 8. Schemat drugi załączenia silników napędzających wentylatory (obwody cewek wyłączających, jako należące do schematu wyłączenia, oznaczono linią przerywaną).



Normalne załączenie odbywa się stykami nastawnika  $NP-N1$  lub  $NP-O1$  i kontrolowane jest położeniem zasuwy. Normalne wyłączenie odbywa się przyciskami  $1W$  lub  $2W$ .

### 7.3. Synteza schematu załączenia silników napędzających wentylatory

Wyłączenie silnika wentylatora odbywa się w następujących przypadkach:

- przy naciśnięciu przycisku „wyłącz“ u dyspozytora albo w pomieszczeniu wentylatora,
- przy zaniku lub nadmiernym obniżeniu się napięcia 6 kV — od działania zabezpieczenia zanikowego,
- przy zwarcjach lub nadmiernym przeciążeniu silnika — od działania zabezpieczenia nadmiarowego,
- przy przegrzaniu łożysk — na skutek działania termosygnalizatorów (czujników ciepłych)  $TSS_1$ ,  $TSS_2$ ,
- przy zaburzeniach w pracy wentylatora obniżających jego wydajność — od działania przełącznika depresji  $PD$ ; przełącznik depresji zaczyna działać dopiero po uzyskaniu pełnych obrotów wentylatora, co powinno nastąpić przed upływem 5 sekund.

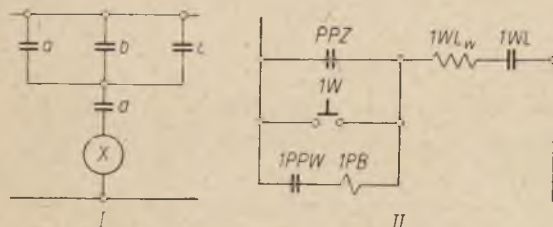
Wyłączenie w przypadkach a) i b) może być wykonane przez proste zamknięcie obwodu cewki wyłączającej WLw.

Wyłączenie awaryjne w przypadkach c), d), e) powinno spowodować zablokowanie możliwości ponownego załączenia agregatu uszkodzonego aż do usunięcia uszkodzenia i odblokowania ręcznego. Dla zarejestrowania któregośkolwiek z tych przypadków przeznaczymy przekaźnik pośredniczący wyłączenia PPW.

Uruchomienie przekaźnika PPW w przypadkach e), d) jest proste i zostanie wykonane przez zwykłe zamykanie styków n. o. Uruchomienie przekaźnika PPW w przypadku c) jest trochę bardziej skomplikowane i wymaga osobnego rozpatrzenia.

### 7.3.1. Synteza obwodu cewki wyłączającej 1 WLw dla przypadku wyłączenia a) albo b) względnie przy zadziałaniu przekaźnika 1 PPW

Chcemy, aby obwód cewki 1WLw zamknął się, jeżeli zostanie naciśnięty przycisk wyłączający 1W albo zadziała przekaźnik pośredniczący zanikowy PPZ, albo zadziała przekaźnik pośredniczący awaryjnego wy-



Rys. 9. Schemat obwodu cewki 1 WLw dla przypadku wyłączenia a) albo b), względnie przy zadziałaniu przekaźnika 1PPW. I—uproszczony, II—techniczny

łączenia PPW oraz jeżeli wyłącznik 1WL jest zamknięty. Stąd warunki zadziałania cewki 1WLw:

$1WLw +$ , jeżeli  $1W +$ , albo  $PPZ +$ , albo  $PPW +$  oraz jeżeli  $WL +$ .

Względnie przy zmianie oznaczeń elementów na jednoliterowe:

$X +$ , jeżeli  $A +$ , albo  $B +$ , albo  $C +$ , oraz jeżeli  $D +$ , a stąd od razu równanie obwodu elementu  $X$ :

$$F(X) = (a + b + c) \cdot d; \quad F = (a + b + c) \cdot d \cdot X.$$

Odpowiadający temu równaniu schemat przedstawiono na rysunku 9.

Schemat techniczny w stosunku do uproszczonego został uzupełniony przekaźnikiem blokującym 1PB.

### 7.3.2. Synteza obwodu przekaźnika pośredniczącego zanikowego PPZ

Jeżeli przyjrzymy się, że w normalnych warunkach szyny podzielone są na dwie osobne sekcje zasilane z osobnych linii i że sekcje te w razie awaryjnego wyłączenia jednej z linii zostają automatycznie złączone, to zabezpieczenie zanikowe powinno spowodować wyłączenie silnika dopiero wtedy, kiedy zaniknie napięcie 6 kV na obydwu sekcjach szyn. Przed powrotem napięcia 6 kV wyłącznik silnika nie powinien się zamknąć, bo nastąpiłoby ponowne jego otwarcie itd. Zastosujemy kontrolę 3-fazowego napięcia 6 kV na każdej sekcji szyn zbiorczych rozdzielni za pomocą 2 przekaźników kontrolnych zasilanych z wtórnego uzwojenia transformatora napięciowego połączonego w  $V$ . Dla dwu sekcji szyn zbiorczych potrzebne będą do tego celu dwa transformatoriki napięciowe oraz 4 przekaźniki kontrolne:  $K_1$  i  $K_2$  dla 1 sekcji oraz  $K_3$  i  $K_4$  dla 2 sekcji. Jeżeli jest napięcie na szynach zbiorczych obydwu sekcji, to wszystkie 4 przekaźniki kontrolne będą działać i silnik czynnego wentylatora pracuje normalnie. Jeżeli zaniknie napięcie 6 kV na tej sekcji, do której przyłączony jest silnik, to następuje odłączenie uszkodzonej linii zasilającej i zamknięcie wyłącznika sekcyjnego, a więc ponowne pojawienie się napięcia 6 kV z sekcji sąsiedniej. Oczywiście w takim przypadku silnik nie powinien być wyłączony.

Dopiero w razie zaniku napięcia 6 kV na obydwu sekcjach powinno działać zabezpieczenie zanikowe wyłączające silnik. Tak więc w razie zwolnienia przekaźnika  $K_1$  lub  $K_2$  albo obydwu razem przy czynnych przekaźnikach  $K_3$  i  $K_4$  silnik 1S nie powinien być wyłączony. Również w razie zwolnienia przekaźnika  $K_3$  lub  $K_4$ , albo obydwu razem przy czynnych przekaźnikach  $K_1$  i  $K_2$  silnik 2S nie powinien być wyłączony. Dopiero przy zwolnieniu równocześnie wszystkich czterech przekaźników  $K_1, K_2, K_3, K_4$  albo co najmniej 2 z nich, ale kontrolujących różne sekcje, na przykład  $K_1$  i  $K_3$ , pracujący w danej chwili silnik powinien być wyłączony. Układ taki wykonuje się z pewną zwłoką czasową, aby nie reagował na bardzo krótkie i przemijające zanikanie napięcia. W tym celu do układu włącza się czasowe przekaźniki pośredniczące  $C_1$  i  $C_2$ . Dopiero w przypadku, gdy obydwaj przekaźniki czasowe pozbawione zostaną prądu, ma zadziałać dalszy przekaźnik pośredniczący  $P$ , który swoimi stykami powinien zamknąć obwód cewki wyłączającej WLw wyłącznika liniowego WL.

Zadane warunki pracy zapisujemy w tablicy łączy nr 5.

Oznaczenia tablicy łączy nr 5:

$K_1, K_2, K_3, K_4$  — przekaźniki kontrolne,

$C_1, C_2$  — przekaźniki pośredniczące czasowe,

$P$  — przekaźnik pośredniczący zwykły,

$X_w$  — cewka wyłączająca wyłącznika WLw,

$X_z$  — cewka stycznika pośredniczącego SWL wyłącznika,  
 $X$  — mechanizm wyłącznika z zapadką i stykami  $x$ , sterowany przez cewki  $X_z$  i  $X_w$ .

Tablica 5

Tablica łążeń zabezpieczenia zamkowego

Takty	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Stan elementów	$K_1$	+	-		+																								
	$K_2$	+				-		+																+					
	$K_3$	+								-		+																	
	$K_4$	+												-		+													
	$C_1$	+		-		+		-		+																+			
	$C_2$	+									-		+		-		+												
	$P$	-																			+						-		
	$X_w$	-																				+							
	$X_z$	-																									+		
	$x$	+																										+	

Na podstawie tablicy łążeń układamy równania poszczególnych elementów:

$$F(C_1) = k_1 \cdot k_2 \cdot k_1 \cdot \bar{k}_2 = k_1 \cdot k_2;$$

$$F(C_2) = k_3 \cdot k_4 \cdot \bar{k}_3 \cdot \bar{k}_4 = k_3 \cdot k_4;$$

$$F(P) = \bar{c}_1 \bar{c}_2 \bar{c}_1 = \bar{c}_1 \bar{c}_2;$$

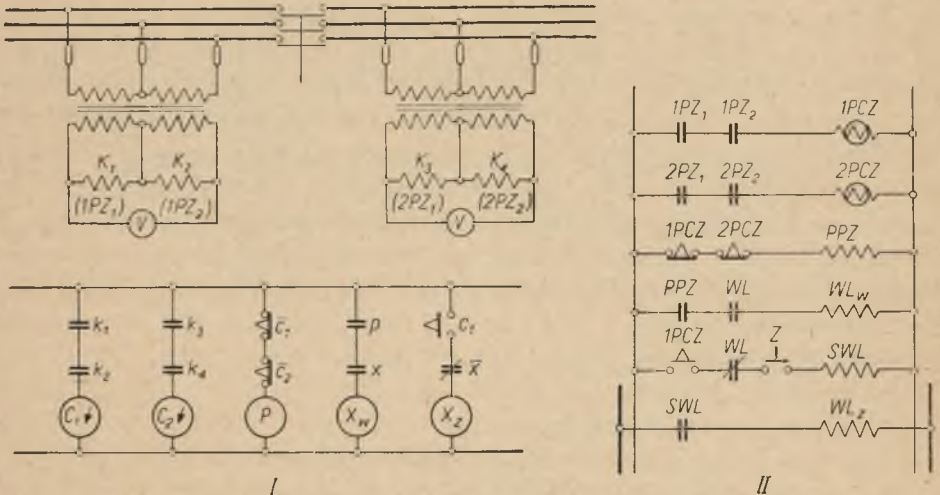
$$F(X_w) = p \cdot \bar{x} = p \cdot x;$$

$$F(X_z) = c_1 \cdot \bar{x}.$$

Stąd równanie schematu:

$$F = k_1 k_2 C_1 + k_3 k_4 \cdot C_2 + \bar{c}_1 \bar{c}_2 \cdot P + p x \cdot X_w + c_1 \cdot \bar{x} \cdot X_z.$$

Równaniu temu odpowiada schemat na rysunku 10. Schemat techniczny w stosunku do uproszczonego został tu uzupełniony przyciskiem ręcznym Z oraz stycznikiem SWL.



Rys. 10. Schemat zabezpieczenia zanikowego silników. I — uproszczony, II — techniczny

## 7.3.3. Synteza obwodu pośredniczącego przekaźnika wyłączenia 1PPW dla przypadku c) albo d)

Cheemy, aby obwód cewki przekaźnika 1PPW zamknął się, jeżeli zadziała przekaźnik nadmiarowy 1PN albo jeżeli zadziała termosygnalizator 1TSS<sub>1</sub>, albo termosygnalizator 1TSS<sub>2</sub>. Stąd warunki zadziałania przekaźnika 1PPW:

1PPW+, jeżeli 1PN+, albo 1TSS<sub>1</sub>+, albo 1TSS<sub>2</sub>+  
względnie przy zamianie oznaczeń na jednoliterowe:

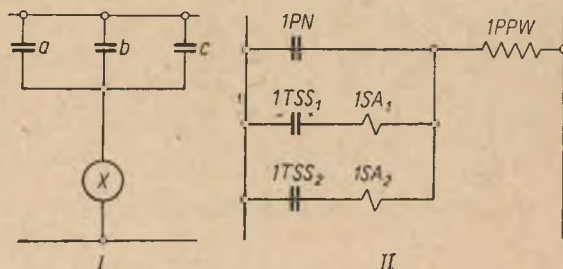
$$X+, \text{ jeżeli } A+, \text{ albo } B+, \text{ albo } C+$$

a stąd od razu równanie obwodu elementu X:

$$F(X) = a + b + c; \quad F = (a + b + c) \cdot X.$$

Odpowiadający temu równaniu schemat przedstawiono na rysunku 11.

Rys. 11. Schemat obwodu przekaźnika 1PPW dla przypadku wyłączenia c) albo d)  
I—uproszczony, II—techniczny



Na rysunku 11 schemat techniczny w stosunku do uproszczonego został uzupełniony sygnalizatorami awaryjnego wyłączenia 1SA<sub>1</sub> i 1SA<sub>2</sub>.

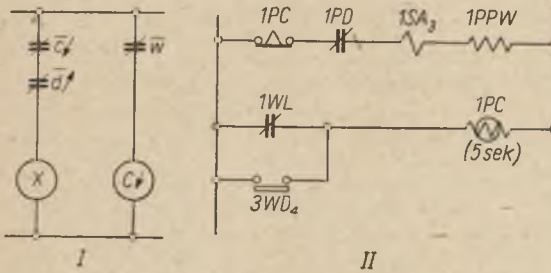
## 7.3.4. Synteza obwodu przekaźnika 1PPW dla przypadku wyłączenia e)

Wykonując syntezę obwodu przekaźnika 1PPW dla przypadku e) należy pamiętać, że przy rozruchu wentylatora przekaźnik 1PPW powinien zadziałać tylko wtedy, kiedy przekaźnik depresji 1PD zadziała z opóźnieniem większym od 5 sek.

Jeżeli opóźnienie to będzie mniejsze, to znaczy jeżeli wentylator wytworzy normalny ciąg powietrza wcześniej, to zadziałanie przekaźnika 1PD nie powinno spowodować uruchomienia przekaźnika 1PPW. Należy tu więc zastosować dodatkowy element czasowy porównawczy 1PC o stałym czasie zadziałania równym 5 sek., którego styk wspólnie ze stykiem przekaźnika 1PD zamykałby przy rozruchu obwód przekaźnika wyłączenia 1PPW tylko wtedy, kiedy opóźnienie przekaźnika depresji 1PD będzie większe od 5 sek. Jeżeli obwód przekaźnika 1PPW ma się zamykać przy współdziałaniu styków 1PD i 1PC, to styki te muszą być połączone szeregowo, przy tym styk 1PD musi być stykiem n. z., a styk 1PC—stykiem n. o.

Warunki zadziałania przekaźnika 1PPW:

1PPW+, jeżeli 1PC<sub>+</sub>+ oraz 1PD<sub>+</sub>-,



Rys. 12. Schemat obwodu przekaźnika 1PPW dla przypadku wyłączenia e) I — uproszczony, II — techniczny

albo przy zmianie oznaczeń na jednoliterowe:

X+, jeżeli C<sub>1</sub>+ oraz D<sub>1</sub>-,

a stąd:

$$F(X) = c_1 \cdot \bar{d}_1; \quad F_1 = c_1 \cdot \bar{d}_1 \cdot X.$$

Element C<sub>1</sub> ma zadziałać po załączeniu wentylatora, czyli po zamknięciu wyłącznika 1WL.

Stąd warunki zadziałania przekaźnika C<sub>1</sub>:

C<sub>1</sub>+, jeżeli 1WL+

albo przy oznaczeniach jednoliterowych:

C<sub>1</sub>+, jeżeli W+;

a stąd

$$F(C_1) = w; \quad F_2 = w \cdot C_1,$$

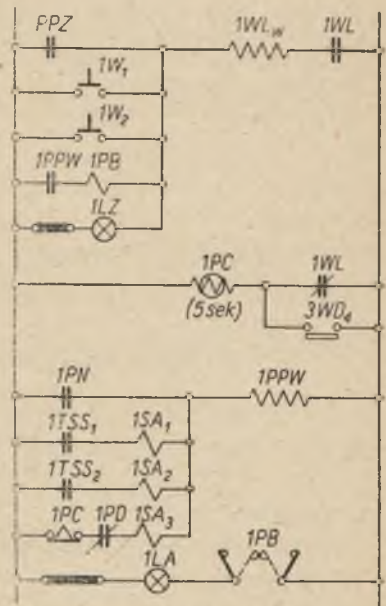
względnie jeżeli w przekaźniku C<sub>1</sub> odwrócimy kierunek opóźnienia, aby móc zastosować wygodny przekaźnik czasowy z tułeją, to będzie

$$F(X) = \bar{c}_1 \cdot \bar{d}_1 \quad F(C_1) = \bar{w},$$

$$F = \bar{c}_1 \cdot \bar{d}_1 \cdot X + \bar{w} \cdot C_1.$$

Równaniu temu odpowiada schemat na rysunku 12.

Na rysunku 12 schemat techniczny w stosunku do uproszczonego został uzupełniony sygnalizatorem awaryjnego wyłącze-



Rys. 13. Schemat wyłączenia silnika wentylatora pierwszego

1W<sub>1</sub> — przycisk „wyłącz” u dyspozytora,  
1W<sub>2</sub> — przycisk „wyłącz” w pomieszczeniu wentylatora,

1PN — styk przekaźnika nadmiarowego zabezpieczenia silnika (sam przekaźnik nie jest na rysunku pokazany)



nia  $1SA_3$  oraz stykiem  $3WD_4$  zapobiegającym wielokrotnemu załączeniu i wyłączeniu wentylatora przy odwróceniu strumienia powietrza, kiedy przekaźnik depresji  $1PD$  nie działa.

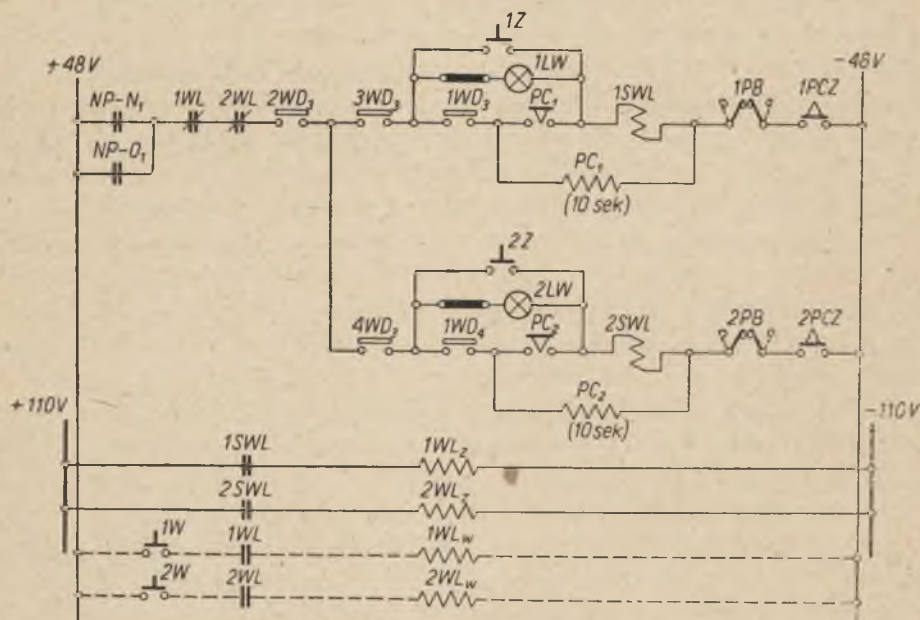
Łącząc otrzymane schematy dla poszczególnych przypadków wyłączenia w jeden schemat wspólny i wprowadzając pewne drobne uzupełnienia otrzymamy schemat wyłączenia silnika wentylatora 1, jak na rys. 13.

Schemat wyłączenia silnika wentylatora 2 będzie identyczny.

### 7.3.5. Uzupełnienie schematu załączenia silników 1 S i 2 S dodatkowymi warunkami

Ostateczny schemat załączenia silników napędzających wentylatory otrzymamy przez odpowiednie uzupełnienie schematu na rysunku 8.

Z rysunku 9, II wynika, że rysunek 8 należy uzupełnić n. z. stykami przekaźników blokujących z mechanicznym samopodtrzymaniem  $1PB$  i  $2PB$ , które rejestrują awaryjne wyłączenie wentylatorów. Z rysunku 10 wynika, że rysunek 8 należy uzupełnić n. o. stykiem przekaźnika czasowego zanikowego  $1PCZ$  w obwodzie załączenia wentylatora nr 1 i n. o. stykiem  $2PCZ$  w obwodzie załączenia wentylatora nr 2. Poza tym do schematu należy wprowadzić lampy sygnałowe wyłączenia  $1LW$  i  $2LW$ . Po wprowadzeniu tych uzupełnień otrzymamy schemat jak na rysunku 14.



Rys. 14. Końcowy wynik syntezy schematu załączenia silników napędzających wentylatory (obwody cewek wyłączających, jako należące do schematu wyłączenia, oznaczono linią przerywaną)

## 8. Liczba przewodów sterowniczych łączących punkt dyspozytorski z pomieszczeniem wentylatorów

Linia połączeniowa między punktem dyspozytorskim, mieszczącym się na terenie kopalni, a pomieszczeniem wentylatorów, znajdującym się jak przyjeśliśmy w odległości około 1,5 km, musi być tak wykonana, aby zapewnić możliwość przesłania wszystkich rozkazów z punktu nadawczego do odbiorczego oraz wszystkich meldunków zwrotnych z punktu odbiorczego do nadawczego.

Zarówno liczba rozkazów, jak i meldunków zwrotnych wynika z przyjętego rozwiązania schematowego zdalnego sterowania. Rozkazy nadaje dyspozytor za pomocą ustawienia korby nastawnika w jednej z możliwych 7 pozycji oraz za pomocą dwóch przycisków wyłączających: 1W dla wentylatora 1 i 2W dla wentylatora 2. Każde ustawienie korby powoduje wysłanie kombinacji impulsów elektrycznych określonych zamykaniem obwodów według tablicy łączy nastawnika programu (tablica 2). Tablica ta posiada 12 styków, zamykanych według 6 możliwych kombinacji. Kombinacja 7 daje otwarcie wszystkich styków (pozycja „zerowa“ korby).

12 styków nastawnika oraz 2 przyciski wyłączające dają razem możliwość wysyłania 14 rozkazów.

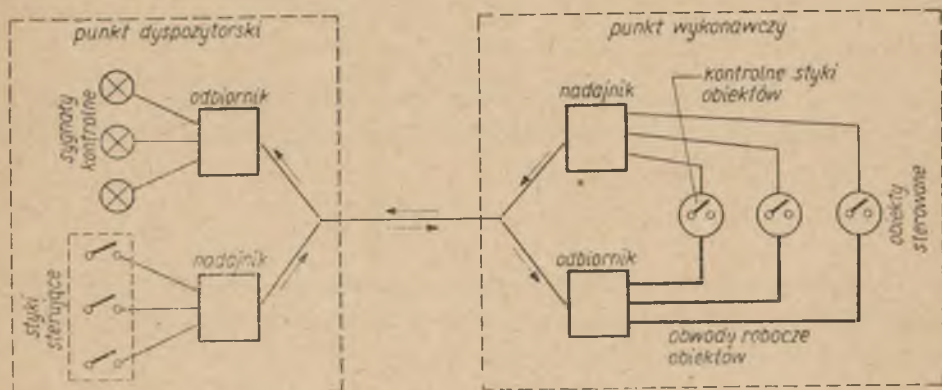
Meldunki zwrotne nadawane są z pomieszczenia wentylatorów i powodują zaświecenie na pulpicie dyspozytora odpowiednich lampek sygnałowych. Dla każdego wentylatora przewidziane są 3 takie lampki: LW — lampka wyłączeniowa zielona, LZ — lampka załączeniowa czerwona i LA — lampka alarmowa żółta. Oprócz tego dla każdego wentylatora przewidziane są 3 sygnalizatory alarmowe SA<sub>1</sub>, SA<sub>2</sub> i SA<sub>3</sub>, sygnalizujące rodzaj uszkodzenia w razie awaryjnego wyłączenia wentylatora.

Wskazania tych sygnalizatorów również mogą być przesłane na pulpity dyspozytora. W takim przypadku z pomieszczenia wentylatorów do dyspozytora będzie wysyłanych po 6 różnych meldunków dla każdego wentylatora według różnych kombinacji zależnych od stanu pracy urządzenia, czyli razem 12 meldunków.

Z powyższego wynika, że linia połączeniowa między punktem dyspozytorskim i połączeniem wentylatorów musi zapewnić możliwość przesłania 14 rozkazów i 12 meldunków zwrotnych, czyli razem 26 sygnałów.

Na rysunku 15 pokazano schemat blokowy układu telesterowania. We wszystkich urządzeniach telesterowania musi być zachowana dwustronna łączność między punktem dyspozytorskim i wykonawczym. Z punktu dyspozytorskiego do wykonawczego wysyłane są impulsy zleceniowe, a w odwrotnym kierunku, to jest z punktu wykonawczego do dyspozytorskiego zwrotne impulsy sygnałowe potwierdzające wykonanie zlecenia.

Zgodnie z powyższą zasadą układ przedstawiony na rysunku 15 zapewnia możliwość dwustronnego przesyłania impulsów, to znaczy możliwość przesyłania zarówno rozkazów, jak i meldunków zwrotnych. Na każdym końcu linii połączeniowej znajduje się nadajnik i odbiornik impulsów. Na punkcie dyspozytorskim nadajnik pośredniczy w przesyłaniu impulsów rozkazodawczych od dyspozytora na linię, a odbiornik w przyjmo-



Rys. 15. Schemat blokowy układu telesterowania z sygnalizacją zwrotną

waniu zwrotnych impulsów sygnałowych z linii do dyspozytora. Na punkcie wykonawczym nadajnik pośredniczy w przesyłaniu zwrotnych impulsów sygnałowych z punktu wykonawczego na linię, a odbiornik w przyjmowaniu impulsów rozkazodawczych z linii do punktu wykonawczego.

Wyposażenie i schemat nadajnika i odbiornika na punkcie dyspozytorskim i wykonawczym zależy od liczby obiektów sterowanych, od liczby przyjętych cech impulsów i od rodzaju przyjętej selekcji impulsów. Od tych samych czynników zależy również liczba przewodów potrzebnych do przesyłania impulsów.

Przy odległości 1,5 km racjonalne będzie przyjęcie na przykład cech biegunowych, liczba cech  $k=2$ .

Selekcja impulsów może być czterech rodzajów. Przy zastosowaniu poszczególnych rodzajów selekcji wyposażenie ilościowe obwodów połączeniowych będzie:

1) Przy selekcji jakościowej zwykłej

$$n = \frac{N}{k} + 1 = \frac{28}{2} + 1 = 15 \text{ przewodów,}$$

gdzie

- $n$  — liczba potrzebnych przewodów,
- $N$  — liczba przesyłanych impulsów elektrycznych,
- $k$  — liczba cech impulsów elektrycznych.

2) Przy selekcji szyfrowej (grupowej)

$$n = \frac{\lg N}{\lg k} + 1 = \frac{\lg 28}{\lg 2} + 1 \cong 6 \text{ przewodów.}$$

3) Przy selekcji rozdzielczej wystarczą tylko 2 przewody; liczba styków rozdzielaczy, obliczona analogicznie jak przy selekcji zwykłej liczba przewodów, wyniesie

$$n = 15 \text{ styków.}$$

4) Przy selekcji rozdzielczo-szyfrowej wystarczą również tylko 2 przewody; liczba styków rozdzielaczy, obliczona analogicznie jak przy selekcji szyfrowej liczba przewodów, wyniesie

$$n = 6 \text{ styków.}$$

Widzimy, że liczba przewodów połączeniowych zależy od rodzaju przyjętej selekcji impulsów waha się w granicach od 15 do 2. Przy selekcji jakościowej prostej otrzymujemy dużo przewodów połączeniowych, za to proste wyposażenie aparatu punktu sterowniczego i sterowanego. Przy selekcji rozdzielczej na odwrót — liczba przewodów spada do 2, ale za to rośnie wyposażenie aparatu punktu nadawczego i odbiorczego.

## 9. Zakończenie

Automatyzacja centralnego urzędnictwa wentylacyjnego kopalni może być osiągnięta, jak z powyższego wynika, w sposób stosunkowo prosty mimo dość skomplikowanej wzajemnej współzależności silników wentylatorów i zasuw. Duża stosunkowo odległość między punktem dyspozytorskim i pomieszczeniem wentylatorów przy zastosowaniu nowoczesnych sposobów sterowania zdalnego również nie stwarza żadnych trudności w przesyłaniu impulsów sygnałowych, przy tym punkty te mogą być połączone zwykłą linią 2-przewodową.

Ponieważ napięcie sterownicze wynosi 48 wolt, a moc przesyłanych impulsów jest niewielka, to jako przewody połączeniowe mogą być wykorzystane obwody w zwykłych kablach telefonicznych.

## LITERATURA

- [1] Domański B. I., *Podstawy automatyki i telemekhaniki*, tłumaczył Z. Szparkowski, PWT, Warszawa 1954.
- [2] Гаврилов М. А., *Теория релейно-контактных схем*, Издательство Академии Наук СССР, 1950 (tamże 41 pozycji literatury światowej).
- [3] Горяйнов О. А., Райнес Р. Л., *Телеуправление*, Гесэнергоиздам, 1954.
- [4] Пак В. С., Геер В. Г., *Рудничное вентиляторные и водоотливные установки*, Углетехиздат, 1950.
- [5] Pietrow L. P., *Sterowanie przekaźnikowo-stycznikowe napędu elektrycznego*, tłumaczył J. Siwiński, PWT, Warszawa 1954.
- [6] Siwiński J., *Synteza i analiza schematów przekaźnikowo-stykowych w zastosowaniu do automatyzacji niektórych urządzeń górniczych* — praca kandydacka, Gliwice 1954 (tamże 27 poz. literatury).
- [7] Терпигорев А. М., *Справочник во горнорудному делу*, т. II, Металлургиздат, 1952.