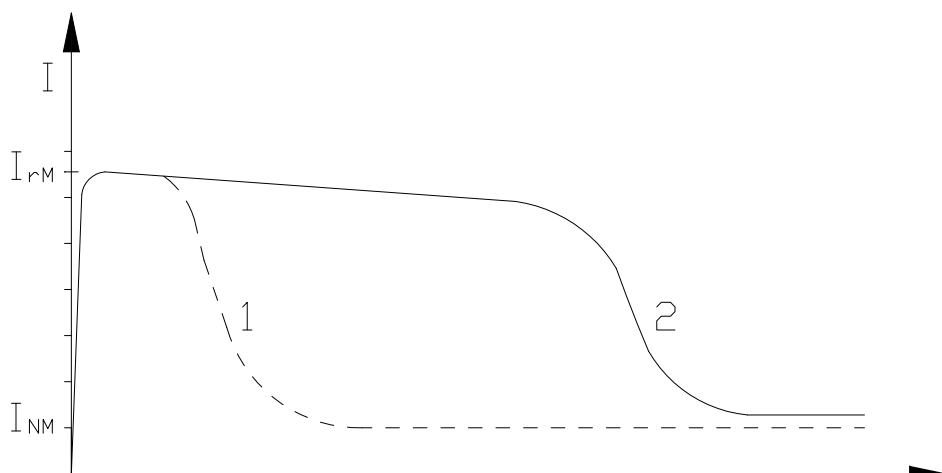


Spis treści:

1	Rozruch bezpośredni	str.1
2	Rodzaje zakłóceń stanów pracy silników	str.2
3	Zabezpieczenia –rodzaje	str.3
4	Zabezpieczenie zwarciove realizowane bezpiecznikiem topikowym	str.3
5	Zabezpieczenie przeciążeniowe realizowane przekaźnikiem termicznym RE	str.4
6	Zabezpieczenie zwarciove i przeciążeniowe realizowane wyłącznikiem silnikowym MS18 (MPE25)	str.5
7	Zabezpieczenie zanikowe (przed samorozruchem)	str.5
8	Dobezpieczenie wyłączników silnikowych	str.6
9	Miejsce stosowania zabezpieczenia	str.6
10	Dobór przewodów (lub kabli)	str.6
11	Schematy połączeń	str.9
12	Dobór aparatów elektrycznych	str.10
13	Podstawowe zależności	str.11

1. Rozruch bezpośredni.

Wśród silników trójfazowych najbardziej popularne (ze względu na koszt produkcji, prostą budowę i niezawodność) to silniki indukcyjne klatkowe. Są one uruchamiane najczęściej poprzez rozruch bezpośredni (uzwojenie silnika połączone w trójkąt). Podczas takiego rozruchu jeszcze przy nieruchomym wirniku silnik pobiera z sieci bardzo duży prąd rozruchowy, natomiast moment rozruchowy w tym czasie się nie zwiększa. Współczynnik krotności prądów rozruchowych $k_r = I_{rM}/I_{NM}$ dla silników indukcyjnych klatkowych zawiera się w przedziale od 4 do 8. W zależności od rodzaju rozruchu (ciężki, lekki) nie zwiększa nam się wartość prądu rozruchowego I_{rM} a jedynie czas rozruchu (rys.1). Czas rozruchu zawiera się w przedziale od dziesiątych sekundy -przy rozruchach lekkich (silniki startujące bez obciążenia często małej mocy np. zasilające pompy) do kilkunastu, rzadziej kilkudziesięciu sekund przy rozruchach ciężkich (silniki startujące pod obciążeniem często dużej mocy np. zasilające zasypane młyny). Duże prądy rozruchowe i długie czasy rozruchów powodują znaczne spadki napięć w sieci oraz co się z tym wiąże zakłócenia w sieci. Dlatego niektóre z norm ograniczają moce silników indukcyjnych klatkowych (np. do 5,5kW), które mogą być łączone bezpośrednio do sieci publicznej.



Rys.1. Przebieg prądu rozruchowego silnika indukcyjnego klatkowego przy rozruchu bezpośrednim. 1-rozruch lekki, 2-rozruch ciężki.

2. Rodzaje zakłóceń stanów pracy silników.

Zakłócenia w pracy silników można podzielić na kilka podstawowych rodzajów:

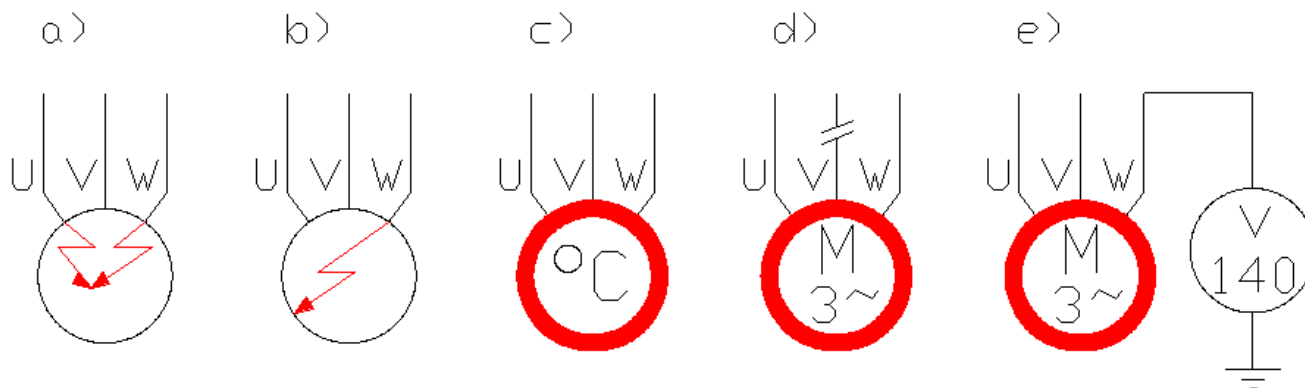
- zwarcia
- przeciążenia
- zakłócenia napięcia zasilającego (chwilowy zanik napięcia, zanik fazy, obniżenie napięcia, asymetria, kolejność faz)

Zwarcia –powstają na skutek uszkodzenia izolacji. Nadmierny wzrost temperatury izolacji może ją uszkodzić i w konsekwencji spowodować zwarcie między sąsiednimi uzwojeniami lub uzwojeniem a obudową. Oprócz wzrostu temperatury uszkodzenie izolacji silnika mogą spowodować wzrosty napiężeń elektrycznych lub mechanicznych. Prąd podczas zwarcia osiąga wartość do kilkaset razy większą od prądu znamionowego silnika. Zwarcie powinno być bezzwłocznie wyłączone.

Przeciążenia –do najczęstszych przyczyn przeciążeń można zaliczyć:

- obciążenie silnika zbyt dużym momentem hamującym
- przerwa w jednej z faz (praca niepełnofazowa)
- obniżenie napięcia
- pogorszenie warunków chłodzenia (np. wysoka temperatura otoczenia)
- zbyt częsty rozruch
- długi czas rozruchu

Prąd podczas przeciążenia przekracza o kilkadziesiąt procent wartość znamionową prądu silnika. To powoduje wzrost temperatury powyżej dopuszczalnej co w konsekwencji znacznie skraca czas życia izolacji i całego silnika.



Rys.2. Przykłady zakłóceń stanów pracy silnika: a) zwarcie międzyfazowe; b) zwarcie między fazą a obudową; c) przeciążenie na skutek pogorszenia warunków chłodzenia; d) przeciążenie na skutek pracy niepełnofazowej; e) przeciążenie na skutek obniżonego napięcia.

Zakłócenia napięcia zasilającego –zanik napięcia a następnie jego powrót powoduje samoczynny rozruch silnika. Może to spowodować w niektórych wypadkach zagrożenie dla życia ludzi lub inne szkody. Pozostałe zakłócenia napięcia takie jak zanik fazy, obniżenie napięcia powodują przeciążenia silnika.

3. Zabezpieczenia –rodzaje.

Każdy silnik powinien posiadać zabezpieczenie:

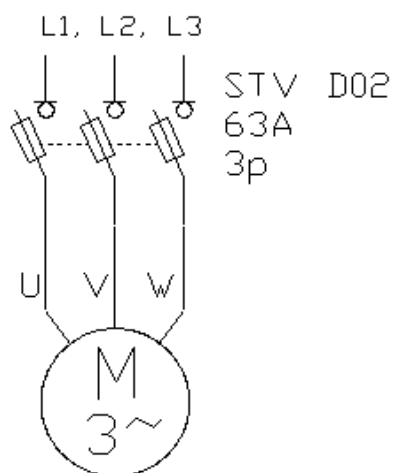
- zwarciove –od zwarć w uzwojeniach i przewodach zasilających
- przeciążeniowe –zabezpieczające silnik przed wzrostem temperatury
- zanikowe –jeżeli niepożądany jest samorozruch silnika.

Istnieją wyjątki stosowania zabezpieczeń przeciążeniowych gdy:

- prąd znamionowy silnika jest mniejszy od 4 A
- przeciążenie jest mało prawdopodobne i silnik przeznaczony jest do pracy ciągłej a moc jego nie przekracza 10 kW. Najczęściej dotyczy to pomp i wentylatorów,
- silnik przeznaczony jest do pracy przerywanej.

Istnieją obwody gdzie zabezpieczeń nie wolno instalować mimo ryzyka zniszczenia silnika np. zasilanie pompy pożarniczej. Wymagana jest wtedy sygnalizacja.

4. Zabezpieczenie zwarciove realizowane bezpiecznikiem topikowym.



Wkładka bezpiecznikowa powinna być starannie dobrana:

- wartość jej powinna być na tyle duża by nie zadziałała podczas rozruchu
- z drugiej strony wartość jej powinna być na tyle mała by szybko i skutecznie wyłączyć zwarcie.

Prąd znamionowy wkładki wyznaczamy wg zależności:

$$I_{Nb} \geq \frac{I_{rM}}{\alpha} = \frac{k_r I_{NM}}{\alpha}$$

$$I_{Nb} \geq I_{NM}$$

Rys.3. Zabezpieczenie zwarciove silnika.

I_{Nb} – prąd znamionowy wkładki
 I_{rM} – prąd rozruchowy silnika
 k_r – krotność prądu rozruchowego
 I_{NM} – prąd znamionowy silnika
 α – współczynnik rozruchowy

Dobór zabezpieczenia zwarciovego dla **grupy silników** omówiono w rozdziale: 10. Dobór przewodów (lub kabli).

Tab.1. Wartości współczynnika α

Rodzaj rozruchu	Częstość rozruchów				Czas rozruchu [s]
	kilka na dobę		więcej niż kilka na dobę		
	wkładka o działaniu				
	szybkim gF, BiWts	zwłocznym gG, gL, aM, BiWtz	szybkim gF, BiWts	zwłocznym gG, gL, aM, BiWtz	
Lekki $M_h=(0\div0,3)M_N$	2,5	3,0	2,0	2,5	$0,5\sqrt{P_N}$
Średni $M_h=(0,3\div0,6)M_N$	2,0	2,5	1,8	2,0	$1\sqrt{P_N}$
Ciężki $M_h=(0,6\div1)M_N$	1,6	1,6	1,5	1,5	$2\sqrt{P_N}$
Bardzo częsty	-	-	1,4	1,4	
M _N -moment znamionowy silnika; M _h -moment hamujący silnika					

Tab.2. Przykładowe krotności prądów rozruchowych k_r

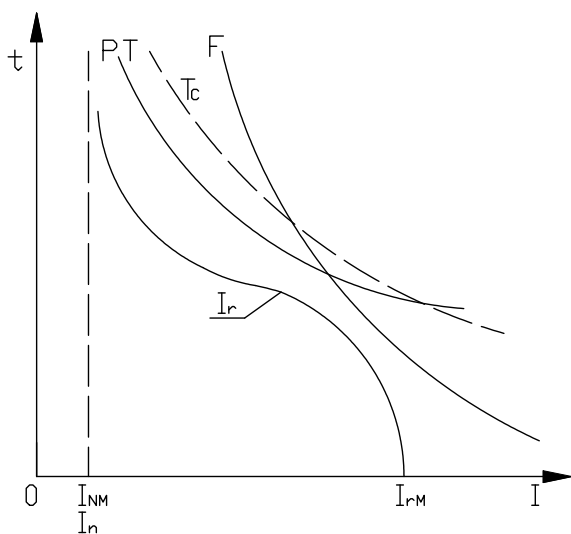
Rodzaj silnika	Współczynnik k_r
jednoklatkowy szybkobieżny (1500 i 3000 obr/min)	5,5÷7,5
jednoklatkowy wolnobieżny (1000 obr/min i mniej)	4÷5
rozruch gwiazda-trójkąt	
jednoklatkowy szybkobieżny (1500 i 3000 obr/min)	1,8÷2,5
jednoklatkowy wolnobieżny (1000 obr/min i mniej)	1,3÷1,7

Do zabezpieczeń zwarć w obwodach z silnikiem zalecane są wkładki z charakterystyką działania aM czyli niepełnozakresową. Wkładki te odznaczają się dużymi krotnościami prądów niezadziałania dzięki czemu zmniejszamy prawdopodobieństwo zadziałania wkładki podczas rozruchu.

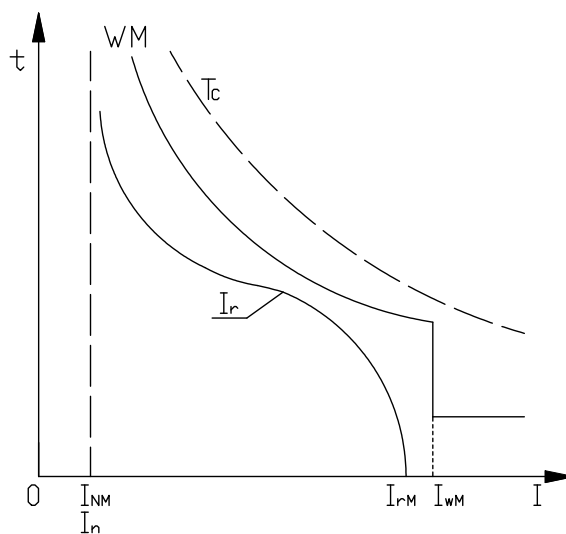
Należy dodać że wkładki bezpiecznikowe, niezależnie od charakterystyki: aM, gG, gL, gF nie stanowią zabezpieczeń przeciążeniowych silnika nawet gdybyśmy wkładkę dobrali wg zależności $I_{Nb} = I_{NM}$.

Zabezpieczenie zwarciowe realizowane bezpiecznikiem topikowym przedstawia **schemat 1** (układ uzupełniony jest zabezpieczeniem przeciążeniowym, zanikowym oraz zabezpieczeniem przed samorozruchem).

5. Zabezpieczenie przeciążeniowe realizowane przekaźnikiem termicznym RE.



Rys.4. Charakterystyki czasowo-prądowe prawidłowo dobranych zabezpieczeń dla układu bezpiecznik topikowy+przekaźnik termiczny.



Rys.5. Charakterystyki czasowo-prądowe prawidłowo dobranych zabezpieczeń dla układu z wyłącznikiem silnikowym.

- I_{NM} – prąd znamionowy silnika
- I_{rM} – prąd rozruchowy silnika
- I_n – prąd nastawy przekaźnika termicznego lub wyłącznika silnikowego
- I_{wM} – prąd zadziałania wyzwalacza zwarciowego wyłącznika silnikowego
- I_r – przebieg prądu rozruchowego silnika
- PT – charakterystyka czasowo-prądowa przekaźnika termicznego
- F – charakterystyka czasowo-prądowa bezpiecznika topikowego
- WM – charakterystyka czasowo-prądowa wyłącznika silnikowego
- T_c – charakterystyka cieplna silnika

Dokumentacja techniczno-ruchowa	nr AB_03	str. 5/12
	Zasilanie, zabezpieczenie i sterowanie silnika indukcyjnego	

Po dobraniu wkładki bezpiecznikowej (zabezpieczenie zwarciove) należy dobrać zabezpieczenie przeciążeniowe wykorzystując do tego celu przełącznik termiczny. Rysunek 4 przedstawia prawidłowo dobrane zabezpieczenie silnika. Charakterystyki czasowo-prądowe wkładki i termika przebiegają poniżej charakterystyki cieplnej silnika T_C oraz powyżej przebiegu prądu rozruchowego I_r .

Wartość prądu przełącznika termicznego (wraz z dokładną nastawą) dobieramy wg zależności:

$$I_n = (1,0 \div 1,1) I_{NM}$$

Dla przełączników termicznych RE (oraz wyłączników silnikowych MS18 i MPE25) prąd niezadziałania wynosi $1,05 \times I_n$ a prąd zadziałania $1,2 \times I_n$. Więc dla nastawy $I_n = I_{NM}$ zadziałanie zabezpieczenia nastąpi po długotrwałym przeciążeniu $5 \div 20\%$ (prąd niezadziałania wyłączników nadprądowych ETIMAT10 wynosi $1,13 \times I_n$, a zadziałania $1,45 \times I_n$). Wiele opracowań praktycznych podaje iż nastawę powinno dobierać się wg górnej granicy zależności a więc: $I_n = 1,1 \times I_{NM}$. Dzięki czemu zabezpieczenie nie będzie narażone na niepożądane wyłączenia przy pojawieniu się różnego rodzaju przepięć. W związku z tym po zainstalowaniu zabezpieczenia można nastawę ustawić wg $I_n = I_{NM}$ i w razie częstych wyłączeń dokonywać korekt w górę ale nie większych od: $I_n = 1,1 \times I_{NM}$. Dlatego należy wybrać taki przełącznik którego nastawy od I_{min} do I_{max} zawierają $(1,0 \div 1,1) I_{NM}$. Tablica 4 na stronie 10 przedstawia dobór przełączników wraz z nastawą do przykładowego silnika.

Kompletny układ połączeń przedstawia **schemat 1**.

6. Zabezpieczenie zwarciove i przeciążeniowe realizowane wyłącznikiem silnikowym MS18 (MPE25).

Rysunek 5 przedstawia prawidłowo dobrany wyłącznik silnikowy. Charakterystyka wyłącznika przebiega poniżej charakterystyki cieplnej silnika T_C oraz powyżej przebiegu prądu rozruchowego I_r .

Wyłączniki silnikowe MS18 i MPE25 wyposażone są w wyzwalacze przeciążeniowe (termiczne) i zwarciove (elektromagnetyczne). Prąd zadziałania wyzwalacza zwarciovego (bezzwłocznego) wynosi: $I_{WM} = 13 \times I_n$ (I_n – prąd nastawy) dzięki czemu zostaje zachowany warunek $I_{WM} \geq 1,2 \times I_{FM}$, który w praktyce oznacza unikanie zbędnych wyłączeń podczas rozruchów. Wyzwalacz przeciążeniowy został omówiony w rozdziale 5. Charakterystyka członu termicznego wyłącznika silnikowego jest niemal identyczna co przełącznika termicznego pełniąc te same role w obydwu aparatach. Dlatego też wartość prądu wyłącznika silnikowego (wraz z dokładną nastawą) dobieramy wg tej samej zależności co w rozdziale 5 czyli: $I_n = (1,0 \div 1,1) I_{NM}$.

Przykładowe układy połączeń przedstawiają **schematy: 2, 3, 4, 5, 6**.

7. Zabezpieczenie zanikowe (przed samorozruchem).

Stosowane kiedy zanik napięcia a następnie jego powrót powoduje samoczynny rozruch silnika. Może to spowodować w niektórych wypadkach zagrożenie dla życia ludzi, zakłócenie procesu technologicznego lub inne szkody.

Zabezpieczenia zanikowe stosowane w praktyce można podzielić na dwie grupy:

Zabezpieczenie przed samorozruchem – kontrola jednej fazy zasilającej obwód sterowania. Układy z takim rozwiązaniem przedstawione są na:

schemat 1, 2 – po usunięciu PZAK-1,

schemat 3, 5

schemat 4 – kontrola dwóch faz

Zabezpieczenie przed samorozruchem – kontrola trzech faz.

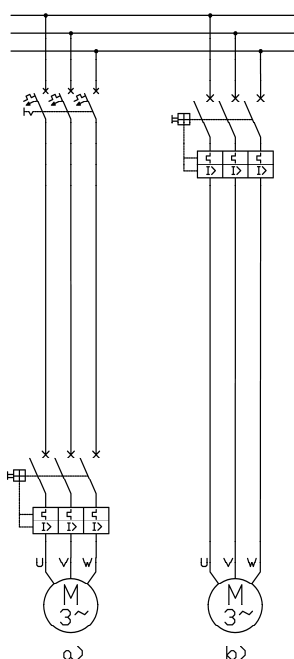
W celu uniknięcia skutków powodowanych zanikiem napięcia w jednej (dowolnej) z faz należy zastosować układy z przełącznikiem zaniku napięcia lub z przełącznikiem zaniku i asymetrii i kolejności fazy np.: PZAK-1. Układy z takim rozwiązaniem przedstawione są na:

Schemat 1, 2.

8. Dobrezpieczenie wyłączników silnikowych.

Jeżeli prąd zwarciový w obwodzie zasilającym silnik jest większy od zdolności zwarciovýej wyłączników silnikowych (zabezpieczających dany obwód) wówczas należy zastosować bezpiecznik topikowy. Wartości wkładek bezpiecznikowych dobrezpieczających znajdują się w katalogu ETI 2014 Edycja 2 na stronie 58 dla wyłączników MS18 oraz na stronie 63 dla wyłączników MPE25. Problemu z dobrezpieczeniem nie będzie jeśli zastosowany zostanie układ z zabezpieczeniem: bezpiecznik topikowy + stycznik + przekaźnik termiczny –**schemat 1**, gdyż zdolność zwarciová np. wkładki cylindrycznej CH10x38 wynosi 100kA.

9. Miejsce stosowania zabezpieczeń



Zabezpieczenia mogą być zainstalowane w dowolnym miejscu między źródłem zasilania a silnikiem. Jednak zainstalowane na początku obwodu chronią jednocześnie silnik i przewody zasilające przed skutkami przetężeń.

Rys.6. Miejsce zastosowania zabezpieczenia: a) zabezpieczenia silnika i przewodów realizowane za pomocą dwóch aparatów; b) zabezpieczenie przewodów i silnika jednym aparatem.

10. Dobór przewodów (lub kabli)

Jedną z metod jest dobranie w pierwszej kolejności zabezpieczeń silnika. Prąd I_N wyznaczamy wg rozdziałów 4,5,6. Jeśli w układzie wystąpiło zabezpieczenie przeciążeniowe (termiczne) oraz zwarciové (wkładka topikowa) to I_N będzie nastawą przekaźnika termicznego lub wyłącznika silnikowego. Jeśli natomiast zabezpieczenie jest realizowane za pomocą samych wkładek topikowych to I_N będzie wartością dobranej wkładki.

Jeśli dobraliśmy już I_N (prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej lub wyłącznika silnikowego lub przekaźnika termicznego)

to:

dobór przewodów ze względu na długotrwałą obciążalność I_Z przewodów wyznaczamy z zależności:

$$\begin{cases} I_{B(NM)} \leq I_N \leq I_Z \\ I_2 \leq 1,45 \times I_Z \\ I_2 = k_2 \times I_N \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{B(NM)} \leq I_N \leq I_Z \\ I_Z \geq \frac{k_2 \times I_N}{1,45} \end{cases}$$

gdzie:

$$I_{B(NM)} = \frac{P_{NM}}{\sqrt{3} \times U_{NM} \times \cos \varphi_{NM} \times \eta_{NM}}$$

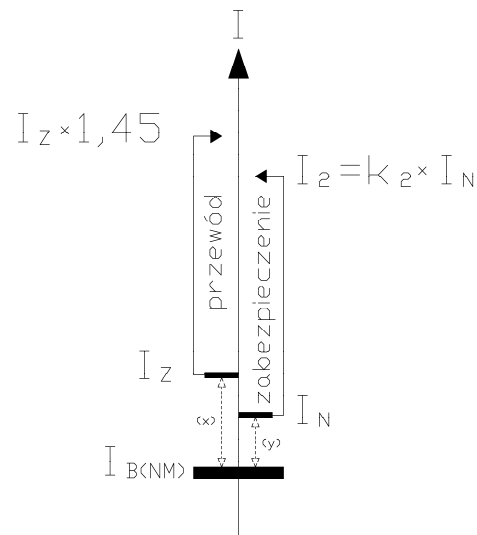
$I_{B(NM)}$ – obliczeniowy prąd obciążenia I_B lub w naszym przypadku prąd znamionowy silnika I_{NM} (dlatego używany jest symbol $I_{B(NM)}$)

I_N – prąd znamionowy lub nastawienia aparatu zabezpieczającego (wkładki bezpiecznikowej lub wyłącznika silnikowego lub przekaźnika termicznego).

I_Z – obciążalność prądowa długotrwała przewodu zabezpieczanego

I_2 – wartość prądu powodująca zadziałanie aparatu zabezpieczającego w danym czasie

k_2 – współczynnik krotności prądu powodującego zadziałanie aparatu zabezpieczającego w danym czasie:



grafika przedstawiająca relację między prądami
(x) – zalecenie dotyczące obwodu z silnikiem:

$$I_Z \geq 1,25 \times I_{NM}$$

(y) – zalecenie dotyczące obwodów ogólnego przeznaczenia (mieszkania, biura, magazyny, obiekty użyteczności publicznej):

$$I_N \geq 1,25 \times I_B$$

Tab.3. Wartości współczynnika k_2

wkładki topikowe				przełączniki termiczne/wyłączniki		
charakterystyka wkładki	prąd znamionowy wkładki I_N (zakres)	umowny czas wyłączenia	współczynnik k_2	aparat zabezpieczający	umowny czas wyłączenia	współczynnik k_2
gG (gL)	4	1h	2,1	przełącznik term. RE	1h	1,2
	6 - 16	1h	1,9	wył. siln. MS18/MPE25	1h	1,2
	20 - 63	1h	1,6	wył. ETIMAT10	1h	1,45
	80 - 160	2h	1,6	wył. sel. ETIMAT S	2h	1,2
	200 - 400	3h	1,6			
	>400	4h	1,6			
aM	pełny	60s	6,3			

Jeśli silnik będzie zabezpieczony jedynie wkładką topikową (zabezpieczenie zwarciove i brak zabezpieczenia przeciążeniowego) wówczas przekrój przewodu będzie nawet kilkakrotnie większy w stosunku do przekroju gdybyśmy użyli zabezpieczenia termicznego (choćby z tych powodów ekonomicznych korzystniejsze wydaje się używanie zawsze zabezpieczeń przeciążeniowych):

wkładka topikowa ($k_r=6$, $\alpha=2$):

$$I_N \geq \frac{I_{rM}}{\alpha} = \frac{k_r I_{NM}}{\alpha} = 3 \times I_{NM}$$

przełącznik termiczny lub wyłącznik silnikowy

$$I_N = (1,0 \div 1,1) \times I_{NM}$$

Dokumentacja techniczno-ruchowa		nr AB_03	str. 8/12
		Zasilanie, zabezpieczenie i sterowanie silnika indukcyjnego	

Przewody mają cieplną stałą czasową wielokrotnie mniejszą od silnika. Gdyby systematycznie wykorzystywać przeciążalność silnika sięgającą do $1,5 I_{NM}$ byłyby nadwyżężane cieplnie. Dlatego zaleca się by dodatkowo: $I_Z \geq 1,25 I_{NM}$ (patrz grafika-poprzednia strona).

W przypadku zabezpieczenia wkładką topikową przewodu zasilającego rozdzielnicę zasilającą grupę silników uruchamianych pojedynczo prąd znamionowy wkładki I_N można wyznaczyć z zależności:

$$I_N \geq (I_O - I_{NM \max}) + \frac{I_{rM \max}}{\alpha}$$

gdzie:

I_O – suma prądów znamionowych wszystkich silników w grupie (prąd obciążenia)

$I_{NM \max}$ – prąd znamionowy największego silnika w grupie

$I_{rM \max}$ – prąd rozruchowy największego silnika w grupie

Natomiast w przypadku rozruchu jednoczesnego:

$$I_N \geq \frac{\sum I_{rM}}{\alpha} = \frac{I_{\max}}{\alpha}$$

gdzie:

$I_{\max}$ – prąd pobierany w czasie rozruchu przez wszystkie silniki równy sumie prądów rozruchowych grupy silników.

Analogicznie jak dla pojedynczego silnika –mając dobrany prąd I_N wyznaczamy I_Z oraz odpowiedni przewód. Dla grupy silników przy rozruchu jednoczesnym (zabezpieczonych jedynie wkładką topikową) jeszcze bardziej uwypukla się aspekt ekonomiczny stosowania zaskakująco „dużych” przekrojów przewodów zasilających.

Uwaga:

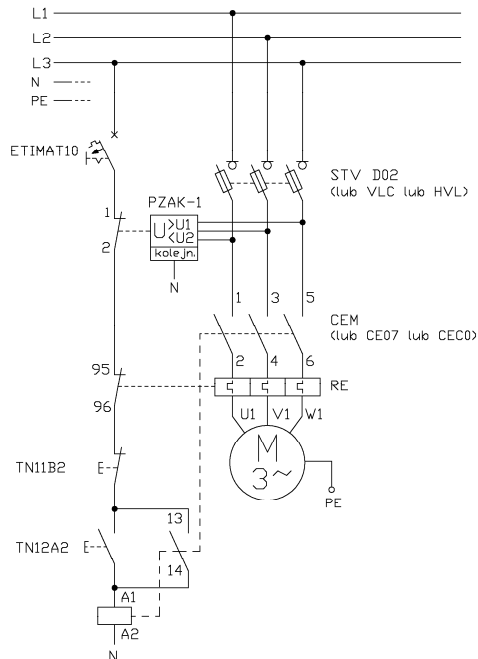
Powyższe zalecenia dotyczą jedynie doboru przewodu ze względu na obciążalność prądową długotrwałą i przeciążalność. Kompletnie obliczenia projektowe powinny dodatkowo uwzględniać warunki na: spadek napięcia, warunki zwarciove, samoczynne wyłączanie dla celów ochrony przeciwporażeniowej i wytrzymałość mechaniczną.



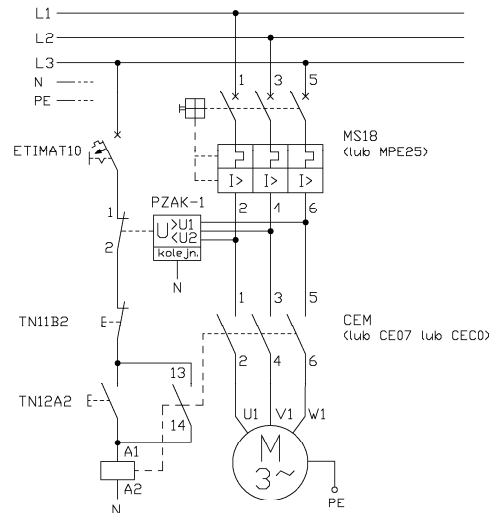
11. Schematy połączeń.

Przykładowe i najczęściej stosowane układy zasilania, zabezpieczenia i sterowania silnika indukcyjnego z funkcją zapobiegającą ponownemu rozruchowi przy powrocie napięcia: schematy 1-4.

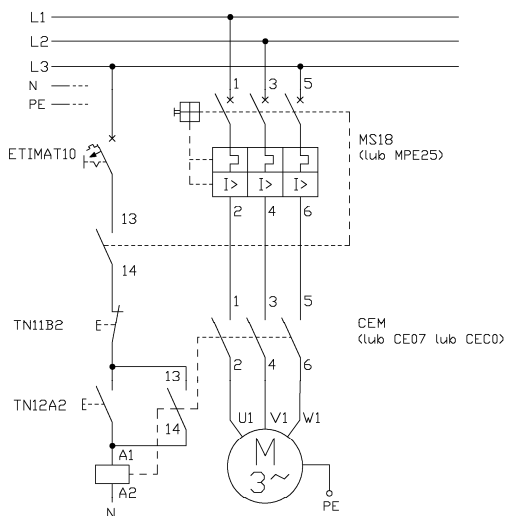
Schemat 1:



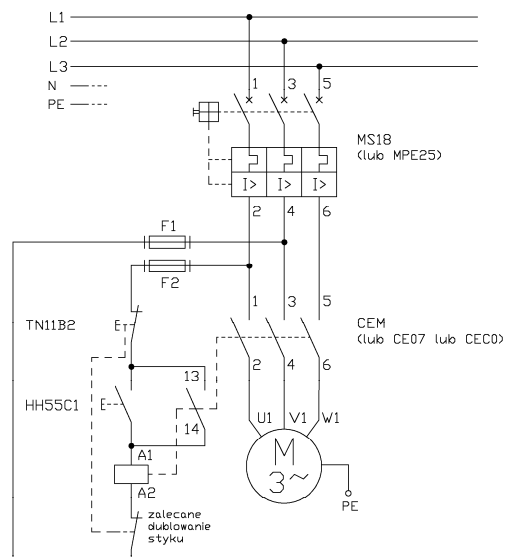
Schemat 2:



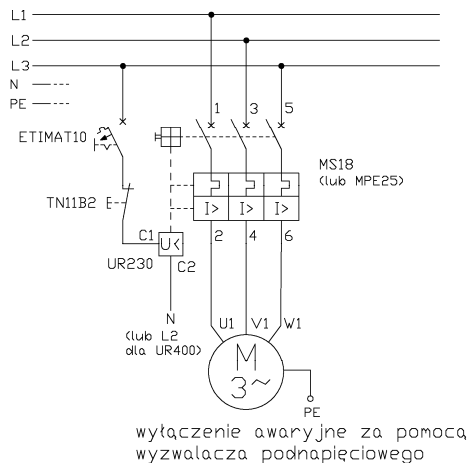
Schemat 3:



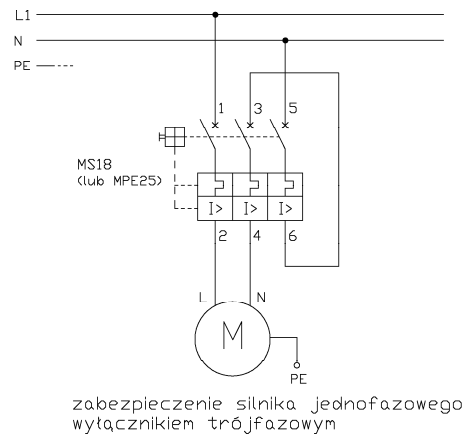
Schemat 4:



Schemat 5:



Schemat 6:



12. Dobór aparatów elektrycznych.

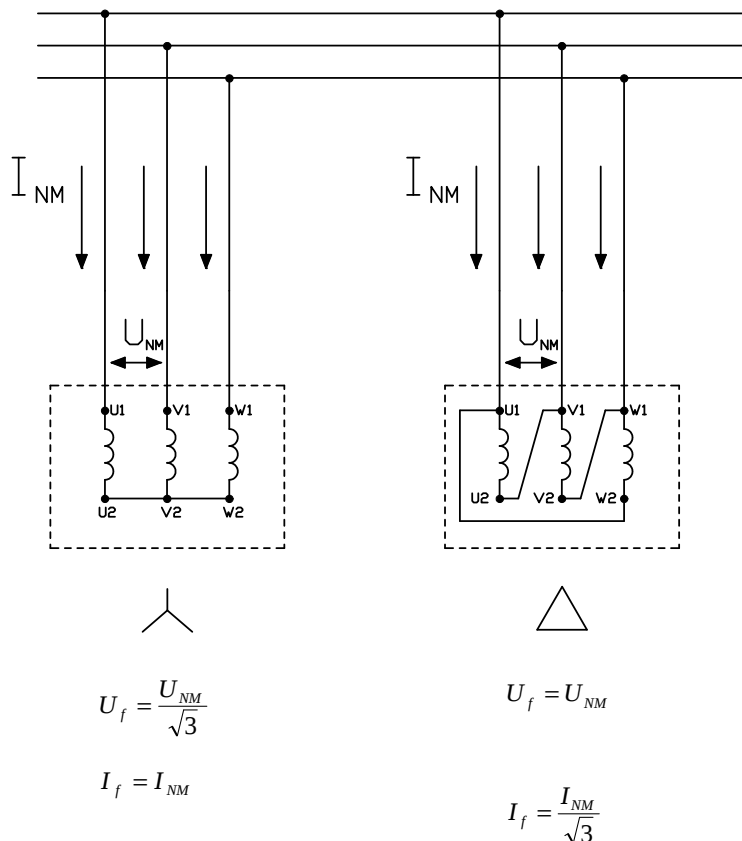
Tab.4

Dobór aparatów elektrycznych do schematów: 1÷5 wraz z nastawą przełącznika termicznego lub wyłącznika silnikowego dla sieci 3-fazowej 400/230V -rozruch bezpośredni. W tablicy zalecana nastawa $I_n=I_{NM}$. Dobrany przełącznik termiczny lub wyłącznik silnikowy posiada zakres ($I_{min}÷I_{max}$) umożliwiający nastawę wg zaleceń $I_n=(1,0÷1,1) \times I_{NM}$ (poza oznaczeniem *)

* wybór zapewnia nastawę: $I_n=I_{NM}$, aby nastawę zwiększyć do $1,1 \times I_{NM}$ należy dobrać przełącznik lub wyłącznik silnikowy o stopień większy

schemat nr.	1	x		x	x	x	x	-	
schemat nr.	2,3,4	-		-	x	-	x	x	
schemat nr.	5	-		-	-	-	-	x	
dane silnika		prąd znam. w kładki gL/gG I_N	rozłącznik z bezpiecznikiem	stycznik mini / standard	przełącznik termiczny do stycznika mini / standard	nastawa przek. term. lub wył. siln. I_n	wyłącznik silnikowy		
P	cosφ							η	I_{NM}
kW	-	%	A	A	szt.	szt.	szt.	A	szt.
0,06	0,7	58	0,21	1	VLC 10x38 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	-	0,21	MS18 0,25A
0,09	0,7	60	0,31	1	VLC 10x38 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-0,4 / RE27D-0,4	0,31	MS18 0,4A
0,12	0,7	60	0,41	2	VLC 10x38 3p / VLDO1 6A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-0,63 / RE27D-0,63	0,41	MS18 0,63A
0,18	0,7	62	0,60	2	VLC 10x38 3p / VLDO1 6A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-0,8 / RE27D-0,8	0,60	*MS18 0,63A
0,25	0,7	62	0,83	2	VLC 10x38 3p / VLDO1 6A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-1,2 / RE27D-1,2	0,83	MS18 1A
0,37	0,72	64	1,16	4	VLC 10x38 3p / VLDO1 6A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	*RE17D-1,2 / RE27D-1,2	1,16	MS18 1,6A
0,55	0,75	69	1,54	4	VLC 10x38 3p / VLDO1 6A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-1,8 / RE27D-1,8	1,54	*MS18 1,6A
0,75	0,8	74	1,84	6	VLC 10x38 3p / VLDO1 6A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-2,8 / RE27D-2,8	1,84	MS18 2,5A
1,1	0,83	77	2,49	6	VLC 10x38 3p / VLDO1 6A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-2,8 / RE27D-2,8	2,50	MS18 4A
1,5	0,83	78	3,36	6	VLC 10x38 3p / VLDO1 6A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-4,0 / RE27D-4,0	3,36	MS18 4A
2,2	0,83	81	4,74	10	VLC 10x38 3p / VLDO1 10A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-6,3 / RE27D-6,3	4,74	MS18 6,3A
3	0,84	81	6,39	16	VLC 10x38 3p / VLDO1 16A 3p	CEC07 (CE07) / CEM9	RE17D-8,0 / RE27D-8,0	6,39	MS18 10A
4	0,84	82	8,42	20	VLC 10x38 3p / STV D02 63A 3p	CEM9	RE27D-10	8,42	MS18 10A
5,5	0,85	83	11,30	25	VLC 10x38 3p / STV D02 63A 3p	CEM12	RE27D-12,5	11,30	MS18 14A
7,5	0,86	85	14,87	32	VLC 10x38 3p / STV D02 63A 3p	CEM18	RE27D-17	14,87	MS18 18A
11	0,86	87	21,31	40	VLC 14x51 3p / STV D02 63A 3p	CEM25	*RE27D-23	21,31	MPE25-25
15	0,86	87	29,06	63	VLC 22x58 3p / STV D02 63A 3p	CEM32	RE67.1D-40	29,06	MPE25-32
18,5	0,86	88	35,43	63	VLC 22x58 3p / STV D02 63A 3p	CEM40	RE67.1D-40	35,43	-
22	0,87	89	41,18	80	VLC 22x58 3p / HVL EK 00 3p M8	CEM50	RE67.2D-57	41,18	-
30	0,87	90	55,53	100	VLC 22x58 3p / HVL EK 00 3p M8	CEM65	RE67.2D-63	55,53	-
37	0,87	90	68,48	125	HVL EK 00 3p M8	CEM80	RE67.2D-80	68,48	-
45	0,88	91	81,44	160	HVL EK 00 3p M8	CEM95	RE117.1D-97	81,44	-
55	0,88	91	99,54	200	LTL1-3/9	CEM105	RE117.1D-112	99,54	-
75	0,88	91	135,73	200	LTL1-3/9	CEM150E	RE317D-150	135,73	-
90	0,88	92	161,11	250	LTL1-3/9	CEM180	RE317D-215	161,11	-
110	0,88	92	196,91	315	LTL2-3/9	CEM250	*RE317D-215	196,91	-
132	0,88	92	236,29	400	LTL2-3/9	CEM250	RE317D-310	236,29	-
160	0,88	93	283,34	400	LTL2-3/9	CEM300E	RE317D-310	283,34	-
200	0,88	93	354,17	500	LTL3-3/9	-	-	-	-
250	0,88	93	442,72	630	LTL3-3/9	-	-	-	-

13. Podstawowe zależności.



Poniżej w kolejności: moc znamionowa silnika P_{NM} (moc ta jest zawsze mocą na wale silnika), oraz moc czynna pobierana przez silnik z sieci P_P – liczona jako potrójna wartość mocy pobieranej przez jedną fazę

$$P_{NM} = P_P \times \eta_{NM}$$

$$P_P = 3 \times U_f \times I_f \times \cos \varphi_N$$

$$P_{NM} = 3 \times U_f \times I_f \times \cos \varphi_{NM} \times \eta_{NM}$$

Odpowiednio dla gwiazdy:

$$P_{NM} = 3 \times \frac{U_{NM}}{\sqrt{3}} \times I_{NM} \times \cos \varphi_{NM} \times \eta_{NM}$$

$$P_{NM} = \sqrt{3} \times U_{NM} \times I_{NM} \times \cos \varphi_{NM} \times \eta_{NM}$$

Odpowiednio dla trójkąta:

$$P_{NM} = 3 \times U_{NM} \times \frac{I_{NM}}{\sqrt{3}} \times \cos \varphi_{NM} \times \eta_{NM}$$

$$P_{NM} = \sqrt{3} \times U_{NM} \times I_{NM} \times \cos \varphi_{NM} \times \eta_{NM}$$

Niezależnie czy silnik połączony jest w Y czy Δ - zależność jest w obu przypadkach prawdziwa

$$P_{NM} = \sqrt{3} \times U_{NM} \times I_{NM} \times \cos \varphi_{NM} \times \eta_{NM}$$

(oczywiście nie oznacza to że ten sam silnik podłączony do tej samej sieci dla układu Δ i Y ma taką samą moc wówczas: $P_{\Delta} / P_Y = I_{\Delta} / I_Y = 3/1$ patrz *DTR_gwiazda_trojkat.pdf*. Aby $P_{\Delta} = P_Y$ to:

$U_{NY} / U_{N\Delta} = \sqrt{3}$ czyli należy zwiększyć napięcie razy $\sqrt{3}$ przy połączeniu silnika w Y)

z tego prąd znamionowy silnika I_{NM} (prąd przewodowy płynący w przewodach zasilających silnik):

$$I_{NM} = \frac{P_{NM}}{\sqrt{3} \times U_{NM} \times \cos \varphi_{NM} \times \eta_{NM}}$$

Dokumentacja techniczno-ruchowa		nr AB_03	str. 12/12
		Zasilanie, zabezpieczenie i sterowanie silnika indukcyjnego	

- P_{NM} -moc znamionowa czynna (moc użyteczna na wale silnika)
 P_p -moc czynna pobierana przez silnik z sieci
 η_{NM} -sprawność znamionowa silnika
 U_{NM} -napięcie znamionowe (napięcie międzyprzewodowe –powinno być podane czy dotyczy układu połączonego w trójkąt czy w gwiazdę, np.: 230V/400V 50Hz (Δ/Y) taki opis na tabliczce znamionowej oznacza że silnik połączony w trójkąt nie może być podłączony bezpośrednio do sieci 230/400V gdyż napięcie międzyprzewodowe sieci wynosi 400V a napięcie znamionowe silnika połączanego w trójkąt tylko 230V. Taki silnik możemy połączyć jedynie w gwiazdę. Silnik połączony w trójkąt przystosowany do podłączenia bezpośrednio do sieci powinien mieć opis: 400V/690V (Δ/Y) lub tylko 400V (Δ). Moc znamionowa silnika podawana jest dla konkretnego napięcia i układu połączenia. Np.: $P_{NM}=5,5KW$; 400V/690V (Δ/Y) oznacza że silnik ma moc na wale 5,5kW przy napięciu 400V i połączeniu w trójkąt oraz przy napięciu 690V i połączeniu w gwiazdę).
 I_{NM} -prąd znamionowy (jest zawsze prądem przewodowym płynącym w przewodach zasilających silnik)
 I_f, U_f -prąd oraz napięcie fazowe uzwojenia stojana
 $\cos\phi_{NM}$ –znamionowy współczynnik mocy.

Przełącznik gwiazda-trójkąt:

Szczegóły zostały zawarte w opracowaniu: „Rozrusznik gwiazda-trójkąt”, nazwa pliku:

DTR_gwiazda_trojkat.pdf, do pobrania z:

http://www.etipolam.com.pl/files/userfiles/ETI%20POLAM/Wsparcie%20Techniczne/Instrukcje/SZR/DTR_gwiazda_trojkat.pdf

Powyższe opracowanie zawiera ogólnie dostępne informacje i zależności podawane w literaturze fachowej. Zastosowanie w praktyce rozwiązań przedstawionych w opracowaniu użytkownik stosuje **na własną odpowiedzialność**.