

	29.Dobór zabezpieczeń i przewodów do silników	<u>433</u>
1.	Rodzaje zabezpieczeń silników elektrycznych niskiego napięcia	<u>433</u>
2.	Zabezpieczenia zwarciove..	<u>433</u>
3.	Zabezpieczenia przeciążeniowe	<u>435</u>
4.	Zabezpieczenia zanikowe	<u>437</u>
5.	Dobór przewodów do silników	<u>438</u>
	<i>Pytania kontrolne</i>	<u>440</u>

29. Dobór zabezpieczeń i przewodów do silników

29.1. Rodzaje zabezpieczeń silników elektrycznych niskiego napięcia

Dla wszystkich typów silników stosuje się **zabezpieczenia**:

zwarceniowe — od skutków zwarć w uzwojeniach silników i doprowadzeniach;

przeciążeniowe — od skutków przekroczenia dopuszczalnej temperatury uzwojeń silników;

zanikowe — od szkodliwych skutków powrotu napięcia po znacznym jego obniżeniu lub zaniku.

Silniki synchroniczne mogą być ponadto zabezpieczane od **wypadnięcia z synchronizmu**. Niektóre typy silników prądu stałego mogą wymagać zastosowania zabezpieczeń od **nadmiernego zwiększenia prędkości kątowej** (silniki szeregowce).

29.2 Zabezpieczenia zwarciovowe

Silniki zabezpiecza się od zwarć za pomocą bezpieczników topikowych lub wyłączników samoczynnych z wyzwalaczami elektromagnetycznymi. Zabezpieczenie zwarciovowe może być wykonane jako **indywidualne** — oddzielne dla każdego silnika, albo jako **grupowe** — wspólne dla grupy kilku silników.

Zabezpieczenia muszą być zainstalowane:

- w trzech fazach układu trójfazowego;
- na obu biegunach układu prądu stałego lub na jednym biegunie, jeśli drugi jest uziemiony.

Bezpieczniki topikowe dobiera się tak, aby wkładki topikowe nie ulegały stopieniu podczas rozruchu silnika. W praktyce korzysta się często z tablic, podających najmniejszy prąd znamionowy wkładki topikowej o działaniu szybkim lub opóźnionym w zależności od mocy silnika i charakteru rozruchu (tabl. 29.1 i tabl. 29.2).

Moc znamionowa silnika	Prąd znamionowy	Najmniejszy prąd znamionowy I_{BN} wkładki topikowej o działaniu			
		szybkim		opóźnionym	
		silnik włączony bezpośrednio	silnik włączony przez przełącznik gwiazda-trójkąt	silnik włączony bezpośrednio	silnik włączony przez przełącznik gwiazda-trójkąt
kW	A	A	A	A	A
0,8	2,2	6	6	6	6
1,1	2,8	10	6	6	6
1,5	3,5	10	6	10	6
2,2	5,1	16	6	16	6
3,0	6,5	20	10	16	10
4,0	8,5	25	10	20	10
5,5	11,3	32	16	25	16
7,5	15,2	50	20	32	20
10,0	20,1	63	25	50	25
13,0	25,6	80	32	63	32
17,0	32,5	80	32	80	32
22,0	41,0	100	50	100	50
30,0	55,0	160	63	100	63
40,0	73,0	200	80	32	80

Tablica 29.1. Dobór bezpieczników instalacyjnych do zabezpieczenia silników klatkowych serii „e” przy lekkim rozruchu silnika (wg materiałów pomocniczych do projektowania, opracowanych przez BPBPC Prochem) zasilanych z sieci 380 V, włączanych bezpośrednio lub przez przełącznik gwiazda-trójkąt

Moc znamionowa silnika	Prąd znamionowy silnika	Najmniejszy prąd znamionowy I_{BN} wkładki topikowej o działaniu	
		szybkim	opóźnionym
		A	A
kW	A	A	A
0,8	2,2	6	6
1,1	2,8	10	6
1,5	2,5	16	10
2,2	5,1	16	16
3,0	6,5	20	20
4,0	8,5	32	25
5,5	11,2	50	32
7,5	15,2	63	50
10,0	20,0	63	50
13,0	25,6	80	63
17,0	32,5	100	80
22,0	41,0	125	100
30,0	55,0	160	—
40,0	73,0	200	—

Tablica 29.2. Dobór bezpieczników instalacyjnych do zabezpieczenia trójfazowych silników klatkowych serii „e” przy ciężkim rozruchu silnika (wg materiałów pomocniczych do projektowania, opracowanych przez BPBPC Prochem) zasilanych z sieci 380 V

Wyzwalacze elektromagnetyczne wyłączników samoczynnych nastawia się na taką wartość prądu zadziałania I_{wem} , aby nie powodowały wyłączenia silnika podczas rozruchu.

Powinna być spełniona zależność

$$I_{wem} < 1,2 k_r I_{Nsil}$$

w której: k_r — krotność prądu rozruchowego silnika (podawana w katalogu silników);
 I_{Nsil} — prąd znamionowy silnika.

Wyłącznik z wyzwalaczami elektromagnetycznymi powinien mieć zdolność wyłączania prądu zwarciovego. Jeśli prąd, jaki może wyłączyć wyłącznik, jest mniejszy niż prąd zwarciovowy, to stosuje się dodatkowe bez-pieczniki *dobezpieczające* wyłącznik.

29.3

Zabezpieczenia przeciążeniowe

Przeciążenie silnika występuje wówczas, gdy silnik pobiera przez dłuższy czas prąd większy od znamionowego. Silniki są przeciążone głównie wskutek nadmiernego obciążenia mechanicznego. Silniki indukcyjne mogą

zostać przeciążone również wskutek obniżenia napięcia. W silnikach trójfazowych — przerwa w zasilaniu jednej fazy (np. wskutek stopienia wkładki topikowej) może również spowodować przeciążenie.

Przy przeciążeniach uzwojenia silnika mogą nagrzewać się do temperatury wyższej niż dopuszczalna, co grozi uszkodzeniem izolacji. Temperatura uzwojeń zależy od wartości przeciążenia i czasu jego trwania.

Silniki trójfazowe należy zabezpieczyć:

- **w trzech fazach** — w sieciach z uziemionym punktem neutralnym;
- **co najmniej w dwóch fazach** — w sieciach z izolowanym punktem neutralnym.

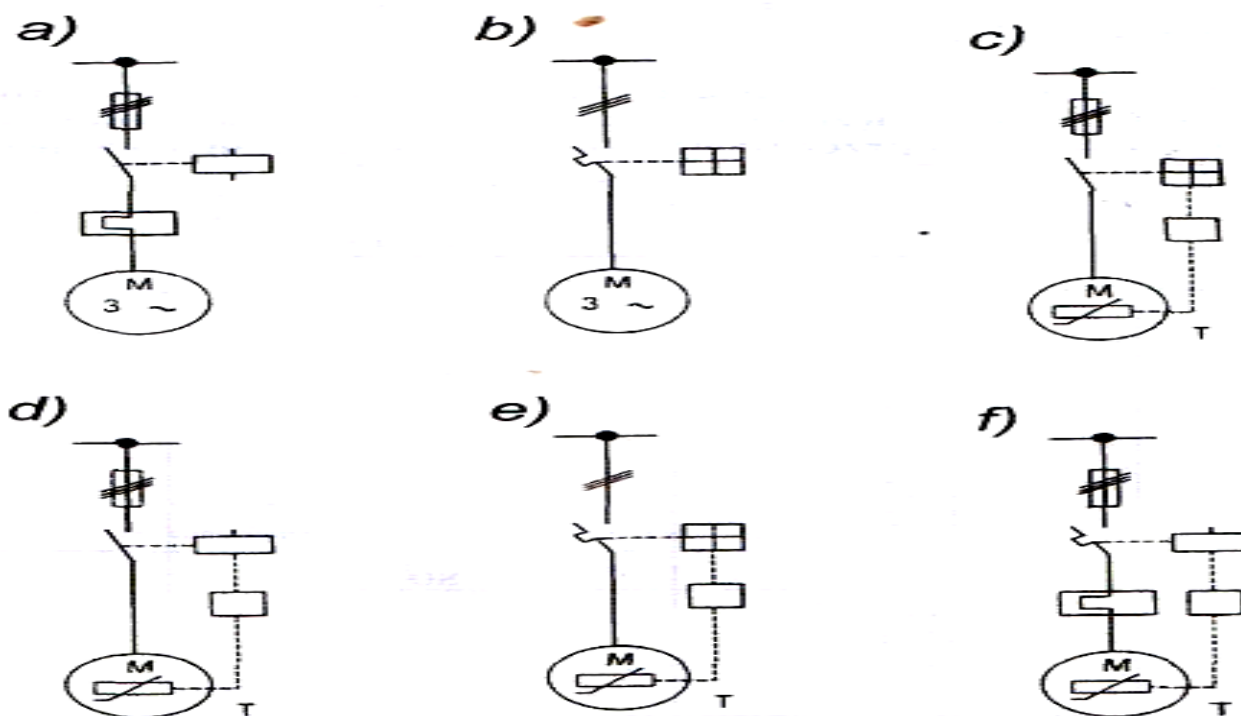
Zabezpieczenie przeciążeniowe powinno umożliwiać pracę silnika przy krótkotrwałym przeciążeniu, a powodować wyłączenie przy dłużej trwających przeciążeniach. Do wykonania zabezpieczenia stosuje się **wyzwalacze lub przekaźniki termiczne**, współpracujące z wyłącznikami samo-czynnymi (wyzwalacze i przekaźniki) **lub** stycznikami (przekaźniki).

Prąd zadziałania zabezpieczenia I_n dobiera się wg wzoru

$$I_{zt} = (1,0 \div 1,1) I_{N\ sil}$$

Zabezpieczeń przeciążeniowych można nie stosować do silników o prądzie znamionowym mniejszym niż 4 A, a także do silników o **mocy** mniejszej niż 10 kW, których przeciążenie mechaniczne jest mało prawdopodobne (np. napęd pomp odśrodkowych, wentylatorów itp.).

Nowoczesne zabezpieczenia silników od przeciążeń wykorzystują zainstalowane w silniku termistorowe czujniki temperatury do pomiaru temperatury uzwojeń silnika. Czujnik termistorowy współpracuje z układem elektronicznym i z przekaźnikiem na wyjściu. Na rysunku 29.1 pokazano różne rozwiązania zabezpieczenia silników przed skutkami zwarć i przeciążeń.

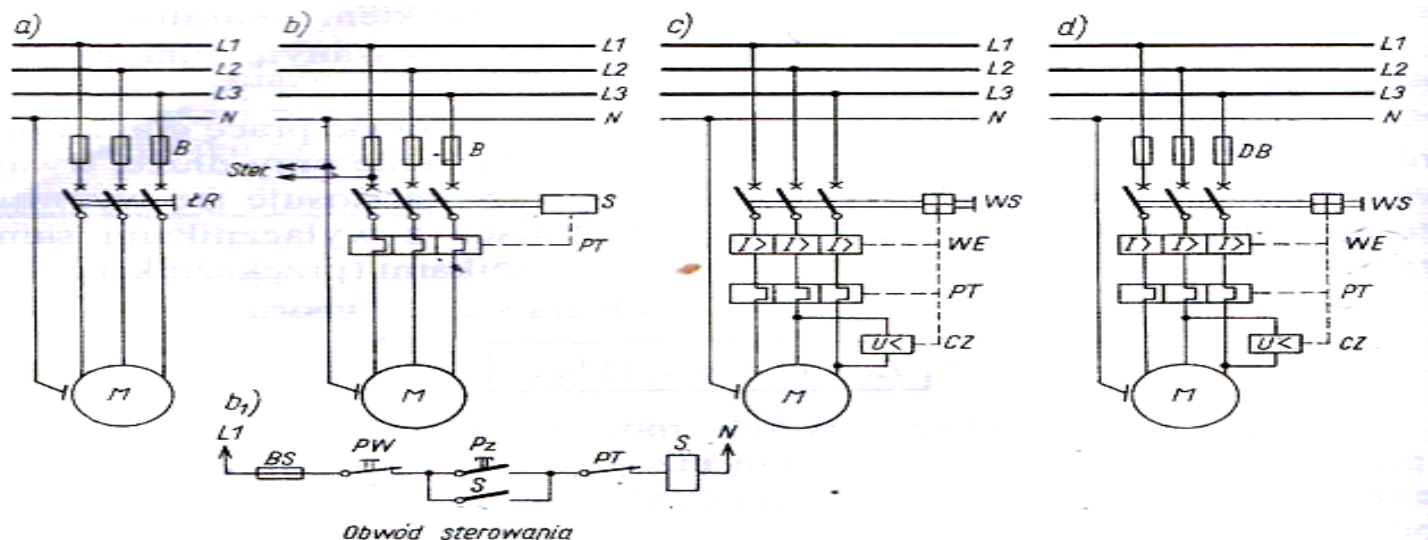


Rys. 29.1. Sposoby rozwiązania ochrony silników trójfazowych przed skutkami zwarć i przeciążeń. Zestaw urządzeń zawiera: a) bezpiecznik, stycznik i przekaźnik przeciążeniowy, wrażliwy na zanik fazy; b) wyłącznik z prądowozależnym zwłocznym i bezzwłocznym elektromagnetycznym wyzwalaczem nadprądowym; c) bezpiecznik, wyłącznik z elektromagnetycznym wyzwalaczem nadprądowym i termistorową ochroną silnika; d) bezpiecznik, stycznik z termistorową ochroną silnika; e) wyłącznik z prądowozależnym zwłocznym i bezzwłocznym elektromagnetycznym wyzwalaczem nadprądowym i termistorową ochroną silnika; f) bezpiecznik, stycznik, przekaźnik przeciążeniowy z termistorową ochroną silnika

29.4. Zabezpieczenia zanikowe

Zabezpieczenia zanikowe stanowią cewki zanikowe w wyłącznikach samoczynnych lub cewki styczników przyłączone do obwodu silnika. Zabezpieczenie zanikowe stosuje się w następujących przypadkach:

- gdy obniżenie napięcia uniemożliwia prawidłową pracę silnika;
 - gdy jest niepożądany samorozruch silnika po powrocie napięcia;
 - w przypadku silników pierścieniowych, gdy jest konieczny rozruch za pomocą rezystorów rozruchowych.
- Zabezpieczenia silników w podstawowych układach przedstawiono na rys. 29.2.



Rys. 29.2. Schemat przyłączenia i zabezpieczenia silników: a) z zastosowaniem łącznika roboczego ręcznego ŁR (pakietowego, krzywkowego itp.) i zabezpieczeniem zwarciovym bezpiecznikami B (dla silników o małych mocach); b) z zastosowaniem stycznika S , zabezpieczeniem zwarciovym za pomocą bezpieczników B , zabezpieczeniem przeciążeniowym za pomocą przekaźnika termicznego (ciepłego) PT ; na rys. b1 pokazano schemat sterowania stycznikiem, w którym bezpiecznik BS o prądzie znamionowym 2-6 A stosuje się, jeśli bezpieczniki B mają prąd znamionowy większy niż 25 A; c) z zastosowaniem wyłącznika zwarciovego samoczynnego WS z wyzwalaczami elektromagnetycznymi WE i przekaźnikami termicznymi PT (np. wyłączniki APU, WZU); d) z zastosowaniem wyłącznika zwarciovego samoczynnego z wyzwalaczami elektromagnetycznymi, przekaźnikami termicznymi i bezpiecznikami dobezpiecznikowymi (np. wyłącznik WIS)

B — bezpieczniki główne, BS — bezpieczniki w obwodzie sterowania, ŁR — łącznik roboczy. S — stycznik, PT — przekaźnik termiczny, PW — przycisk wyłączający, PZ — przycisk załączający CZ — cewka zanikowa, DB — dobezpiecznik

29.5. Dobór przewodów do silników

Przekrój przewodów dobiera się wstępnie z **tablic** obciążalności, **przyjmując, że w przewodach płynie:**

- **prąd znamionowy silnika** — jeśli rozruchy są rzadkie, a obciążenie silnika praktycznie stałe;
- **1,25 prądu znamionowego silnika** — jeśli silnik pracuje w sposób ciągły, lecz przy zmiennym obciążeniu oraz częstych rozruchach. Następnie dobiera się bezpieczniki do zabezpieczenia silnika (prąd znamionowy wkładki I_{Nb}). Do dobranego bezpiecznika można dobrać najmniejszy przekrój przewodów, które bezpiecznik może zabezpieczyć przed skutkami zwarcia (przegrzaniem). Doboru można dokonać na podstawie tabl. 29.3, dotyczącej warunków przemysłowych bez zagrożenia pożarowego lub wybuchowego. Otrzymuje się dwie wartości wymaganego przekroju i wybiera przewód o przekroju większym. Jeśli między silnikiem a rozdzielnicą występują **znaczne odległości** (od kilkudziesięciu do kilkuset metrów), to należy **dokonać sprawdzenia** przekroju **ze względu na spadki napięcia:**

- przy rozruchu,
- w czasie pracy ustalonej.

Należy zwiększyć przekrój przewodu, jeśli wystąpi nadmierny spadek napięcia.

Jeśli silnik jest zabezpieczony za pomocą wyłącznika samoczynnego z wyzwalaczami elektromagnetycznymi i termicznymi, to z tablic obciążalności należy dobrać przekrój przewodu o obciążalności większej niż prąd zadziałania zabezpieczenia termicznego.

Prąd znamionowy wkładki A	Przekrój przewodu Cu mm ²	Przekrój przewodu Al mm ²
6	1,5	2,5
10	1,5	2,5
16	2,5	4
20	2,5	4
25	4	6
35	6	10
50	10	16
60	16	25
80	25	35
100	25	35
125	35	50
160	50	70
200	70	95

Tablica 29.3 Dobór minimalnego przekroju przewodów miedzianych i aluminiowych, ułożonych na stałe w warunkach przemysłowych (bez zagrożenia pożarowego lub wybuchowego), w zależności od zastosowanej wkładki topikowej

Przykład doboru zabezpieczenia i przewodów do silnika.

Dobrać zabezpieczenia i przewody do silnika klatkowego o danych: $P_n = 4 \text{ kW}$, $I_N = 8,5 \text{ A}$, $U_N = 380 \text{ V}$, $k_f = 4$, $\cos\phi = 0,85$, o rozruchu lekkim, zainstalowanego w pomieszczeniu przemysłowym. Temperatura otoczenia do 25°C . Silnik będzie często załączany — ok. 10 razy na godzinę. Odległość silnika od rozdzielni 30 m, włączenie silnika do sieci — bezpośrednie.

Rozwiązanie

1. Wybór łączników i zabezpieczeń

Ze względu na częste załączanie trzeba zastosować stycznik. Zabezpieczenie zwarciovowe będą stanowić bezpieczniki topikowe instalacyjne BiWts o prądzie znamionowym dobranym wg tabl. 29.1

$$I_{bN} = 25\text{A}.$$

Moc znamionowa silnika	Prąd znamionowy	Najmniejszy prąd znamionowy I_{bN} wkładki topikowej o działaniu			
		szybkim		opóźnionym	
		silnik włączony bezpośrednio	silnik włączony przez przełącznik gwiazda-trójkąt	silnik włączony bezpośrednio	silnik włączony przez przełącznik gwiazda-trójkąt
kW	A	A	A	A	A
0,8	2,2	6	6	6	6
1,1	2,8	10	6	6	6
1,5	3,5	10	6	10	6
2,2	5,1	16	6	16	6
3,0	6,5	20	10	16	10
4,0	8,5	25	10	20	10
5,5	11,3	32	16	25	16
7,5	15,2	50	20	32	20
10,0	20,1	63	25	50	25
13,0	25,6	80	32	63	32
17,0	32,5	80	32	80	32
22,0	41,0	100	50	100	50
30,0	55,0	160	63	100	63
40,0	73,0	200	80	32	80

Nastawienie przekaźnika termicznego, stanowiącego zabezpieczenie przeciążeniowe, przyjęto

$$I_{\text{term}} = I_{\text{N sil}} = 8,5 \text{ A.}$$

2. Wybór przewodów

Instalacja elektryczna jest ułożona w rurach winidurowych, przyjęto zatem przewody DY750, nadające się do ułożenia w rurach. Ze względu na prąd znamionowy silnika przewody muszą mieć

$$I_{\text{dd}} > 1,25 \cdot 8,5 = 10,6 \text{ A}$$

Ze względu na wymagane zabezpieczenie bezpiecznikiem o prądzie znamionowym 25A zaliczone do grupy 4 — powinny mieć wg tabl. 10.4 Obciążalność co najmniej 10A. Przekrój przewodów powinien wynosić co najmniej 0,75 mm². Ze względu na spadek napięcia przy obciążeniu roboczym przekrój

$$S \geq \frac{1,73 I l \cos \varphi}{U_N \Delta u \gamma} \cdot 100 \% .$$

1

Przyjęto $\Delta u = 3\%$ oraz $\gamma = 55 \text{ MS/m}$, zatem

$$S \geq \frac{1,73 \cdot 8,5 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 100}{380 \cdot 3 \cdot 55} \approx 0,6 \text{ mm}^2 .$$

Można więc przyjąć przewody o najmniejszym przekroju 1 mm² . Ze względów montażowych przyjęto przewody DY750 1,5 mm² .