

## 4 DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ A KABELŮ

### 4.1 Řada jmenovitých průřezů vodičů a jejich značení

(0,35 - 0,5 - 0,75 - 1)

1,5	2,5	4	6	10	16	25
35	50	70	95	120	150	185
210	240	300	350	400	450	500

... [ mm<sup>2</sup> ]

Provedení:      - Al                      - hliník  
                          - Cu                      - měď



**RE**

kulatý jednodrátový



**RM**

kulatý mnohadrátový



**RF**

kulatý mnohadrátový  
s jemným lanováním



**RMV**

kulatý mnohadrátový  
komprimovaný



**SE**

sektor  
jednodrátový



**SM**

sektor mnohadrátový  
komprimovaný

Kombinovaná lana:      AlFe6                      AlFe4                      AlFe3

Označení AlFe4 300 znamená:      Al – 300 mm<sup>2</sup>      Fe – 75 mm<sup>2</sup>  
 nikoli: ~~Al – 240 mm<sup>2</sup>      Fe – 60 mm<sup>2</sup>~~

Písmenné a barevné značení vodičů: dle ČSN 33 0166 ed.2: 2002

Typ vodiče	Význam vodiče	Značení písmeny	Značení barvou
holé vodiče	fáze A	L1	oranžová
	fáze B	L2	oranžová
	fáze C	L3	oranžová
	střední vodič	N	světle modrá
	uzemňovací vodič	PE	zelenožlutá
	nulovací vodič	PEN	zelenožlutá
izolované vodiče	fáze A	L1	hnědá
	fáze B	L2	černá
	fáze C	L3	šedá
	střední vodič	N	světle modrá
	uzemňovací vodič	PE	zelenožlutá
	nulovací vodič	PEN	zelenožlutá

Dle ČSN 33 0166 edice 2 2002

Šňůry a ohebné kabely <i>Flexible cables</i>				Kabely pro pevné uložení <i>Fixed cables</i>			
Počet žil <i>Number of</i>	Počet žil <i>Number of cores</i>	se žž (G) <i>with yeł. grn.</i>	bez žž (X) <i>without yeł. grn.</i>	Počet žil <i>Number of cores</i>	se žž (-J) <i>with yeł. grn.</i>	bez žž (-O) <i>without yeł. grn.</i>	
2-žilové <i>2 cores</i>	2-žilové <i>2 cores</i>			2-žilové <i>2 cores</i>			
3-žilové <i>3 cores</i>	3-žilové <i>3 cores</i>			3-žilové <i>3 cores</i>			
4-žilové <i>4 cores</i>	4-žilové <i>4 cores</i>			4-žilové <i>4 cores</i>			
5-žilové <i>5 cores</i>	5-žilové <i>5 cores</i>			5-žilové <i>5 cores</i>			

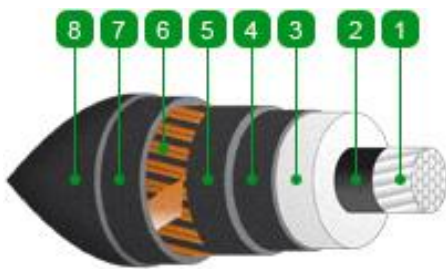
Pozn.: Nové barevné značení spočívá v tom, že pro fázové vodiče se kromě barev černé a hnědé používá i barva šedá, aby oproti starému barevnému značení bylo možno určovat i jednotlivé fáze a jejich pořadí.

## Značení kabelů podle ČSN 34 7401, tzv. neharmonizované značení:

Ve formátu X - ABCDE, kde význam je následující:

A	- materiál vodiče:	A	- Al - hliník
		C	- Cu - měď
B	- typ izolace vodiče	Y	- PVC
		XE	- zesítný polyethylen
		N	- impregnovaný papír
		G	- pryž („guma“)
C	- určení vodiče	K	- silový kabel
D	- společná izolace vodičů, značení opět Y, N, G		
E	- další specifická vlastnost kabelu dle výrobce, např. stínění, ochrana proti vnikání vodě (V), pancéřování (P) (nepovinné)		
X	- označení napěťové způsobilosti v kV (nepovinné)		

Příklady: 1- CYKY, 6 - AYKYP



22 - AXEKVCEY = hliníkový silový kabel pro napětí 22 kV, izolace vodičů ze zesítného polyethylenu, páska zadržující vnikání vody, stínění pomocí měděných pásek či drátků, ochranný obal z polyethylenu a vrchní plášť z PVC

### 4.2 Kritéria dimenzování vodičů

- Kontrola na oteplení vodiče – provádí se vždy
- Kontrola mechanických účinků zkratového proudu
- Kontrola tepelných účinků zkratového proudu
- Kontrola úbytku velikosti napětí
- Kontrola velikosti Jouleových ztrát

### 4.3 Kontrola na oteplení vodiče

Také jinak řečeno:

- Kontrola na velikost proudové hustoty
- Kontrola na dovolené proudové zatížení vodiče

Kontrola spočívá v porovnání proudu procházejícího vodičem ( $I_P$ ) s dovolenou hodnotou proudu ( $I_D$ ) pro daný průřez vodiče, typ izolace a pracovní podmínky pro ochlazování – okolní teplota a způsob uložení vodiče.

Aby nedošlo k překročení maximální dovolené teploty izolace vodiče, pro námi navrhovaný průřez musí platit:

$$I_P \leq I_D$$

Dovolené hodnoty trvalých provozních teplot izolace:

Typ izolace	Povolená dlouhodobá provozní teplota [°C]	Základní teplota vzduchu [°C]
PVC	70	30
Zesítný polyethylen XPE	90	30
Pryž („guma“)	60	30
Teplotně odolná pryž	80	30
Impregnovaný papír	80	30
Izolace ze skleněných vláken	130	90
Holé vodiče, např. AlFe	80	30

Hodnoty dovoleného proudového zatížení  $I_D$  jsou uvedené v normě a odpovídají vypočteným a naměřeným přechodným elektrotepelným dějům a zajišťují nepřekročení dovolené provozní teploty vodiče.

Pro daný typ provedení vodiče nalezneme základní hodnotu dovoleného proudu, kterou upravíme násobením opravnými koeficienty respektujícími dané pracovní podmínky:

$$I_D = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_N \cdot I_{DN} = I_{DN} \prod_{i=1}^N k_i$$

$I_D$  - dovolený provozní proud vodiče pro dané podmínky

$I_{DN}$  - dovolený provozní proud vodiče pro normalizované podmínky

$k_i$  - korekční (přepočítávací) koeficienty respektující odlišné podmínky od normalizovaných podmínek – např. okolní teplota

Pak zkontrolujeme podmínku:  $I_P \leq I_D$

*Příklad 1:*

Ověřte správnost návrhu vodiče 4x CYKY 10 mm<sup>2</sup>, který napájí trojfázový motor o výkonu  $P_N = 30$  kW, pracující s účinností 92% a účíníkem  $\cos\varphi = 0,85$ . Motor je připojen k síti se jmenovitým napětím  $U_N = 400$  V. Vodič je umístěn v trubce na zdi. Okolo stěny je klidný vzduch s teplotou 35°C.

Průchozí proud – jmenovitý proud motoru:






$$I_P = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 0,92} = 53,4 \text{ A}$$

Dovolené hodnoty trvalých provozních teplot izolace:

Typ izolace	Povolená dlouhodobá provozní teplota [°C]	Základní teplota vzduchu [°C]
PVC	70	30

a) způsob uložení vodiče

Čtyř-žilový kabel je umístěn v trubce na zdi – jedná se o způsob uložení B.

způsob uložení	označení	popis
	<b>A</b>	Izolované vodiče v trubkách zapuštěných v izolačních stěnách.
	<b>B</b>	Izolované vodiče v trubkách nebo lištách na stěně.
	<b>C</b>	Kabely vícežilové na zdi., ve zdivu, na podlaze
	<b>D</b>	Kabely vícežilové v trubkách v zemi, nebo přímo v zemi.
	<b>E</b>	Kabely 2+3 žilové na vzduchu

V normě nalezneme dovolený proud pro dané uložení a základní teplotu:

Dovolené zatěžovací proudy měděných (Cu) vodičů s PVC izolací při okolní teplotě vzduchu 30 °C, v zemi ( pro uložení v zemi 20 °C a tepelném odporu půdy 2,5 K·m/W.)

Jmenovitý průřez vodičů (mm <sup>2</sup> )	Dovolené zatěžovací proudy [A]									
	při dvou zatížených vodičích způsob uložení podle tabulky					při třech zatížených vodičích způsob uložení podle tabulky				
	A	B	C	D*	E	A	B	C	D*	E
1	11	13,5	15	17,5	17	10,5	12	13,5	14,5	14,5
1,5	14,5	17,5	19,5	22	22	13	15,5	17,5	18	18,5
2,5	19,5	24	26	29	30	18	21	24	24	25
4	26	32	35	38	40	24	28	32	31	34
6	34	41	46	47	52	31	36	41	39	43
10	46	57	63	63	71	42	50	57	52	60
16	61	76	85	81	96	56	68	76	67	80
25	80	101	112	104	119	73	89	96	86	103

Dovolený provozní proud pro základní teplotu vzduchu (30°C):

Tab.13:  $I_{DN} = 50 \text{ A}$

b) korekce na odlišnou teplotu prostředí

Vodič je uložen v prostředí o vyšší teplotě (35°C) než je základní teplota (30°C).

Úprava na zvýšenou teplotu okolí: Tab.2:  $k_I = 0,94$

Tab.2 - Přepočítávací součinitelé pro okolní teploty vzduchu odlišné od 30 °C (tab. 52-NF20 z [1])

Nejvyšší dovolená provozní teplota jádra [°C]	Teplota prostředí [°C]									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
60	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
65	1,25	1,20	1,13	1,07	1	0,93	0,85	0,76	0,65	0,53
70	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
75	1,20	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,74	0,67
80	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71
85	1,17	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
90	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76
120	1,11	1,08	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85

Úprava na zvýšenou teplotu okolí:

$$I_D = k_1 \cdot I_{DN} = 0,94 \cdot 50 = 47 \text{ A}$$

$$I_D < I_P \quad \rightarrow \quad 47 \text{ A} < 53,4 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad KO$$

Nutno volit větší průřez vodiče  $S = 16 \text{ mm}^2$ ,  $I_{DN} = 68 \text{ A}$

$$I_D = k_1 \cdot I_{DN} = 0,94 \cdot 68 = 63,9 \text{ A}$$

$$I_D > I_P \quad \rightarrow \quad 63,9 \text{ A} > 53,4 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad OK$$

Alternativní možnosti zlepšení jsou:

- Izolace s vyšší trvale dovolenou provozní teplotou.
- Vodič s nižší rezistivitou.
- Vhodnější podmínky uložení z hlediska ochlazování.
- Snížení potřebného provozního proudu vyšší kompenzací účinníku nebo vyšší účinností spotřebiče.

### Příklad 2:

Navrhnete přívod pro asynchronní motor 6 kV, jehož  $P_n = 550$  kW,  $\cos\varphi = 0,85$ ,  $\eta = 95\%$ , který je napájen z rozváděče vzdáleného 100 m.

Návrh provedte pro kabel 6-AYKCY, který je uložen na kabelové neperforované lávce v těsném seskupení s dalšími pěti kabely, teplota okolí je  $40^\circ\text{C}$ .

Průchozí proud – jmenovitý proud motoru:

$$I_P = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{550}{\sqrt{3} \cdot 6} = 65,54 \text{ A}$$

Dovolené hodnoty trvalých provozních teplot izolace:

Typ izolace	Povolená dlouhodobá provozní teplota [ $^\circ\text{C}$ ]	Základní teplota vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ]
PVC	70	30

a) teplota prostředí

Vodič je uložen v prostředí o vyšší teplotě ( $40^\circ\text{C}$ ) než je základní teplota ( $30^\circ\text{C}$ ).

Úprava na zvýšenou teplotu okolí: Tab.2:  $k_I = 0,87$

Tab.2 - Přepočítávací součinitelé pro okolní teploty vzduchu odlišné od  $30^\circ\text{C}$  (tab. 52-NF20 z [1])

Nejvyšší dovolená provozní teplota jádra [ $^\circ\text{C}$ ]	Teplota prostředí [ $^\circ\text{C}$ ]									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
60	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
65	1,25	1,20	1,13	1,07	1	0,93	0,85	0,76	0,65	0,53
70	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
75	1,20	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,74	0,67
80	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71
85	1,17	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
90	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76
120	1,11	1,08	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85



b) způsob uložení vodiče

Kabel je uložen na neperforované lávce v těsném seskupení s dalšími pěti kabely.

Úprava na uložení vodiče: Tab.5:  $k_2 = 0,70$

Tab.5 - Přepočítávací součinitelé pro seskupení více kabelů

Součinitel zatížitelnosti kabelů podle uložení									
Počet lávcek	Počet kabelů	Způsob uložení							
		Neperforované lávky		Perforované lávky		Svislé lávky		Kabelové rošty, háky apod.	
		těsně	volně	těsně	volně	těsně	volně	těsně	volně
1	1	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2	0,85	0,95	0,90	1,00	0,90	0,90	0,85	1,00
	3	0,80	0,95	0,80	1,00	0,80	0,90	0,80	1,00
	4	0,75	0,95	0,80	0,95	0,75	0,90	0,80	1,00
	6	0,70	0,90	0,75	0,90	0,75	0,85	0,80	1,00
	9	0,70	-	0,75	-	0,70	-	0,80	-
2	1	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2	0,85	0,95	0,85	1,00	0,90	0,90	0,85	1,00
	3	0,75	0,90	0,80	0,95	0,90	0,90	0,80	1,00
	4	0,75	0,90	0,75	0,90	0,75	0,85	0,80	0,95
	6	0,70	0,85	0,75	0,85	0,70	0,85	0,75	0,95
	9	0,65	-	0,70	-	0,70	-	0,75	-
3	1	0,95	0,95	1,00	1,00	-	-	1,00	1,00
	2	0,85	0,95	0,85	1,00	-	-	0,85	1,00
	3	0,75	0,90	0,80	0,95	-	-	0,80	0,95
	4	0,70	0,90	0,75	0,90	-	-	0,75	0,95
	6	0,65	0,85	0,70	0,85	-	-	0,75	0,95
	9	0,60	-	0,65	-	-	-	0,70	-

Musí platit:

$$I_D = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{DN} \geq I_P \quad \Rightarrow \quad I_{DN} \geq \frac{I_P}{k_1 \cdot k_2}$$

Z katalogu vybereme vhodný průřez vodiče splňující výše uvedenou podmínku:

$$I_{DN} \geq \frac{I_P}{k_1 \cdot k_2} = \frac{65,54}{0,87 \cdot 0,7} = 107,62 \text{ A}$$

Volíme kabel o průřezu  $50 \text{ mm}^2$  s  $I_{DN} = 127 \text{ A}$

<b>6-AYKCY</b>				
dovolené zatížení pro základní teplotu $30^\circ\text{C}$ (ve vzduchu) / $25^\circ\text{C}$ (v zemi)				
S ( $\text{mm}^2$ )	$I_{DNv}$ (A) - vzduch	$I_{DNz}$ (A) – v zemi	R ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ )	X ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ )
25	87	109	1,43	0,097
35	104	129	1,02	0,094
50	127	156	0,718	0,088
70	155	186	0,513	0,085
95	168	204	0,378	0,082
120	195	235	0,299	0,078
150	224	268	0,239	0,078
185	259	306	0,194	0,078
240	306	357	0,149	0,078

Při daných podmínkách může vodiče protékat proud až ho hodnoty dovoleného proudu:

$$I_D = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{DN} = 0,87 \cdot 0,7 \cdot 127 = 77,34 \text{ A}$$

$$I_D > I_P \quad \rightarrow \quad 77,34 \text{ A} > 65,54 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad OK$$