

# METODYKA DOBORU MOCY SIŁOWNI TELEKOMUNIKACYJNEJ ORAZ DOBORU PRZEWODÓW ZASILAJĄCYCH

mgr inż. Julian Wiatr

Siłownia telekomunikacyjna (STK) o napięciu znamionowym wyjściowym **48 V dc** stanowi źródło napięcia gwarantowanego przeznaczone do zasilania odbiorników stałoprądowych systemów telekomunikacyjnych. Podczas zwarcia zachowuje się jak źródło prądowe. Natomiast w czasie normalnej eksploatacji zapewnia dostawę mocy o stałej wartości narzuconej przez zasilane odbiorniki.

Podstawowym elementem wyposażenia STK są zasilacze stałoprądowe gwarantujące dostawę mocy zapotrzebowanej przez zasilane odbiorniki oraz baterie akumulatorów stanowiące źródło energii umożliwiające nieprzerwaną pracę zasilanych odbiorników w przypadku przerwy w dostawie energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej.

STK jest zasilana z sieci elektroenergetycznej, w zależności od mocy zapotrzebowanej, napięciem **230 V lub 3x230/400 V**. Układ zasilania STK z sieci elektroenergetycznej należy projektować zgodnie z zasadami projektowania odbiorników prądu przemiennoprądowych. Układ zasilania STK z sieci elektroenergetycznej stanowi końcowy element projektu układu systemu zasilania napięcia gwarantowanego odbiorników przyłączonych do wyjścia siłowni.

Dobór STK należy rozpocząć od określenia mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki stałoprądowe. Następnie na podstawie kart katalogowych producenta akumulatorów należy przyjąć typ oraz pojemność pojedynczego akumulatora. W kartach katalogowych akumulatorów producent podaje, oprócz podstawowych danych znamionowych i krzywej odcięcia określającej graniczne napięcie rozładowania  $U_k$  przy określonym prądzie, charakterystyki stałoprądowego oraz stałomocowego rozładowania. Ponieważ STK stanowi zasilacz napięcia gwarantowanego, dla prowadzenia obliczeń doboru liczby akumulatorów stanowiących magazyn energii należy posługiwać się charakterystykami **stałomocowego** rozładowania, gdyż zasilane odbiorniki zapotrzebowują stałą wartość mocy.

Charakterystyki te przedstawiają wartość mocy dysponowanej przy rozładowaniu dla określonego czasu rozładowania do określonej wartości napięcia odcięcia  $U_k$ . W przypadku STK należy przyjmować  $U_k=1,8 \text{ V/ogn}$ .

Kolejną czynnością jest ustalenie wymaganego czasu  $T_p$  podtrzymania zasilania w przypadku przerwy w dostawie energii z sieci elektroenergetycznej. Na podstawie DTR producenta STK należy ustalić sprawność siłowni  $\eta$ .

Ponieważ pojedyncza gałąź gabinetu baterii stanowiącego magazyn energii musi posiadać napięcie znamionowe  $U_n=48 \text{ V}$ , gałąź będzie zawierała **4** akumulatory o napięciu **12 V** lub **8** akumulatorów o napięciu **6 V**.

Po ustaleniu w/w parametrów należy wyznaczyć za pomocą wzoru (1) wymaganą liczbę „ $k$ ” gałęzi zawierających szeregowo połączone akumulatory umożliwiające uzyskanie napięcia znamionowego

$$k = \frac{P_c \cdot k_s}{P_{dysp.ogn./T_p=x \text{ h}; U_k=1,8 \text{ V/ogn} \cdot \eta \cdot n \cdot n_a} = \frac{P_c \cdot k_s}{P_{dysp. akum./T_p=x \text{ h}; U_k=1,8 \text{ V/ogn} \cdot \eta \cdot n_a} \quad (1)$$

gdzie:

$P_c$  – moc zapotrzebowana przez centralę lub inne urządzenie telekomunikacyjne zasilane z STK, w [W]

$k_s$  – współczynnik starzenia akumulatorów, przyjmowany jako (1,25 -1,3), w [-]

$P_{dysp.ogn./T_p=x \text{ h}; U_k=1,8 \text{ V/ogn}$  - moc dysponowana na ogniwo w określonym czasie rozładowania  $x$  godzin, [W/ogn],  
odczytana z charakterystyki salomonowego rozładowania zamieszczonej w DTR akumulatora

$P_{dysp.akum./T_p=x h; U_k=1,8 V / ogn.}$  - moc dysponowana przez akumulator w określonym czasie rozładowania x godzin, [W/ogn] odczytana z charakterystyki salomonowego rozładowania zamieszczonej w DTR akumulatora

$\eta$  - sprawność STK, w -]

n – liczba pojedynczych cel w akumulatorze (dla akumulatora 12 V, n= 6; dla akumulatora 6 V n= 3)

$n_a$  – liczba równoległych gałęzi, szeregowo połączonych akumulatorów, tworzących magazyn energii STK

Kolejną czynnością jest wyznaczenie mocy ładowania baterii akumulatorów za pomocą wzoru (2). W tym celu przyjmuje się 10-godzinny prąd rozładowania akumulatora  $I_{10}=0,1C$ , odczytany z charakterystyki stałoprądowego rozładowania zamieszczonej w **DTR** producenta dla **czasu 10 godzin**.

$$P_{\text{LB}} = I_{10} \cdot k \cdot U_{Bu} = 0,1C \cdot k \cdot U_{Bu} \quad (2)$$

Gdzie:

$I_{10} = 0,1C$  – prąd 10-cio godzinowego rozładowania akumulatora, określony w DTR producenta, w [A]

$U_{Bu}$ - napięcie buforowe ładowania, przyjmowane jako 52 V dla akumulatorów klasycznych oraz 54 V dla akumulatorów żelowych\*).

Wymagana moc dysponowana na wyjściu **STK** stanowi sumę mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki stałoprądowe zasilane przez **STK** oraz mocy ładowania akumulatorów – wzór (3):

$$P_{dysp. STK} = P_c + P_{\text{LB}} \quad (3)$$

Gdzie:

$P_c$  – moc zasilanej centrali lub innego odbiornika, w [W]

$P_{\text{LB}}$ - moc ładowania baterii stanowiących wyposażenie magazynu energii STK, w [W]

Następnie na podstawie DTR producenta STK należy przyjąć moc  $P_1$  zasilacza stałoprądowego i wyznaczyć wymaganą liczbę zasilaczy, gwarantujących uzyskanie na wyjściu **STK** wymaganej mocy  $P_{dysp. STK}$ \*). Liczba N zasilaczy o mocy  $P_1$  musi zostać powiększona o 1 w stosunku do wymaganej liczby zasilaczy, przez co liczba zasilaczy stałoprądowych stanowiących wyposażenie dobieranej **STK** musi spełniać zależność (4):

$$N = \frac{P_{dysp. STK}}{P_1} \Rightarrow N' = N + 1 \quad (4)$$

W zawiązku z tym moc dysponowaną na wyjściu **STK** należy wyznaczyć z wykorzystaniem wzoru (5):

$$P_{dys. STK} = N' \cdot P_1^{**}) \quad (5)$$

---

\*) W rzeczywistości napięcie te stanowi iloczyn liczby pojedynczych ogniw akumulatorów połączonych szeregowo oraz największego napięcia buforowego określonego w DTR producenta akumulatorów. Dla celów praktycznych można korzystać z wartości określonych w opisie do wzoru (2).

\*\*)W przypadku STK, która wymaga osobnego doboru ładowarek akumulatorów oraz zasilaczy dla zasilania zewnętrznych odbiorników, liczbę ładowarek oraz zasilaczy należy wyznaczyć osobno wg. zasad określonych przez wzór (5).

Dla wyznaczenia mocy zapotrzebowanej na wejściu **STK** należy odczytać z **DTR** producenta współczynnik zawartości harmonicznych prądu i obliczyć współczynnik zniekształceń „**W**”, z wykorzystaniem wzoru (6):

$$W = \left( \frac{100}{100 + THD_i} \right)^2 \quad (6)$$

gdzie:

THD<sub>i%</sub> - współczynnik zawartości wyższych harmonicznych, określony w DTR producenta, w [-]

cosφ - współczynnik mocy STK, określony w DTR producenta, w [-]

η - sprawność STK, określona w DTR producenta, w [-]

Moc zapotrzebowaną przez **STK** należy wyznaczyć ze wzoru (7) oraz ze wzoru (8):

$$P_{weJ\ STK} = \frac{P_{dys.\ STK}}{\eta \cdot W} \quad (7)$$

$$S_{weJ\ STK} = \frac{P_{dys.\ STK}}{W \cdot \eta \cdot \cos\varphi} \quad (8)$$

Prąd wejściowy **STK** po stronie **ac**:

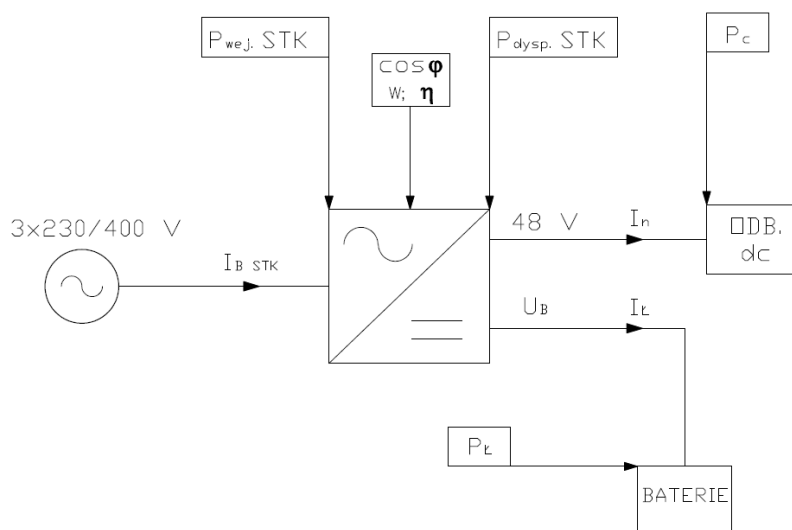
- zasilanie trójfazowe

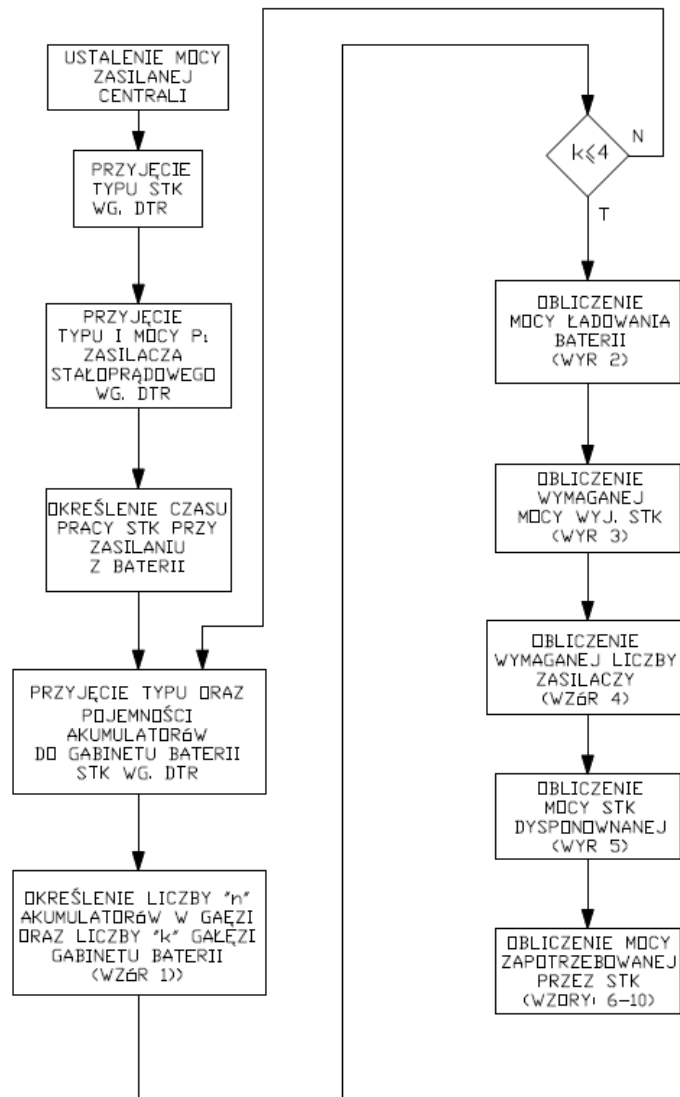
$$I_B = \frac{P_{weJ.\ STK}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} \quad (9)$$

- zasilanie jednofazowe

$$I_B = \frac{P_{weJ.\ STK}}{U_{n1f} \cdot \cos\varphi} \quad (10)$$

Pomocny przy doborze **STK** może być rys. 1, na którym przedstawiono rozpływy mocy oraz metodykę doboru mocy **STK**.



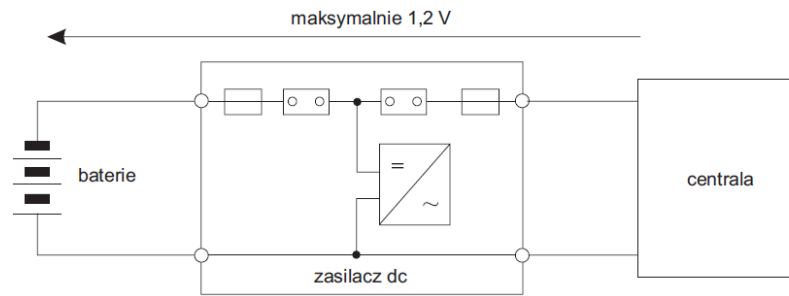


**Rys. 1:** Algorytm doboru mocy siłowni telekomunikacyjnej:  
 a) rozplyw mocy b) schemat obliczeń

Dobór przewodów po stronie dc należy dokonać ze względu na dopuszczalną obciążalność prądową i przeciążalność oraz dopuszczalny spadek napięcia.

O przekroju przewodu w obwodach dc zasilanych przez **STK** w głównej mierze decyduje dopuszczalny spadek napięcia. W odniesieniu do central telefonicznych wymagania zostały określone w normie **PN-T-83102:1996 Zasilanie urządzeń łączności w energię elektryczną**.

Zgodnie z tą normą dopuszczalny spadek napięcia w układzie zasilania **STK** nie może przekraczać 1,2 V. Ponieważ producenci **STK** zastrzegają, że spadek napięcia liczony od zacisków magazynu energii do wyjścia z **STK** może wynosić 0,5 V. W konsekwencji dopuszczalny spadek napięcia określony jako 1,2 V oznacza wartość 2,5% wartości napięcia znamionowego siłowni. Wymagania zgodne z normą **PN-T-83102:1996** przedstawia **rysunek 2**.



**Rys. 2.** Dopuszczalne spadki napięcia w układzie zasilania z **STK** centrali telefonicznej, wg normy **PN-T-83102 [1]**

W przypadku innych urządzeń można stosować zlecenia normy **PN-HD 60364-5-52:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie**. W załączniku „G” tej normy zalecany spadek napięcia dla odbiorników nie oświetleniowych wynosi **5%** wartości napięcia znamionowego od złącza, do którego doprowadzono zasilanie.

Zatem w przypadku odbiorników zasilanych z **STK** należy przyjąć dopuszczalny spadek napięcia liczony od wyjścia **STK** do zacisków odbiornika o wartości  $\Delta U = 2,4 \text{ V}$ . Po uwzględnieniu spadku napięcia od zacisków magazynu energii do wyjścia **STK** o wartości **0,5 V**, jako wartość dopuszczalną należy przyjąć  $\Delta U = 1,9 \text{ V}$ .

Wymagany przekrój przewodu<sup>\*)</sup> zasilającego należy wyznaczyć ze wzoru (11):

$$S \geq \frac{2 \cdot l \cdot I_B}{\gamma \cdot \Delta U} \quad (11)$$

Ponieważ napięcie wyjściowe **STK** jest mniejsze od napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale w obwodach dc, warunek spadku napięcia jest najważniejszym warunkiem konsumującym inne wymagania. Prądy wyjściowy **STK** jest ograniczony do poziomu  $3 \cdot I_{nSTK}$ , przez co sprawdzanie wymaganego przekroju przewodu na względu na warunki zwarciovie można pominąć. Należy jednak pamiętać, że przewody zasilające muszą spełniać wymóg minimalnego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną wynoszący dla miedzi  $1,5 \text{ mm}^2$ .

### Przykład

Dobrać liczbę zasilaczy stałoprądowych o mocy  $P_1 = 2000 \text{ W}$  i napięciu znamionowym **48 V** oraz liczbę baterii akumulatorów dla wyposażenia **STK** sprawności  $\eta = 0,90$  przeznaczonej do zasilania centrali telefonicznej o mocy znamionowej  $P_c = 8000 \text{ W}$ , pracującej przy napięciu znamionowym  $U_n = 48 \text{ V}$ . Przewidywany czas pracy centrali przy zasilaniu **STK** z baterii akumulatorów przyjąć  $T_p = 2 \text{ h}$ . Do wyposażenia magazynu energii zostaną wstępnie przyjęte akumulatory żelowe **Marathon M-FT** o napięciu znamionowym **12 V**. Następnie dobrać przewody zasilające **STK** oraz ich zabezpieczenia dla napięcia **3x230/400 V**, znając impedancje zwarciovie w miejscu przyłączenia przewody zasilającego w **RGB** oddalonej od **STK** o **20 m** oraz zasilania centrali telefonicznej oddalonej do **STK** o **10 m**:  $Z_{k1} = 0,25 \Omega$ ;  $Z_{k3} = 0,15 \Omega$ .

<sup>\*)</sup> Wymagania w tym zakresie zostały szczegółowo opisane w publikacji: Dobór przewodów i kabli elektroenergetycznych nn – J. Wiatr; M. Orzechowski – Grupa Medium Sp. o. o. Sp. K. – 2018..

## Obliczenia

Wstępnie zostaną przyjęte akumulatory M12V155FT, dla których ustalony na podstawie charakterystyki stałoprądowego rozładowania zamieszczonej w DTR producenta akumulatorów, prąd dziesięciogodzinne rozładowania do napięcia  $U_k = 1,8 \text{ V/ogniwo}$ , wynosi  $I_{10} = C_{10} = 1/10C = 0,1C = 15,5 \text{ A}$  – jest to prąd ładowania baterii po rozładowaniu do napięcia  $1,8 \text{ V/ogn}$  przez czas 10 godzin. Wymagana liczba gałęzi szeregowo połączonych akumulatorów. Dla czasu  $T=2 \text{ h}$  moc czynna dysponowana przez akumulator dla napięcia odciążenia  $U_k = 1,8 \text{ V/ogn}$ . wynosi  $P_{dysp.} = 658 \text{ W/akum.}$

W tabelach 1 oraz 2, stanowiących wyciąg z DTR producenta zostały przedstawione charakterystyki stałoprądowego oraz stałomocowego rozładowania akumulatorów **Marathon M-FT** do napięcia  $U_k = 1,8 \text{ V/akum.}$

**Tabela 1:** Charakterystyka stałoprądowego rozładowania akumulatorów **Marsathon M-FT** do napięcia  $U_k = 1,8 \text{ V/akum.}$

Type	3 min	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	1.5 h	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	12 h	24 h
M6V200FT	425	395	335	290	208	132	95.1	75.1	53.8	35.3	24.0	19.9	16.8	8.90
M12V35FT	150	125	88.0	68.5	42.5	26.3	18.4	14.2	10.0	6.38	4.21	3.46	2.94	1.58
M12V50FT	180	155	116	93.0	58.5	33.5	23.8	18.7	13.2	8.64	5.66	4.68	3.89	2.05
M12V60FT	188	165	127	103	66.4	39.6	28.5	22.5	16.3	10.8	7.21	5.87	4.96	2.62
M12V90FT	237	215	171	140	94.0	63.0	44.7	35.0	24.5	15.7	10.4	8.57	7.31	3.99
M12V100FT	338	300	230	188	118	67.5	47.2	40.3	28.2	18.4	12.2	10.0	8.50	4.50
M12V105FT	320	280	214	170	109	68.3	49.0	38.7	27.8	18.3	12.2	10.0	8.47	4.48
M12V125FT	204	204	204	204	132	85.1	61.8	49.2	36.3	22.8	14.8	12.1	10.3	5.46
M12V155FT	385	340	270	230	161	99.8	73.8	59.6	42.2	28.0	18.9	15.5	12.6	6.64
M12V190FT	458	410	330	278	193	125	93.0	73.0	52.0	33.9	22.9	19.0	16.3	8.70

**Tabela 2:** Charakterystyka stałomocowego rozładowania akumulatorów **Marathon M-FT** do napięcia  $U_k = 1,8 \text{ V/akum.}$

Type	3 min	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	1.5 h	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	12 h	24 h
M6V200FT	2327	2160	1840	1605	1165	749	558	453	322	209	142	116	98.2	51.9
M12V35FT	1507	1264	894	700	447	299	213	167	117	75.4	50.1	41.3	35.2	19.2
M12V50FT	1998	1728	1166	933	592	407	289	227	161	104	68.8	55.5	46.6	23.9
M12V60FT	2095	1836	1344	1030	675	472	339	268	192	127	85.5	69.5	58.6	30.7
M12V90FT	2600	2330	1890	1600	1110	717	512	403	288	188	127	103	87.3	46.0
M12V100FT	3621	3224	2459	2011	1355	815	570	473	334	210	140	114	96.9	50.1
M12V105FT	3313	2950	2250	1840	1249	780	558	441	316	207	140	114	96.9	51.2
M12V125FT	2255	2255	2255	2255	1532	949	686	545	394	262	179	151	127	64.8
M12V155FT	4100	3650	3000	2530	1820	1148	829	658	485	320	216	177	149	78.8
M12V190FT	4730	4350	3630	3089	2093	1450	1080	850	620	408	272	223	189	105

Po uwzględnieniu współczynnika starzenia baterii, wymagana liczba gałęzi bateryjnych wyniesie:

$$k \geq \frac{k_s \cdot P_c}{P_{dysp \text{ akum}/ T=2h; U_k=1,8V/ogn.} \cdot \eta \cdot n_a} = \frac{1,3 \cdot 8000}{658 \cdot 0,90 \cdot 4} \geq 4,39 \Rightarrow k = 5$$

Ponieważ według zaleceń **EUROBAT** (zrzeszenie europejskich producentów akumulatorów) dotyczących akumulatorów **VRLA** jako dopuszczalną liczbę gałęzi przyjmuje się nie większą niż **4**, należy przyjąć akumulator **M12V190FT** o pojemności **190 Ah** i ponownie wyznaczyć wymaganą liczbę równoległych gałęzi akumulatorów połączonych szeregowo. Przyjęty akumulator posiada dysponowaną moc czynną **850 W/akum.** przy czasie rozładowania **T=2h** oraz napięciu odcięcia **U<sub>k</sub> = 1,8 V/ogn.** i prąd **I<sub>10</sub> = 0,1C=19 A**. Wymagana liczba gałęzi wyniesie:

$$k \geq \frac{1,3 \cdot 8000}{(850:6) \cdot 0,90 \cdot 6 \cdot 4} \geq 3,4 \Rightarrow k = 4$$

- moc ładowania baterii akumulatorów stanowiących wyposażenie gabinetu baterii STK

$$P_{\text{łB}} = k \cdot 0,1C \cdot U_{Bu} = 4 \cdot 19 \cdot 54 = 4104 \text{ W}$$

- całkowita moc czynna dysponowana przez STK

$$P_{\text{dysp. STK}} = P_c + P_{\text{łB}} = 8000 + 4104 = 12104 \text{ W}$$

- wymagana liczba zasilaczy stałoprądowych, stanowiących wyposażenie STK

$$N' = N + 1 = \frac{P_{\text{dysp. STK}}}{P_1} + 1 = \frac{12104}{2000} + 1 = 7,052 \Rightarrow N = 8$$

Zatem **STK** należy wyposażyć w **8 zasilaczy** stałoprądowych **Flatpack2** o mocy **P<sub>1</sub> = 2000 W** i napięciu znamionowym **U<sub>n</sub> = 48 V** oraz gabinet baterii akumulatorów **składający się z 4 gałęzi** równoległych zawierających po **4** akumulatory typu **M12V190FT** połączone szeregowo.

Zatem całkowita moc dysponowana na wyjściu **STK** wyniesie:

$$P_{\text{dys.STK}} = N' \cdot P_1 = 8 \cdot 2000 = 16000 \text{ W}$$

Moc wyjściowa w torze zasilania centrali telefonicznej

$$P_{\text{wyj.STK}} = 8000 \text{ W}$$

Dobór przewodów po stronie **dc**:

$$I_B = \frac{P_{\text{wyj. STK}}}{U_{nc}} = \frac{8000}{48} = 166,67 \text{ A}$$

$$S \geq \frac{2 \cdot l \cdot I_B}{\gamma \cdot \Delta U} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 167,67}{55 \cdot 0,7} = 86,59 \text{ mm}^2 \Rightarrow S = 120 \text{ mm}^2$$

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 200}{1,45} = 276 \text{ A}$$

Na tej podstawie przy sposobie ułożenia „E” warunki spełnia kabel **YKXS 2x120** dla którego

$$I_z = 410 A > 276 A$$

Dobór przewodów i zabezpieczeń po stronie **ac**:

$$P_{wejtSTK} = \frac{P_{dys.STK}}{\eta \cdot W} = \frac{16000}{0,9 \cdot 0,91} \approx 19537 W$$

$$I_B = \frac{P_{wejtSTK}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{19537}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 29,72 A \Rightarrow I_n = 40 A$$

Zatem:

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 40}{1,45} = 44,14 A$$

Przy sposobie ułożenia „E” warunki spełni przewód **YDYżo 5x6**, dla którego **I<sub>z</sub> = 54A**, dla którego:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 54 = 57,58 A > I_z = 44,14 A$$

Przy zabezpieczeniu **WTNgG40 A**, wymagany przekrój przewodu zasilającego **STK**, na podstawie **DTR** producenta dla **T<sub>k</sub>=5 s**:

$$I_a = 180 A$$

Natomiast spodziewany **I<sub>k1</sub>** wyniesie:

$$I_{k1} = \frac{0,8 \cdot 230}{0,25} = 736 A > I_a = 180 A$$

Warunek samoczynnego wyłączenia jest spełniony.

### **Uwaga**

Poprawnie dobrane przewody na długotrwałą obciążalność prądową i przeciążalność przy zabezpieczeniu bezpiecznikiem topikowym po stronie **ac** nie wymagają sprawdzania na warunki zwarciove. Po stronie **dc** należy instalować bezpieczniki topikowe przeznaczone do obwodów stałoprądowych.

### **Literatura:**

1. *PN-T-83102:1996 Zasilanie urządzeń łączności w energię elektryczną.*
2. *PN-HD 60364-5-52:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie.*
3. *Poradnik Projektanta Elektryka – J. Wiatr, M. Orzechowski – wydanie VI 2021 – kwiecień 2021.*



#### 4. Karty katalogowe producentów STK oraz akumulatorów.