KONFERENCJA TECHNICZNO – SZKOLENIOWA

OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH ZASILANYCH Z ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁACH ENERGII

UDZIAŁ PSP W UTRZYMANIU CIĄGŁOŚCI DOSTAW ENERGII ELEKTRYCZNEJ W CZASIE BLACKOUTU

ZASTOSOWANIE ZESPOŁÓW PRĄDOTWÓRCZYCH DO AWARYJNEGO ZASILANIA SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA ORAZ UDZIAŁ PSP W UTRZYMANIU CIĄGŁOŚCI ZASILANIA W CZASIE BLACKOUTU

Redaktor Naczelny elektro.info

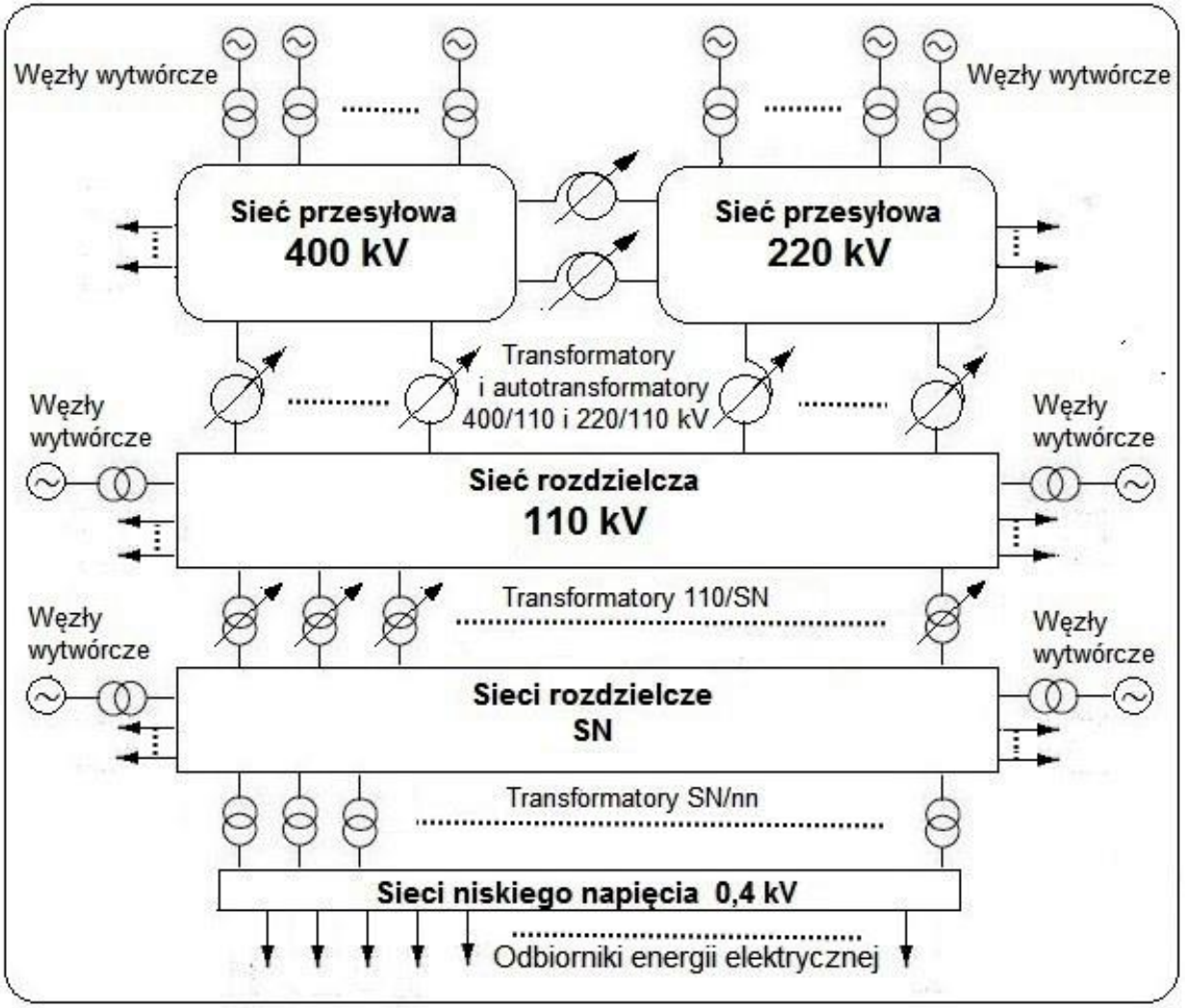
ppłk. w st. spocz. mgr inż.. JULIAN WIATR

Rzeczoznawca Budowlany

Rzeczoznawca SEP; Rzeczoznawca Audytor SPE

WARSZAWA, 5 - 6 LISTOPAD 2026

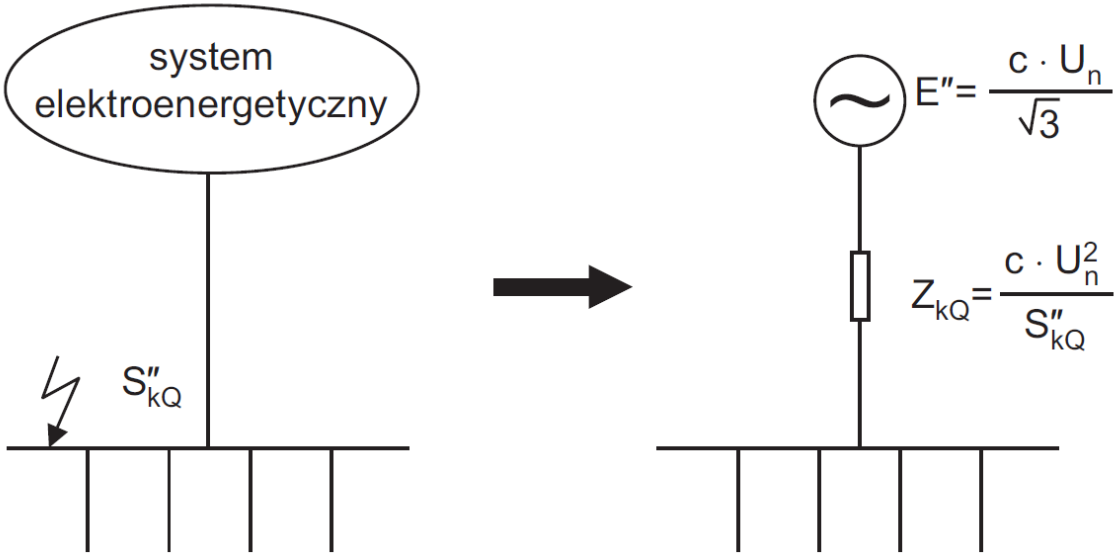
SYSTEM ELEKTROENERGETYCZNY JAKO PODSTAWOWE ŹRÓDŁO ZASILANIA



CECHĄ CHARAKTERYSTYCZNĄ SEE JEST WARTOŚĆ MOCY ZWARCIOWEJ: $S''_{kQ} = \infty$

$$S''_{kQ} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I''_k$$

SEE – ŹRÓDŁO ZASILANIA O NIESKOŃCZONEJ MOCY ZWRCIOWEJ

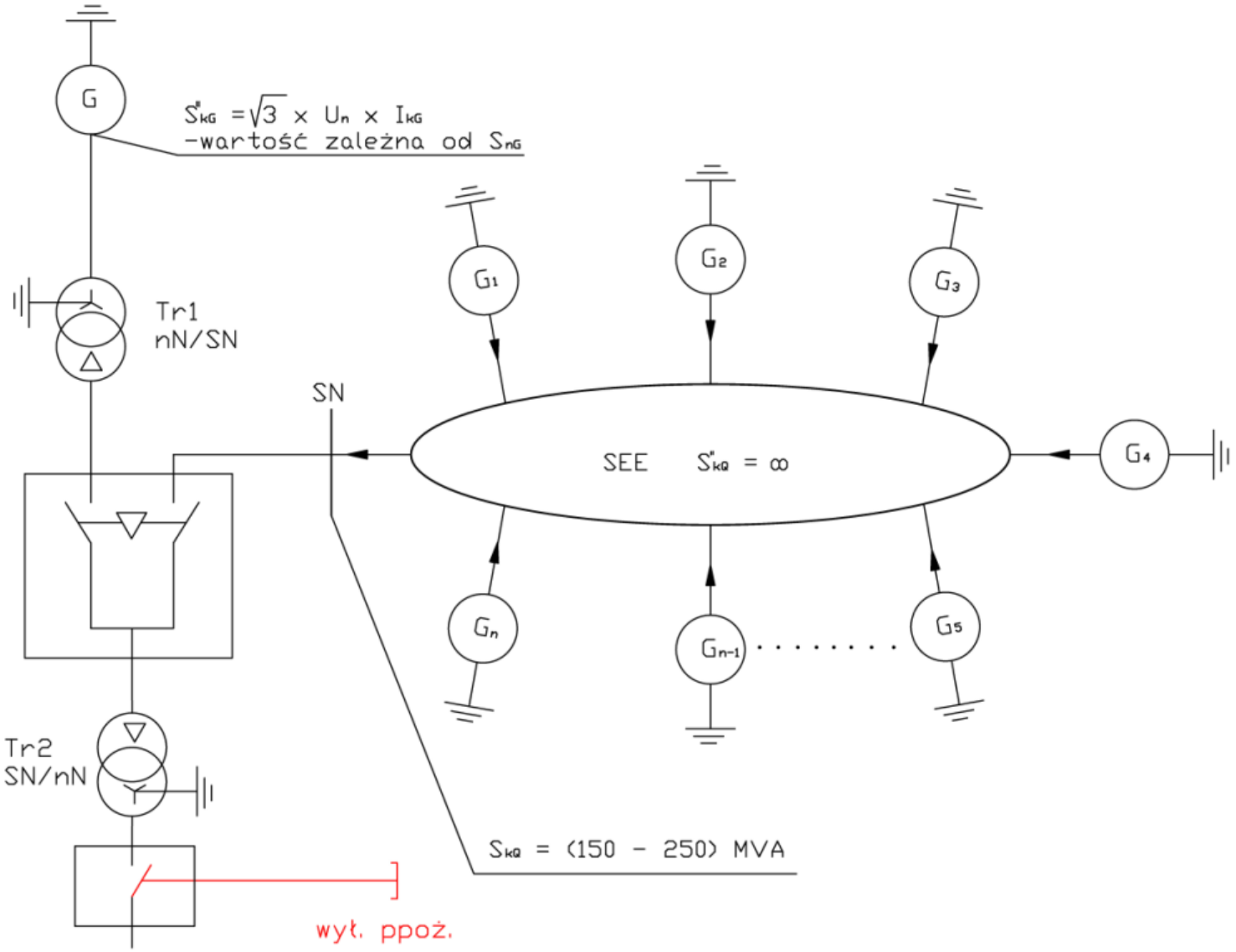


Schemat zastępczy SEE

Poszczególne parametry zwarciowe systemu elektroenergetycznego w charakterystycznych jego punktach są określane przez podanie mocy **zwarciowej S"$_{kQ}$**, która stanowi podstawę do wyznaczania jego zastępczej impedancji oraz początkowego prądu zwarciowego $\boldsymbol{I_k^{"}}$. Parametry te wyznacza się z następujących wzorów:

$$S''_{kQ} = \sqrt{3} * U_n * I''_k = \frac{c_{\max} * U_n^2}{Z_{kQ}} \qquad Z_{kQ} = \frac{c_{\max} * U_n^2}{S_{kQ}} = \frac{c_{\max} * U_n}{\sqrt{3} * I''_k} \qquad I_k^{"} = \frac{c_{max} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kQ}}$$

MOC ZWARCIOWA SEE, A MOC ZWARCIOWA ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO



MOC ZWARCIOWA GENERATORA ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO nn

Moc zespołu prądotwórczego [kVA]	Moc zwarciowa na zaciskach generatora [MVA]
100	0,3
200	0,6
500	1,5
1000	3,0
2000	6,0
6000	18,0

MOC ZWARCIOWA W GPZ WYNOSI PRZECIĘTNIE (150 – 250) MVA

$$S_{kQ} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_k''$$

$$\text{W generatorze ZP nn, } I_k'' = 3 \cdot I_{nG} \Rightarrow S_{kQ} = \sqrt{3} \cdot 3 \cdot U_n \cdot I_{nG}$$

WYBRANE DEFINICJE PARAMETRÓW NAPIĘCIA ZASILAJĄCEGO OKREŚLONE W NORMIE *PN-EN 50160 PARAMETRY JAKOŚCIOWE W PUBLICZNYCH SIECIACH ELEKTROENERGETCZNYCH*

Napięcie zasilające (U) - wartość skuteczna napięcia w określonej chwili w złączu sieci elektroenergetycznej, mierzona przez określony czas.

Napięcie deklarowane (U_c) – wartość napięcia określająca i identyfikująca sieć elektroenergetyczną, do której są odniesione pewne parametry charakteryzujące jej pracę. **W warunkach znamionowych jest ono równe napięciu nominalnemu U_n.**

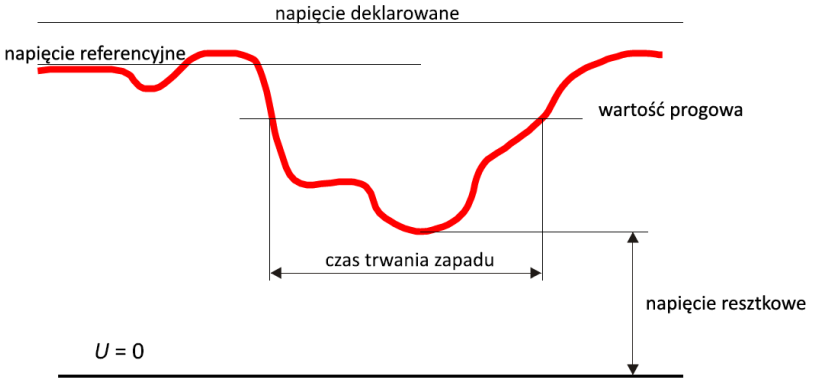
Zapad napięcia zasilającego - nagłe zmniejszenie się napięcia zasilającego do wartości zawartej w przedziale od 90% do 1% napięcia deklarowanego U_c , po którym w krótkim czasie następuje wzrost napięcia do poprzedniej wartości (*czas trwania zapadu wynosi nie mniej niż 10 ms*).

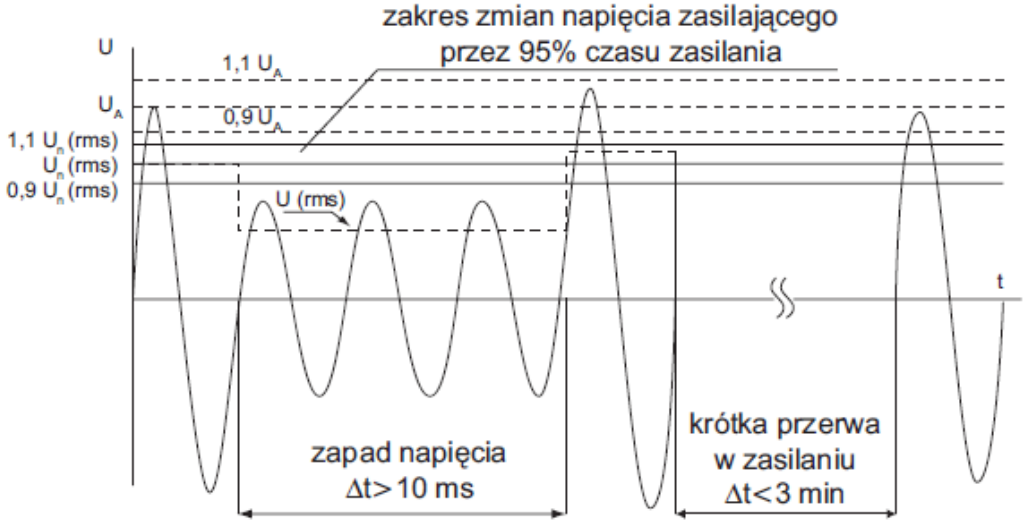
Zgodnie z normą PN-EN 50160: $U_c = U_n$ +/-10%

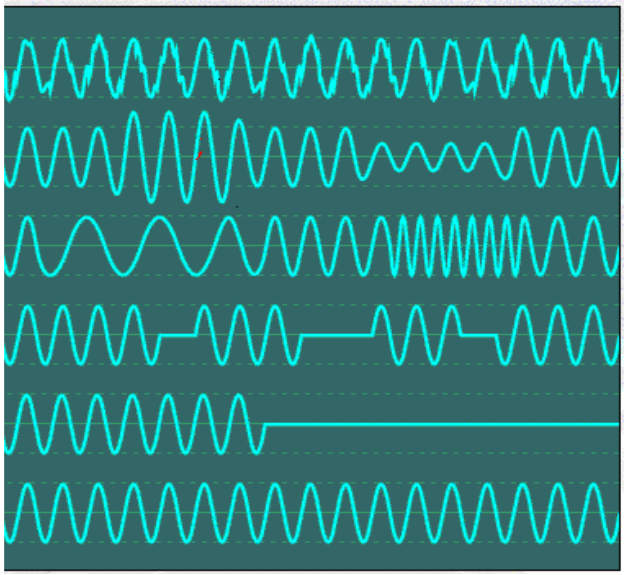
Przerwa w zasilaniu – stan, w którym napięcie w złączu sieci elektroenergetycznej jest mniejsze niż 1% napięcia deklarowanego U_c:

- ***planowe*** – *gdy odbiorcy są wcześniej poinformowani, mające na celu wykonanie zaplanowanych prac na sieci rozdzielczej*
- ***przypadkowe*** – *spowodowane różnymi zdarzeniami o charakterze losowym.*

GRAFICZNA PREZENTACJA PARAMETRÓW NAPIĘCIA, SŁUŻĄCYCH DO OCENY JEGO JAKOŚCI







ZNIEKSZTAŁCENIA

WAHANIA AMPLITUDY

WAHANIA CZĘSTOTLIEŚCI

MIKROPRZERWY

ZANIKI NAPIĘCIA

PRZEBIEG PORZĄDANY

RÓŻNE WYKONANIA ZP

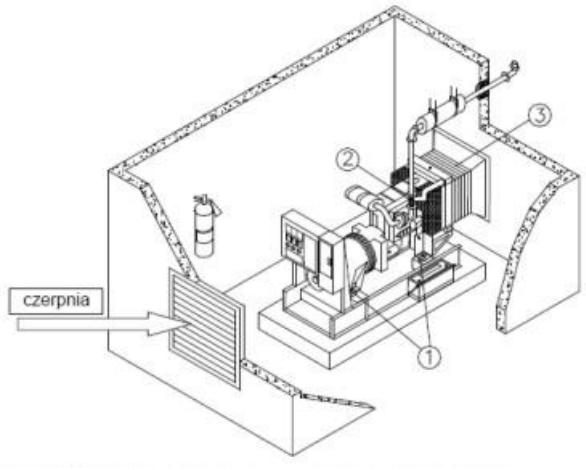
ZP przewoźny



ZP w kontenerze



ZP do zabudowy w tzw. agregatorni





Typowa instalacja zespołu prądotwórczego w pomieszczeniu - elementy elastyczne

1 - izolatory antywibracyjne

2 - połączenie giętkie w układzie wydechowym

3 - połączenie giętkie w układzie wyrzutu ogrzanego powietrza

KLASY WYMAGAŃ STAWIANE ZP ZGODNIE NORMĄ PN-ISO 8528-5

klasa wymagań G1 - dotyczy odbiorników, które wymagają spełnienia podstawowych parametrów w zakresie napięcia oraz częstotliwości takich jak np. oświetlenie ogrzewanie elektryczne itp.

klasa wymagań G2 - dotyczy zasilania odbiorników, dla których wymagania w zakresie jakości dostarczanej energii elektrycznej są zbliżone do wymagań określonych w odniesieniu do publicznych sieci elektroenergetycznych. W przypadku zmian w obciążeniu dopuszczalne są chwilowe odchylenia od znamionowych wartości napięcia i częstotliwości. Do odbiorników spełniających wymagania tej klasy należy zaliczyć: oświetlenie, pompy, wentylatory, dźwigi itp.

klasa wymagań G3 - dotyczy zasilania odbiorników o zwiększonych jakościowych wymaganiach w zakresie dostarczanej energii elektrycznej. Przykładem takich urządzeń mogą być zasilacze UPS, systemy telekomunikacyjne itp.

klasa G4 - dotyczy zasilania odbiorników o wysokich wymaganiach w zakresie dostarczanej energii elektrycznej.

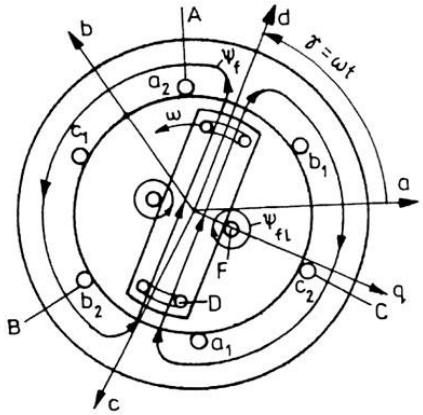
KLASY WYMAGAŃ STAWIANE ZP ZGODNIE Z PN-ISO 8528-5

Parametr		Jednostka	Graniczne wartości eksploatacyjne dla klasy wymagań			
			G1	G2	G3	G4
Spadek częstotliwości		%	≤ 8	≤ 5	≤ 3	
Pasmo względnych zmian częstotliwości w stanach ustalonych		%	≤ 2,5	≤ 1,5	≤ 0,5	Wartości parametrów należy uzgodnić z producentem zespołu
Przejściowa odchyłka częstotliwości od wartości znamionowej	100% nagłego spadku mocy	%	≤ +18	≤ +12	≤ +10	
	Nagły wzrost mocy		+15	≤ -10	≤ -7	
Czas odbudowania częstotliwości		S	≤ 10	≤ 5	≤ 3	
Odchyłka napięcia w stanie ustalonym		%	≤ +/- 5[1)]	≤ +/- 2,5	≤ +/- 1	
Przejściowa odchyłka napięcia	100% nagłego spadku mocy	%	≤ +35	≤ +25	≤ +20	
	Nagły wzrost mocy		≤ -25	≤ -20	≤ -15	
Czas odbudowy napięcia		S	≤ 10	≤ 6	≤ 4	

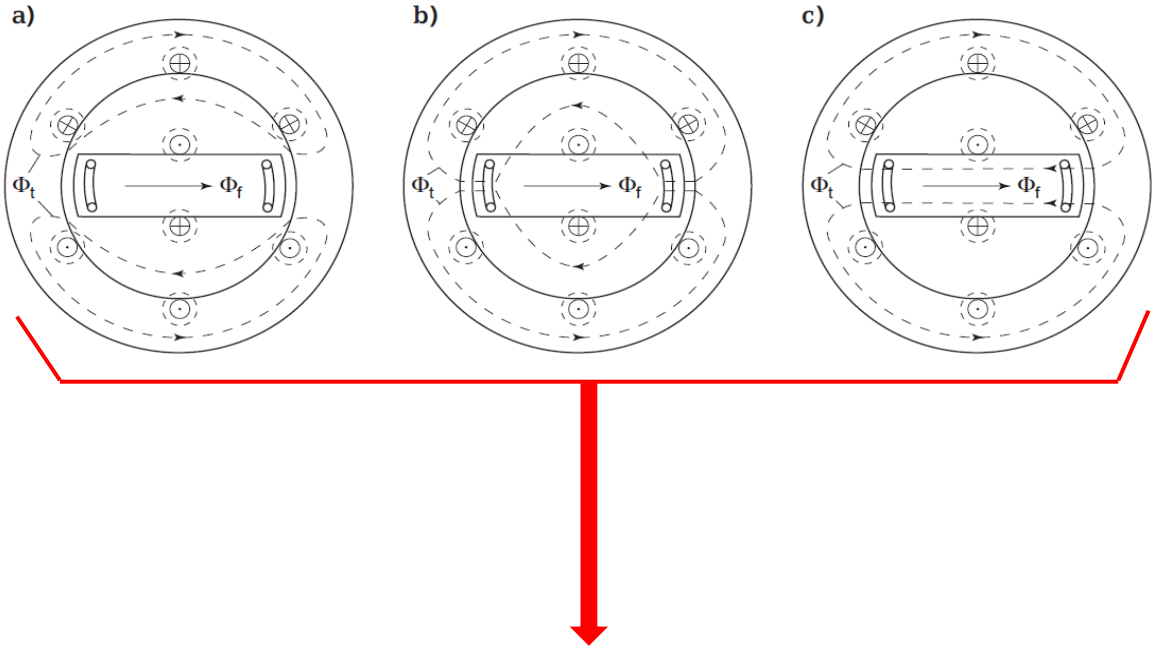
Uwaga: Pełny zestaw wymagań został określony w normie **PN-ISO8528-5**

[1)]Dla zespołów o mocy do 10 kVA: +/- 10%

ROZPŁYW STRUMIENI MAGNETYCZNYCH PODCZAS ZWRCIA NA ZACISKACH GENERATORA



$\Rightarrow$



$$X_{nG} = \frac{U_{nG}^2}{S_{nG}} \quad \frac{[kV]}{[MVA]}$$

Przebiegi strumienia głównego oraz strumienia wzbudzenia generatora w czasie zwarcia:

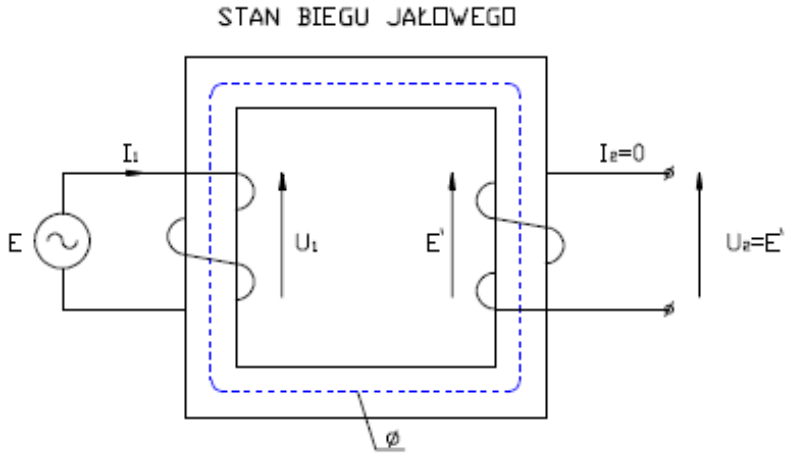
a) stan podprzejściowy ($\overline{x_d^{''}} = 10\% \cdot X_{nG}$)

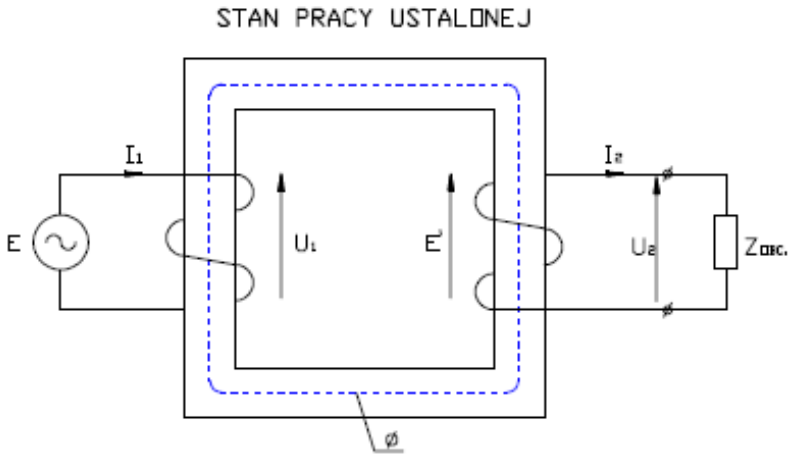
b) stan przejściowy ($\overline{x_d^{''}} = (30-40)\% \cdot X_{nG}$)

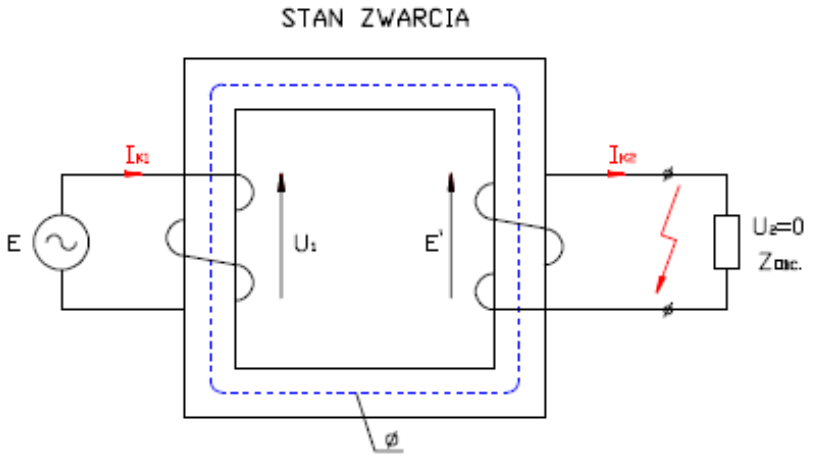
c) stan ustalony zwarcia ($\overline{x_d^{''}} = (200-300)\% \cdot X_{nG}$)

Przedstawiony rozpływ strumieni magnetycznych dowodzi, że ZP jest źródłem miękkim, którego parametry zwarciowe zmieniają się z upływem czasu trwania zwarcia, skutkując trudnościami w uzyskaniu samoczynnego wyłączenia w czasie nie dłuższym od określonego w normie PN-HD 60364-4-41:2009 (2017-09).

PRZEBIEG STRUMIENIA MAGNETYCZNEGO W TRANSFORMATORZE W RÓŻNYCH STANACH PRACY





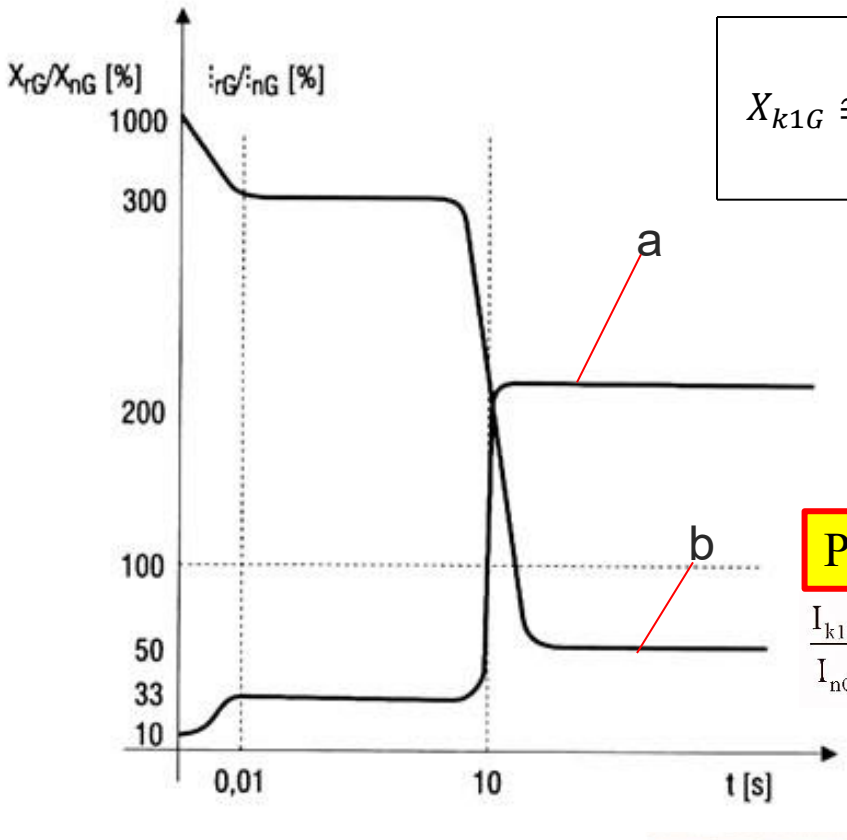


Trasa przebiegu strumienia nie ulega zmianom przez co impedancja zwarciowa zachowuje niezmienną wartość, co skutkuje praktycznie stałą wartością impedancji zwarciowej transformatora.

WYZNACZANIE PARAMETRÓW ZWARCIOWYCH GENERATORA DLA OCENY SAMOCZYNNEGO WYŁĄCZENIA ZWARĆ JEDNOFAZOWYCH

$$X_{k1G} \cong Z_{k1G}; \quad \frac{Z_{k1G}}{Z_T} \approx 7{,}33$$

$$X_{k1G} = \frac{U_0}{n \cdot I_{nG}}$$



Po czasie: $T_k = 10$ s $\Rightarrow I_{k1} < I_n$

Unormowane charakterystyki generatora z układem regulacji prądu wzbudzenia:

a) zmienności reaktancji zwarciowej generatora,

b) zmienności prądu zwarciowego generatora przy zwarciu na jego zaciskach.

IMPEDANCJE WYBRANYCH TRANSFORMATORÓW ORAZ GENERATORÓW O JEDNAKOWEJ MOCY

Moc transformatora lub generatora zespołu prądotwórczego, w [kVA]	Impedancja transformatora na jego zaciskach, w [Ω]	Reaktancja generatora na jego zaciskach przyjmowana dla obliczania skuteczności samoczynnego wyłączenia (rezystancja uzwojeń stanowi zaledwie $0{,}03 \cdot X_{nG}$ i może zostać pominięta w obliczeniach praktycznych), w [Ω]
100	0,072	0,528
160	0,045	0,330
250	0,028	0,211
400	0,018	0,132
500	0,014	0,106

$$Z_T = x_k \cdot \frac{U_n^2}{S_{nT}} \qquad Z_{k1G} \approx X_{k1G} = \frac{U_n^2}{n \cdot S_{nT}}$$

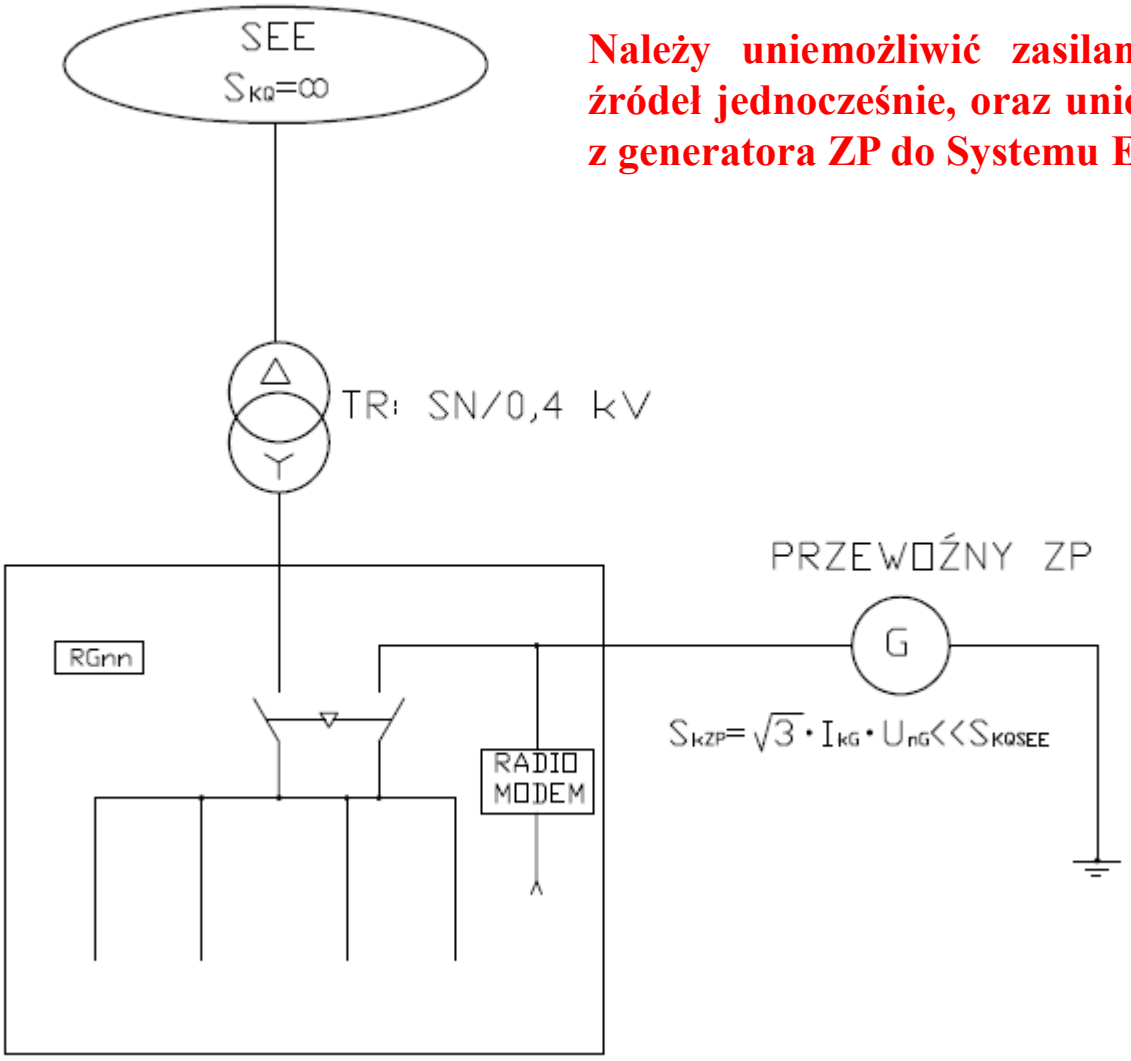
$$Z_{k1G}/Z_T = \frac{1}{x_k \cdot n} = \begin{cases} 7,4_{/x_k=0,045;n=3} \Leftrightarrow S_T \leq 400kVA \\ 5,6_{/x_k=0,06;n=3} \Leftrightarrow S_T \geq 630kVA \end{cases}$$

WSPÓŁPRACA ZESPOŁU PRADOTWÓRCZEGO Z SIECIĄ ELEKTROENERGETYCZNĄ

Obowiązek uzgadniania układu współpracy zespołu prądotwórczego z siecią elektroenergetyczną wynika bezpośrednio z Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [Dz. U. Nr 93/2007 poz.623 z późniejszymi zmianami].

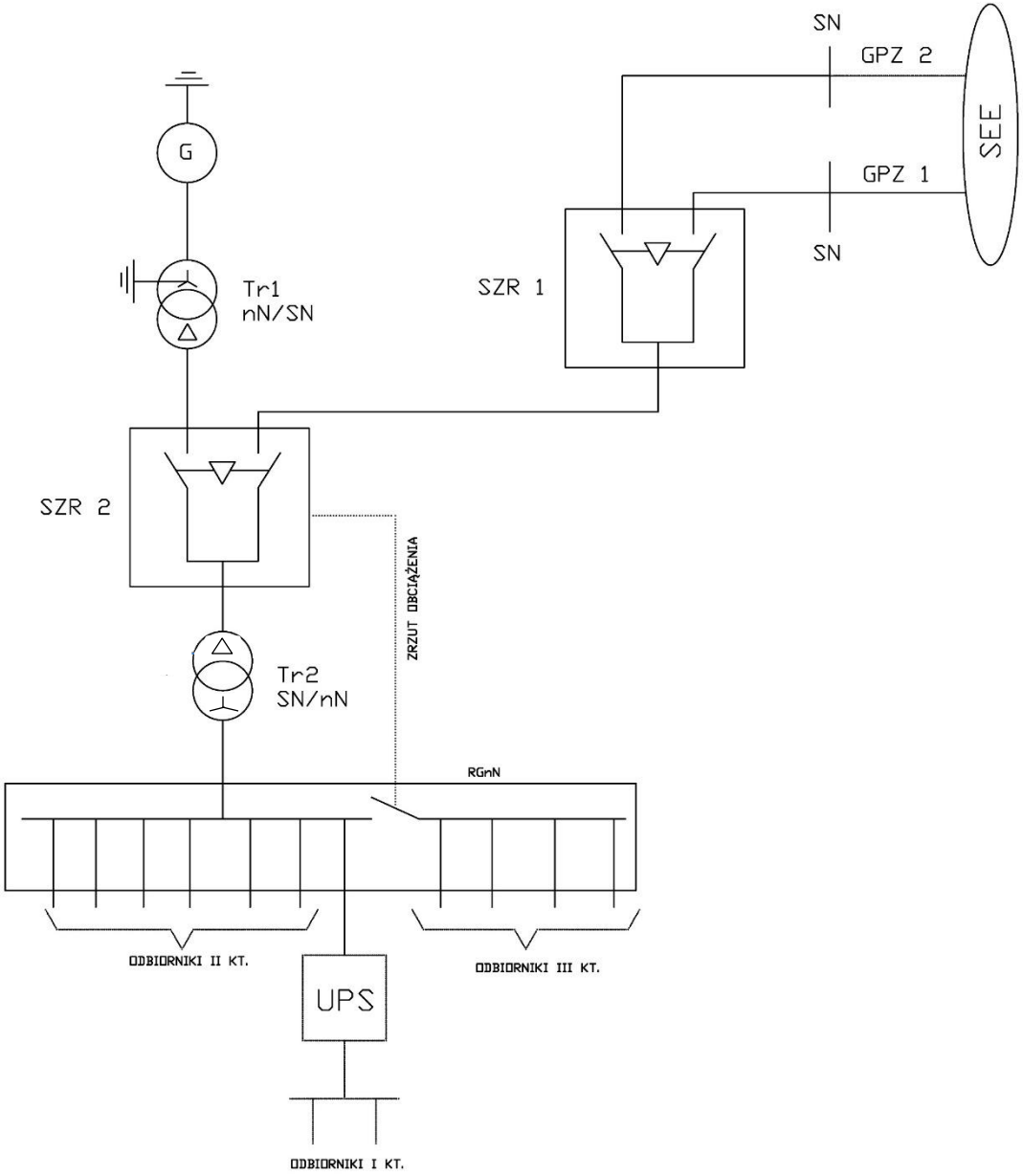
Automatyczny układ współpracy zespołu prądotwórczego z siecią musi być zgodny z wymaganiami PN-EN 60947-6-1:2009/A1:2014-05 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Łączniki wielozadaniowe. Część 6-1: Łączniki wielozadaniowe. Urządzenia przełączające.

WSPÓŁPRACA ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO Z SIECIĄ ELEKTROENERGETYCZNĄ



Należy uniemożliwić zasilanie odbiorników z dwóch źródeł jednocześnie, oraz uniemożliwić podanie napięcia z generatora ZP do Systemu Elektroenergetycznego.

PRZYŁĄCZENIE PRZEWOŹNEGO ZP DO SZYN nn STACJI TRANSFORMATOROWEJ SN/nn



UKŁAD WSPÓŁPRACY ZP Z SIECIĄ ELEKTROENERGETYCZNĄ SN

WYZNACZENIE MOCY ZAPOTRZEBOWANEJ ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO

Kolejnym krokiem jest obliczenie mocy biernej zapotrzebowanej, którą należy wyznaczyć w następujący sposób:

$$Q_Z = \sum_{i=1}^{n} k_z * tg\varphi_i * P_i = \sum_{i=1}^{n} k_z * \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_i} - 1} * P_i$$

Na podstawie obliczonej wartości mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej należy obliczyć współczynnik mocy $\cos\varphi_z$

$$\cos\varphi_Z = \frac{P_Z}{\sqrt{P_Z^2 + Q_Z^2}}$$

Kolejnym krokiem jest obliczenie minimalnej mocy czynnej jaka musi dysponować generator zespołu prądotwórczego. Wyznaczenie mocy pozornej na podstawie mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej ze wzoru:

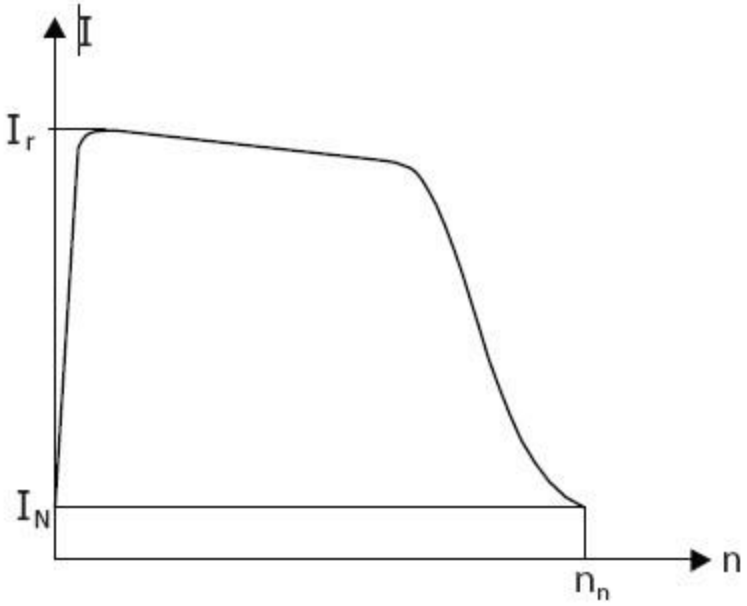
$$S_G \geq \sqrt{P_Z^2 + Q_Z^2}$$

może prowadzić do błędnych wyników !!!

ZESPÓŁ PRĄDOTWÓRCZY ZASILAJĄCY SILNIK ELEKTRYCZNY

W przypadku gdy zespół prądotwórczy służy do zasilania silników elektrycznych, za podstawę doboru mocy należy przyjmować prądy rozruchowe silników, które nie mogą przekraczać wartości prądu znamionowego generatora z uwzględnieniem jego chwilowego przeciążenia określonego w DTR producenta.

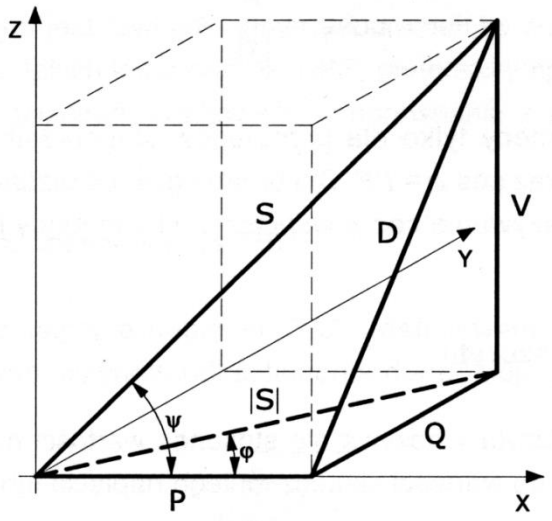
$$I_r = k_r * I_n$$



Charakterystyka prądu rozruchowego silnika indukcyjnego klatkowego

DOBÓR MOCY ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO

Przy zasilaniu odbiorników nieliniowych należy uwzględnić współczynnik zniekształceń „W” wyrażający zwartość wyższych harmonicznych oraz współczynnik wykorzystania „p”



$$\cos\varphi = \frac{P}{|S|}$$

$$S^2 = P^2 + Q^2 + V^2$$

$$S_{nG} = \sqrt{P_Z^2 + Q_Z^2 + V_Z^2} = const$$

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty}(I_k)^2}}{I_1} * 100\%$$

$$\cos\Psi = \frac{P}{S} = \frac{I_1}{I} * \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2}}$$

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_n * \cos\Psi}$$

$$W \approx \left(\frac{100}{100 + THD_{i\%}}\right)^2$$

$$S_G \geq \frac{P_Z}{p \cdot W}$$

$THD_{i\%}$	3%	5%	10%	15%	20%	30%	40%
W	0,95	0,91	0,83	0,76	0,70	0,60	0,51

Moc pozorna ZP jest wartością stałą. Przy zasilaniu odbiorników współczynnik mocy generatora dopasowuje się do współczynnika mocy odbiorników. Suma geometryczna wartości produkowanej mocy czynnej i mocy biernej (w tym mocy deformacji) jest równa mocy pozornej zespołu prądotwórczego S_{nG}.

RODZAJE MOCY ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO

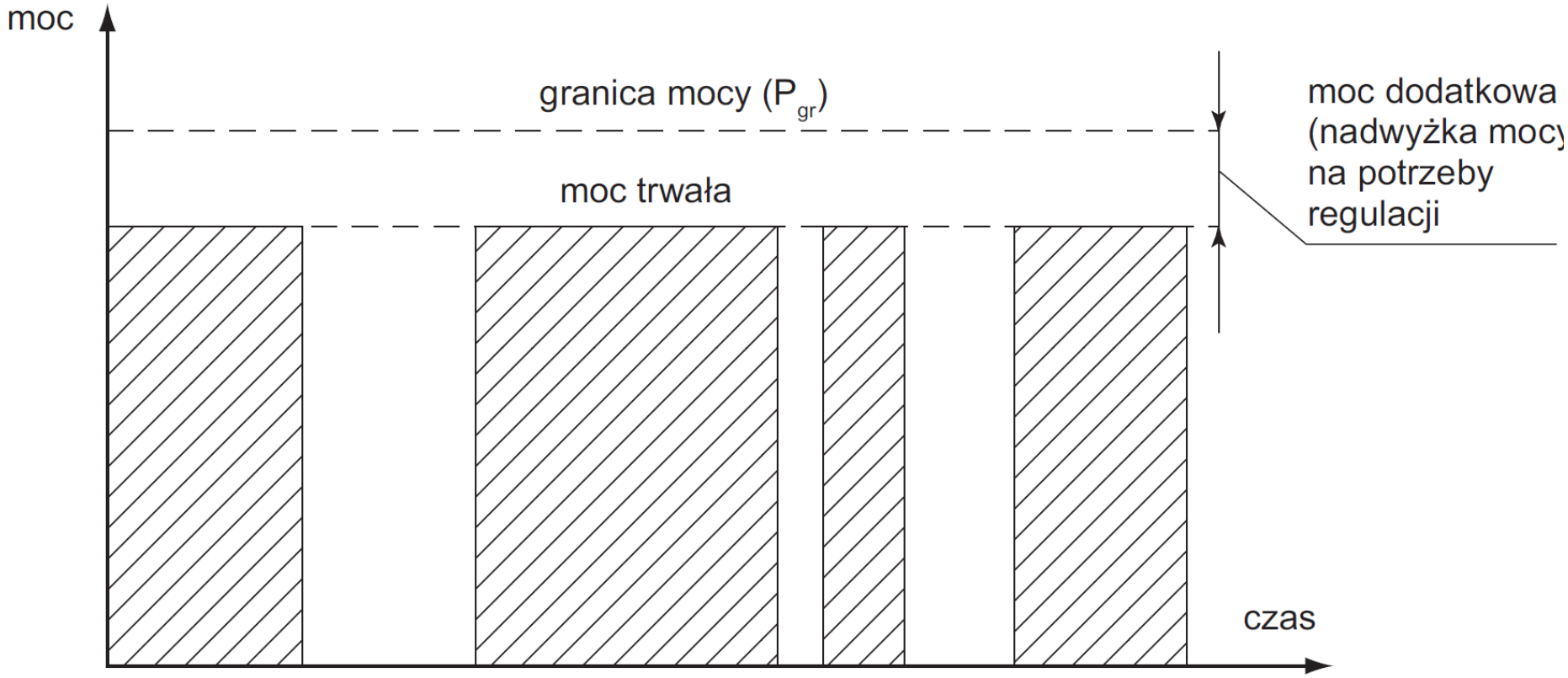
Zgodnie z normą ***PN-ISO 8528-1 „Zespoły prądotwórcze prądu przemiennego napędzane silnikiem spalinowym tłokowy. Zastosowania, kwalifikacje i wymagania”*** , definiuje się następujące moce oddawane przez zespół prądotwórczy:

moc trwała (COP),
moc szczytowa (PRP),
moc ograniczona czasowo (LPT).

Zdefiniowane w/w normie , moce odnoszą się do mocy czynnej oddawanej przez generator zespołu prądotwórczego i są podawane przez producentów zespołów.

Uwaga!
Często w katalogach producentów zostaje określona znamionowa moc pozorna zespołu S_{nG} (podawana w [kVA]) oraz znamionowa moc czynna P_{nG} przy znamionowej częstotliwości i znamionowym współczynniku mocy generatora $\cos\varphi_{nG}$ dla obciążenia indukcyjnego (podawana w [kW]).

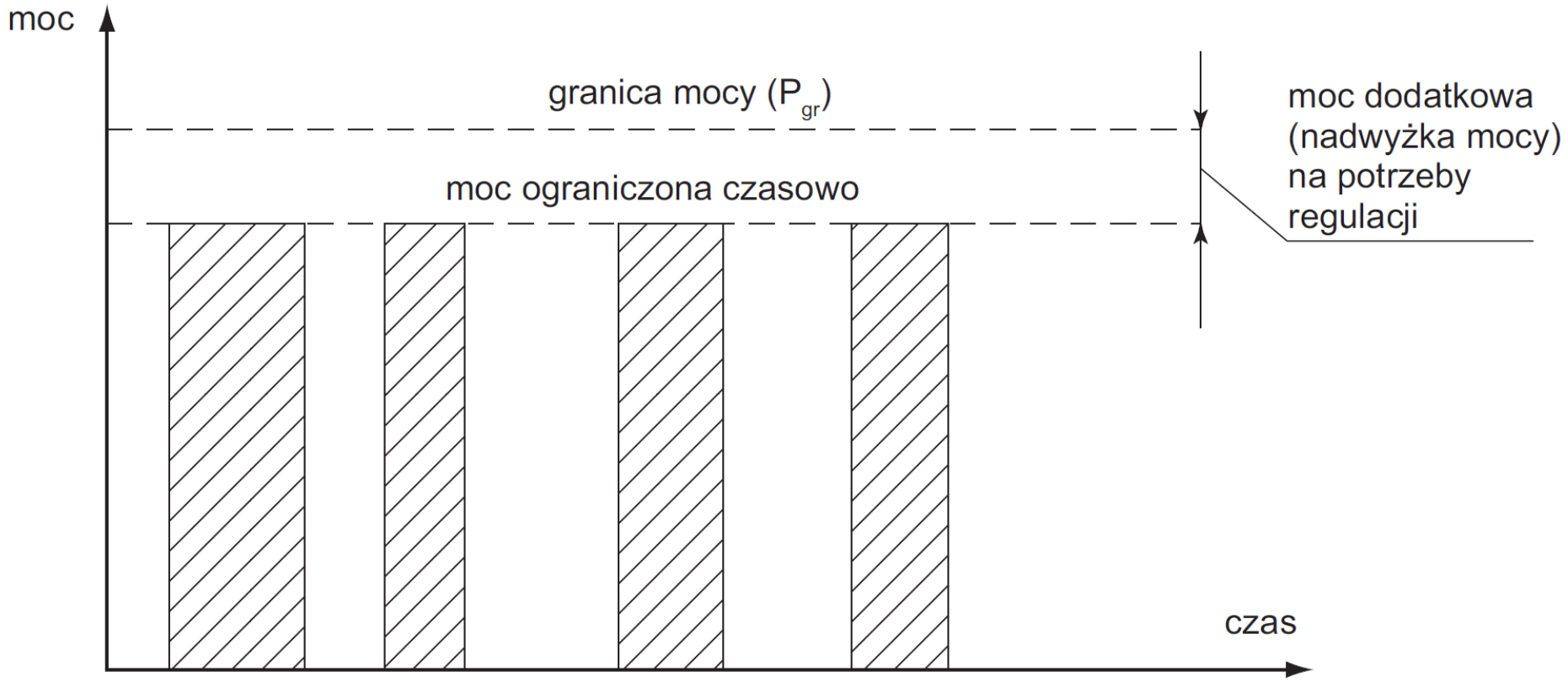
WYKRES MOCY TRWAŁEJ ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO



Moc trwała (COP), określa wartość mocy, którą można w sposób ciągły obciążyć zespół prądotwórczy przez cały rok z zachowaniem niezbędnych przerw koniecznych dla obsługi serwisowej. Jest ona określana w [kW] lub w procentach mocy znamionowej czynnej zespołu.

$$P_{gr} = (1{,}1 - 1{,}2)P_{nG}$$

MOC OGRANICZONA CZASOWO



Moc ograniczona czasowo (LPT), określa największą moc zespołu prądotwórczego pracującego w określonych warunkach otoczenia, która może być dostarczana z jego generatora w czasie nie przekraczającym 500 [h] rocznie z zachowaniem niezbędnych przerw koniecznych na obsługę serwisową zespołu , przy pracy ciągłej nie przekraczającej 300 [h] w ciągu roku.

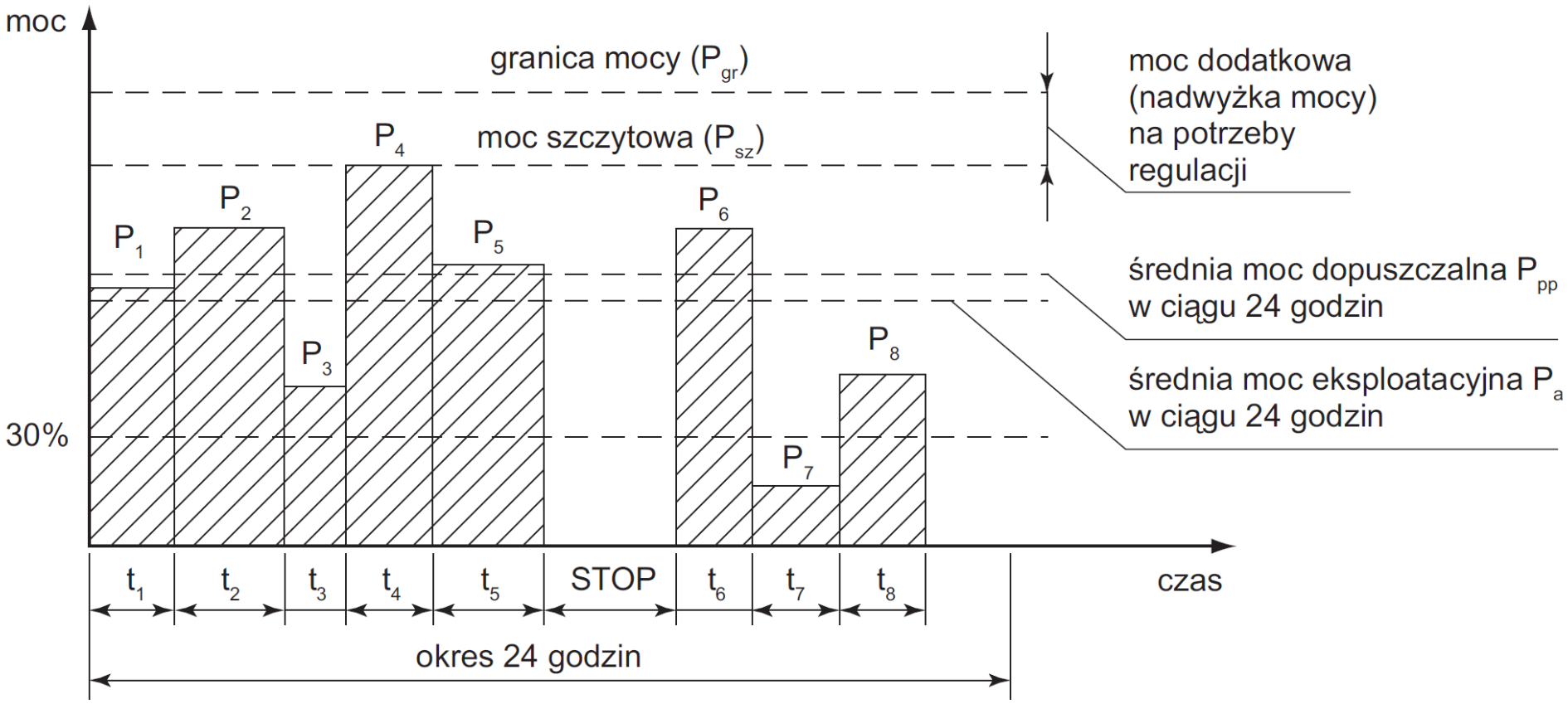
Uwaga!

Przekroczenie **granicy mocy (P_{gr})** przy zasilaniu odbiorników z zespołu prądotwórczego spowoduje odcięcie dopływu paliwa do silnika spalinowego napędzającego generator i w konsekwencji przerwanie dostaw energii elektrycznej do zasilanych odbiorników.

Dobierając moc zespołu prądotwórczego należy zwracać uwagę na podawane w katalogach producentów zdefiniowane wyżej moce określone w/w normie. Spełnienie wszelkich wymagań określonych w tym dodatku pozwoli na długotrwałą bezawaryjną pracę zespołu prądotwórczego.

Należy unikać długotrwałego obciążenia zespołu prądotwórczego mocą znamionową z uwagi na silnik napędzający generator, który w takim przypadku ulegnie szybkiemu wyeksploatowaniu

MOC SZCZYTOWA ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO



Moc szczytowa (PRP), określa największą moc, którą można obciążyć zespół prądotwórczy pracujący w określonych warunkach otoczenia przy zmieniającym się obciążeniu, które może występować w czasie nieograniczonej liczby godzin w ciągu roku, z zachowaniem przerw niezbędnych dla obsługi serwisowej. Warunkiem poprawnej pracy zespołu jest spełnienie warunku:

$$P_a \leq P_{pp}$$

DOBÓR MOCY ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO

Ponieważ generator zespołu prądotwórczego musi pokryć zapotrzebowanie mocy czynnej zapotrzebowanej przez zasilane odbiorniki P_z oraz mocy biernej zapotrzebowanej przez zasilane odbiorniki Q_z , w przypadku gdy generator wytwarza energię przy współczynniku mocy $\cos\varphi_Z < \cos\varphi_{nG}$ zmniejsza się zdolność wykorzystania mocy czynnej generatora ze względu na obciążalność cieplną stojana.

Silnik spalinowy napędzający generator jest dostosowany do znamionowej mocy czynnej generatora, czyli do pracy generatora przy znamionowym współczynniku mocy $\cos\varphi_{nG}$, zatem w przypadku wytwarzania energii elektrycznej przy współczynniku $\cos\varphi_Z < \cos\varphi_{nG}$ skutkuje zmniejszeniem jego wykorzystania.

Generator przy zasilaniu przyłączonych odbiorników pracuje przy współczynniku mocy równym wartości współczynnika mocy zasilanych odbiorników czyli $\cos\varphi_Z$.

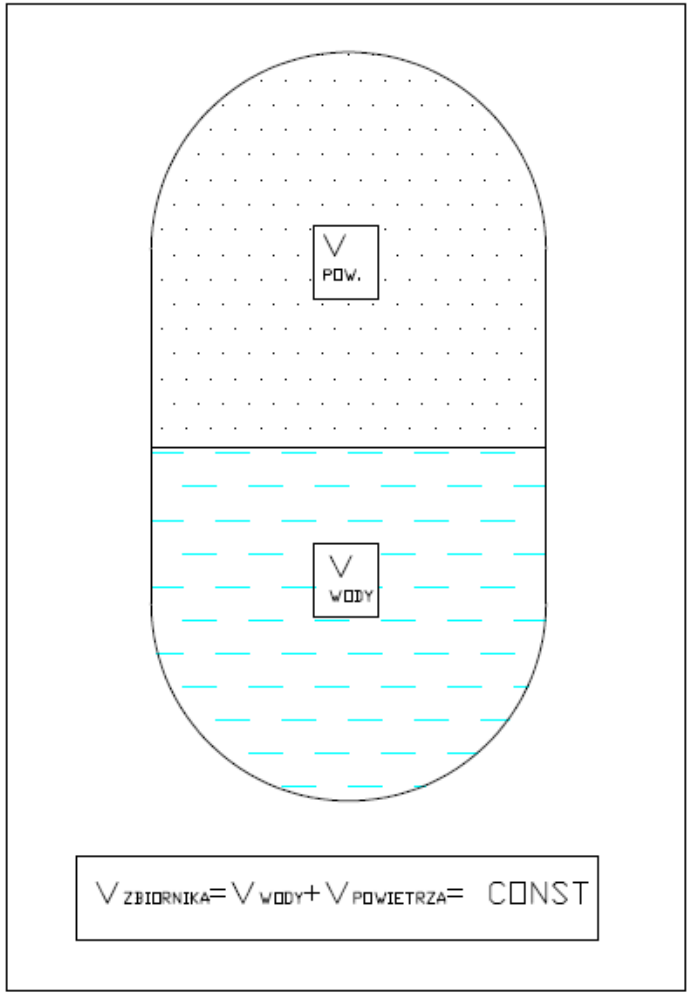
Można te zmiany określić z wykorzystaniem współczynnika wykorzystania

$$p = \frac{cos\varphi_z}{cos\varphi_z}$$

Natomiast wymaganą moc zespołu prądotwórczego należy wyznaczyć ze wzoru:

$$S_{nG} = \frac{P_Z}{p \cdot \cos\varphi_z \cdot W}$$

ANALOGIA POJEMNOŚCI ZBIORNIKA HYDROFORU DO MOCY ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO



Zbiornik hydroforowy posiada stałą objętość. W zależności od potrzeb w zakresie wysokości ciśnienia wewnętrznego zostaje on wypełniony powietrzem, którego ciśnienie rośnie wraz z ze wzrostem ilości wprowadzonej wody.

Jeśli objętość powierza wzrośnie to ilość wprowadzonej wody zmaleje.

Podobnie generator ZP. Jeśli przy stałej wartości mocy pozornej musi produkować zwiększoną wartość mocy biernej z uwagi na niski współczynnik mocy właściwy dla zasilanych odbiorników, zmaleje wartość produkowanej mocy czynnej. Suma geometryczna produkowanej przez generator mocy czynnej i biernej (w tym mocy deformacji) zawsze będzie równa jego znamionowej mocy pozornej:

$$S_{nG} = \sqrt{P_Z^2 + Q_Z^2 + V_Z^2} = const$$

WYMAGNIA NORMY PN-HD 60364-4-41:2017-09
W ZAKRESIE CZASÓW SAMOCZYNNEGO WYŁĄCZENIA ZASILANIA

Układ sieci	$50\ V < U_o \leq 120\ V$, w [s]		$120\ V < U_o \leq 230\ V$, w [s]		$230\ V < U_o \leq 400\ V$, w [s]		$U_o > 400\ V$, w [s]	
	ac	dc	ac	dc	ac	dc	ac	dc
TN	0,8	Wyłączenie może być wymagane z innych przyczyn niż ochrona przeciwporażeniowa	0,4	5 (1)	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3		0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
Objaśnienia: U_o – nominalne napięcie ac lub dc przewodu liniowego względem ziemi								

Zmiany wprowadzone przez normę PN-HD 60364-4-41:2017-09:

- Zamiana jednego czasu z 5 [s] na 1 [s] dla układu TN przy napięciu stałym w zakresie napięć 120-230 V,

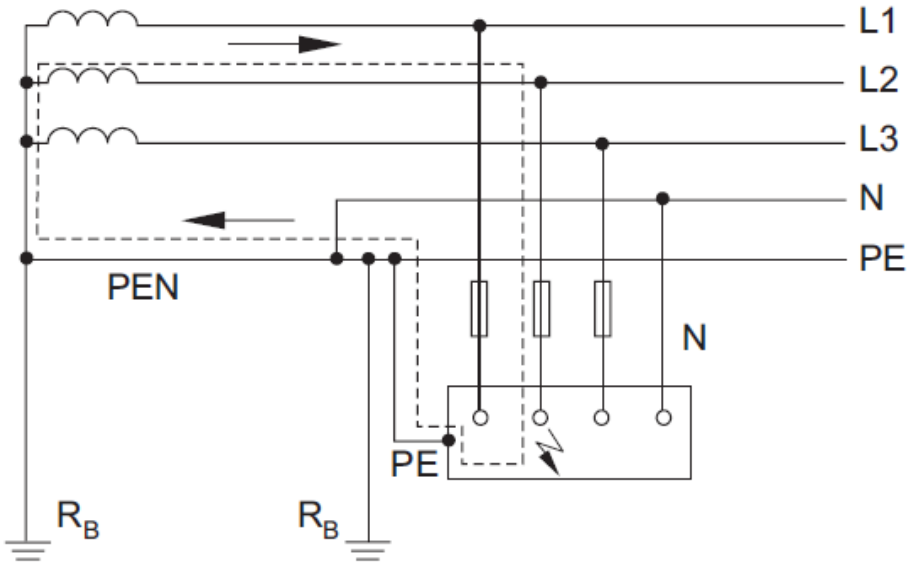
- Czasy podane w tabeli odnoszą się do obwodów odbiorczych:

  a) gniazda odbiorcze o prądzie znamionowym $I_n \leq 63$ A,
  b) z odbiornikami zainstalowanymi na stałe o prądzie znamionowym $I_n \leq 32$ A.

Ochrona przeciwporażeniowa przez samoczynne wyłączenie jest zachowana przy zwarciu pomiędzy *L* a *PE (PEN)* gdy:

- następuje wyłączenie zasilania w czasie nie dłuższym od określonego w tabeli lub
- nie są przekroczone napięcia dotykowe dopuszczalne długotrwale.

UKŁAD ZASILANIA TN



Wzrost rezystancji przewodu powodowany przepływem prądu obciążenia

$$\Delta T = 70 - 20 = 50^0\ C$$

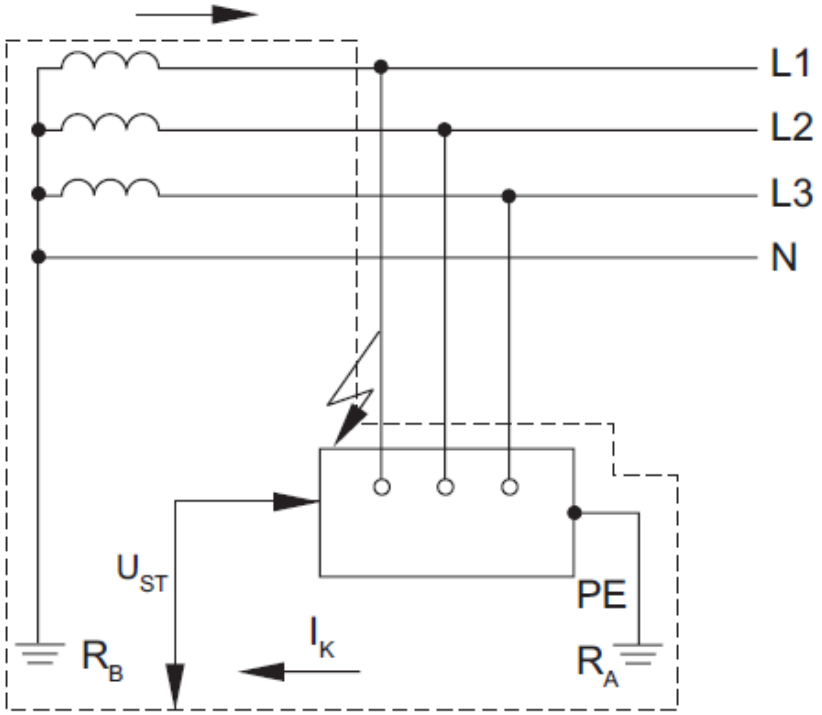
$$R_\vartheta = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{70} = R_{20} \cdot (1 + 0{,}004 \cdot 50) = 1{,}2$$

WARUNEK SAMOCZYNNEGO WYŁĄCZENIA ZASILANIA

$$I_{k1} = \frac{U_0}{1{,}25 \cdot Z_{k1}} \geq I_a$$

UKŁAD ZASILANIA TT – NIEDOPUSZCZONY W INSTALACJACH PPOŻ.



Obwód zwarciowy tworzy dzielnik napięciowy. Na rezystancji R_A odkłada się napięcie o wartości bliskiej napięciu U_0 ponieważ rezystancja oporów (R_A + R_B) >> >> pozostałej rezystancji obwodu zwarciowego.

Duże wartości rezystancji uziomów powodują, że mogą powstać trudności w spełnieniu wymagań samoczynnego wyłączenia. Konieczne jest stosowanie wyłączników różnicowo*o*prądowych.

Warunek samoczynnego wyłączenia przy zwarciu doziemnym

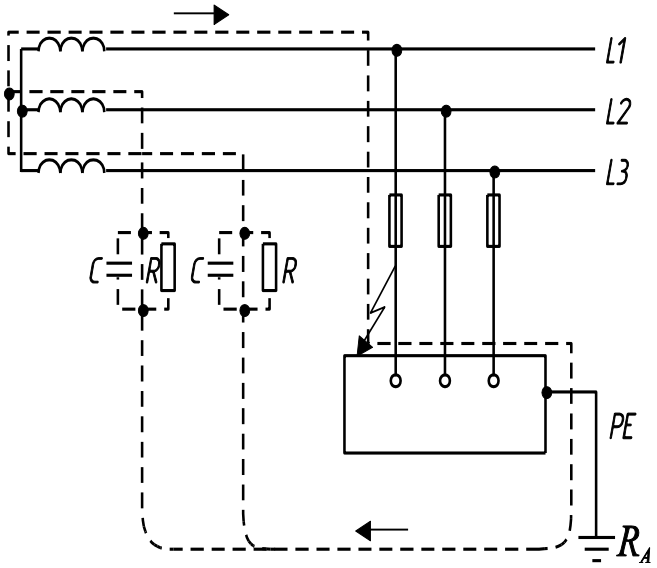
Przy zabezpieczeniu nadprądowym

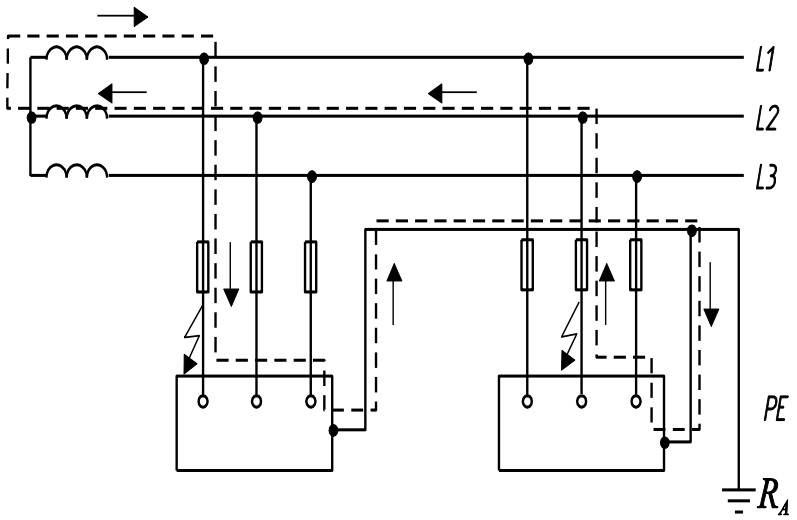
$$I_{k1} = \frac{U_0}{1{,}25 \cdot Z_{k1}} \geq I_a$$

Przy zabezpieczeniu różnicowoprądowym

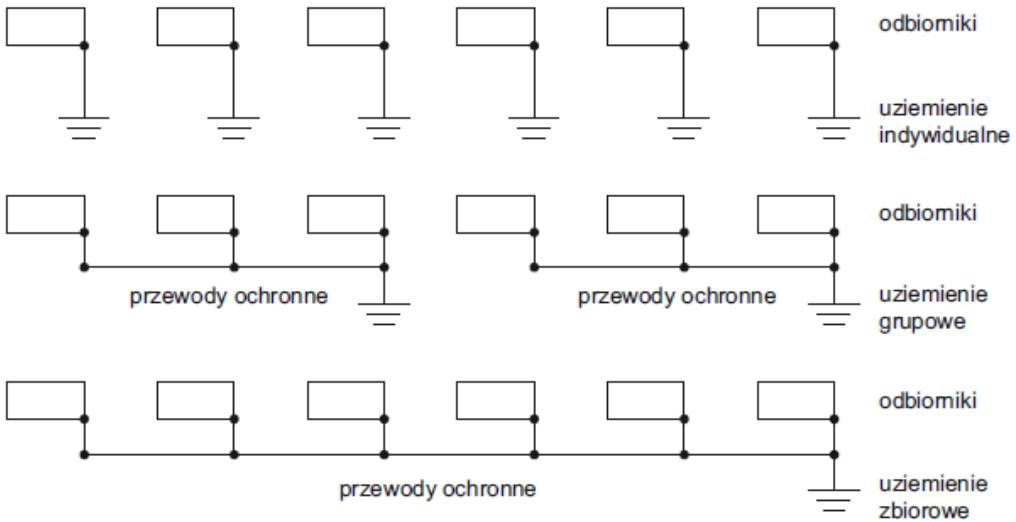
$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

UKŁAD ZASILANIA IT





Sposoby uziemienia odbiorników



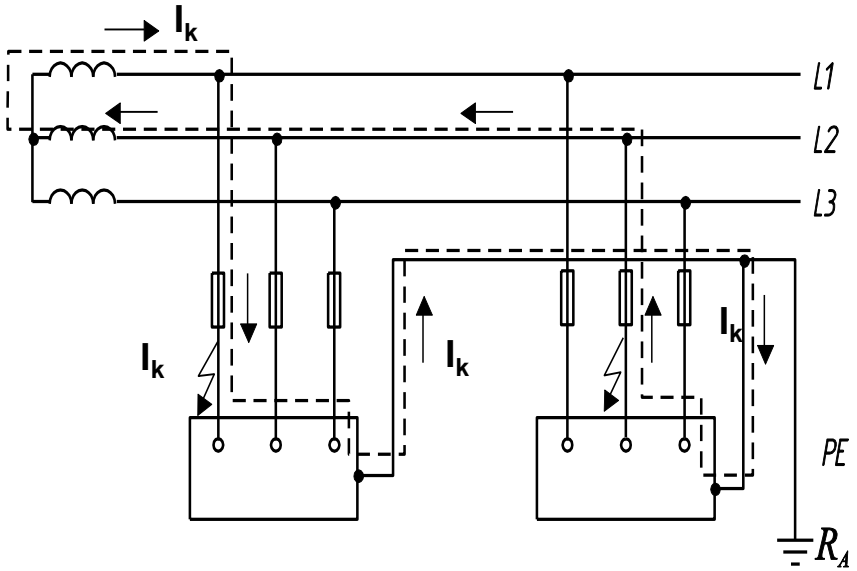
Bez przewodu neutralnego

$$I_k = \frac{U_n}{2 \cdot Z_S} \geq I_a$$

Z przewodem neutralnym

$$I_k = \frac{U_0}{2 \cdot Z_S'} \geq I_a$$

PODWÓJNE ZWARCIE W UKŁADZIE IT



Jeśli warunek samoczynnego wyłączenia zasilania w każdym obwodzie z osobna zaostrzy się, przyjmując dwukrotną wartość prądu wyłączającego ($2I_a$) to przy dowolnej kombinacji zwarcia dwufazowego, co najmniej jedno z pobudzonych zabezpieczeń nadprądowych zadziała w wymaganym czasie. Stąd wymagania określające warunek samoczynnego wyłączenia przy podwójnym zwarciu:

z przewodem neutralnym

$$I_k = \frac{U_0}{2 \cdot Z_S'} \geq I_a$$

bez przewodu neutralnego

$$I_k = \frac{U_n}{2 \cdot Z_S} \geq I_a$$

W przeciwnym przypadku należało by rozpatrywać następującą ilość przydatków, które podlegały by ocenie:

$$C = \binom{N}{2} = \frac{N!}{2! \cdot (N-2)!}$$

OCHRONA PRZEZ STEROWANIE WARTOŚCIĄ SPODZIEWANEGO NAPIECIA DOTYKOWEGO ZGODNIE Z WYMAGANIAMI PN-HD 60364-4-41:2017-09

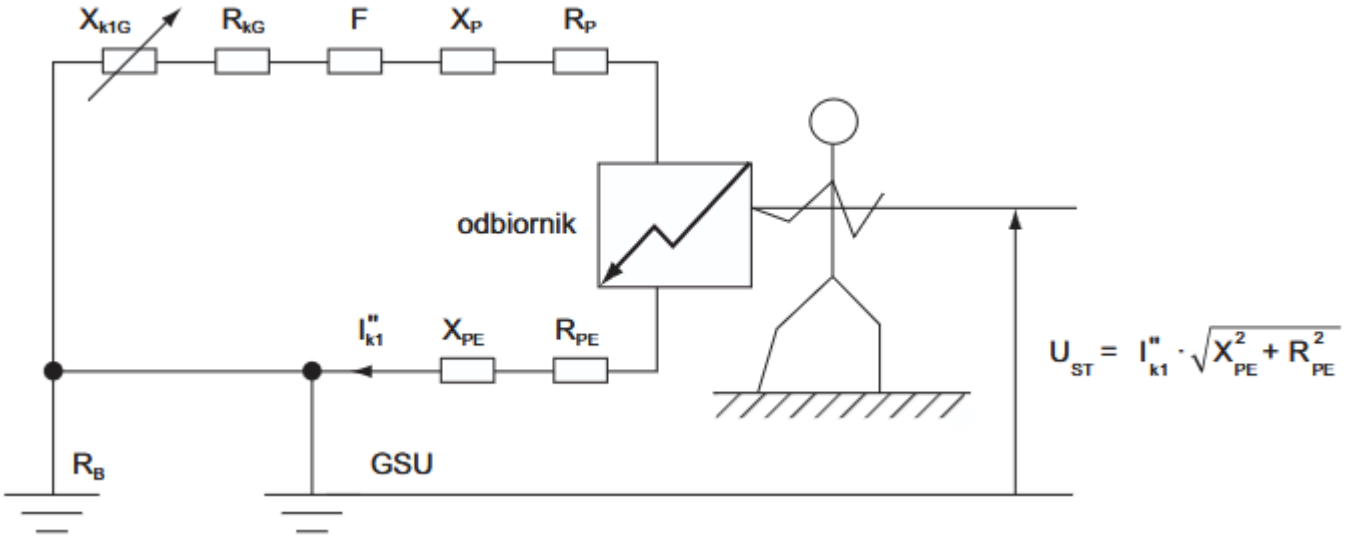
W przypadku gdy spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia w instalacji zasilanej z zespołu prądotwórczego jest niemożliwe, należy przeprowadzić ocenę skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu (przed dotykiem pośrednim) przez sprawdzenie, czy w czasie zwarcia doziemnego o prądzie zwarciowym równym I_a wystąpiłoby na częściach przewodzących dostępnych napięcie dotykowe o wartości nie przekraczającej napięcia dotykowego, dopuszczalnego długotrwale w danych warunkach środowiskowych (U_L).

$$U_{ST} = I_a * Z_{PE} \leq U_L$$

Prowadzi to przy znanych odległościach części przewodzących jednocześnie dostępnych do określenia następującego warunku dotyczącego minimalnego przekroju przewodu wyrównawczego, przy określonej wartości napięcia dopuszczalnego długotrwale (U_L):

$$S_{PE} \geq \frac{I_a * l}{U_L * \gamma}$$

OCHRONA PRZEZ STEROWANIE WARTOŚCIĄ SPODZIEWANEGO NAPIECIA DOTYKOWEGO



$$S_{PE} \geq \frac{I_a * l}{U_L * \gamma}$$

Dokładna analiza wzorów oraz rysunku, prowadzi do oceny dwóch przypadków:

a) jeżeli $I_k < I_a$ – czy spodziewane napięcie dotykowe U_{ST} jakie powstanie na częściach przewodzących dostępnych chronionego urządzenia, w warunkach zakłóconych nie przekroczy napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L,

b) jeżeli $I_k \geq I_a$ – czy nastąpi samoczynne wyłączenie zasilania w czasie nie dłuższym od określonego w normie PN-HD 60364-4-41.

Przyjęcie takiego sposobu rozwiązania ochrony przeciwporażeniowej gwarantuje jej zachowanie przy dowolnej wartości spodziewanego prądu zwarciowego.

ZASILANIE AWARYJNE SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH nn

Zespół prądotwórczy nie może być zamiennie stosowany zamiast transformatora SN/nn zasilającego sieci elektroenergetyczne nn. Jego dobór wymaga znacznie większej precyzji niż dobór transformatora.

Jest on wrażliwy na zmiany obciążenia oraz wymaga znacznego przewymiarowania przy zasilaniu silników elektrycznych oraz odbiorników nieliniowych.

Zakłada się, że budynki użyteczności publicznej posiadają własne zespoły prądotwórcze.

Przywiduje się zasilanie wyłącznie odbiorców komunalnych oraz oświetlenia ulicznego.

W odniesieniu do odbiorców komunalnych, konieczne jest ograniczenie poboru mocy do niezbędnego minimum socjalnego:

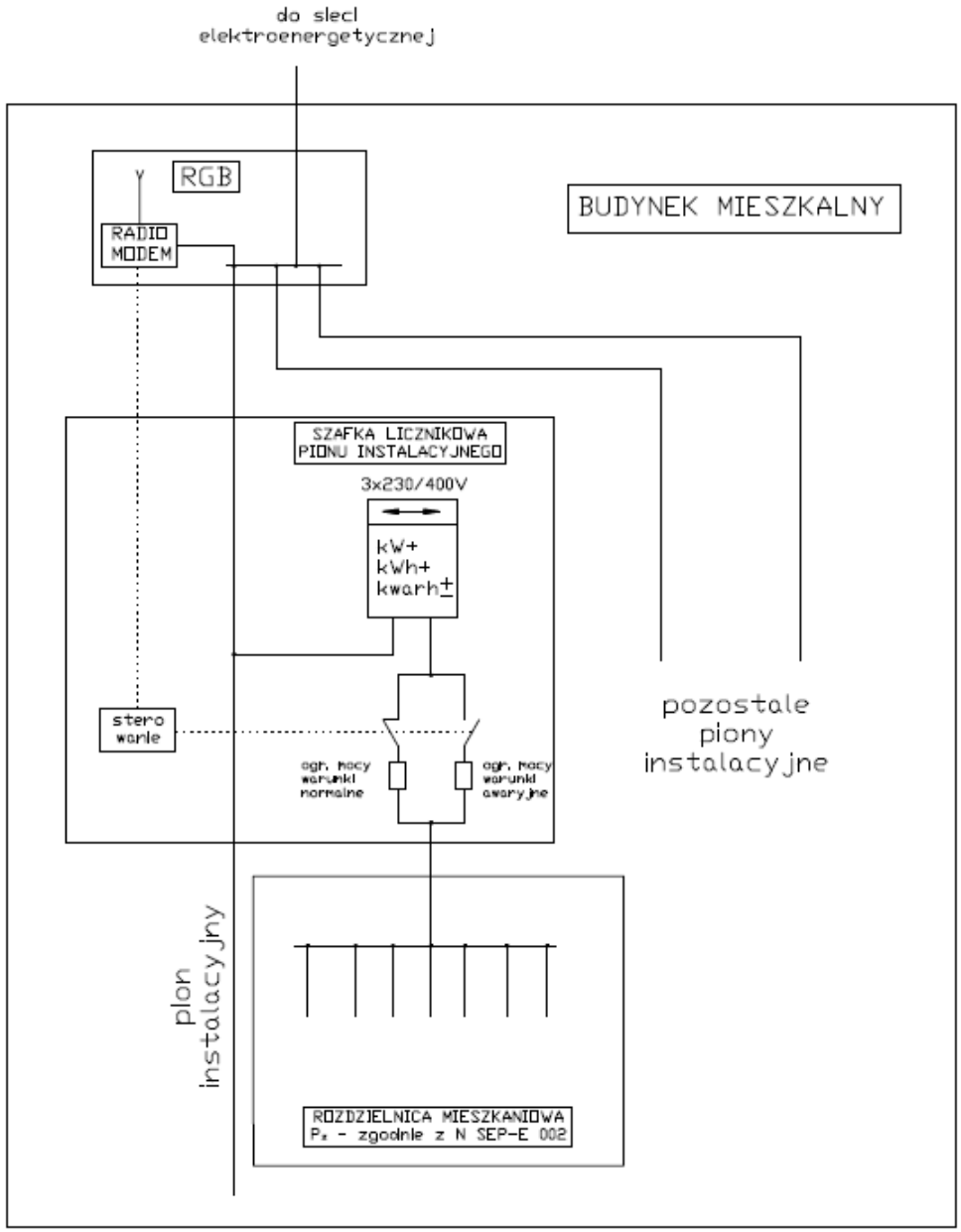
- *oświetlenie,*
- *lodówka,*
- *odbiornik RTV*.

Przy takim założeniu należy na pojedyncze mieszkanie lub domek jednorodzinny przewidywać nie więcej niż *(1,5 – 2) k W* mocy zapotrzebowanej.

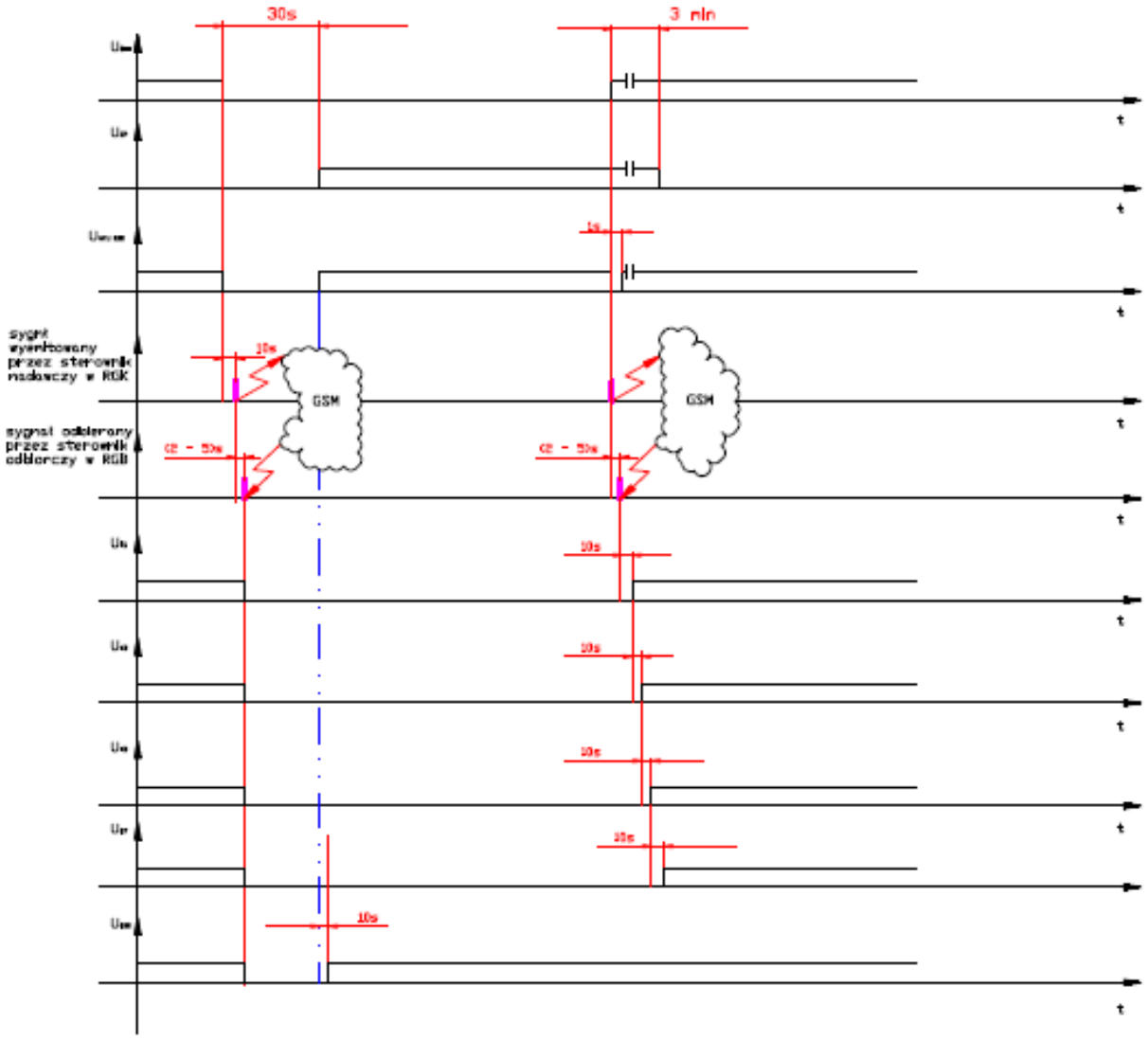
Całkowite zapotrzebowanie mocy, przy przyjętym założeniu należy obliczyć wg wskazań normy *N SEP-E002*, pamiętając, ze w oświetleniu ulicznym obowiązuje współczynnik jednoczesności równy 1.

Zatem w rozdzielnicach mieszkaniowych oraz rozdzielnicach administracyjnych budynków należy dokonać stosownej przebudowy zapewniając możliwość automatycznego ograniczenia poboru mocy do wartości (1,5 – 2) kW na mieszkanie lub budynek jednorodzinny.

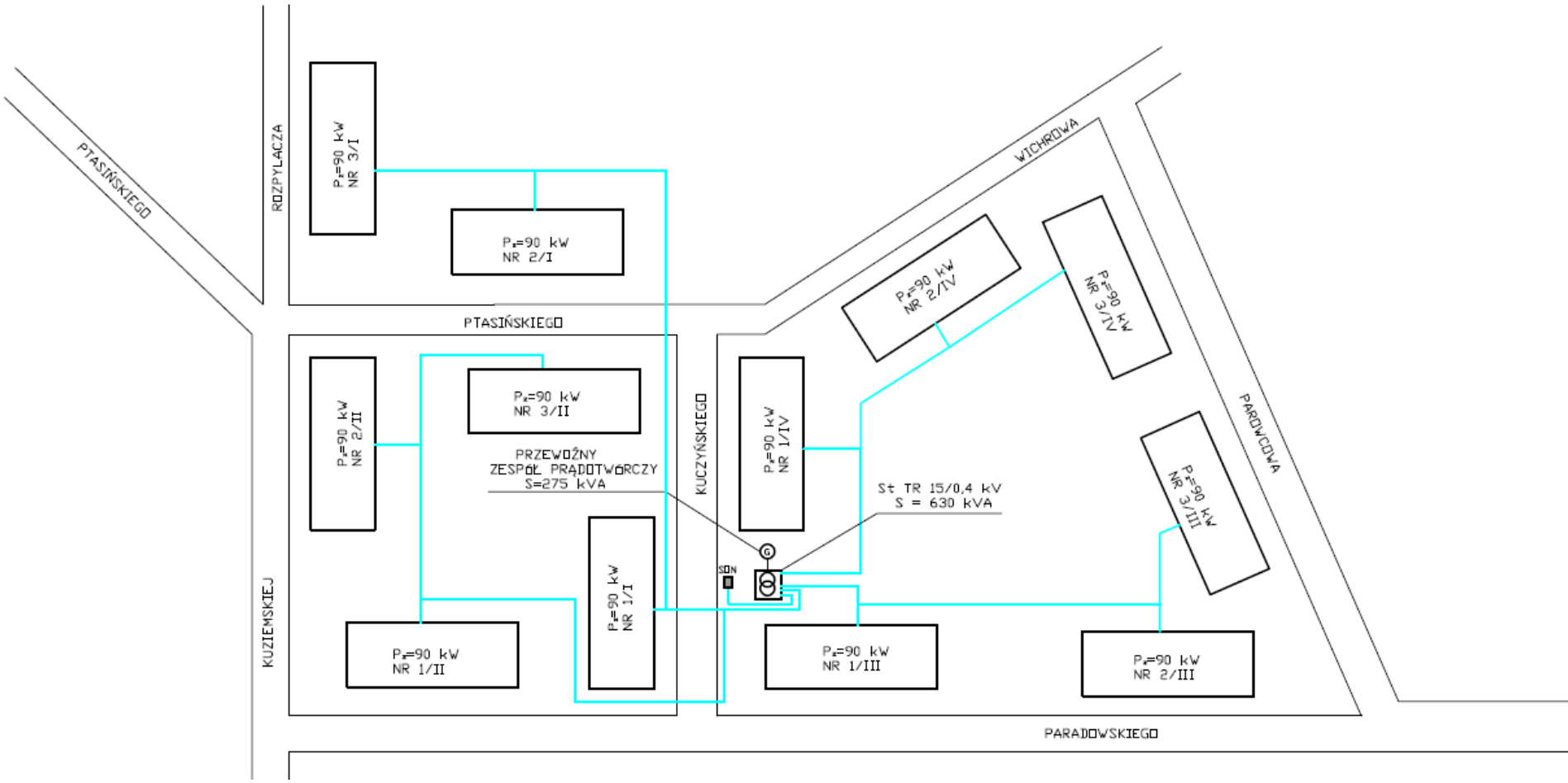
AUTOMATYCZNE OGRANICZANIE POBORU MOCY



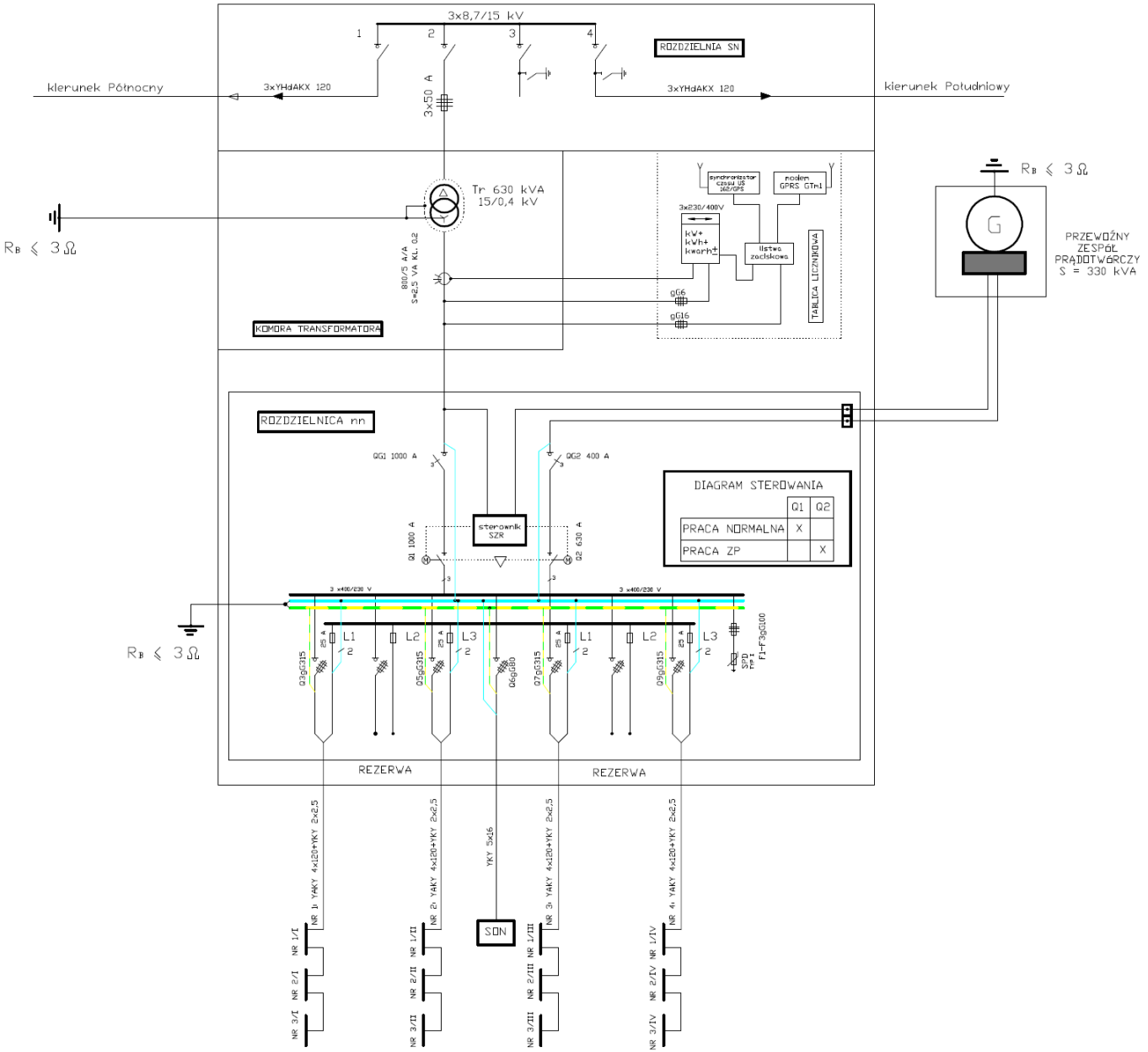
STEROWANIE ZRZUTEM OBCIĄŻENIA – PRZYKŁAD SEKWENCJA CZASOWA



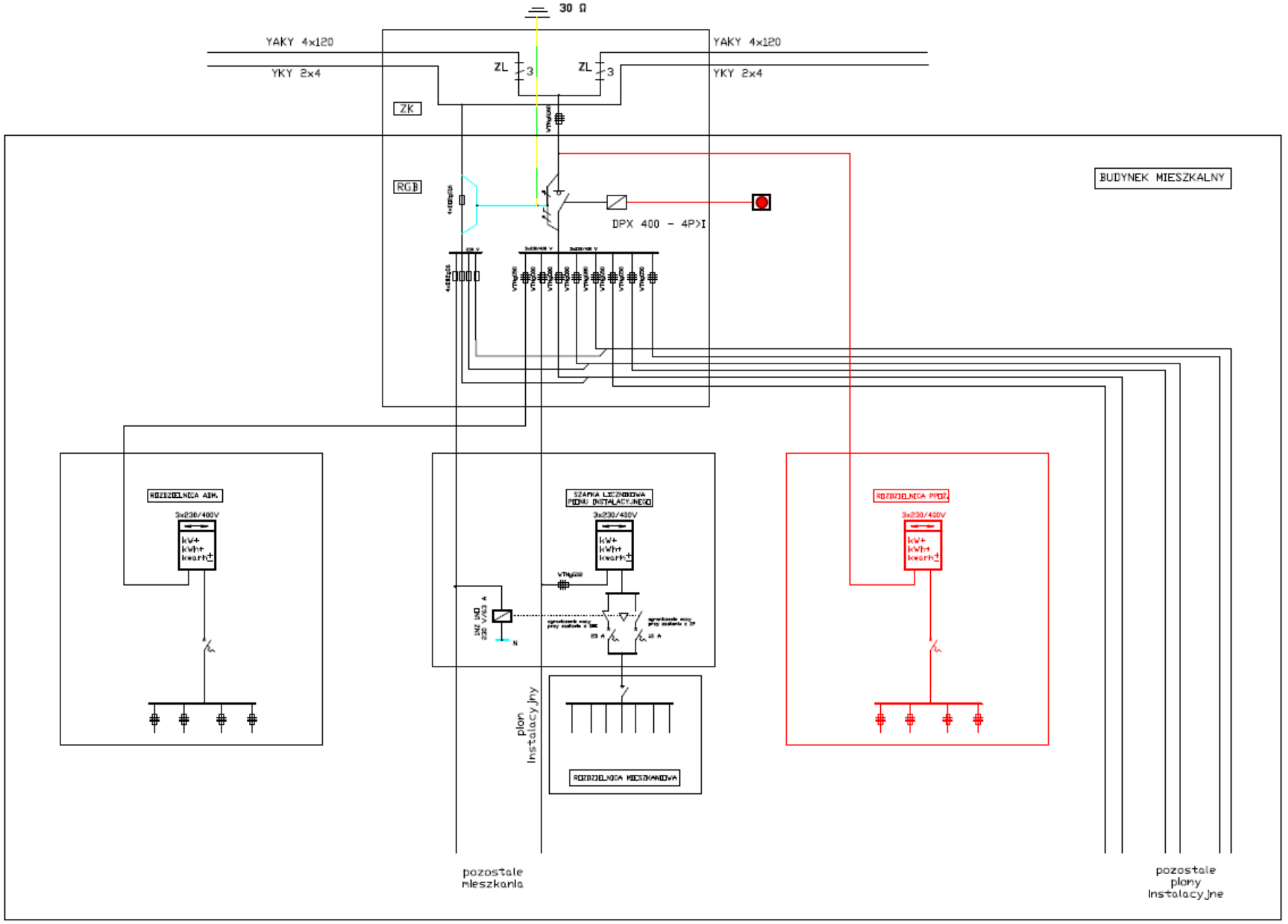
PRZYKŁAD ZASILANIA AWARYJNEGO OSIEDLA MIESZANIOWEGO



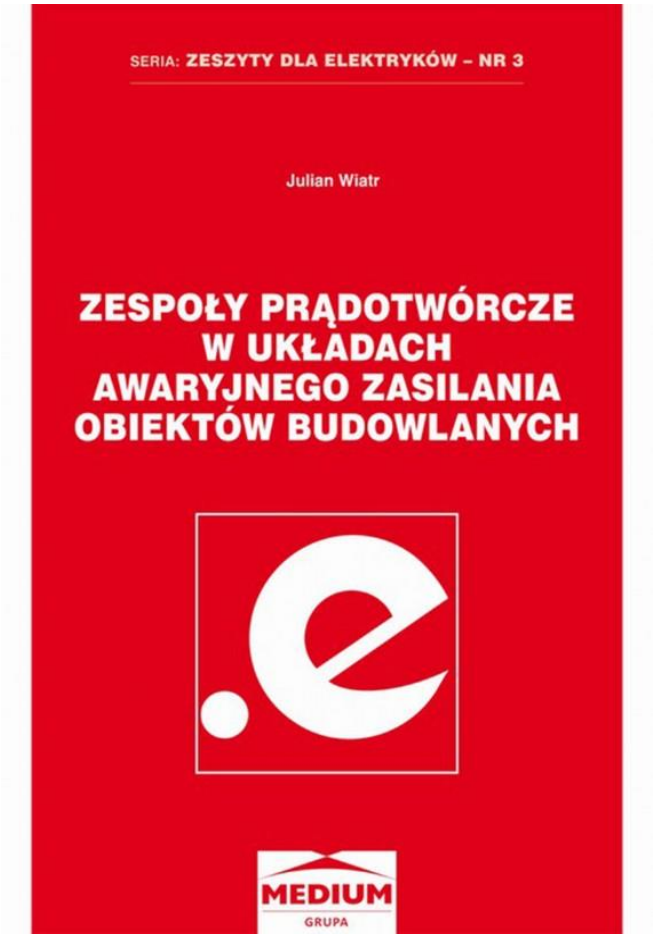
SCHEMAT ZASILANIA OSIEDLA Z PRZYŁĄCZONYM ZESPOŁEM PRĄDOTWÓRCZYM



SCHEMAT IDEOWY ZASILANIA BUDYNKU



WIĘCEJ INFORMACJI W PREZENTOWANEJ PUBLIKACJI, DOSTĘPNEJ W KSIĘGARNI TECHNICZNEJ GRUPY MEDIUM Sp. z o. o. Sp. K



UDZIAŁ PSP W UTRZYMANIU CIĄGŁŚCI ZASILANIA W CZASIE BLACKOUTU

Warunki do spełnienia zasilania awaryjnego

- przygotowanie infrastruktury, w uzgodnieniu z zarządcą sieci oraz administracją zasilanych budynków, w tym oświetlenia ulicznego (konieczny projekt uzgodniony z OSD oraz PSP),
- okresowa kontrola stanu technicznego i funkcjonowania infrastruktury zasilania awaryjnego w zakresie sieci oraz instalacji w budynkach, w tym oświetlenia ulicznego,
- wydzielenie zespołów prądotwórczych o wymaganych mocach do zasilania awaryjnego, z określeniem miejsca przyłączenia konkretnego ZP,
- przygotowanie scenariusza zdarzeń i planu działań na wypadek blackoutu,
- zabezpieczenie organizacyjne dowozu i uzupełniania paliwa w pracujących zespołach prądotwórczych oraz nadzór nad ich stanem technicznym, przy ścisłym współdziałaniu z OSD,
- przywracanie zasilania normalnego po usunięciu przyczyn blekautu, przy ścisłej współpracy z OSD i zarządcą zasilanych budynków oraz innych obiektów budowlanych, w tym oświetlenia ulicznego.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

julianwiatr@wp.pl

W IMIENIU PEŁNOMOCNIKA PROREKTORA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
DS. KSZTAŁCENIA PODYPLOMOWEGO ORAZ MIKROPOŚWIADCZEŃ

DR INŻ. KAZIMIERZA HERLEDERA,
PROFESORA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ

oraz

KIEROWNIKA STUDIÓW
DR INŻ. MARKA JAWORSKIEGO

Politechnika
Wrocławska

ZAPRASZAM NA STUDIA PODYPLOMOWE

W ZAKRESIE OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ
I PRZECIWPOŻAROWEJ W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH