



DOBÓR AGREGATÓW PRĄDOTWÓRCZYCH



AGREGATY PEX-POOL PLUS
ul Metalowców 35
39-200 Dębica

www.generatorzy.pl



DOBÓR

**AGREGATÓW
KABLI ZASILAJĄCYCH
FUNDAMENTU**

www.generatorzy.pl

Dębica 2010

Spis Treści

I. Dobór agregatu prądotwórczego	3
II. Dobór układu SZR	8
III. Dobór kabli	10
IV. Przykłady doboru kabla do agregatu	11
V. Obliczanie grubości fundamentu pod agregat prądotwórczy	15



www.generatorzy.pl

I. Dobór agregatu prądotwórczego:

1. Dobór mocy agregatu.

1.1. dobór ze względu na klasę pracy agregatu – o wyborze klasy świadczą wymienione warunki pracy

W zależności od tego, czy agregat będzie stanowił rezerwowe (przy awarii sieci energetycznej) źródło zasilania czy główne (zamiast sieci energetycznej) należy postąpić albo mocą maksymalną (awaryjną), albo mocą ciągłą. O zakwalifikowaniu do danej klasy decyduje spełnienie poniższych warunków pracy.

1.1.1. praca w czuwaniu (zasilanie awaryjne) – dobierać wg mocy awaryjnej agregatu

Warunki pracy:

- praca przy 100% mocy znamionowej awaryjnej – do 25h/rok
- praca przy 80% mocy znamionowej awaryjnej – do 200h/rok
- brak możliwości przeciążenia

1.1.2. praca ciągła (zasilanie główne) – dobierać według mocy ciągłej agregatu

Warunki pracy:

- praca przy 100% mocy znamionowej ciągłej – do 500h/rok
- praca przy 70% mocy znamionowej awaryjnej – nieograniczony czas
- możliwość przeciążenia o 10% mocy znamionowej ciągłej – do 25h/rok

Moc pozorna agregatu S_n podawana jest w [kVA].

Moc czynna agregatu P_n podawana jest w [kW] przy znamionowym współczynniku mocy $\cos \varphi$. Dla agregatów 3-fazowych znamionowy $\cos \varphi = 0,8$ a dla agregatów

1-fazowych $\cos \varphi = 1,0$.

Współczynnik mocy określa też kąt, o który prąd spóźnia się z napięciem (obciążenie indukcyjne) lub wyprzedza napięcie (obciążenie pojemnościowe).

$$\cos \varphi = P_n \text{ [kW]} / S_n \text{ [kVA]} \quad \text{albo} \quad P_n \text{ [kW]} = S_n \text{ [kVA]} \times \cos \varphi$$

1.1.3. - prąd agregatów 3-fazowych oblicza się ze wzoru:

$$I_n [A] = S_n [kVA] \times 1000 / (1,73 \times U_n [V]) , \text{ gdzie } U_n = 400V$$

albo

$$I_n [A] = P_n [kW] \times 1000 / (1,73 \times U_n [V] \times \cos \varphi)$$

- prąd agregatów 1-fazowych oblicza się ze wzoru:

$$I_n [A] = S_n [kVA] \times 1000 / (U_n [V]) , \text{ gdzie } U_n = 230V$$

albo

$$I_n [A] = P_n [kW] \times 1000 / (1,73 \times U_n [V] \times \cos \varphi)$$

Moce agregatów są podawane dla temperatury otoczenia do 40°C i wysokości 1000 m n.p.m. Przy wyższej temperaturze i wysokości należy uwzględniać współczynniki zmniejszające moc znamionową agregatu.

1.2. dobór ze względu na moc i charakter obciążenia

Moce odbiorników podawane są w [kW] przy znamionowym współczynniku mocy $\cos \varphi$.

Aby określić moc agregatu należy:

a). jeśli większość obciążenia stanowią odbiorniki o znamionowym współczynniku mocy $\cos \varphi$ takim jak agregat, wówczas wystarczy zsumować moce czynne odbiorników w [kW] (P_n) oraz uwzględnić rezerwę mocy na przeciążenie (większy pobór prądu) podczas rozruchu. Następnie należy dobrać agregat o odpowiednio większej mocy czynnej [kW] z uwzględnieniem klasy pracy agregatu

b). jeśli jest dużo odbiorników o współczynniku mocy odbiegającym od znamionowego $\cos \varphi$ agregatu, wówczas należy zsumować moce pozorne odbiorników w [kVA] ($S_n = P_n / \cos \varphi$) oraz uwzględnić rezerwę mocy na przeciążenie (większy pobór prądu) podczas rozruchu. Następnie należy dobrać agregat o odpowiednio większej mocy pozornej [kVA] z uwzględnieniem klasy pracy agregatu

W tabeli podane są najważniejsze grupy odbiorników wraz z zalecaną rezerwą mocy na przeciążenie podczas rozruchu oraz ich współczynnikami mocy.

Rodzaj obciążenia	Zalecana rezerwa mocy przy rozruchu	Współcz. mocy $\cos \varphi$
Oświetlenie żarówkowe	0%	1,0
Oświetlenie świetlówkowe	0%	0,95
Grzałki	0%	1,0
Napędy silnikowe o niskiej bezwładności (wentylatory, sprężarki i pompy rotacyjne)	50% Pn	0,70-0,90
Napędy silnikowe 3-fazowe o wysokiej bezwładności – rozruch bezpośredni (duże wentylatory, sprężarki i pompy tłokowe)	(300÷500)% Pn	0,70-0,90
Napędy silnikowe 3-fazowe o wysokiej bezwładności – rozruch gwiazda-trójkąt (duże wentylatory, sprężarki i pompy tłokowe)	200% Pn	0,70-0,90
Napędy silnikowe 1-fazowe	(200÷500)% Pn	0,66-0,80
Napędy falownikowe częstotliwościowe	100% Pn	
Napędy falownikowe PWM (regulacja wypełnienia)	40% Pn	
Pompy pożarnicze	(300÷500)% Pn	0,70-0,92
Klimatyzacja	200% Pn	0,66-0,80
UPS-y 6-pulsowe	40% Pn	
UPS-y 6-pulsowe filtrami harmonicznymi i 12-pulsowe	20% Pn	
Urządzenia spawalnicze	(200÷400)% Pn	
Urządzenia medycznej diagnostyki obrazowej	150% Pn	1,0

Objaśnienia: Pn – moc znamionowa

Rezerwa mocy przy rozruchu = Moc przeciążeniowa – Moc znamionowa

Uwagi:

1. Dla odbiorników o dużej mocy w stosunku do całości obciążenia należy sprawdzać prąd rozruchowy oraz współczynnik mocy w instrukcji danego urządzenia. Szczególny wpływ na dobór mocy agregatu mają napędy i urządzenia o dużym prądzie rozruchowym (pompy, sprężarki tłokowe, spawarki, urządzenia medycznej diagnostyki obrazowej) oraz urządzenia powodujące odkształcenie prądu i wprowadzenie harmonicznymi w obwód zasilania (UPS-y, komputery, falowniki)
2. Moc pomp pożarniczych przyjmować zawsze jak dla rozruchu bezpośredniego a nie z rozrusznikiem, gdyż urządzenia te mimo posiadania rozrusznika powinny posiadać opcję rozruchu bezpośredniego w razie awarii rozrusznika.

3. Dla UPS przyjmować moc znamionową UPS-a, a nie moc zasilanych odbiorników.
Należy dodatkowo uwzględnić 10%-50% mocy na ładowanie akumulatorów.
4. Należy uważać na zasilanie mało obciążonych UPS-ów z filtrem harmonicznym, ponieważ posiadają one pojemnościowy współczynnik mocy co może grozić uszkodzeniem prądnicy agregatu.
5. Niewłaściwie dobrane lub nastawione przełączniki gwiazda-trójkąt silników asynchronicznych mogą powodować prąd rozruchowy taki sam jak przy rozruchu bezpośrednim.

1.3. równomierność obciążenia agregatów 3-fazowych

W agregatach 3-fazowych należy zaplanować równomierne obciążenie wszystkich faz prądnicy przez odbiorniki jednofazowe. Dopuszczalna asymetria wynosi 30%. Przy obciążeniach 1-fazowych agregat należy obciążać do 75% mocy znamionowej.

Przy obciążeniu wyłącznie jednej fazy prądnicę można obciążyć do około 40%-60% mocy w zależności od układu połączeń wewnętrznych prądnicy.

Agregaty nierównomiernie obciążone przegrzewają się.

1.4. sposoby ograniczenia mocy znamionowej agregatu

1.4.1. rozruch krokowy (stopniowany) odbiorników

Po przełączeniu SZR-a z zasilania sieciowego na zasilanie z agregatu odbiorniki nie załączają się jednocześnie, ale z określonymi opóźnieniami czasowymi (krokami). Pierwszy powinien załączać się odbiornik o największej mocy rozruchowej ponieważ będzie miał największy zapas mocy agregatu, następne odbiorniki załączają się kolejno z odpowiednimi opóźnieniami. Ilość kroków jest dowolna – zwiększa ona koszty wykonania SZR-a.

1.4.2. zastosowanie prądnicy obcowzbudnej z AVR-em typu AREP lub PMG w celu uzyskania możliwości chwilowego 3-krotnego przeciążenia w czasie rozruchu silników.

Prądnice synchroniczne dzielą się na samowzbudne i obcowzbudne.

- Prądnice samowzbudne z regulatorem AVR typu SHUNT są tańsze, samozabezpieczające – prąd spada prawie do zera przy zwarceniu symetrycznym, mają małą przeciążalność rozruchową i zwarciovą (prąd zwarciovą nie wyłączy zabezpieczenia głównego prądnicy).

- Prądnice obcowzbudne z regulatorem typu AREP lub PMG są

droższe, posiadają przeciążalność do 3xIn przez 10s. Nadają się więc do rozruchu silników, do zasilania obciążeń nieliniowych jak UPS-y, falowniki. Potrzebują odpowiednich wyłączników zabezpieczających prądnicę.

- 1.4.3. praca równoległa agregatów – pozwala na lepsze wykorzystanie mocy agregatów przy dużym zmiennym obciążeniu. Wymaga zastosowania silnika spalinowego z odpowiednim elektronicznym regulatorem prędkości obrotowej, prądnicy z AVR-em do pracy równoległej oraz układu sterowania pracą równoległą.

2. Urządzenia grzewcze.

Dla zapewnienia sprawnego rozruchu agregatu oraz szybkiego i pewnego przejmowania obciążenia agregat powinien być wstępnie nagrany. **Jest to szczególnie ważne przy pracy w trybie automatycznym z SZR-em.**

Dla zapewnienia szybkiego rozruchu stosuje się:

- urządzenie spalinowe (Webasto) – przy bardzo niskich temperaturach otoczenia
- grzejniki akumulatorów, oleju i paliwa – j.w.
- świeca płomieniowa
- świece żarowe
- ogrzewanie pomieszczenia lub kontenera (zalecana temperatura 4-10°C

Dla zapewnienia sprawnego przejęcia pełnego, znamionowego obciążenia stosuje się:

- elektryczne grzałki płynu chłodzącego – nawet w pomieszczeniach
- urządzenie spalinowe (Webasto) – przy bardzo niskich temperaturach otoczenia
- ogrzewanie pomieszczenia lub kontenera (zalecana temperatura 4-10°C

Powyższe środki wspomagające można ze sobą łączyć.

II. Dobór układu SZR

Prąd znamionowy lub moc układu SZR należy dobierać do wielkości prądu lub mocy odbiorników przy zasilaniu sieciowym, a nie do prądu znamionowego lub mocy agregatu.

O wielkości SZR-a decyduje stycznik sieci.

Wynika to z faktu, że wszystkie obwody są zasilane z sieci, natomiast z agregatu mogą być zasilane np. tylko obwody rezerwowane.

Styczniki lub przełącznik z napędem silnikowym SZR-a mogą pracować w kategorii obciążenia AC1 lub AC3.

Kategoria AC1 to odbiorniki o małej indukcyjności, czyli niedużym prądzie rozruchowym,

tj. obciążenia rezystancyjne, oświetlenie, małe silniki itp.

Kategoria AC3 to odbiorniki o wysokiej indukcyjności, czyli dużym prądzie rozruchowym,

tj. duże silniki, silniki o ciężkim rozruchu, pompy itp.

Dobierając elementy SZR z katalogu zwraca się uwagę:

- przy pracy w kategorii AC1 na prąd znamionowy styczników lub przełącznika
- przy pracy w kategorii AC3 na moc znamionową styczników lub przełącznika

Przykład doboru agregatu.

Założenia:

- agregat będzie pracował tylko w razie awarii sieci energetycznej do 25h/rok

Przyjmujemy 100% mocy awaryjnej

- zasilane odbiorniki:

1-fazowe:

- oświetlenie o mocy 5kW
- urządzenia biurowe o mocy 6kW
- komputery o mocy 2kW
- wentylacja o mocy 5kW, $\cos \varphi = 0,79$

3-fazowe:

- urządzenia grzewcze o mocy 10kW
- inne urządzenia o mocy 15kW
- pompa 20kW o rozruchu bezpośrednim, $\cos \varphi = 0,81$

Przy przyjęciu równomiernego obciążenia faz przez odbiorniki 1-fazowe:

$$P_{\text{obc}} = P_{1\text{faz}} / 3 = 5\text{kW} + 6\text{kW} + 2\text{kW} + 5\text{kW} = 18\text{kW} / 3\text{fazy} = 6\text{kW}$$

a). Przy założeniu jednoczesnego rozruchu wszystkich odbiorników moc obciążenia

3-fazowego wyniesie:

$$P_{obc} = 6kW + 10kW + 15kW + 20kW + 400\% \times 20kW = 131kW$$

Przyjmujemy 10% rezerwy mocy, więc $P_{obc} = 1,1 \times 131kW = 144kW$

Dobieramy agregat o mocy **150kW** dla $\cos \varphi = 0,8$

b). Zakładamy dwustopniowe załączanie odbiorników – najpierw załączamy pompę a następnie (z opóźnieniem 10s) pozostałe odbiorniki
Wymagana moc wyniesie:

- przy pierwszym kroku:

$$P_{obc} = 20kW + 400\% \times 20kW = 100kW$$

- przy drugim kroku:

$$P_{obc} = 20kW + 6kW + 10kW + 15kW = 51kW$$

czyli moc pozostała po rozruchu pompy wystarczy do zasilenia pozostałych odbiorników

Przyjmujemy 10% rezerwy mocy, więc $P_{obc} = 1,1 \times 100kW = 110kW$

Dobieramy agregat o mocy **110kW** dla $\cos \varphi = 0,8$

c). dobór SZR-a

Przy jednoczesnym załączaniu odbiorników:

$$I_n = P_n / (1,73 \times U_n \times \cos \varphi) = 144000 / (1,73 \times 400 \times 0,8) = 260A$$

dla pracy AC3

Przy opisanym dwustopniowym załączaniu odbiorników:

$$I_n = P_n / (1,73 \times U_n \times \cos \varphi) = 110000 / (1,73 \times 400 \times 0,8) = 200A$$

dla pracy AC-3

www.generatorzy.pl

III. Dobór kabli

1. Do instalacji 3-fazowych należy stosować kable na napięcie co najmniej 750V, do instalacji 1-fazowych kable na napięcie 500V.
2. Typy kabli:
 - do instalacji na zewnątrz: w ziemi kable YKY, w powietrzu YLY lub LgY (dodatkowo w rurkach)
 - do instalacji wewnątrz YLY albo LgY (H07V-K)
 - na zewnątrz na bębnach Opd (H07RN-F)
3. Do instalacji 3-fazowych kable 5-żyłowe, do instalacji 1-fazowych kable 3-żyłowe.
4. Przekrój przewodu ochronnego PE powinna wynosić:
 - dla przewodów fazowych do 16mm² – przekrój PE taki jak fazowych
 - dla przewodów fazowych 25-35mm² – przekrój PE ma być 16mm²
 - dla przewodów fazowych ponad 35mm² – przekrój PE równy połowie fazowych

Osobny przewód PE nie może mieć przekroju poniżej 4mm².
5. Dobór kabli siłowych do agregatów 3-fazowych w zależności od mocy agregatu wyrażonej w [kVA] oraz sposobu prowadzenia instalacji elektrycznej przedstawia tabela doboru kabli (załącznik nr 1). Tabela została opracowana na podstawie obowiązującej normy PN-IEC 60364-5-523:2001 dla najczęściej stosowanych sposobów wykonania instalacji. Wybrane przykłady doboru kabla podane zostały w załączniku nr 2.
6. W przypadkach nietypowych lub w razie wątpliwości należy skonsultować się z Działem Technicznym. Należy podać:
 - planowany przebieg trasy kablowej
 - temperaturę otoczenia trasy kablowej
 - długość kabla
 - rodzaj odbiorników energii (moc największego silnika, urządzenia komputerowe, przekształtnikowe, świetlówkowe, urządzenia 1-fazowe dużej mocy)
 - Dobór kabli sterowniczych i pomocniczych w zależności od wzajemnego położenia agregatu, szafki sterowniczej, szafy SZR i rozdzielni RG-nN jest zawarty w załączniku nr 3.

Przekroje kabli:

- kabel do sterowania SZR-em (załączanie i kontrola styczników) – 1,5÷2,5mm²
- kabel potrzeb własnych (podgrzewanie bloku silnika, ładowarka buforowa) -2,5÷4,0mm². Do zasilania potrzeb własnych kontenera z agregatem wymagany jest indywidualny dobór kabla ze względu na konieczność zasilania instalacji oświetleniowej, paliwowej, czerpni i wyrzutni powietrza)

- kabel sygnałowy – $1,5 \div 2,5 \text{mm}^2$ – gdy położony jest blisko kabli siłowych zalecany jest kabel ekranowany, ponadto konieczne jest wyposażenie agregatu w przełączniki pomocnicze dla zaworu paliwa, rozrusznika i podgrzewania wstępnego

IV. Przykłady doboru kabla do agregatu

Przykład 1

Dane wejściowe:

- moc agregatu – 150kVA
- agregat posadowiony w pomieszczeniu
- trasa kablowa w korytkach perforowanych
- długość kabla między agregatem a rozdzielnią SZR - 30m
 1. Zgodnie z tabelą instalację można wykonać:
 - przewodami jednożyłowymi typu LgY 70mm^2 (moc przenoszona przy ułożeniu w korytkach do 174kVA) albo
 - przewodem wielożyłowym typu YLYżo $5 \times 95 \text{mm}^2$ (moc przenoszona do 165kVA)
 2. Długość kabla 30m nie wymaga sprawdzania na spadek napięcia.

Przykład 2

Dane wejściowe:

- moc agregatu – 650kVA
- agregat posadowiony w pomieszczeniu
- trasa kablowa na drabinkach kablowych
- długość kabla między agregatem a rozdzielnią SZR - 100m
 1. Zgodnie z tabelą instalację można wykonać:
 - przewodami jednożyłowymi typu $2 \times \text{LgY}240 \text{mm}^2$ na fazę (moc przenoszona przy ułożeniu na drabinkach (w korytkach perforowanych) do 666kVA) albo
 - przewodami jednożyłowymi typu $3 \times \text{LgY}150 \text{mm}^2$ na fazę (moc przenoszona przy ułożeniu na drabinkach (w korytkach perforowanych) do 692kVA)
 2. Spadek napięcia dla kabli 2×240 wyniesie 1,48% - poprawne

Przykład 3

Dane wejściowe:

- moc agregatu – 550kVA
- agregat posadowiony na zewnątrz
- trasa kablowa na zewnątrz bezpośrednio w ziemi, wewnątrz w kanale kablowym
- długość kabla między agregatem a rozdzielnią SZR - 70m
 1. Mniejsza obciążalność kabli jest na odcinku położonym w ziemi niż w kanale kablowym, więc kable należy dobierać dla odcinka ziemnego

Zgodnie z tabelą instalację można wykonać:

- przewodami jednożyłowymi typu 4xYLY1x240mm² na fazę (moc przenoszona do 583kVA) albo
- przewodami jednożyłowymi typu 3xYLY1x240mm² na fazę położonymi w wykopie z odstępem 25cm (moc przenoszona do 473kVA x 1,23 = 582kVA)

2. Spadek napięcia dla kabli 3x240 wyniesie 0,59% - poprawne

Przykład 4

Dane wejściowe:

- moc agregatu – 30kVA
- agregat posadowiony w pomieszczeniu
- trasa kablowa w korytkach perforowanych
- długość kabla między agregatem a rozdzielnią SZR - 80m

1. Zgodnie z tabelą instalację można wykonać:
 - przewodem wielożyłowym typu YLY 5x6mm² (moc przenoszona przy ułożeniu w korytkach do 30kVA)
2. Spadek napięcia dla kabla 5x6 wyniesie 4,38% - zbyt duży spadek napięcia.
Należy zwiększyć przekrój kabla na 5x10 – spadek napięcia wyniesie 2,63%

www.generatory.pl

Przewód	Prąd max. agregatu [A] przy zastosowaniu kabli miedzianych w izolacji PCV dla określonego sposobu ułożenia kabla										
	w kanale kablowym		korytko pełne	korytko perfor. lub drabinka		w ziemi bezpośrednio 1- lub 3-żyłowe			w ziemi w rurach 1-żyłowe		
Ilość żył na fazę	1-żyłowe	3-żyłowe	1- lub 3-żyłowe	1-żyłowe	3-żyłowe	na styk	wg 60364	odstęp 25cm	na styk	odstęp 25cm	odstęp 50cm
x											
przekrój [mm kw.]	B1	B2	C	F	E	D	D	D	D	D	D
1x4	28	27	32	0	34	47	31		37		
1x6	36	34	41	0	43	59	39		46		
1x10	50	46	57	0	60	79	52		61		
1x16	68	62	76	99	80	102	67		79		
1x25	89	80	96	131	101	133	86		101		
1x35	110	99	119	162	126	159	103		122		
1x50	134	118	144	196	153	188	122		144		
1x70	171	149	184	251	196	232	151		178		
1x95	207	179	223	304	238	280	179		211		
1x120	239	206	259	352	276	318	203		240		
1x150	275	236	299	406	319	359	230		271		
1x185	314	268	341	463	364	406	258		304		
1x240	370	313	403	546	430	473	297		350		
2x120	382	330	440	620	486	359	407	431	383	431	431
2x150	440	378	508	715	561	407	461	489	434	489	489
2x185	502	429	580	815	641	457	518	548	487	548	548
2x240	592	501	685	961	757	526	596	631	561	631	631
3x120	502	433	614	866	679	467	539	575	503	575	611
3x150	578	496	709	999	785	529	611	651	570	651	692
3x185	659	563	808	1139	895	594	685	731	639	731	776
3x240	777	657	955	1343	1058	683	789	841	736	841	894
4x120	621	536	777	1084	850	575	671	719	623	719	767
4x150	715	614	897	1250	983	651	760	814	706	814	868
4x185	816	697	1023	1426	1121	731	852	913	792	913	974
4x240	962	814	1209	1682	1324	841	981	1051	911	1051	1121

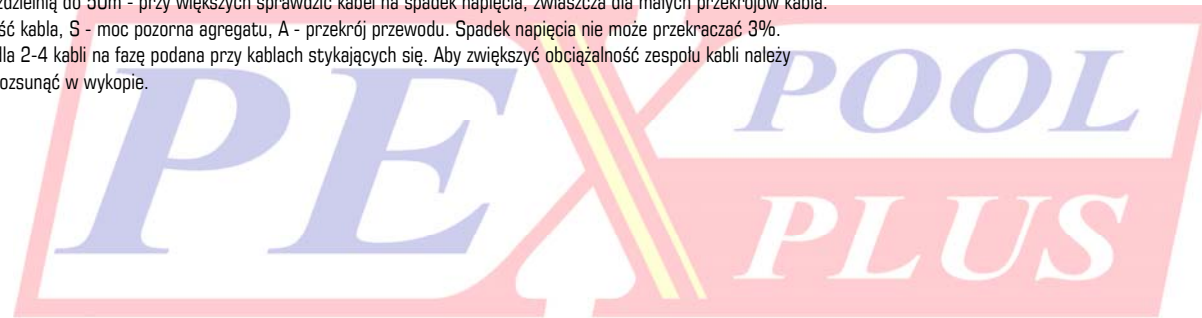
Dobór agregatów prądotwórczych

5x120	717	618	945	1320	1035	659	779	838	719	838	958
5x150	825	708	1091	1523	1196	746	882	950	814	950	1086
5x185	942	804	1245	1736	1365	837	989	1066	913	1066	1218
5x240	1110	939	1471	2048	1613	964	1139	1227	1051	1227	1402

Warunki obowiązywania tabeli:

1. Tylko kable miedziane do 1kV w izolacji PVC.
2. Instalacje 3-fazowe równomiernie obciążone, gdy obciążenie przewodu neutralnego nie przekracza 30% prądu znamionowego.
3. Zawartość harmoniczných mniejsza od 10%.
4. Temperatura otoczenia kabli: 30 st.C dla sposobów B1, B2, C, E i F oraz 20 st.C dla sposobu D.
5. Przy prowadzeniu instalacji kilkoma sposobami należy wybrać kabel dla najmniej korzystnych warunków.
6. Długość kabla między agregatem a rozdzielnią do 50m - przy większych sprawdzić kabel na spadek napięcia, zwłaszcza dla małych przekrojów kabla.
 $\Delta U\% = l \times S / A \times 91200$ gdzie: l - długość kabla, S - moc pozorna agregatu, A - przekrój przewodu. Spadek napięcia nie może przekraczać 3%.
7. Obciążalność kabli ułożonych w ziemi dla 2-4 kabli na fazę podana przy kablach stykających się. Aby zwiększyć obciążalność zespołu kabli należy równoległe wiązki poszczególnych faz rozsunąć w wykopie.

Opracował: mgr inż. Jacek Trojanowski
 Agregaty PEX-POOL Plus Dębica



www.generatory.pl

V. Obliczanie grubości fundamentu pod agregat prądotwórczy

$$H = \frac{2 \times W}{2400 \times B \times L}$$

gdzie:

H – grubość fundamentu [m]

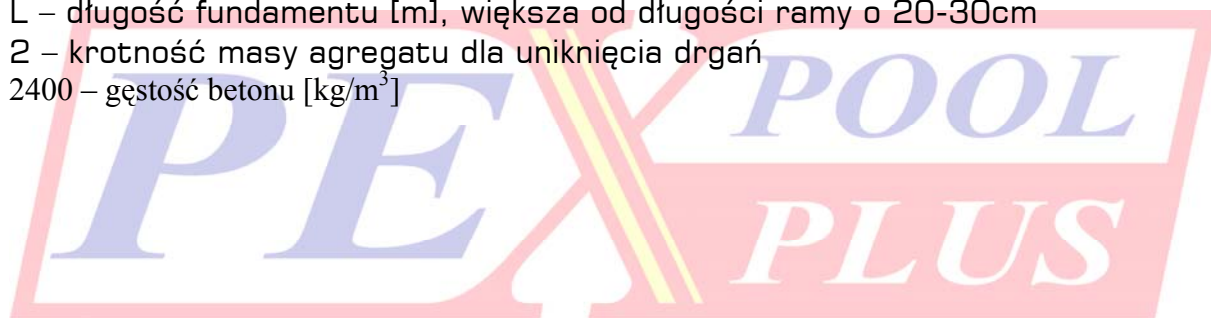
W – masa agregatu [kg]

B – szerokość fundamentu [m], większa od szerokości ramy o 20-30cm

L – długość fundamentu [m], większa od długości ramy o 20-30cm

2 – krotność masy agregatu dla uniknięcia drgań

2400 – gęstość betonu [kg/m³]



www.generatory.pl