

3 WPŁYW ODBIORNIKA OBCIĄŻENIA ELEKTRYCZNEGO NA WIELKOŚĆ GENERATORA

Przegląd

Ten rozdział skupia się na wpływie odbiornika obciążenia elektrycznego na wielkość generatora. Ważne jest złożenie uzasadnienie dokładnego planu odbiorników obciążeń we wczesnej fazie projektów generowania energii, ponieważ obciążenie jest jednym z najważniejszych czynników w dobieraniu wielkości generatora. Jeżeli wszystkie potrzebne do doboru wielkości generatora informacje o obciążeniach urządzeń nie są dostępne na wczesnym etapie projektu, pierwsze obliczenia wielkości będą musiały być oparte na szacunkach i założeniach. Następnie należy dokonać przeliczeń, gdy bardziej dostępne informacje staną się dostępne. Różne rodzaje odbiorników – silniki, zasilacze bezprzewodowe (UPS), napędy o regulowanej częstotliwości (VFD), medyczne urządzenia diagnostyki obrazowej oraz pompy pożarnicze, mają znaczące i różne wpływy na wielkość agregatów prądotwórczych.

Zastosowania i rodzaje klas obciążenia pracy

Rodzaje klas pracy agregatu

Określanie obciążeń, które muszą być obsługiwane przez agregat prądotwórczy jest funkcją rodzaju zastosowania i wymaganego rodzaju pracy. Generalnie są trzy klasyfikacje rodzajów pracy dla zastosowań agregatów prądotwórczych, „Czuwające, Główne i Ciągłe”. te klasyfikacje są zdefiniowane w Rozdziale 2, *Projekt Wstępny*. Dostępne wielkości dla agregatów prądotwórczych są różne odpowiednio do tych klasyfikacji. Agregat prądotwórczy używany w zastosowaniach czuwania jest wykorzystywany jako rezerwa dla głównego (komunalnego) źródła zasilania i oczekuje się, że nie będzie działał często, więc wielkość Czuwania jest najwyższą dostępną dla agregatu. Od agregatów klasy zasilania Głównego oczekuje się wytwarzania znamionowej mocy wyjściowej przez nieograniczoną liczbę godzin i agregat prądotwórczy jest uważany za główne źródło zasilania dla zmiennych obciążeń, więc moc znamionowa klasy zasilania Głównego wynosi zwykle około 90% mocy Czuwania. W zastosowaniach do pracy Ciągłej, od agregatu oczekuje się wytwarzania znamionowej mocy wyjściowej przez nieograniczoną liczbę godzin przy stałym obciążeniu (zastosowania, w których agregat może pracować równolegle z komunalnym źródłem zasilania i z podstawowym obciążeniem), więc moc znamionowa dla klasy pracy Ciągłej wynosi zwykle około 70% mocy dla klasy pracy Czuwania. Zdolność obciążenia agregatu prądotwórczego jest funkcją oczekiwanej żywotności lub przedziałów czasowych pomiędzy remontami.

Zastosowania obowiązkowe i opcjonalne

Zasadniczo, zastosowania agregatów prądotwórczych mogą być zaliczane do dwóch podstawowych kategorii, te, które są wymagane przepisami (prawnie wymagane) i te, które są wymagane z powodów ekonomicznych (generalnie związane z dostępnością lub niezawodnością energii). Te kategorie będą wymagały zupełnie innych wyborów, gdy muszą być podejmowane decyzje dotyczące odbiorników, które są podłączane do agregatu.

Wymagane przepisami: Te zastosowania są zwykle zastosowaniami ocenianymi przez władze jako awaryjne lub wymagane prawem czuwające, gdzie bardzo ważne jest bezpieczeństwo życia lub wspomaganie życia. Te rodzaje zastosowań mogą być podawane w przepisach budowlanych lub przepisach dotyczących bezpieczeństwa życia i zwykle obejmują takie obiekty, jak służba zdrowia (szpitale, domy opieki, kliniki), budowle wysokościowe oraz miejsca zgromadzeń (teatry, sale, obiekty sportowe, hotele). Zwykle agregat prądotwórczy zapewni zasilane rezerwowe dla takich obciążeń, jak oświetlenia wyjść, wentylacja, systemy wykrywania pożaru i alarmowe, windy, pompy pożarnicze, systemy komunikacyjne bezpieczeństwa publicznego, a nawet procesy przemysłowe, w których utrata zasilania powoduje zagrożenie bezpieczeństwa życia lub zdrowia. Inne wymagane przez prawo systemy są wymagane, gdy jest określone, że utrata normalnego zasilania komunalnego stanowi zagrożenie lub utrudni operacje ratowania lub zwalczania pożaru. W celu określenia minimalnych obciążeń, które muszą być dostarczane przez generator, zapoznać się z przepisami lokalnych władz i związanymi z tym normami. W większości zastosowań do generatora mogą być podłączane dodatkowe odbiorniki, jeżeli jest to zaaprobowane przez władze lokalne.

Opcjonalne czuwające: Ten rodzaj instalacji systemów staje się coraz częściej spotykany, w miarę jak dostępność energii stała się bardziej krytyczna. Te systemy zasilają obiekty, takie, jak budynki przemysłowe i handlowe i obciążenia obsługowe, takie, jak ogrzewanie, chłodzenie, komunikacja przetwarzania danych i krytyczne procesy przemysłowe. Generatory są często doceniane, gdzie utrata zasilania komunalnego mogłaby spowodować dyskomfort lub zakłócenie produktów obrabianych w krytycznych procesach lub urządzeń przetwórczych.

Generatory zasilania głównego i ciągłego: Zastosowania dla agregatów prądowórczych, które dostarczają zasilanie główne lub ciągłe, stają się coraz bardziej popularne w krajach rozwijających się oraz jako zastosowania rozproszonego zasilania. Występuje wiele korzyści dla wytwórców komunalnych po stronie wytwarzania i po stronie użytkownika przez odbiorców. Uregulowania i bardziej ostre przepisy ochrony środowiskowe powodują, że dla zaspokojenia rosnącego zapotrzebowania służby energetyczne poszukują alternatywnej produkcji energii i alternatywnych dystrybucji w stosunku do budowania nowych centralnych zakładów energetycznych, takich, jak wygładzanie szczytów i struktur zasilania bezprzerwowego. Odbiorcy komunalni wykorzystują wytwarzanie na miejscu dla zredukowania zapotrzebowania szczytowego i dążą do możliwości wspólnego wytwarzania, gdy występuje równoczesne zapotrzebowanie zarówno na energię elektryczną, jak i na ciepło.

W każdym przypadku trzeba mieć świadomość, że agregaty prądowórcze są generalnie małym źródłem energii w porównaniu z normalnym źródłem komunalnym i charakterystyka pracy odbiornika może mieć głęboki wpływ na jakość energii, jeżeli generator nie jest prawidłowo dobrany pod względem wielkości. Ponieważ generator jest ograniczonym źródłem energii, gdy odbiorniki są podłączane do lub odłączane od generatora, należy oczekiwać zakłóceń napięcia i częstotliwości. Te zakłócenia muszą być utrzymywane w granicach dopuszczalnych dla wszystkich podłączonych odbiorników obciążenia. Ponadto wystąpi odkształcenie napięcia wyjściowego generatora, gdy będą podłączane odbiorniki nie-liniowe wytwarzające prądy harmoniczne. To odkształcenie może być znacznie większe podczas pracy na zasilaniu z generatora, niż gdy zasilanie jest dostarczane z sieci komunalnej i spowoduje dodatkowe nagrzewanie zarówno generatora, jak i urządzenia obciążającego, jeżeli nie będzie kontrolowane. W konsekwencji tego, dla ograniczenia zakłóceń napięcia i częstotliwości podczas obciążeń przejściowych i ograniczenia odkształcenia harmonicznego przy obsłudze odbiorników nie-liniowych, takich, jak komputery, zasilacze UPS i regulatory VFD[<] potrzebne są generatory większe, niż wymagane do zasilania podobnego obciążenia mocą bieżącą.

Dostępne są teraz programy wspomagające dobór wielkości generatora, które umożliwiają dokładny dobór agregatu prądowórczego i zapewniają wyższy poziom zaufania dla zakupu systemu wystarczająco dużego dla zaspokojenia potrzeb – i nie większego. Chociaż większość doborów agregatów prądowórczych jest wykonana dobrze za pomocą takich programów, jak GenSize z Cummins Power Generation (patrz Załącznik A) -

lub z pomocą przedstawiciela producenta – nadal ważne jest wiedzieć, co wchodzi do doboru właściwego agregatu prądowórczego dla danego zastosowania.

Oprócz podłączonego obciążenia, wiele innych czynników wpływa na dobór agregatu prądowórczego; wymagania rozruchowe takich odbiorników, jak silniki i ich obciążenia mechaniczne, jedno-fazowe niezrównoważenie obciążeń, odbiorniki nie-liniowe, takie, jak urządzenia UPS, ograniczenia spadków napięcia, obciążenia cykliczne, itp.

Zrozumienie obciążeń

Wymagania dotyczące uruchamiania i pracy odbiornika

Moc wymagana przez wiele rodzajów odbiorników może być znacznie wyższa podczas uruchamiania odbiornika, niż wymagana dla pracy ciągłej w stanie stabilnym (większość obciążeń napędzanych silnikami, które nie wykorzystują żadnego rodzaju urządzeń miękkiego startu). Niektóre odbiorniki wymagają również wyższej mocy szczytowej podczas działania, niż podczas biegu jałowego (na przykład spawanie i medyczne urządzenia diagnostyki obrazowej). Wciąż inne odbiorniki (odbiorniki nie-liniowe, takie, jak zasilacze UPS, komputery, regulatory VFD i inne odbiorniki elektroniczne) powodują nadmierne odkształcenia pracy generatora, jeśli generator nie jest dobrany większy, niż do zasilania odbiornika. Źródło zasilania musi być zdolne do zasilania wszystkich zapotrzebowań mocy operacyjnej odbiorników.

Podczas rozruchu lub warunków obciążenia szczytowego, nagłe zmiany obciążenia mogą powodować zakłócenia napięcia i częstotliwości, szkodliwe dla podłączonego odbiornika lub dostatecznie wysokie dla uniemożliwienia pomyślnego uruchomienia lub prawidłowego działania odbiornika, jeżeli generator jest niedopasowany rozmiarem. Podczas, gdy pewne odbiorniki są mocno tolerancyjne na krótkotrwałe zakłócenia napięcia i częstotliwości, inne odbiorniki są bardzo wrażliwe. W niektórych przypadkach urządzenie odbiorcze może posiadać urządzenia zabezpieczające, które powodują wyłączenie odbiornika w tych warunkach. Chociaż nie tak krytyczne, inne wpływy, takie, jak przygaszenia świateł lub chwilowe zatrzymanie wind mogą być, co najmniej, niepokojące.

Agregat prądowórczy jest ograniczonym źródłem energii zarówno pod względem mocy silnika (kW), jak i mocy generatora (kVA), niezależnie od rodzaju systemu wzbudzenia. Z tego powodu, zmiany obciążenia spowodują przejściowe odchylenia zarówno napięcia, jak i częstotliwości.

Na wielkość i czas trwania tych odchyłeń na wpływ charakterystyka obciążenia i rozmiar generatora w stosunku do obciążenia. Agregat prądotwórczy jest źródłem o względnie wysokiej impedancji w porównaniu z typowym transformatorem sieciowym. Patrz dalsze informacje w Rozdziale 4, *Dobór urządzeń*.

Kolejność stopniowego obciążania

W wielu zastosowaniach może być polecane ograniczanie wielkości obciążenia, które ma być podłączane do lub uruchamiane z agregatu prądotwórczego w tym samym czasie. Odbiorniki są zwykle podłączane stopniowo do agregatu prądotwórczego w kolejności, dla zmniejszenia wymagań startowych, a więc i wymaganego rozmiaru generatora. Wymaga to sterowania odbiornikami i urządzeń do podłączania obciążenia do generatora¹. Zwykle stosowane są do tego celu wielokrotne przełączniki przesyłu. Poszczególne przełączniki przesyłu mogą być regulowane do podłączania odbiorników w różnych czasach przy pomocy standardowych ustawień zwłoki czasowej przesyłania dla kolejkiowania odbiorników. Pomiedzy krokami obciążania zalecane są kilkusekundowe zwłoki czasowe dla umożliwienia ustabilizowania się napięcia i częstotliwości generatora. Będzie to oczywiście oznaczać, że odbiorniki awaryjne lub wymagane prawem będą musiały być podłączane jako pierwsze, dla spełnienia wymagań przepisów. Odbiorniki wymagające wyższej mocy startowej, takie, jak duże silniki, powinny być uruchamiane, gdy podłączone jest minimum odbiorników. Odbiorniki UPS mogą być pozostawiane jako ostatnie, ponieważ obciążenie UPS jest realizowane z akumulatora.

Na tej podstawie omawiane są poniżej poszczególne charakterystyki pracy.

Rodzaje odbiorników

Odbiorniki oświetleniowe: Obliczenia oświetlenia są bardzo proste, zsumowanie lamp, lub ustalona moc lub moc wymagana dla obwodów oświetleniowych, plus moc wymagana dla obciążenia balastowego. Powszechnymi rodzajami oświetlenia są żarowe – standardowe żarówkowe zestawy lamp, które zwykle wykorzystują włókno wolframowe, jarzeniowe – balastowo sterowane lampy z gazem zjonizowanym – dotyczy także gazowych lamp wyładowczych, oraz wyładowczych nisko-ciśnieniowych sodowych, wysoko-ciśnieniowych sodowych, itp. **Tabele 3-1 i 3-2** zawierają pewne przydatne dane reprezentacyjne.

¹ Cummins Power Generation oferuje sieciowe systemy kasadowego sterowania obciążeniem.

RODZAJ OŚWIETLENIA	SPF	RPF
Jarzeniowe	0,95	0,95
Żarowe	1,00	1,00
Wyładowcze	0,85	0,90

Tabela 3-1. Współczynniki mocy oświetlenia (startowe – SPF i pracy - RPF).

LAMPA	BALAST
48 cali T-12, 40 W, podgrzewane	10 W
48 cali T-12, 40 W, szybki start	14 W
Wysokowydajne 40 W jarzeniowe	25 W
Rtęciowe, 100 W	18-35 W
Rtęciowe, 400 W	25-65 W

Tabela 3-2. Moc obciążenia balastowego

Odbiorniki klimatyzacji powietrza: Odbiorniki klimatyzacji powietrza są generalnie podawane w tonach. Do oszacowania zapotrzebowania mocy w kilowatach, stosowana jest konwersja 2 KM/tonę, jako bardzo ostrożne oszacowanie całkowitego obciążenia dla zespołu o niższej wydajności. Jeżeli chcemy bardziej dokładnej wielkości i znamy obciążenia silników poszczególnych składników w urządzeniu klimatyzacyjnym, należy zsumować je indywidualnie i dojść do współczynnika zapotrzebowania, jakie odbiorniki mogą być prawdopodobnie uruchamiane jednocześnie.

Obciążenia silnikowe: Są różne rodzaje silników i rodzaje obciążeń podłączanych do tych silników, każde z nich wpływają na charakterystykę rozruchu i pracy silnika. Poniżej jest omówienie wielu z tych różnic i charakterystyk i ich wpływy na dobór rozmiaru agregatu prądotwórczego.

Niska i Wysoka bezwładność: Moment bezwładności masy wirującej, takiej, jak silnik i jego obciążenie, jest miarą jego rezystancji na przyspieszanie przez moment rozruchowy silnika. Moment rozruchowy wymaga większej mocy silnikowej agregatu prądotwórczego (SkW), niż obciążenie podczas pracy ciągłej. Jednak zamiast wykonywania obliczeń, w celu określenia mocy silnika potrzebnej do uruchamiania i przyspieszania obciążeń silnika, zwykle wystarczy szeroko scharakteryzować obciążenia jako obciążenia o wysokiej bezwładności lub o niskiej bezwładności. W związku z tym obciążenia o niskiej bezwładności są tymi, które mogą być przyspieszane, gdy załóżony może być współczynnik obsługi 1,5 lub mniejszy, podczas gdy obciążenia o wysokiej bezwładności są tymi, dla których musi być

zakładany współczynnik obsługi wyższy, niż 1,5. Wyższy współczynnik obsługi musi być również zakładany dla obciążeń mechanicznie niewyważonych lub pulsacyjnych. **Tabela 3-3** pokazuje kategorie popularnych obciążeń.

Obciążenia o niskiej bezwładności*	Obciążenia o wysokiej bezwładności**
Wentylatory i dmuchawy odśrodkowe	Windy
Sprężarki rotacyjne	Pompy jedno- i wielocylindrowe
Pompy rotacyjne i odśrodkowe	Sprężarki jedno- i wielocylindrowe
	Kruszarki skał
	Przenośniki

Tabela 3-3. Zestawienie bezwładności obrotowej.

* Wyjątkowo duże wentylatory lub pompy, które pracują przy wysokim stopniu podnoszenia mogą nie kwalifikować się jako obciążenia o niskiej bezwładności. W przypadku niepewności, zakładać wysoka bezwładność.

** Obciążenia o wysokiej bezwładności obejmują obciążenia mechanicznie pulsujące i niewyważone.

Powyżej 50 KM: Duży silnik uruchamiany prosto z linii (across-the-line) z agregatem prądowórczym przedstawia obciążenie o niskiej impedancji, podczas zablokowanego wirnika i początkowego stanu utkniętego. Wynikiem jest wysoki prąd udarowy, zwykle sześciokrotnie większy od prądu znamionowego (pracy). Wysoki prąd udarowy powoduje spadek napięcia generatora. Ten spadek napięcia składa się z chwilowego przejściowego spadku napięcia i spadku odtwarzania napięcia.

Chwilowy przejściowy spadek napięcia występuje w chwili, gdy silnik jest podłączany do wyjścia generatora i jest ściśle funkcją względnych impedancji generatora i silnika. Chwilowy spadek – napięcia jest spadkiem napięcia przepowiadany przez krzywe spadku napięcia publikowane w arkuszach danych alternatora². Te krzywe spadku dają pomysł, czego można spodziewać się dla chwilowego spadku, zakładając, że częstotliwość jest stała. Jeżeli silnik zwalnia z powodu dużego zapotrzebowania na moc startową kW, przejściowy spadek napięcia może być przesadzony, ponieważ charakterystyka napięcia regulatora dopasowana do momentu zmniejsza wzbudzenie alternatora, pomagając odzyskać prędkość silnika.

² Krzywe spadku napięcia dla urządzeń Cummins Power Generation są dostępne na płycie CD Power Suite Library.

Po wykryciu chwilowego przejściowego spadku napięcia, układ wzbudzania alternatora reaguje zwiększeniem wzbudzenia dla przywrócenia napięcia znamionowego – w tym samym czasie gdy silnik przyspiesza do prędkości pracy (zakładając, że silnik rozwija dostateczny moment obrotowy). Moment obrotowy silnika dla silników indukcyjnych jest wprost proporcjonalny do kwadratu przyłożonego napięcia. przyspieszenie silnika jest funkcją różnicy pomiędzy momentem obrotowym silnika a zapotrzebowaniem momentu odbiornika. W celu uniknięcia nadmiernych czasów przyspieszania, lub utknięcia silnika, generator musi odzyskać napięcie znamionowe tak szybko, jak to możliwe.

Sposób, w który generator odtwarza napięcie, jest funkcją względnych rozmiarów generatora i silnika, mocy silnika (kW) i zdolności wymuszania wzbudzania generatora. Kilka milisekund po początkowym przejściowym spadku napięcia, regulator napięcia przykłada pełne napięcie wymuszające do wzbudnika generatora, powodując wzrost prądu pola głównego generatora zgodnie ze stałymi czasowymi wzbudnika i głównego pola. Elementy składowe agregatu prądowórczego są zaprojektowane i dopasowane do uzyskania możliwie najkrótszego czasu reakcji przy zachowaniu stabilności napięcia i uniknięciu przeciążenia silnika. Układy wzbudzania, które reagują zbyt szybko, lub które są zbyt „sztywne” mogą przeciążać silnik przy starcie dużych silników. Zależnie od ważności odbiornika, generator powinien odtwarzać napięcie znamionowe w ciągu kilku cykli, lub co najwyżej, kilku sekund.

Dla zastosowań uruchamiania silników, muszą być rozważane zarówno początkowy przejściowy spadek napięcia, jak i odtwarzanie napięcia. Generator powinien być tak dobrany, by nie przekraczał początkowego przejściowego spadku napięcia podanego dla projektu, i tak, by odzyskał co najmniej 90 procent wyjściowego napięcia znamionowego przy mocy kVA całkowicie zablokowanego wirnika silnika. A więc silnik może dostarczać około 81 procent ($0,9 \times 0,9 = 81$) swojego znamionowego momentu obrotowego podczas przyspieszania, co zostało sprawdzone jako odpowiadające dla większości zastosowań uruchamiania silników.

Zamiast unikalnych specyfikacji projektu, 35% startowy spadek napięcia jest uważany jako dopuszczalny w sytuacji uruchamiania silnika agregatu prądowórczego.

Dostępne są różne rodzaje rozruszników silników przy zmniejszonym napięciu, w celu zmniejszenia startowej mocy kVA silnika w zastosowaniach, w których dopuszczalny jest zmniejszony moment obrotowy silnika. Zredukowanie mocy rozruchowej kVA może zmniejszyć spadek napięcia, wielkość agregatu prądowórczego i zapewnić łagodniejszy rozruch mechaniczny. Jednak, jak omówiono dalej, podczas podłączania tych rozruszników do agregatów prądowórczych należy zachować ostrożność.

Metody rozruchu trój-fazowego: jest kilka dostępnych metod uruchamiania silników trój-fazowych, jak zestawiono w **Tabeli 3-4** i omówiono w Załączniku C – uruchamianie silników przy zmniejszonym napięciu. Najpopularniejszą metodą uruchamiania jest rozruch bezpośredni, prosto z linii (pełne napięcie). Wymagania rozruchu silnika mogą być zmniejszone poprzez zastosowanie pewnego rodzaju rozrusznika o obniżonym napięciu lub półprzewodnikowego, co skutkuje mniejszym zalecanym agregatem prądowórczym. Jednakże podczas stosowania tych metod rozruchowych o obniżonym napięciu należy zachować ostrożność. Ponieważ moment obrotowy silnika jest funkcją przyłożonego napięcia, każda metoda, która redukuje napięcie silnika redukuje również moment obrotowy silnika podczas rozruchu. Te metody rozruchu powinny być stosowane tylko do obciążeń silnika o niskiej bezwładności, jeżeli nie można określić, że silnik będzie wytwarzał

odpowiedni moment obrotowy dla przyspieszania podczas rozruchu. Dodatkowo, te metody rozruchowe mogą wytwarzać bardzo wysokie prądy udarowe, gdy przechodzą one od rozruchu do pracy (jeżeli to przejście występuje zanim silnik osiągnie prędkość roboczą), powodując zbliżenie wymagań rozruchowych do uruchamiania prosto z linii. Jeżeli silnik nie osiąga prawie znamionowej prędkości roboczej przed przejściem, może nastąpić nadmierny spadek napięcia i częstotliwości, przy stosowaniu tych rozruszników z agregatami prądowórczymi. Jeżeli nie ma pewności, jak będą reagować rozrusznik i odbiornik, należy zakładać uruchamianie prosto z linii.

Napędy o regulowanej prędkości (VFD): Ze wszystkich klas obciążeń nie-liniowych, napędy o regulowanej częstotliwości, które są stosowane do regulowania prędkości silników indukcyjnych, indukują największe zniekształcenia napięcia wyjściowego generatora. Dla zabezpieczenie przed przegrzewaniem z powodu indukowanych przez napęd o regulowanej częstotliwości prądów harmonicznych, oraz dla ograniczenia zniekształceń prądu systemu przez obniżoną reaktancję alternatora, wymagane są większe alternatory.

Na przykład, obciążenie generatora przez konwencjonalny inwerter źródła prądu typu VDF musi być mniejsze, niż około 50% wydajności generatora, w celu ograniczenia całkowitych zniekształceń harmonicznych do poniżej 15 procent. Ostatnio regulatory VFD typu Modułowanej Szerokości impulsu stają się znacznie bardziej korzystne kosztowo i indukują znacznie niższe składowe harmoniczne. Dla tych napędów alternator może być przewymiarowany tylko o około 40%.

METODA ROZRUCHU	% PRZYŁOŻONEGO PEŁNEGO NAPIĘCIA (TAP)	% MOCY kVA PEŁNEGO NAPIĘCIA	% MOMENTU PEŁNEGO NAPIĘCIA	MNOŻNIK SkVA	SPF
Pełne napięcie	100	100	100	1,0	-
Napięcie zmniejszone autotransformatorem	80	64	64	0,64	-
	65	42	42	0,42	-
	50	25	25	0,25	-
Reaktor szeregowy	80	80	64	0,80	-
	65	65	42	0,65	-
	50	50	25	0,50	-
Rezystor szeregowy	80	80	64	0,80	0,60
	65	65	42	0,65	0,70
	50	50	25	0,50	0,80
Gwiazda Trójkąt	100	33	33	0,33	-
Część uzwojenia (typowe)	100	60	48	0,6	-
Silnik z wirnikiem uzwojonym	100	160*	100*	1,6*	-

* - Są to współczynniki procentowe prądu bieżącego, które zależą od wartości tych rezystancji szeregowych podłączanych do uzwojeń wirników.

Dla zastosowań napędu o regulowanej prędkości, dobierać wielkość agregatu prądowórczego do pełnej mocy znamionowej napędu, a nie mocy znamionowej napędzanego silnika. Składowe harmoniczne mogą być wyższe przy napędzie pracującym z częściowym obciążeniem i może być możliwe, że w przyszłości może być zainstalowany większy silnik, do pełnej wydajności napędu.

Litera kodu NEMA silnika: W Ameryce Północnej, norma NEMA dla silników i generatorów (MG1) oznacza dopuszczalne zakresy dla mocy rozruchowej kVA literami od „A” do „V”. Oznaczenie silnika musi ograniczać moc rozruchową kVA (wirnik zablokowany) do wartości z zakresu podanego dla tej Litery Kodu oznaczonego na silniku. W celu obliczenia mocy rozruchowej kVA silnika, należy pomnożyć moc silnika przez wartość z **Tabeli 3-5**, która odpowiada tej Literze Kodu. Wartości z **Tabeli 3-5** są średnimi z podanych zakresów wartości dla Liter Kodu.

Litera kodu	Współczynn.	Litera kodu	Współczynn.	Litera kodu	Współczynn.
A	2	H	6,7	R	15
B	3,3	J	7,5	S	16
C	3,8	K	8,5	T	19
D	4,2	L	9,5	U	21,2
E	4,7	M.	10,6	V	23
F	5,3	N	11,8		
G	5,9	P	13,2		

Tabela 3-5. Współczynniki mnożenia odpowiadające Literom Kodu.

Konstrukcja silnika trój-fazowego: W Ameryce Północnej, konstrukcje silników typu B, C, lub D to trój-fazowe indukcyjne silniki klatkowe klasyfikowane przez NEMA (Krajowy Związek Producentów Elektrycznych – National Electrical Manufacturers Association) według maksymalnej wartości prądu dla zablokowanego wirnika i wartości minimalnych dla momentu zablokowanego wirnika, minimalnego momentu rozruchowego i momentu krytycznego (utyku). Silniki typu wysoko-wydajnego są indukcyjnymi silnikami klatkowymi o dużej wydajności z wartościami momentu minimalnego podobnymi do silników typu B, ale o wyższym prądzie maksymalnym dla zablokowanego wirnika i wyższej znamionowej wydajności pełnego obciążenia. Standardowe wartości znamionowe dla Konstrukcji B, C, D i silniki Wysokiej Wydajności – patrz **Tabela 3-6**.

Konstrukcja silnika jedno-fazowego: Standardowe znamionowe wartości dla indukcyjnych silników jedno-fazowych – patrz **Tabela 3-7**.

Obciążenia Zasilaczy Bezprzerwowych: Statyczny zasilacz bezprzerwowy (UPS) wykorzystuje prostowniki krzemowe (SCR) lub inne urządzenia statyczne do przekształcania napięcia zmiennego AC na napięcie stałe DC. Napięcie stałe DC jest wykorzystywane do wytwarzania napięcia zmiennego AC poprzez obwód inwertera na wyjściu UPS. Napięcie stałe DC jest również wykorzystywane do ładowania akumulatorów, magazynu energii dla UPS. Włączenie SCR na wejściu indukuje prądy harmoniczne w alternatorze agregatu prądowórczego. te prądy powodują nagrzewanie uzwojeń, zmniejszoną wydajność, oraz zniekształcenia fali prądu zmiennego AC. Powoduje to wymaganie większego alternatora dla danej mocy –wyjściowej kW z agregatu.

Urządzenia UPS mogą być również wrażliwe na spadek napięcia i skoki częstotliwości. Gdy narasta napięcie w prostowniku, mogą wystąpić względnie szerokie wahnięcia częstotliwości i napięcia, bez zakłócania pracy. Jednakże, gdy zostanie włączone obejście, zarówno częstotliwość, jak i napięcie muszą być bardzo stabilne, lub wystąpi stan alarmu.

Dawne problemy niezgodności pomiędzy agregatami prądowórczymi i statycznymi urządzeniami UPS prowadziły do wielu błędów w doborze wielkości agregatów dla tego typu obciążenia. W przeszłości, dostawcy UPS zalecali przewymiarować agregat prądowórczy dwa do pięciu razy moc znamionowej UPS, ale nawet wtedy pozostawały pewne problemy. Od tego czasu większość producentów UPS rozwiązało te problemy niezgodności i teraz korzystniejsze kosztowo jest żądanie, aby urządzenia UPS były zgodne z agregatem, niż znaczne przewymiarowanie generatora.

Podczas dobierania wielkości generatora, wykorzystywać moc znamionową UPS, nawet, jeżeli sam UPS może nie być w pełni obciążony, plus moc ładowania akumulatorów. UPS będzie zwykle miał moc ładowania akumulatorów w wielkości 10 do 50 procent swojej mocy znamionowej. Jeżeli akumulatory są rozładowane, gdy UPS działa zasilany agregatem, agregat musi mieć możliwość zasilania zarówno obciążenia wyjściowego, jak i ładowania baterii. Większość zasilaczy UPS posiada regulowany limit prądu. Jeżeli ten limit jest ustawiony na 110% - 150% wartości znamionowej UPS, jest to szczyt obciążenia, który generator będzie musiał zasilic natychmiast po odłączeniu zasilania sieciowego. Drugim powodem wykorzystywania pełnej mocy UPS jest to, że w przyszłości do UPS mogą być podłączane dodatkowe odbiorniki, aż do wartości znamionowej.

To samo dotyczy nadmiarowych systemów UPS. Dobierać wielkość agregatu prądotwórczego dla łącznej mocy znamionowej poszczególnych zasilaczy UPS, w zastosowaniach, w których na przykład jeden UPS jest zainstalowany jako rezerwa dla drugiego, a dwa są zawsze podłączone do linii z obciążeniem 50 procent lub mniej.

Z powodu obciążeń nie-liniowych, urządzenie UPS indukuje składowe harmoniczne na wyjściu generatora. Urządzenia UPS wyposażone w wejściowe filtry składowych harmonicznych mają niższe prądy harmoniczne, niż urządzenia bez filtrów. Filtry harmoniczne muszą być zredukowane lub wyłączone, gdy obciążenie UPS jest małe. Jeżeli nie, te filtry mogą powodować pojemnościowy

współczynnik mocy na agregacie prądotwórczym. Patrz *Pojemnościowy Współczynnik Mocy* w rozdziale *Konstrukcja Mechaniczna*. Liczba prostowników (impulsów) również dyktuje wymagany stopień przewymiarowania alternatora. Prostownik 12-impulsowy z filtrem harmonicznych powoduje, że zalecany jest najmniejszy agregat prądotwórczy.

Większość urządzeń UPS posiada funkcje ograniczania prądu do regulowania maksymalnego obciążenia, które system może podłączać do swojego zasilania, co jest wyrażone jako wartość procentowa wartości znamionowej pełnego obciążenia UPS. Całkowite obciążenie, które UPS podłącza do swojego zasilania jest regulowane do tej wartości poprzez ograniczanie stopnia ładowania

KM	SILNIKI KONSTRUKCJI B, C I D		SILNIKI WYSOKIEJ WYDAJNOŚCI		DLA WSZYSTKICH SILNIKÓW	
	LITERA KODU NEMA*	WYDAJNOŚĆ (%)	LITERA KODU NEMA*	WYDAJNOŚĆ (%)	STARTOWY PF (SPF)	ROBOCZY PF (RPF)
1	N	73	N	86	0,76	0,70
1-1/2	L	77	L	87	0,72	0,76
2	L	79	L	88	0,70	0,79
3	K	83	L	89	0,66	0,82
5	J	84	L	90	0,61	0,85
7-1/2	H	85	L	91	0,56	0,87
10	H	86	K	92	0,53	0,87
15	G	87	K	93	0,49	0,88
20	G	87	K	93	0,46	0,89
25	G	88	K	94	0,44	0,89
30	G	88	K	94	0,42	0,89
40	G	89	K	94	0,39	0,90
50	G	90	K	95	0,36	0,90
60	G	90	K	95	0,36	0,90
75	G	90	K	95	0,34	0,90
100	G	91	J	96	0,31	0,91
125	G	91	J	96	0,29	0,91
150	G	91	J	96	0,28	0,91
200	G	92	J	96	0,25	0,91
250	G	92	J	96	0,24	0,91
300	G	92	J	96	0,22	0,92
350	G	93	J	97	0,21	0,92
400	G	93	J	97	0,21	0,92
500 i więcej	G	94	J	97	0,19	0,92

Tabela 3-6. Wartości domyślne silników trój-fazowych: Kod NEMA, EFF (wydajność), SPF (startowy współczynnik mocy), RPF (roboczy współczynnik mocy)

KM	LITERA KODU NEMA*	WYDAJNOŚĆ (%)	STERTOWY PF (SPF)	ROBOCZY PF (RPF)
SILNIK JEDNOFAZOWY Z FAZĄ POMOCNICZĄ				
1/6	U	70	0,8	0,66
1/4	T	70	0,8	0,69
1/3	S	70	0,8	0,70
1/2	R	70	0,8	0,70
STAŁY KONDENSATOR POMOCNICZY (PSC)				
1/6	G	70	0,8	0,66
1/4	G	70	0,8	0,69
1/3	G	70	0,8	0,70
1/2	G	70	0,8	0,72
ROZRUCH KONDENSATOREM/PRACA INDUKCYJNA				
1/6	R	40	0,8	0,66
1/4	P	47	0,8	0,68
1/3	N	51	0,8	0,70
1/2	M.	56	0,8	0,73
3/4	L	60	0,8	0,75
1	L	62	0,8	0,76
1-1/2	L	64	0,8	0,78
2	L	65	0,8	0,78
3 do 15	L	66	0,8	0,79
ROZRUCH KONDENSATOREM/PRACA INDUKCYJNA				
1/6	S	40	0,8	0,66
1/4	R	47	0,8	0,68
1/3	M.	51	0,8	0,70
1/2	N	56	0,8	0,73
3/4	M.	60	0,8	0,75
1	M.	62	0,8	0,76
1-1/2	M.	64	0,8	0,78
2	M.	65	0,8	0,78
3 do 15	M.	66	0,8	0,79

Tabela 3-7. Wartości domyślne silników jedno-fazowych: Kod NEMA, EFF (wydajność), SPF (startowy współczynnik mocy), RPF (roboczy współczynnik mocy)

akumulatora. Jeżeli więc maksymalne obciążenie jest ograniczone do 125 procent i UPS pracuje z 75 procent wydajności znamionowej, ładowanie akumulatora jest ograniczone do 50 procent wartości znamionowej UPS. Niektóre urządzenia UPS redukują stopień ładowania akumulatora do niższej wartości w czasie, gdy agregat prądowórczy zasila UPS.

Obciążenia ładowarki akumulatora: Ładowarki akumulatorów wykorzystują zwykle krzemowe prostowniki (SCR). Ładowarka akumulatora jest obciążeniem nie-liniowym, wymagającym przewymiarowanego alternatora dla przyjęcia dodatkowego ciepła i zminimalizowania zniekształcenia

napięcia powodowanego przez ładowarkę akumulatora indukującą prądy harmoniczne. Liczba prostowników (impulsów) również dyktuje wymagany stopień przewymiarowania alternatora. Prostownik 12-impulsowy z filtrem harmonicznych powoduje, że zalecany jest najmniejszy agregat prądowórczy.

Medyczne urządzenia diagnostyki obrazowej (rentgen, Cat Scan, MRI): Urządzenia obrazujące, takie, jak rentgen, Cat Scan i MRI wytwarzają wyjątkowe charakterystyki rozruchu i pracy, które muszą być uwzględniane podczas dobierania wielkości agregatu prądowórczego. Szczytowe obciążenie kVA (kVP x ma) i dopuszczalny

napięcia są ważnymi czynnikami dla dobierania wielkości agregatu prądowórczego dla zastosowań obrazowania medycznego. Dla wszystkich zastosowań obrazowania medycznego muszą być zrozumiane dwa dodatkowe czynniki.

Pierwszy, gdy urządzenia obrazowania medycznego są zasilane przez agregat prądowórczy, obraz może być inny, niż przy zasilaniu z sieci komunalnej. przyczyną tego jest różnica w charakterystyce spadku napięcia. jak pokazuje **Rysunek 3-1**, ten spadek będzie miał tendencję do stałości, gdy źródłem zasilania jest sieć komunalna, oraz będzie głębszy i bardziej zmienny, gdy źródłem jest agregat prądowórczy.

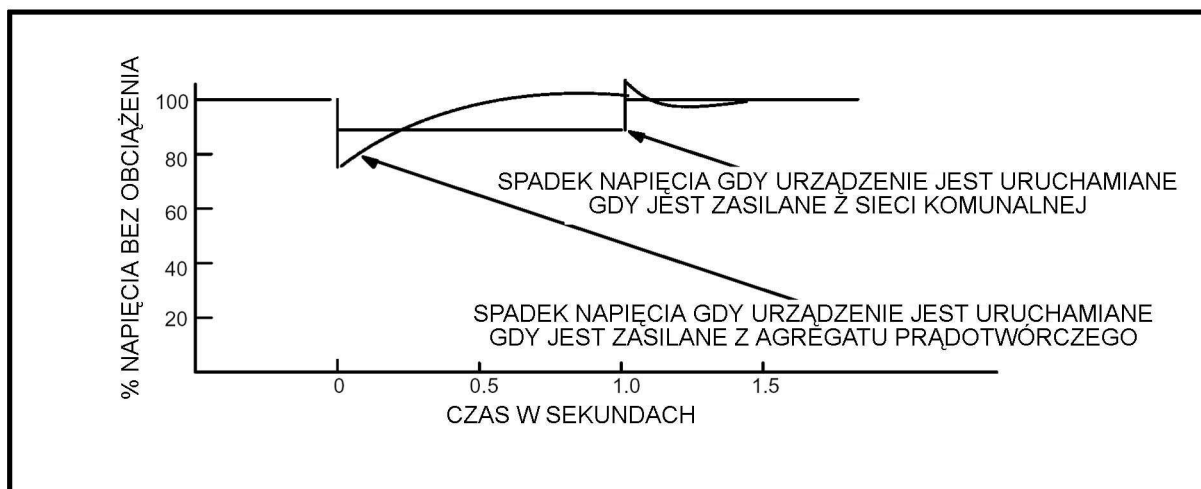
Drugi, pomiędzy czasem, gdy operator dokonuje regulacji obrazu i zapisuje obraz, nie powinno być dużych zmian obciążenia pochodzących od włączania i wyłączania wind lub klimatyzatorów powietrza.

Urządzenia medycznej diagnostyki obrazowej są zwykle projektowane do zasilania przez źródło komunalne (sieć). Jednakże większość urządzeń posiada kompensator napięcia linii, regulowany albo przez instalatora, albo operatora. W zastosowaniach, w których agregat prądowórczy jest jedynym źródłem zasilania, kompensator napięcia linii może być wyregulowany na spodziewany spadek napięcia agregatu prądowórczego. Gdy urządzenie medycznej diagnostyki obrazowej zostało wyregulowane na zasilanie sieciowe, agregat prądowórczy będzie musiał powtarzać spadki napięcia sieci, możliwie jak najściślej. Z doświadczenia z przeszłości, można oczekiwać zadowalających obrazów, gdy moc znamionowa kVA

generatora (alternatora) jest co najmniej 2,5 razy wyższa, niż szczytowa moc kVA urządzenia diagnostyki obrazowej. po dobraniu wielkości w ten sposób, można oczekiwać spadku napięcia 5 do 10 procent. Szczytowa moc kVA i wymagana moc kVA agregatu prądowórczego dla różnych urządzeń diagnostyki obrazowej jest wymieniona w **Tabeli 3-8**.

Zastosowania do Pomp Pożarniczych³: Pompy pożarnicze wymagają specjalnej uwagi, z powodu ich krytycznego statusu i specjalnych wymagań przepisowych. Północno-Amerykański Krajowy Kodeks Elektryczny (National Electrical Code – NEC) zawiera wymagania ograniczenia spadku napięcia do 15 procent podczas rozruchu pomp pożarniczych. Ten limit jest nałożony dlatego, by rozruszniki silnika nie wyłączyły się podczas wydłużonych stanów zablokowanego wirnika, a więc, by silniki pomp pożarniczych dostarczały dostatecznego momentu obrotowego dla przyspieszania pomp do prędkości znamionowych w celu uzyskania znamionowych ciśnień i przepływów pomp. Agregat prądowórczy nie musi być dobrany wymiarowo do zapewnienia mocy kVA zablokowanego wirnika pompy pożarniczej przez czas nieskończony. Spowodowałoby to konieczność przewymiarowania agregatu prądowórczego, co mogłoby prowadzić do obsługi konserwacyjnej i utrzymywania w stanie gotowości niewykorzystanego agregatu.

³ Jest to interpretacja Cummins Power Generation wydania z 1996 normy NFPA Nr 20, Odśrodkowe Pompy Pożarnicze. Projektanci powinni również sami zapoznać się z tą normą.



Rysunek 3-1. Spadek napięcia w zastosowaniach Medycznych Urządzeniach Diagnostyki Obrazowej.

KLASY MOCY URZĄDZEŃ DIAGNOSTYKI OBRAZOWEJ		MOC SZCZYTOWA kVA*	MINIMALNA MOC GE- NERATORA kVA
Ma	kVP		
15	100	1,5	3,8
20	85	1,7	4,3
40	125	5,0	12,5
50	125	6,3	15,8
100	125	12,5	31,3
200	125	25,0	62,5
300	125	37,5	93,8
300	150	45,0	112,0
500	125	62,5	156,0
500	150	75,0	187,0
700	110	77,0	192,0
1200	90	108,0	270,0

* - Pomnożyć szczytową moc kVA przez współczynnik mocy (PF) dla uzyskania szczytowej mocy kW. Jeżeli PF jest nieznan, przyjąć 1,0.

Tabela 3-8. Wymagania agregatu prądowórczego dla zastosowań Medycznej Diagnostyki Obrazowej.

Zawsze, gdy do silnika pompy pożarniczej jest zastosowany rozrusznik obniżonego napięcia, niezależnie od typu, wydajność generatora musi pozwalać na uruchamianie przy podłączeniu bezpośrednim. Sterownik pompy pożarniczej zawiera albo ręczne-mechaniczne, albo ręczne-elektryczne, albo automatyczne środki do uruchamiania pompy z podłączenia bezpośredniego w przypadku niesprawności sterownika.

Może być utrzymywana dodatkowa zdolność generowania, jeśli to praktyczne, poprzez zapewnienie automatycznych regulatorów obniżania obciążenia w podłączonych odbiornikach o niskim priorytecie, tak, że zdolność agregatu prądowórczego, która w innym przypadku byłaby niewykorzystana, może być wykorzystywana do tych samych odbiorników. Te regulatory powinny być tak zorganizowane, by obniżały obciążenia przed uruchomieniem pompy pożarniczej.

Inną opcją jest rozważenie pompy pożarniczej napędzanej raczej silnikiem wysokoprężnym, niż pompy z silnikiem elektrycznym. Ekonomika faworyzuje raczej pompy napędzane silnikiem elektrycznym, ale specjalista ochrony przeciwpożarowej może preferować napęd silnikiem wysokoprężnym. W ten sposób, system ochrony przeciwpożarowej i system zasilania awaryjnego są utrzymywane całkowicie oddzielnie. Niektórzy specjaliści i firmy ubezpieczeniowe uważają, że zwiększa to niezawodność obu systemów. Można też uniknąć kosztu przełącznika przesyłu dla pompy pożarniczej. Agregat prądowórczy nie musi być dobrany rozmiarem dla zapewnienia przez czas nieograniczony mocy kVA zablokowanego wirnika silnika pompy pożarniczej.

Mogłoby to powodować przewymiarowanie agregatu prądowórczego, a utrzymywanie i niezawodność byłyby niewykorzystywane.

Charakterystyka obciążenia

Tolerancje napięcia i częstotliwości obciążenia:
Tabela 3-9 zestawia tolerancje, które różne obciążenia mają dla zmian napięcia i częstotliwości.

Moc regeneracyjna: Zastosowanie agregatów prądowórczych do odbiorników posiadających napędy silnika-generatora (MG), takich jak windy, dźwigi i podnośniki, wymagają uwzględnienia mocy regeneracyjnej – odzyskiwanej. w tych zastosowaniach opadanie kabiny windy lub podnośnika jest spowalniane przez silnik-generator, który „pompuje” energię elektryczną z powrotem do źródła. Normalne źródło komunalne – sieć łatwo przyjmuje „odzyskaną” energię, ponieważ jest to nieograniczone źródło energii. Energia produkowana przez odbiornik służy po prostu innym odbiornikom, zmniejszając bieżące obciążenie źródła (sieci). Agregat prądowórczy jednak, jest izolowanym źródłem zasilania, które ma ograniczoną zdolność pochłaniania odzyskiwanej energii. Pochłanianie odzyskiwanej energii jest funkcją mocy tarcia silnika przy regulowanej prędkości, mocy wentylatora, tarcia generatora, strat w uzwojeniu i rdzeniu (moc wymagana do utrzymywania znamionowego napięcia wyjściowego generatora). Moc regeneracyjna zestawu pojawia się na Arkuszu Specyfikacji zalecanego agregatu prądowórczego i zwykle wynosi 10 do 20 procent mocy znamionowej agregatu prądowórczego. (Generator napędza silnik, który pochłania energię przez straty tarcia).

URZĄDZENIE	NAPIĘCIE	CZĘSTOTLIWOŚĆ	UWAGI
Silniki indukcyjne	+/- 10%	+/- 5%	Niskie napięcie powoduje niski moment obrotowy i wzrost temperatury Wysokie napięcie powoduje zwiększony moment obrotowy i prąd rozruchowy
Uzwojenia, rozruszniki silników %	+/- 10%	Nie dotyczy	Siła przyciągania uzwojenia i jej stała czasowa zaniku są proporcjonalne do amperozwojów uzwojenia. Mniejsze uzwojenia wypadają z tych tolerancji spadku przejściowego. Przejściowy spadek napięcia 30 do 40 procent przez więcej, niż dwa cykle może powodować zwolnienie uzwojenia.
Oświetlenie żarowe	+10%, -25%	Nie dotyczy	Niskie napięcie powoduje 65% oświetlenia. Wysokie napięcie powoduje 50% żywotności. Niska częstotliwość może spowodować migotanie światła.
Oświetlenie jarzeniowe	+/- 10%	Nie dotyczy	Wysokie napięcie powoduje przegrzewanie.
Oświetlenie HID	+10%, -20%	Nie dotyczy	Niskie napięcie powoduje gaśnięcie. Wysokie napięcie powoduje przegrzewanie.
Statyczne UPS	+10%, -15%	+/- 5%	Nie ma rozładowywania akumulatora do napięcia – 20%. Zasilacze UPS są wrażliwe na szybkość zmian częstotliwości większą, niż 0,5 Hz/s. Może być konieczne przewymiarowanie generatora dla ograniczenia harmonicznych zniekształceń napięcia.
Napędy o regulowanej częstotliwości (VFD)	+10%, -15%	+/- 5%	Napędy VFD są wrażliwe na szybkość zmiany częstotliwości większą, niż 1 Hz/s. Może być konieczne przewymiarowanie generatora dla ograniczenia harmonicznych zniekształceń napięcia.
Jeżeli napięcie nie powraca do 90 procent, mogą zablokować się zabezpieczenia zbyt niskiego napięcia, urządzenia nadprądowe mogą się uszkodzić, rozruszniki przy zmniejszonym napięciu mogą się zablokować, lub pracować krokowo, silniki mogą utykać lub nie mieć wystarczającego przyspieszenia.			

Tabela 3-9. Typowe tolerancje napięcia i częstotliwości

Niedostateczna moc regeneracyjna dla danego zastosowania może powodować zbyt dużą prędkość opadania windy i przekroczenie prędkości agregatu prądotwórczego.

UWAGA: Nadmierne obciążenia regeneracyjne mogą powodować przekroczenie prędkości agregatu prądotwórczego i jego wyłączenie. Zastosowania, które są najbardziej wrażliwe na tego rodzaju problem to małe budynki, w których winda jest głównym obciążeniem agregatu prądotwórczego.

Generalnie, problem regeneracji może być rozwiązany poprzez zapewnienie, że do pochłaniania mocy regeneracyjnej są podłączone inne odbiorniki obciążenia. Na przykład, w małych budynkach, w których winda jest największym obciążeniem, przed przełączaniem windy do generatora

powinno być przełączane oświetlenie. W pewnych przypadkach do pomocy w pochłanianiu mocy regeneracyjnej mogą być potrzebne dodatkowe banki obciążeń z regulatorami banków obciążenia.

Współczynnik mocy obciążenia (PF): Obciążenie indukcyjne i pojemnościowe w obwodach obciążenia prądu zmiennego (AC) powodują powstanie punktu, w którym sinusoidalna fala prądu przechodzi przez zero do opóźnienia, lub prowadzą do punktu, w którym fala napięcia przechodzi przez zero. Obciążenia pojemnościowe, przewzbudzone silniki synchroniczne, itp. powodują wyprzedzający współczynnik mocy, przy którym prąd wyprzedza napięcie. współczynnik mocy przy obciążeniu indukcyjnym, gdy prąd jest opóźniony względem napięcia, jest bardziej typowym przypadkiem i jest wynikiem indukcyjności w obwodzie. Współczynnik

mocy jest cosinusem kąta, o który prąd wyprzedza, lub opóźnia się względem napięcia, gdzie jeden pełny cykl sinusoidalny wynosi 360 stopni. Współczynnik mocy jest zwykle wyrażany jako liczba dziesiętna (0,8) lub jako wartość procentowa (80%). Współczynnik mocy jest stosunkiem mocy kW do mocy kVA.

A więc:

$$kW = kVA \times PF$$

Proszę zwrócić uwagę, że agregaty trójfazowe są dobierane dla obciążeń 0,8 PF, a agregaty jednofazowe dla obciążeń 1,0 PF. Obciążenia, które powodują współczynnik mocy niższy, niż te, dla których generatory są dostosowane, mogą powodować zalecenie dobierania większego agregatu prądotwórczego, dla prawidłowego obsługiwanie tego obciążenia.

Obciążenia bierny, reaktancyjne, które powodują współczynnik mocy przy obciążeniu pojemnościowym (wyprzedzające), mogą być problematyczne, powodując uszkodzenia alternatorów, odbiorników, lub urządzeń zabezpieczających. Najczęstszymi źródłami o wyprzedzającym współczynnikiem mocy (pojemnościowym) są lekko obciążone systemy UPS wykorzystujące na wejściu liniowe filtry składowych harmonicznych lub urządzeń korygujących współczynnik mocy (zespoły

kondensatorów) stosowane przy silnikach. W agregatach prądotwórczych należy unikać wyprzedzającego (pojemnościowego) współczynnika mocy. Obciążenie pojemnościowe (kapacytancja, opór bierny pojemnościowy) staje się źródłem wzbudzenia generatora i problemem staje się strata w napięciu sterowania. Kondensatory korygujące współczynnik mocy należy zawsze włączać i wyłączać do systemu pod obciążeniem. Patrz Obciążenia z pojemnościowym współczynnikiem mocy w rozdziale *Projekt elektryczny*.

Obciążenia jednofazowe i równoważenie obciążeń: W celu pełnego wykorzystania wydajności agregatu prądotwórczego i ograniczenia nieznacznej nierównowagi napięcia, obciążenia jednofazowe powinny być rozdzielane możliwie równomiernie na trzy fazy agregatu trójfazowego. Na przykład, małe, tylko 10% nierównowagi obciążeń jednofazowych może wymagać ograniczenia zrównoważonego obciążenia trzech faz do nie więcej, niż 75 procent wydajności znamionowej. Dla ułatwienia ochrony przed przegrzewaniem i przedwczesnym uszkodzeniem izolacji silników trójfazowych, nierównowaga napięcia powinno być utrzymywane poniżej około dwóch procent. Patrz Obliczanie Dopuszczalnego Niezrównoważenia obciążeń Jednofazowych w rozdziale *Projekt Elektryczny*.