

4 DOBÓR URZĄDZEŃ

Przegląd

Gdy została podjęta decyzja o wielkości i kolejności obciążania agregatu prądowórczego, można rozpocząć zadanie dobierania urządzeń dla danego zadania.

Alternatory prądu zmiennego AC

Napięcie

Niskie napięcie: Zastosowanie mocno determinuje wybrane napięcie agregatu prądowórczego. W zastosowaniach awaryjnych i czuwających, napięcie wyjściowe generatora zwykle odpowiada napięciu użytkowemu odbiorników. Większość handlowo używanych napięć i konfiguracji połączeń jest dostępnych jako opcje standardowe u producentów alternatorów. Niektóre rzadko stosowane napięcia mogą wymagać specjalnych uzwojeń, które mogą wymagać znacznych czasów realizacji produkcji. Większość alternatorów posiada regulację napięcia co najmniej $\pm 5\%$ od podanego napięcia znamionowego dla umożliwienia regulowania do szczególnych wymagań danego miejsca. Patrz Tabela Napięć na Świecie w *Załączniku B*.

Średnie napięcie:¹ W zastosowaniach głównego zasilania lub obciążenia podstawowego, lub gdy ogólne warunki zastosowania są przewodzące, najczęściej są stosowane agregaty prądowórcze średniego napięcia (powyżej 600 V). Generalnie, średnie napięcia powinny być rozważane, gdy wyjście z generatora niskiego napięcia przekraczałoby 2.000 A. Innym kryterium zachęcającym do stosowania średniego napięcia jest wielkość/wydajność urządzeń przełączania mocy i wymagana wielkość przewodów w porównaniu z niskim napięciem. Chociaż urządzenia średniego napięcia będą bardziej kosztowne, wymagane przewody (rzędu 10 – 20 razy mniejsza wytrzymałość prądowa) w połączeniu ze zmniejszonymi przepustami, konstrukcjami

¹ Alternatory średniego napięcia są dostępne w wyrobach Cummins Power Generation o mocy znamionowej 750 kW i powyżej.

nośnymi i czasem instalowania, mogą zrównoważyć wyższy koszt alternatora.

Izolacja i wartości znamionowe

Generalnie, alternatory z zakresu od 20 kW do 2.000 kW posiadają Klasę F NEMA lub Klasę H izolacji uzwojenia. Izolacja klasy H jest przeznaczona do wytrzymywania wyższych temperatur, niż Klasa F. Wielkości znamionowe alternatora są nadawane ze względu granic wzrostu temperatury. Alternatory z izolacją Klasy H mają wartości znamionowe mocy wyjściowych kW i kVA, które pozostają w zakresach klasy wzrostu temperatur 80°C, 80°C, 105°C, 125°C, oraz 150°C powyżej temperatury otoczenia 40°C. Alternator pracujący przy swojej znamionowej temperaturze 80°C będzie miał dłuższą żywotność, niż pracujący w wyższej temperaturze. Alternatory o znamionowym niższym wzroście temperatury dla danej klasy agregatu prądowórczego spowodują lepszy rozruch silnika, mniejsze spadki napięcia, wyższą wydajność przy obciążeniu nie liniowym lub nierównoważonym, jak również wyższą wydajność prądu błędu. Większość agregatów prądowórczych Cummins Power Generation posiada dostępnych więcej, niż jedna wielkość alternatora, co umożliwi dopasowanie do szerokiego zakresu zastosowań.

Wiele alternatorów dla danego agregatu prądowórczego będą miały wiele wartości znamionowych, takich, jak 125/105/80 (S, P, C). To oznacza, że wybrany alternator będzie pracować z różnymi granicami wzrostu temperatury, zależnie od wartości znamionowej agregatu prądowórczego, np. pozostanie przy wzroście temperatury 125°C zastosowany jako Czuwający, przy wzroście temperatury 105°C zastosowany jako Zasilanie Główne, i przy wzroście temperatury 80°C jako Zasilanie Ciągłe.

Uzwojenia i Podłączenia

Alternatory są dostępne w różnych konfiguracjach uzwojeń i podłączeń. Zrozumienie pewnej używanej terminologii pomoże w dokonywaniu wyboru najlepiej pasującego do zastosowania.

Przełączalne: Wiele alternatorów jest zaprojektowanych z indywidualnymi wyprowadzeniami uzwojeń każdej fazy, które mogą być podłączone do konfiguracji WYE lub Delta (trójkąt). Są one często nazywane alternatorami z 6przewodowymi. Często alternatory przełączalne posiadają sześć oddzielnych uzwojeń, po dwa w każdej fazie, które mogą być łączone szeregowo lub równolegle i w konfiguracjach WYE lub delta. Są one nazywane przełączalnymi 12-przewodowymi. Te rodzaje alternatorów są głównie produkowane dla elastyczności i wydajności podczas produkowania i są łączone i testowane w fabryce zgodnie z żądaną konfiguracją.

Szeroki zakres: Niektóre alternatory są zaprojektowane do wytwarzania szerokiego zakresu znamionowych napięć wyjściowych, takich, jak zakres od 208 do 240 lub 190 do 220 V jedynie z regulacją poziomu wzbudzenia. Gdy jest to połączone z cechą przełączalności, są one nazywane **Przełączalnymi Szerokiego Zakresu**.

Rozszerzony zakres: Ten termin dotyczy alternatorów zaprojektowanych do wytwarzania szerszego zakresu napięć, niż alternatory szerokiego zakresu. Podczas gdy szeroki zakres może wytwarzać nominalnie 416-480 V, zakres rozszerzony może wytwarzać 380-480 V.

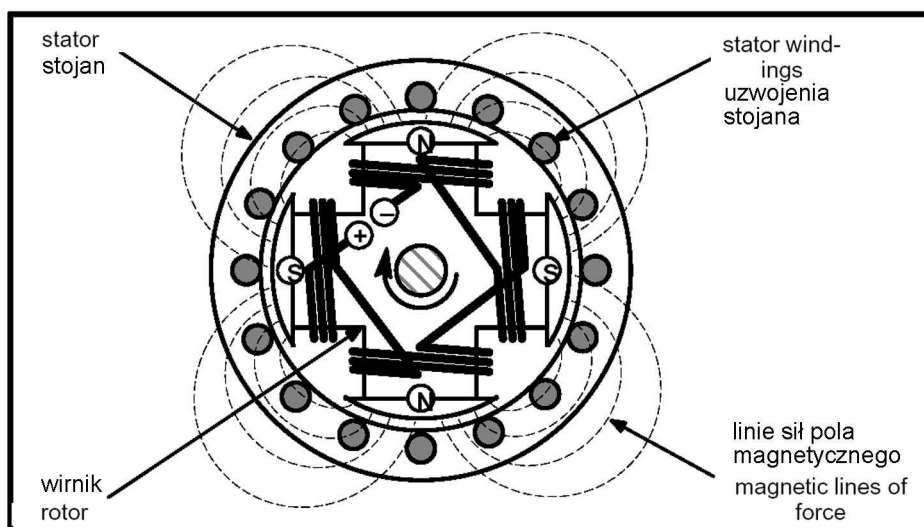
Ograniczony zakres: Jak sugeruje nazwa, alternatory ograniczonego zakresu mają bardzo ograniczony zakres regulacji napięcia znamionowego (na przykład 440-480 V) lub mogą być zaprojektowane do wytwarzania tylko jednego danego napięcia znamionowego i połączenia, jak np. 480 V WYE.

Poprawiony rozruch silnika: Ten termin jest używany do opisywania większego alternatora lub alternatora ze specjalną charakterystyką uzwojeń do wytwarzania wyższej wydajności prądowej rozruchu silnika. Chociaż jak wspomniano wcześniej, zwiększoną wydajność rozruchu silnika można uzyskać poprzez wybranie alternatora o niższej granicy wzrostu temperatury.

Podstawy i wzbudzenie

Pożądanym jest pewne zrozumienie podstaw generatorów prądu zmiennego AC i układów wzbudzenia generatora w stosunku do reakcji na obciążenia przejściowe, interakcje regulatora napięcia z obciążeniem oraz reakcji układu wzbudzenia na błędy wyjścia generatora.

Generator przetwarza obrotową energię mechaniczną na energię elektryczną. Składa się on zasadniczo z wirnika i stojana, jak pokazano na **Rysunku 4-1**. Wirnik przenosi pole generatora (pokazany jako cztero-biegunowy), i jest obracany przez silnik. Pole jest wzbudzone przez źródło prądu stałego DC, zwane wzbudnikiem, które jest podłączane do końcówek „+” i „-” uzwojeń pola. Generator jest zbudowany tak, że linie sił pola magnetycznego przecinają prostopadłe uzwojenia stojana, gdy silnik obraca wirnik, indukując napięcie w elementach uzwojenia stojana. Napięcie w elemencie uzwojenia zmienia kierunek przy każdej zmianie biegunowości (w generatorze czterobiegunowym dwukrotnie na każdy obrót). Typowo generator posiada czterokrotnie więcej „szczelin uzwojenia”, niż pokazano i jest „uzwojony” dla uzyskania wyjścia sinusoidalnego, przemiennego, jedno- lub trójfazowego.



Rysunek 4-1. Przekrój poprzeczny generatora czterobiegunowego.

Indukowane napięcie w każdym elemencie uzwojenia zależy od siły pola (które może być przedstawiane przez wyższą gęstość linii sił), prędkości, z jaką linie sił przecinają elementy uzwojenia (prędkość obrotowa), oraz „długości stosu”. W związku z tym, w celu zmiany napięcia wyjściowego generatora o danej wielkości i prędkości obrotowej, konieczna jest zmiana natężenia pola. Realizuje się to poprzez regulator napięcia, który reguluje prąd wyjściowy wzbudnika.

Generatory są wyposażone w systemy wzbudzenia samo-wzbudne, lub ze wzbudzeniem obcym (PMG).

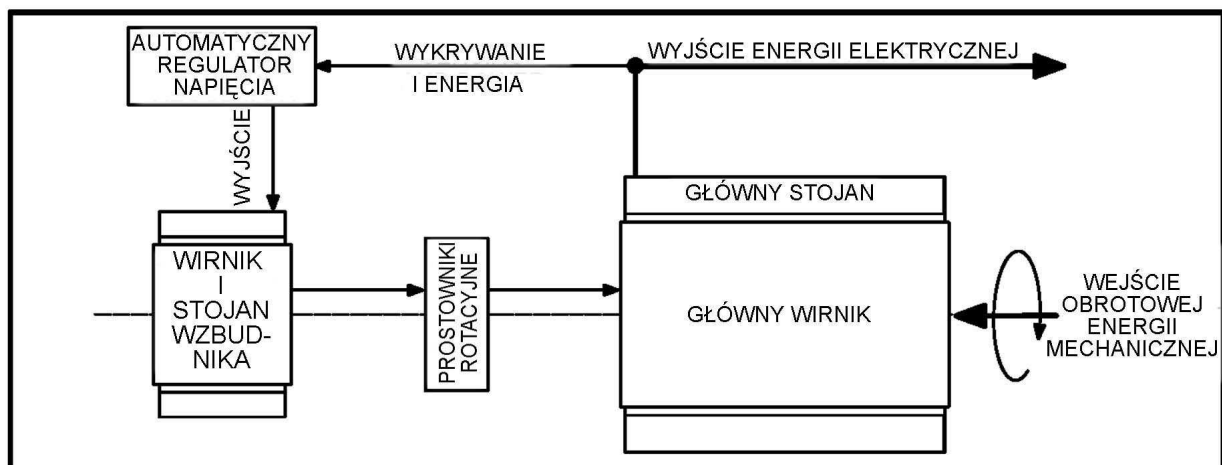
Generatory samo-wzbudne: Układ wzbudzenia generatora samo-wzbudnego jest zasilany, poprzez automatyczny regulator napięcia (AVR), z mocy pobieranej z wyjścia mocy generatora. Regulator napięcia wykrywa napięcie wyjściowe i częstotliwość generatora, porównuje je z wartościami odniesienia, a następnie doprowadza regulowany stały prąd wyjściowy DC do uzwojeń pola wzbudnika. Pole wzbudnika indukuje wyjście prądu zmiennego AC w wirniku wzbudnika, który wiruje, napędzany z wału generatora napędzanego silnikiem. Wyjście wzbudnika jest prostowane wirującymi diodami, znajdującymi się również na wale generatora, w celu zasilania prądem stałym głównego wirnika (pole generatora). Regulator napięcia zwiększa lub zmniejsza prąd wzbudnika, wykrywając zmiany napięcia wyjściowego i częstotliwości wyjściowej, powodowane zmianami obciążenia, zwiększając lub zmniejszając w ten

sposób natężenie pola generatora. Wyjście generatora jest wprost proporcjonalne do natężenia pola. Patrz **Rysunek 4-2**.

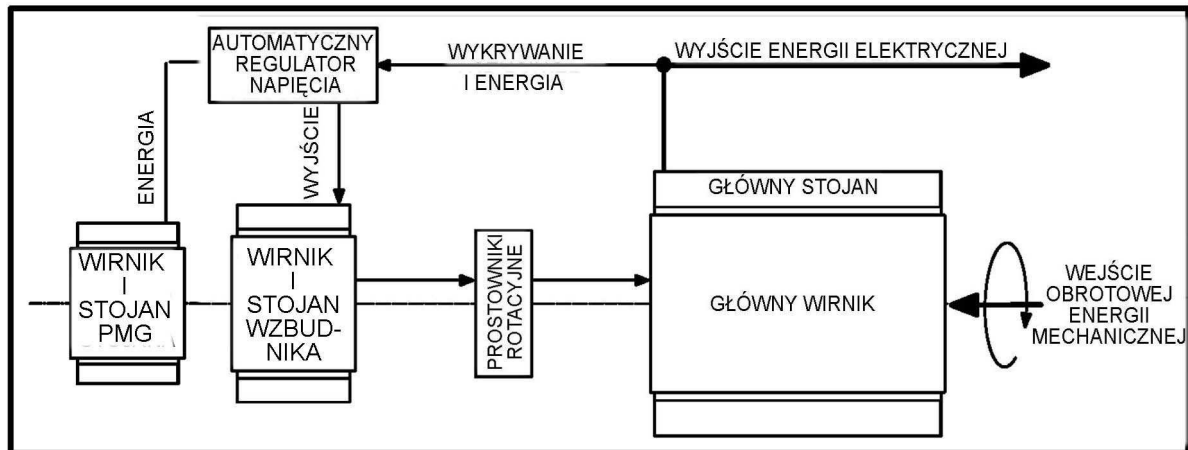
Zwykle układ samo-wzbudny wzbudzenia generatora jest najtańszym układem dostępnym od producenta. Zapewnia on dobre działanie we wszystkich warunkach pracy, gdy agregat prądowórczy jest prawidłowo dobrany wielkością do zastosowania. Zaletą układu samo-wzbudnego w porównaniu z układem wzbudzenia obcego jest to, że układ samo-wzbudny jest z natury samozabezpieczający w warunkach symetrycznego zwarcia, ponieważ pole „znika”. Z tego powodu, główny odłącznik linii dla zabezpieczenia generatora i przewodniki do pierwszego poziomu dystrybucji mogą nie być uważane za konieczne, zmniejszając dalej koszt zainstalowanego systemu.

Wady układu samo-wzbudnego są następujące:

- Może być konieczne wybieranie większego generatora w celu zapewnienia akceptowalnych osiągnięć rozruchu silnika.
- Maszyny samo-wzbudne są zależne od magnetyzmu szczątkowego dla wzbudzenia pola. Jeżeli magnetyzm szczątkowy nie jest wystarczający, konieczne będzie „zapalenie” pola ze źródła prądu stałego DC.
- Może nie wytrzymywać prądów błędnie dostarczonych długich do wyzwolenia wyjściowych automatycznych odłączników obwodu



Rysunek 4-2. Generator samo-wzbudny.



Rysunek 4-3. Generator o wzbudzeniu obcym (PMG)

Generatory o wzbudzeniu obcym: Układ wzbudzenia generatora o wzbudzeniu obcym jest podobny do generatora samo-wzbudnego, z wyjątkiem oddzielnego generatora z magnesem trwałym (PMG) umieszczonym na końcu głównego wału generatora, który zasila regulator napięcia. Patrz **Rysunek 4-3**. Ponieważ jest to oddzielne źródło zasilania, na obwód wzbudzenia nie mają wpływu obciążenia generatora. Generator jest zdolny wytrzymać dwa do trzech razy wyższy prąd od znamionowego przez około dziesięć sekund. Z tych powodów, układy wzbudzenia obcego są zalecane dla zastosowań, w których konieczne są podwyższona zdolność rozruchu silnika, dobre osiągi z obciążeniami nie-liniowymi, lub wytrzymywanie dłuższych stanów zwarcia.

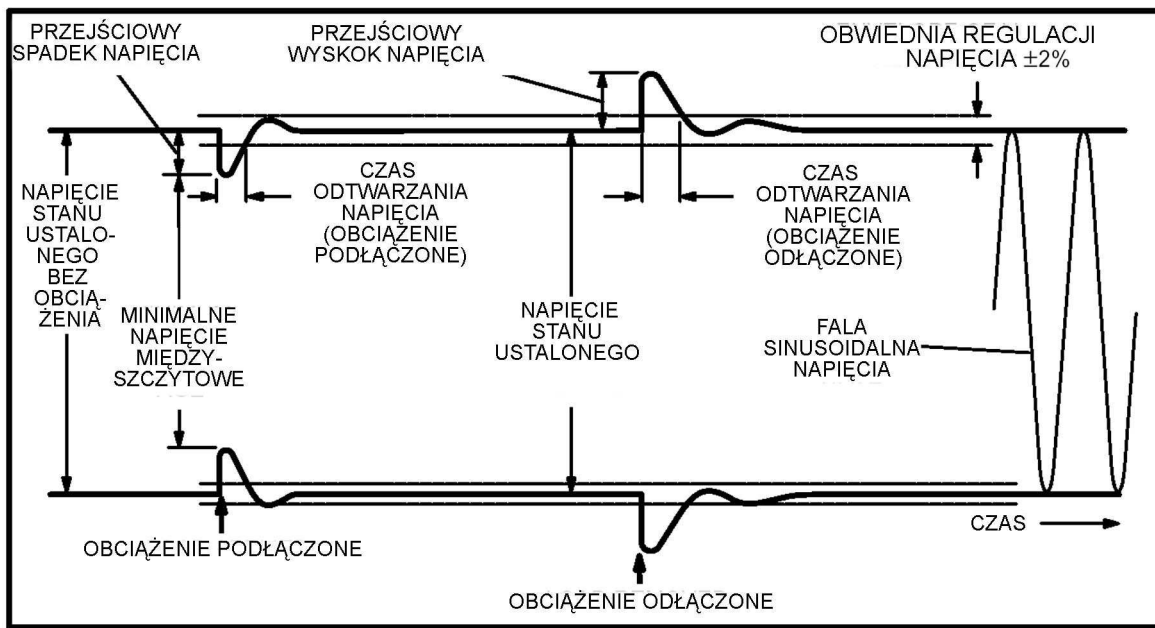
Przy tym układzie wzbudzenia generatora konieczne jest zabezpieczyć generator przed stanami błędów, ponieważ generator ma możliwość działania aż do zniszczenia. Układ sterowania Power Command® Control System z AmpSentry zapewnia to zabezpieczenie poprzez regulowanie podtrzymywanego prądu zwarcia i wyłączenie agregatu w przypadku gdy istnieje prąd błędny, ale zanim alternator zostanie uszkodzony. Dalsze informacje w tym temacie – Patrz *Projekt Elektryczny*.

Obciążanie przejściowe: Agregat prądowórczy jest ograniczonym źródłem zasilania, zarówno pod względem mocy silnika (kW), jak i mocy woltamperów (kVA), niezależnie od rodzaju układu wzbudzenia. Z tego powodu, zmiany obciążenia spowodują stany przejściowe zarówno napięcia, jak i częstotliwości. Na wielkość (magnitudę) i czas trwania tych zmian ma wpływ generalnie charakterystyka obciążenia i wielkość alternatora

w stosunku do obciążenia. Agregat prądowórczy jest źródłem o względnie wysokiej impedancji, w porównaniu z typowym transformatorem sieciowym (komunalnym).

Typowy profil napięcia przy podłączaniu i odłączaniu obciążenia jest pokazany na Rysunku 4-4. Po lewej stronie wykresu regulowany jest stan ustalony napięcia bez obciążenia, przy 100% napięcia znamionowego. Gdy podłączane jest obciążenie, napięcie natychmiast spada. Regulator napięcia wykrywa spadek napięcia i reaguje poprzez zwiększenie prądu pola do odtworzenia napięcia znamionowego. Czas odtwarzania napięcia jest czasem trwania od podłączenia obciążenia do powrotu napięcia do obwiedni regulacji napięcia (pokazanej jako $\cong 2\%$). Zwykle początkowy spadek napięcia jest w zakresie od 15 do 45 procent napięcia znamionowego, gdy 100% znamionowego obciążenia agregatu prądowórczego (przy współczynniku mocy – PF = 0,8) jest podłączane w jednym kroku. Odtwarzanie poziomu napięcia znamionowego wystąpi w ciągu 1 – 10 sekund, zależnie od natury obciążenia i konstrukcji agregatu prądowórczego.

Najbardziej znaczącą różnicą pomiędzy agregatem prądowórczym, a siecią komunalną jest fakt, że gdy obciążenie jest nagle podłączane do sieci, zwykle nie ma zmian częstotliwości. Gdy obciążenia są podłączane do agregatu prądowórczego, prędkość obrotowa maszyny (częstotliwość) spada. Maszyna musi wykryć zmianę prędkości i doregulować dawkę paliwa dla wyregulowania jej do nowego poziomu obciążenia. Dopóki nie zostanie osiągnięte dopasowanie nowego obciążenia i dawki paliwa, częstotliwość będzie różna od znamionowej.



Rysunek 4-4. Typowy profil napięcia przy podłączaniu i odłączaniu obciążenia.

Zwykle, spadek częstotliwości jest w zakresie od 5 do 15 procent częstotliwości znamionowej, gdy 100 procent obciążenia znamionowego jest podłączane w jednym kroku. Odtwarzanie może zająć kilka sekund.

Uwaga: Nie wszystkie agregaty prądowórcze są zdolne do przyjęcia 100% obciążenia w jednym kroku.

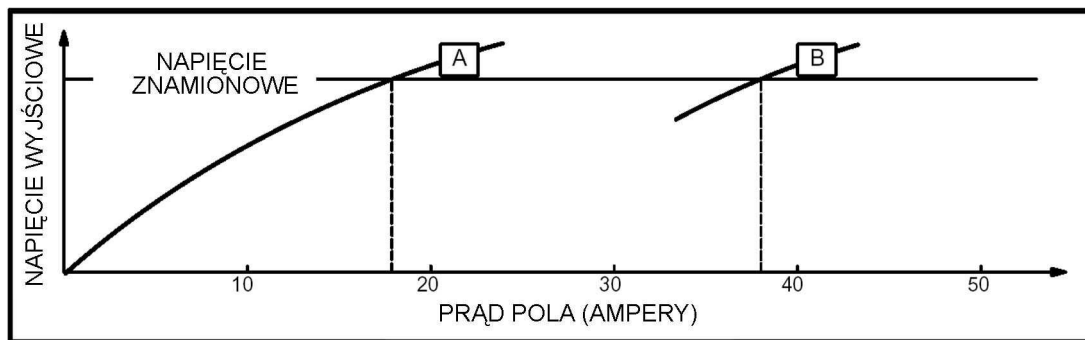
Agregaty prądowórcze zachowują się różnie z powodu różnic w charakterystykach regulatorów napięcia, reakcji regulatora silnika, konstrukcji układu paliwowego, ssania silnika (wolnossący lub doładowany), oraz dopasowania silników do generatorów. Ważnym celem podczas projektowania agregatu prądowórczego jest ograniczenie zmian napięcia i częstotliwości do dopuszczalnych poziomów.

Wykresy Nasycenia Generatorów: Wykresy nasycenia generatorów kreślą napięcie wyjściowe generatora dla różnych obciążeń, gdy zmienia się prąd uzwojenia głównego pola. Dla pokazanego typowego generatora, krzywa nasycenia **A** bez obciążenia przecina linię napięcia znamionowego agregatu prądowórczego, gdy prąd pola wynosi około 18 amperów. Innymi słowy, prąd pola około 18 amperów jest wymagany dla utrzymania znamionowego napięcia wyjściowego generatora bez obciążenia.

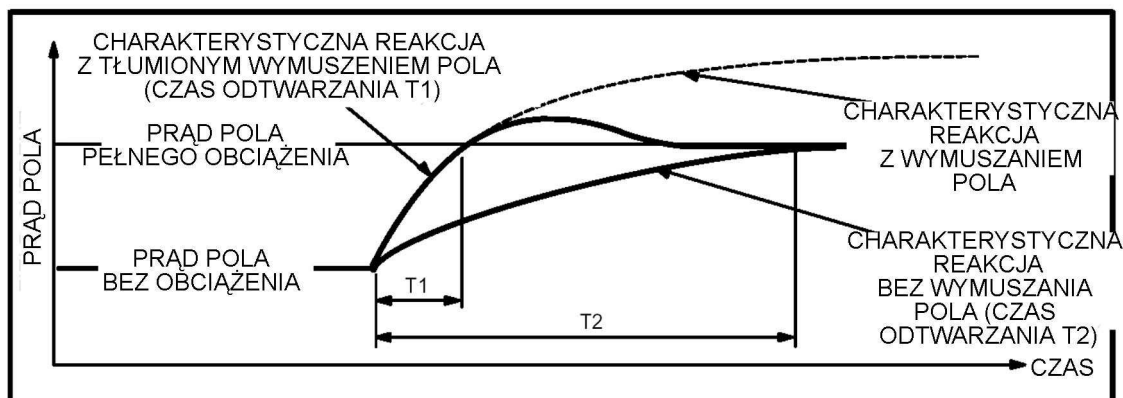
Krzywa nasycenia pełnego obciążenia **B** pokazuje, że do utrzymania znamionowego napięcia wyjściowego generatora, gdy współczynnik mocy pełnego obciążenia wynosi 0,8, wymagany jest prąd pola około 38 amperów. Patrz **Rysunek 4-5**.

Reakcja Układu Wzbudzenia: Prąd pola nie może być zmieniany natychmiastowo w odpowiedzi na zmianę obciążenia. Regulator, wzbudnik pola, oraz główne pole posiadają stałe czasowe, które muszą zostać dodane. Regulator napięcia posiada stosunkowo szybką reakcję, podczas gdy pole główne posiada znacznie wolniejszą reakcję, niż pole wzbudnika, ponieważ jest wielokrotnie większe. Trzeba zauważyć, że reakcja układu samowzbudnego będzie w przybliżeniu taka sama, jak systemu z wzbudzeniem obcym, ponieważ stałe czasowe dla pól głównego i wzbudnika są znaczącymi czynnikami w tym względzie, a są one wspólne dla obu tych systemów.

Dla zoptymalizowania czasu odzyskiwania, zaprojektowane jest wymuszanie pola, we wszystkich elementach składowych systemu. Musi ono być wystarczające dla zminimalizowania czasu odtwarzania, ale nie tak znaczne, by prowadzić do niestabilności (preregulowania) lub pokonania silnika (który jest ograniczonym źródłem energii). Patrz **Rysunek 4-6**.



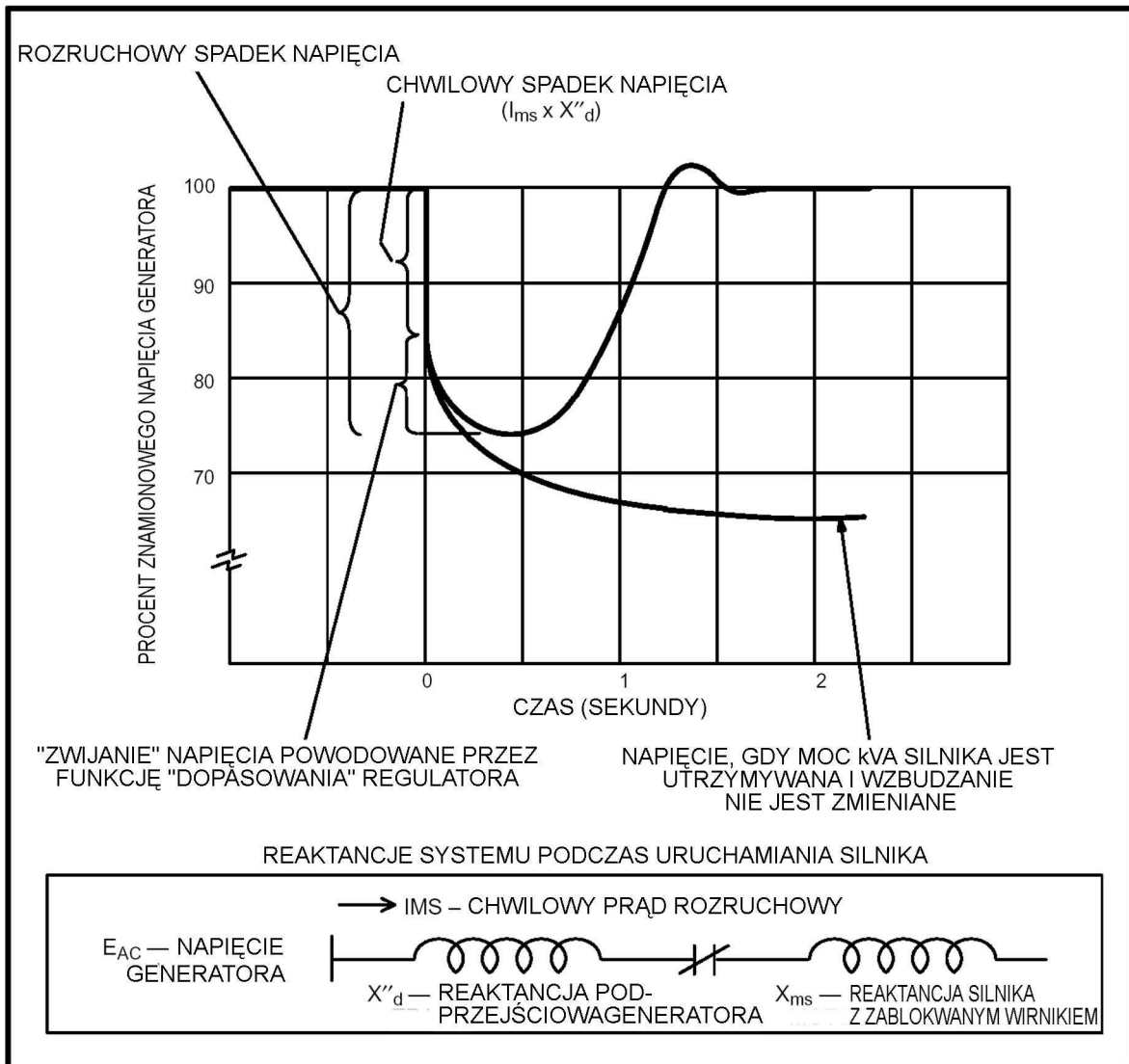
Rysunek 4-5. Typowe wykresy nasycenia generatora



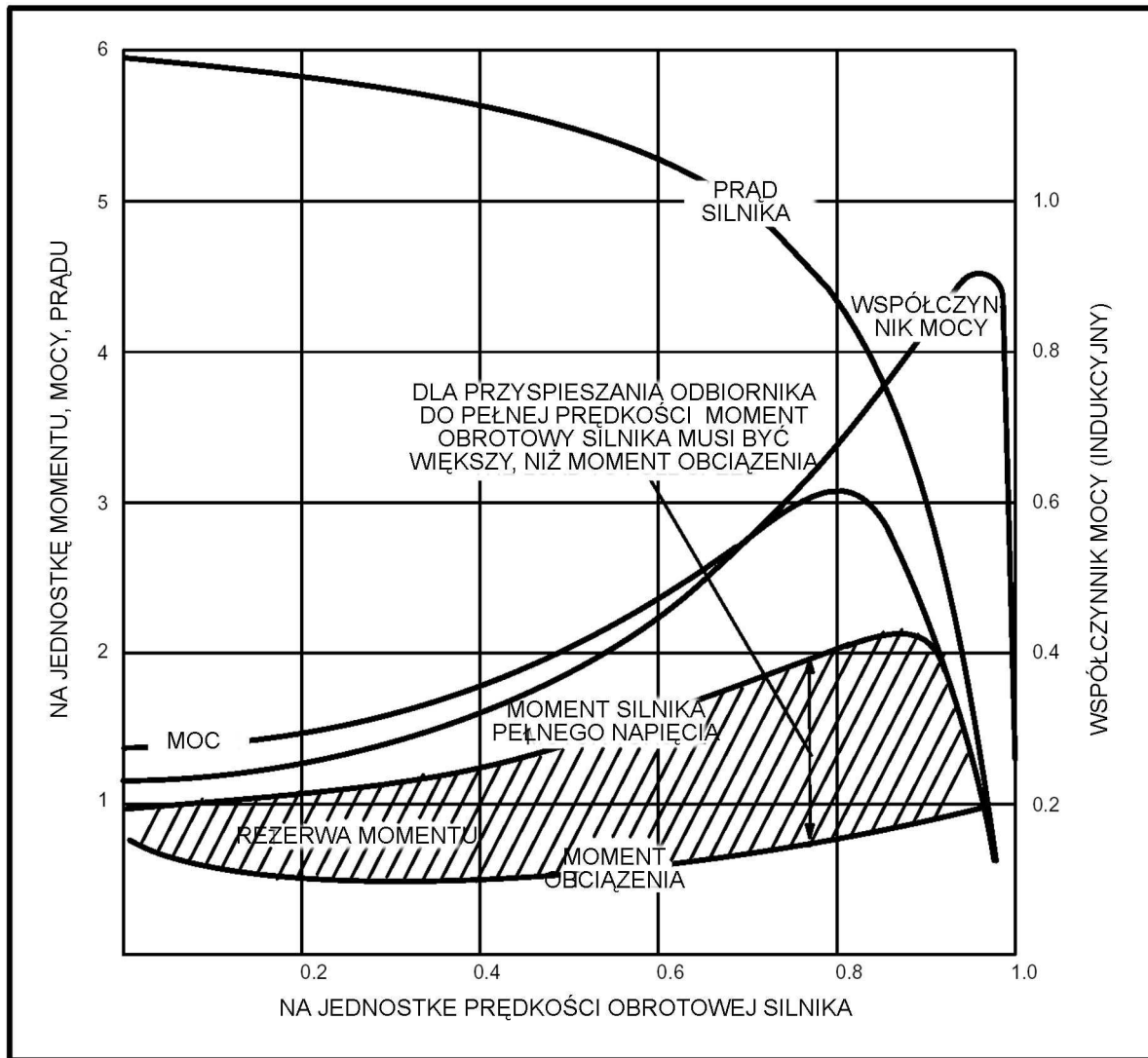
Rysunek 4-6. Charakterystyka Reakcji układu wzbudzenia

Reakcja na uruchamianie silnika: Gdy uruchamiane są silniki, występuje spadek napięcia rozruchowego, który składa się głównie z natychmiastowego spadku napięcia plus spadku napięcia w wyniku reakcji układu wzbudzenia. **Rysunek 4-7** ilustruje te dwa składniki, które razem przedstawiają przejściowy spadek napięcia. Natychmiastowy spadek napięcia jest po prostu wynikiem prądu zablokowanego wirnika silnika i podprzejściowej reaktancji agregatu prądotwórczego. Występuje to, zanim układ wzbudzenia może zareagować poprzez zwiększenie prądu pola, a więc nie zależy od rodzaju układu wzbudzenia. Po tym początkowym spadku napięcia może wystąpić dalszy spadek powodowany przez funkcję „dopasowywania momentu” regulatora napięcia, który „zwią” napięcie dla odciążenia silnika, jeżeli wykryje znaczne zmniejszenie prędkości silnika. Agregat prądotwórczy musi być zaprojektowany tak, by zoptymalizować czas odtwarzania, przy jednoczesnym unikaniu niestabilności lub szarpnięcia silnika.

Moc kVA zablokowanego wirnika: Prąd rozruchowy silnika (zablokowany wirnik) jest około sześć razy większy od prądu znamionowego i nie spada znacząco, dopóki silnik nie osiągnie prawie znamionowej prędkości, jak pokazano na **Rysunku 4-8**. Ten duży prąd „naporu” powoduje spadek napięcia generatora. Również moc silnika agregatu wymagana do uruchamiania silnika skacze do wartości około trzykrotnie większej od mocy znamionowej silnika, gdy silnik osiągnie około 80% prędkości znamionowej. Jeżeli silnik agregatu nie posiada mocy znamionowej trzykrotnie większej od mocy zasilanego silnika, regulator napięcia „zwinie” napięcie generatora dla odciążenia silnika agregatu do poziomu, który może on znieść. Tak długo, jak moc silnika będzie zawsze większa, niż moment obciążenia w okresie przyspieszania, silnik będzie zdolny do przyspieszania obciążenia do pełnej prędkości. Odtworzenie 90 procent momentu znamionowego (81 procent momentu silnika) jest zwykle dopuszczalne, ponieważ powoduje tylko nieznaczny wzrost czasu przyspieszania silnika.



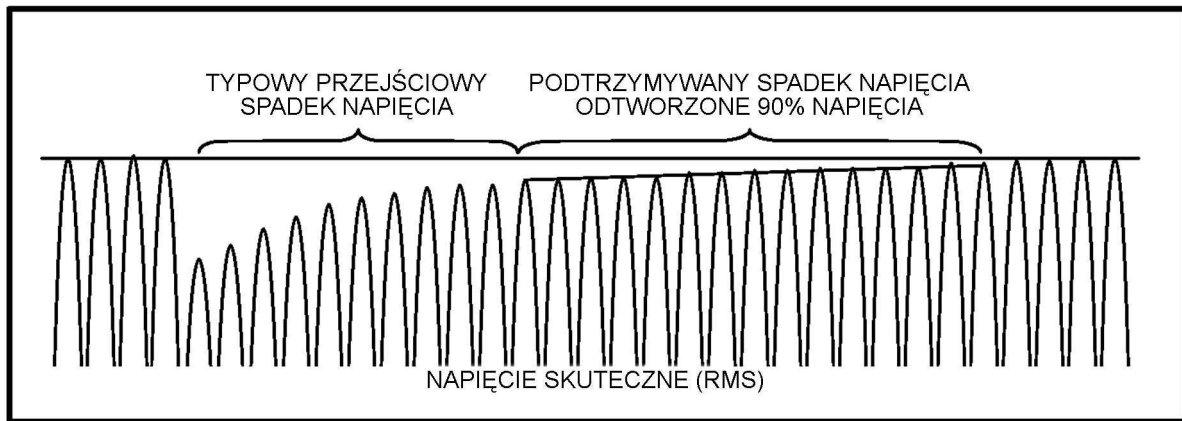
Rysunek 4-7. Przejściowy spadek napięcia.



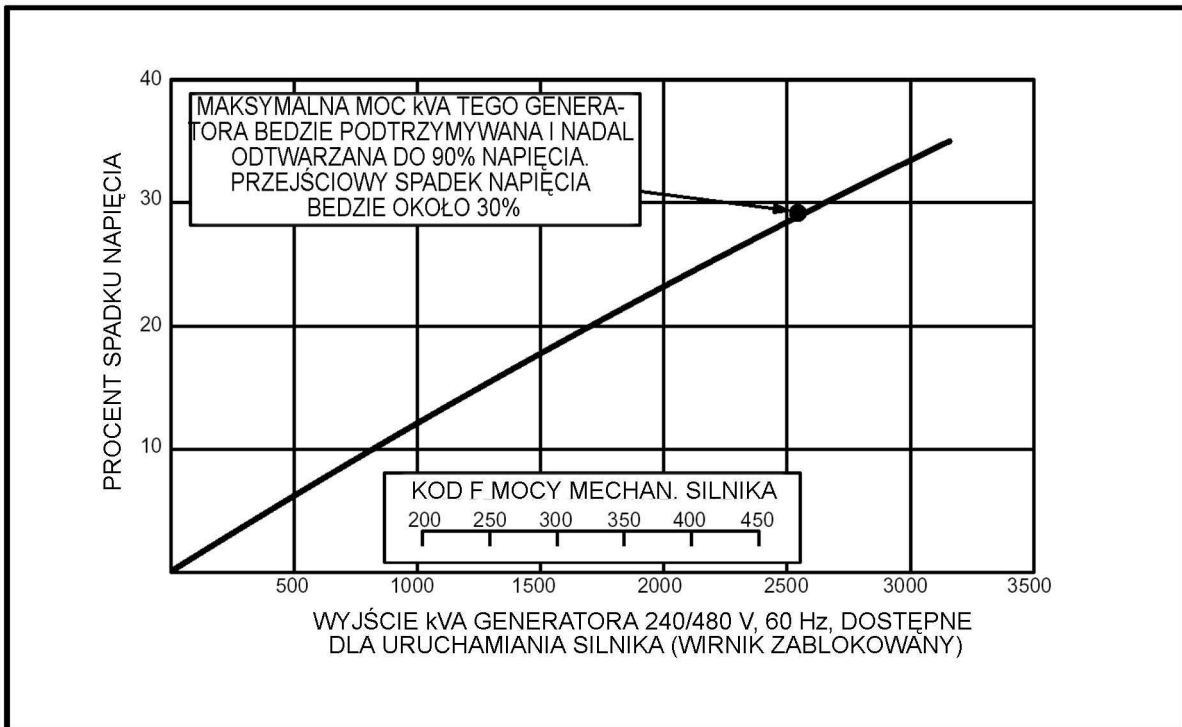
Rysunek 4-8. Typowa charakterystyka uruchamiania silnika prosto z linii (zakłada 100% napięcia znamionowego na przyłączach silnika)

Utrzymywany spadek napięcia: Po względnie krótkim (zwykle mniej, niż 10 cykli, ale jednak kilka sekund), gwałtowny przejściowy spadek napięcia jest utrzymywany przez okres odtwarzania napięcia, jak pokazano na **Rysunku 4-9**. Maksymalna moc kVA rozruchu silnika na Arkuszu Specyfikacji agregatu prądowórczego jest maksymalną mocą kVA, którą generator może utrzymać

i odtworzyć do 90 procent napięcia znamionowego, jak pokazano na **Rysunku 4-10**. Należy zauważyć, że jest to tylko połączone zachowanie alternatora, wzbudnika, oraz regulatora napięcia AVR. Zachowanie danego agregatu prądowórczego podczas rozruchu silnika zależy od silnika agregatu, jego regulatora i regulatora napięcia, jak również od generatora.



Rysunek 4-9. Utrzymywany spadek napięcia.



Rysunek 4-10. Typowy wykres spadku napięcia w funkcji mocy kVA rozruchu silnika dla generatora NEMA

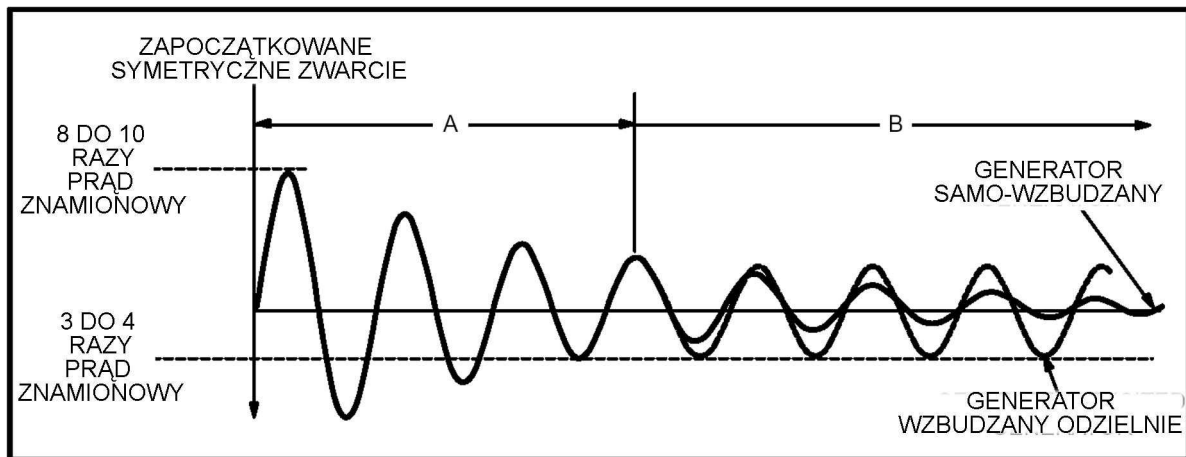
Reakcja na błąd: Reakcja na błąd zwarcia generatorów samo-wzbudnych i o wzbudzeniu obcym jest różna. Generator samo-wzbudny jest uważany za generator z „polem zapadającym się”, ponieważ pole zapada się, gdy końcówki wyjściowe generatora są zwarte (albo zwarcie 3 fazy, albo zwarte L-L fazy wykrywanych). Generator o wzbudzeniu obcym może utrzymać pole generatora podczas zwarcia, ponieważ wzbudzenie jest zapewniane przez oddzielny generator z magnesami

trwałymi. **Rysunek 4-11** pokazuje typową reakcję na symetryczny prąd zwarcia trzech faz generatorów samo-wzbudnych i o wzbudzeniu obcym. Początkowy prąd zwarcia jest 8 do 10 razy wyższy od prądu znamionowego generatora i jest funkcją odwrotności reaktancji pod-przejściowej generatora, $1/X''_d$. Dla pierwszych kilku cykli (A), nie ma praktycznie różnicy reakcji pomiędzy generatorami samo wzbudnymi i o wzbudzeniu obcym, ponieważ mają one ten sam wykres opadania prądu

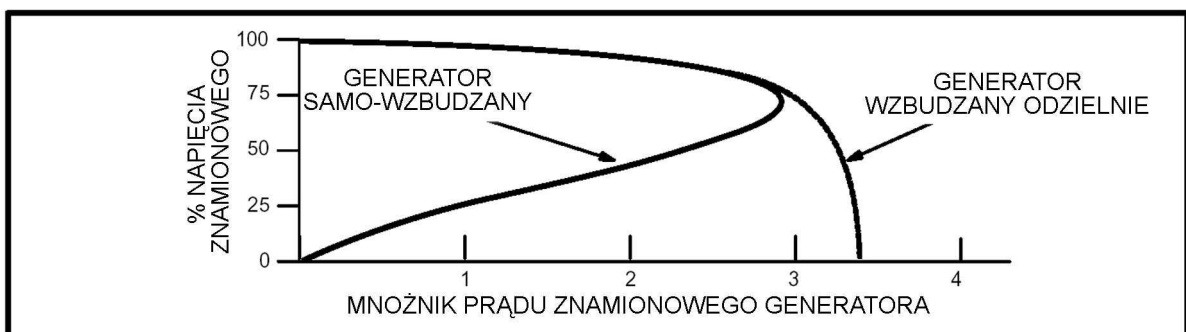
zwarcia, gdy energia pola rozprasza się. Po pierwszych kilku cyklach (B), generator samo-wzbudny będzie nadal podążał po krzywej opadania zwarcia do praktycznie zerowego prądu. Generator o wzbudzeniu obcym, ponieważ moc pola jest doprowadzania niezależnie, może utrzymać prąd 2,5 do 3 razy większy od znamionowego, przy zwarciu 3 faz. Ten poziom prądu może być utrzymywany przez około 10 sekund bez uszkodzenia alternatora.

Rysunek 4-12 jest innym sposobem pokazania różnicy reakcji na zwarcie trzech faz. Jeżeli generator jest samo-wzbudny, napięcie i prąd „zapadną się” do zera, gdy prąd będzie wzrastał poza kolano krzywej. generator o wzbudzeniu obcym może wytrzymać bezpośrednie zwarcie, ponieważ moc wzbudzenia nie jest zależna od napięcia wyjściowego generatora.

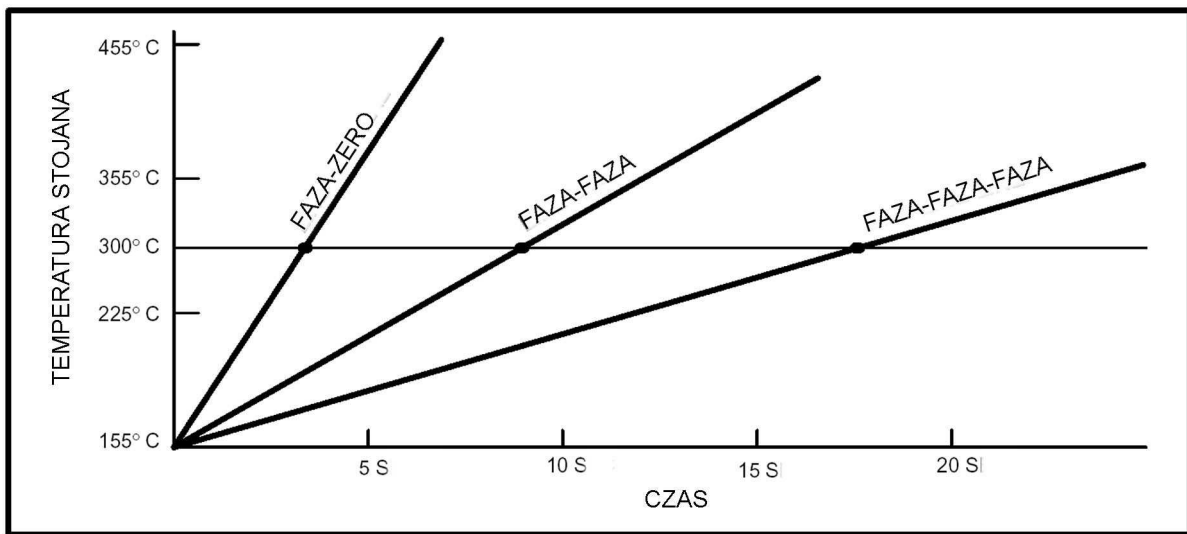
Temperatury uzwojenia podczas zwarcia: Problemem do rozważenia przy utrzymywaniu prądu zwarcia jest to, że generator może być uszkodzony, zanim zadziała automatyczny odłącznik obwodu dla usunięcia błędu. Prądy zwarcia mogą gwałtownie przegrzewać uzwojenia stojana generatora. Na przykład niezrównoważone zwarcie L-N generatora o wzbudzeniu obcym zaprojektowanego do wytrzymania prądu trzykrotnie większego od znamionowego może spowodować prąd 7,5 razy większy od prądu znamionowego. Przy tym poziomie prądu, początkowa temperatura uzwojeń około 155°C może w ciągu mniej, niż pięciu sekund wzrosnąć do 300°C, przybliżonej temperatury, w której występuje natychmiastowe, trwałe uszkodzenie uzwojeń. Niezrównoważone zwarcie L-L potrzebuje kilku sekund więcej do osiągnięcia temperatury uzwojeń 300°C, a zrównoważone zwarcie trzech faz potrzebuje nieco więcej czasu. Patrz **Rysunek 4-13**. Patrz również Zabezpieczenie Alternatora w rozdziale *Projekt Elektryczny*.



Rysunek 4-11. reakcja na symetryczne zwarcie trzech faz.



Rysunek 4-12. Przebieg zwarcia.



Rysunek 4-13. Przybliżone temperatury uzwojeń przy zwarciu.

Jak czytelnik może zauważyć w tym długim podrzeczniku o podstawach i wzbudzeniu, tylko dwie podstawowe formy układów wzbudzenia wpływają na wielką różnorodność charakterystyk zachowania. Ten system ma wpływ na działanie w stanie ustalonym, stany przejściowe, uruchamianie silników, reakcję na błąd i tak dalej. Te wpływy charakterystyczne są ważne w badaniach zachowania się systemu. Poniżej jest krótkie zestawienie charakterystyk różniących systemy samowzbudnych i o wzbudzeniu obcym.

Samo-wzbudny

- Wyższe spadki napięcia
- Zapadanie się pola
- Wykrywanie średnie jednej fazy
- Niższa tolerancja na obciążenia nie-liniowe
- Gorsza odporność na uruchamianie silnika

O wzbudzeniu obcym

- Niższe spadki napięcia
- Wytrzymały prąd błędny
- Wykrywanie trzech faz RMS
- Lepsza odporność na obciążenia nie-liniowe
- Lepsze uruchamianie silników

Silniki agregatów

Regulatory silników agregatów

Regulatory mechaniczne: Regulatory mechaniczne, jak sugeruje nazwa, sterują zasilaniem silnika w paliwo na podstawie mechanicznego wykrywania prędkości obrotowej silnika poprzez ciężarki odśrodkowe lub podobne mechanizmy. Te systemy wykazują z natury swojej konstrukcji spadek około 3 – 5 procent od prędkości bez obciążenia

do prędkości pełnego obciążenia. Ten rodzaj systemu jest generalnie najtańszy i nadaje się dla zastosowań, w których spadek częstotliwości nie jest problemem dla obsługiwanych odbiorników. Niektóre, ale nie wszystkie agregaty prądowórcze posiadają dostępną opcjonalną regulację mechaniczną.

Regulatory elektroniczne: Regulatory elektroniczne są używane w zastosowaniach, w których wymagana jest regulacja synchroniczna (zero spadku), lub gdzie podana jest aktywna synchronizacja i są urządzenia pracujące równolegle. Prędkość obrotowa silnika jest zwykle wykrywana przez czujnik elektromagnetyczny, a zasilanie silnika paliwem jest sterowane elektromagnesami sterowanymi obwodami elektronicznymi. Te obwody, czy to sterowniki niezależne, czy jako część mikroprocesorowego sterownika agregatu prądowórczego, wykorzystują skomplikowane algorytmy dla utrzymania dokładnej regulacji prędkości (a więc i częstotliwości). Regulatory elektroniczne pozwalają agregatom prądowórczym szybsze odtwarzanie od stanów przejściowych obciążenia, niż regulatory mechaniczne. Regulatory elektroniczne powinny być zawsze stosowane, gdy obciążenia obejmują urządzenia UPS.

Nowoczesne silniki, zwłaszcza silniki wysokoobrotowe z całkowicie elektronicznymi układami paliwowymi, są dostępne tylko z elektronicznymi systemami regulacji. Żądanie lub wymagania regulacji osiągnięcia zwiększonej oszczędności paliwa, niskich emisji wydechu i inne zalety, wymagają dokładnego sterowania zapewnianego przez te systemy.

Systemy uruchamiania silników agregatów

Uruchamianie przy pomocy akumulatorów: Systemy uruchamiania przy pomocy akumulatorów dla agregatów prądowórczych są zwykle 12-woltowe lub 24-woltowe. Zwykle mniejsze agregaty używają systemy 12-woltowe, a większe maszyny wykorzystują systemy 24-woltowe. Rysunek 4-14 ilustruje typowe podłączenia akumulatora-rozrusznika. Rozważmy następujące doборы wielkości akumulatorów i związane z nimi wyposażenia:

- Akumulatory muszą posiadać dostateczną pojemność (CCA, Amperaż Zimnego Rozruchu) dla zapewnienia prądu zakręcania silnika zalecanego w Arkuszu Specyfikacji agregatu prądowórczego. Akumulatory mogą być albo kwasowo-ołowiowe, albo niklowo-kadmowe. Muszą one być przeznaczone do tego zastosowania i może być konieczność ich zatwierdzenia przez lokalne władze.
- Alternator napędzany silnikiem z wbudowanym automatycznym regulatorem napięcia jest zwykle przewidziany do doładowywania akumulatorów podczas pracy.
- Dla większości systemów zasilania agregatem prądowórczym, jest pożądanym lub wymaganym pomocniczy zasilacz doładowania akumulatora, typu pływającego, zasilany z normalnego źródła energii, w celu utrzymywania akumulatorów w stanie w pełni naładowanym, gdy agregat prądowórczy nie pracuje. Zasilacze ładowania akumulatorów są wymagane dla systemów awaryjnych czuwających.
- Przepisy zwykle podają maksymalny czas ładowania akumulatorów. Do dobierania wielkości pomocniczych zasilaczy ładowania akumulatorów może być zastosowana następująca reguła:

$$\text{Wymagany prąd ładowania akumul.} = \frac{1,2 \times \text{poj. akumul. (Ah)}}{\text{wymag. czas ładowania}}$$

- Lokalne przepisy mogą wymagać grzejników akumulatorów dla utrzymywania minimalnej temperatury akumulatorów 50°F (10°C), jeżeli agregat prądowórczy podlega ujemnym temperaturom otoczenia. Patrz dalsze informacje

o Akcesoriach i Opcjach (w tym rozdziale), Czuwające Urządzenia Grzewcze dla Agregatów Prądowórczych.

- Standardowe agregaty prądowórcze zawierają zwykle kable akumulatorów, dostępne są również stojaki do akumulatorów.

Relokacja akumulatorów rozruchowych: Jeżeli akumulatory są montowane w dalszej odległości od rozrusznika, niż pozwalają na to standardowe kable, to kable muszą być odpowiednio zaprojektowane. Całkowita rezystancja, kable plus złącza, nie może powodować nadmiernego spadku napięcia pomiędzy akumulatorem a silnikiem rozrusznika. Zalecenia pochodzące od silnika są takie, że całkowita rezystancja obwodu rozruchowego, kable plus złącza, nie może przekraczać 0,00075 omów dla systemów 12-woltowych i 0,002 omy dla systemów 24-woltowych. Patrz poniższy przykład obliczenia.

Przykład obliczenia: Agregat prądowórczy posiada 24-woltowy układ rozruchowy prądu stałego, który ma być zasilany przez dwa akumulatory 12-woltowe połączone szeregowo (**Rysunek 4-14**). Całkowita długość kabla to 375 cali, włącznie z kablem pomiędzy akumulatorami. Jest sześć złączy kabli. Obliczać wymagany rozmiar kabla następująco:

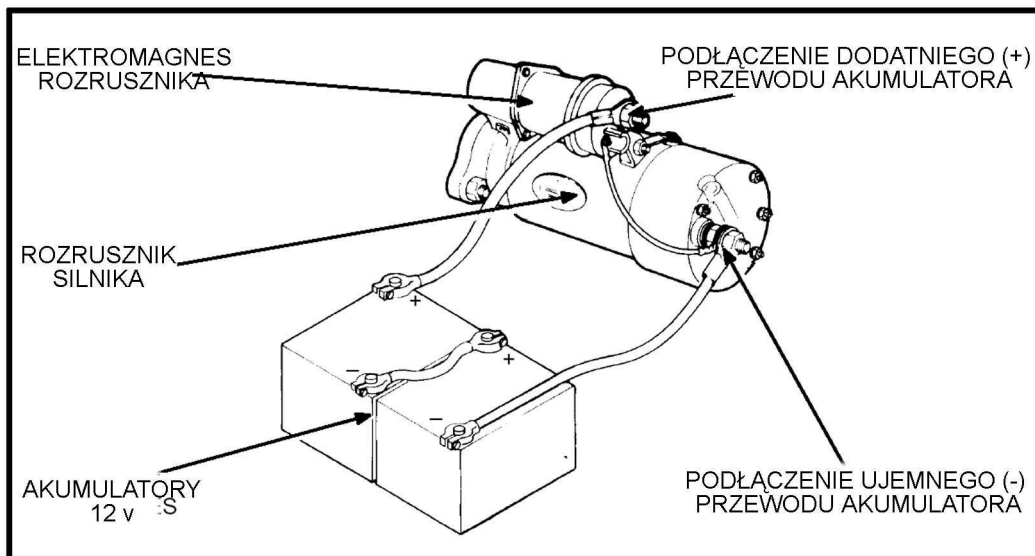
1. Przyjąć rezystancję 0,0002 oma dla styku elektromagnesu (R_{CONTACT}).
2. Przyjąć rezystancję 0,00001 oma dla każdego złącza kabla ($R_{\text{CONNECTION}}$), razem sześciu.
3. Na podstawie wzoru:
 - Maksymalna dopuszczalna rezystancja kabla

$$= 0,002 - R_{\text{CONNECTION}} - R_{\text{CONTACT}}$$

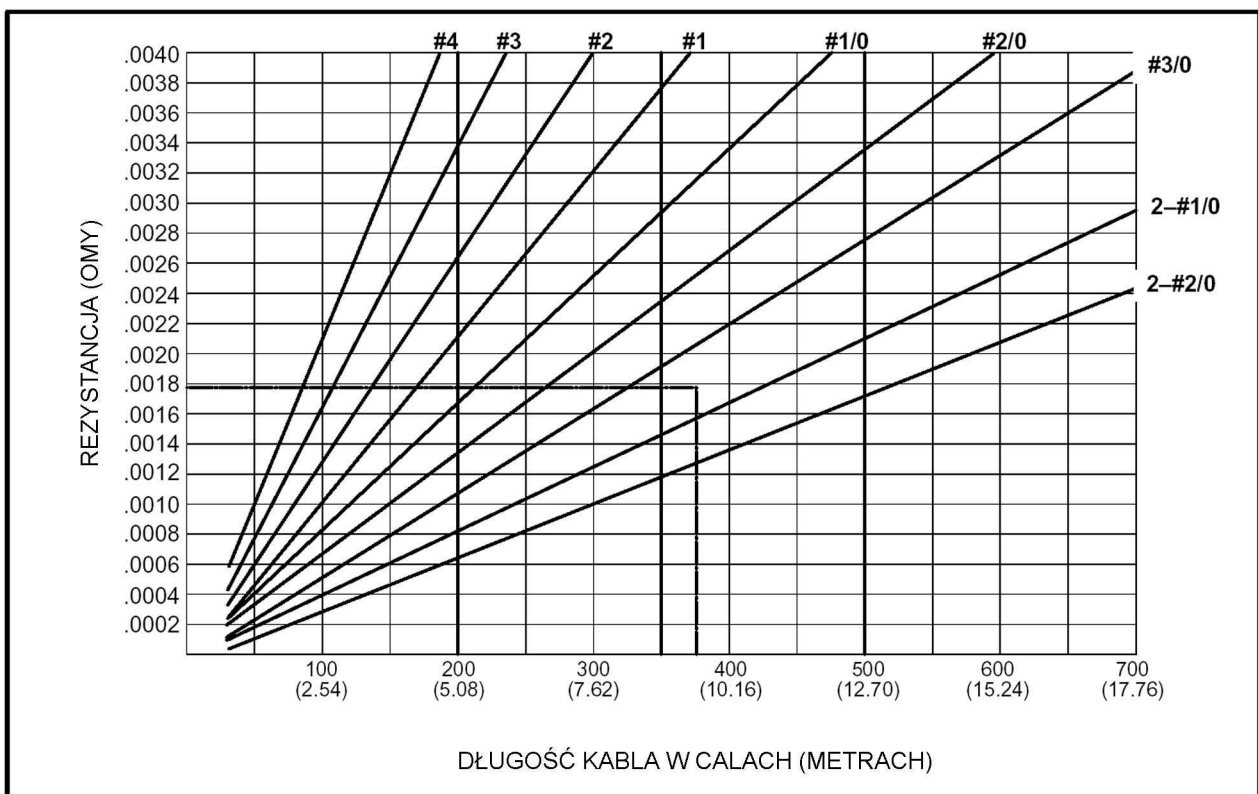
$$= 0,002 - 0,00002 - (6 \times 0,00001)$$

$$= 0,00174 \text{ oma.}$$

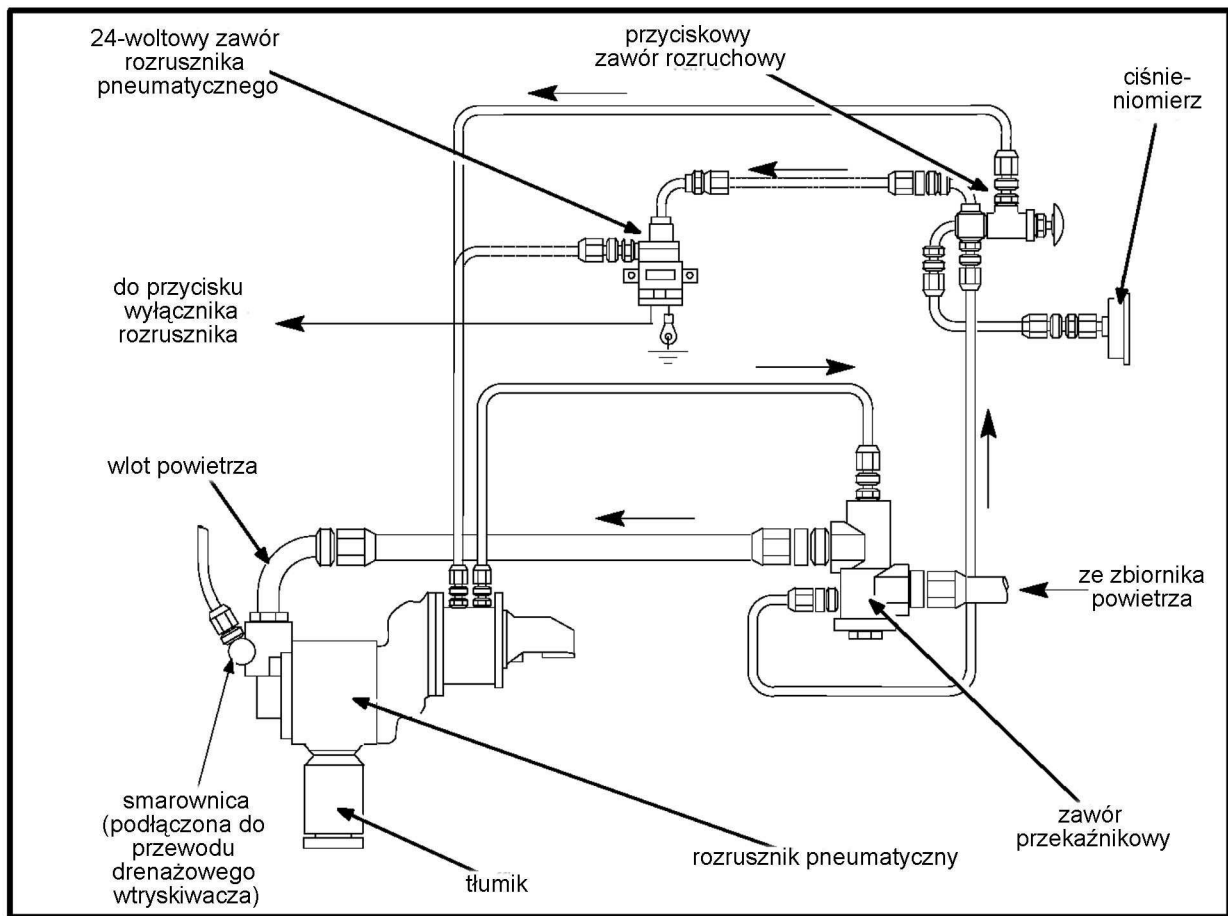
4. Rezystancje kabli AWG - Patrz **Rysunek 4-15**. W tym przykładzie, jak pokazano liniami przerywanymi, najmniejszy rozmiar kabla, który może być użyty, to kable równoległe 2-#1/0 AWG.



Rysunek 4-14. Typowe połączenia elektrycznego silnika rozrusznika (pokazany system 24-woltowy)



Rysunek 4-15. Rezystancja w funkcji długości dla różnych rozmiarów kabli AWG



Rysunek 4-16. Typowy układ przewodów dla rozrusznika pneumatycznego

Rozruch pneumatyczny: Systemy rozruchu silnika agregatu sprężonym powietrzem są dostępne dla pewnych większych agregatów prądowórczych. Rozruch pneumatyczny może być preferowany dla niektórych zastosowań zasilania głównego, zakładając, że sprężone powietrze jest łatwo dostępne. **Rysunek 4-16** pokazuje układ przewodów dla typowego systemu rozrusznika pneumatycznego. Dla określenia urządzeń potrzebnych przy instalowaniu systemu pneumatycznego należy rozważyć następujące sprawy:

- Należy się skonsultować z producentem silnika w celu uzyskania zaleceń dotyczących rozmiaru węża powietrznego i minimalnej pojemności zbiornika wymaganych dla co drugiego rozruchu. Wielkość zbiornika będzie zależała od wymaganego minimalnego czasu rozruchu. Wszystkie rozruszniki dostępne u Cummins Power Generation mają wartość znamionową maksymalnego ciśnienia 150 psig (1035 kPa).

- Zbiorniki powietrza (odbiorniki) powinny być wyposażone w zawór spustowy typu wykręcany, z gniazdem stożkowym (inne rodzaje są niepewne i często są źródłem nieszczelności). Wilgoć może uszkodzić elementy składowe rozrusznika.
- Wszystkie zawory i akcesoria w układzie powinny być zaprojektowane do obsługi pneumatycznego rozruchu silnika wysokoprężnego.
- Złącza rur powinny być typu uszczelnianego na sucho i powinny być wykonane z uszczelniaczem gwintu. Taśma teflonowa nie jest zalecana, ponieważ nie zabezpiecza ona przed odkręcaniem gwintu i może być źródłem zanieczyszczeń, które mogą zatykać zawory.

Uwaga: Gdy stosowany jest rozruch pneumatyczny, akumulatory, chociaż o znacznie mniejszej pojemności, będą nadal potrzebne dla systemów sterowania i monitorowania silnika.