

## Zaawansowana Technologia Stabilizacji Napięcia

6 Września 2011, Shimon Linor, CTO, PowerSines

Urządzenia elektryczne z charakterystyką indukcyjną, takie jak lodówki, klimatyzatory, kompresory są bardziej wydajne, gdy dostarczone do nich napięcie jest regulowane i stabilizowane. Rozwiązanie prezentowane przez PowerSines do optymalizacji i regulacji napięcia zapewnia 18% oszczędności przy urządzeniach indukcyjnych zainstalowanych w zakładach komercyjnych. Niniejszy artykuł objaśnia fizyczne zasady, które stoją za obniżeniem napięcia dla obciążeń indukcyjnych oraz przedstawia przykłady oszczędności po zastosowaniu urządzenia PowerSines – ComEC (uniwersalny kontroler efektywności elektrycznej) na przykładzie zastosowań komercyjnych i przemysłowych, takich jak magazyny z chłodnią, kontenery z chłodziarką, kuchnie komercyjne i supermarkety w Wielkiej Brytanii.

### Optymalizacja Napięcia i Zasady Fizycznej Redukcji

Przepisy o Jakości Elektrycznej (EQS) definiują zharmonizowane napięcia w Europie na poziomie 230V +/- 10%, to oznacza zakres 207-253V. Zgodnie z regulacjami EQS i IEC 60038, każde urządzenie elektryczne ze znakiem CE musi funkcjonować w tym zakresie napięć.

Dlatego operatorzy sieci, aby zapewnić odpowiedni poziom napięcia w istniejącej infrastrukturze, mogą podnieść poziom napięcia w transformatorach sieci niskiego napięcia również na podstacjach. W sytuacji, gdy rośnie liczba odbiorników energii elektrycznej w sieci niskiego napięcia, a tym samym wzrasta zapotrzebowanie i pojawia się problem dostarczenia energii do odbiorników, najprostszym rozwiązaniem jest podniesienie napięcia. W efekcie, wiele urządzeń, zaprojektowanych do pracy przy napięciu 220V, pracuje pod napięciem 230V lub wyższym, co skraca ich żywotność oraz powoduje straty energii.

PowerSines dostarcza efektywne energetycznie rozwiązania w postaci ComEC, zaawansowanego kontrolera energii, który reguluje i stabilizuje napięcie w każdym obiekcie i wydłuża żywotność urządzeń elektrycznych. ComEC gwarantuje stabilne napięcie na poziomie zdefiniowanym przez użytkownika.

Podstawową zasadą regulacji dostarczanego napięcia jest jego obniżenie do poziomu dozwolonego przez regulacje EQC. Dla nieskomplikowanych liniowych obciążeń rezystancyjnych, dostarczanie napięcia powoduje obniżenie mocy zgodnie z formułą bazującą na prawie Ohma i definiuje stosunek między mocą, a napięciem:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Dlatego dla obciążeń z charakterystyką rezystancyjną, które operują stale lub w określonych godzinach, obniżenie mocy będzie bezpośrednio powodowało redukcję energii (kWh):

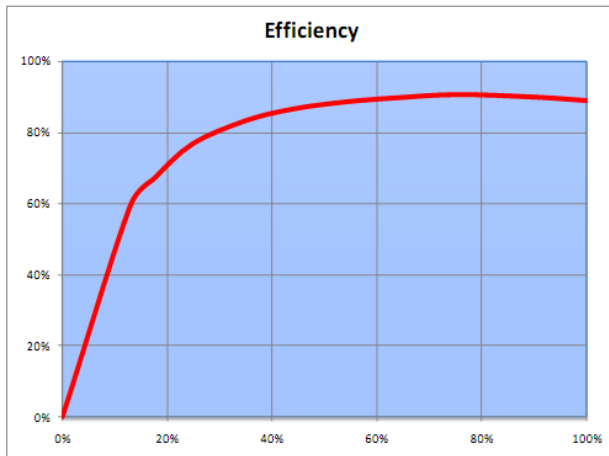
$$E = P \times T$$

Jednak wiele obciążeń w budynkach komercyjnych nie ma charakterystyki rezystancyjnej, lecz indukcyjną lub mieszaną, na przykład: chłodziarki, klimatyzatory i wiele innych. Urządzenia tego typu zasilane są jedno- lub trójfazowym silnikiem indukcyjnym.

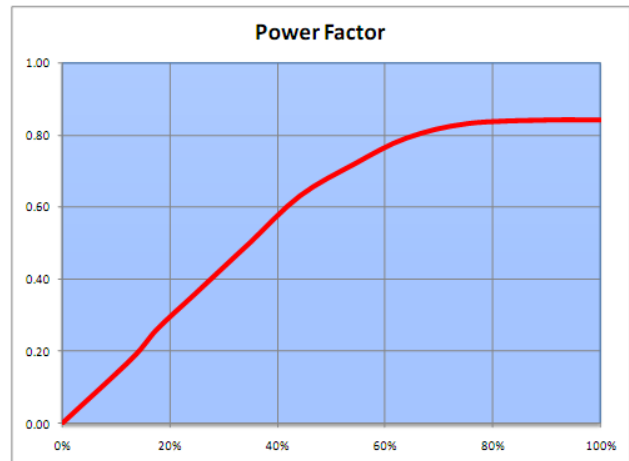
Silniki indukcyjne są bardzo wydajne (zwykle >90%), gdy pracują z mocą nominalną, jednak w wielu przypadkach silniki są przewymiarowane i pracują w warunkach niepełnego obciążenia. W takiej sytuacji

silnik indukcyjny jest niewydajny, gdyż współczynnik mocy jest niski, a prąd pracy jest wysoki – w wyniku tego, silnik generuje więcej strat sieciowych i wewnętrznych oraz emituje więcej ciepła.

Poniższe wykresy (Wykres 1 i 2) przedstawiają wpływ niepełnego obciążenia na wydajność silnika i współczynnik mocy.



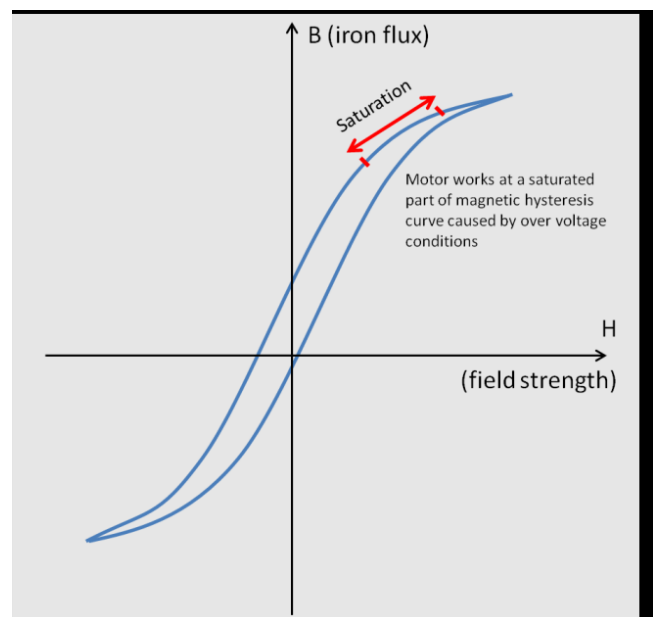
Wykres 1. Wydajność Silnika vs. Krzywa Obciążenia



Wykres 2. Współczynnik mocy vs. Krzywa Obciążenia

W dodatku, wiele silników indukcyjnych zostało zaprojektowanych dla sieci 220V i działając przy napięciu wyższym niż 230V, pracują pod nasyconą częścią krzywej histerezy magnetycznej, co zwiększa straty wewnętrzne (straty żelaza i miedzi) i zmniejsza wydajność.

Wykres 3 przedstawia typową krzywą histerezy magnetycznej dla silników AC i saturację magnetyczną, gdy silnik pracuje pod napięciem wyższym niż nominalne.

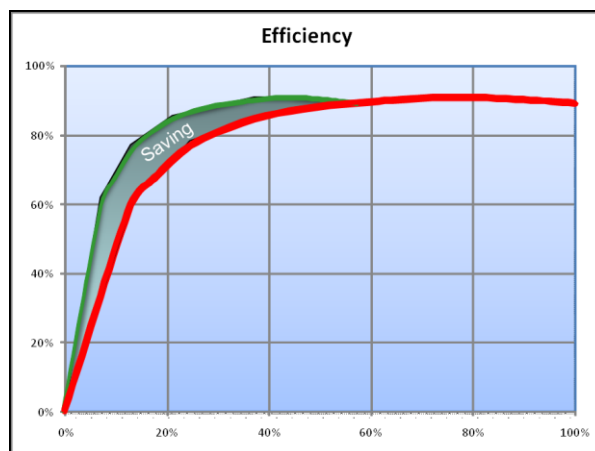


Wykres 3. Fragment saturacji histerezy magnetycznej

Redukcja napięcia w dozwolonych zakresach przynosi następujące benefity, przy obciążeniach indukcyjnych:

### 1. Wyższa wydajność

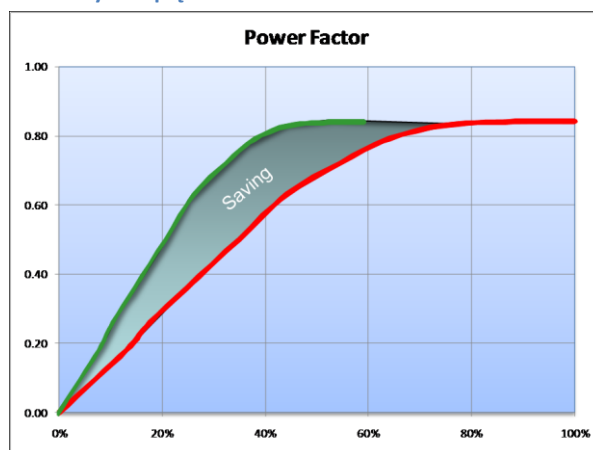
Dla silników pracujących poniżej nominalnych obciążeń, redukcja napięcia w dozwolonych zakresach (do 20V od napięcia liniowego) przesunie punkt pracy do bardziej wydajnego na krzywej *Obciążenie vs. Wydajność*, tak jak pokazano na Wykresie 4.



Wykres 4. Wydajność Silnika vs. Krzywa Obciążenia przy obniżonym napięciu

### 2. Poprawiony Współczynnik Mocy

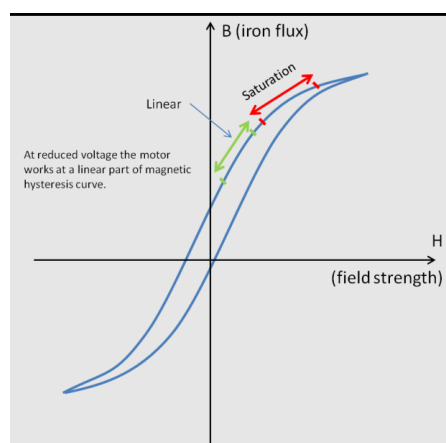
Podobną poprawę można zaobserwować dla współczynnika mocy. Podniesienie współczynnika mocy obniży prąd pracy i zmniejszy straty przewodzenia w sieci elektrycznej budynku. Patrz Wykres 5.



Wykres 5. Współczynnik Mocy vs. Wykres Obciążenia przy obniżonym napięciu

### 3. Poprawiony punkt operacyjny silnika na krzywej histerezy magnetycznej

Obniżenie napięcia przesunie punkt pracy silnika na krzywej histerezy magnetycznej z saturowanej do liniowej, obniżając straty wewnętrzne (głównie żelaza) silników indukcyjnych.



Wykres 6. Silnik przesunięty na część liniową histerezy przy obniżeniu napięcia

Opisane usprawnienia mają zastosowanie przy obciążeniach indukcyjnych i nie są kontrolowane przez zmienne sterowniki prędkości. Silniki kontrolowane przez inwertory lub zmienne sterowniki prędkości

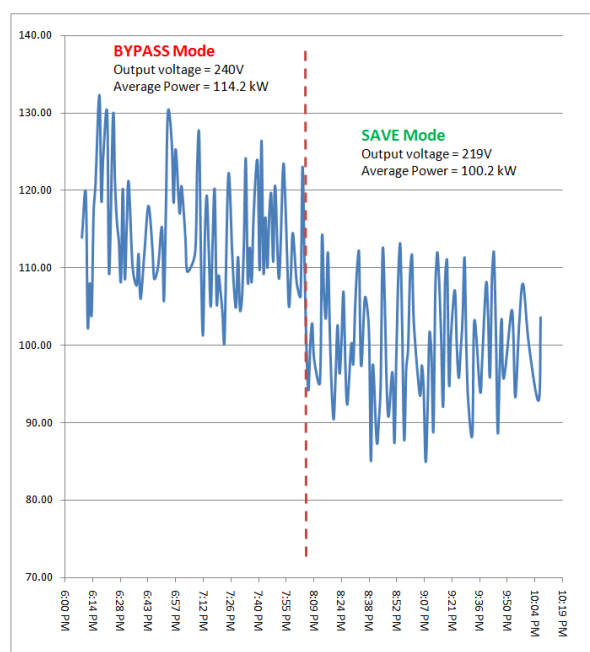
kontrolują moc dostarczoną do silnika przez modulację wysokiej częstotliwości i kontroler częstotliwości, dlatego nie wpływa na nie poziom dostarczanego napięcia.

### Badany przypadek

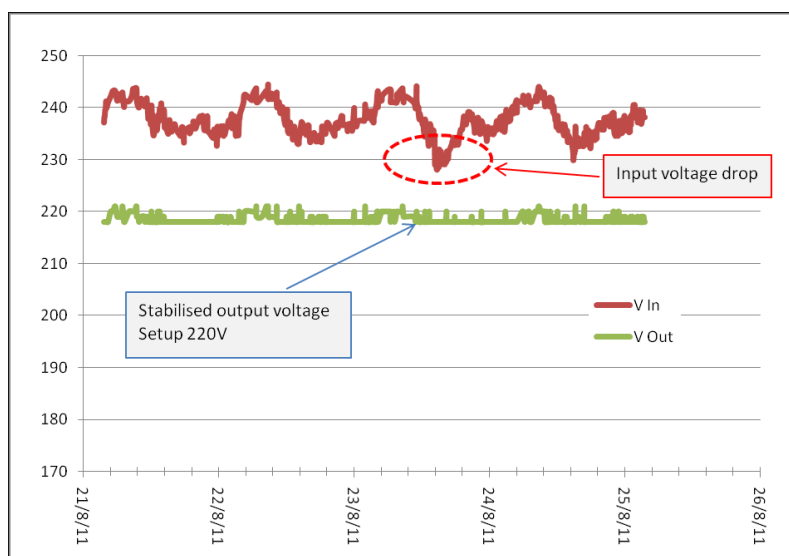
Kontrolery efektywności energetycznej PowerSines ComEC są zainstalowane w wielu typach instalacji na całym świecie, zapewniając najwyższe możliwe oszczędności. Zaawansowany kontroler napięcia ComEC zapewnia utrzymanie napięcia wyjściowego stale na poziomie zdefiniowanym przez użytkownika, niezależnie od wahań napięcia wejściowego. Co ważne, ComEC na bieżąco monitoruje napięcie wejściowe i automatycznie przechodzi w tryb bypass, gdy napięcie wejściowe spadnie do zbyt niskiego poziomu. Stabilizacja napięcia i wbudowany bypass, to dwa mechanizmy, które pozwalają na wyzwolenia pełnego potencjału obniżenia napięcia dla generowania oszczędności oraz eliminują potrzebę implementacji marginesów bezpieczeństwa, gdy napięcie wejściowe znacząco spadnie.

Systemy ComEC zostały z powodzeniem zainstalowane w wiodących magazynach chłodniczych w GB, osiągając redukcję kosztów elektrycznych na poziomie 11%-14%. Wykres 7 przedstawia wyniki urządzenia ComEC 350A starannie zainstalowanego za wyłącznikiem głównym, w jednym z obiektów, stabilizującego napięcie dla całego obiektu. Napięcie zostało obniżone ze średniego poziomu 240V do optymalnego 220V. Stabilizacja i redukcja na tym poziomie pozwoliła osiągnąć oszczędności na poziomie 12,3%. Diagramy obrazują benefity osiągnięte dzięki stabilizacji napięcia i redukcji zużycia energii.

Wykres 8 przedstawia nieregularną redukcję napięcia wejściowego, podczas gdy ComEC cały czas stabilizuje napięcie wyjściowe.



Wykres 7. Zmiany konsumpcji energii. ComEC tryb oszczędzania i tryb Bypass



Wykres 8. ComEC stabilizuje napięcie wyjściowe niezależnie od fluktuacji napięcia wejściowego

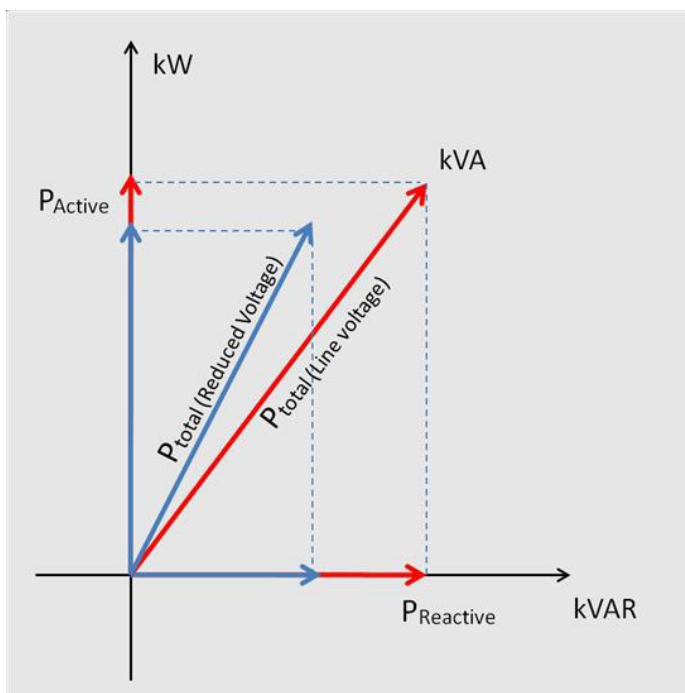
Dodatkowo, system PowerSines ComEC wyposażony jest w wbudowany Zdalny System Zarządzania Energią dla monitoringu online i zdalnej kontroli działania ComEC, w odległych obiektach. Zdalny EMS PowerSines płynnie integruje się z systemami ComEC i pozwala użytkownikowi analizować online oraz w czasie rzeczywistym alokację elektryczności i anomalie w konsumpcji.

## Podsumowanie

System PowerSines ComEC jest zaawansowanym kontrolerem, który obniża napięcia o maksymalnie 20V i stabilizuje je na poziomie zdefiniowanym przez użytkownika.

ComEC nieprzerwanie dostarcza napięcie w formie czystej sinusoidy do wszystkich podłączonych urządzeń, poprawiając moc aktywną i konsumpcję energii. Dodatkowo, ComEC obniża prądy aktywne i moc bierną, dzięki czemu prowadzi do pośredniej redukcji strat w sieci obiektu i obniża koszty operacyjne. System ComEC jest łatwy do zainstalowania w istniejącej infrastrukturze elektrycznej i nie wymaga konserwacji.

Wykres 9 przedstawia efekt obniżania napięcia w urządzeniach o charakterystyce indukcyjnej.



Wykres 9. Efekt redukcji napięcia, wektory mocy aktywnej i biernej