

Korekcja współczynnika mocy, część 1

Stary problem, nowe rozwiązanie

Konieczność oszczędzania energii elektrycznej stała się dla nas oczywista od chwili uwolnienia jej ceny.

Autor artykułu pokaże, jak zwiększa się sprawność energetyczną nowoczesnych układów zasilających.

Artykuł powstał we współpracy z firmą Motorola Polska, która udostępni Czytelnikom EP bezpłatnie próbki prezentowanych w artykule scalonych układów korekcji $\cos\phi$. Kupon z zamówieniem opublikujemy w następnym numerze EP.

Z pojęciem współczynnika mocy ($\cos \phi$) elektrycy i elektronicy spotykają się już przy poznawaniu podstaw elektrotechniki. Ta bezwymiarowa wielkość bierze swoją nazwę z geometrycznego przedstawienia w tzw. „trójkącie mocy” wzajemnych zależności między mocą bierną i czynną oraz kątem przesunięcia fazowego ϕ (rys.1).

W trójkącie mocy stosunek mocy czynnej wyrażanej w watach (W) do mocy pozornej (VA) to właśnie $\cos\phi$. W przypadku żarówki lub grzałki cała pobierana moc ma charakter czynny, stąd $\cos\phi=1$. Dla obciążenia z przewagą charakteru biernego (np. indukcyjnego: transformator lub silnik), moc pozorna będzie przewyższała moc czynną i $\cos\phi < 1$. W rezultacie z sieci zasilającej do odbiornika będzie dopływał prąd o większym natężeniu, lecz tylko jego część wykona pracę w odbiorniku. Pozostała część prądu pójdzie na wytworzenie mocy biernej.

Również w przypadku pobierania z sieci

Najczęściej współczynnikiem mocy są zainteresowani elektrycy i energetycy, ponieważ właśnie oni muszą zapewnić wytworzenie i dostarczenie energii do coraz to nowych odbiorników energii. Jeśli $\cos\phi$ obniża swoją wartość oznacza to konieczność instalowania większych generatorów lub innych dodatkowych urządzeń. Z tego powodu w większości krajów wprowadzono przepisy określające dopuszczalne wartości $\cos\phi$ i wartości harmonicznych.

Dla szanującego się elektronika te problemy są zwykle zbyt mało ważne, aby się nimi zajmować, więc nie zwraca on większej uwagi na skutki obciążania sieci urządzeniami elektronicznymi.

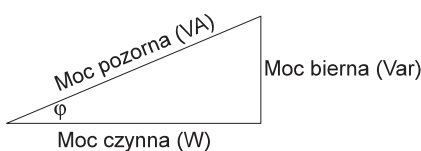
Rzeczywiście, w przypadku zasilania z sieci pojedynczych urządzeń elektronicznych o małej mocy wartość $\cos\phi$ nie ma większego znaczenia. Problem zaczyna być widoczny dopiero w przypadku większej liczby odbiorników energii włączonych na stałe lub przez dłuższy czas.

Najlepszym przykładem są tu coraz bardziej rozpowszechnione nowoczesne systemy oświetleniowe, wykorzystujące elektroniczne zasilacze do żarówek halogenowych i świetlówek. W wielu pomieszczeniach, np. biurowych, oświetlenie ogólne jest włączone przez cały czas pracy, więc dla zaoszczędzenia energii stosuje się tam nowoczesne, wydajne źródła światła. Najczęściej są to świetlówki kompaktowe z tzw. statecznikiem elektronicznym, montowanym zamiast ciężkiego, tradycyjnego dławika. W najprostszym przypadku taki statecznik to przetwornica impulsowa zasilana z sieci napięciem wyprostowanym i wygładzonym za pomocą dużego kondensatora (rys.2).

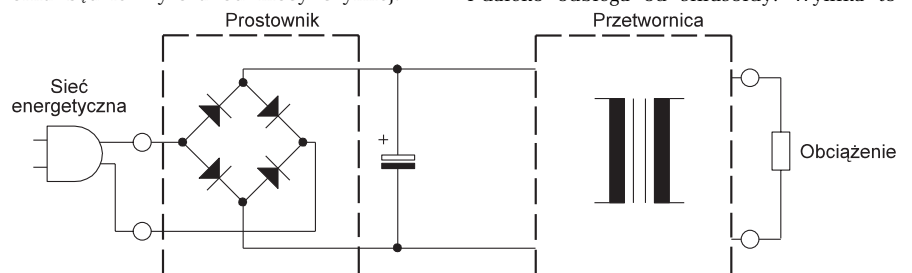
Z punktu widzenia sieci energetycznej ten klasyczny układ zasilania przetwornicy jest bardzo niekorzystny. Zasilana świetlówka pobiera wprawdzie niewielką moc, ale pojawiają się inne niedogodności. Na rys.3 pokazano przebieg prądu pobieranego z sieci przez taki układ prostowniczy.

Przebieg prądu pobieranego z sieci ma kształt impulsów o znacznej amplitudzie i daleko odbiega od sinusoidy. Wynika to

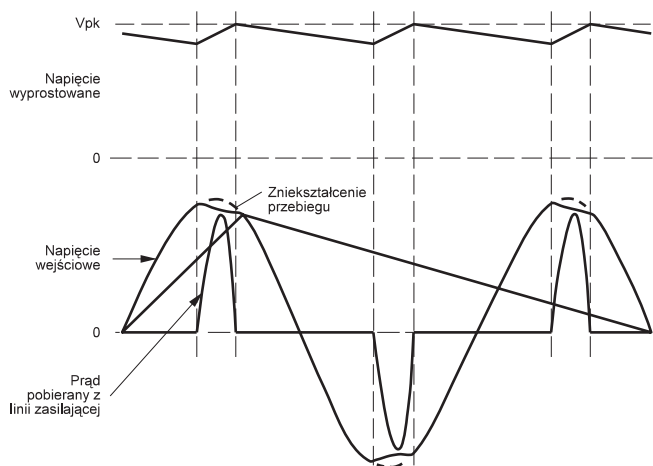
prądu o przebiegu odkształconym (o dużej zawartości harmonicznych), moc pozorna będzie wyższa od mocy czynnej.



Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.

z zasady pracy prostownika: diody przewożą tylko wtedy, gdy potencjał anody przewyższa potencjał katody, czyli gdy wartość chwilowa napięcia sieciowego jest wyższa od napięcia na kondensatorze filtrującym. Dzieje się to w pobliżu maksimum napięcia

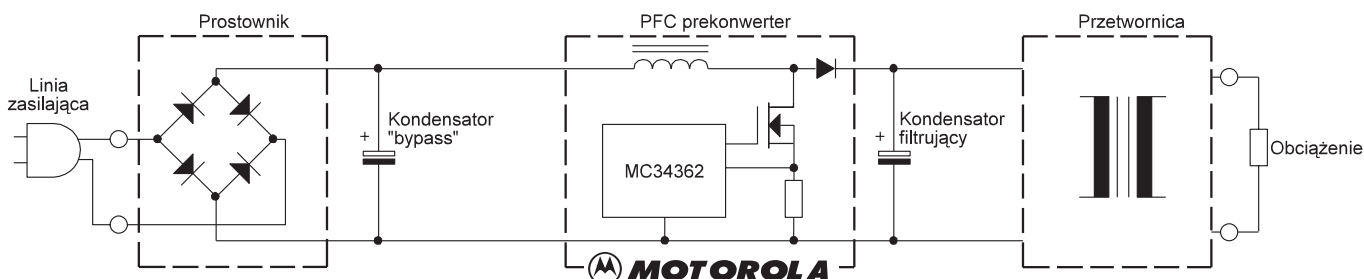
pozorna (wyrażona w VA) pobierana z sieci jest wyraźnie większa od mocy czynnej (W). Zwykle $\cos\phi$ wynosi w takich przypadkach od 0,5 do 0,7.

W przypadku, kiedy wiele równoległe włączonych zasilaczy impulsowo obciąża sieć, dochodzi również do silnego odkształcenia przebiegu napięcia. Taki stan, kiedy prostowniki „zaśmiecają” sieć harmonicznymi jest niepożądany, ponieważ niekorzystnie wpływa na pracę samej sieci, jak i innych urządzeń z niej zasilanych. Wzrasta również poziom zakłóceń emitowanych przez sieć.

Efekt korekcji (poprawy) $\cos\phi$ można uzyskać przy pomocy układów biernych (LC) lub aktywnych włączanych na wejściu zasilania.

Układy biernie są rodzajem filtru łagodzącego impulsy prądu i zawierają zwykle duże kondensatory i dławiki pracujące na częstotliwości sieciowej. Układy aktywne stanowią rodzaj impulsowego zasilacza, najczęściej podwyższającego napięcie (rys.4). Aktywny układ korektora pracujący na częstotliwościach znacznie wyższych od częstotliwości sieciowej jest mniejszy, lżejszy i ma wyższą sprawność niż dający podobne efekty układ bierny.

Przy zachowaniu właściwego sterowania takiej „wstępnej” przetwornicy, prawie wszystkie przypadki obciążenia ze składową bierną mogą być sprowadzone do czysto rezystancyjnego obciążenia sieci. W ten sposób znacząco redukuje się zawartość harmonicznych w przebiegu pobieranego prądu. W niektórych rozwiązaniach korektorów aktywnych, poprzez dodatkowe wymuszenie poboru prądu w okolicach przejścia napięcia przez zero, osiąga się zmniejszoną emisję zakłóceń do sieci. Ważną cechą aktywnego korektora $\cos\phi$ jest stabilizacja napięcia na jego wyjściu.



Rys. 4.

sieciowego i powoduje doładowywanie kondensatora impulsami prądu o dużej wartości. W rezultacie impulsowego poboru, układ pracuje z niskim $\cos\phi$, co oznacza, że moc

harmonicznych (szczególnie niekorzystna jest trzecia) Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (IEC) opublikowała zalecenie IEC 1000-3-2 określające maksymalny

poziom zawartości harmonicznych wprowadzanych do sieci przez odbiorniki. Do tego zalecenia dostosowano normy obowiązujące m.in. w krajach Unii Europejskiej. Obecnie wszystkie urządzenia elektroniczne pobierające z sieci moc większą niż 30W muszą mieć $\cos\phi$ równy co najmniej 0,94 i najwyżej 25% zawartości trzeciej harmonicznej w prądzie pobieranym z sieci.

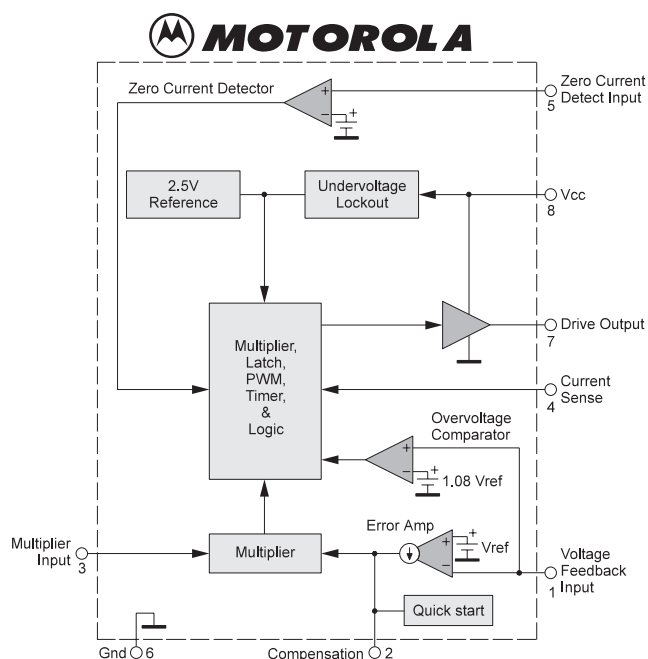
Układy zasilane z korektora już nie muszą być projektowane z zapasem na najgorszy przypadek, ale mogą być zoptymalizowane i uproszczone.

Układy sterujące MC33262, MC34262 i MC33368 są przeznaczone do pracy w aktywnych korektorach $\cos\phi$. Układ MC33368 jest nieco bardziej rozbudowany: zawiera dodatkowo wysokonapięciowy tranzystor MOS pracujący jako scalony reduktor napięcia zasilającego oraz układ „znieczulający” na zakłócenia komutacyjne.

Technika scalania na jednej strukturze wysokonapięciowych elementów wykonawczych i niskonapięciowych sterujących została przez producenta (Motorola) opatrzona firmową nazwą SMARTMOS i znalazła zastosowanie w nowoczesnych i oszczędnych układach GreenLine. W omawianym przypadku można zaoszczędzić 0,7W w porównaniu z zasilaniem poprzez rezystor redukcyjny. Układ MC33368 umożliwia również regulację poziomu emisji zakłóceń w pobliżu przejścia przez zero.

Układy są dostępne w miniaturowych obudowach SOIC do montażu powierzchniowego (SMD), a MC33262 i MC34262 również w tradycyjnej obudowie DIL-8. Układy MC33262 i MC33368 mogą pracować od $-40..+105^{\circ}\text{C}$, a układ MC34363 od $0..+85^{\circ}\text{C}$.

Włodzimierz Dubasiewicz



Rys. 5.