



OPTYMALIZACJA PARAMETRÓW PRZEKSZTAŁTNIKÓW

Ćwiczenie 2p

Aktywna korekcja współczynnika mocy Pomiar współczynnika mocy

Ramowy plan pracy

15'	30'	45'	1 ^h	1 ^h 15'	1 ^h 30'	po zajęciach

Opracowanie ćwiczenia i instrukcji:
Bartosz Pękosławski, Łukasz Starzak

Łódź 2013

wer. 1.0.2. 22.04.2013

Spis treści

B Wprowadzenie do ćwiczenia.....	5
1. Cel i przebieg ćwiczenia.....	5
2. Podstawy teoretyczne	7
2.1. Wprowadzenie	7
C Doświadczenie.....	8
3. Pomiary.....	8
3.1. Układ pomiarowy	8
3.2. Wykonanie pomiarów	10
D Wyniki.....	11
4. Opracowanie i analiza wyników.....	11
E Informacje.....	13
5. Literatura	13

Wprowadzenie do ćwiczenia

1. Cel i przebieg ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasady działania układu do aktywnej korekcji współczynnika mocy oraz sposobu pomiaru współczynnika mocy. Pomiary prowadzone są przy różnych wartościach mocy wyjściowej i napięcia wejściowego. Ponadto w ćwiczeniu poruszone jest zagadnienie pomiaru współczynnika zniekształceń harmonicznych.

2. Podstawy teoretyczne

2.1. Wprowadzenie

Wadą układów biernej korekcji współczynnika mocy jest duży rozmiar i waga dławika, niedoskonała korekcja PF oraz zmniejszenie napięcia wyjściowego. Aktywna korekcja współczynnika mocy pozwala osiągnąć wartości tego parametru bliższe jedności. Jednocześnie napięcie wyjściowe jest regulowane i tym samym możliwy jest szeroki zakres zmian napięcia wejściowego. Układ PFC pełni wówczas rolę wstępnego regulatora napięcia.

Najpopularniejszą topologią układu PFC jest przetwornica podwyższająca napięcie, możliwe jednak są także inne topologie : obniżająca napięcie, SEPIC, flyback.

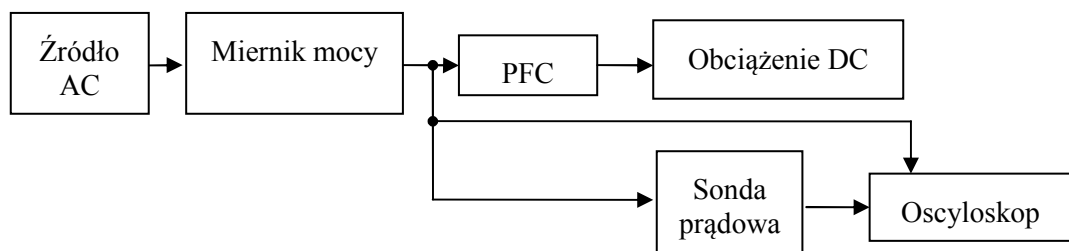
Istnieje kilka technik (trybów) PFC:

- Constant on-time borderline mode (BCM), inaczej zwany Critical Conduction Mode (CRM, CrCM, DCMB) lub Transition Mode (TM) – stosowany przy mocach do około 300W.
- Fixed- frequency continuous mode (CCM) z kontrolą średniego prądu lub szczytowego prądu, stosowane przy mocach powyżej 1000W.
- Przeplątany (interleaved) BCM/CCM - stosowany przy mocach między 300 i 1000 W.

3. Pomiary

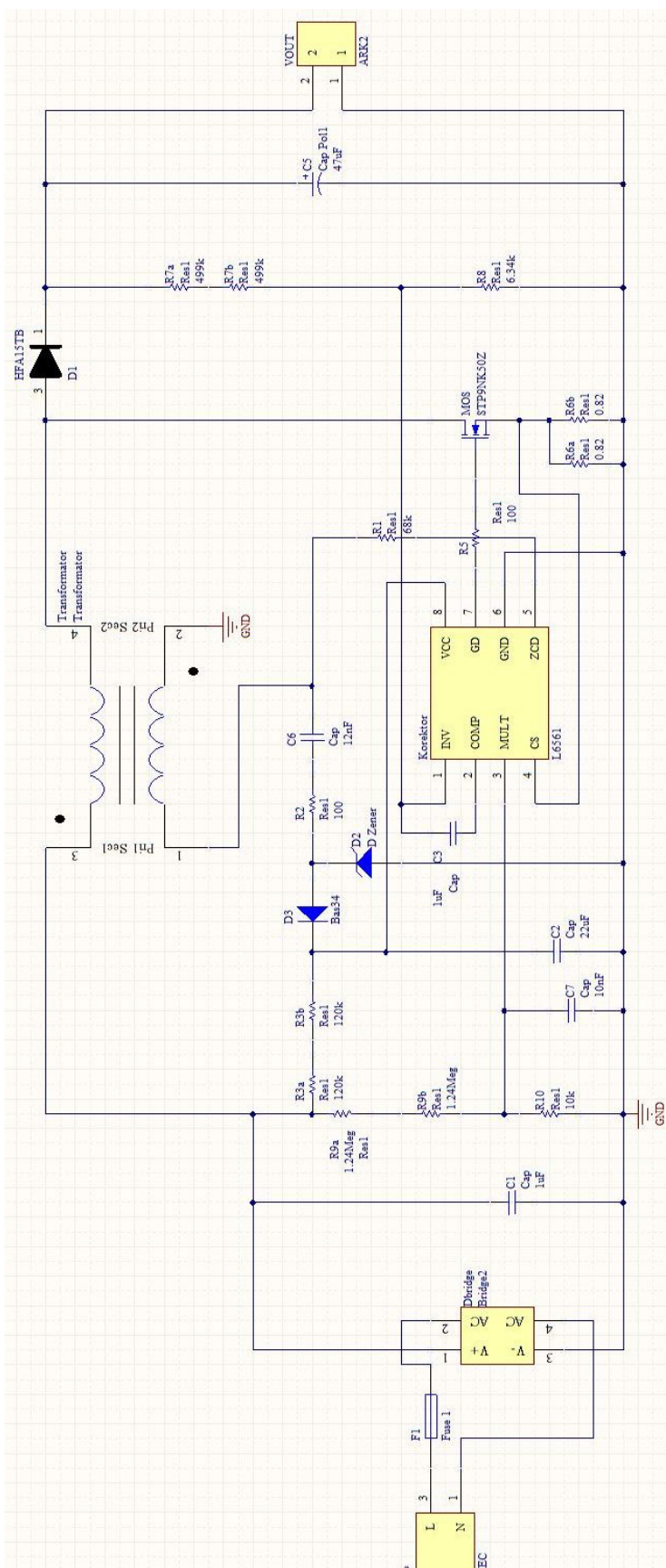
3.1. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy, którego schemat jest pokazany poniżej, składa się z programowalnego źródła AC Chroma 6408, oscyloskopu TPS2041B o izolowanych kanałach z podłączoną sondą napięciową 100:1 i sondą prądową, układu PFC, cyfrowego miernika mocy Chroma 66202 oraz programowalnego obciążenia DC Chroma 6314A.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

Obwód PFC oparty jest na układzie L6561 firmy ST Microelectronics. Schemat układu aktywnej korekcji współczynnika mocy jest pokazany poniżej. Jest to układ mostka prostowniczego i przetwornicy podwyższającej napięcie pracującej w trybie TM. Napięcie wyjściowe wynosi 400V. Napięcie wejściowe może zmieniać się w zakresie 175 do 265 VAC. Układ został zaprojektowany dla obciążenia nominalnego 120W.



Rys. 2. Schemat układu aktywnej korekcji współczynnika mocy

3.2. Wykonanie pomiarów

1. Połączyć układ pomiarowy. Nie włączać zasilania. Poprosić prowadzącego o sprawdzenie połączeń.
2. Przełączyć przełącznik suwakowy w pozycję, w której doprowadzone do niego przewody są zwarte (układ PFC nieaktywny).
3. W programowalnym obciążeniu ustawić kanał 3 (przycisk CHAN), tryb CCH (przycisk MODE), prąd CCH1 równy 0,15A, prąd CCH2 równy 0,3A. Pozostałych parametrów nie modyfikować. Przyciskiem MEAS wybrać wyświetlanie napięcia (zapalona zielona kontrolka) i mocy (zgaszona kontrolka). Upewnić się, że kontrolka powyżej przycisku „A”/B jest zapalona. Wcisnąć przycisk LOAD (powinna zapalić się kontrolka czerwona powyżej tego przycisku).
4. Ustawić napięcie źródła AC równe 230V (wpisać wartość i potwierdzić ENTER), częstotliwość 50Hz (wcisnąć V/F, wpisać wartość i potwierdzić ENTER) i ograniczenie prądowe 2A (wcisnąć SHIFT, ILIMIT, wpisać wartość i potwierdzić ENTER). Włączyć zasilanie wciskając OUT (powinna zapalić się czerwona kontrolka).
5. Zanotować/zarejestrować:
 - a) napięcie wejściowe (miernik cyfrowy mocy),
 - b) wartość skuteczną prądu wejściowego (miernik cyfrowy mocy),
 - c) wartość współczynnika mocy (miernik cyfrowy mocy),
 - d) przebiegi napięcia i prądu wejściowego,
 - e) wartość współczynnika mocy i prądu wejściowego wskazywane przez miernik źródła AC,
 - f) przebieg mocy czynnej wejściowej (mnożąc w programie zarejestrowane przebiegi napięcia i prądu wejściowego, pamiętając o zarejestrowaniu co najmniej 5 pełnych okresów).

Przebiegi należy zapisać w formacie programu Wavestar (SHT) oraz wyeksportować do pliku .csv

Wymnożenie dwóch przebiegów przez siebie w programie Wavestar umożliwia arkusz *Power Harmonics*. Jeżeli przebiegami tymi będą prąd i płynący między węzłami obwodu oraz napięcie u między tymi węzłami, uzyskany iloczyn $i \cdot u$ z definicji będzie mocą chwilową p wydzielaną w elementach znajdujących się między tymi węzłami. Aby użyć arkusza *Power Harmonics* do obliczenia przebiegu chwilowej mocy należy do okienka *Current Waveform* na dole arkusza *Power Harmonics* przeciągnąć przebieg prądu i z panelu bocznego, a do okienka *Voltage Waveform* przeciągnąć przebieg napięcia.

6. Powtórzyć punkt 5 bez podpunktów d), e) i f) dla 7÷10 wartości mocy wyjściowych od około 20 do 120W (prąd obciążenia od 0,07 do 0,4A dla nieaktywnego układu PFC).
7. Ustawić nominalne obciążenie 120W (prąd obciążenia równy 0,4A dla nieaktywnego układu PFC).
8. Powtórzyć punkt 5 bez podpunktów d), e) i f) dla 5÷7 wartości napięcia wejściowego, w zakresie od 175 do 265V utrzymując stałą moc wyjściową 120W (prąd odpowiednio od 0,55 do 0,35A dla nieaktywnego układu PFC).
9. Wyłączyć zasilanie za pomocą przycisku OUT źródła AC.
10. Przełączyć przełącznik suwakowy w pozycję, w której doprowadzone do niego przewody są rozwarne (układ PFC aktywny). Ustawić napięcie źródła AC równe 230V.
11. Powtórzyć punkty 5 ÷ 8, przy czym prąd obciążenia ustawiać w zakresie od 0,05 do 0,3A (tak aby nie przekroczyć mocy wyjściowej 120W – napięcie wyjściowe dla aktywnego układu PFC wynosi około 400V). W punkcie 5 dla mocy około 40W i 120W wykonać podpunkty d), e) i f), dla pozostałych wartości pominąć te podpunkty.
12. Wyłączyć zasilanie.
13. Rozłączyć układ.

4. Opracowanie i analiza wyników

1. Uruchomić pakiet do obliczeń numerycznych Scilab.
2. Aby w dalszym ciągu pracy nie wpisywać za każdym razem pełnej ścieżki dostępu do plików z danymi pomiarowymi (pliki programu WaveStar), można zmienić katalog roboczy na katalog zawierający te pliki, wpisując polecenie

```
cd('ścieżka_dostępu_do_pomiarów');
```

3. Wczytać skrypt zawierający funkcje potrzebne do obliczenia całki mocy chwilowej po czasie (ćwiczenie 3b, laboratorium PiUM) wpisując polecenie (w razie potrzeby należy dodać ścieżkę dostępu do pliku)

```
exec('wavestar_calka.sce');
```

4. Odczytać wyeksportowane dane poleceniem

```
[naglowek,dane]=wczytaj_ws('nazwa_pliku.csv');
```

5. Obliczyć energię W jako całkę przebiegu p za przedział od $t1$ do $t2$ (różnica równa wielokrotności okresu T), z uwzględnieniem mnożnika sondy prądowej ki , wydając polecenie:

```
calka_infsup(dane,numer_przebiegu_p,t1,t2,p0,ki)
```

Parametr numer_przebiegu to numer kolejny przebiegu p zgodnie z rosnącą numeracją w programie WaveStar (nie numer kanału oscyloskopu). Np. jeżeli w programie WaveStar wyświetlane są: 2) u , 3) i , 5) p , to przebieg p jest trzecim z kolei, należy więc podać numer_przebiegu = 3; jeżeli zaś numeracja zaczyna się od 1 i nie ma „dziur”, to numer_przebiegu jest identyczny jak w programie WaveStar.

Parametr $p0$ pozwala uwzględnić przesunięcie poziomu zera przebiegu p spowodowane niedokładnością sondy prądowej. Jeżeli przesunięcie jest niewielkie w porównaniu z amplitudą mocy p należy wpisać 0.

6. Obliczyć średnią moc wejściową dzieląc energię W przez okres czas $t = t_2 - t_1$.
7. W programie Scilab wykonać podniesienie wartości prądu do kwadratu za pomocą poleceń:


```
dane2=dane;
```

```
dane2(:,nr_kol)=dane(:,nr_kol).*dane(:,nr_kol);
```

 Parametr `nr_kol` to numer kolejny kolumny w pliku, w której znajdują się zarejestrowane wartości chwilowe prądu.
8. Dokonać całkowania dla kwadratu prądu tak jak w punkcie 5, przy czym współczynnik ki można przyjąć jako równy jeden i uwzględnić go dopiero w kolejnym punkcie.
9. Obliczyć wartość skuteczną prądu według definicji mnożąc ją przez współczynnik ki .
10. Powtórzyć punkty 4-9 dla pozostałych kompletów zarejestrowanych przebiegów.
11. Wczytać skrypt zawierający funkcje potrzebne do wyznaczenia widma FFT wpisując polecenie (w razie potrzeby należy dodać ścieżkę dostępu do pliku)


```
exec('fft.sce');
```
12. Powtórzyć punkt 4 dla pierwszego z zebranych zarejestrowanych przebiegów.
13. Wykonać polecenie:


```
[Xk,xn1,nf1]=fft_el_f1(dane, kol_t, kol_x, f1);
```

 Parametr `kol_t` to numer kolejny kolumny w pliku, w której znajdują się zarejestrowane wartości chwil czasowych, `kol_x` to numer kolejny kolumny w pliku gdzie znajdują się wartości chwilowe prądu, `f1` to częstotliwość pierwszej składowej przebiegu czyli 50Hz.
14. Wyznaczyć wartość skuteczną prądu na podstawie widma FFT, korzystając z funkcji:


```
rms_fft(Xk)
```
15. Powtórzyć punkt 14 zmieniając liczbę harmonicznych branych pod uwagę przy liczeniu wartości RMS równą 40, 20 i 10, korzystając z funkcji:


```
rmsIS_fft(Xk, 1, harm_sup)
```

 Parametr `harm_sup` to numer ostatniej harmonicznej branej pod uwagę.
16. Powtórzyć punkty 12-15 dla pozostałych zarejestrowanych kompletów przebiegów.
17. Dla każdego przypadku, gdzie rejestrowany był przebieg mocy, obliczyć współczynnik mocy na podstawie prądu skutecznego otrzymanego z całkowania oraz z widma FFT. Zebrać dane w tabeli.
18. Porównać wartości obliczone na podstawie całkowania przebiegów prądu i mocy: prądu skutecznego, mocy czynnej oraz współczynnika mocy z wartościami zmierzonymi za pomocą miernika cyfrowego i źródła AC oraz wartościami obliczonymi na podstawie uzyskanych wartości harmonicznych prądu. Sformułować wnioski dotyczące dokładności pomiaru prądu, mocy czynnej i współczynnika mocy różnymi metodami i za pomocą różnych urządzeń. Odnieść się do wyglądu zarejestrowanych przebiegów prądu.
19. Wykreślić zależność współczynnika mocy dla układu z aktywną i nieaktywną funkcją PFC, odpowiednio od prądu obciążenia oraz od napięcia wejściowego.
20. Sformułować wnioski dotyczące działania układu do aktywnej korekcji współczynnika mocy.

5. Literatura

- [1] Power Factor Correction Handbook, Rev. 2, Aug-2004, ON Semiconductor, www.onsemi.com/pub/Collateral/HBD853-D.PDF [dostęp 19.12.2011]
- [2] Adragna C., *L6561 ENHANCED TRANSITION MODE POWER FACTOR CORRECTOR*, Nota aplikacyjna AN-966, ST Microelectronics, Marzec 2003.