

Ćwiczenie 12 Metody sterowania falowników

wer. 1.1.2, 2016

opracowanie: Łukasz Starzak

Politechnika Łódzka, Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych

A. Falownik z zadaną funkcją modulującą (12F)

Konfiguracja układu

Do zasilenia falownika niezbędne są w sumie 3 sekcje zasilające, z tego 2 symetryczne. Do pracy układ wymaga także zewnętrznego generatora funkcji modulującej.

1. Wygenerować funkcję modulującą:
 - a) na wyjściu niepodłączonego generatora uzyskać przebieg sinusoidalny o częstotliwości 50 Hz i amplitudzie 2 V (tj. wartość międzyszczytowa 4 V);
 - b) wyjście generatora przyłączyć do wejścia *Mod* falownika.
2. Zasiłić falownik:
 - a) upewnić się, że napięcia obu zasilaczy są sprowadzone do zera;
 - b) wejście zasilania obwodu sterowania (*Zasilanie -3/0/+3 V*) połączyć z odpowiednimi zaciskami zasilacza pracującego w trybie szeregowym (*Series*) wyjścia;
 - c) ograniczenie prądowe ustawić na niską wartość i ustawić na zasilaczu 2×3 V
 - d) wejście zasilania obwodu mocy (*Zasilanie U_d +/-*) połączyć z pojedynczą sekcją drugiego zasilacza, pracującego w trybie niezależnym (*Independent*) wyjścia;
 - e) ustawić ograniczenie prądowe na maksymalną wartość i na razie pozostawić zerowe napięcie.
3. Połączyć obwód wyjściowy:
 - a) do wyjścia mostka, tj. w jego przekątną (gniazda *VSL* i *VSR*), dołączyć wejście filtru LC (lewa para gniazd);
 - b) mierząc rezystancję omomierzem, ustawić ślizgacz opornika nastawnego na 24 Ω ;
 - c) do wyjścia filtru (prawa para gniazd) przyłączyć jako odbiornik opornik nastawny, w szereg z nim włączając amperomierz wartości skutecznej prądu przemiennego.
4. Skonfigurować działanie bloku sterowania – na panelu falownika:
 - *Synchronizacja* w pozycję *Wył*,
 - *Amplituda* (na górze panelu) w pozycję *2V*,
 - *Modulacja* w pozycję *Bipolarna*.
5. Do oscyloskopu doprowadzić poprzez sondy napięciowe:
 - kanał 1 – przebieg modulujący u_{mod} (za wzmacniaczem nieodwracającym za pokrętkiem *Amplituda*);
 - kanał 2 – przebieg trójkątny u_{tri} ;Ustawić wyzwalanie przebiegiem u_{mod} ze sprzężeniem z tłumieniem zaburzeń w.cz. (*HF Reject*).
6. Obserwując przebiegi na oscyloskopie, na panelu falownika ustawić:

- pokrętle *Amplituda* – amplitudę u_{mod} równą u_{tri} .
 - pokrętle *Regulacja częstotliwości zgrubna* – częstotliwość przebiegu trójkątnego na ok. 20 razy większą od częstotliwości sinusoidy.
7. Na zasilaczu ustawić napięcie zasilania obwodu mocy U_d na 36 V. Opornikiem nastawnym nastawić obciążenie 1 A.
 8. Umożliwić pomiar napięcia wyjściowego:
 - a) na wejścia kanałów 3 i 4 podać potencjały wyjściowe mostka (dwa krańce przekątnej);
 - b) ustawić identyczne wzmocnienia kanałów 3 i 4;
 - c) uaktywnić i skonfigurować funkcję *Math* tak, aby oscyloskop obliczał napięcie wyjściowe u_{ob} jako różnicę powyższych potencjałów.

Pomiary

Do opracowania wyników potrzebne będą skrypty: *wavestar_calka.sce* i *falownik_c41.sce* dostępne w katalogu `Y:\elems\skrypty`.

9. Podstawę czasu ustawić tak, by obserwować 1 okres sinusoidy. Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*).
10. Podstawę czasu ustawić tak, by obserwować ok. 5 okresów sinusoidy. Zarejestrować przebiegi u_{mod} i u_{ob} (*Ch1* i *Math*).
11. Przywrócić podstawę czasu umożliwiającą obserwację 1 okresu sinusoidy. Woltomierzem wartości skutecznej napięcia przemiennego zmierzyć napięcie na wyjściu filtra U_{of} . Przełączyć go na wyjście mostka (przekątną) i zmierzyć napięcie U_{ob} .
12. Zmniejszyć amplitudę przebiegu modulującego u_{mod} dwukrotnie. Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*; nadal 1 okres sinusoidy). Zmierzyć i zanotować napięcia U_{of} i U_{ob} .
13. Przywrócić poprzednią amplitudę przebiegu modulującego. Zmniejszyć napięcie zasilania obwodu mocy U_d do 30 V. Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*; nadal 1 okres sinusoidy). Zmierzyć i zanotować napięcie U_{of} .
14. Przywrócić poprzednie napięcie zasilania obwodu mocy.
15. Przełącznikiem *Modulacja* zmienić modulację na unipolarną. Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*; nadal 1 okres sinusoidy). Zmierzyć i zanotować napięcia U_{of} i U_{ob} .
16. Podstawę czasu ustawić tak, by obserwować ok. 5 okresów sinusoidy. Zarejestrować przebiegi u_{mod} i u_{ob} (*Ch1* i *Math*).
17. Przywrócić podstawę czasu umożliwiającą obserwację 1 okresu sinusoidy. Zmniejszyć amplitudę przebiegu modulującego u_{mod} dwukrotnie. Zmierzyć i zanotować napięcia U_{of} i U_{ob} .
18. Przywrócić poprzednią amplitudę przebiegu modulującego. Przełącznikiem *Modulacja* przywrócić modulację bipolarną.
19. Zwiększyć dowolnie częstotliwość przebiegu trójkątnego. Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*; nadal 1 okres sinusoidy).
20. Podstawę czasu ustawić tak, by obserwować ok. 5 okresów sinusoidy. Zarejestrować przebiegi u_{mod} i u_{ob} (*Ch1* i *Math*).
21. Przywrócić podstawę czasu umożliwiającą obserwację 1 okresu sinusoidy.
22. Sprowadzić napięcie zasilania obwodu mocy U_d do zera. Wyłączyć zasilacz obwodu sterowania. Wyłączyć generator.

B. Falownik nadążny (12N)

Konfiguracja układu

Układ wymaga wyłącznie podłączenia jednego jednobiegunowego napięcia zasilania. Pozostałe napięcia zasilające i przebieg odniesienia wytwarzane są wewnątrz układu.

1. Doprowadzić zasilanie:
 - a) upewnić się, że napięcie zasilacza jest sprowadzone do zera;
 - b) wejście falownika U_d połączyć z pojedynczą sekcją zasilacza pracującego w trybie niezależnym (Independent) wyjścia;
 - c) ograniczenie prądowe ustawić na maksimum.
2. Skonfigurować blok sterowania:
 - zamknąć sprzężenie zwrotne – kabelkiem na płycie układu połączyć punkt FB z punktem B ;
 - pokrętkiem $Freq$ ustawić częstotliwość na maksymalną;
 - pokrętkiem $Ampl$ ustawić amplitudę sinusoidy na minimalną.
3. Skonfigurować obwód wyjściowy:
 - a) wyjście A, B mostka połączyć z wejściami A, B filtru, natomiast zaciski GND pozostawić niepołączone;
 - b) przełącznik filtru przełączyć w pozycję B ;
 - c) mierząc rezystancję omomierzem, ustawić ślizgacz opornika nastawnego na 24Ω ;
 - d) do wyjścia filtru przyłączyć jako odbiornik opornik nastawny, w szereg z nim włączając amperomierz wartości skutecznej prądu przemiennego.
4. Na zasilaczu ustawić napięcie zasilania $U_d = 36 \text{ V}$. Wstępnie nastawić:
 - pokrętkiem $Ampl$ – wartość skuteczną napięcia przemiennego na wyjściu filtru 24 V (korzystając z dodatkowego woltomierza),
 - opornikiem nastawnym – obciążenie 1 A .
5. Do oscyloskopu doprowadzić poprzez sondy napięciowe:
 - kanał 1 – przebieg odniesienia (sinusoidalny) u_{ref} ;
 - kanał 2 – przebieg za integratorem u_{int} ;Ustawić wyzwalenie przebiegiem u_{ref} ze sprzężeniem z tłumieniem zaburzeń w.cz. (*HF Reject*).
6. Obserwując przebieg na oscyloskopie, pokrętkiem $Ampl$ nastawić amplitudę przebiegu odniesienia $u_{ref} = 2 \text{ V}$ (tj. wartość międzyszczytową 4 V). Nie zwracać uwagi na zmianę napięcia na wyjściu filtru. Opornikiem ponownie nastawić obciążenie 1 A .
7. Umożliwić pomiar napięcia wyjściowego:
 - a) na wejścia kanałów 3 i 4 podać potencjały wyjściowe mostka (dwa krańce przekątnej);
 - b) ustawić identyczne wzmocnienia kanałów 3 i 4;
 - c) uaktywnić i skonfigurować funkcję *Math* tak, aby oscyloskop obliczał napięcie na wyjściu mostka u_{ob} jako różnicę powyższych potencjałów.
8. Pokrętkiem $Freq$ nastawić średnią częstotliwość przełączania ok. 20 razy większą od częstotliwości sinusoidy, tj. aby w każdym półokresie sinusoidy występowało ok. 10 okresów (20 przełączeń w obie strony) napięcia wyjściowego u_{ob} .

Pomiary

9. Podstawę czasu ustawić tak, by obserwować 1 okres sinusoidy. Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*).
10. Podstawę czasu ustawić tak, by obserwować ok. 5 okresów sinusoidy. Zarejestrować przebiegi u_{ref} i u_{ob} (*Ch1* i *Math*).
11. Przywrócić podstawę czasu umożliwiającą obserwację 1 okresu sinusoidy. Woltomierzem wartości skutecznej napięcia przemiennego zmierzyć napięcie na wyjściu filtra U_{of} .
12. Zmniejszyć amplitudę przebiegu odniesienia u_{ref} dwukrotnie. Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*; nadal 1 okres sinusoidy). Zmierzyć i zanotować napięcie U_{of} .
13. Przywrócić poprzednią amplitudę przebiegu odniesienia. Zmniejszyć napięcie zasilania obwodu mocy U_d do 30 V. Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*; nadal 1 okres sinusoidy). Zmierzyć i zanotować napięcie U_{of} .
14. Przywrócić poprzednie napięcie zasilania obwodu mocy. Zwiększyć dowolnie częstotliwość przebiegu za integratorem u_{int} . Zarejestrować naraz wszystkie 5 przebiegów (*Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Math*; nadal 1 okres sinusoidy).
15. Podstawę czasu ustawić tak, by obserwować ok. 5 okresów sinusoidy. Zarejestrować przebiegi u_{ref} i u_{ob} (*Ch1* i *Math*).

C. Opracowanie wyników

1. Z programu Wavestar wyeksportować do plików CSV wszystkie oscylogramy dla 5 okresów sinusoidy.
2. W programie Scilab wykreślić widmo napięcia na wyjściu mostka u_{ob} w każdym z powyższych przypadków:
 - a) wczytać funkcje z powyższych skryptów za pomocą funkcji `exec()`.
 - b) wczytać dane z pliku CSV:
`[n,d]=wczytaj_ws(nazwa pliku);`
 - c) obliczyć przeskalowane widmo:
`[Xk,xn1,nf1]=fft_el_f1(d,a,b,50);`
gdzie a , b – numer kolumny czasu i numer kolumny napięcia u_{ob} (zależy od tego, który to przebieg na oscylogramie – jeżeli pierwszy to 1, 2, jeżeli drugi to 3, 4 itd.)
 - d) wykreślić i zapisać widmo amplitudowe w przedziale do ok. 10 kHz (okno rozszerzyć jednocześnie tak, aby na pewno był widoczny prążek częstotliwości podstawowej 50 Hz):
`clf; plot2d3(Xk3(:,2),abs(Xk3(:,3))));`
3. Na podstawie przebiegów dla 1 okresu:
 - a) opisać, na jakiej zasadzie uzyskiwane są sygnały przełączające dla gałęzi mostka w jednym i drugim falowniku;
 - b) stwierdzić, czym różni się przełączanie gałęzi przy modulacji bipolarnej i unipolarnej oraz jaki ma to wpływ na przebieg napięcia na wyjściu mostka u_{ob} ;
 - c) stwierdzić, jaka modulacja – unipolarna czy bipolarna – była zaimplementowana w falowniku nadążnym.
4. Przeanalizować częstotliwość przełączania w obu falownikach:
 - a) na podstawie przebiegów dla 1 okresu stwierdzić, czy jest ona stała w ramach tego okresu;
 - b) porównując widma stwierdzić, jaki ma to wpływ na widmo (rozkład prążków) napięcia wyjściowego u_{ob} ;
 - c) określić, jaki ma to wpływ na amplitudę prążków widma (względem składowej podstawowej

50 Hz);

- d) na podstawie przebiegów dla 1 okresu stwierdzić, w jaki sposób wpływa się na częstotliwość przełączania w każdym z falowników;
 - e) opisać, w jaki sposób zmiana częstotliwości przełączania wpływa na widmo napięcia u_{ob} ;
 - f) opisać, w jaki sposób zmiana modulacji z bipolarnej na unipolarną wpływa na widmo napięcia u_{ob} .
5. Porównując wskazania woltomierza U_{of} z widmami u_{ob} wykazać, że za filtrem występuje składowa podstawowa napięcia wyjściowego mostka (zwrócić uwagę, że widmo pokazuje amplitudy, podczas gdy miernik – wartość skuteczną).
6. Przeanalizować wpływ amplitudy sinusoidy – na podstawie zanotowanych wskazań woltomierza oraz przebiegów dla 1 okresu:
- a) stwierdzić, czy amplituda przebiegu modulującego u_{mod} albo (odpowiednio do falownika) przebiegu odniesienia u_{ref} ma wpływ na wartość skuteczną napięcia wyjściowego za filtrem U_{of} w jednym i drugim falowniku;
 - b) uzasadnić powyższe opisując, w jaki sposób zmieniają się (lub nie) przebiegi w układzie;
 - c) stwierdzić, czy amplituda przebiegu modulującego u_{mod} ma wpływ na wartość skuteczną napięcia wyjściowego mostka U_{ob} i filtru U_{of} dla modulacji bipolarnej i dla modulacji unipolarnej;
 - d) uzasadnić powyższe opisując, w jaki sposób zmieniają się (lub nie) przebiegi w układzie.
7. Przeanalizować wpływ napięcia zasilania – na podstawie zanotowanych wskazań woltomierza oraz przebiegów dla 1 okresu:
- a) stwierdzić czy napięcie zasilania U_d ma wpływ na wartość skuteczną napięcia wyjściowego za filtrem U_{of} w jednym i drugim falowniku;
 - b) uzasadnić powyższe opisując, w jaki sposób zmieniają się (lub nie) przebiegi w układzie.

Literatura

- wykład
- Nowak M., Barlik R.: *Poradnik inżyniera energoelektronika*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1998.