



OPTYMALIZACJA PARAMETRÓW PRZEKSZTAŁTNIKÓW

Ćwiczenie 3p

Pomiar parametrów dynamicznych i statycznych diod szybkich

Ramowy plan pracy

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

Opracowanie ćwiczenia i instrukcji:
Bartosz Pękosławski, Łukasz Starzak, Michał Lipczyński

Łódź 2013

wer. 1.0.2. 7.04.2013

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	11
D Wyniki.....	13
4. Opracowanie i analiza wyników.....	13
E Informacje.....	15
5. Literatura	15

Wprowadzenie do ćwiczenia

1. Cel i przebieg ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie parametrów dynamicznych i statycznych diod szybkich oraz zasady pomiaru tych parametrów. Badana jest ultraszybka krzemowa dioda PIN (MUR460) oraz dioda Schottky'ego wykonana z węglika krzemu (C3D04060A).

2. Podstawy teoretyczne

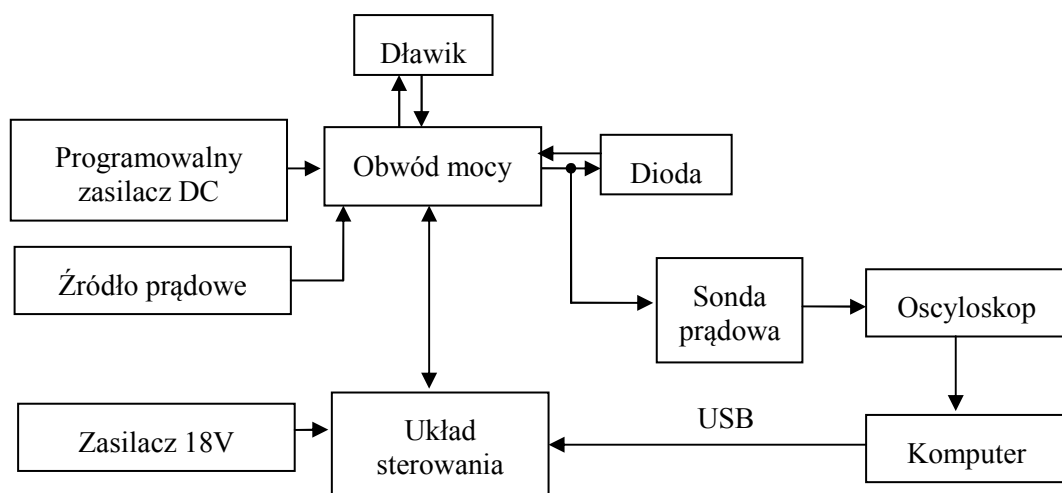
2.1. Wprowadzenie

Szybkie diody mocy są istotnym składnikiem impulsowych przekształtników elektronicznych. Ich parametry statyczne i dynamiczne w znaczący sposób wpływają na osiągi całego układu: maksymalną częstotliwość przełączania, sprawność, poziom emisji zaburzeń itd. Znajdują one szerokie zastosowanie w przemysłowych układach zasilania oraz sieciach trakcyjnych, w związku z czym niezbędna jest ich niezawodność. Kolejne postępy czynione w technologii węgla krzemu dają szansę na dynamiczny rozwój elektroniki mocy, w tym przyrządów takich jak diody.

3. Pomiary

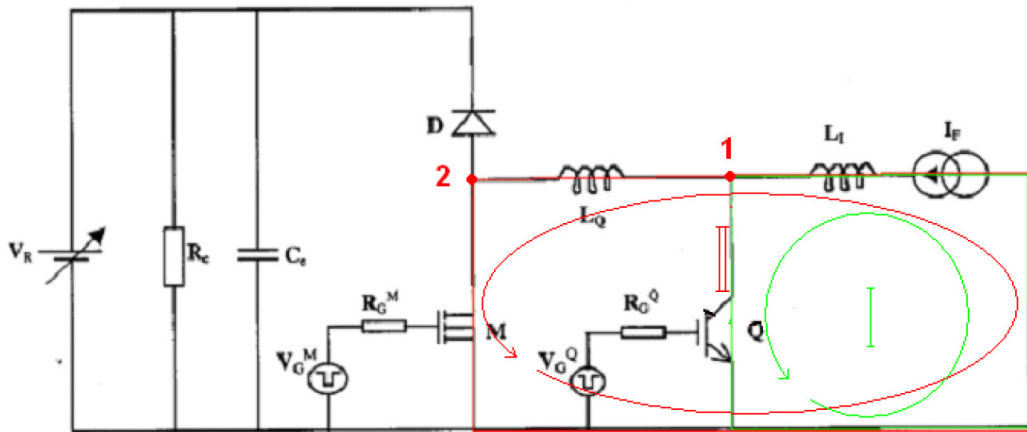
3.1. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy, którego schemat jest pokazany poniżej, składa się z obwodu mocy z diodą i zewnętrznym dławikiem 130mH, programowalnego zasilacza DC Chroma 62012P-600-8, źródła prądowego GW-Instek PSH-3630A, oscyloskopu z sondą prądową, układu sterowania z optoizolacją i zasilaniem z zasilacza 18V (zasilacz laboratoryjny) oraz portu USB komputera.

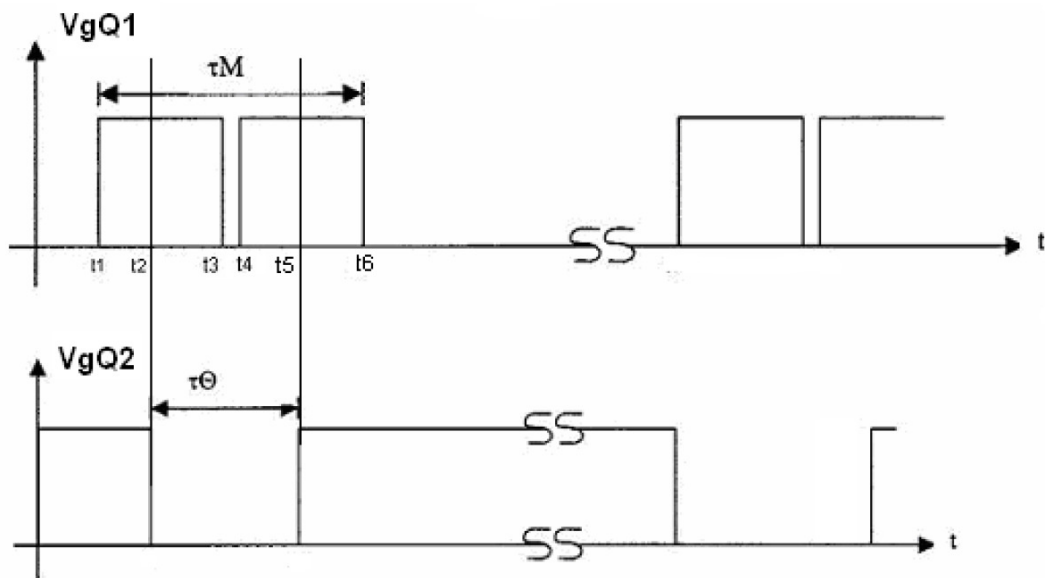


Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

Obwód mocy został przestawiony na rysunku 2 i działa na opisaną poniżej zasadzie.



Rys. 2. Schemat obwodu mocy



Rys. 3. Przebiegi sygnałów sterujących tranzystorami Q1 oraz Q2

Do momentu t_1 cały prąd wypływający ze źródła I_F płynie przez załączony tranzystor IGBT Q w pętli I (rys. 2). W chwili t_1 tranzystor MOSFET M zostaje załączony i cały prąd omijając gałąź z tranzystorem IGBT płynie w pętli II (rys. 2). Tranzystor IGBT jest wtedy jeszcze wysterowany, jednak prąd omija go ze względu na dużo niższą rezystancję tranzystora MOSFET. Napięcie, jakie odkłada się na tranzystorze MOSFET i niewielkiej cewce L_Q jest niższe niż napięcie progowe $U_{F(TO)}$ obwodu wyjściowego tranzystora IGBT:

$$U_M(I_F) < U_{F(TO)} \quad (1)$$

Zależność tę przedstawia rysunek 3. W chwili t_2 wyłączany jest tranzystor IGBT. Tranzystor MOSFET zostaje wyłączony w chwili t_3 , badana dioda zostaje wówczas spolaryzowana w kierunku przewodzenia, cały prąd ze źródła I_F płynie od tego momentu przez nią. Czas, w którym dioda przewodzi, musi być dostatecznie krótki, aby nie doprowadzić do zbytniego jej nagrzania. W momencie t_4 tranzystor MOSFET zostaje ponownie załączony, prąd nie płynie już przez badaną

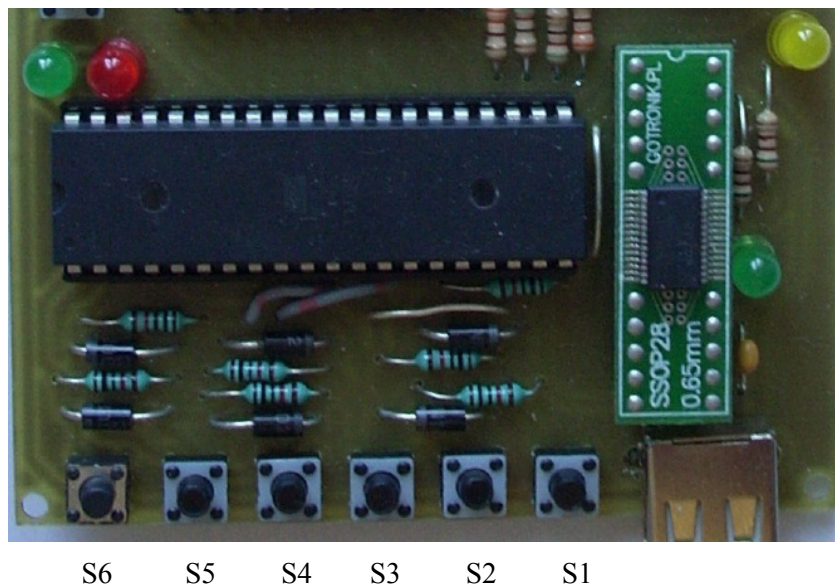
diode i ponownie płynie w pętli II. Tranzystor IGBT zostaje załączony w chwili t_5 , jednak nie przewodzi prądu, który dalej płynie w pętli II, gdyż warunek jest ponownie spełniony. MOSFET jest wyłączony w chwili t_6 . Od tego momentu cały prąd płynie w pętli I, przez tranzystor IGBT.

Układ sterowania można podzielić na kilka zasadniczych części.

Głównym elementem układu sterowania jest mikrokontroler ATmega 16. Generuje on sygnały sterujące bramkami tranzystorów w obwodzie mocy, realizuje także nastawę stromości di_F/dt . Mikroprocesor wedle poleceń przesyłanych z komputera steruje obwodem mocy. Do generacji odpowiednich przebiegów został wykorzystany 16-bitowy licznik. W programie mikrokontrolera uwzględniono zabezpieczenie przed ustawieniem czasów t_1 oraz t_5 krótszych niż $5 \mu s$. Dzięki temu nie ma możliwości, aby tranzystor Q2 został wyłączony wcześniej niż tranzystor Q1 zostanie załączony. Czas przewodzenia diody czyli t_3 został ograniczony do $20 \mu s$ zarówno w oprogramowaniu sterującym jak i w programie mikrokontrolera. Okres powtarzania impulsów T_{imp} wynosi $2 s$. Układ nie musi być sterowany z komputera. Do mikrokontrolera dołączono klawiaturę (S1-S6) oraz alfanumeryczny wyświetlacz LCD umożliwiające sterowanie procesem pomiarowym. Przyciskiem S1 (licząc od prawej, rys. 4) zmieniana jest stromość di_F/dt . Przycisk S2 służy do uruchamiania oraz wyłączania generacji przebiegów sterujących. Na dołączonym wyświetlaczu LCD wyświetlane są czasy trwania kolejnych odcinków tworzących wspólnie przebieg sterujący. Przyciski S5 oraz S6 służą do zmiany czasu trwania tych odcinków, natomiast przyciski S3 oraz S4 służą do wyboru odcinka dla którego wartość chcemy zmienić.

Do mikrokontrolera dołączono dwie diody LED. Czerwona dioda sygnalizuje załączenie sterowania tranzystorów w obwodzie mocy. Zielona dioda informuje o uruchomieniu układu sterowania.

Regulacja di_F/dt jest możliwa poprzez zmianę wartości rezystancji bramkowej tranzystora Q1, który odpowiada za przełączanie testowanej diody.



Rys. 4. Zdjęcie przedstawiające fragment płytki drukowanej obwodu sterowania

3.2. Wykonanie pomiarów

1. Połączyć układ pomiarowy z diodą MUR460 i uziemionym biegunem ujemnym źródła napięcia DC. Nie włączać zasilania. Poprosić prowadzącego o sprawdzenie połączeń.
2. Włączyć zasilanie sterownika (USB). Ustawić czasy w sterowniku:
 - a) $t_1 = 30 \mu\text{s}$
 - b) $t_2 = 30 \mu\text{s}$
 - c) $t_3 = 5 \mu\text{s}$
 - d) $t_4 = 30 \mu\text{s}$
 - e) $t_5 = 30 \mu\text{s}$
3. Ustawić napięcie źródła DC równe 10V i ograniczenie prądowe 0,1A. Ustawić prąd źródła prądowego 0,2A. Włączyć zasilanie w kolejności: układ sterowania (przycisk S2), źródło prądowe, źródło napięcia DC (**zachować tę kolejność przy każdorazowym włączaniu zasilania i postępować odwrotnie przy jego wyłączeniu**).
4. Ustawić oscyloskop tak aby możliwa była obserwacja prądu w stanie wyłączania (podstawa czasu kilkadziesiąt ns, wyzwalanie zboczem opadającym, tryb NORM). Przebieg prądu powinien być maksymalnie rozciągnięty na ekranie oscyloskopu. W razie konieczności należy powiększyć obszar z prądem wstecznym ukrywając obszar przewodzenia.
5. Za pomocą przycisku S1 dostosować rezystancję bramkową, tak aby uzyskać prąd wsteczny bez widocznych oscylacji (typowo czwarta pozycja, uzyskiwana po trzech wciśnięciach przycisku S1).
6. Wyłączyć zasilanie w odpowiedniej kolejności (nie wyłączać zasilania sterownika z USB)
7. Zwiększyć napięcie źródła DC do 200V i prąd źródła prądowego do 0,5A.
8. Włączyć zasilanie w odpowiedniej kolejności.
9. Pobrać przebieg prądu z oscyloskopu do programu.
Przebiegi należy zapisać w formacie programu Wavestar (SHT) oraz wyeksportować do pliku .csv
10. Powtórzyć punkty 6 ÷ 9 dla około 10 wartości prądu źródła prądowego od 0,5 do 5A.
11. Wyłączyć zasilanie w odpowiedniej kolejności.
12. Ustawić napięcie źródła DC na 50V i prąd źródła prądowego na 2,5A.
13. Włączyć zasilanie w odpowiedniej kolejności.
14. Pobrać przebieg prądu z oscyloskopu do programu.
15. Powtórzyć punkty 11 ÷ 14 dla około 10 wartości napięcia źródła DC od 50 do 400V.
16. Wyłączyć zasilanie w odpowiedniej kolejności.
17. Ustawić napięcie źródła DC na 5V.
18. Uziemić biegun dodatni źródła DC i podłączyć sondę napięciową na diodzie (masa na katodzie).
19. Włączyć zasilanie w odpowiedniej kolejności.
20. Zmieniając prąd źródła prądowego (do około 5A) zarejestrować przebiegi napięcia i odczytać napięcie przewodzenia.
21. Wyłączyć zasilanie w odpowiedniej kolejności.
22. Zmienić diodę na C3D04060A. Poprosić prowadzącego o sprawdzenie połączeń.
23. Powtórzyć punkty 8 ÷ 20.
24. 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 skrypty zawierające funkcje potrzebne do wykonania obliczeń wpisując polecenie (w razie potrzeby należy dodać ścieżkę dostępu do pliku)
`exec('wavestar_calka.sce');`
`exec('opp_ladunek.sce');`
4. Odczytać wyeksportowane dane poleceniem
`[naglowek,dane]=wczytaj_ws('nazwa_pliku.csv');`
5. Obliczyć ładunek przejściowy Q_{rr} , stromości opadania prądu przewodzenia di_f/dt i wstecznego di_r/dt , czasy t_f i t_s oraz maksima prądu wstecznego I_{rrm} i przewodzenia I_{fwd} , odpowiednio bez i z filtracją oscylacji prądu, wydając polecenia:
`[qrr,dirdt,difdt,tf,ts,irrm,ifwd]=analiza_wylaczanie(dane,1,0)`
oraz
`[qrr,dirdt,difdt,tf,ts,irrm,ifwd]=analiza_wylaczanie(dane,1,1)`
6. Zebrać otrzymane dane w tabelach.
7. Wykreślić zależności Q_{rr} od I_F i od U_R dla obu diod.

8. Wykreślić prądowo-napięciowe charakterystyki statyczne stanu przewodzenia dla obu diod.
9. Porównać obie diody pod kątem zależności Q_{rr} od I_F i od U_R , stromości opadania prądu wstecznego oraz spadku napięcia na przewodzącej diodzie.
10. Sformułować wnioski dotyczące wad i zalet obu diod oraz ich użyteczności.

5. Literatura

- [1] Lipczyński M., *Stanowisko laboratoryjne do pomiaru dynamicznych i statycznych diod szybkich wraz z oprogramowaniem do przetwarzania danych*, praca dyplomowa inżynierska, Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych, Politechnika Łódzka, 2011