



OPTYMALIZACJA PARAMETRÓW PRZEKSZTAŁTNIKÓW

Ćwiczenie 4p

Tłumiki przepięć dla szybkich tranzystorów mocy

Ramowy plan pracy

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

Opracowanie ćwiczenia i instrukcji:
Łukasz Starzak, Bartosz Pękosławski, Piotr Gorzkiewicz

Łódź 2013

wer. 1.0.1. 9.04.2013

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 zbadanie działania obwodów tłumików w przykładowym układzie – przetwornicy podwyższającej napięcie. W ćwiczeniu badane są tłumiki: RC, RLD i stromościowy RCD.

2. Podstawy teoretyczne [1]

2.1. Wprowadzenie

Tłumiki (ang. snubbers) są bardzo ważnymi podzespołami elektroniki mocy. Są to małe obwody, zazwyczaj umieszczane równolegle do przyrządów półprzewodnikowych jak najbliżej końcówek należących do obwodu głównego. Zadaniem tłumików jest eliminacja negatywnych efektów powodowanych w układzie przez indukcyjności i pojemności pasożytnicze podczas komutacji przyrządu półprzewodnikowego.

Poprawnie zaprojektowany, dobrany oraz wykonany tłumik ma bardzo pozytywny wpływ na układ elektroniczny. Absorbuje on energię zgromadzoną wcześniej w pasożytniczych elementach reaktancyjnych obwodu i dzięki temu niweluje on przepięcia i oscylacje powstające podczas komutacji. Przekłada się to na zmniejszenie szczytowych wartości napięcia i prądu występujących na elemencie półprzewodnikowym. To z kolei wpływa na zmniejszenie dynamicznej mocy strat oraz zabezpiecza przed znalezieniem się punktu pracy poza obszarem bezpiecznej pracy przyrządu. Tłumik może też zmniejszyć stromość narastania napięcia bądź prądu. Ponownie przekłada się to na zmniejszenie dynamicznej mocy strat. Dodatkowo powoduje to zmniejszenie poziomu zaburzeń elektromagnetycznych (EMI), gdyż ich wielkość zależy od szybkości zmian chwilowych wartości prądu i napięcia.

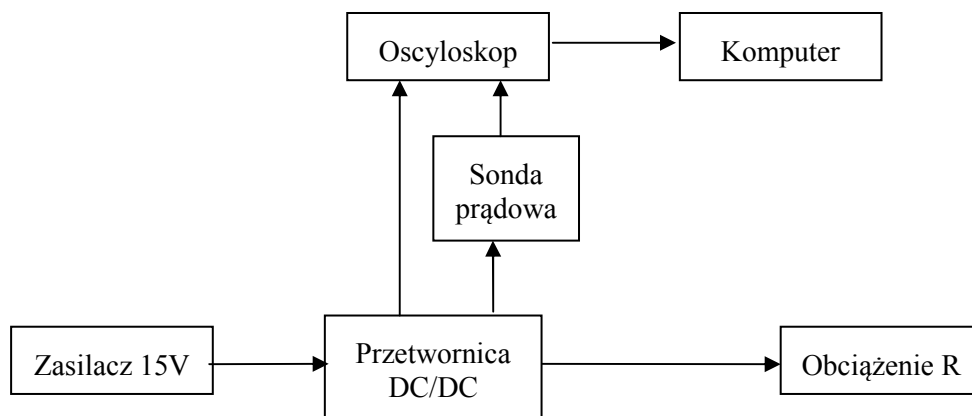
Zmniejszenie mocy strat dynamicznych przyrządu półprzewodnikowego pozwala na sterowanie go przebiegiem impulsowym o wyższej częstotliwości. Pozwala to spełnić wymóg minimalizacji elementów reaktancyjnych układu i w rezultacie zmniejszyć rozmiar całego przekształtnika.

Tłumiki można podzielić na pasywne i aktywne. Tłumiki pasywne składają się tylko z elementów pasywnych, tj. rezystorów, cewek, kondensatorów i diod. Tłumiki aktywne są o wiele bardziej złożonymi obwodami. W swojej konstrukcji zawierają one elementy pasywne – wymienione wcześniej, jak i elementy aktywne – zazwyczaj tranzystory.

3. Pomiary

3.1. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy, którego schemat jest pokazany poniżej, składa się z obwodu przetwornicy DC/DC podwyższającej napięcie z 15V do 30V, zasilacza laboratoryjnego o wydajności prądowej 20A, połączonych szeregowo rezystorów 10 Ohm, 50W pełniących rolę obciążenia, oscyloskopu z przyłączonymi sondą napięciową 10:1 i sondą prądową oraz komputera PC zbierającego .

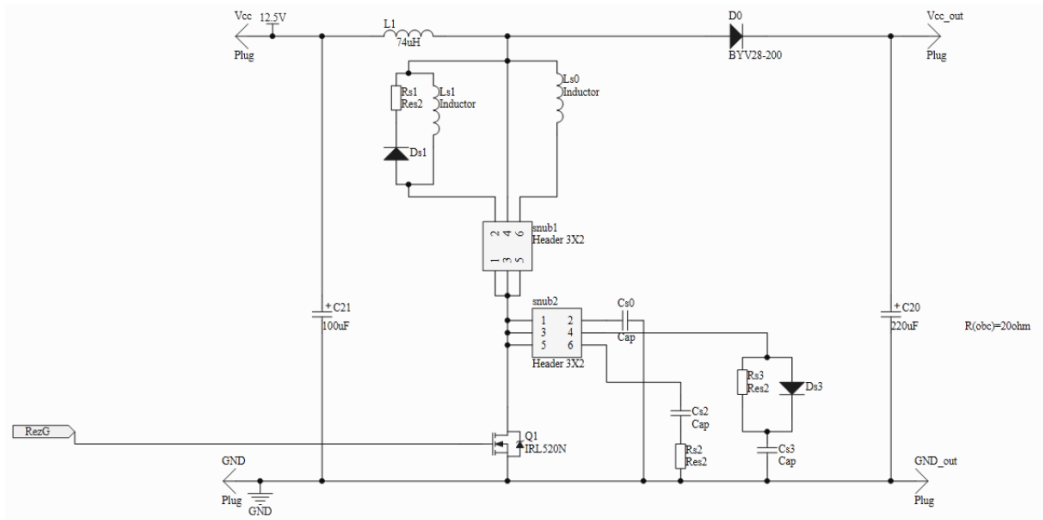


Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

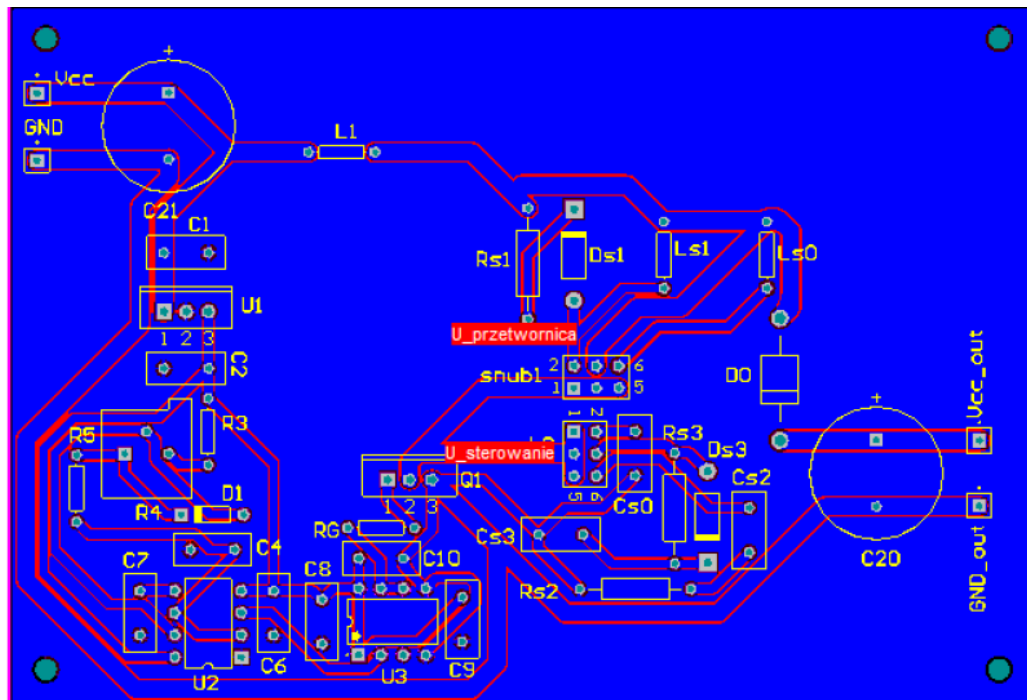
Obwód mocy został przestawiony na rysunku 2. Elementami obwodu mocy przetwornicy są:

- filtrujący kondensator wejściowy C21 = 100 μ F,
- dławik L1 = 74 μ H,
- tranzystor MOSFET IRL520N,
- dioda mocy BYV28-200,
- kondensator wyjściowy C20 = 220 μ F.

Rezystor Rs1, dioda Ds1 i cewka Ls1 stanowią tłumik prądowy RLD. Rezystor Rs2 i kondensator Cs2 stanowią tłumik napięciowy RC. Rezystor Rs3, dioda Ds3 i kondensator Cs3 stanowią stromościowy tłumik napięciowy RCD.



Rys. 2. Schemat obwodu mocy



Rys. 3 Widok obwodu drukowanego układu przetwornicy

Listwy oznaczone na schemacie jako snub1 oraz snub2 zostały w rzeczywistości zrealizowane jako zestaw goldpinów umożliwiających poprzez zworki dołączenie lub odłączenie od głównego układu przetwornicy danego obwodu tłumika. Kondensator $Cs0$ i indukcyjność $Ls0$ nie zostały zaimplementowane. Dodatkowo do układu została dodana pętla umożliwiająca pomiar prądu drenu tranzystora za pomocą sondy prądowej. Znajduje się ona tuż przy samym drenie tranzystora.

1	2	3
---	---	---

4
5
6

- 1 – tłumik RLD
- 2 – brak tłumika
- 2+5 – tłumik RCD
- 2+6 – tłumik RC
- 2+5+6 – tłumik RCD+RC
- 1+5+6 – tłumik RLD+RCD+RC

Rys. 4 Położenie zworek na złączach goldpin w układzie

3.2. Wykonanie pomiarów

1. Ustawić napięcie zasilacza równe 15V i ograniczenie prądowe na około 5A.
2. Połączyć układ pomiarowy nie podłączając napięcia wejściowego. Sondę prądową umieścić na przygotowanej pętli do pomiaru prądu drenu. Sondę napięciową podłączyć w celu pomiaru napięcia dren-źródło tranzystora. Wybrać konfigurację układu bez podłączonych tłumików. Poprosić prowadzącego o sprawdzenie połączeń.
3. Podłączyć przewody zasilające do układu.
4. Ustawić oscyloskop tak aby możliwa była obserwacja prądu i napięcia w stanie wyłączania (podstawa czasu kilkadziesiąt ns, wyzwalenie zboczem opadającym, tryb AUTO). Przebieg prądu powinien być maksymalnie rozciągnięty na ekranie oscyloskopu.
5. Odczekać czas niezbędny do stabilizacji przebiegu prądu (kilkadziesiąt sekund) związany z nagrzewaniem tranzystora.
6. Zarejestrować na jednym arkuszu YT przebieg napięcia i prądu, dodając do niego kolejne przebiegi po zmianie konfiguracji (punkt 8).
7. Odłączyć zasilanie układu.
8. Powtórzyć punkty 3 – 7 odpowiednio dla tłumika/kombinacji tłumików RC, RCD, RLD, RCD+RC oraz RCD+RC+RLD. Dla każdej badanej konfiguracji określić wartości: przepięcia, przetężenia, stromości napięcia, stromości prądu, częstotliwości oscylacji, przy użyciu kursorów w programie Wavestar.
9. Zapisać przebiegi w formacie programu Wavestar (SHT) oraz wyeksportować do pliku .csv
10. Powtórzyć punkty 3 – 9 dla stanu załączania tranzystora.
11. Odłączyć zasilanie układu.
12. 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_tlumiki.sce');
```

4. Odczytać wyeksportowane dane dla określonej konfiguracji w stanie załączania i wyłączania poleceniem:

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

5. Dla przebiegów podczas załączania (tylko) dokonać interpolacji przebiegu napięcia podczas zapadu za pomocą polecenia:

```
dane=intpol_u_zal(dane, nr_u);
```

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

6. Dodać do danych wartości mocy chwilowej za pomocą polecenia:
`[naglowek, dane]=dodaj_moc(naglowek, dane, nr_i, nr_u);`

Parametry nr_u i nr_i są podawane na analogicznej zasadzie jak w punkcie 5.

7. Wykreślić przebiegi napięcia, prądu i mocy chwilowej za pomocą polecenia:
`wykresl_dane(naglowek, dane, [nr_u, nr_i, nr_p]);`

Parametry nr_u i nr_i są podawane na analogicznej zasadzie jak w punkcie 5.

Parametry nr_p jest kolejnym numerem przebiegu utworzonego w punkcie 6 i dodanego do macierzy dane (jest to więc liczba przebiegów w programie Wavestar zwiększona o odpowiednią liczbę wywołań funkcji dodaj_moc()).

8. Obliczyć energię strat dynamicznych wyrażoną w μJ dla 5% progu prądu za pomocą polecenia:

`energia_przelaczanie(dane, nr_p, 0.05)/1e-6`

9. Wykreślić trajektorię punktu pracy tranzystora za pomocą polecenia:
`wykresl_dane_xy(naglowek, dane, nr_u, nr_i);`

Parametry nr_u i nr_i są podawane na analogicznej zasadzie jak w punkcie 5.

10. Wyliczyć procentowy stopień redukcji częstotliwości oscylacji, przepięcia, przetężenia, stromości napięcia, stromości prądu oraz mocy strat dynamicznych w doniesieniu do układu bez tłumików.
11. Powtórzyć punkty 4÷6 dla pozostałych konfiguracji i kombinacji konfiguracji tłumików.
12. Zebrać otrzymane dane w tabeli.
13. Porównać tłumiki na podstawie wyznaczonych w tabeli wartości.
14. Sformułować wnioski dotyczące wad i zalet tłumików oraz ich użyteczności.

5. Literatura

- [1] Gorzkiewicz P., *Dobór i projektowanie tłumików przepięć dla szybkich tranzystorów mocy*, praca dyplomowa inżynierska, Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych, Politechnika Łódzka, 2013