

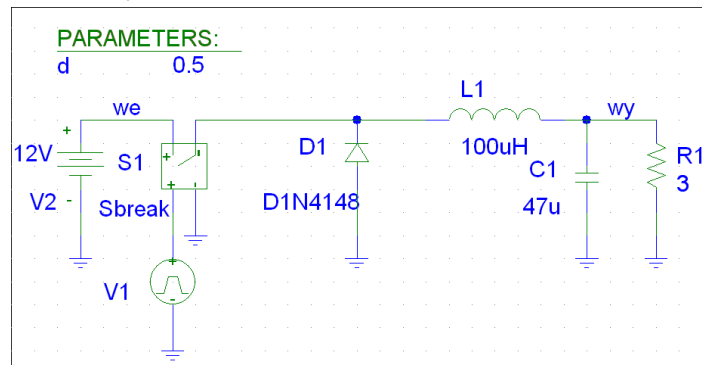
# Zasilanie urządzeń elektronicznych – laboratorium VII semestr Elektronika Morska

## Ćwiczenie 1.

### Wyznaczanie charakterystyk dławikowej przetwornicy buck przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych

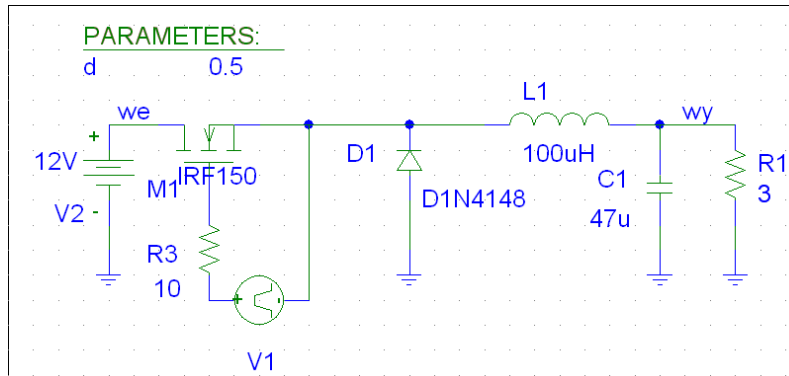
Celem niniejszego ćwiczenia jest zbadanie wpływu właściwości modelu elementu przełączającego na charakterystyki dławikowej przetwornicy Buck. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy wykonać następujące zadania cząstkowe.

1. Uruchomić program Schematics.
2. Narysować, pokazany na rys.1, schemat symulacyjny przetwornicy Buck, zawierający przełącznik sterowany napięciem S1. Źródło napięciowe V1 typu VPULSE ma następujące wartości parametrów:  $V1 = 0$ ,  $V2 = 10$  V,  $TD = 0$ ,  $TR = 30$  ns,  $TF = 30$  ns,  $PW = d \cdot 10$   $\mu$ s,  $PER = 10$   $\mu$ s. Z kolei, przełącznik sterowany napięciem S1 ma następujące parametry:  $VOFF = 0,5$  V,  $VON = 7$  V,  $RON = 1$  m $\Omega$ ,  $ROFF = 1$  M $\Omega$ .



Rys..1. Schemat symulacyjny przetwornicy buck z przełącznikiem sterowanym napięciem

3. Przeprowadzić cykl analiz stanów przejściowych badanego układu przyjmując wartość parametru Final time = 4 ms oraz No-print delay = 3 ms. Zakres ten gwarantuje uzyskanie stanu ustalonego w rozważanym układzie. Wykorzystując analizę parametryczną należy zmieniać wartość parametru d w zakresie od 0,05 do 0,95 z krokiem 0,1.
4. W oparciu o uzyskane wyniki w stanie ustalonym wyznaczyć zależność napięcia wyjściowego  $U_{wy}$  oraz sprawności energetycznej  $\eta$  badanej przetwornicy od współczynnika wypełnienia sygnału sterującego d. Wartość napięcia wyjściowego należy odczytać bezpośrednio z programu PROBE, natomiast wartość sprawności należy odczytać z tego programu wprowadzając w oknie dialogowym Add Trace formułę  $\text{avg}(v(wy) \cdot i(r1)) / \text{avg}(v(we) \cdot i(v2))$ . Odczytane wartości napięcia wyjściowego i sprawności należy wprowadzić do programu EXCEL i wykreślić zależności wymienionych wielkości od współczynnika wypełnienia d.
5. Narysować, pokazany na rys.2, schemat symulacyjny przetwornicy Buck, zawierający tranzystor MOS typu IRF150. Źródło napięciowe V1 typu VPULSE ma identyczne wartości parametrów jak podane w punkcie 2.
6. Przeprowadzić cykl analiz stanów przejściowych badanego układu przyjmując wartość parametru Final time = 4 ms oraz No-print delay = 3 ms. Wykorzystując analizę parametryczną należy zmieniać wartość parametru d w zakresie od 0,05 do 0,95 z krokiem 0,1.
7. W oparciu o uzyskane wyniki w stanie ustalonym wyznaczyć zależność napięcia wyjściowego  $U_{wy}$  oraz sprawności energetycznej  $\eta$  badanej przetwornicy od współczynnika wypełnienia sygnału sterującego d. Odczytane wartości napięcia wyjściowego i sprawności należy wprowadzić do programu EXCEL i wykreślić zależności wymienionych wielkości od współczynnika wypełnienia d. Porównać uzyskane charakterystyki z wynikami wyznaczonymi w punkcie 4 oraz z charakterystykami odpowiadającymi elementom idealnym, tzn.  $U_{wy} = d \cdot U_{we}$ .



Rys.2. Schemat symulacyjny przetwornicy buck z tranzystorem MOS

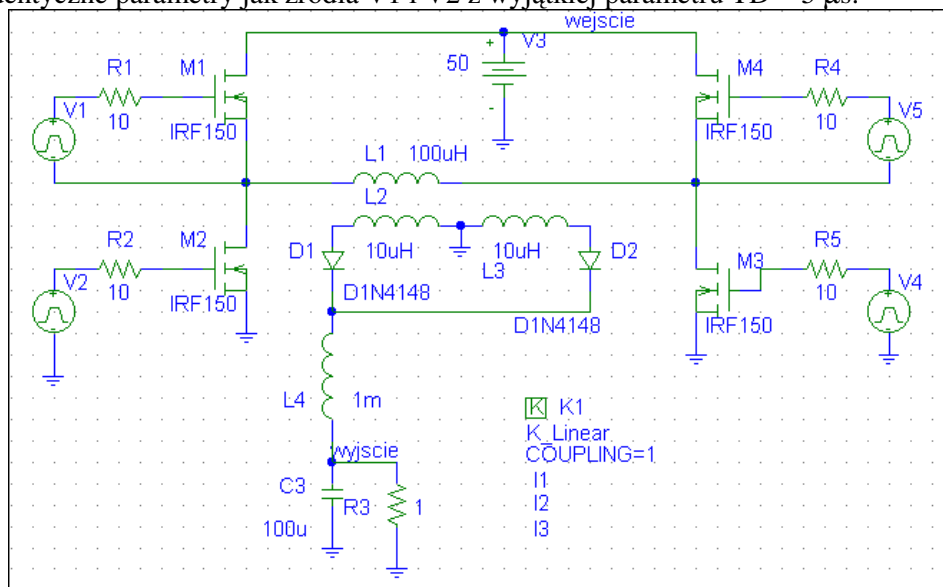
8. Zaobserwować i skomentować czasowe przebiegi prądów cewki, tranzystora i diody.
9. Dla układu z rys.11.2 wyznaczyć zależność napięcia wyjściowego oraz sprawności energetycznej rozważanej przetwornicy od rezystancji obciążenia przy współczynniku wypełnienia sygnału sterującego  $d = 0,5$ . Przyjąć zakres zmian rezystancji  $R1$  od  $1 \Omega$  do  $1 \text{ k}\Omega$  i logarytmiczny sposób przemiatania wartości tej rezystancji wybierając po 4 wartości w każdej dekadzie.
10. W układzie z rys.11.2 zmienić wartości parametrów źródła napięciowego V1 typu VPULSE na następujące:  $V1 = 0$ ,  $V2 = 10 \text{ V}$ ,  $TD = 0$ ,  $TR = 30 \text{ ns}$ ,  $TF = 30 \text{ ns}$ ,  $PW = d \cdot 1 \mu\text{s}$ ,  $PER = 1 \mu\text{s}$ . Powtórzyć obliczenia z punktu 6 i porównać uzyskane wyniki z wynikami uzyskanymi w punkcie 7. Jak wpływa wzrost częstotliwości kluczowania na czas trwania obliczeń oraz na wartość napięcia wyjściowego i sprawności energetycznej?

## Ćwiczenie 2.

### Wyznaczanie charakterystyk transformatorowych przetwornic dc-dc przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych

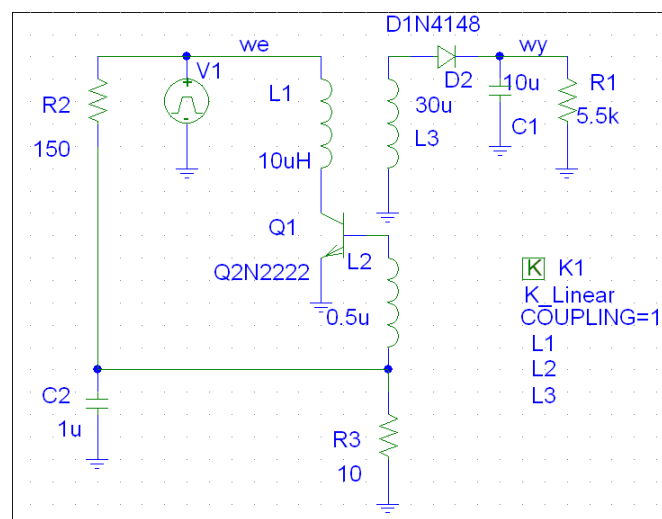
Celem niniejszego ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyk transformatorowej obcowzbudnej przetwornicy półmostkowej oraz samowzbudnej przewornicy jednorozzastworowej. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy wykonać następujące zadania cząstkowe.

1. Uruchomić program Schematics.
2. Narysować, pokazany na rys.1, schemat symulacyjny przetwornicy półmostkowej. Źródła napięciowe V1 oraz V4 typu VPULSE ma następujące wartości parametrów:  $V1 = 0$ ,  $V2 = 10 \text{ V}$ ,  $TD = 0$ ,  $TR = 30 \text{ ns}$ ,  $TF = 30 \text{ ns}$ ,  $PW = d \cdot 10 \mu\text{s}$ ,  $PER = 10 \mu\text{s}$ . Z kolei, źródła napięciowe V2 i V5 mają identyczne parametry jak źródła V1 i V2 z wyjątkiem parametru  $TD = 5 \mu\text{s}$ .



Rys.1. Schemat symulacyjny przetwornicy półmostkowej

3. Przeprowadzić cykl analiz stanów przejściowych badanego układu przyjmując wartość parametru Final time = 10 ms oraz No-print delay = 9 ms. Zakres ten gwarantuje uzyskanie stanu ustalonego w układzie. Wykorzystując analizę parametryczną należy zmieniać wartość parametru d w zakresie od 0,05 do 0,95 z krokiem 0,1.
4. W oparciu o uzyskane wyniki w stanie ustalonym wyznaczyć zależność napięcia wyjściowego  $U_{wy}$ , wartości międzyszczytowej napięcia tętnień na wyjściu oraz sprawności energetycznej  $\eta$  badanej przetwornicy od współczynnika wypełnienia sygnału sterującego d. Wartość napięcia wyjściowego należy odczytać bezpośrednio z programu PROBE. Wartość międzyszczytową napięcia tętnień należy odczytać z czasowych przebiegów napięcia wyjściowego, posługując się kursorami. Ze względu na małą wartość rozważanego parametru należy powiększać uzyskane przebiegi czasowe napięcia wyjściowego tak długo, aż wyraźnie będą widoczne oscylacje na tym przebiegu. Wartość sprawności należy odczytać z tego programu PROBE wprowadzając w oknie dialogowym Add Trace formułę  $\text{avg}(v(\text{wyjscie}) * i(r3)) / \text{avg}(v(\text{wejście}) * i(v3))$ . Odczytane wartości napięcia wyjściowego, wartości międzyszczytowej napięcia tętnień i sprawności należy wprowadzić do programu EXCEL i wykreślić zależności wymienionych wielkości od współczynnika wypełnienia d.
5. Skomentować kształt wykresów uzyskanych w punkcie 4. W szczególności zwrócić uwagę na zakres  $d > 0,5$ .
6. Dla wybranej wartości współczynnika d porównać na wspólnym wykresie czasowe przebiegi prądów drenu wszystkich tranzystorów MOS. Skomentować uzyskane przebiegi.
7. Sparаметryzować wartość indukcyjności L1 uzwojenia pierwotnego transformatora i wykonując odpowiednie analizy stanów przejściowych wyznaczyć zależność napięcia wyjściowego rozważanej przetwornicy od indukcyjności L1 przy  $d=0,4$ . Przyjąć zakres zmian L1 od 10  $\mu\text{H}$  do 1 mH oraz logarytmiczny sposób przemiatania wartości tej indukcyjności i uwzględnić po 3 wartości w każdej dekadzie. Wykonać wykres uzyskanej zależności w programie EXCEL.
8. Narysować schemat układu jednotranzystorowej przetwornicy samowzbudnej przedstawionej na rys.2.



**Rys.2.** Schemat symulacyjny jednotranzystorowej przetwornicy samowzbudnej

9. Przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu aż do uzyskania stanu ustalonego. Wydajność źródła napięciowego V2 jest opisana uskokiem napięcia o wysokości 12V. Zaobserwować czasowe przebiegi napięcia wyjściowego, napięcia na bazie tranzystora oraz prądów poszczególnych uzwojeń transformatora. Określić częstotliwość oscylacji w układzie i czas ustalania się napięcia wyjściowego.
10. Sparаметryzować rezystancję rezystora R1, wykonać cykl analiz stanów przejściowych i wyznaczyć zależność napięcia wyjściowego przetwornicy oraz częstotliwości pracy przetwornicy od rezystancji obciążenia. Przyjąć logarytmiczne przemiatanie wartości rozważanej rezystancji w zakresie od 100  $\Omega$  do 10 k $\Omega$  przy 3 wartościach rezystancji w każdej dekadzie. Wykreślić uzyskane zależności w programie EXCEL. Skomentować uzyskane wyniki obliczeń.
11. Poprzez odwracanie symboli cewek reprezentujących poszczególne uzwojenia transformatora (przy

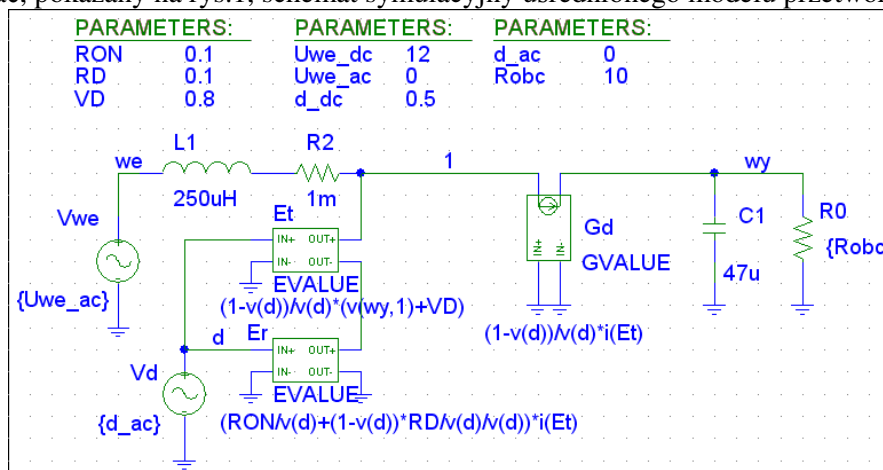
wykorzystaniu komendy Ctrl-R) zbadać znaczenie kierunku nawijania cewek na poprawność działania analizowanej przetwornicy. Skomentować uzyskane wyniki.

### Ćwiczenie 3.

#### Wyznaczanie charakterystyk stałoprądowych i częstotliwościowych przetwornicy dławikowej przy wykorzystaniu modeli uśrednionych

Celem niniejszego ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyk stałoprądowych i częstotliwościowych dławikowej przetwornicy boost. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stałoprądowej (DC) oraz analizy częstotliwościowej (AC) w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy wykonać następujące zadania cząstkowe.

1. Uruchomić program Schematics.
2. Narysować, pokazany na rys.1, schemat symulacyjny uśrednionego modelu przetwornicy boost.



Rys.1. Schemat symulacyjny uśrednionego modelu przetwornicy boost

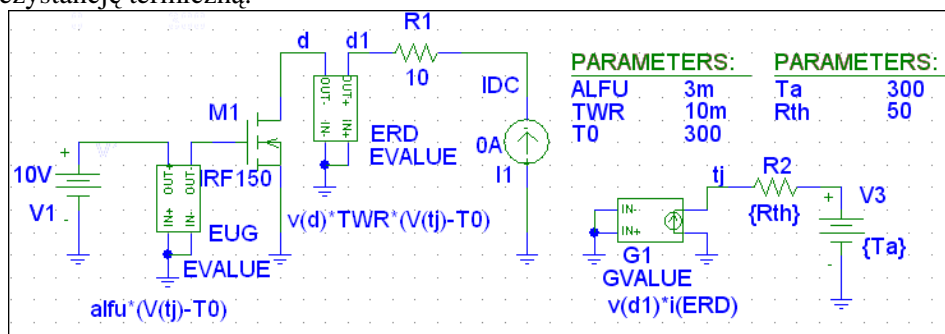
3. Przeprowadzić analizę stałoprądową badanej przetwornicy wykorzystując w charakterze zmiennej przemiatanej parametr  $d\_dc$  mający sens współczynnika wypełnienia sygnału sterującego. Przyjmując zakres zmian parametru  $d\_dc$  od 0,01 do 0,99 z krokiem obliczeń równym 0,01. W oparciu o uzyskane wyniki obliczeń wyznaczyć zależności napięcia wyjściowego oraz sprawności energetycznej przetwornicy boost od współczynnika wypełnienia sygnału sterującego  $d\_dc$  przy różnych rezystancjach obciążenia  $R0bc$ . Przyjmując logarytmiczne zmiany parametru  $R0bc$  w zakresie od 1 do 100  $\Omega$  wybierając po 3 wartości w każdej dekadzie. Porównać uzyskane wartości napięcia wyjściowego z wartościami tego napięcia uzyskiwanymi dla idealnej przetwornicy boost ze wzoru  $U_{wy} = U_{we} / (1 - d\_dc)$ .
4. Wyznaczyć zależność napięcia wyjściowego i sprawności energetycznej przetwornicy boost od rezystancji włączenia tranzystora  $RON$  przyjmującej wartości tego parametru z przedziału od 1 m $\Omega$  do 1  $\Omega$  (przyjąć po 5 wartości w każdej dekadzie) przy 3 wartościach rezystancji obciążenia równych kolejno 1  $\Omega$ , 10  $\Omega$  oraz 1 k $\Omega$ . W jakim zakresie uzyskane wyniki obliczeń są niefizyczne? Dlaczego?
5. Przeprowadzić analizę częstotliwościową (AC) rozważanego układu. W oparciu o wyniki tej analizy wyznaczyć charakterystyki amplitudowe i fazowe rozważanej przetwornicy przy 3 wartościach rezystancji obciążenia równych kolejno 1  $\Omega$ , 10  $\Omega$  oraz 1 k $\Omega$ . Rozważyć zakres zmian częstotliwości od 1 Hz do 1 MHz (logarytmiczne przemiatanie częstotliwości). W celu wyznaczenia rozważanych charakterystyk należy najpierw ustalić wartość parametru  $U_{we\_ac} = 1V$  i wykonać analizę AC. Wówczas uzyskane przebiegi będą odpowiadały transmitancji  $K_{vg}$ . Następnie należy powrócić do wartości parametru  $U_{we\_ac} = 0$  oraz ustawić wartość parametru  $d\_ac = 1$ , a następnie wykonać analizę AC. Wówczas uzyskane przebiegi będą odpowiadały transmitancji  $K_{vd}$ . Skomentować uzyskane charakterystyki częstotliwościowe.
6. Zbadać wpływ rezystancji  $RON$  na przebieg charakterystyk częstotliwościowych rozważanych w punkcie 5 dla rezystancji obciążenia  $R0bc = 10 \Omega$ .

## Ćwiczenie 4.

### Wyznaczanie charakterystyk przetwornic dc-dc przy uwzględnieniu samonagrzewania

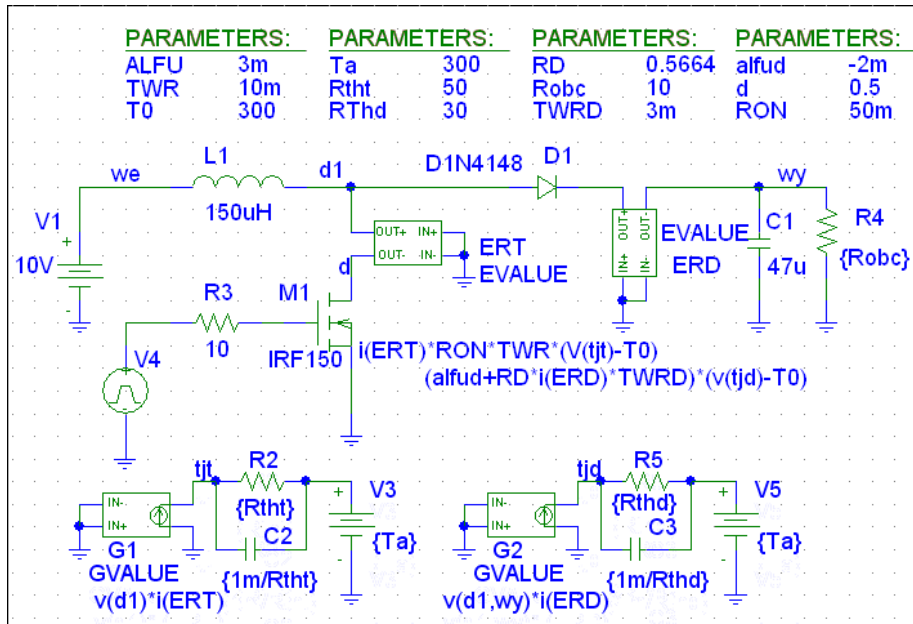
Celem niniejszego ćwiczenia jest zilustrowanie wpływu samonagrzewania na charakterystyki półprzewodnikowych elementów kluczujących oraz na charakterystyki dławikowej przetwornicy boost w stanie ustalonym. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stałoprądowej oraz analizy stanów przejściowych w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy wykonać następujące zadania cząstkowe.

1. Uruchomić program Schematics.
2. Narysować schemat układu do wyznaczania nieizotermicznych charakterystyk wyjściowych tranzystora MOS pokazany na rys.1. Na schemacie tym parametry oznaczają odpowiednio ALFU – temperaturowy współczynnik zmian napięcia wejściowego, TWR – temperaturowy współczynnik zmian rezystancji włączenia tranzystora,  $T_a$  – temperaturę otoczenia,  $T_0$  – temperaturę odniesienia,  $R_{th}$  – rezystancję termiczną.

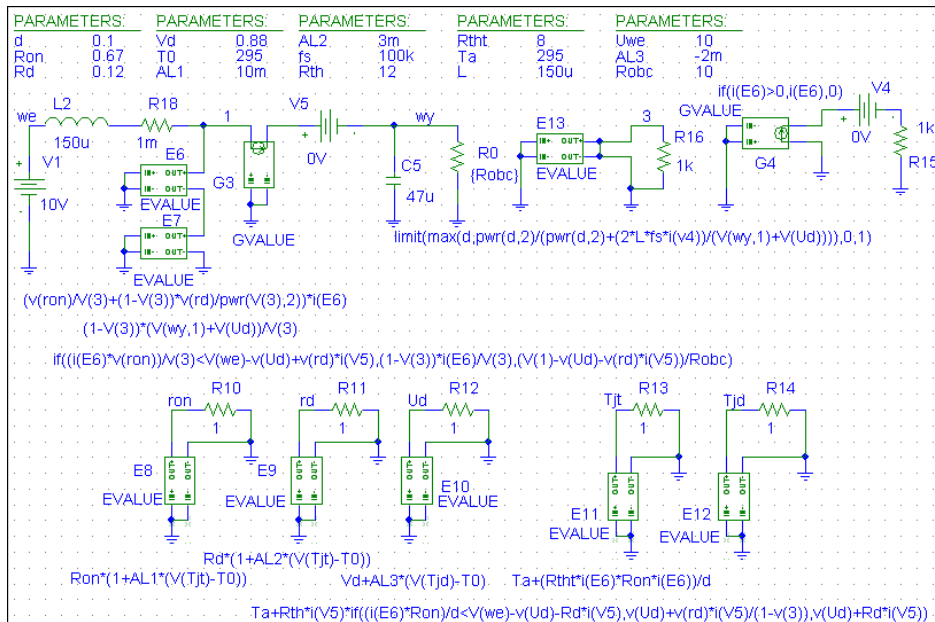


Rys.1. Schemat symulacyjny układu do wyznaczania nieizotermicznych charakterystyk tranzystora MOS

3. Przeprowadzić analizę stałoprądową rozważanego układu przemiatając wartość prądu źródła prądowego I1 w zakresie od 0 do 5A z krokiem 10mA przy dwóch wartościach rezystancji termicznej  $R_{th}$  równych 50 K/W (charakterystyka nieizotermiczna) oraz 1 pK/W (charakterystyka izotermiczna). W analizie nie można ze względów formalnych przyjąć wartości  $R_{th} = 0$ .
4. Wykreślić na wspólnym wykresie izotermiczne oraz nieizotermiczne charakterystyki wyjściowe rozważanego tranzystora (zależności  $V(d1)=f(I1)$ ) oraz zależności temperatury wnętrza tranzystora  $V(Tj)$  od prądu drenu I1.
5. Narysować, pokazany na rys.2, schemat symulacyjny układu do wyznaczania nieizotermicznych charakterystyk przetwornicy boost przy wykorzystaniu metody analizy stanów przejściowych. Źródło napięciowe V4 typu VPULSE ma następujące wartości parametrów:  $V1 = 0$ ,  $V2 = 10$  V,  $TD = 0$ ,  $TR = 20$  ns,  $TF = 20$  ns,  $PW = d*10$   $\mu$ s,  $PER = 10$   $\mu$ s.
6. Przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu przyjmując wartość Final time = 6 ms przy wartościach współczynnika wypełnienia sygnału sterującego d z zakresu od 0,05 do 0,95 wybieranych z krokiem 0,1. Obliczenia należy wykonać przy podanych na schemacie wartościach rezystancji termicznych tranzystora  $R_{tht}$  i diody  $R_{thd}$  (stąd uzyska się charakterystyki nieizotermiczne), a następnie przy  $R_{tht} = R_{thd} = 1$  pK/W (stąd uzyska się charakterystyki izotermiczne).
7. Na podstawie wyników uzyskanych z obliczeń zrealizowanych w punkcie 6 wykreślić na wspólnym wykresie w programie EXCEL zależności napięcia wyjściowego i sprawności energetycznej badanej przetwornicy oraz temperatury wnętrza tranzystora (napięcie w węźle tj) i diody (napięcie w węźle tjd) od współczynnika wypełnienia d. Skomentować wpływ samonagrzewania na napięcie wyjściowe i sprawność przetwornicy. Przy jakiej wartości współczynnika wypełnienia sygnału sterującego nastąpiłoby uszkodzenie rzeczywistego układu?
8. Narysować, pokazany na rys.3, schemat symulacyjny układu do wyznaczania nieizotermicznych charakterystyk przetwornicy boost przy wykorzystaniu metody modeli uśrednionych.



Rys.2. Schemat symulacyjny układu do wyznaczania nieizotermicznych charakterystyk przetwornicy boost



Rys.3. Schemat symulacyjny układu do wyznaczania nieizotermicznych charakterystyk przetwornicy boost przy wykorzystaniu modeli uśrednionych

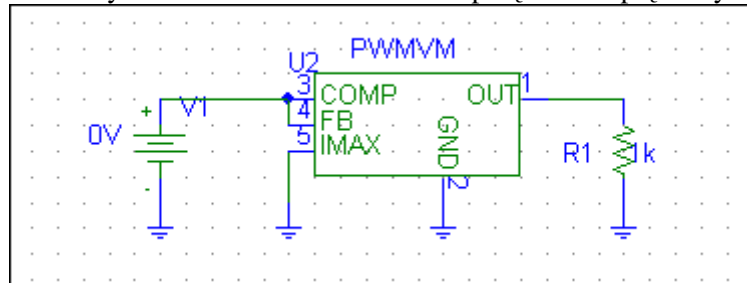
- Przeprowadzić analizę stałoprądową rozważanego układu przemiatając wartość parametru  $d$  w zakresie od 0,01 do 0,97 z krokiem 0,01. Analizy przeprowadzić dla 3 wartości rezystancji obciążenia  $Robc$  równych kolejno 100, 10 oraz 5  $\Omega$ . Na podstawie uzyskanych wyników wykreślić zależności napięcia wyjściowego przetwornicy, jej sprawności energetycznej oraz temperatur wnętrza tranzystora (napięcie w węzle  $tjt$ ) oraz diody (napięcie w węzle  $tjd$ ) od współczynnika wypełnienia sygnału sterującego  $d$ . Jak spadek rezystancji obciążenia wpływa na rozważane charakterystyki?

### Ćwiczenie 5.

#### Wyznaczanie charakterystyk stabilizatorów impulsowych

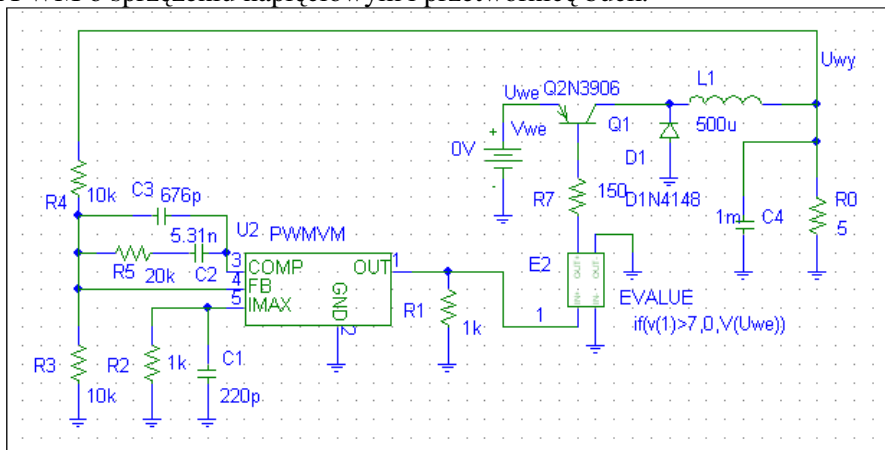
Celem niniejszego ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyk stabilizatorów impulsowych zawierających sterownik PWM oraz dławikową przetwornicę dc-dc. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy wykonać następujące zadania cząstkowe.

1. Skopiować do katalogu C:\MSIMEV\_8\UserLib następujące pliki: PWMVM.slb, PWMCM.slb oraz POWER456.lib.
2. Uruchomić program Schematics.
3. Używając polecenia Analysis\Library and included files dołączyć bibliotekę POWER456.LIB do programu Schematics.
4. Używając polecenia Options\Editor configuration dołączyć biblioteki PWMVM.slb oraz PWMCM.slb do listy bibliotek symboli programu Schematics.
5. Narysować układ testowy modelu sterownika PWM o sprzężeniu napięciowym, pokazany na rys.1.



**Rys.1.** Schemat układu testowego sterownika PWMVM

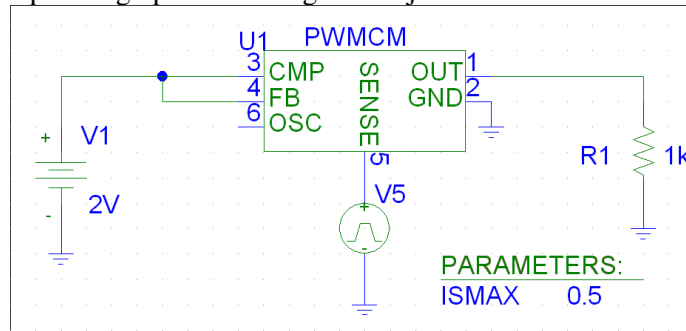
6. W celu wyznaczenia charakterystyki regulacji rozważanego sterownika, przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu dla napięcia V1 zmienianego w zakresie od 0,5 V do 4 V z krokiem 0,5 V. Zakres analizy stanów przejściowych powinien być równy podwojonej wartości okresu sygnału wyjściowego sterownika, ustalonej za pomocą wartości parametru PERIOD jego modelu. Wartość tego parametru można odczytać edytując model sterownika poleceniem Edit/Model.
7. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wyznaczyć i wykreślić w programie EXCEL zależność współczynnika wypełnienia sygnału wyjściowego sterownika (na wyjściu OUT) od napięcia V1. Niezbędną do wykonania wykresu wartość czasu trwania impulsu należy odczytać przy napięciu wyjściowym odpowiadającym połowie jego wartości maksymalnej. Na podstawie uzyskanego wykresu określić zakres możliwych do uzyskania wartości współczynnika wypełnienia sygnału wyjściowego sterownika.
8. Narysować, pokazany na rys.2, schemat symulacyjny stabilizatora impulsowego zawierającego sterownik PWM o sprzężeniu napięciowym i przetwornicę buck.



**Rys.2.** Schemat symulacyjny stabilizatora impulsowego ze sterownikiem PWM o sprzężeniu napięciowym i przetwornicą buck

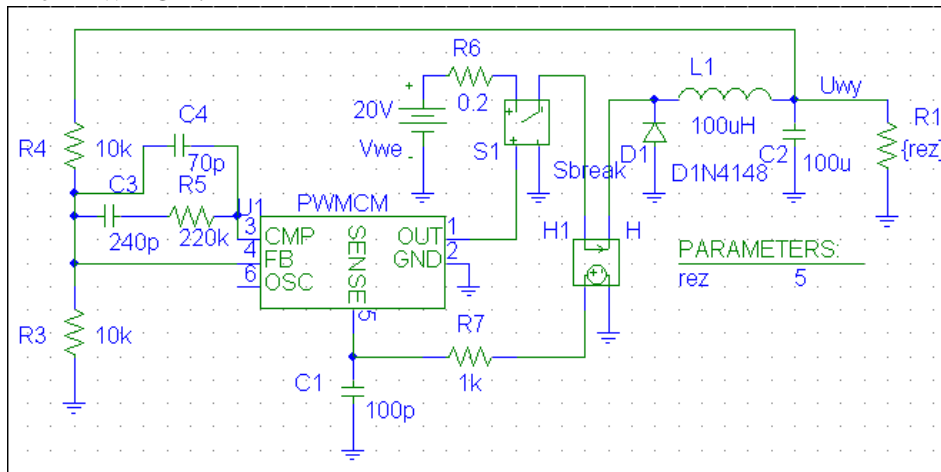
9. Przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu aż do osiągnięcia stanu ustalonego przy wartościach napięcia wejściowego wybieranych z zakresu od 5 do 65 V z krokiem 10 V. W oparciu o uzyskane wyniki obliczeń sporządzić w programie EXCEL wykresy zależności napięcia wyjściowego i sprawności energetycznej badanego układu od napięcia wejściowego. Skomentować uzyskane wyniki. Dlaczego układ stabilizuje napięcie wyjściowe tylko w ograniczonym zakresie zmian napięcia wejściowego?
10. Narysować układ testowy modelu sterownika PWM o sprzężeniu prądowym, pokazany na rys.3. Przyjąć następujące wartości parametrów źródła napięciowego V5 typu VPULSE: V1 = 0, V2 =

ISMAX, TD = 0, TR = 4,9  $\mu$ s, TF = 0,1  $\mu$ s, PW = 1 ns, PER = 5  $\mu$ s. Podane wartości parametrów zapewniają uzyskanie przebiegu piłokształtnego na wejściu SENSE sterownika.



Rys.3. Schemat układu testowego sterownika PWMCM

11. Przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu dla napięcia V1 zmienianego w zakresie od 0,1 V do 3,6 V przy wartości parametru ISMAX = 0,5. Zakres analizy stanów przejściowych powinien być równy podwojonej wartości okresu sygnału wyjściowego sterownika, ustalonej za pomocą wartości parametru PERIOD jego modelu.
12. W programie EXCEL sporządzić wykres zależności współczynnika wypełnienia sygnału wyjściowego sterownika od napięcia V1. Niezbędną do wykonania wykresu wartość czasu trwania impulsu należy odczytać przy napięciu wyjściowym odpowiadającym połowie jego wartości maksymalnej.
13. Przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu dla parametru ISMAX zmienianego w zakresie od 0,1 V do 1,2 V przy napięciu V1 = 2 V. Zakres analizy stanów przejściowych powinien być równy podwojonej wartości okresu sygnału wyjściowego sterownika, ustalonej za pomocą wartości parametru PERIOD jego modelu.
14. W programie EXCEL sporządzić wykres zależności współczynnika wypełnienia sygnału wyjściowego sterownika od parametru IMAX. Niezbędną do wykonania wykresu wartość czasu trwania impulsu należy odczytać przy napięciu wyjściowym odpowiadającym połowie jego wartości maksymalnej.
15. Narysować, przedstawiony na rys.4, układ stabilizatora napięcia z przetwornicą buck i sterownikiem PWMCM.



Rys.4. Schemat symulacyjny stabilizatora impulsowego ze sterownikiem PWM o sprzężeniu prądowym i przetwornicą buck

16. Przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu aż do osiągnięcia stanu ustalonego przy wartości parametru rez równych kolejno 1, 1,5, 2,2, 3,3, 4,7, 6,8, 10  $\Omega$ .
17. Wykonać w programie EXCEL wykresy zależności napięcia wyjściowego Uwy oraz sprawności energetycznej przetwornicy od rezystancji obciążenia. Skomentować uzyskane wyniki.

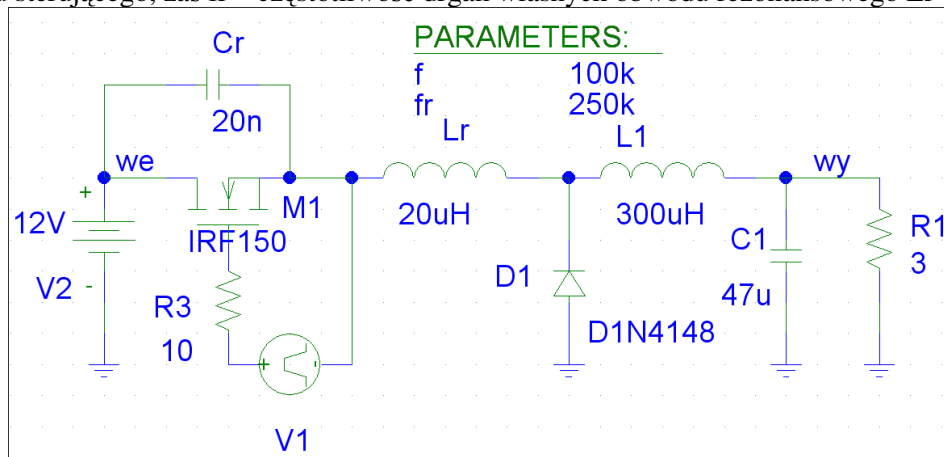


## Ćwiczenie 6.

### Wyznaczanie charakterystyk przetwornic z miękką komutacją

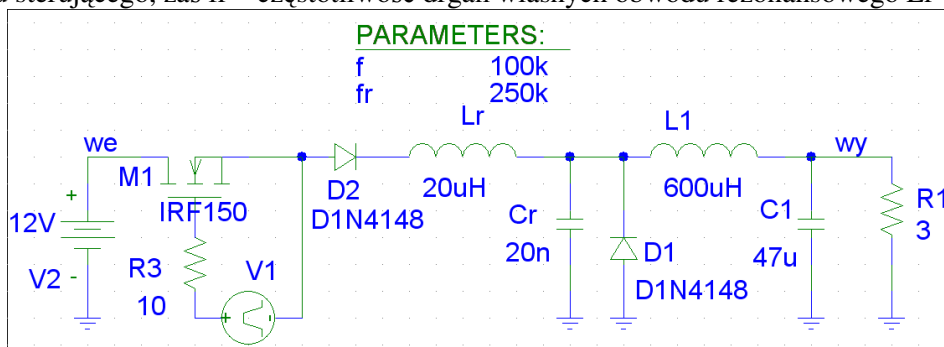
Celem niniejszego ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyk dławikowych przetwornic dc-dc, w których zachodzi tzw. miękka komutacja. Rozważane są dwie quasi-rezonansowe przetwornice dc-dc: obniżająca napięcie przetwornica ZVS oraz obniżająca napięcie przetwornica ZCS. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy wykonać następujące zadania cząstkowe.

1. Uruchomić program Schematics.
2. Narysować schemat symulacyjny przetwornicy obniżającej ZVS, pokazany na rys.1. Źródło sygnału sterującego V1 typu VPULSE opisane jest następującymi parametrami:  $V1 = 0$ ,  $V2 = 10$  V,  $TD = 0$ ,  $TR = 30$  ns,  $TF = 30$  ns,  $PW = 1/f - 0,5/fr$ ,  $PER = 1/f$ . Parametr  $f$  oznacza częstotliwość sygnału sterującego, zaś  $fr$  – częstotliwość drgań własnych obwodu rezonansowego Lr-Cr.



Rys.1. Schemat symulacyjny przetwornicy buck ZVS

3. Przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu aż do uzyskania stanu ustalonego przy różnych wartościach częstotliwości kluczowania  $f$  z zakresu od 20 do 500 kHz, wybierając po 5 wartości w każdej dekadzie. Przyjąć final time = 4 ms. W celu dokładnego zobrazowania kształtów przebiegów napięć i prądów narzucić maksymalną długość czasowego kroku obliczeń przez zadanie parametru analizy Step Ceiling = 30 ns.
4. Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń wykreślić zależność napięcia wyjściowego i sprawności energetycznej badanej przetwornicy od częstotliwości sygnału sterującego.
5. Wyznaczyć czasowe przebiegi napięcia między drenem a źródłem tranzystora oraz przebiegi mocy traconej w tranzystorze przy rozważanych wartościach częstotliwości  $f$ . Wyznaczyć, przy wykorzystaniu funkcji AVG(), wartość średnią mocy traconej w tranzystorze  $P_{av}$  przy rozważanych wartościach  $f$ . Skomentować wpływ częstotliwości na uzyskaną zależność  $P_{av}(f)$  oraz na kształt czasowych przebiegów napięcia między drenem a źródłem tranzystora.
6. Narysować schemat symulacyjny przetwornicy obniżającej ZCS, pokazany na rys.2. Źródło sygnału sterującego V1 typu VPULSE opisane jest następującymi parametrami:  $V1 = 0$ ,  $V2 = 10$  V,  $TD = 0$ ,  $TR = 30$  ns,  $TF = 30$  ns,  $PW = 0,5/fr$ ,  $PER = 1/f$ . Parametr  $f$  oznacza częstotliwość sygnału sterującego, zaś  $fr$  – częstotliwość drgań własnych obwodu rezonansowego Lr-Cr.



Rys.2. Schemat symulacyjny przetwornicy buck ZCS

7. Przeprowadzić analizę stanów przejściowych rozważanego układu aż do uzyskania stanu ustalonego przy różnych wartościach częstotliwości kluczowania  $f$  z zakresu od 20 do 500 kHz, wybierając po 5 wartości w każdej dekadzie. Przyjąć final time = 4 ms. W celu dokładnego zobrazowania kształtów przebiegów napięć i prądów narzucić maksymalną długość czasowego kroku obliczeń przez zadanie parametru analizy Step Ceiling = 30 ns.
8. Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń wykreślić zależność napięcia wyjściowego i sprawności energetycznej badanej przetwornicy od częstotliwości sygnału sterującego.
9. Wyznaczyć czasowe przebiegi prądu drenu tranzystora oraz przebiegi mocy traconej w tranzystorze przy rozważanych wartościach częstotliwości  $f$ . Wyznaczyć, przy wykorzystaniu funkcji AVG(), wartość średnią mocy traconej w tranzystorze  $P_{av}$  przy rozważanych wartościach  $f$ . Skomentować wpływ częstotliwości na uzyskaną zależność  $P_{av}(f)$  oraz na kształt czasowych przebiegów prądu drenu.