

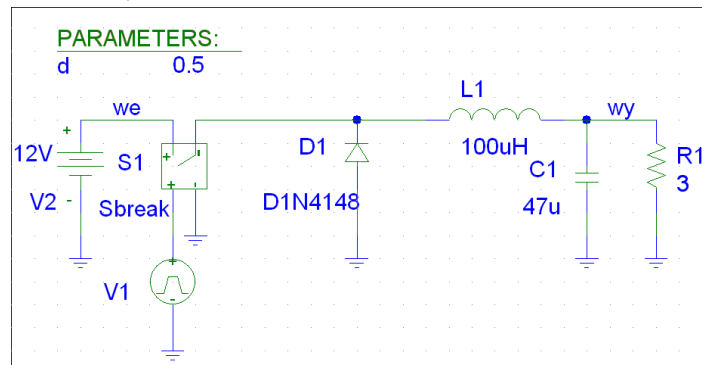
Zasilanie urządzeń elektronicznych – laboratorium IV rok Elektronika Morska

Ćwiczenie 1.

Wyznaczanie charakterystyk dławikowej przetwornicy buck przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych

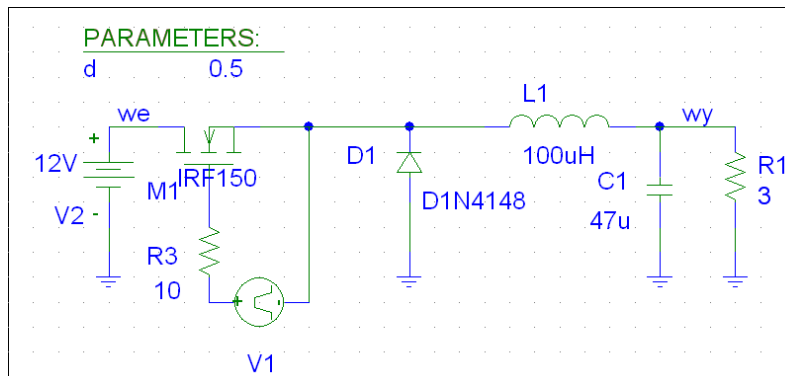
Celem niniejszego ćwiczenia jest zbadanie wpływu właściwości modelu elementu przełączającego na charakterystyki dławikowej przetwornicy Buck. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy wykonać następujące 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, $PW = d \cdot 10$ μ s, $PER = 10$ μ s. Z kolei, przełącznik sterowany napięciem S1 ma następujące parametry: $VOFF = 0,5$ V, $VON = 7$ V, $RON = 1$ m Ω , $ROFF = 1$ M Ω .



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 η 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 η 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

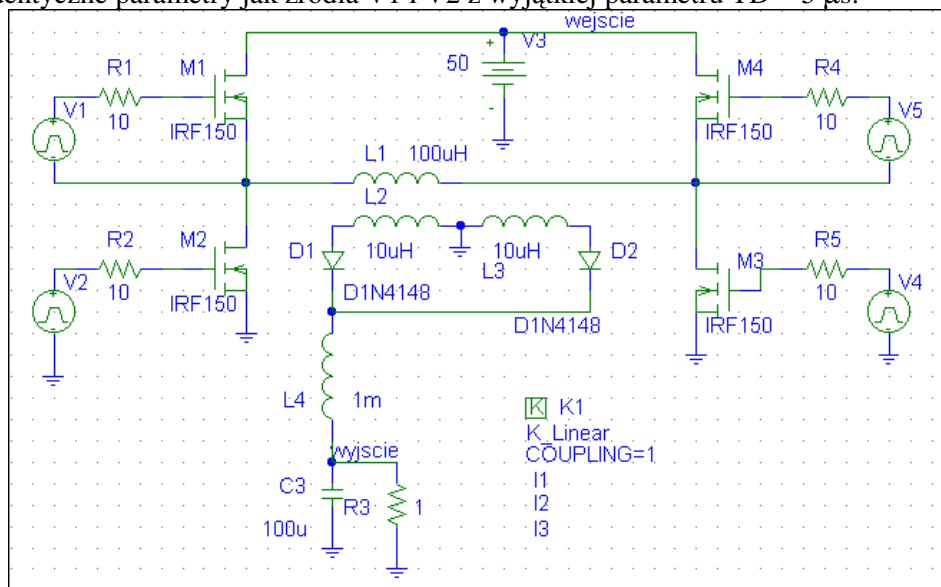
8. Zaobserwować i skomentować czasowe przebiegi prądów cewki, tranzystora i diody.
9. Dla układu z rys.11.2 wyznaczyć zależność napięcia wyjściowego oraz sprawności energetycznej rozważanej przetwornicy od rezystancji obciążenia przy współczynniku wypełnienia sygnału sterującego $d = 0,5$. Przyjąć zakres zmian rezystancji $R1$ od 1Ω 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

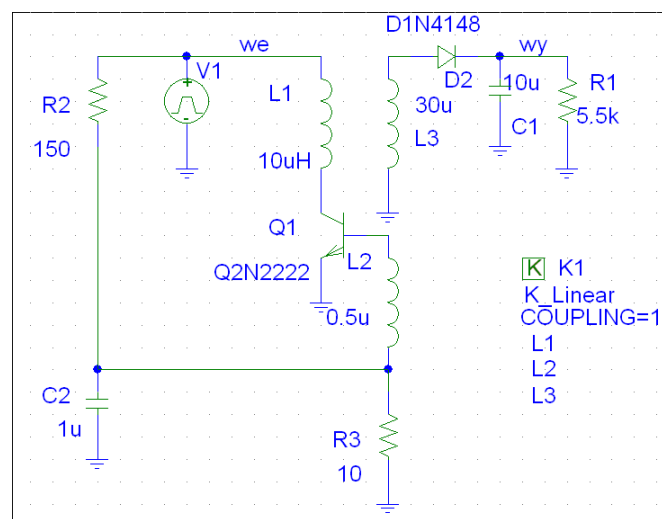
Celem niniejszego ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyk transformatorowej obcowzbudnej przetwornicy półmostkowej oraz samowzbudnej przewornicy jednorozprężowej. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy 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 η 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 μH 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 Ω do 10 k Ω 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

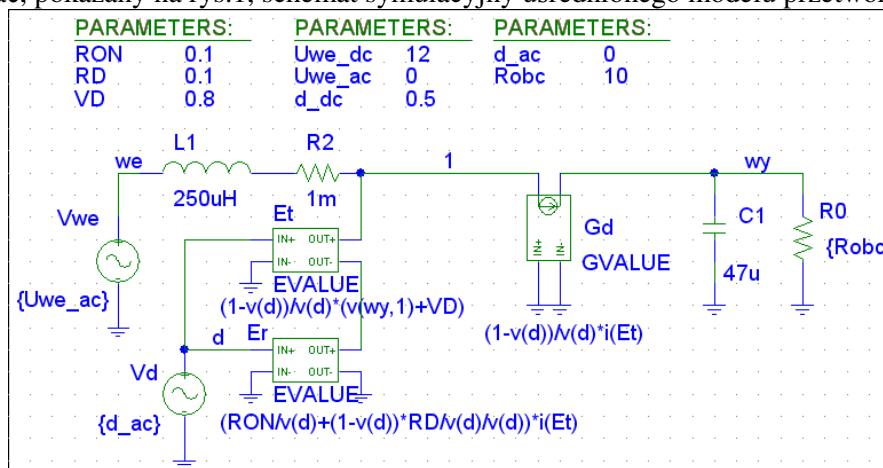
wykorzystaniu komendy Ctrl-R) zbadać znaczenie kierunku nawijania cewek na poprawność działania analizowanej przetwornicy. Skomentować uzyskane wyniki.

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

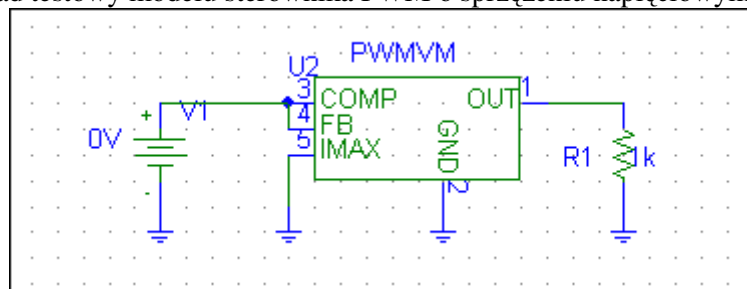
3. Przeprowadzić analizę stałoprądową badanej przetwornicy wykorzystując w charakterze zmiennej przemiatanej parametr d_dc mający sens współczynnika wypełnienia sygnału sterującego. Przyjmując zakres zmian parametru d_dc od 0,01 do 0,99 z krokiem obliczeń równym 0,01. W oparciu o uzyskane wyniki obliczeń wyznaczyć zależności napięcia wyjściowego oraz sprawności energetycznej przetwornicy boost od współczynnika wypełnienia sygnału sterującego d_dc przy różnych rezystancjach obciążenia R_{0bc} . Przyjmując logarytmiczne zmiany parametru R_{0bc} w zakresie od 1 do 100 Ω 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 R_{ON} przyjmującej wartości tego parametru z przedziału od 1 m Ω do 1 Ω (przyjąć po 5 wartości w każdej dekadzie) przy 3 wartościach rezystancji obciążenia równych kolejno 1 Ω , 10 Ω oraz 1 k Ω . 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 Ω , 10 Ω oraz 1 k Ω . 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_{v_g} . 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_{v_d} . Skomentować uzyskane charakterystyki częstotliwościowe.
6. Zbadać wpływ rezystancji R_{ON} na przebieg charakterystyk częstotliwościowych rozważanych w punkcie 5 dla rezystancji obciążenia $R_{0bc} = 10 \Omega$.

Ćwiczenie 4.

Wyznaczanie charakterystyk stabilizatorów impulsowych

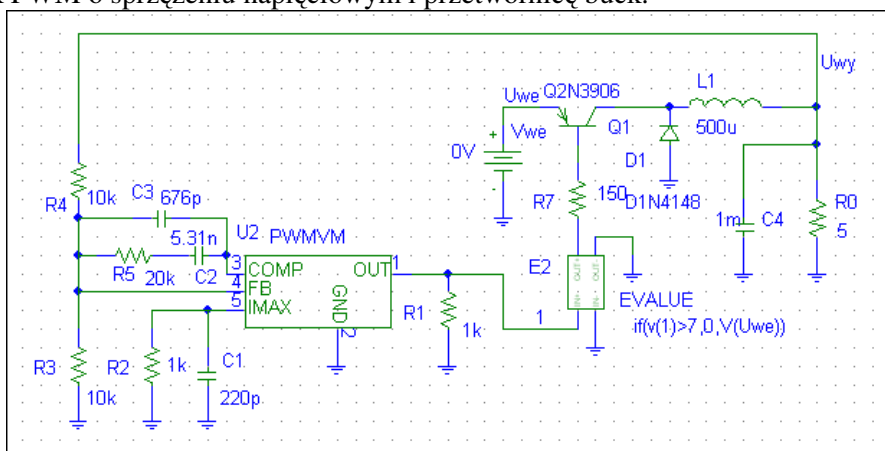
Celem niniejszego ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyk stabilizatorów impulsowych zawierających sterownik PWM oraz dławikową przetwornicę dc-dc. Obliczenia będą zrealizowane przy wykorzystaniu analizy stanów przejściowych w programie SPICE. Aby zrealizować tak postawiony cel, należy wykonać następujące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

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