

LABORATORIUM

Energoelektroniczne Układy Zasilające

Automatyka i Robotyka – II stopień

1. WPROWADZENIE - INFORMACJE OGÓLNE
2. PODSTAWOWE INFORMACJE O SYMULATORZE TCAD
3. IMPULSOWE, TRANSFORMATOROWE PRZEKSZTAŁTNIKI NAPIĘCIA I PRĄDU STAŁEGO (DC/DC)
4. FALOWNIK (DC/AC) – JEDNO I TRÓJFAZOWE
5. ZAŁĄCZNIKI

Kierownik Laboratorium
dr inż. Mieczysław Nowak

1.WPROWADZENIE - INFORMACJE OGOLNE

Laboratorium jest prowadzone z zastosowaniem stanowisk laboratoryjnych pozwalających na podstawowe eksperymenty rzeczywiste w obwodach o stosunkowo niewielkiej mocy (poniżej 500 W) oraz przy pomocy pakietu symulacyjnego TCAD¹, przeznaczonego do badania układów przekształtnikowych i a także całych urządzeń i systemów energoelektronicznych z uwzględnieniem układów sterowania i regulacji.

Metodyka pracy w laboratorium zakłada wstępne zapoznanie się z podstawowymi właściwościami układów przy pomocy symulatora na PC. W kolejnym kroku powinno zostać przeprowadzone badanie układów na stanowiskach laboratoryjnych a następnie po zweryfikowaniu zgodności modeli symulacyjnych z obwodami rzeczywistymi, poszerzenie wiadomości na podstawie dodatkowych symulacji komputerowych uzupełnionych o pomiary wartości średnich, skutecznych, analizy spektralnej itp.

Badania symulacyjne są prowadzone na podstawie przygotowanych modeli i nie jest konieczna dogłębna znajomość symulatora a jedynie informacje podane w rozdziale drugim. Łatwość w posługiwaniu się symulatorem pozwala na samodzielne modyfikowanie modeli i tworzenie nowych w ramach rozszerzonego programu ćwiczenia, jednak wyłącznie po uzgodnieniu z prowadzącym. Pełna instrukcja symulatora TCAD jest dostępna w laboratorium.

Podczas symulacji jest wskazane uwzględnienie wartości parametrów odpowiadających rzeczywistym elementom stanowisk laboratoryjnych. Poniżej podano ich zestawienie.

Fazowe napięcie znamionowe uzwojeń wtórnych transformatorów **UL- 24 V sk (34 Vm)**

Indukcyjność rozproszenia transformatorów **L σ = 1 mH**

Indukcyjność dodatkowych dławików w obwodzie wtórnym transformatora **LR=10 mH**

Indukcyjność obciążenia **2 x 5 mH (razem 15 ok. mH)** i **2x 10 mH (razem ok. 30 mH)**

Rezystancja obciążenia **1 +2+4 +8 (razem 15 Ω)**

UWAGA Studenci nie są uprawnieni do jakichkolwiek działań na komputerach laboratoryjnych poza strefą symulatora. Próby ingerencji bez uzgodnienia z prowadzącym w inne katalogi, pliki ustawień itp. będą prowadziły do wykluczeń z ćwiczeń laboratoryjnych.

Stanowiska do badania obwodów rzeczywistych są bezpieczne jednak przy pracy na nich jest konieczna normalna ostrożność a także dbałość o sprzęt pomiarowy (np. nie kręcenie w sposób bezmyślny pokrętkami nastawników oscyloskopów itp.)

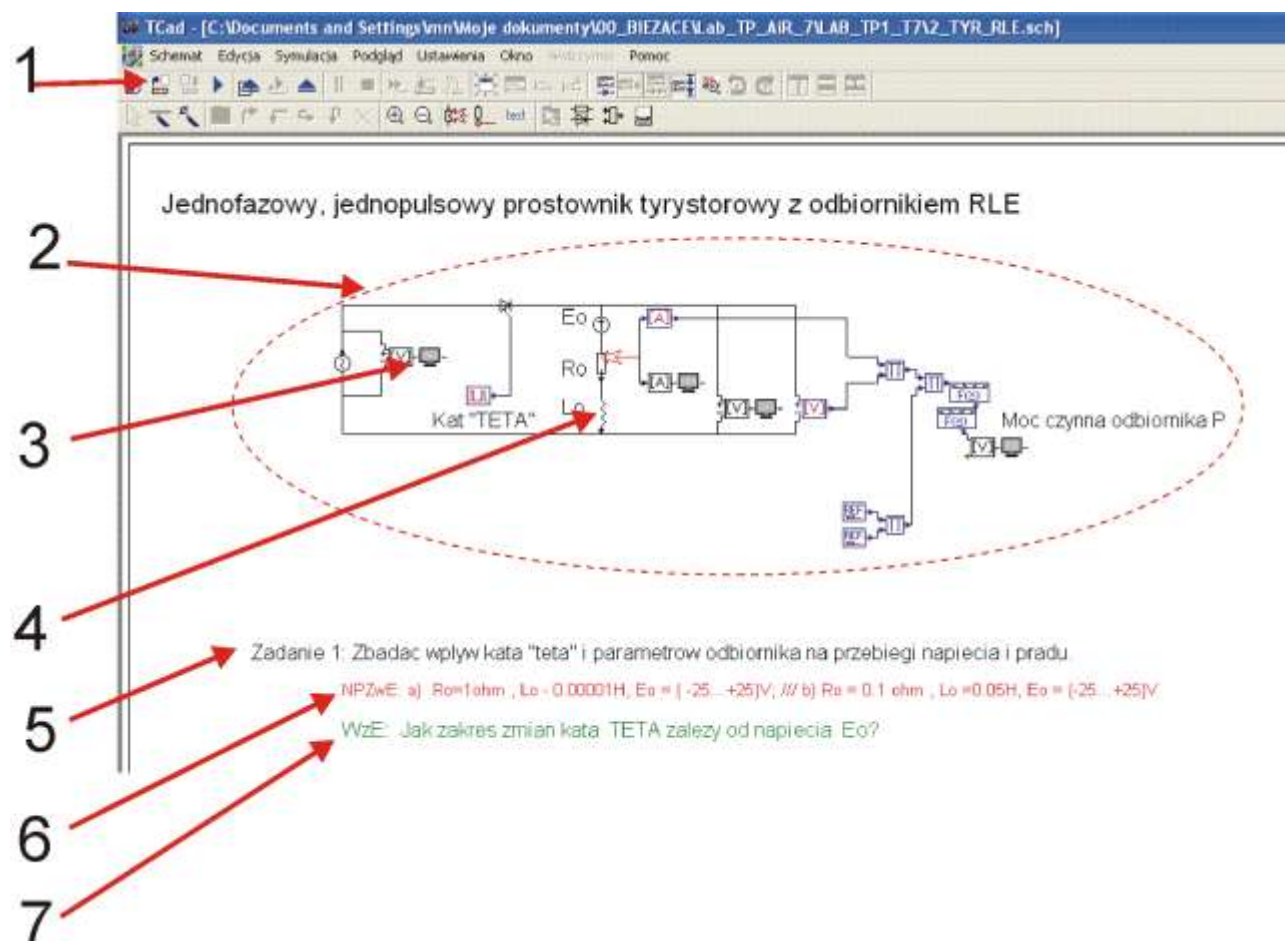
**W SYTUACJACH AWARYJNYCH NALEŻY NACISNAĆ
CZERWONY PRZYCISK NA TABLICY ZASILAJĄCEJ**

¹ Opracowany przez prof. R. Szczęsnego i mgr K. Iwana z Politechniki Gdańskiej

2. PODSTAWOWE INFORMACJE O SYMULATORZE TCAD

Program TCAD używany w trakcie zajęć laboratoryjnych jest typowym symulatorem obwodowym z interfejsem graficznym. Pozwala przeprowadzać symulacje obwodów elektrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem układów energoelektronicznych.

Po uruchomieniu symulatora z pomocą ikony (TCAD7.0) otwiera się podstawowy pulpit roboczy w trybie edycji. Przykładowy wygląd pulpitu przedstawiono na rysunku 2.1.

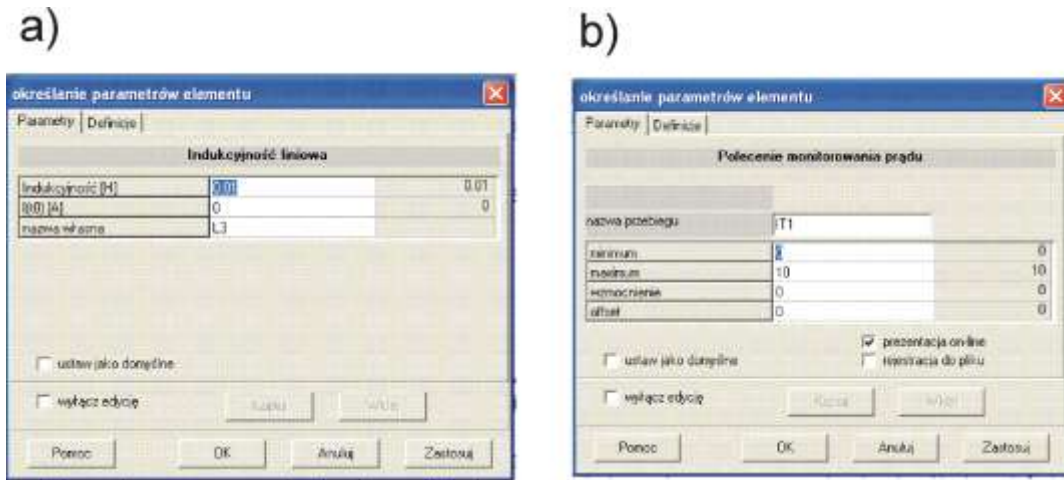


Rys.2.1. Pulpit główny symulatora TCAD 7.0.

1- Listwa sterująca planszy głównej symulatora, 2- Schemat badanego modelu, 3 – Rejestratory wielkości elektrycznych (napięcie, prąd), 4 – Elementy tworzące analizowany model obwodu (np. indukcyjność), 5 – Tekst ogólnego zadania w eksperymencie symulacyjnym , 6 - Linia Nastawy Parametrów Zalecanych w Eksperymentcie (NPZwE) , 7 – Wnioski z Eksperymentu (WzE)

Aby otworzyć plik ze schematem według nazwy podanej w instrukcji (np. DIO_RLE) należy posłużyć się 2-gim od lewej przyciskiem (*otwórz plik schematu TCAD*). Wszystkie schematy używane w trakcie laboratorium są przygotowane pod kątem wykonania wymaganych zadań i nie ma potrzeby dodawania nowych elementów na schematach. Studenci ograniczają się do edytowania parametrów elementów zgodnie z zaleceniami NPZwE. Pierwszym krokiem po otwarciu nowego schematu powinno być zapoznanie się z parametrami obwodu poprzez edycję kolejnych elementów (E, R, L, kąt wysterowania, wypełnienie itp.)

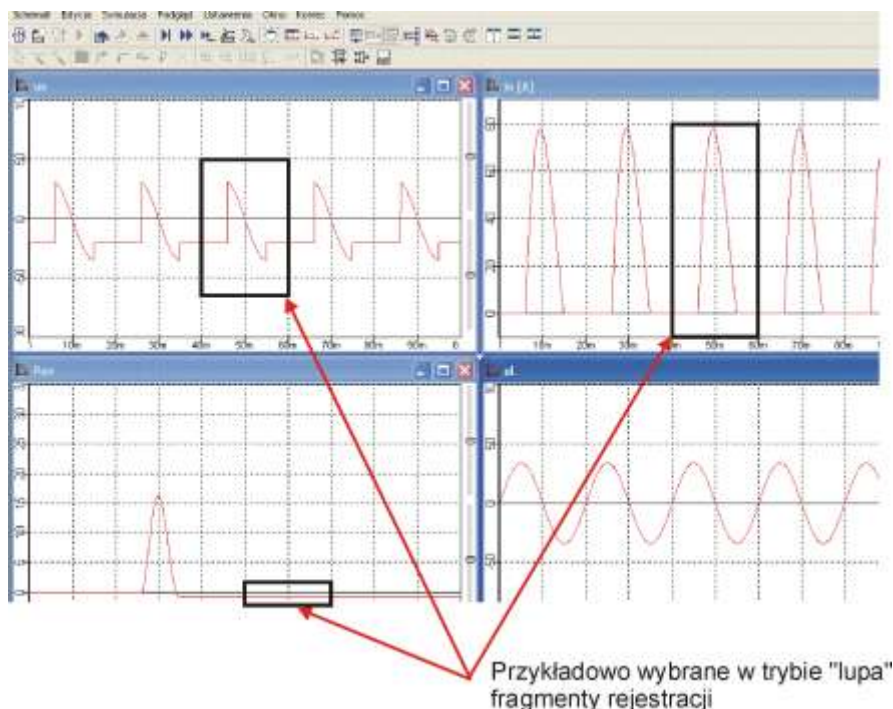
Poznanie lub zmiana parametrów wymaga zaznaczenia poprzez podwójne kliknięcie elementu lub rejestratora. Na rys. 2.2 przedstawiono przykładowo wygląd okna parametrów jednego z elementów i parametrów rejestratora. W przypadku gdy chcemy ustawić wartość E, R,L lub C na zero wpisujemy liczbę np. 0.0000001, która z punktu widzenia obwodu i wyników symulacji jest pomijalna, a nie spowoduje problemów z modułem dokonującym obliczeń.



Rys. 2.2 Widok okna edycji parametrów a) elementu, b) bloku monitorowania prądu.

Po dopasowaniu parametrów elementów do programu badań (wpisując potrzebne dane do wywoływanych tabelki - np. indukcyjności, rezystancji, kąta wysterowania wartości początkowej napięcia kondensatora lub prądu dławika) i sprawdzeniu wielkości wyprowadzanych do rejestratorów należy uruchomić symulację (4 przycisk od lewej na listwie sterującej - *Symulacja*).

Po zakończeniu obliczeń na planszy prezentacji wyników przedstawiane są przebiegi pozwalające na dokonanie analizy badanego układu przekształtnika. Wygląd planszy prezentacji podano na rys. 2.3. Jeżeli w trakcie ćwiczenia okazuje się, że okres symulacji jest zbyt krótki lub niepotrzebnie długi, to można zmienić go poprzez edycję parametrów symulacji (Menu Edycja / ...Parametrów Symulacji).



Dla dokładniejszego rozpoznania zjawisk można zastosować „lupę” wybierając odpowiedni przycisk na listwie sterującej planszy prezentacji i posługując się wskaźnikiem - myszą. Dla precyzyjnego wykorzystania efektu powiększenia należy na wybranych oknach powiększyć dokładnie ten sam przedział (zwykle odpowiadający jednemu okresowi napięcia sieci np. od 40 ms do 60 ms).

W modelach wprowadzono bloki obliczeniowe wyznaczające w wybranym oknie wyników wartości średnie i skuteczne napięć lub prądów. Dla dokładnego odczytania tych parametrów należy posługując się lupa sprawdzić wartość ustaloną przebiegu w odpowiednim oknie w przedziale czasu po zakończeniu procesu całkowania.

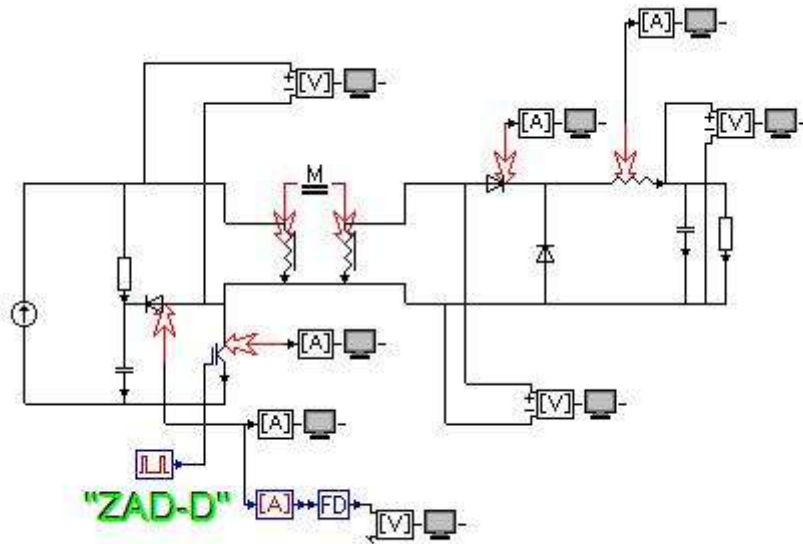
Po zakończeniu analizy związanej z obecnymi na ekranie wynikami lub w przypadku konieczności powtórzenia symulacji dla zmienionych parametrów należy wrócić do planszy modelu (edycji modelu) przez wybranie menu „Koniec” lub przycisku 8-go od lewej na górnej listwie (*zakończ i przejdź do następnej symulacji*).

3. IMPULSOWE, TRANSFORMATOROWE PRZEKSZTAŁTNIKI NAPIĘCIA I PRĄDU STAŁEGO (DC/DC)

3.1. Badania symulacyjne

A. STEROWNIK JEDNOTRANZYSTOROWY Z POMOCNICZYM ŹRÓDŁEM (KONDENSATOREM)

Plik źródłowy: **1_AiR2_TRAFIT.SCH**



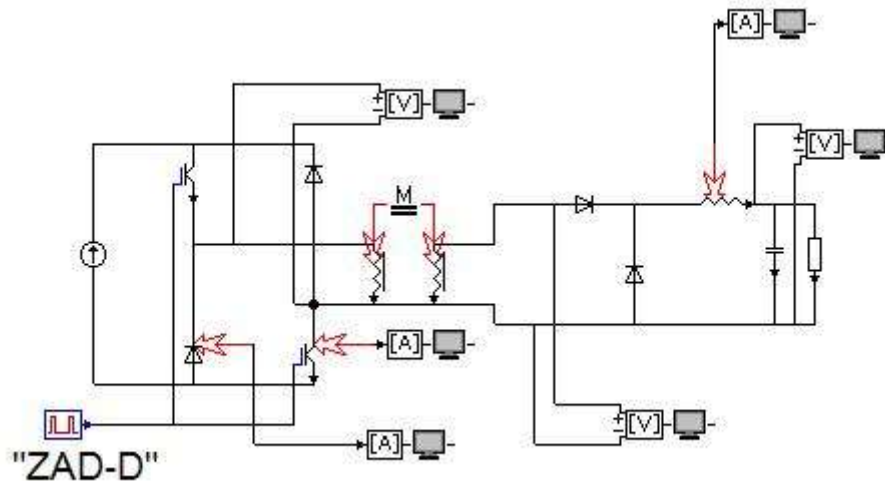
Zadania standardowe

1. Sprawdzić przebiegi prądu w układzie zwracając szczególną uwagę na przebiegi prądu w uzwojeniu pierwotnym transformatora (suma prądów w diodzie D_p i tranzystorze T).
2. Sprawdzić zależność pomiędzy wartością napięcia kondensatora (źródła dodatkowego) a maksymalnym dopuszczalnym współczynnikiem załączenia D (*Uwaga ! Jaki warunek musi być spełniony aby przy maksymalnym współczynniku D układ pracował poprawnie?*).
3. Dla danego maksymalnego współczynnika D (np. 0.75) określić wartość średnią prądu diody D_1 i dobrać wartość rezystora R_z tak by napięcia na kondensatorze C_p utrzymywało się na stałej wartości odpowiadającej temu współczynnikowi. Sprawdzić jak będzie się zmieniało napięcie kondensatora w przypadku zmniejszania współczynnika D .

{ Uwaga! Strzałki w indukcyjnościach reprezentujących uzwojenia wskazują na początki i końce uzwojenia i sposób sprzężenia }

B. STEROWNIK DWUTRANZYSTOROWY Z DIODAMI ZWROTNYMI

Plik źródłowy: **2_AiR2_TRAF2T.SCH**

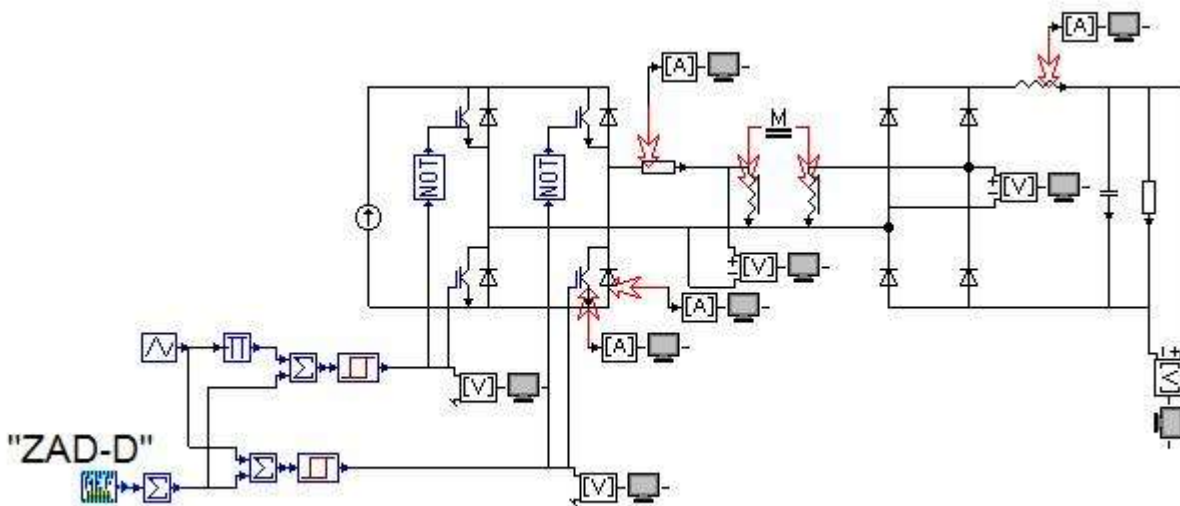


Zadania standardowe:

1. Sprawdzić podstawowe przebiegi w układzie i porównać je uzyskiwanymi w układzie z pkt A
2. Zaobserwować przebiegi prądu w tranzystorach i diodach dla przypadku, gdy współczynnik D przekroczył wartość 0.5.

C. PRZEKSZTAŁTNIK MOSTKOWY

Plik źródłowy: **3_AiR2_TRAF4T.SCH**

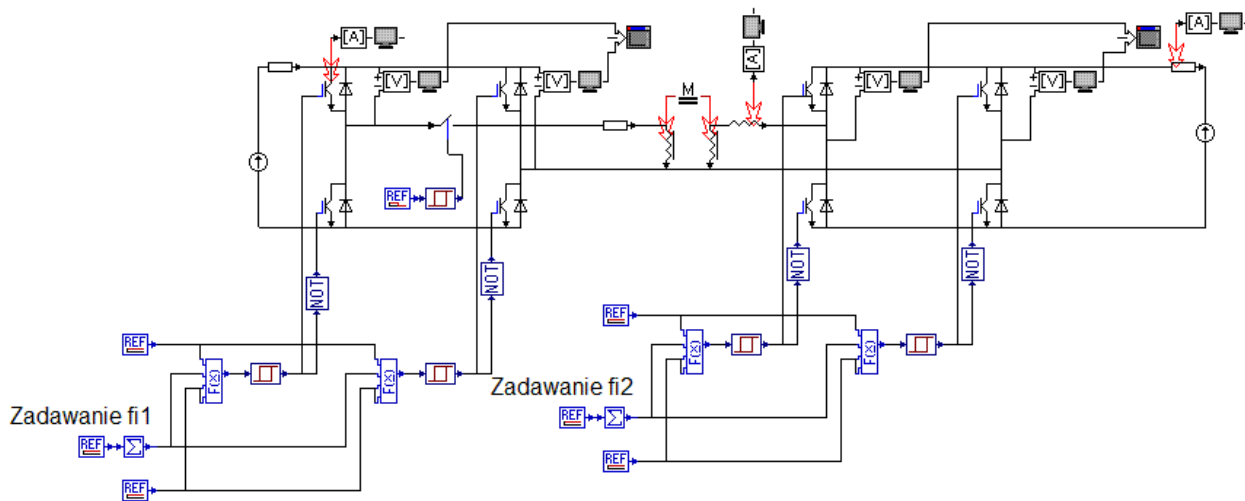


Zadania standardowe:

1. Sprawdzić podstawowe przebiegi napięć i prądów w układzie zwracając uwagę na sposób sterowania gałęziami przekształtnika oraz na przebiegi napięcia i prądu po stronie uzwojenia pierwotnego {
Uwaga: Zadawanie wysterowania w bloku „ZAD-D” przez zmianę współczynnika w zakresie 0...1}

D. PODWÓJNY MOSTEK AKTYWNY –DAB (Dual Active Bridge)

2. Plik źródłowy: **4_AiR2_TRAFDAB.SCH**



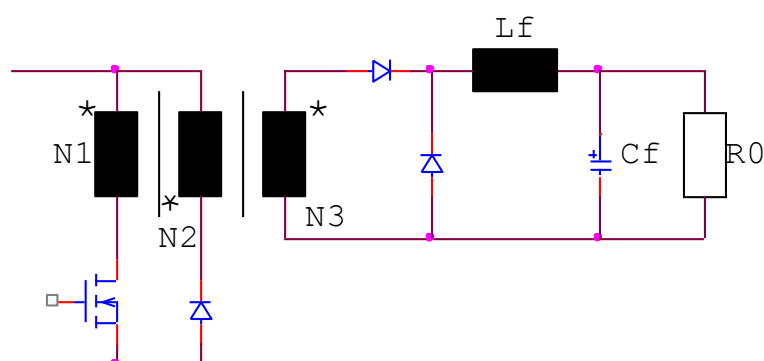
Zadania standardowe:

Sprawdzić podstawowe przebiegi napięć i prądów w układzie zwracając uwagę na sposób sterowania gałęziami przekształtnika oraz na przebiegi napięcia i prądu po stronie uzwojenia pierwotnego { Uwaga: Zadawanie wysterowania w bloku „ZAD” przez zmianę współczynnika w zakresie 0...1 }

3.2. Badania modeli rzeczywistych

Zadania wykonywane na modelach rzeczywistych są przeprowadzane na stanowiskach laboratoryjnych LEYBOLD DIDACTIC GMBH. Pełny opis przeznaczenia i obsługi wykorzystywanych paneli znajduje się przy każdym stanowisku w podstawowej instrukcji do LABORATORIUM TEORII PRZEKSZTAŁTNIKÓW. Poniższy opis odwołuje się do wspomnianej instrukcji i zakłada znajomość elementów w niej opisanych. Dodatkowe układy wykorzystywane w poniższych ćwiczeniach są opisane na końcu tego skryptu w ZAŁĄCZNIKACH.

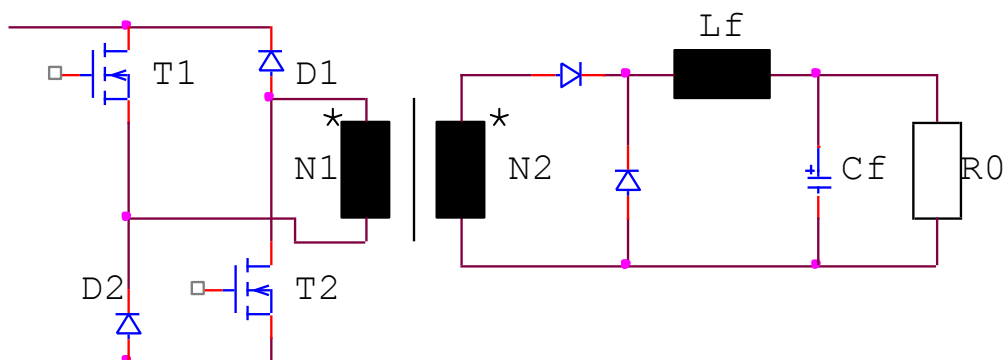
A. STEROWNIK JEDNOTRANZYSTOROWY Z DODATKOWYM UZWOJENIEM ROZMAGNESOWUJĄCYM



Zadania standardowe

1. Połączyć obwód energetyczny przekształtnika, wykorzystując panele: TRANZYSTORA IGBT wraz z obwodem DRC, PANEL Z DWOMA DIODAMI oraz PANEL OBCIĄŻENIA, transformator o podwyższonej częstotliwości ($N_1=N_2=48$ zw, $N_3=7$ zw) oraz inne elementy o zalecanych parametrach $L_f=10 \dots 50\text{mH}$; $C_f=20 \dots 1000\mu\text{F}$; $R_o=30 \dots 300\Omega$. *Należy zwrócić uwagę na kierunek nawinięcia uzwojeń transformatora. Jaka maksymalna wartość może przyjmować współczynnik D jeśli $N_1=N_2$?*
2. Jako zasilanie wykorzystać PANEL ZASILACZA STABILIZOWANEGO o napięciu $U_{wy} = 30\text{V}$ przez odpowiednie połączenie wyjść $+15\text{V}$ -15V . *Należy zachować rozwagę przy doborze parametrów odbiornika tak aby nie przekroczyć dopuszczalnej obciążalności prądowej tego zasilacza ($I_{max} = 2,4\text{A}$)*
3. Zestawić układ sterowania PWM wykorzystując panele: ZASILACZA STABILIZOWANEGO, ZADAJNIKA i UKŁADU STEROWANIA PWM/PFM. *Przy łączeniu układu sterowania PWM należy zadbać o to aby długości przewodów przenoszących sygnały sterujące do tranzystora były możliwie najkrótsze!!!*
4. Uruchomić układ sterowania PWM. Przyjąć częstotliwość przełączeń $f_s=5\text{kHz}$.
5. Zaobserwować przebiegi czasowe napięć uzwojeń transformatora i napięcia odbiornika dla różnych współczynników D i parametrów obciążenia.
6. Wyznaczyć charakterystykę sterowania $U_{oAV}=f(D)$.
7. Określić maksymalną wartość napięcia tranzystora i diody.
8. Dlaczego należy przyjmować podwyższoną częstotliwość przełączeń?
{ Uwaga! Gwiazdki w indukcyjnościach reprezentujących uzwojenia wskazują na początki i końce uzwojenia i sposób sprzężenia }

B. STEROWNIK DWUTRANZYSTOROWY Z DIODAMI ZWROTNYMI



Zadania standardowe

1. Połączyć obwód energetyczny przekształtnika, wykorzystując panele: TRANZYSTORA IGBT wraz z obwodem DRC (2 szt.), PANEL Z DIODĄ (2 szt.), PANEL Z DWOMA DIODAMI oraz PANEL OBCIĄŻENIA, transformator o podwyższonej częstotliwości ($N_1=N_2=48$ zw, $N_3=7$ zw) oraz inne elementy o zalecanych parametrach $L_f=10 \dots 50\text{mH}$; $C_f=20 \dots 1000\mu\text{F}$; $R_o=100 \dots 300\Omega$. *Należy zwrócić*

uwagę na kierunek nawinięcia uzwojeń transformatora. Jaka maksymalna wartość może przyjmować współczynnik D jeśli $N_1=N_2$?

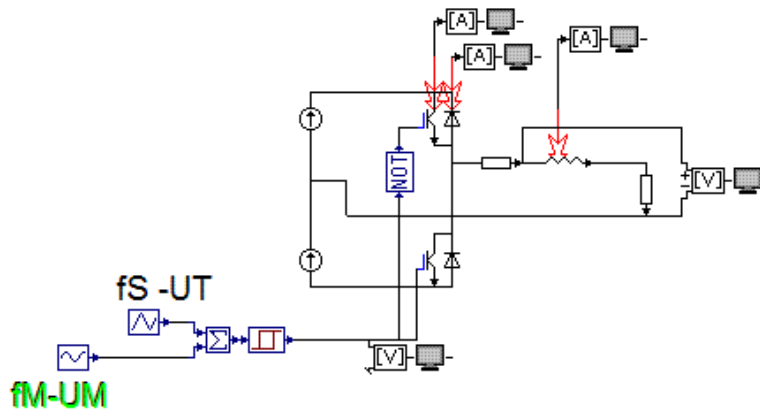
2. Jako zasilanie wykorzystać PANEL ZASILACZA STABILIZOWANEGO o napięciu $U_{wy} = 30V$ przez odpowiednie połączenie wyjść +15V -15V. *Należy zachować rozwagę przy doborze parametrów odbiornika tak aby nie przekroczyć dopuszczalnej obciążalności prądowej tego zasilacza ($I_{max} = 2,4A$)*
3. Zestawić układ sterowania PWM wykorzystując panele: ZASILACZA STABILIZOWANEGO, ZADAJNIKA i UKŁADU STEROWANIA PWM/PFM. *Przy łączeniu układu sterowania PWM należy zadbać o to aby długości przewodów przenoszących sygnały sterujące do tranzystora były możliwie najkrótsze!!!*
4. Uruchomić układ sterowania PWM. Przyjąć częstotliwość przełączeń $f_s=5kHz$.
5. Zaobserwować przebiegi czasowe napięć uzwojeń transformatora, diod, tranzystorów i obciążenia przy różnych R_o , C_f i różnych współczynnikach D. Określić wartości szczytowe napięć tranzystorów i diod. *Do obserwacji przebiegów w układzie należy wykorzystać PANEL POMIAROWY z IZOLOWANYMI KANAŁAMI.*
6. Wyznaczyć charakterystykę obciążenia $U_{oAV}=f(I_o)$ przy kilku wartościach D.

4. FALOWNIKI JEDNO I TRÓJFAZOWE (DC/AC)

4.1. Badania symulacyjne

A. FALOWNIK JEDNOGAŁĘZIOWY

Plik źródłowy: **1_AiR2_FAL1FIG.SCH**

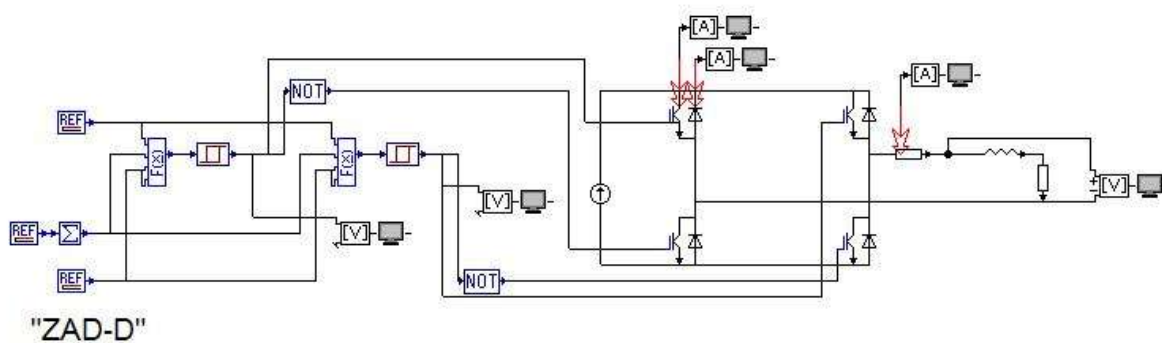


Zadania standardowe:

1. Przy pracy z prostokątną falą napięcia wyjściowego zaobserwować podstawowe przebiegi napięć i prądów w układzie { *Uwaga –sterowanie do fali prostokątnej wymaga ustawienia sygnału w bloku sterowania – TRÓJKĄT na wartości bliskiej 0 (np.0.0001) przy sygnale w bloku SIN większym od 1* }
2. Sprawdzić spektrum napięcia i prądu odbiornika
3. Zmienić sterowanie wprowadzając modulację sinusoidalną { *w bloku „TRÓJKĄT” sygnał ustawić na 1 ustawić na 1 a amplitudę SIN w przedziale 0..1 przy częstotliwości w zakresie 5 – 100 Hz* }
Zaobserwować przebiegi i sprawdzić spektrum prądu i napięcia odbiornika.

B. FALOWNIK MOSTKOWY O STEROWANEJ PROSTOKĄTNEJ FALI NAPIĘCIA WYJŚCIOWEGO

Plik źródłowy: **1_AiR2_FAL1FM.SCH**

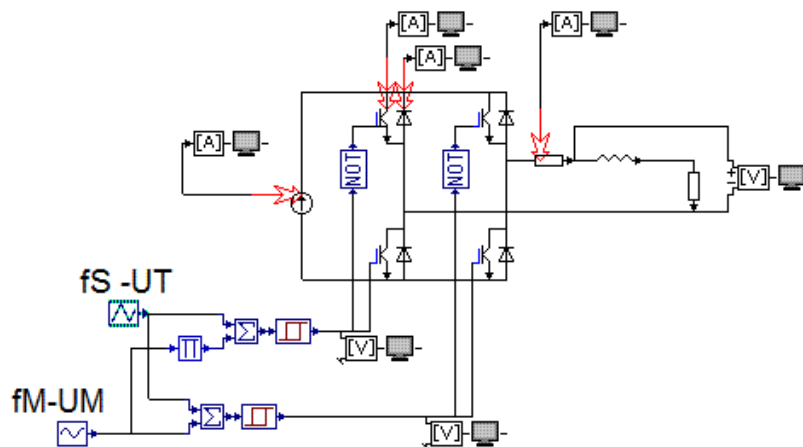


Zadania standardowe:

1. Sprawdzić przebiegi napięć i prądów odbiornika, tranzystorów i diod oraz źródła zasilania dla obciążenia RL i L . Zaobserwować przebiegi dla zmiennego wysterowania {Zmiana współczynnika wysterowania przez zmianę wartości współczynnika w bloku „ZAD-D”}
2. Wyjaśnić zasadę sterowania układu mostkowego z modulacją szerokości impulsów, porównaj ją z innym sposobem zrealizowanym w układzie 3.1 C.
3. Zbadać spektrum napięcia i prądu odbiornika dla kilku wartości współczynnika D
4. Dobrać filtr pasmowy LC typu Γ (gałąź rezonansu szeregowego i gałąź rezonansu równoległego) dostrojoną dla 50 Hz i sprawdź przebiegi napięć i prądów dla tego przypadku

C. FALOWNIK JEDNOFAZOWY MOSTKOWY Z MODULACJA SZEROKOŚCI IMPULSÓW (PWM)

Plik źródłowy: **1_AiR2_FAL1FM_PWM.SCH**

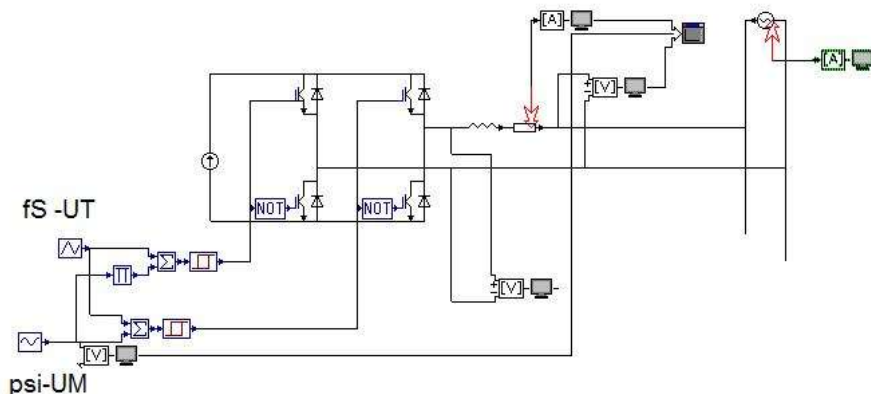


Zadania standardowe:

1. Sprawdzić przebiegi prądów i napięć odbiornika przy modulacji sinusoidalnej i porównać z tymi , które występowały w falowniku z punktu A.
2. Zmierzyć i porównać spektrum napięcia i prądu odbiornika

D. FALOWNIK 1-FAZOWY SIECIOWY PWM

Plik źródłowy: **1_AiR2_FAL1FM_L_PWM.SCH**

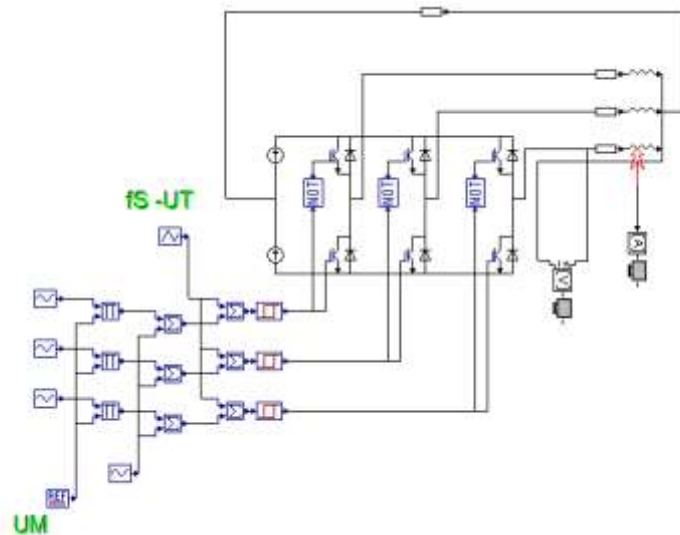


Zadania standardowe:

1. Zaobserwować przebiegi napięć i prądów źródła reprezentującego sieć. Sprawdzić spektrum prądu i napięcia dla kilku częstotliwości ustawianych w bloku „fS-UT”
2. Sprawdzić jak na przebieg prądu, wartość mocy czynnej i wartość współczynnika mocy wpływa kąt „psi” oraz amplituda podstawowej harmonicznego napięcia formowanego na wejściu AC falownika

D. FALOWNIK TRÓJFAZOWY PWM

Plik źródłowy: **1_AiR2_FAL3F_PWM.SCH**

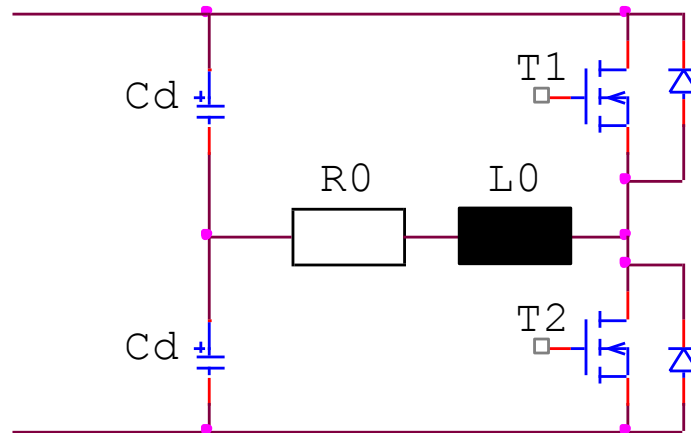


Zadania standardowe:

1. Zaobserwować przebiegi napięć i prądów odbiornika dla przypadku gdy sygnał modulujący jest pozbawiony 3-ciej harmonicznego i wtedy gdy trzecia harmoniczna jest różna od zera (należy nastawić $UM3= 0.15$). Sprawdzić spektrum prądu i napięcia dla kilku częstotliwości ustawianych w bloku „fS-UT. jaką największą wartość podstawowej harmonicznego możemy ustawić z i bez 3-ciej harmonicznego nie powodując pojawienia się harmonicznego niskich rzędów
2. Sprawdzić jak na przebieg napięcia i prądu odbiornika wpływa połączenie punktu neutralnego odbiornika z środkowym potencjałem źródła zasilającego (zmienić wartość rezystancji opornika łączącego z bardzo dużej na bardzo małą)

4.2. Badania modeli rzeczywistych

A. FALOWNIK JEDNOGAŁĘZIOWY BEZ MODULACJI

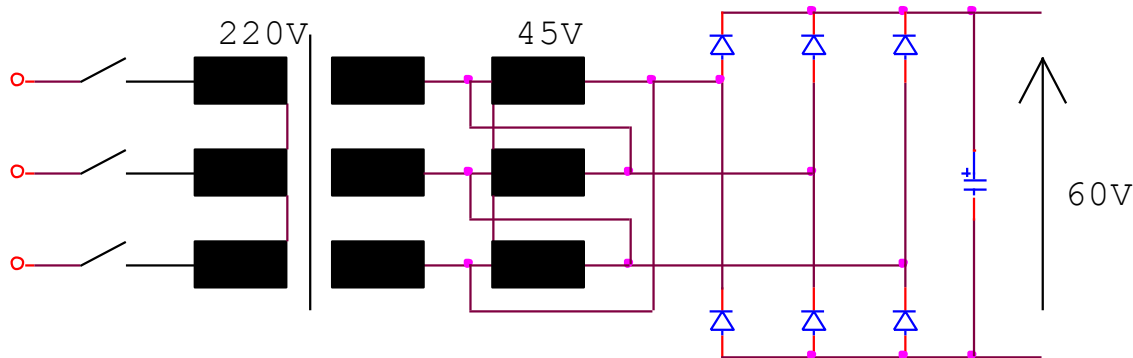


Zadania standardowe

1. Połączyć obwód energetyczny przekształtnika, wykorzystując panele: TRANZYSTORA IGBT wraz z obwodem DRC (2 szt.), PANEL Z KONDENSATORAMI oraz PANEL OBCIĄŻENIA, Zalecane parametry elementów: $C_d=1000\mu\text{F}$; $L_o=10 \dots 50\text{mH}$; $R_o=0 \dots 300\Omega$.
2. Jako zasilanie wykorzystać PANEL z TRANSFORMATOREM TRÓJFAZOWYM, którego uzwojenia połączyć tak aby napięcie $U_{wy} = 60\text{V}$. Rysunek przedstawiający sposób połączenia znajduje się w instrukcji podstawowej LABORATORIUM TEORII PRZEKSZTAŁTNIKÓW, oraz na końcu tego ćwiczenia.
3. Zestawić układ sterowania **bez modulacji** wykorzystując panele: ZASILACZA STABILIZOWANEGO, GENERATORA PRZEBIEGÓW FUNKCYJNYCH, KONWERTERA SYGNAŁU BIPOLARNEGO NA UNIPOLARNY (opis w ZAŁĄCZNIKU). *Przy łączeniu układu sterowania należy zadbać o to aby długości przewodów przenoszących sygnały sterujące do tranzystora były możliwie najkrótsze!!!*

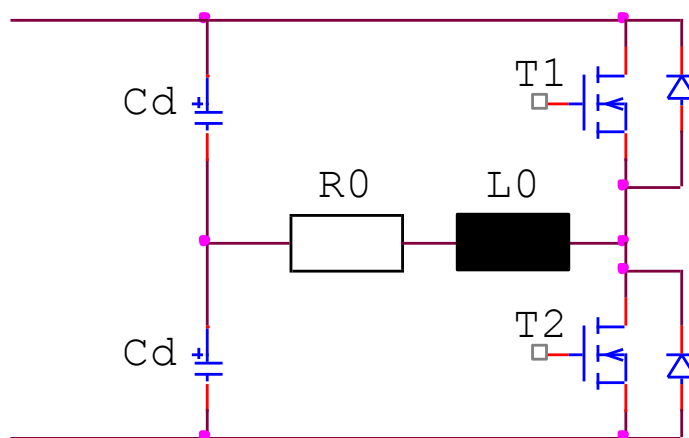
UWAGA: JEDNOCZESNE ZAŁĄCZENIE OBU TRANZYSTORÓW MOŻE SPOWODOWAĆ ZNISZCZENIE TYCH ELEMENTÓW!!!

4. Uruchomić układ sterowania PWM. Przyjąć częstotliwość przełączeń $f_s=3\text{kHz}$.
5. Przeprowadzić obserwację przebiegów czasowych prądu i napięcia odbiornika przy prostokątnym (niemodulowanym, o częstotliwości niskiej, np. 50Hz) przebiegu czasowym napięcia wyjściowego falownika. Obserwację przeprowadzić dla różnych parametrów obwodu obciążenia.
6. Zaobserwować przebiegi czasowe napięć na tranzystorach oraz na odbiorniku przy różnych L_o i R_o .



Sposób połączenia układu zasilającego na napięcie 60 V DC

B. FALOWNIK JEDNOGAŁĘZIOWY Z MODULACJĄ SINUSOIDALNĄ PWM



Zadania standardowe

1. Połączyć obwód energetyczny przekształtnika, wykorzystując panele: TRANZYSTORA IGBT wraz z obwodem DRC (2 szt.), PANEL Z KONDENSATORAMI oraz PANEL OBCIĄŻENIA, Zalecane parametry elementów: $C_d=1000\mu\text{F}$; $L_o=10 \dots 50\text{mH}$; $R_o=0 \dots 300\Omega$.
2. Jako zasilanie wykorzystać PANEL z TRANSFORMATOREM TRÓJFAZOWYM, którego uzwojenia połączyć tak aby napięcie $U_{wy} = 60\text{V}$.
3. Zestawić układ sterowania z modulacją sinusoidalną wykorzystując panele: ZASILACZA STABILIZOWANEGO, GENERATORA PRZEBIEGÓW FUNKCYJNYCH, KONWERTERA SYGNAŁU BIPOLARNEGO NA UNIPOLARNY (opis w ZAŁĄCZNIKU) i UKŁADU STEROWANIA PWM/PFM. *Przy łączeniu układu sterowania PWM należy zadbać o to aby długości przewodów przenoszących sygnały sterujące do tranzystora były możliwie najkrótsze!!!*

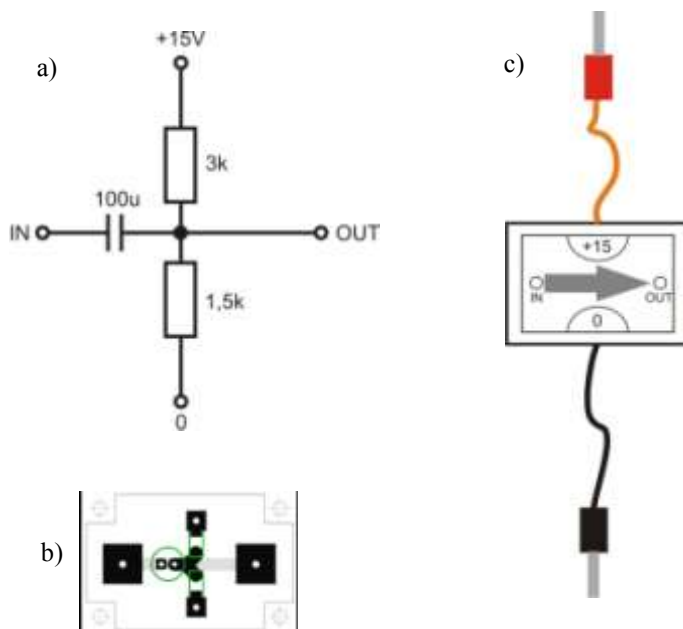
UWAGA: JEDNOCZESNE ZAŁĄCZENIE OBU TRANZYSTORÓW MOŻE SPOWODOWAĆ ZNISZCZENIE TYCH ELEMENTÓW!!!

4. Uruchomić układ sterowania PWM. Przyjąć częstotliwość przełączeń $f_s=3\text{kHz}$.
5. Przeprowadzić obserwację przebiegów czasowych prądu i napięcia odbiornika przy sterowaniu metodą modulacji sinusoidalnej (PWM) przebiegu czasowego napięcia wyjściowego falownika. Obserwację przeprowadzić dla różnych parametrów obwodu obciążenia.
6. Zaobserwować przebiegi czasowe napięć na tranzystorach oraz na odbiorniku przy różnych L_o i R_o .

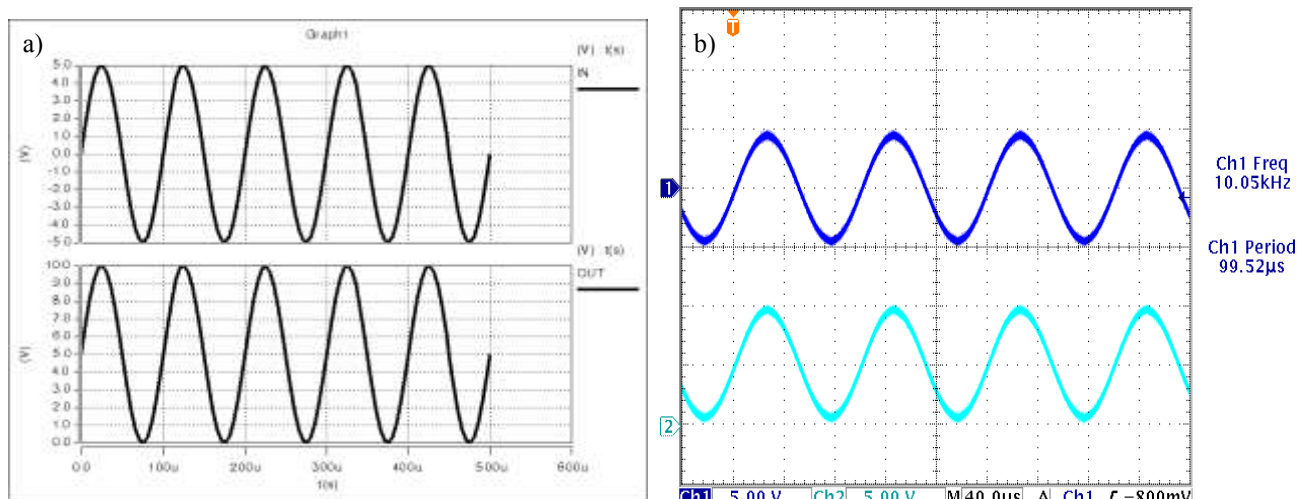
5. ZAŁĄCZNIKI

A. KONWERTER SYGNAŁU BIPOLARNEGO NA UNIPOLARNY

W skład układu konwertera wchodzi dwa rezystory stanowiące dzielnik napięcia zasilania układu (15V) oraz kondensator 100uF stanowiący filtr składowej stałej (rys. 1a). Wspomniane elementy wraz z wtykami laboratoryjnymi zostały umieszczone na specjalnie do tego celu wykonanym obwodzie drukowanym (rys. 1b), a następnie całość układu została umieszczona w obudowie PP85NA o wymiarach 23,5x33,5x16mm oraz zalana klejem termotopliwym, co zapewni trwałość konstrukcji i odporność na wszelkie uszkodzenia mechaniczne. Obudowa została opisana poprzez wykonanie nalepki informującej o sposobie podłączenia do urządzenia (rys. 1c). Napięcie zasilania układu doprowadzono za pomocą dwóch przewodów oznaczonych odpowiednio za pomocą kolorów (czerwony „+15V”, czarny „0”) oraz nalepek.

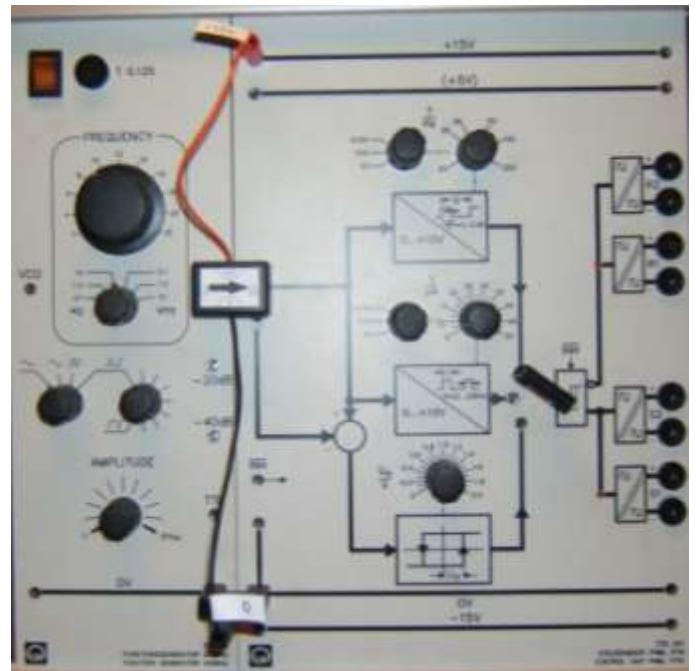


Rysunek 1: Układ konwertera napięcia sygnału sterującego a) schemat układu b) projekt obwodu drukowanego c) projekt wykonawczy układu



Rysunek 2: Oscylogramy prezentujące zasadę działania układu a) symulacja b) rzeczywisty układ

Układ został przystosowany do montażu bezpośrednio do panela generatora oraz sterownika PWM poprzez dwa wtyki laboratoryjne umieszczone z tyłu obudowy konwertera. Zasilanie układu zależy doprowadzić za pomocą wcześniej wspomnianego przewodu czerwonego (+15V) i czarnego (0). Na rysunku 3 zaprezentowano sposób montażu konwertera. Należy pamiętać o prawidłowym przyporządkowaniu sygnału wejściowego do pinu oznaczonego jako „IN” oraz wyjściowego do „OUT”. O poprawności wykonania połączenia informuje strzałka umieszczona na obudowie konwertera, która powinna być skierowana w stronę sterownika PWM (rys. 3).



Rysunek 3: Widok poglądowy montażu konwertera

B. PANEL Z DWOMA DIODAMI

Poniższy panel został wyposażony w diody typu HFA50PA60C (600V/2x25A), które umożliwią wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych z przekształtnikami transformatorowymi. Wyprowadzenia zostały tak umieszczone, aby umożliwić najlepszą drogę połączenia z transformatorem. W zależności od wytycznych dot. danego ćwiczenia laboratoryjnego istnieje możliwość połączenia układu z jednym uzwojeniem (N4) bądź z szeregowo połączonymi uzwojeniami N3 oraz N4. Widok panelu przedstawia rysunek 4.

Rysunek 4: Panel z dwoma diodami

