



Politechnika Wroclawska

Prototypowanie systemów sterowania

Prowadzący:

dr hab. inż. Mateusz Dybkowski, prof. uczelni

mgr inż. Szymon Bednarz

Opracował:

mgr inż. Szymon Bednarz, dr hab. inż. Mateusz Dybkowski, prof. uczelni

Laboratorium nr 2

Prototypowanie układów sterowania przekształtników energoelektronicznych metodą Model-in-the-Loop w środowisku PSIM.

Uwaga! Studenci dysponują licencją na oprogramowanie PSIM 12.0.3 (wersja studencka), niniejsza instrukcja opisuje oprogramowanie dostępne w Laboratorium.

1. Wprowadzenie

Celem zajęć jest praktyczne zapoznanie się z metodą Model-in-the-Loop na przykładzie projektowania układów sterowania przekształtników energoelektronicznych takich jak prostowniki i sterowniki prądu przemiennego. W tym celu zastosowane zostanie dedykowane oprogramowanie PSIM.

2. Oprogramowanie PSIM

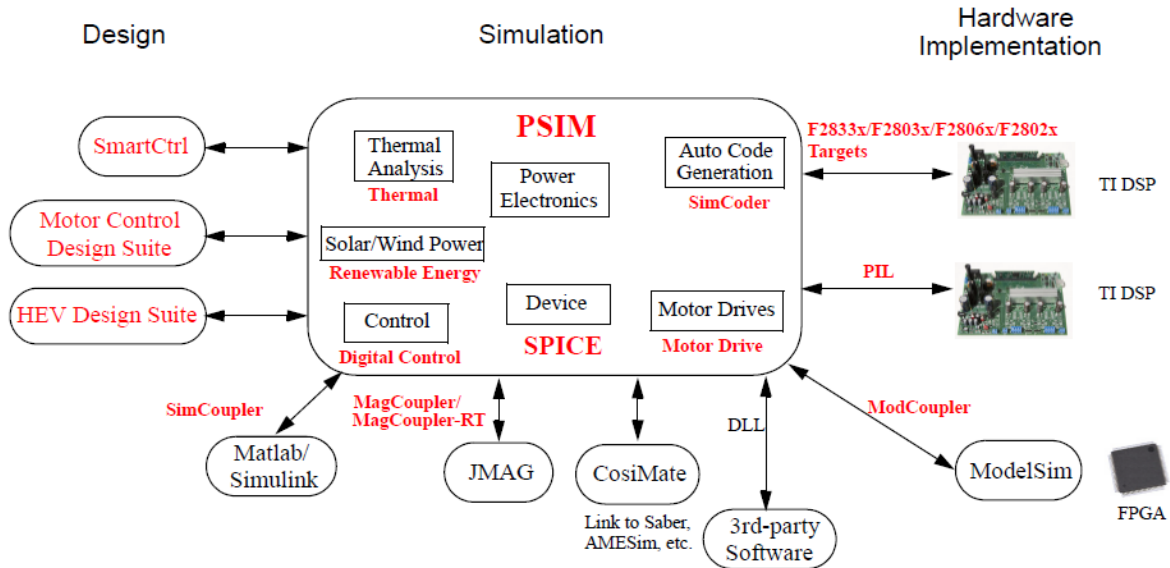
a. Podstawowe informacje

PSIM jest to środowisko symulacyjne firmy Powersim dedykowane szczególnie dla układów energoelektronicznych, układów napędowych oraz systemów przetwarzających energię. Ponadto możliwe jest projektowanie dowolnych układów elektrycznych/elektronicznych. Oprogramowanie to jest używane przez wiele firm i instytucji takich jak: NASA, SAMSUNG, LG, CAT etc. Ponadto oprogramowanie znajduje szerokie zastosowanie w dydaktyce. Program posiada bogatą wbudowaną bibliotekę elementów co umożliwia projektowanie szerokiej gamy układów. Ponadto istnieje możliwość rozszerzenia możliwości oprogramowania o dodatkowe dedykowane moduły:

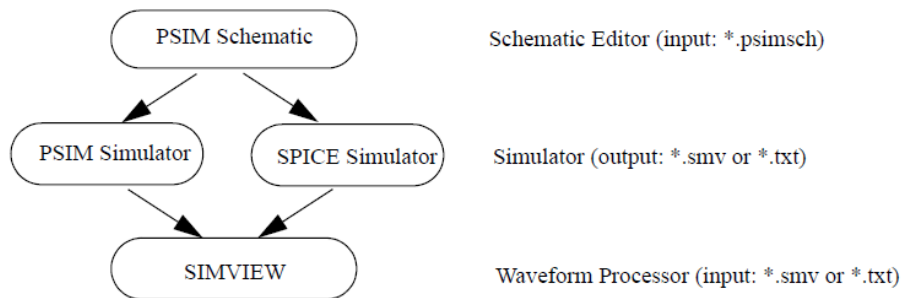
- **Motor Drive Module** (układy napędowe),
- **Digital Control Module** (układy sterowania cyfrowego),
- **SimCoupler Module** (co-symulacja z oprogramowaniem MATLAB/Simulink),
- **Thermal Module** (obliczanie strat cieplnych w urządzeniach półprzewodnikowych i innych),
- **Renewable Energy Module** (układy związane z energią odnawialną – turbiny wiatrowe, panele słoneczne, baterie, superkondensatory),
- **SimCoder Module** (automatyczne generowanie kodu, w tym na układy DSP Texas Instruments serii F28xxx),
- **PIL Module** (przeprowadzanie co-symulacji Processor-in-the-Loop),

- **MagCoupler** Module (co-symulacja z oprogramowaniem JMAG do analizy pola elektromagnetycznego),
- **HEV Design Suite** (projektowanie hybrydowych pojazdów elektrycznych).

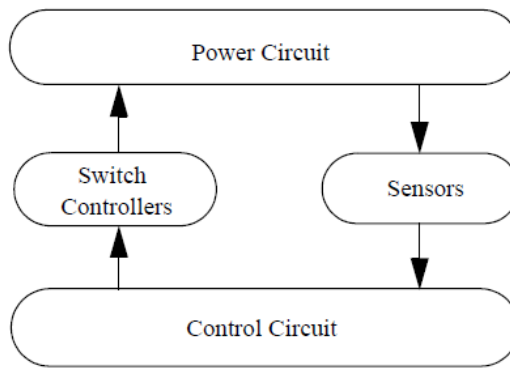
Wraz z dodatkowym oprogramowaniem środowisko PSIM jest platformą umożliwiającą prototypowanie systemów sterowania począwszy od symulacji do implementacji algorytmu na sprzęcie:



Obecne wersje oprogramowania PSIM składają się z edytora schematów (PSIM Schematic), dwóch podprogramów do przeprowadzania symulacji (PSIM Simulator, SPICE Simulator) oraz SIMVIEW do analizy i przetwarzania otrzymanych sygnałów.



Natomiast w strukturze tworzonych systemów można wyróżnić 4 główne kategorie bloków:



- **Power Circuit** (obwody mocy).
- **Control Circuit** (obwody sterowania).
- **Sensors** (czujniki, przetworniki pomiarowe).
- **Switch Controllers** (regulatory urządzeń przełączających).

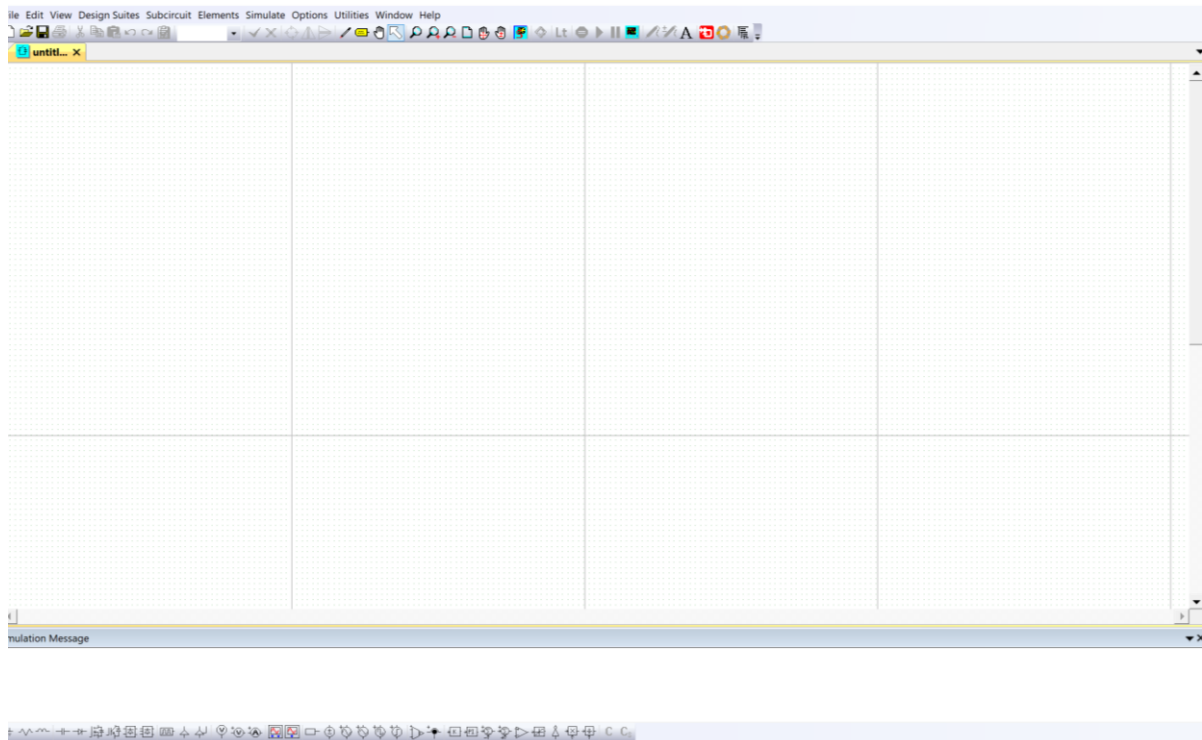
b. Projektowanie i analiza obwodu R z diodą półprzewodnikową

Tworzenie układu można podzielić na kilka kroków:

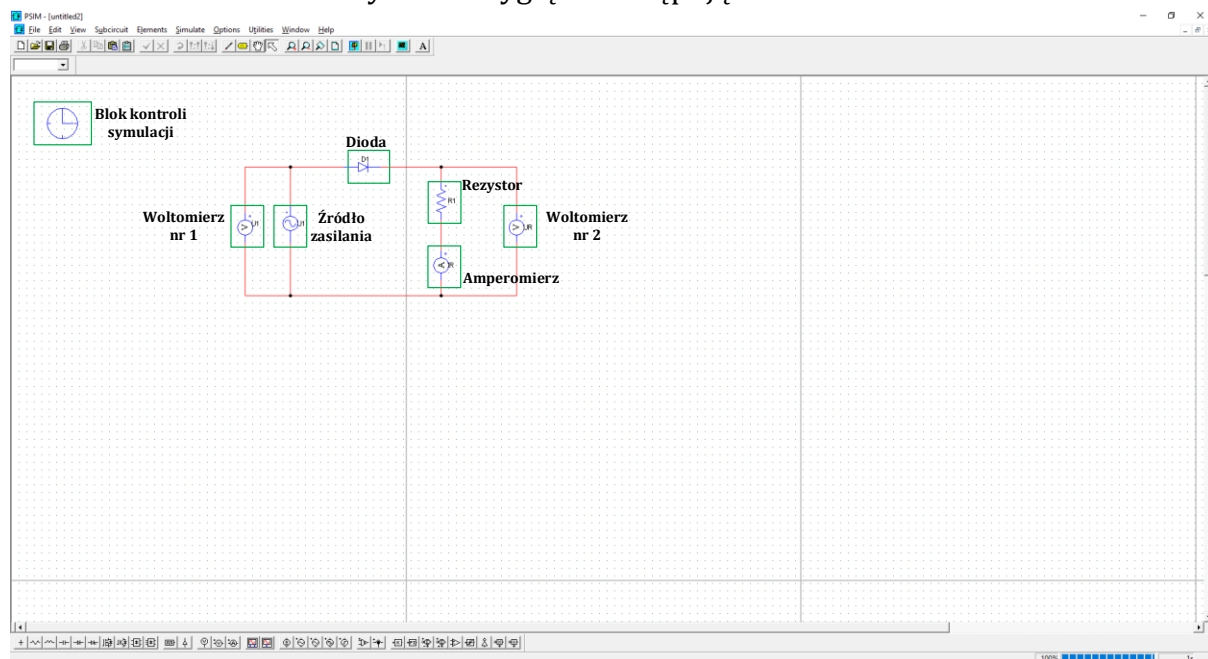
I. Utworzenie nowego projektu (File -> New)

Pojawia się okno główne programu:






Natomiast docelowy układ wygląda następująco:

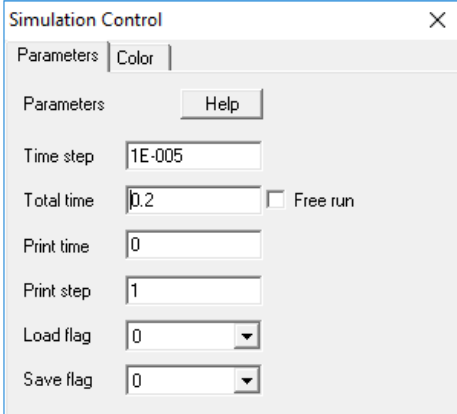
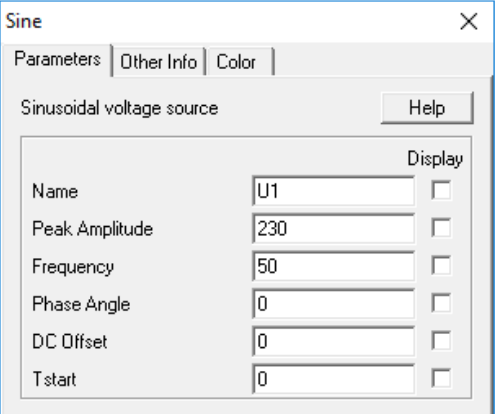

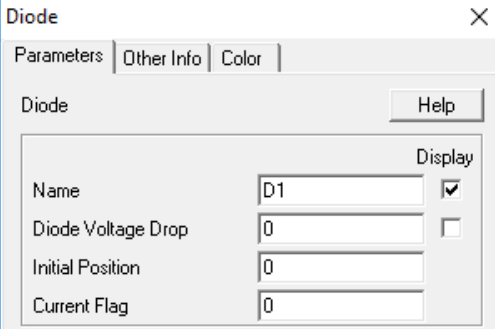
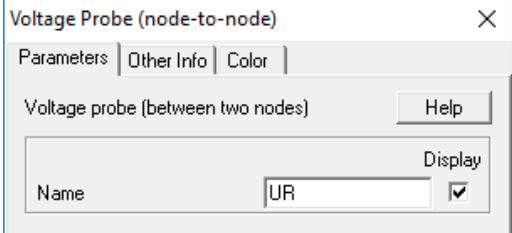
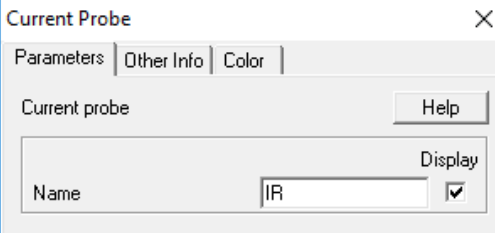


- II. Wstawienie bloku kontroli symulacji (Simulate -> Simulation Control).
- III. Wstawienie odpowiednich bloków:
 - **źródło zasilania**: Elements -> Source -> Voltage -> Sine,
 - **rezystor**: Elements -> Power -> RLC Branches,
 - **dioda**: Elements -> Power -> Switches -> Diode,
 - **amperomierz**: Elements -> Other -> Probes -> Current Probe,
 - **woltomierz**: Elements -> Other -> Probes -> Voltage Probe (node-to-node).
- IV. Łączenie elementów

W celu połączenia elementów należy z paska narzędzi wybrać: . Elementy łączy się od węzła do węzła.

V. Zmiana parametrów elementów

W celu zmiany parametrów elementu należy dwukrotnie w niego kliknąć. Na rysunkach poniżej przedstawiono docelowe parametry poszczególnych elementów układu.

<p>Blok kontroli symulacji</p>  <p>Simulation Control</p> <p>Parameters Color</p> <p>Parameters Help</p> <p>Time step 1E-005</p> <p>Total time 0.2 <input type="checkbox"/> Free run</p> <p>Print time 0</p> <p>Print step 1</p> <p>Load flag 0</p> <p>Save flag 0</p>	<p>Źródło zasilania</p>  <p>Sine</p> <p>Parameters Other Info Color</p> <p>Sinusoidal voltage source Help</p> <p>Name U1 <input type="checkbox"/></p> <p>Peak Amplitude 230 <input type="checkbox"/></p> <p>Frequency 50 <input type="checkbox"/></p> <p>Phase Angle 0 <input type="checkbox"/></p> <p>DC Offset 0 <input type="checkbox"/></p> <p>Tstart 0 <input type="checkbox"/></p>
<p>Rezystor</p>  <p>Resistor</p> <p>Parameters Other Info Color</p> <p>Resistor Help</p> <p>Name R1 <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Resistance 2 <input type="checkbox"/></p> <p>Current Flag 0</p>	<p>Dioda</p>  <p>Diode</p> <p>Parameters Other Info Color</p> <p>Diode Help</p> <p>Name D1 <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Diode Voltage Drop 0 <input type="checkbox"/></p> <p>Initial Position 0</p> <p>Current Flag 0</p>
<p>Woltomierz nr 2</p>  <p>Voltage Probe (node-to-node)</p> <p>Parameters Other Info Color</p> <p>Voltage probe (between two nodes) Help</p> <p>Name UR <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Amperomierz</p>  <p>Current Probe</p> <p>Parameters Other Info Color</p> <p>Current probe Help</p> <p>Name IR <input checked="" type="checkbox"/></p>

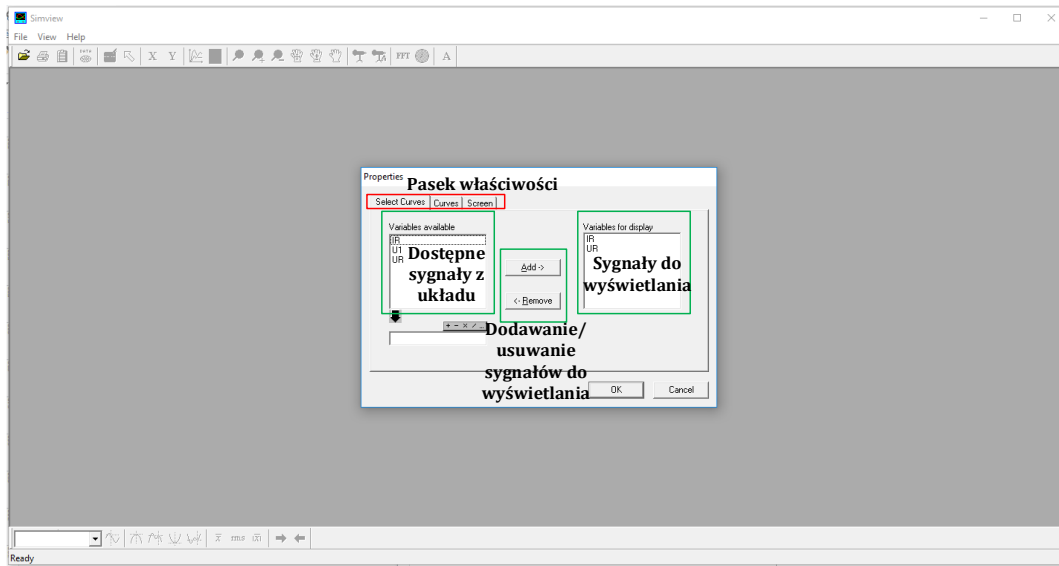
VI. Uruchomienie symulacji



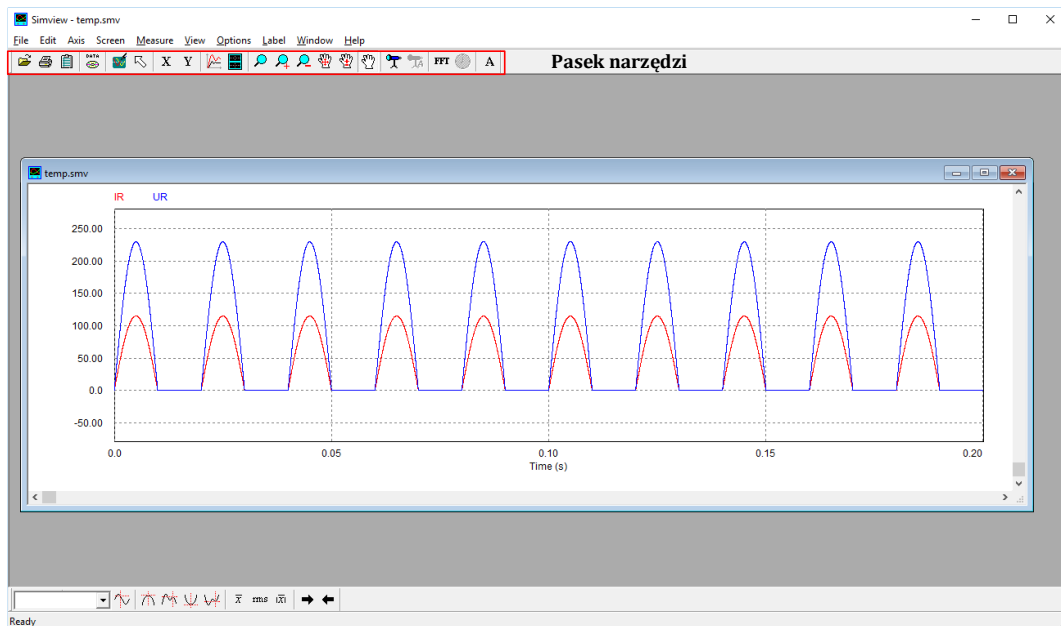
W celu uruchomienia symulacji należy z paska narzędzi wybrać:
lub wybrać z zakładki **Simulate** opcję **Run Simulation**


VII. Analiza sygnałów z układu z wykorzystaniem SIMVIEW

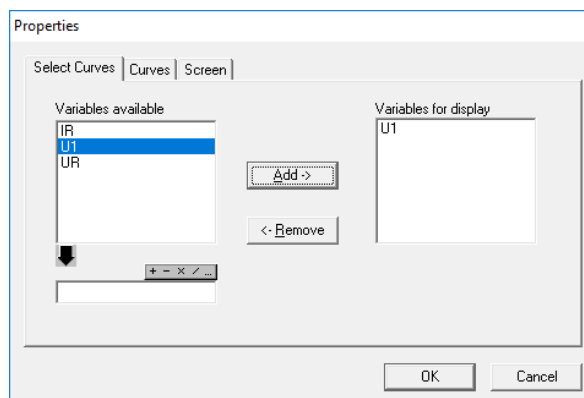
Jeżeli symulacja przebiegła poprawnie po jej zakończeniu automatycznie pojawia się okno podprogramu SIMVIEW.



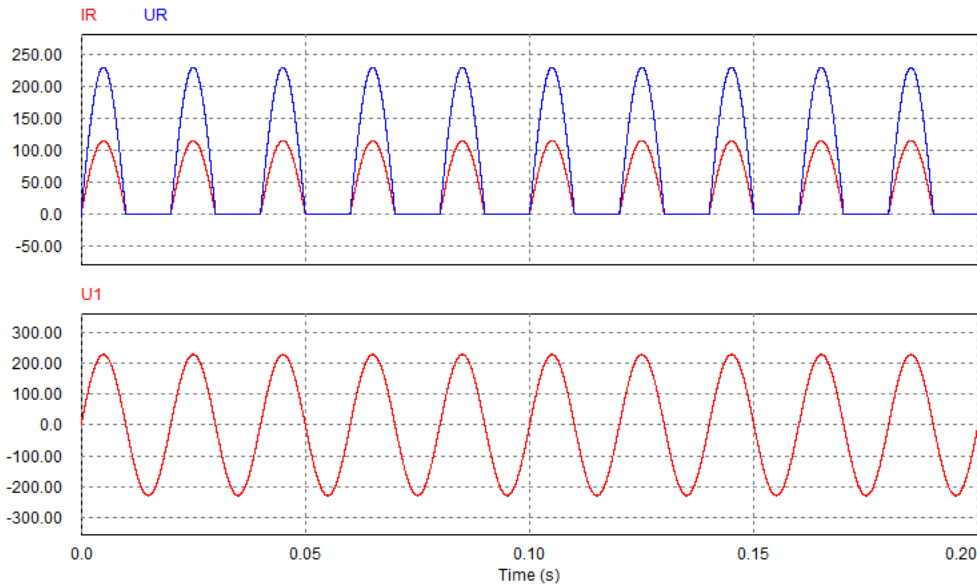
W pierwszym kroku należy wybrać odpowiednie zmienne do wyświetlenia (zaznaczenie odpowiednich nazw i kliknięcie przycisku **Add**). Po zaakceptowaniu konfiguracji przyciskiem **Ok** pojawia się okno SIMVIEW z przebiegami wybranych zmiennych i uaktywnionym paskiem narzędzi pozwalających między innymi na zapis obrazu do schowka, przeladowanie danych, przeladowanie rysunku, skalowanie osi, dodawanie zmiennych i dodatkowych ekranów, przybliżanie/oddalanie przebiegów.



W celu dodania kolejnego ekranu należy kliknąć: . A następnie wybrać interesujące zmienne:



Poniżej przedstawiono przebiegi wybranych zmiennych na dwóch oddzielnych ekranach (wklejone schowka do programu Word):



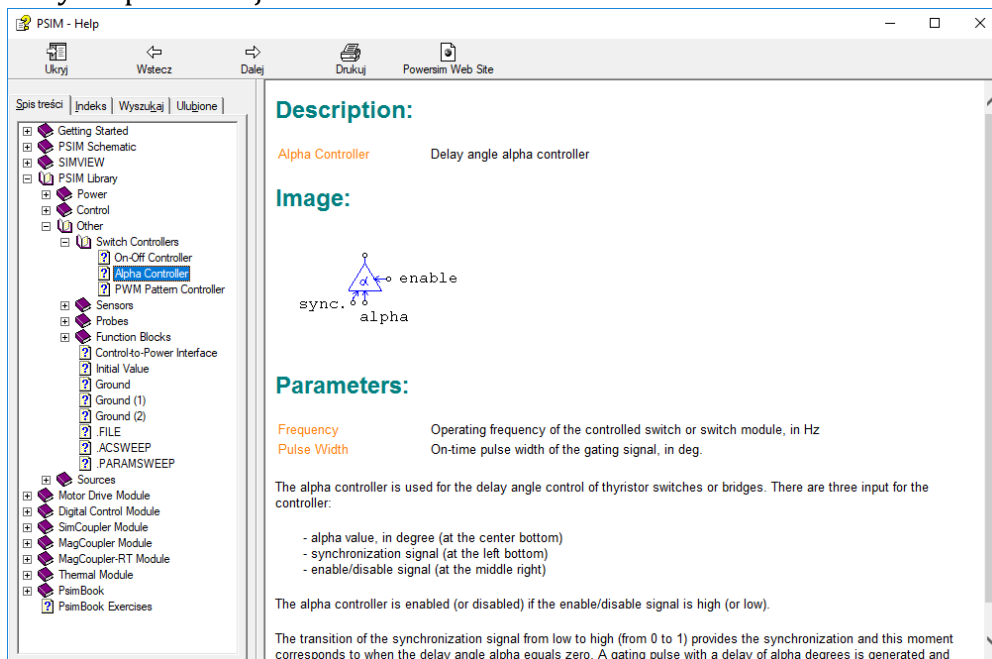
UWAGA! W wersji 12.0.3 do dyspozycji jest znacznie więcej funkcji w zakresie obsługi wykresów.

c. Projektowanie i analiza obwodu R z tyrystorem

Proces projektowania i analizy układu wygląda analogicznie jak w przykładzie poprzednim. Jedyną różnicą jest zamiana diody (element niesterowany) na tyrystor (element sterowany): Elements -> Power -> Switches -> Thyristor.

Ponadto w systemie tym istnieje konieczność budowy układu sterowania kątem załączenia tyrystora. Do sterowania kątem załączenia zastosowany zostanie dedykowany blok (kontroler alfa): Elements -> Others -> Switch Controllers -> Alpha Controller.

W opisie bloku (Help) można znaleźć szczegółową specyfikację bloku, wraz ze szczegółowym opisem wejść:



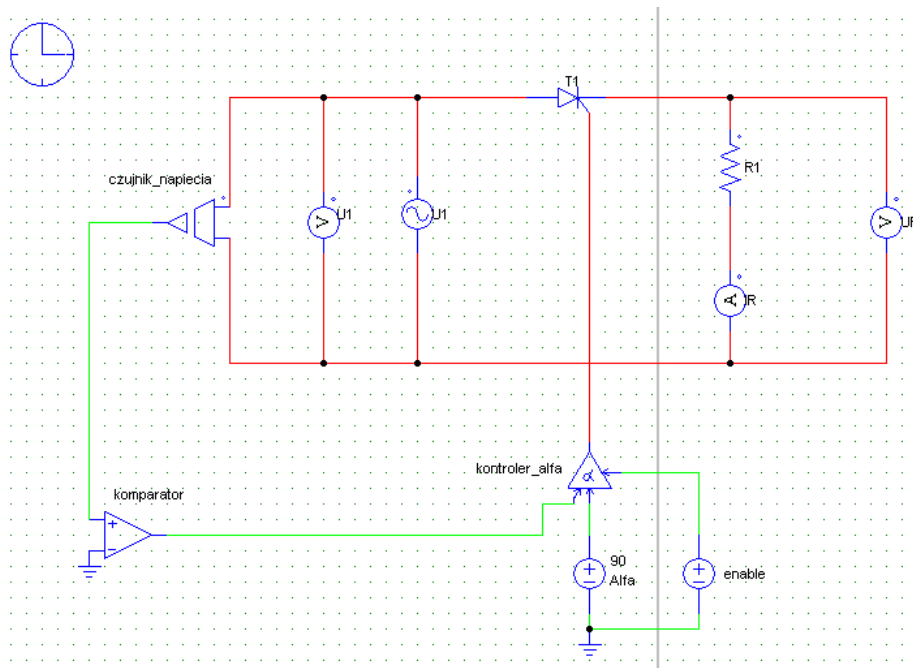
Do poprawnego działania układu konieczna jest synchronizacja układu sterowania z układem zasilania. Sygnał synchronizujący podłączony jest do wejścia *sync*.. Do synchronizacji zostały wykorzystane zostaną 3 bloki:

- **czujnik napięcia** -> Elements -> Other -> Sensors -> Voltage Sensor,
- **komparator** -> Elements -> Control -> Comparator,
- **masa** -> Elements -> Other -> Ground.

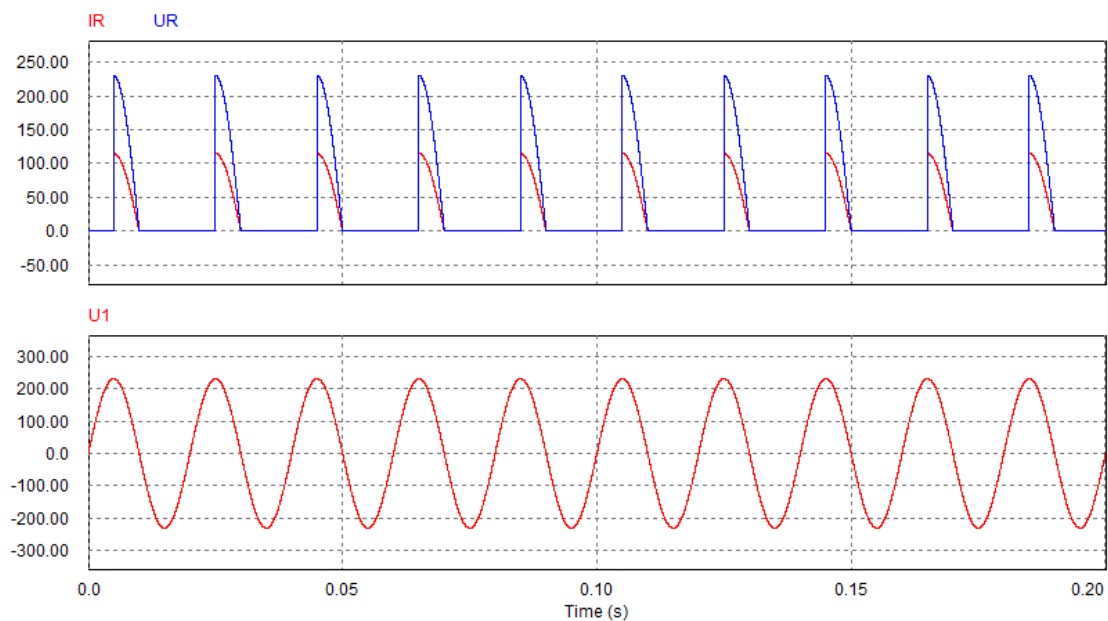
Do zadawania wartości kąta załączenia zastosowane zostanie źródło napięcia stałego:

- **zadajnik** -> Elements -> Source -> Voltage -> DC.

Sygnał zezwolenia *enable* również można uzyskać ze źródła napięciowego. Wygląd docelowego układu:



Można zauważyć, że obwody mocy oznaczone są przez program kolorem czerwonym a obwody sterujące kolorem zielonym. Poniżej przedstawiono uzyskane przebiegi sygnałów dla kąta załączenia 90 stopni:



3. Zadania do wykonania:

- I. Modelowanie i symulacje prostownika dwupulsowego mostkowego niesterowanego (4D) i sterowanego (4T).
- II. Modelowanie i symulacje prostownika sześciopulsowego niesterowanego (6D) i sterowanego (6T).
- III. Modelowanie i symulacje jednofazowego sterownika prądu przemiennego.

Działanie układów przeanalizować dla różnych scenariuszy testowych (rodzajów obciążenia, wartości kątów załączenia tyrystorów).

Literatura:

- [1] Nowak M., Barlik. M, *Poradnik inżyniera energoelektronika 1*, Warszawa, WNT, 2014.
- [2] Pawlaczyk L., Załoga Z., *Energoelektronika: ćwiczenia laboratoryjne*, Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2005.
- [3] materiały z kursu: Energoelektronika.
- [4] www.powersimtech.com/products/psim