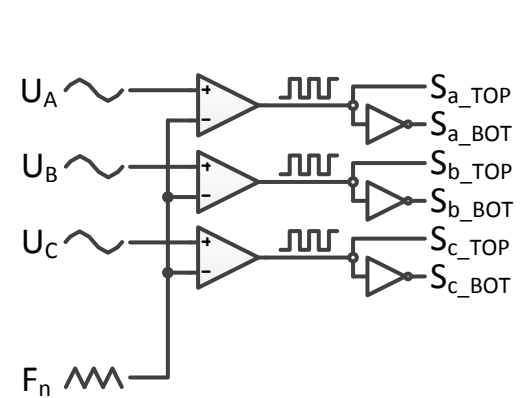
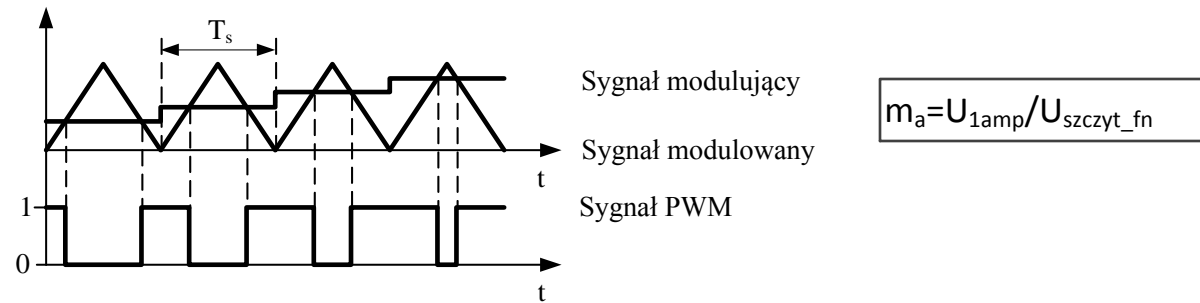


Sygnal modulujący podany na wejście układu modulującego (modulatora) razem z sygnałem modulowanym pozwala na uzyskanie na wyjściu układu modulującego falę prostokątną o zmiennym czasie impulsów tej fali (sygnal PWM - Pulse Width Modulation). Ten typ modulacji nazywany jest modulacją szerokości impulsów (MSI).

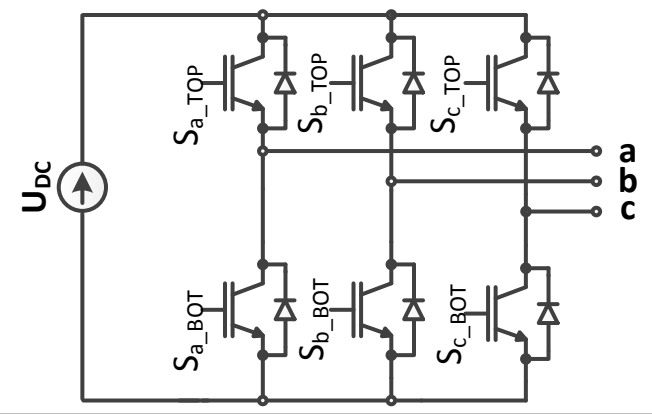
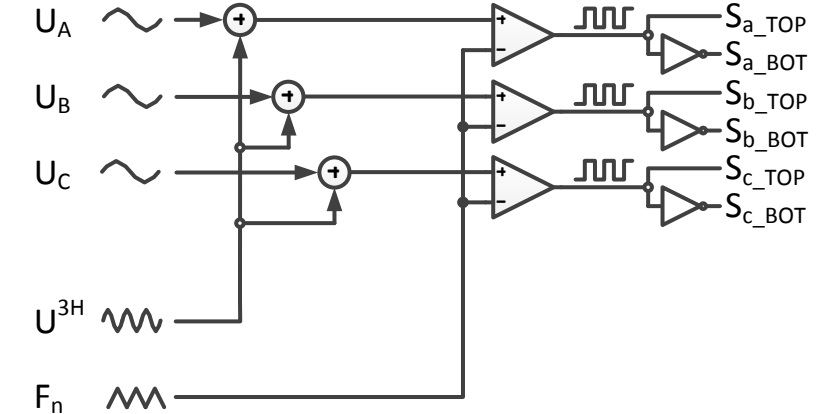
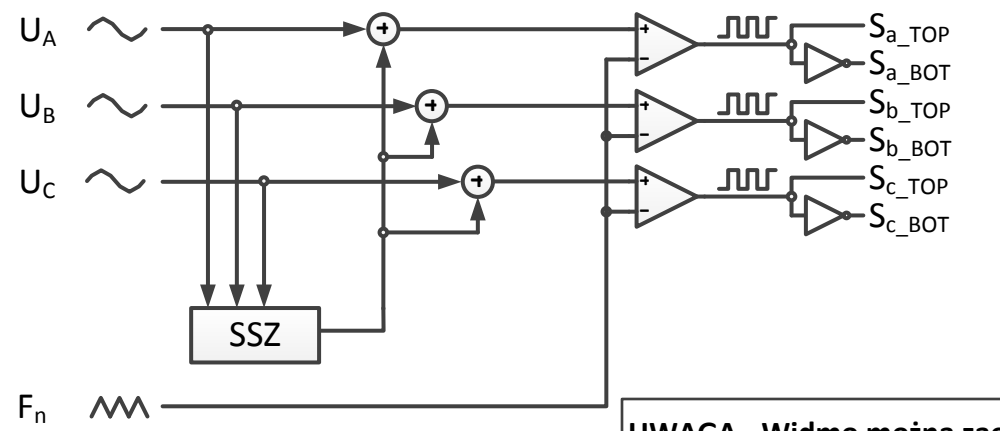


Sinusoidal PWM (SPWM) – Sinusoidalna MSI

Third Harmonic Injection PWM (THIPWM) - MSI z dodaną 3-cią harmoniczną

Zero-Sequence Injection PWM (ZSIPWM) – MSI z dodaną składową zerową

Space Vecto Modulation PWM – MSI z modulacją wektora przestrzennego



UWAGA - Widmo można zaobserwować wykorzystując oscyloskop z biblioteki PLECS: PLECS->Scope. Czwartha/Piąta ikona od prawej strony to „Fourier spectrum”. Pola: f-częstotliwość harmoniczej podstawowej, N-liczba współczynników szeregu Fouriera, Mag - skalowanie

Zadania do wykonania

1.1. Zbudować modulator MSI (PWM) na którego wejście podany jest sygnał $y(t) = \sin(\omega t) + \sin(3\omega t) + \sin(5\omega t + 2/3\pi) + \sin(10\omega t)$; ($\omega = 10\pi, 50\pi, 100\pi$).

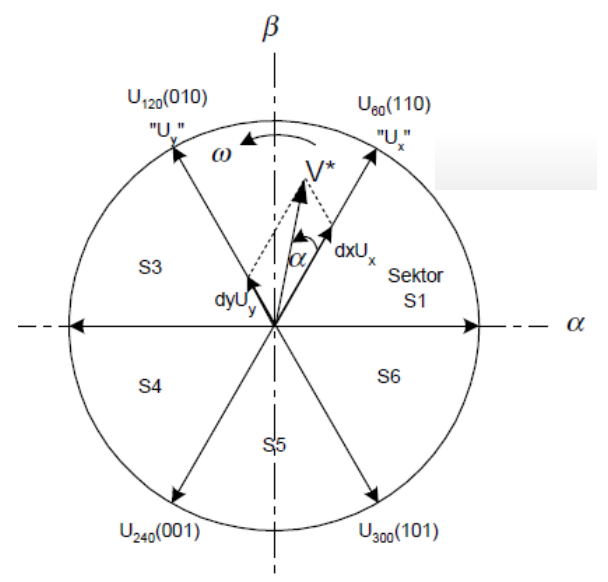
Dobrać częstotliwość i wartości maksymalne/minimalne sygnału nośnego, tak aby nie utracić informacji zawartej w sygnale modulującym.

- 1.2. Zaobserwować widmo przebiegu (amplitudowe)
- 1.3. Obliczyć wartość skuteczną sygnału PWM dla jednego okresu częstotliwości podstawowej
- 1.4. Obliczyć wartość skuteczną sygnału zadanego

2.1. Zbudować trzy modulatory w których na wejście podane są trzy napięcia symetryczne o amplitudzie $U_{amp} = 0.5$ i $f_{out} = 50\text{Hz}$, $f_{sw} = 5\text{kHz}$. $U^{3H} = 1/6 U_{amp} * \sin(2\pi * 3 * f_{out} * t)$

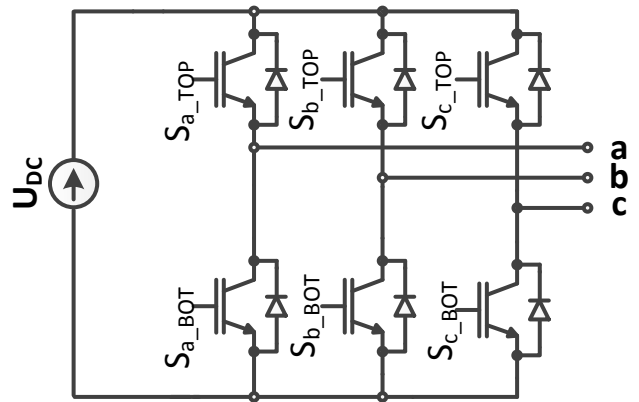
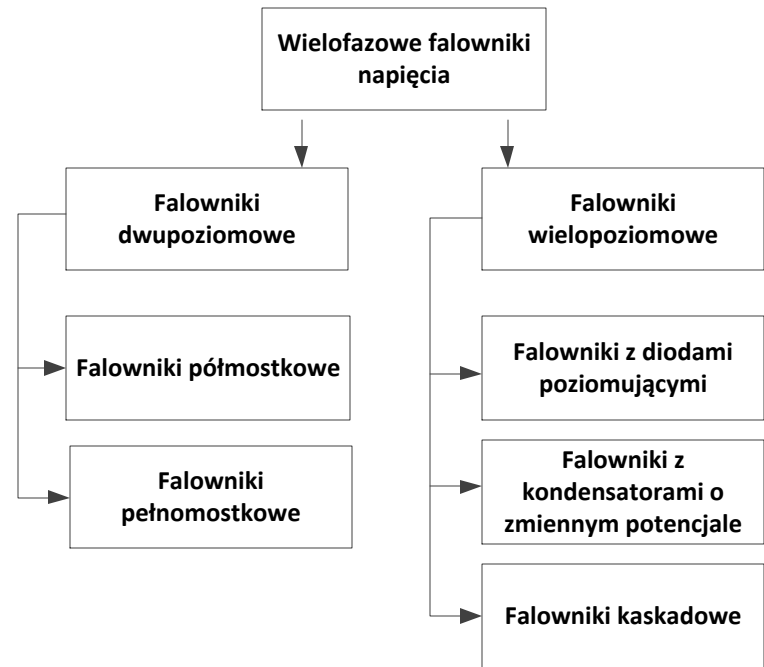
ZSS – PLECS ExtrasPhase->Modulators->Overmodulation

- 2.2. Zaobserwować widmo przebiegu wyjściowego PWM i sygnału modulującego
- 2.3. Zaobserwować widmo różnicy sygnałów ($X_a - X_b$): PWM, sygnału modulującego, sygnału zadanego
- 2.4. Zaobserwować przebieg sygnału modulującego i sygnału PWM dla współczynnika modulacji amplitud $m_a = 0.5$, $m_a = 1.1$, $m_a = 1.5$



a	b	c	V_α	V_β	Wektor
0	0	0	0	0	O_0
1	0	0	$\frac{2U_d}{3}$	0	U_0
1	1	0	$\frac{U_d}{3}$	$\frac{U_d}{\sqrt{3}}$	U_{60}
0	1	0	$-\frac{U_d}{3}$	$\frac{U_d}{\sqrt{3}}$	U_{120}
0	1	1	$-\frac{2U_d}{3}$	0	U_{180}
0	0	1	$-\frac{U_d}{3}$	$-\frac{U_d}{\sqrt{3}}$	U_{240}
1	0	1	$\frac{U_d}{3}$	$-\frac{U_d}{\sqrt{3}}$	U_{300}
1	1	1	0	0	O_{111}

W celu otrzymania wektora napięcia V^* należy określić średnie czasy trwania wektorów podstawowych, np. jeżeli zadany wektor znajduje się w danym sektorze, to może on być wygenerowany poprzez liniową kombinację dwóch sąsiadujących z nim wektorów aktywnych U_x i U_y , które ograniczają pole sektora, oraz jednego z dwóch wektorów zerowych.



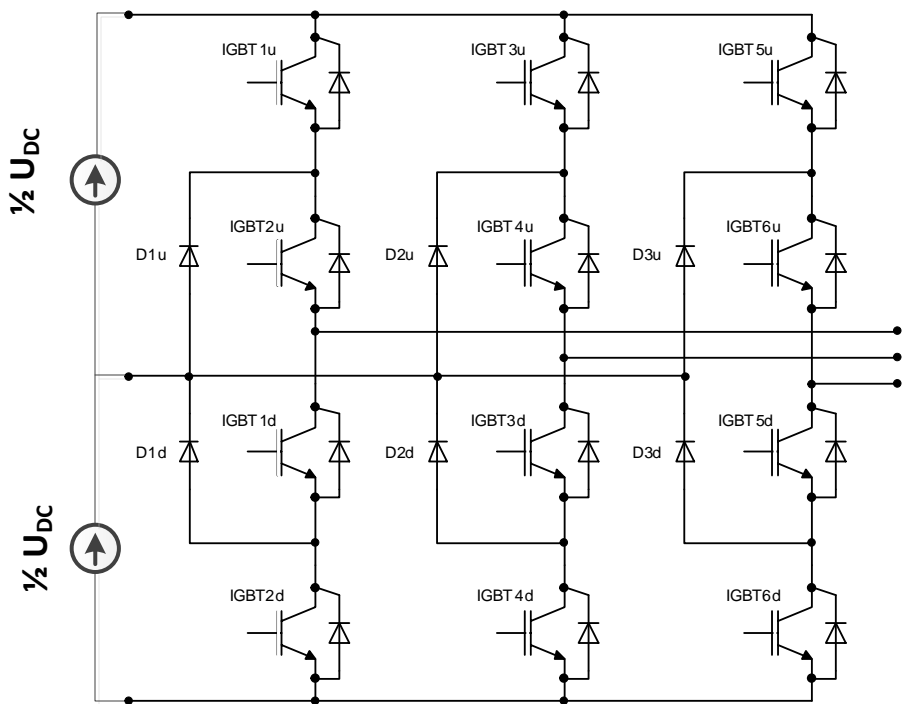
Gdzie szukać elementów dla modeli

Przekształtnik 2-Lev: PLECS->Components->Electrical->Converters->IGBT Converter (3ph)

Przekształtnik 3-Lev: PLECS->Components->Electrical->Converters->IGBT 3-level Converter (3pj)

Modulator 2-Lev: PLECS->Control->Modulators->Symmetrical PWM

Modulator 3-Lev: PLECS->Control->Modulators->Symmetrical PWM (3-lev)



Zadania do wykonania:

Falownik dwupoziomowy:

3.1. zbudować model przekształtnika z modulatorem SPWM, THIPWM, $f_{out}=50\text{Hz}$, $f_{sw}=2000\text{kHz}$, $m_a=1$, $U_{dc}=600\text{V}$. Do wyjścia przekształtnika dołączyć symetryczny filtr typu RL ($R=50\Omega$, $L=5\text{mH}$). Zaobserwować:

Prąd wyjściowy, napięcie biegunowe, napięcie przewodowe. Wykonać analizę harmoniczną oglądanych przebiegów.

3.2. Jaki będzie miało wpływ na przebieg prądu dwukrotne zwiększenie częstotliwości sygnału zadanego.

3.3. Jaki będzie miało wpływ na przebieg prądu zmniejszenie współczynnika modulacji amplitudy do $m_a=0.5$.

3.4. Jaki będzie miało wpływ na przebieg wyjściowy prądu dwukrotne zwiększenie częstotliwości łączy f_{sw} przekształtnika.

Falownik trójpoziomowy:

4.1=3.1

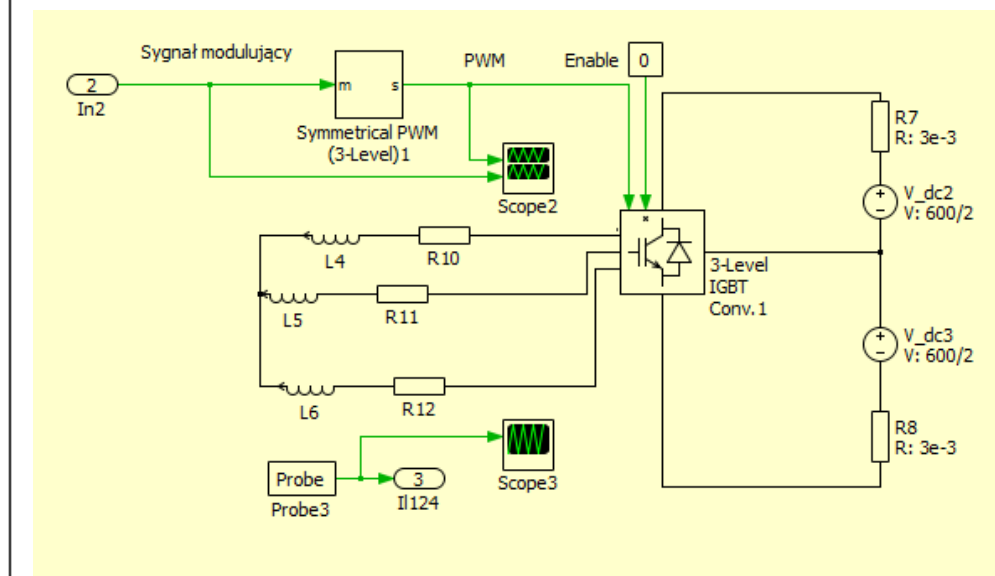
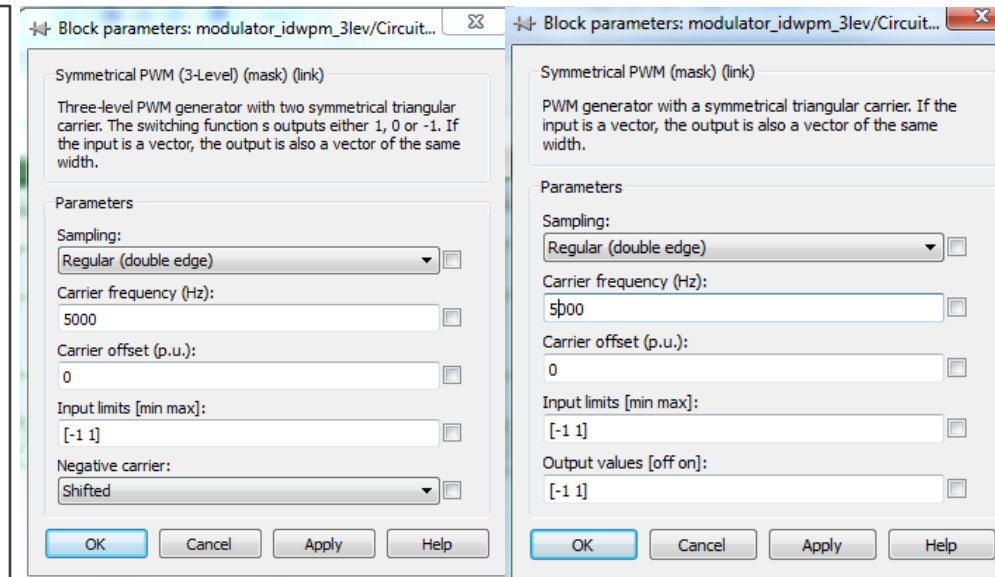
4.2=3.2

4.3=3.3

4.4=3.4

3. Na podstawie zaobserwowanych przebiegów zrobić podsumowanie

UWAGA - Widmo można zaobserwować wykorzystując oscyloskop z biblioteki PLECS: PLECS->Scope. Czwartha/Piąta ikona od prawej strony to „Fourier spectrum”. Pola: f-częstotliwość harmonicznego podstawowego, N-liczba współczynników szeregu Fouriera, Mag - skalowanie



Skąd nazwa falownik dwupoziomowy:

Oglądając przebieg napięcia biegunowego (pomiędzy środkiem gałęzi z tranzystorami a np. ujemny potencjałem obwodu DC) możemy zauważyć że napięcie wyjściowe ma dwa poziomy. Różnica wartości poziomów napięć równa jest wartości napięcia obwodu pośredniczącego U_{dc} .

Skąd nazwa falownik trójpoziomowy:

Oglądając przebieg napięcia biegunowego (pomiędzy środkiem gałęzi z tranzystorami a np. ujemny potencjałem obwodu DC) możemy zauważyć że napięcie wyjściowe ma trzy poziomy. W przypadku topologii falownika z diodami poziomującymi, różnica wartości sąsiadujących ze sobą poziomów ma wartość połowy wartości napięcia całego obwodu pośredniczącego U_{dc} .