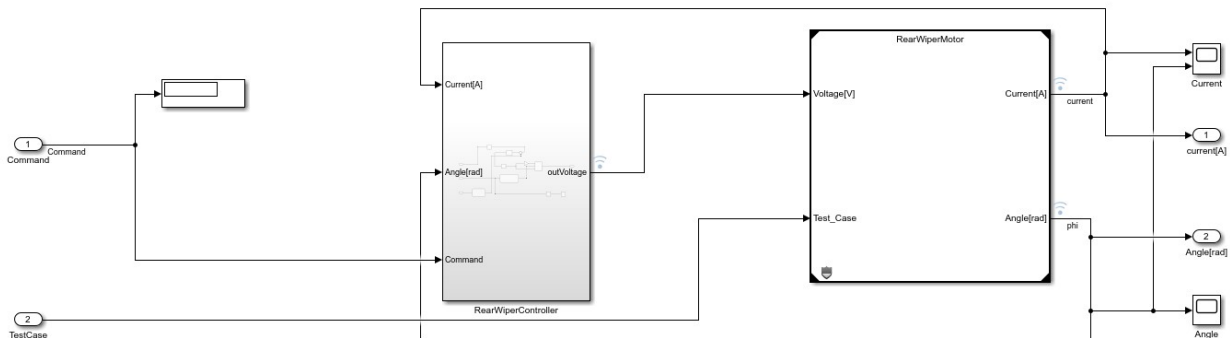


**MSKN Decybel**  
**Task 3 – Dokumentacja**  
**02.12.2023**

*W zewnętrznej strukturze układu dodano „Display” do wyświetlania wartości zmiennej „Command” oraz oscyloskopy dla zestawu sygnałów „Current” i „Angle” oraz samego „Angle”*



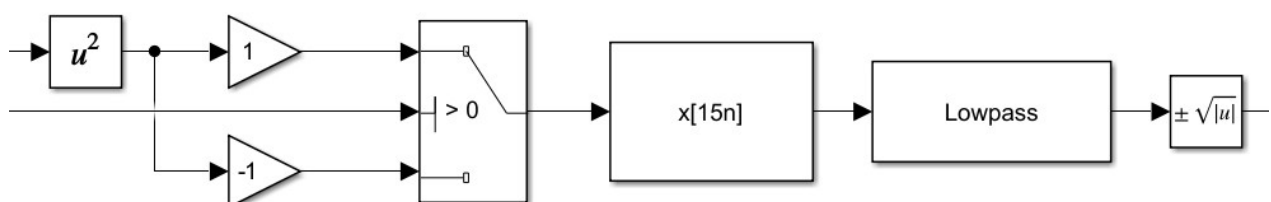
W samym bloku kontrolera wyodrębnić można cztery struktury:

- maszynę stanów, która w zależności od zmiennej „Command” ustawia właściwą wartość „I<sub>zad</sub>” – można ją utożsamić z zadany prądem, przy czym zero odpowiada zatrzymaniu, ale wartości dodatnie niezerowe dają ruch – im zmienna większa, tym przełączanie odbywa się z mniejszą częstotliwością (ten pozorny brak intuicyjności wynika z bardzo dużych sił tarc w modelu silnika);
- regulator prądu PID, który sterując napięciem podawanym na model, próbuje utrzymać wartość „Current” w właściwym tunelu wartości;
- regulator dwupołożeniowy również zbudowany z maszyny stanów – wykrywa skrajne położenia wycieraczki (pi oraz 2pi radianów) i przełącza kierunek obrotów;
- filtr pochodnej z wartości kąta „Angle” – ponieważ różniczkowanie numeryczne wzmacnia wysokoczęstotliwościowe zakłócenia w pomiarze kąta, konieczna była cyfrowa filtracja pochodnej tego sygnału. Planowano początkowo wykorzystać sprzężenie od tej zmiennej w regulatorze, uznano jednak, że sama pętla regulacji prądu zapewnia wystarczająco stabilną pracę silnika.

===

### Filtrowanie

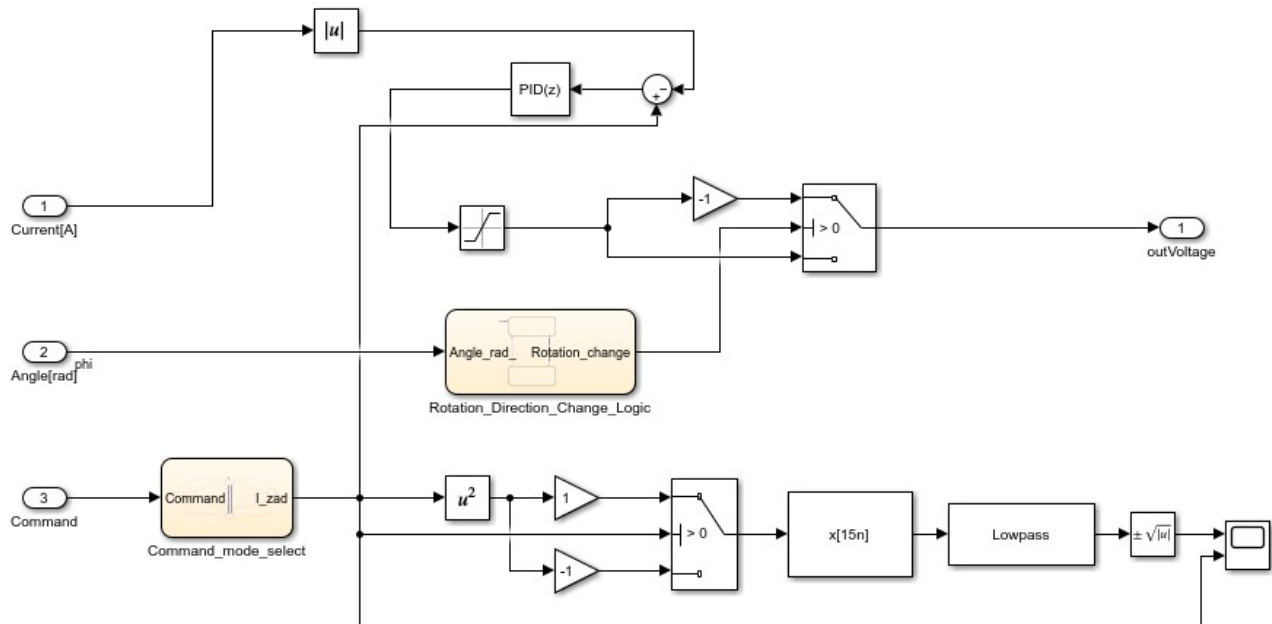
Ze względu na zakłócenia wysokoczęstotliwościowe występujące przy odczycie z enkodera, konieczne było zastosowanie filtra dolnoprzepustowego. Filtracja ta polega na tym, że na wstępie sygnał filtrowany jest podnoszony do kwadratu, aby zwiększyć znaczenie wszystkich odchyłek - po całym procesie filtracji sygnał jest pierwiastkowany do pierwotnej postaci. Następnie, ze względu na możliwość wystąpienia prądu zarówno o dodatnich jak i o ujemnych wartościach (istnieje ryzyko zmiany znaku po filtracji) znak sygnału jest zmieniany zgodnie z pierwotnym. Pomędzy tymi operacjami znajduje się procedura filtrowania dolnoprzepustowego, zbudowana za pomocą narzędzi dla cyfrowej obróbki sygnałów.



## Zmienna Command

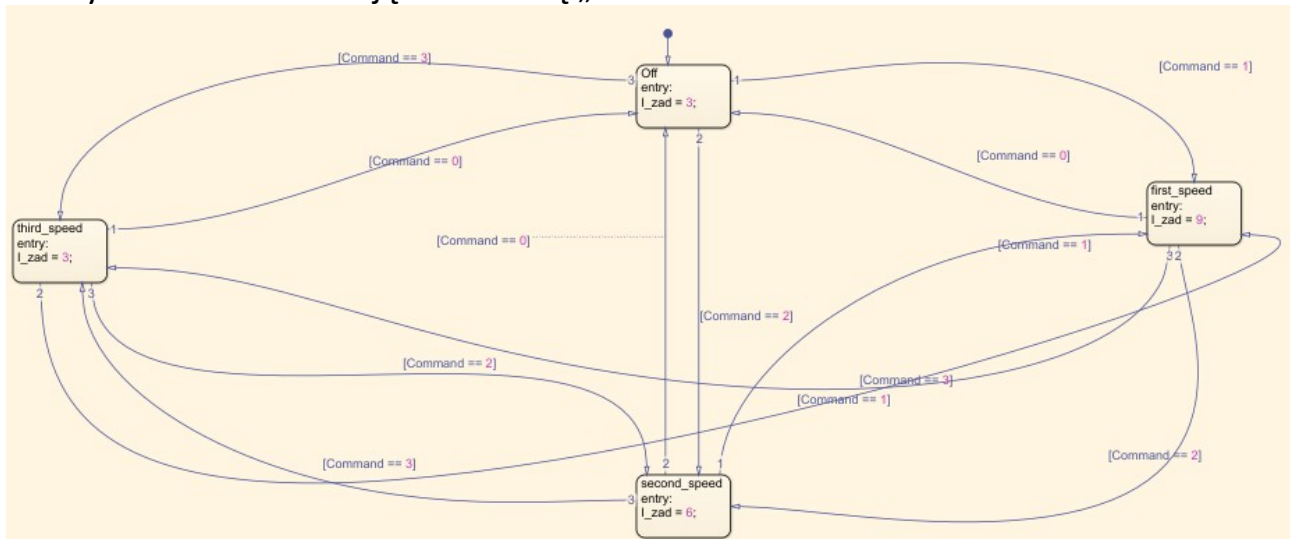
Zmienna Command jest typu **enum**, która posiada 4 etykiety– Off, Speed1, Speed2 oraz Speed3. Odpowiadają one kolejno liczbom 0,1,2 oraz 3. W charcie z biblioteki Stateflow zmienna ta jest wyprowadzana na maszynę stanów, która z kolei wyznacza wartości dla regulatora zmiennej „Current”.

## Schemat kontrolera

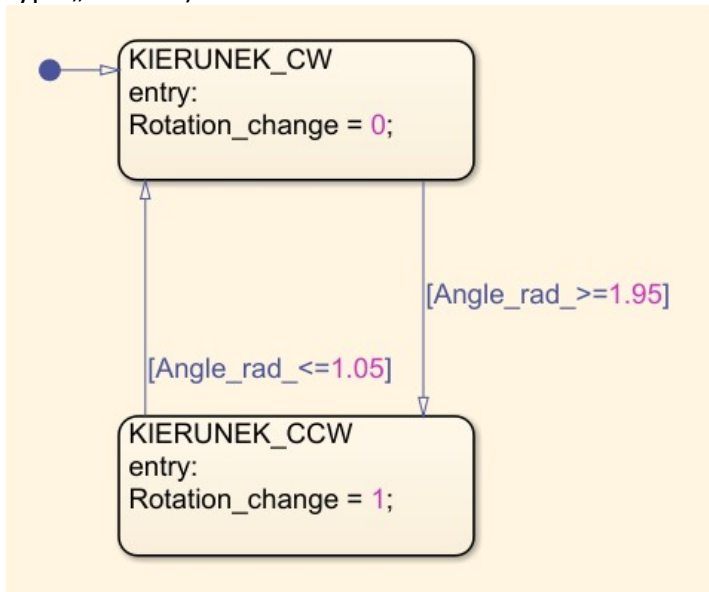


Regulator PID (właściwie PD, blok I wyłączono) odpowiada za regulację prądu na podstawie zmiennej I\_zad. Blok nasycenia blokuje wyjście napięciowe poza zakres [-12,12]V.

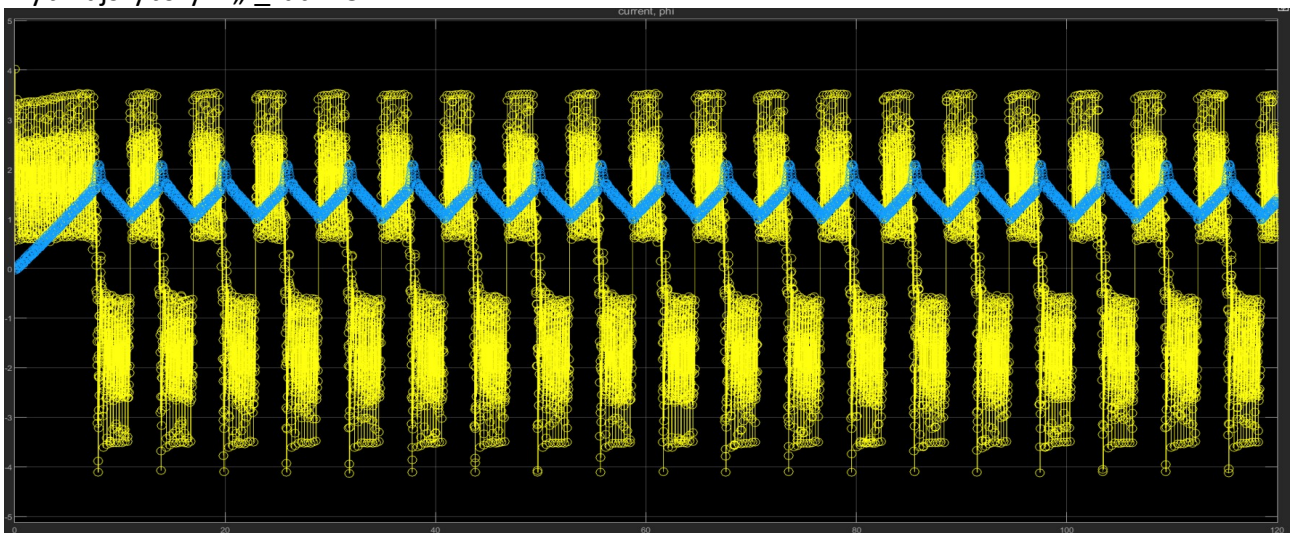
## Maszyna stanów analizująca zmienną „Command”



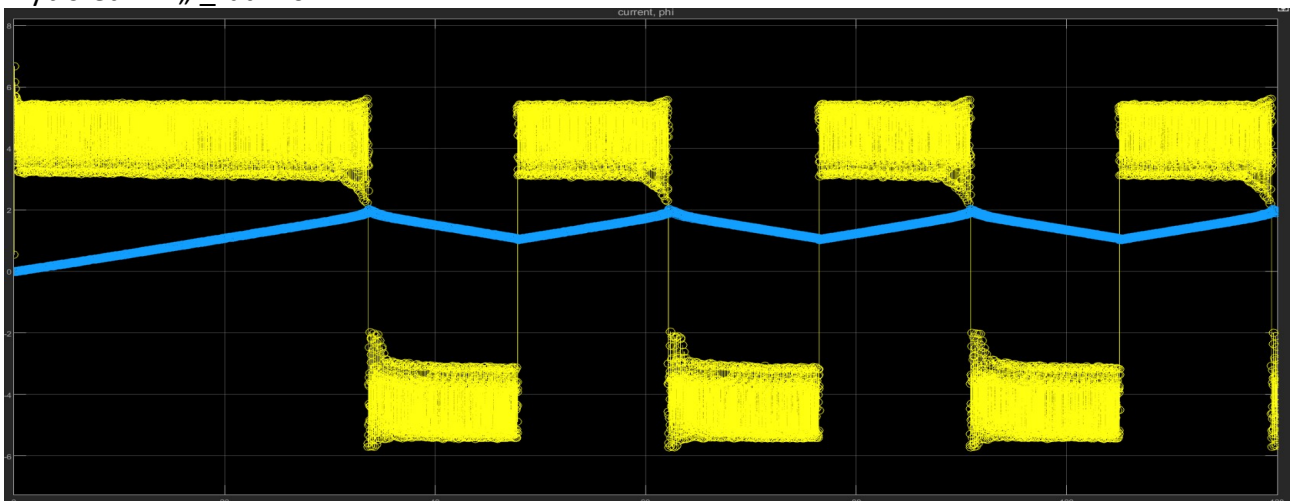
Regulator dwupołożeniowy, który zmienia kierunek obrotów silnika (współpracuje z elementem typu „Switch”)



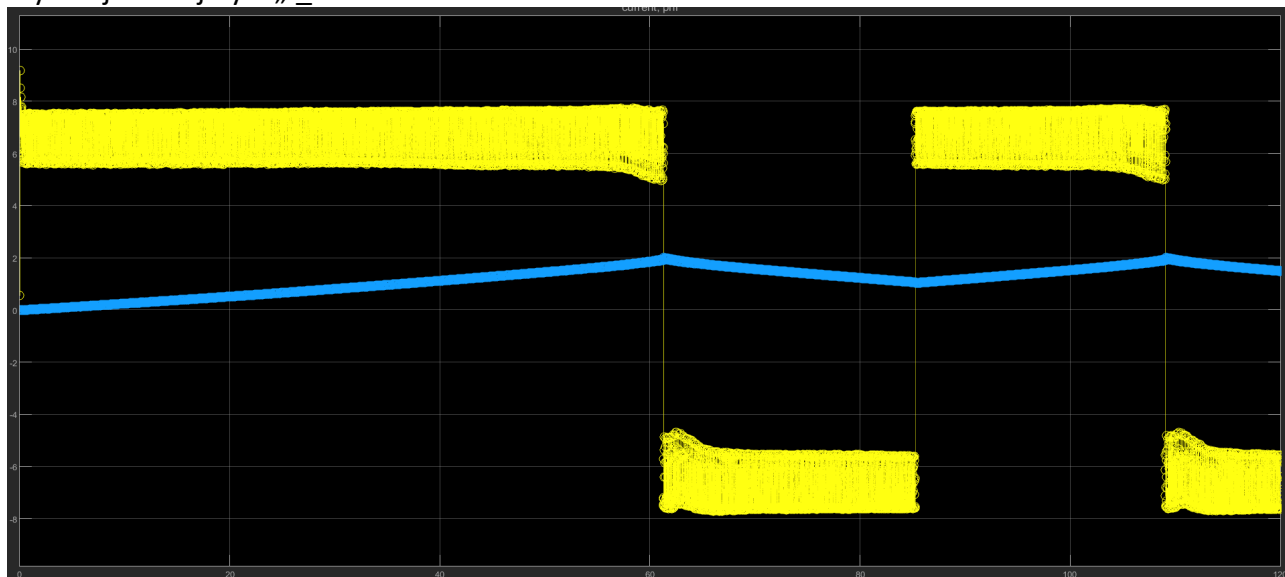
Tryb najszybszy – „I<sub>zad</sub> = 3”



Tryb średni – „I<sub>zad</sub> = 6”

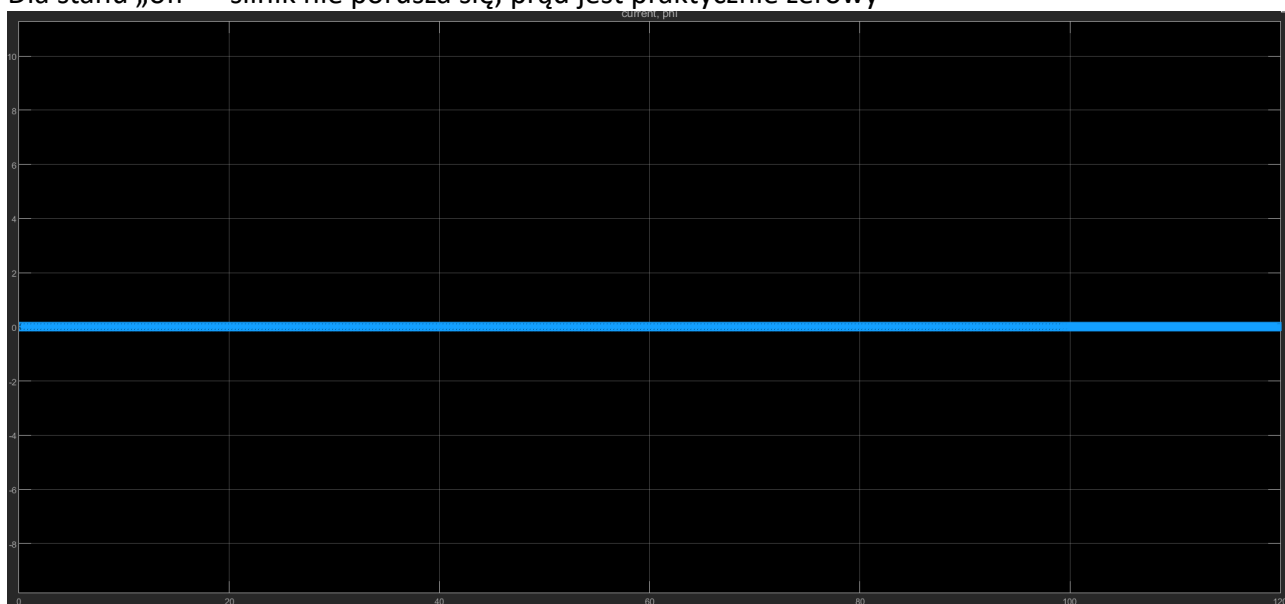


Tryb najwolniejszy – „I\_zad = 9”



Przebiegi żółte to prąd, niebieski – kąt, który narasta od zera, a potem oscyluje w zadanym przedziale. Prąd nie wyszedł w żadnym przypadku poza zakres  $[-12,12]$ A. Zbocza są pochylone równomiernie, co pozwala sądzić, że prędkość kątowna w obie strony jest jednakowa. Spełniono podstawowe założenia projektowe.

Dla stanu „off” – silnik nie porusza się, prąd jest praktycznie zerowy



**WAŻNE!** Niemożliwe była zmiana wartości „Command” z poziomu workspace’a Matlab’a – i tak domyślnie ustawiano wartość „Off”. Aby manualnie przetestować układ regulacji, można w tym polu zadać dowolną wartość „I\_zad” z zakresu  $[0;11]$

