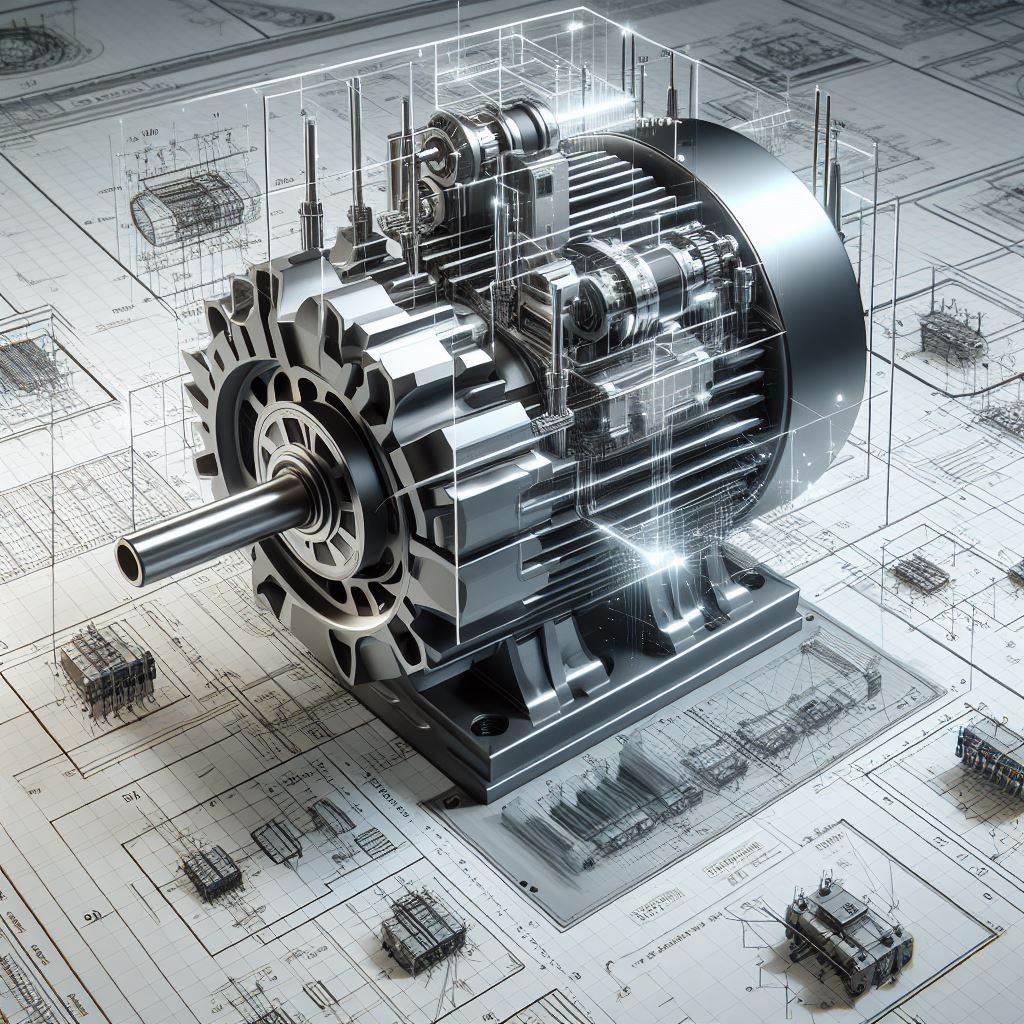
Projektowanie kaskadowej struktury regulacji napedem pradu staLego – Komputerowe układy sterowania



# Część I – wyznaczenie kluczowych transmitancji oraz zbadanie ich właściwości

## Dane znamionowe

W poniższej tabeli znajdują się dane znamionowe silnika użytego w projektowanym napędzie:

Tab. 1 Dane znamionowe silnika

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nr | PN­[kW] | UN[V] | IN[A] | nN[obr/min] | Rt[Ω] | Lt[mH] | Js[kgm2] |
| 6 | 54 | 440 | 130.7 | 1450 | 0.254 | 1.63 | 0.97 |

Gdzie: PN – moc znamionowa silnika, UN­ – napięcie znamionowe twornika silnika, IN – prąd znamionowy twornika silnika, nN – prędkość znamionowa silnika, Rt – rezystancja twornika, Lt – indukcyjność twornika, Js – moment bezwładności wirnika

Dodatkowo przyjęliśmy

λN = 1.8

p = 50

Gdzie: λN – ograniczenie wartości prądu, p – dopuszczalna krótkość prądu znamionowego w czasie 1 sekundy, ωd – ograniczenie prędkości obrotowej silnika, Kp – wzmocnienie wzmacniacza mocy,

## Transmitancje

Następnie wyznaczyliśmy poniższe transmitancje:

Obraz zawierający tekst, Czcionka, linia, biały

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający tekst, Czcionka, numer, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Gdzie B – elektromagnetyczna stała czasowa silnika [s], T – elektromechaniczna stała czasowa silnika [s], ψe – strumień wzbudzenia [Vs]

Powyższe wartości wynikają z równań:

B=0.0343[s], T=0.0064[s],

Na podstawie transmitancji zbudowaliśmy model w Simulinku:

Obraz zawierający diagram, Plan, linia, Rysunek techniczny

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.1.1

I wykreśliliśmy odpowiedzi skokowe na napięcie zasilania U=UN:

* Odpowiedź skokowa prądu twornika I (zielona linia to ograniczenie λN\*I­N)

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Wykres 1.1

* Odpowiedź skokowa pochodnej prądu twornika (zielona linia to ograniczenie p\*I­N)

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Wykres nr 1.2

* Odpowiedź skokowa prędkości kątowej ω

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Wykres nr 1.3

# Część II – wyznaczenie nastaw regulatorów oraz przeprowadzenie rozruchu

## Regulator prądu

Nasz napęd spełnia warunek B>4T – zatem założyliśmy regulator o transmitancji

Gdzie:

Z kolei = 0.0360 – jest to stała czasowa przebiegu prądu twornika

Kolejne parametry wynoszą:

Powyższe parametry (B1 i T1) pochodzą z rozkładu transmitancji twornika napędu:

Obraz zawierający Czcionka, tekst, numer, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający Czcionka, tekst, linia, biały

Opis wygenerowany automatycznie

Gdzie Up to napięcie wyjściowe wzmacniacza mocy

Zatem parametry regulatora finalnie wynoszą:

Parametr Y = 0.0153 – dobraliśmy go tak, aby |uz0|<10

Końcowo transmitancja regulatora prądu przyjmuje poniższą postać:

Oraz ograniczenie napięcia uz0 (pojawia się potem w modelu w Simulinku):

## Regulator prędkości

Za regulator prędkości przyjęliśmy regulator typu PI, wyznaczyliśmy go korzystając z kryterium symetrycznego:

Którego współczynniki wynoszą:

Gdzie:

Finalnie, transmitancja regulatora prędkości wynosi:

Na podstawie powyższych obliczeń wykonaliśmy model napędu z regulatorem w Simulinku:

Obraz zawierający diagram, tekst, linia, Plan

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.2.1.1

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, wyświetlacz

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.2.1.2 – sekcja regulatora prędkości

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, wyświetlacz

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.2.1.3 – sekcja regulatora momentu (i jednocześnie pradu)

## Rozruch bez momentu obciążenia a następnie z udarowym momentem obciążenia (o wartości znamionowej)

Obraz zawierający zrzut ekranu, linia, Równolegle

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.2.2.1 – rozruch bez momentu obciążającego a następnie z udarem

Moment obciążenia wynosi:

Na powyższym rysunku przedstawiony jest rozruch bez obciążenia, a po 1.5s następuje obciążenie udarowe możemy zauważyć, że:

* Prąd stojana (IS) na początku rośnie z inercją nie przekraczając wartości prądu dopuszczalnego, następnie ustala się na wartości bliskiej zeru – świadczy to o jałowym stanie pracy silnika, w momencie udaru rośnie do wartości bliskiej dopuszczalnej , następnie krótko oscyluje i ustala się
* Napięcie stojana (US) na początku rośnie ze w przybliżeniu liniowo, a następnie ma miejsce przeregulowanie (jest przez chwilę wyższe od wartości znamionowej) i stabilizacja około wartości znamionowej. W momencie udaru rośnie przekraczając wartość znamionową a potem ustala się na tejże wartości
* Prędkość obrotowa (omega) rośnie liniowo, następnie ustala się na wartości nominalnej (około 150 1/s), w chwili gdy prąd również się ustala. W momencie udaru następuje przeregulowanie i ustala się na wartości znamionowej
* Napięcie sterujące (UZ) ma wartość stałą i równą -uz0, a w czasie ustalania się prędkości obrotowej zmienia swoją wartość korygując prędkość silnika. W momencie udaru następują krótkie oscylacje i ustala się

## Rozruch ze znamionowym momentem czynnym

Napęd obciążyliśmy znamionowym momentem czynnym (MN) i przeprowadziliśmy rozruch:

Obraz zawierający zrzut ekranu, tekst, Oprogramowanie multimedialne, Oprogramowanie graficzne

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający linia, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.2.3.1

Wszystko wygląda dobrze, nie ma niebezpiecznych przeregulowań, jedynie prąd IS przekracza chwilowo wartość dopuszczalną, mimo wszystko jest to stan akceptowalny, ponieważ w tak krótkim czasie nie powinno nic się uszkodzić. Napięcie stojana przez chwilę przekracza wartość znamionową – tak jak w przypadku IS nie jest do problem. Prędkość obrotowa po dwóch przeregulowaniach ustala się na wartości znamionowej.

## Rozruch ze znamionowym momentem biernym

Napęd obciążyliśmy znamionowym momentem biernym (MN) i przeprowadziliśmy rozruch:

Obraz zawierający zrzut ekranu, tekst

Opis wygenerowany automatycznie

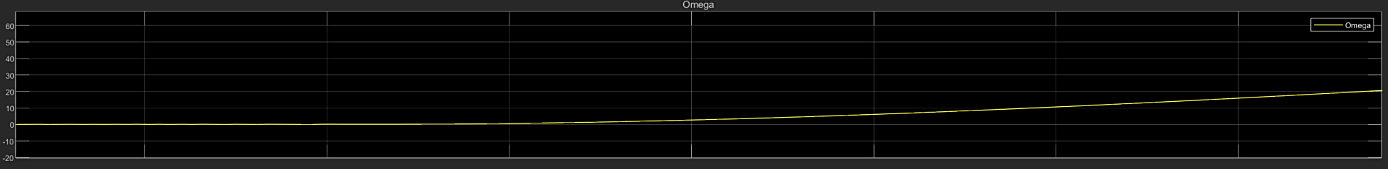
Obraz zawierający zrzut ekranu, linia

Opis wygenerowany automatycznie

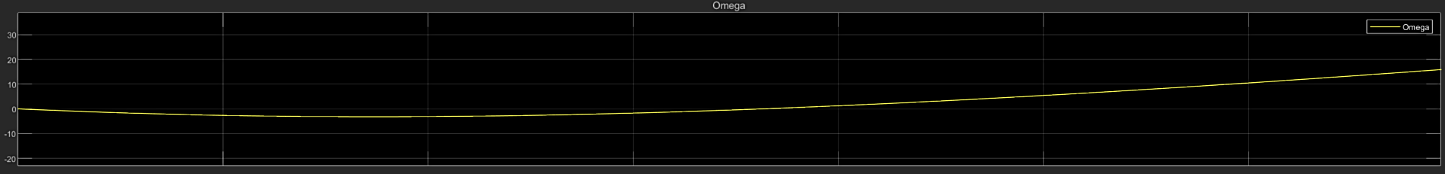
Rys.2.3.2

Przebiegi na pierwszy rzut okna nie różnią się od poprzednich, różnice widać jedynie w przebiegach momentu.

Natomiast przy zbliżeniu zauważamy, że dla obciążenia czynnego prędkości przez krótką chwilę była ujemna. Jest to spowodowane tym, że moment czynny zaczął „działać” od początku i obrócił wirnik w przeciwną stronę zanim regulator zadziałał.



Rys.2.3.3 Wykres prędkości przy obciążeniu biernym (ZOOM)



Rys.2.3.3 Wykres prędkości przy obciążeniu czynnym (ZOOM)

# Część III – zmiana modelu matematycznego przekształtnika tyrystorowego na inercyjny

W tej części zamieniliśmy model przekształtnika z proporcjonalnego na inercyjny:

Po podstawieniu danych:

Obraz zawierający tekst, Czcionka, biały, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.3.1 Zamieniony bloczek w Simulinku

Obraz zawierający tekst, diagram, linia, Plan

Opis wygenerowany automatycznieBadany układ w Simulinku wyglądał tak jak na zdjęciu poniżej:

Rys.3.2 Model w Simulinku

## Rozruch ze znamionowym momentem obciążenia

Obraz zawierający zrzut ekranu, linia

Opis wygenerowany automatycznieZ regulatorem **inercyjnym**:

Rys.3.3

Obraz zawierający zrzut ekranu, linia

Opis wygenerowany automatycznieZ regulatorem **proporcjonalnym** (dla porównania):

Rys.3.4

Wyglądają tak samo – zatem wprowadzone opóźnienie nic nie zmieniło w regulacji.

## Zapas modułu i fazy

Obraz zawierający tekst, linia, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznieZa pomocą wykresów Bodego wyznaczyliśmy zapas modułu i fazy.

Rys.3.5

Poniżej przedstawiono sposób wyznaczenia zapasu modułu oraz fazy:  
Obraz zawierający linia, tekst, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.3.6

Obraz zawierający tekst, linia, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.3.7

Zatem zapasu modułu i fazy wynoszą:  
λ=24,3dB Δφ=67,7°

## Dopuszczalne opóźnienie

Za pomocą aplikacji Model Linearizer sprawdziliśmy dopuszczalne opóźnienie, które nie doprowadzi do niestabilności. Podstawiając różne wartości stałej czasowej sprawdzaliśmy odpowiedzi impulsowe. Dla wartości: τ0=0,057s model zachowywał się stabilnie, dla wartości większych\* – nastąpiła niestabilność.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, linia, Prostokąt

Opis wygenerowany automatycznie

Rys.3.8