

**Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji**

INSTYTUT ELEKTRONIKI

Projekt dyplomowy

*Sterownik procesowy silnika BLDC z funkcjonalnością IoT*

*BLDC engine process controller with IoT functionality*

Autor: *Hubert Kolano*

Kierunek studiów: *Elektronika i Telekomunikacja*

Opiekun pracy: *dr. Inż. Dominik Grochala*

Kraków, *2024*

Spis treści

[1. Wstęp 3](#_Toc175586374)

[2. Założenia projektowe 4](#_Toc175586375)

[2.1. Wymagania sterownika 4](#_Toc175586376)

[3. Projekt 6](#_Toc175586377)

# Wstęp

Celem pracy jest zaprezentowanie procesu zaprojektowania i zaprogramowanie urządzenia, które będzie służyło jako sterownik silnika BLDC (Brushless Direct Current motor) używanego w pracowni laboratoryjnej. W pracy będzie ukazany cały proces tworzenia urządzenia na podstawie ustalonych wcześniej od niego wymagań. Silnik jest sterowany normalnie za pomocą potencjometru, sterownik ma za zadanie podnieść precyzje tego rozwiązania oraz umożliwić pomiar jego obrotów. Sterownik ma również za zadanie umożliwić ustawienie parametrów pracy silnika poprzez zewnętrzne interfejsy, w tym bezprzewodowe nadające urządzeniu funkcjonalność IoT (Internet of Things).

# Założenia projektowe

W tym rozdziale przedstawione zostaną podstawowe założenia projektowe związane z realizacją sterownika procesowego silnika BLDC z funkcjonalnością IoT. Na wstępie określone zostaną cele oraz wymagania techniczne, które będą spełniane w ramach projektu. Następnie zostaną opisane szczegółowe specyfikacje silnika BLDC, do którego tworzony jest sterownik, wraz z kluczowymi parametrami, mającymi wpływ na wybór komponentów i algorytmów sterowania. Na końcu omówiony zostanie koncept projektu, obejmujący wybór architektury systemu, zastosowane technologie oraz opis funkcjonalności, jakie ma realizować sterownik.

## Cel projektu

Celem projektu jest zaprojektowanie, zaprogramowanie i przetestowanie sterownika elektrycznego silnika, przy czym ma on spełniać wszystkie wymagane od niego funkcjonalności, wynikające z potrzeb laboratorium jak i samej specyfiki silnika BLDC do którego jest tworzony. Sterownik ma zapewnić stabilną i efektywną pracę silnika i zapewnić możliwie intuicyjną obsługę.

## Wymagania techniczne sterownika

Urządzenie jest projektowane z myślą i przeznaczeniem do sterowania silnikiem BLDC znajdującym się w laboratorium, gdzie do przeprowadzania prac badawczych potrzebny jest do spełnienia szereg następujących wymagań:

* **dokładność** – silnik powinien być sterowany z dokładnością co do 1 RPM (Revolutions Per Minute) przy maksymalnych 60 RPM,
* **interfejs RS-232** – jest to interfejs wykorzystywany do komunikacji z innymi urządzeniami w laboratorium,
* **fizyczny interfejs** – urządzenie ma posiadać ekran i przyciski pozwalające na zmienianie parametrów pracy silnika,
* **funkcjonalność IoT** – możliwość zmiany ustawień za pomocą bezprzewodowej komunikacji,
* **połączenie z silnikiem poprzez gniazdo DB25** – silnik ma wyprowadzony od siebie kabel zakończony wspomnianym konektorem, sterownik ma mieć możliwość jego wpięcia,
* **możliwość zamontowania na szynie DIN** – urządzenie ma się znajdować w szafie elektrycznej, jego wymiary i sposób montażu, mają to umożliwić.

## Specyfikacja silnika BLDC

Silniki bezszczotkowe prądu stałego (BLDC) charakteryzują się wysoką sprawnością, trwałością oraz precyzyjną kontrolą prędkości, co sprawia, że są szeroko wykorzystywane w różnych branżach. Dzięki eliminacji szczotek, stosowanych w tradycyjnych silnikach komutatorowych, silniki BLDC mają mniejsze straty energii oraz zużycie mechaniczne. Znajdują zastosowanie m.in. w elektronice użytkowej (wentylatory, napędy dysków twardych), pojazdach elektrycznych, robotyce, automatyce przemysłowej oraz systemach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych (HVAC) [1].

Silnik z do jakiego projektujemy sterownik to model BLDC58-35LEB z serii BLDC58 firmy Mclennan. Wszystkie parametry jakie można znaleźć odnośnie do tego silnika są zamieszczone do pobrania ze strony producenta [2]. Z dokumentacji wiele danych musimy odczytać ze schematów.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, krąg

Opis wygenerowany automatycznieRys. 2.1 Schemat przedstawiający opis przewodów wyprowadzonych z silnika.

Na Rys.2.1 producent zamieścił parę kluczowych informacji, takich jak fakt, że silnik poza zasilaniem, potrzebuje również sterowania analogowym sygnałem napięcia (producent sugeruje dzielnik napięcia wykonany przy pomocy potencjometru), które przekłada się na prędkość obrotów. Jest również wyprowadzony przewód, którym poprzez podanie wysokiego lub niskiego stanu logicznego steruje się kierunkiem obrotów oraz przewód, który generuje sygnał impulsowy liniowo o częstotliwości liniowo zależnej od obrotów silnika. Znajdują się tam wszystkie potrzebne parametry:

* zasilanie **24 [V]** napięcia stałego,
* zakres sygnału napięcia sterowania: **0-4 [V],**
* maksymalna prędkość obrotowa: **3650 RPM,**
* generator sygnału: **36ppr** (pulses per revolution)oznacza ilość pulsów generowaną na obrót

Obraz zawierający tekst, diagram, krąg, Rysunek techniczny

Opis wygenerowany automatycznie

Rys. 2.2 Przykładowy schemat podłączeń dla podstawowej kontroli prędkości.

W dokumentacji możemy znaleźć Rys. 2.2, która jest przykładem podstawowego układu do kontroli pracy tego silnika, widzimy, że przewód odpowiadający za kierunek, nie może znajdować się w stanie wysokiej impedancji, dodatkowo wyliczmy sobie jego napięcie stanu wysokiego korzystając z równania na napięcie wyjściowe dzielnika napięciowego:

(1)

gdzie:

* – napięcie wejściowe przyłożone do układu dzielnika napięciowego,
* ​ – napięcie wyjściowe pobierane z węzła pomiędzy rezystorami i
* ​ – rezystor znajdujący się pomiędzy napięciem wejściowym a wyjściem,
* ​ – rezystor znajdujący się pomiędzy wyjściem a masą (punkt odniesienia).

Podstawiając do równania:

Można zauważyć, że dzielnik napięcia z potencjometrem użytym do sterowania napięcia działa na tych samych wartościach, dla pewności więc autor założył, że jego sterownik będzie w stanie zapewnić napięcie sterujące **w zakresie 0-5 [V].**

Ponadto nie jest sprecyzowane napięcie impulsów generowanych na wyjściu silnika, więc w fazie projektowania warto uwzględnić, że może być to zarówno 24 [V] jak i 5 [V].

Silnik w laboratorium ma dostarczone zewnętrzne zasilanie o wartości 24 [V], jego wszystkie przewody są poprowadzone kablem, który jest zakończony wtykiem DB15.

Obraz zawierający diagram, Czcionka, linia, tekst

Opis wygenerowany automatycznie

Rys. 2.3 Przedstawienie numeracji pinów złącza DB15 [3].

Zakładając numeracje pinów w danym złaczu, tak jak na Rys. 2.3, wybrane piny mają podpięte następujące przewody silnika:

* **13** – zasilanie 24 [V]
* **12** – masa
* **9** – sterowanie prędkością obrotową silnika
* **14** – odczyt prędkości obrotowej silnika
* **1** – sterowanie kierunkiem pracy silnika

# Projekt

Obraz zawierający zrzut ekranu, tekst, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 1: Wiadomości wyświetlone na konsoli

**BIBLIOGRAFIA**

1. T. Kaczmarek, *Silniki elektryczne bezszczotkowe BLDC:* Teoria *i Zastosowania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2018.
2. Mclennan, specyfikacja techniczna: *bldc58-50l-50-watt-datasheet*, dostępna na stronie: <https://www.mclennan.co.uk/product/bldc58-50l-50-watt>
3. Lesker, opis złącza DB15 ze strony: <https://www.lesker.com/newweb/process_instruments/pdf/kjlc-datasheet-alicat-15-pin.pdf>