

POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Katedra Elektrotechniki Przemysłowej i Automatyki
Zakład Urządzeń i Systemów Automatyki

Urządzenia i Systemy Automatyki

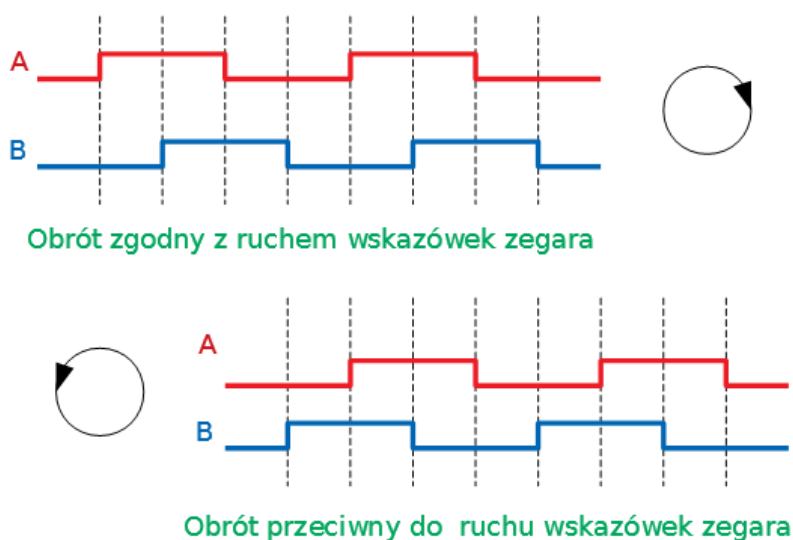
Enkodery i silniki krokowe

Instrukcja laboratoryjna

Paweł Strączyński

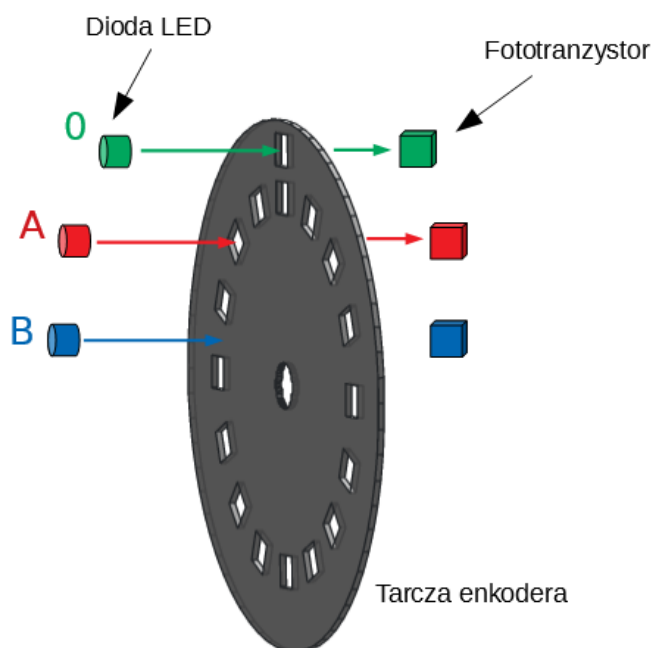
2017

Enkoder inkrementalny generuje na wyjściu impulsy które odpowiadają ruchowi obrotowemu. Podstawowym parametrem enkodera inkrementalnego jest rozdzielczość która określa liczbę impulsów odpowiadającą danemu przesunięciu kątowemu. Rozdzielczość enkodera podaje się jako ilość impulsów na jeden pełny obrót. Im większa rozdzielczość enkodera tym większa dokładność pomiaru. Aby poza kątem obrotu móc określić jego kierunek, enkodery wyposażane są w dwa wyjścia (zazwyczaj oznaczone jako A oraz B) generujące sygnały przesunięte względem siebie o 90 stopni. Sposób wykrywania kierunku obrotu przedstawiono na rysunku poniżej. Ponadto poza wyjściami impulsowymi enkoder inkrementalny często posiada tzw.



Rysunek 1.2: Wykrywanie kierunku obrotu enkodera inkrementalnego

wyjście indeksowe (oznaczane często jako I, 0 lub Z) które generuje impuls raz na każdy obrot. Wyjście takie ułatwia często np. zliczanie liczby obrotów lub kasowanie wartości kąta po wykonaniu pełnego obrotu. Zasadę działania enkodera inkrementalnego przedstawia rysunek poniżej. Układ generujący sygnał wyjściowy składa się z nadajnika i odbiornika optyczne-



Rysunek 1.3: Zasada działania enkodera inkrementalnego

go oraz przemieszczającej się między nimi tarczy. Tarcza zawiera umieszczone na przemian przezroczyste i nieprzezroczyste prążki. Tarcza enkodera połączona jest z wałem urządzenia. W wyniku poruszania się tarczy pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem układu optycznego na wyjściu enkodera generowany jest sygnał prostokątny o częstotliwości uzależnionej od prędkości obrotowej. Wadą enkodera inkrementalnego jest to że nie „pamięta” on aktualnego położenia. Po każdym wyłączeniu zasilania konieczne jest bazowanie np. przy użyciu wyłącznika krańcowego lub czujnika indukcyjnego. Enkoder absolutny w przeciwieństwie do enkodera przyrostowego „pamięta” aktualną pozycję po zaniku zasilania. Konstrukcja optycznego enkodera absolutnego jest podobna do inkrementalnego z tym że do pomiaru wykorzystywana jest specjalna tarcza kodowa. Każdemu położeniu enkodera odpowiada konkretna wartość kodowa na wyjściu. Wyróżnia się enkodery z wyjściami cyfrowymi oraz takie posiadające wbudowane interfejsy sieciowe. W zależności od rozdzielczości enkodera z wyjściami cyfrowymi urządzenie posiada odpowiednią liczbę wyjść. Przykładowo 8 bitowy enkoder posiada 8 wyjść cyfrowych. Enkodery o dużej rozdzielczości posiadają zwykle interfejs sieciowy który pozwala odczytywać położenie z wykorzystaniem protokołu komunikacyjnego. Poza enkoderami optycznymi do wyznaczania absolutnej pozycji kątowej wykorzystuje się enkodery magnetyczne. Składają się one z magnesu trwałego przymocowanego do wału enkodera, wytwarzającego pole magnetyczne oraz czujnika Halla. Zadaniem czujnika Halla jest wykrycie przemieszczenia kątowego magnesu o polaryzacji osiowej.

2 Silniki krokowe

Silnik krokowy to maszyna w której impulsowe zasilanie uzwojeń według odpowiedniej sekwencji przetwarzane jest na ruch obrotowy wirnika. Charakterystyczną cechą jest to, że przesunięcie kątowe jest ściśle związane z ilością impulsów sygnału sterującego pracą silnika. Silniki krokowe mają wiele zalet, takich jak m.in.:

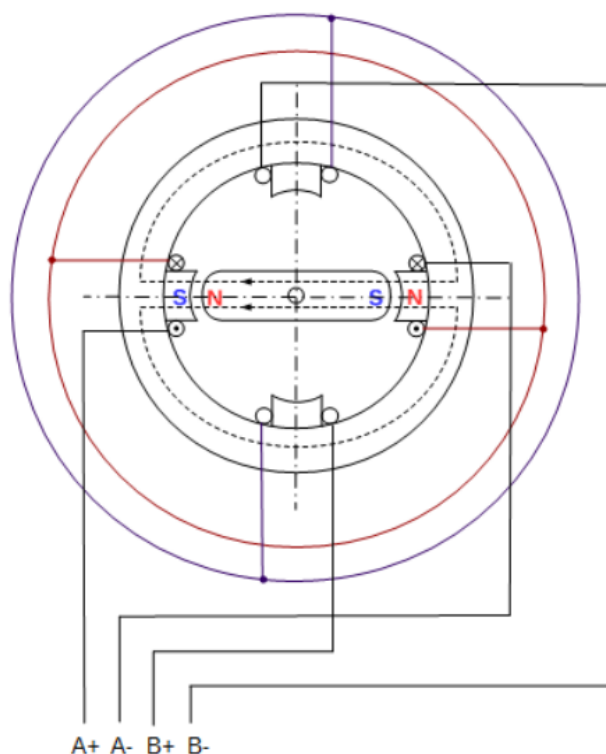
- kąt obrotu ściśle związany z ilością impulsów sterujących - pozwala to na pracę w układzie otwartym,
- duża żywotność związana z brakiem szczotek,
- duży zakres prędkości obrotowych,
- wysoka precyzja pozycjonowania położenia wirnika maszyny,
- moment na wale w stanie spoczynkowym - zasilone uzwojenia.

2.1 Rodzaje silników krokowych - budowa, zasada działania

Silniki krokowe ze względu na ich budowę oraz zasadę działania podzielić można na, silniki:

- z magnesami trwałymi,
- o zmiennej reluktancji,
- hybrydowe.

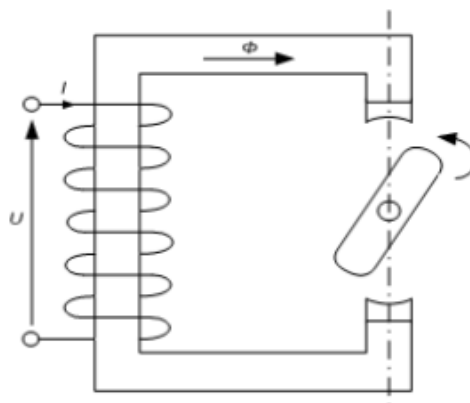
Przykładową budowę silnika krokowego z magnesami trwałymi PM (o wirniku czynnym) przedstawiono na rysunku poniżej. Silnik ten posiada cztery cewki nawinięte na biegunach



Rysunek 2.1: Budowa silnika krokowego z magnesami trwałymi

wydatnych stojana oraz wirnik z magnesem trwałym. Przeciwnie cewki połączone są ze sobą (jak na rysunku), a pozostałe końce uzwojeń wyprowadzone są na zewnątrz maszyny. Odpowiednie zasilenie silnika powoduje powstanie momentu synchronizującego i wprowadzenie wirnika w ruch - bieguny różnoimienne przyciągają się. Przedstawiony na rysunku silnik posiada wirnik dwubiegunowy - skok takiego silnika wynosi 90 stopni. Zmniejszenie kroku osiąga się przez zwiększenie liczby biegunów wirnika.

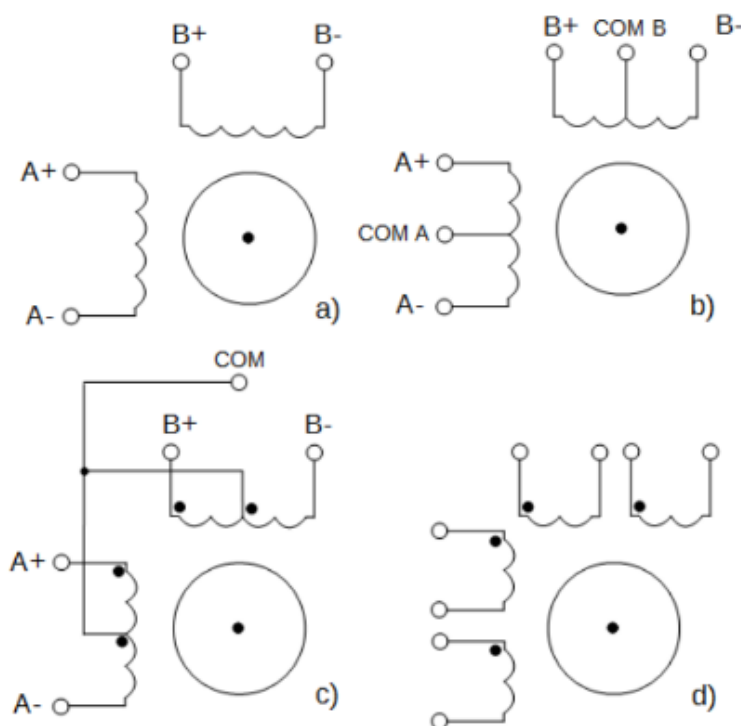
Silnik krokowy o zmiennej reluktancji VR wykorzystuje do działania moment reluktancyjny. Wykonany z miękkiej magnetycznej stali wirnik obraca się w wyniku dążenia do zamknięcia obwodu i uzyskanie najmniejszego oporu magnetycznego. Silniki hybrydowe HB łączą zalety silników PM oraz VR. Wirnik zbudowany jest z dwóch ferromagnetycznych wieńców i umieszczonego między nimi magnesu trwałego o magnesowaniu promieniowym.



Rysunek 2.2: Wytworzenie momentu reluktancyjnego

2.2 Podział silników krokowych ze względu na sposób połączenia uzwojeń

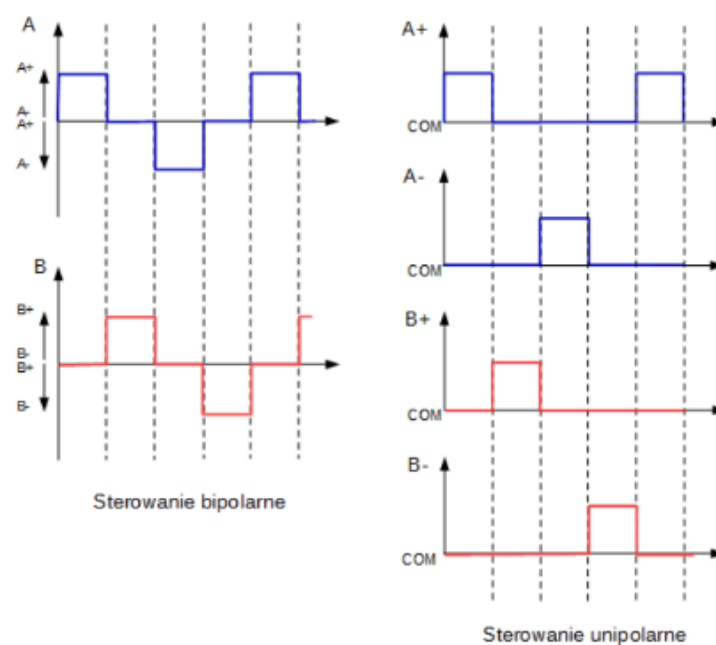
Silniki krokowe dzieli się nie tylko ze względu na budowę i zasadę działania, ale również na sposób sterowania związany z wewnętrznym połączeniem uzwojeń. Na rysunku poniżej przedstawiono możliwe konfiguracje połączeń. Widać że silnik może posiadać zarówno cztery wyprowadzenia (pary uzwojeń połączone wewnętrznie ze sobą jak na rysunku 2.1) oraz sześć wyprowadzeń (z dodatkowo wyprowadzonymi punktami połączeń par uzwojeń). Odczepy środkowe poszczególnych par uzwojeń mogą być połączone ze sobą (silnik z pięcioma wyprowadzeniami) lub każde z uzwojeń może być niezależnie wyprowadzone (osiem wyprowadzeń). Ze względu na możliwy sposób sterowania silnik o czterech wyprowadzeniach nazywany jest silnikiem bipolarnym, a silnik o większej ilości wyprowadzeń unipolarnym. Silniki unipolarnie mogą być sterowane zarówno bi- jak i unipolarnie.



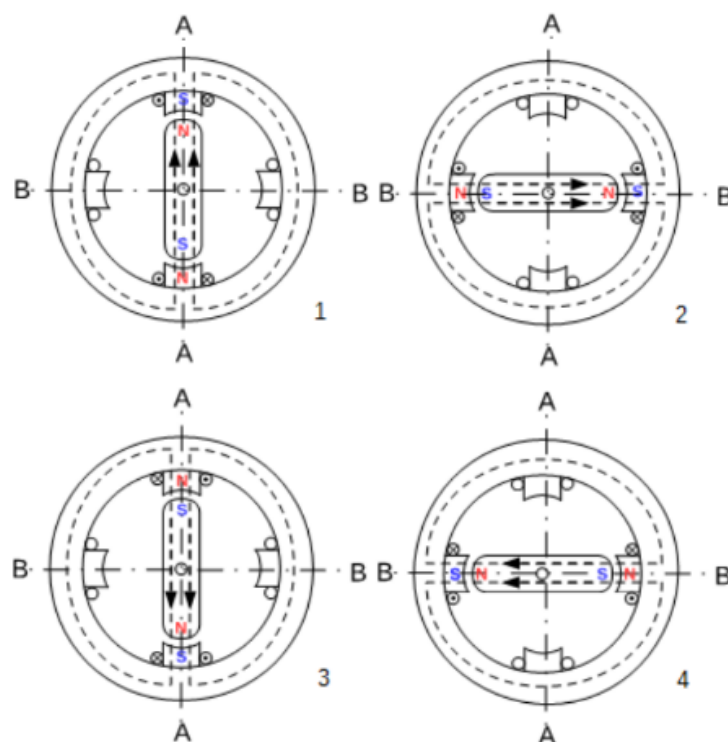
Rysunek 2.3: Rodzaje połączeń uzwojeń silnika krokowego

2.3 Rodzaje sterowania silnikiem krokowym

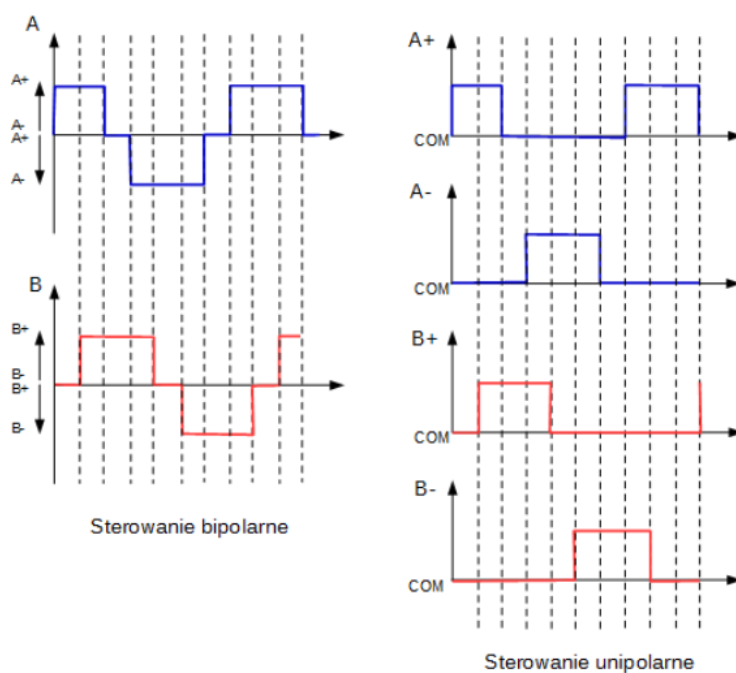
Ze względu na opisane wyżej różnice w wewnętrznej strukturze połączeń wyróżnić można dwa sposoby sterowania bi- oraz unipolarne. W sterowaniu **unipolarnym** wykorzystuje się odczep COM z środka pary uzwojeń łącząc go z masą GND. Ruch obrotowy wirnika możliwy jest dzięki przyłączaniu potencjału V_{cc} do wyprowadzeń A+, A-, B+, B- według odpowiedniej sekwencji. Przepływ prądu odbywa się zawsze w jednym kierunku. Wadą takiego rodzaju sterowania jest to że w danym takcie pracuje tylko jedno uzwojenie w danej parze, a więc potencjał silnika nie jest w pełni wykorzystany. Podczas sterowania bipolarnego nie jest wykorzystywany odczep COM, a odpowiednią sekwencję sterującą otrzymujemy się poprzez zmianę polaryzacji zasilania pary uzwojenia A oraz B. Przebiegi sygnałów sterujących przedstawiono na rysunku 2.3. Rodzaj sterowania silnikiem krokowym można również podzielić ze względu na ilość taktów w sekwencji sterującej praca silnika. Przedstawione przebiegi sterujące odpowiadają sterowaniu pełnokrokowemu. W danej chwili zasilane jest tylko jedno uzwojenie (sterowanie falowe) - wirnik przyjmuje położenia równoległe do biegunów - rysunek 2.3. Zasilając naprzemiennie jedno i dwa uzwojenia (według sekwencji z rysunku 2.5) uzyskać można sterowanie półkrokowe zwiększające płynność ruchu i dokładność pozycjonowania wirnika.



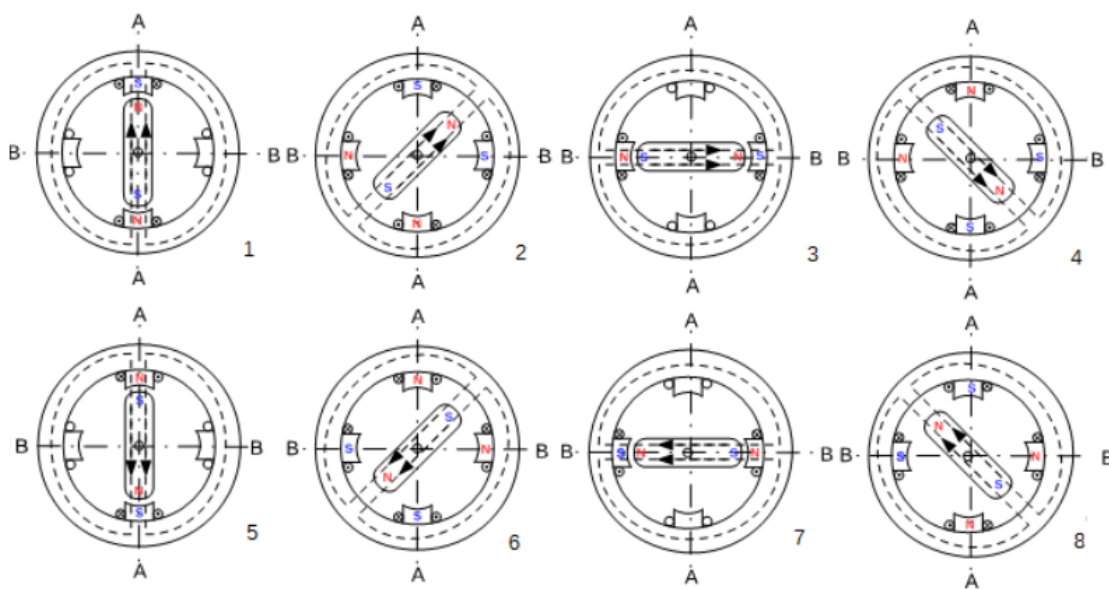
Rysunek 2.4: Przebiegi sygnałów sterujących - sterowanie pełnokrokowe



Rysunek 2.5: Sekwencja pracy silnika przy sterowaniu pełnokrokowym

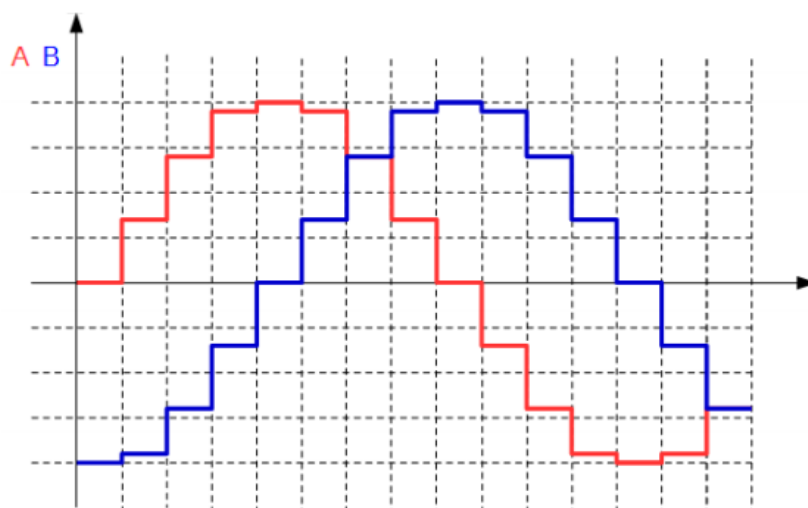


Rysunek 2.6: Przebiegi sygnałów sterujących przy sterowaniu półkrokowym



Rysunek 2.7: Sekwencja pracy silnika przy sterowaniu półkrokowym

Dodatkowe możliwości w kwestii płynności ruchów silnika krokowego stwarza sterownie mikrokrokowe. Jego ideę przedstawia rysunek poniżej. Do sterowania silnikami krokowymi często zamiast bezpośredniego generowania sygnału sterującego, wykorzystuje się scalone sterowniki



Rysunek 2.8: Przebiegi sygnałów sterujących przy sterowaniu mikrokrokovym

których zdaniem jest generowanie odpowiedniej sekwencji impulsów. Sterownik taki posiada zazwyczaj wejścia oznaczone jako *DIR* (do sterowania kierunkiem obrotów) oraz *STEP* (do sterowania krokiem silnika). Sterowniki tego typu posiadają często wejścia wyboru rozdzielczości pozwalające ustawić żądany rodzaj sterowania.

3 Zadania do wykonania

Zadanie 1 Wykorzystując oscyloskop zbadać działanie enkodera inkrementalnego. Podłączyć jedno z wyjść enkodera do wejścia licznikowego karty pomiarowej. Napisać program w środowisku LabVIEW wyświetlający aktualną prędkość obrotową enkodera.

Zadanie 2 Podłączyć wyjścia enkodera inkrementalnego do wejść cyfrowych karty pomiarowej. Napisać program w środowisku LabVIEW wyświetlający pozycję kątową ($0 - 360^\circ$) enkodera oraz kierunek obrotu. Oznaczenia pinów przedstawiono w tabeli poniżej.

<i>CLK</i>	<i>A</i>	Wyjście A enkodera
<i>DT</i>	<i>B</i>	Wyjście B enkodera
<i>+</i>	<i>5V</i>	Zasilanie +5V
<i>GND</i>	<i>GND</i>	Masa zasilania

Zadanie 3 Napisać program w środowisku LabVIEW sterujący silnikiem krokowym unipolarnym. Do sterowania wykorzystać kartę pomiarową NI-USB 6009. Zastosować sterowanie pełnokrokowe. Użytkownik powinien móc zadawać prędkość oraz kierunek pracy silnika. Opis wyprowadzeń przedstawiono w tabeli poniżej. Wyprowadzenie COM połączone zworą z V_{cc} .

<i>IN1</i>	<i>A+</i>
<i>IN2</i>	<i>B+</i>
<i>IN3</i>	<i>A-</i>
<i>IN4</i>	<i>B-</i>

Zadanie 4 Rozbudować program z zadania poprzedniego o możliwość sterowania półkrokowego.

Zadanie 5 Stworzyć program w środowisku LabVIEW prezentujący sterowanie silnikiem krokowym z wykorzystaniem sterownika silnika. Zaobserwować przy użyciu oscyloskopu przebieg sygnałów sterujących generowanych przez sterownik.

Zadanie 6 Napisać program w środowisku LabVIEW tak, aby umożliwiał obrót silnika krokowego o kąt zadany z wykorzystaniem enkodera obrotowego.

Zadanie 7 Zapoznać się z rozdziałem dokumentacji sterownika Siemens S7-200 dotyczącym szybkich liczników oraz dokonać konfiguracji licznika HSC0 do obsługi enkodera. Program powinien w zależności od kierunku obrotu załączać wyjście *Q0.0* (lewo) oraz *Q0.1* (prawo). Ponadto wyjście *Q0.2* powinno być załączane gdy wartość zliczona przez liczniki jest równa 100.