

Przetworniki obrotowo-impulsowe z otworem na oś

Witold Ober

Optoelektroniczne przetworniki obrotowo-impulsowe z otworem na oś znajdują wszechstronne zastosowanie w automatyce napędu i wielu innych branżach. W poniższym artykule zostaną omówione przetworniki wyróżnione z uwagi na sposób mocowania bezpośrednio na osi obiektu, którego kątowne przemieszczenie ma być mierzone. W szczególności opisano przetworniki inkrementalne wykorzystujące technologię optoelektroniczną, choć podane będą też przykłady przetworników wykonanych w innych technologiach. Wyspecjalizowanym dostawcą przetworników do pomiaru kąta wykonanych w różnych technologiach jest firma Wobit.

Przetworniki inkrementalne wykorzystujące technologię optoelektroniczną nazywane są też po prostu enkoderami (ang. encoders, niem. Drehgeber). Przetworniki te są dostępne w szerokim zakresie rozdzielczości, liczby kanałów, wykonaniach elektroniki, sygnałów wyjściowych, ze złączem lub kablem, w obudowach metalowych lub jako kit z tworzywa. Program dostaw firmy Wobit obejmuje wszystkie wielkości i klasy cenowe.

Przetworniki impulsowe

Przetworniki impulsowe (przystosowane, inkrementalne) są przeznaczone do pomiaru przemieszczeń kątowych, a więc zarówno do pomiaru kąta, jak i prędkości kątowych. Urządzenia te pozwalają na określenie pozycji względnej poprzez zliczanie impulsów. Kierunek ruchu rozpoznawany jest dzięki przesunięciu fazowemu kanałów A i B przez elektronikę współpracującą, która musi

przychodzące impulsy dodawać lub odejmować (układ z kwadraturą). W przetwornikach o większej rozdzielczości zwykle występuje też kanał zerowy C (punkt referencyjny), który wyznacza przy każdym obrocie pozycję absolutną. Znacznik zerowy może służyć do rozpoznawania poprawności przychodzących impulsów i wyznaczania pozycji zerowej. Rozdzielczość określana jest zwykle przez liczbę kresk na tarczy podziałowej przetwornika (działek), co odpowiada liczbie okresów z jednego kanału. Liczba impulsów jest 4-krotnie większa od liczby działek, jeśli jest zliczana w poprawnym liczniku kwadraturowym, czyli zauważającym wszystkie cztery zbocza sygnałów A i B na jeden okres.

Przetworniki absolutne

Przetworniki absolutne (kodowe) z wyjściem cyfrowym lub analogowym pozwalają na określanie bezwzględnej pozycji

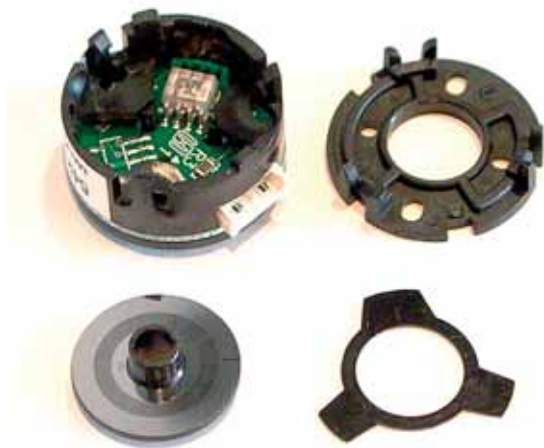
kątowej. Klasyczny przetwornik obrotowo-kodowy w technologii optoelektronicznej dostarcza na wejściu cyfrowym informacji w postaci równoległej w kodzie Gray'a lub innym, względnie szeregowo według kilku popularnych standardów takich jak SSI, Biss, EnDAT, Sercos, CAN, RS485. Wyjście analogowe np. w standardzie pętli prądowej 4.. 20 mA, lub wyjście napięciowe 0.. 10VDC z reguły zastosowane jest w tańszych przetwornikach.

Zasada funkcjonowania przetworników optoelektronicznych

Sercem przetwornika jest osadzona na tulei obrotowej przetwornika tarcza szklana z niezwykle precyzyjną podziałką kodową naniesioną w warstwie chromu napolonego w warunkach próżni na powierzchni szkła. Względnie, przy małej rozdzielczości, tarcza metalowa z wytrawionymi precyzyjnie szczelinami lub ostatecznie tarcza z tworzywa sztucznego. Przy wysokiej rozdzielczości lub małych wymiarach tarczy konieczne jest stosowanie zaawansowanej technologii fotolitografii (stosowanej w produkcji półprzewodników) koniecznej dla uzyskania niezwykle małych szczelin i ostrego rysunku kresk na tarczy. Już samo szkło na tarczę spełniać musi ostre wymagania równoległości płaszczyzn, gładkości i przejrzystości (bra-



Rys. 1. Tani przetwornik ME22 o rozdzielczości 300 działek



Rys. 2. Wnętrze inkrementalnego przetwornika refleksyjnego

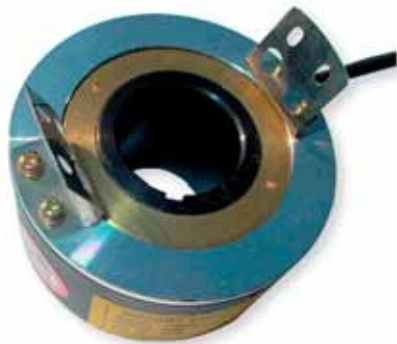
ku wtrąceń). Przy wyższych rozdzielczościach nie wystarcza szkło wyciągane (flott) według takiej technologii jak w obróbce szkła okiennego. Specjalne szkło tnie się z bloków i osobno obrabia, co podnosi znacznie koszt. Renomowani producenci mają opracowane własne receptury, między innymi w celu podniesienia walorów mechanicznych szkła.

Rozdzielczość przetworników jest określona przez liczbę kresek na tarczy podziałowej. Tarcza przetwornika, mająca wyznaczone ścieżki z określoną liczbą pól ciemnych i jasnych, przemieszcza się kątowno nad podziałką maskującą. Tarcza maskująca jest oświetlana diodą IRED na światło podczerwone (dawniej żarówką). Element światłoczuły odbiera z tarczy podziałowej impulsy świetlne i przetwarza je na sygnały elektryczne, które są wzmacniane i przekształcane w sygnały elektryczne o odpowiednim poziomie. Poziom sygnałów zależy od elektroniki formującej impulsy wyjściowe. Elementy fotoelektryczne dostarczają zwykle przebiegi sinusoidalne przy równomiernym przemieszczaniu tarczy przetwornika. W zależności od przyłączonych do nich układów dyskryminacyjnych Schmitta przekształca się sygnał sinusoidalny na prostokątny. Sygnały sinusoidalne można wzmocnić i poddać podziałowi w tzw. interpolatorze, który dzieli sygnał na wiele drobnych impulsów podwyższając w ten sposób uzyskaną rozdzielczość nawet 1000-krotnie (np. układ scalony interpolatora firmy Gemac).

Elementy elektroniki są najczęściej zintegrowane w przetworniku, mogą być jednak dostępne na zewnątrz. W wielu nowych przetwornikach elektronika jest już zintegrowana nawet z elemen-



Rys. 3. Przetwornik MHK40



Rys. 4. Przetwornik MHK80

tami fotoczułymi w postaci jednego układu scalonego. W produkowanych masowo przetwornikach o małej rozdzielczości w obudowie z tworzywa stosuje się też tarcze metalowe i układy refleksyjne zawierające wszystkie niezbędne do działania enkodera układy w jednym czipie (oświetlające i badające światło odbite). Dobrym przykładem taniego rozwiązania jest tu przetwornik z otworem na oś ME22 o rozdzielczości 200, 250 lub 300 działek na obrót. Przetwornik ten daje się zamontować na małym silniku DC. Części składowe podobnej konstrukcji przetwornika pokazuje rys. 2.

Producenci małych silników prądu stałego często sięgają po własne rozwiązania w celu utrzymania niskiej ceny komponentu napędu. Przykładem mogą być enkodery z firm produkujących małe silniki DC jak Buehler Motor lub Dunkermotoren. Enkodery te dopasowane są do konstrukcji silników, ale najczęściej występują tylko w ograniczonej liczbie rozdzielczości (najczęściej 100, 500 działek). Występują tu często płaskie konstrukcje, ponieważ tuleja z tarczą mocowana jest na osi silnika, a moduł optoelektroniczny (taki jak HEDS5540 firmy Avago, dawnej Agilent a jeszcze wcześniej HP) w obudowie z tworzywa pasującej do pokrywy łożyskowej silnika. Konstrukcje takie jak np. HEDS5540-H06 z otworem na oś o średnicy 6,35 mm instaluje się wygodnie na silnikach krokowych rozmiaru 56 z tylną osią i przygotowanymi otworami. Popularne są tu rozdzielczości 200, 400 i 1000 działek. Zainstalowany na silniku krokowym enkoder ułatwia, przy odpowiednim sterowaniu



Rys. 5. Przetwornik obrotowo-kodowy RCN729

silnika, precyzyjną kontrolę pozycji z reguły sięgającą wyżej niż dokładność silnika. W odpowiedzialnych zadaniach sprzężenie zwrotne z enkodera służy też do badania poprawności zachowania elektroniki sterującej. Enkodery te dostarczane są jednak najczęściej tylko w określonym standardzie zasilania i standardzie wyjść. Zwykle jest to zasilanie 5 VDC i wyjście kanałów A, B o poziomach TTL.

Standardowe enkodery z otworem

Najpopularniejszym enkoderem z otworem stosowanym w przemyśle jest urządzenie o klasycznej budowie, takiej jak przetwornik MHK40. Występuje tu największa różnorodność rozdzielczości, standardów zasilania i standardów sygnałów wyjściowych. Powodem jest fakt, iż konstrukcja przetwornika niewiele odbiega od typowego enkodera z osią. Elektronika i obudowa są często te same (np. enkoder z otworem MHK40-8-2000-5-BZ-N oraz bliźniacza konstrukcja MOK40-2000-5-BZ-N z osią 6 mm).

Przetwornik MHK40 wykonywany jest standardowo z otworem o średnicy 8 mm, ale dostępny jest w zakresie średnic otworu od 6 mm do 12 mm. Obszar zastosowań tych enkoderów jest praktycznie nieograniczony, od integracji we wnętrzu specjalizowanej maszyny budowanej na zamówienie, poprzez małe i średnie napędy z silnikami DC lub indukcyjnymi, których falowniki oczekują sygnału sprzężenia zwrotnego, do zastosowań w maszynach CNC bezpośrednio na wale śruby tocznej.

Enkodery zabudowane z łożyskiem o dużej średnicy

Enkodery podobne w konstrukcji do poprzednio opisanego, ale o zwiększonym otworze wymagają dużych pierścieni-

wych łożysk, co podnosi ich koszt. Przetworniki te przeznaczone są do mocowania bezpośrednio na wale większego silnika napędowego głównie w celu kontroli prędkości napędu. Produkty te występują już w ograniczonym asortymencie wykonania. Najpopularniejsza jest rozdzielczość 1024 działek na obrót, zasilanie +5 VDC i wyjście typu nadajnik linii. Przykładowy przetwornik MHK80 o średnicy obudowy 80 mm wykonywany jest z otworem na wał o średnicy 30 mm. Typowe zastosowania to dźwigi, windy, robotyka. W układach sterujących windami w szybach stosuje się specjalnie zdublowane układy enkoderów w celu spełnienia wymagań nakładanych na maszyny wyciągowe.

Inne enkodery o takiej konstrukcji i zwiększonej rozdzielczości przeznaczone są głównie dla aplikacji pomiarowych i astronomicznych (często w połączeniu z enkoderem kodowym jak np. RCN727 firmy Heidenhain) osiągając też wysokie ceny. Ścieżki kwadraturowe dają wówczas sygnał do napędu wykorzystywany do regulacji prędkości a informacja przekazywana szeregowo podaje absolutną pozycję o wysokiej dokładności i wyjątkowo dużej rozdzielczości sięgającej nawet 29 bitów (np. w przypadku RCN729 o średnicy obudowy 200 mm i otworze 60 mm). Informacja o pozycji jest przesyłana w standardzie EnDAT2.2 do którego firma WObit produkuje odpowiednie urządzenie podłączone do komputera PC poprzez złącze USB.

Specjalne enkodery pierścieniowe o dużej średnicy

W nieco innej technologii optoelektronicznej produkowane są też enkodery o dużej rozdzielczości do zastosowań pomiarowych np. w precyzyjnych stołach obrotowych. Przetwornik pomiarowy z serii RESM firmy Renishaw, specjalizującej się w precyzyjnych systemach pomiarowych,



Rys. 6. Przetwornik pierścieniowy RESM



Rys. 7. Przetwornik magnetyczny WMK16

ma zamiast tarczy podziałowej niskoprofilowy pierścień stalowy z naniesioną podziałką o stałej 20 um na zewnętrznym obwodzie pierścienia. Niewielka głowica o wymiarach 15,6 x 16,5 x 36 mm czyta metodą refleksyjną przemieszczenie zapewniając rozdzielczość i powtarzalność 0,02 sekundy łukowej. Zaletą produktu, oprócz wysokiej dokładności sięgającej $\pm 0,5$ sekundy łukowej, są małe rozmiary pierścienia i wybór różnych średnic pierścieni: od 52 mm do 413 mm. Pozwala to dostosować się do wymiarów aplikacji. Z pierścienia o średnicy 52 mm głowica czyta 8192 linie, a z pierścienia o największej średnicy 413 mm aż 64800 linii. Interpolator zewnętrzny może podnieść rozdzielczość od 4 do 1000 razy. Głowica odczytowa charakteryzuje się wysokim stopniem ochrony IP65, a pierścieniowi nie jest w stanie zaszkodzić maszynowe chłodziwo czy inne płyny.

Inne technologie

Bezstykowe przetworniki impulsowe kąta wykonywane są nie tylko w technologii optoelektronicznej, ale także magnetycznej, pojemnościowej i innych. Praktycznego znaczenia nabiera technologia magnetyczna, w której kilku znanych producentów dostarcza enkodery impulsowe zarówno o najniższych, jak i dużych rozdzielczościach. Przykładem ekonomicznego rozwiązania jest enkoder magnetyczny WMK16 bazujący na pierścieniu ferrytowym namagnesowanym pierścieniowo (16 biegunów). Pierścień wklejony jest na tuleję mocującą z aluminium, którą zakłada się na oś o średnicy 6 mm lub w innej wersji na oś o średnicy 6,35 mm. Cała zawartość elektroniczna enkodera mieści się w układzie scalonym przypominającym tranzystor. Obudowa o wymiarach 4,5 x 6 mm i grubości 1,5 mm zawiera dwa hallotrony precyzyjnie umieszczone w odległości 1,5 mm od siebie. Hallotrony, wzmacniacz, komparator, układ zasilania i stopień wyjściowy zintegrowane są w jednej strukturze półprzewodnikowej A3422 firmy Allegro.

Przetwornik firmy Wobit nadaje się do zastosowań masowych oraz indywidualnych z uwagi na cenę i łatwość aplikacji. Chip nie musi być precyzyjnie justowany, a wystarczy, że jest zbliżony do obracającego się pierścienia. Dostarcza na wyjściu w standardzie OC sygnały A, S (zmultiplikowany już sygnał z obu kanałów A, B) i wyróżniony sygnał kierunku. Dzięki temu może być stosowany bezpośrednio do liczników bez kwadratury. W podobnej technologii dostępne są też enkodery o wyższej rozdzielczości. Różnica polega głównie na zaawansowaniu głowicy czytającej zmiany sygnału pola magnetycznego, mechanice pierście-

Tabela 1. Porównanie enkoderów różnych typów z otworem

Enkoder	Zastosowanie	Zalety	Wyjścia	Cena*	rozdzielczość
				PLN	działki/obrót
WMK16-6	Przyrządy	tani, łatwy montaż, kit	OC	34	16
ME22	Silniki DC	tani, miniaturowy	TTL	123	100-300
HEDS5540	s. krokowe	mocowanie, popularny	TTL	244,50	100-1024
MAB22AH	Czujnik kąta	Tani, łatwe mocowanie	analog	160	4096
MHK40...-N	Przemysł	ekonomiczny, duża ilość standardów wyjść, średnic otworów	RS422	414,99	50-3600
MHK40...-PP	Przemysł		PP	357,75	50-3600
MHK80	Napędy	duży otwór, mocne łożyska	PP, RS422	643,95	512, 1024
REE52	Silniki BLDC	łatwy montaż, duża rozdzielczość, pozycja absolutna, małe wymiary	AqBiSS	427-1.192	4.096-65.536
RESM	Stoły obrotowe	Duża rozdzielczość, wytrzymałość mechaniczna	RS422	3.100-11.500	8.192-64.800
RCN729	astronomia	Ogromna rozdzielczość i b. wysoka dokładność	EnDat2.2.	ok. 20.000	536.870.912

* ceny podano netto w PLN dla zakupów pojedynczych.



Rys. 8. Przetwornik MAB22AH firmy Megatron

nia, sposobach magnesowania. Technologia magnetyczna pozwala też na budowanie enkoderów absolutnych, tzn. dostarczających informacji o położeniu bezwzględnym.

W technologii magnetycznej firma Wobit dostarcza obecnie kilka różnych enko-

derów inkrementalnych i absolutnych z wyjściem szeregowym i analogowym w tym interesującą konstrukcją enkodera MAB22AH w średnicy jedynie 22 mm z otworem 4 mm lub 6 mm produkcji Megatron. Przetwornik charakteryzuje wysoki stopień ochrony, łatwy montaż, niska cena, rozdzielczość 12 bitów, wyjście analogowe.

Interesujący enkoder wykonany w innej technologii produkowany jest przez izraelską firmę. Mimo, że technologia pojemnościowa jest znana od dawna, dopiero obecnie pojawiają się udane technicznie i ekonomicznie rozwiązania. Przykładem jest enkoder REE52 firmy Netzer Precision, który oprócz sygnałów kwadraturowych dostarcza po łączu SSI informacje o położeniu absolutnym. Przetwornik ma



Rys. 9. Przetwornik pojemnościowy REE52



Rys. 10. Przetwornik do pozycjonowania anteny



Rys. 11. Enkoder z otworem do kontroli głowicy czolgu

bardzo płaską budowę i mocuje się go na osi silnika bez konieczności precyzyjnego ustawiania. Urządzenie w szerokim zakresie temperatur od -40 do 125°C zapewnia dokładność $\pm 0,05$ stopnia.

Przetworniki te stosowane są głównie z silnikami bezszczotkowymi do kontroli pozycji, ale technologia ta znajduje wiele różnych zastosowań, nawet militarnych. Jako przykład można podać płaski enkoder o średnicy 168 mm z wewnętrzną średnicą 107 mm o rozdzielczości do 524288 działek na obrót używany w układach celowniczych.

W tabeli 1 zamieszczone zostało porównanie zupełnie różnych enkoderów z otworem.

mgr inż. Witold Ober
Autor jest właścicielem
firmy Wobit



KONTAKT

Wobit

ul. Gruszkowa 4
61-474 Poznań
tel. (61) 83 50 800
fax (61) 83 50 704
e-mail:
www.wobit.com.pl