

Krzysztof KOLANO

KATEDRA NAPĘDÓW I MASZYN ELEKTRYCZNYCH POLITECHNIKI LUBELSKIEJ
ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin

Zastosowanie enkoderów inkrementalnych w systemach odwzorowania położenia kabiny dźwigu osobowego w szybie

Dr inż. Krzysztof KOLANO

W 1997 r. ukończył III Liceum Ogólnokształcące im Unii Lubelskiej w Lublinie. Następnie studiował w systemie dziennym na Wydziale Elektrycznym Politechniki Lubelskiej na kierunku Elektrotechnika, gdzie w roku 2002 uzyskał tytuł magistra inżyniera. Od roku 2002 pracował na stanowisku asystenta w Katedrze Napędów Elektrycznych Politechniki Lubelskiej. W roku 2009 uzyskał stopień doktora nauk technicznych w specjalności elektrotechnika i rozpoczął pracę na stanowisku adiunkta.



e-mail: krzysiekkolano@wp.pl

Streszczenie

Kluczowym elementem układu sterowania dźwigu osobowego jest kontrola odwzorowania położenia kabiny w szybie. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest system oparty na zestawie zamontowanych na prowadnicach dźwigu magnesów oraz umieszczonych na kabinie kontaktronów, reagujących na ich obecność w strefie zadziałania. Proces sterowania pracą dźwigu jest oparty o eksperymentalny dobór odpowiedniego położenia magnesów, co znacznie wydłuża i utrudnia proces jego instalacji. W artykule przedstawiono nowe rozwiązanie systemu odwzorowania położenia kabiny w szybie z użyciem enkodera inkrementalnego, który wykorzystując minimalną liczbę czujników może dokładnie pozycjonować kabinę w szybie.

Słowa kluczowe: enkoder inkrementalny, dźwig osobowy, system odwzorowania.

Incremental encoder for the passenger lift positioning system

Abstract

Modern lift drive systems are very sophisticated and allow affecting almost any part of the speed curve to achieve the desirable level of passenger comfort. A user interface clearly provides all information according to the passenger needs. Mechanical and electrical construction is optimised to meet all the designer requirements. Unfortunately, there are still many problems with the magnetic positioning system in passengers lifts, especially in old buildings. The problems caused by malfunction of sensors and levelling accuracy with variable loads are often met. Also the installation and maintenance time is much longer than that in modern positioning systems which use absolute encoders. Despite all advantages, encoder based positioning systems are not widely used because of their cost. A rotary encoder, also called a shaft encoder, is an electro-mechanical device that converts the angular position of a shaft or axle to an analog or digital code, making it an angle transducer. Rotary encoders are used in many applications that require precise shaft rotation—including industrial controls, robotics, expensive photographic lenses, computer input devices (such as optomechanical mice and trackballs), and rotating radar platforms. A traditional incremental encoder works differently by providing an A and B pulse outputs which deliver no usable count information in their own right. Rather, the counting is done in the external electronics. The point where the counting begins depends on the counter in the external electronics and not on the encoder position. To provide useful position information, the encoder position must be referenced to the device to which it is attached, generally using an index pulse. The distinguishing feature of the incremental encoder is that it reports an incremental change in position of the encoder to the counting electronics. This paper describes a prototype of the positioning system using a popular incremental encoder supported by two sets of induction sensors and a specialised microcontroller unit.

Keywords: incremental encoder, passenger lift, positioning system.

1. Wstęp

Współczesne dźwigi osobowe charakteryzują się dużą złożonością techniczną wynikającą z rosnących wymagań użytkowników. Fakt ten sprawia, że proces instalacji i konserwacji urządzeń dźwigowych staje się skomplikowany i przedłuża czas wyłączenia dźwigów z eksploatacji. Nowoczesne układy napędowe integrujące w swej strukturze przemienniki częstotliwości zapewniają odpowiednio wysoki komfort związany z parametrami jazdy dźwigu (przeciążenia, zrywy), a nowoczesne systemy rozproszonego sterowania zwiększają bezpieczeństwo i komfort korzystania z urządzenia [2].

Kluczowym elementem układu sterowania dźwigu osobowego jest kontrola odwzorowania położenia kabiny w szybie. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest systemem wykorzystujący zestaw zamontowanych na prowadnicach dźwigu magnesów oraz umieszczonych na kabinie kontaktronów, reagujących na obecność magnesów w strefie zadziałania. Za pomocą dopasowanych (przyciętych do odpowiedniego rozmiaru) pasków magnetycznych możliwe jest wygenerowanie odpowiednio długich impulsów informujących układy elektroniczne o położeniu kabiny w szybie [8, 9].

Najprostszy wariant tego typu systemu obejmuje „n” magnesów informujących o położeniu na wysokości piętra, „2n” o znajdowaniu się kabiny w strefie zwalniania (gdzie „n” to liczba przystanków w budynku). Specyfika pracy układów sterowania mikroprocesorowego (filtracja sygnałów wejściowych) sprawia, że ograniczona jest minimalna długość paska magnetycznego, jaki może zostać użyty. Ponadto proces sterowania pracą dźwigu jest oparty o eksperymentalny dobór odpowiedniego położenia magnesów.

Powyzsze aspekty często powodują nieprecyzyjne zatrzymywanie się kabiny na poziomie przystanku, co w skrajnych przypadkach może doprowadzić do przejścia pracy sterownika w tryb awaryjny i unieruchomienie całego dźwigu.

Rozwiązaniem tych problemów może być zastosowanie przetworników optoelektrycznych – enkoderów położenia. Wiele firm o globalnym zasięgu opracowało takie rozwiązania w oparciu o enkodery położenia absolutnego. Niestety koszty takiego rozwiązania ograniczają jego zastosowanie jedynie do budynków prestiżowych i znacząco wpływają na popularność tej metody [3].

W artykule przedstawiono możliwości zastosowania taniego enkodera inkrementalnego wyposażonego w układ kontroli pracy oraz interfejs szeregowy CAN wraz z niezbędnymi czujnikami, do zbudowania systemu odwzorowania położenia kabiny w szybie.

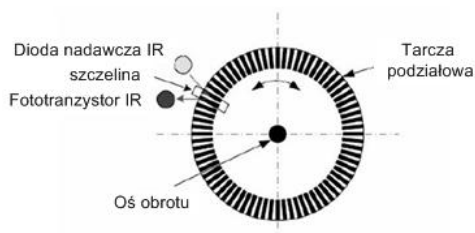
Prototyp urządzenia został przetestowany na modelach dźwigów osobowych w Katedrze Napędów i Maszyn Elektrycznych Politechniki Lubelskiej. W posiadaniu katedry są dwa modele szybów dźwigów osobowych wykonanych w skali 1:10. Jeden z układów napędowych wyposażony jest w przemiennik częstotliwości, który umożliwia zmiany parametrów zasilania silnika w bardzo szerokim zakresie. W drugim układzie napędowym modelu dźwigu zastosowano silnik dwubiegowy. Zastosowanie przemiennika częstotliwości z zainstalowaną aplikacją sterującą luzownikiem hamulca umożliwia testowanie jego nastaw i późniejszą łatwą ich aplikację do przemienników pracujących w układach dźwignicowych.

Stanowisko to powstało w ramach pracy nad sterownikiem mikroprocesorowym o roboczej nazwie LS 2020 będącym przedmiotem projektu badawczego celowego. Na stanowisku tym możliwe

jest testowanie wszystkich stanów pracy dźwigu, jak również symulacji stanów awaryjnych. Umożliwia to dogłębną analizę sterowania pod kątem jego przydatności w aplikacjach dźwigów osobowych, jak również umożliwia opracowywanie i testowanie nowego oprogramowania dla dźwigów pracujących pojedynczo i grupowo.

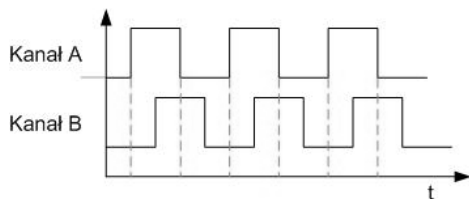
2. Założenia techniczne enkoderowego systemu odwzorowania położenia kabiny

Enkoder jest urządzeniem służącym do przetwarzania informacji o ruchu obrotowym na ciąg impulsów o częstotliwości zależnej od prędkości obrotowej jego osi (rys. 1). Budowa tego elementu choć stosunkowo prosta wymaga dużej dokładności i wykorzystania elementów wysokiej jakości. Enkoder inkrementalny składa się w dużym uproszczeniu z tarczy podziałowej z wykonanymi z dużą dokładnością otworami oraz dwóch zestawów diod-fototranzystor.



Rys. 1. Budowa enkodera inkrementalnego
Fig. 1. The inner ring of the incremental encoder

Zasada działania enkodera inkrementalnego polega na generowaniu ciągu impulsów w dwóch kanałach, z których drugi jest przesunięty względem pierwszego o kąt 90° (rys. 2). Zabieg ten służy umożliwieniu określenia kierunku obrotu tarczy.



Rys. 2. Przebieg sygnałów z linii enkodera inkrementalnego
Fig. 2. Signals generated in A and B line of the incremental encoder

Podstawowym parametrem enkodera inkrementalnego jest liczba impulsów przypadających na pełny obrót. Liczba ta w zależności od pożądanej dokładności może zawierać się od 300 do nawet 10 000 impulsów na obrót.

W przeciwieństwie do enkodera położenia absolutnego, gdzie specjalnie wykonana tarcza umożliwia określenie dokładnego położenia kąowego, w tym przypadku mamy możliwość określenia jedynie przesunięcia kąowego. Fakt ten sprawia, że aby przy pomocy enkodera inkrementalnego określać dokładnie położenie należy wyposażyć go w układ mikroprocesorowy z algorytmem przeliczającym ciąg impulsów na drogę liniową – w tym przypadku kabiny dźwigu.

Jednym z problemów pozycjonowania kabiny w szybie przy wykorzystaniu enkodera inkrementalnego jest wykonanie jego mechanizmu napędowego. Wielu producentów wykorzystuje w tym celu elastyczny pasek z zębami, które uniemożliwiają jego poślizg względem koła enkodera (rys. 3.)

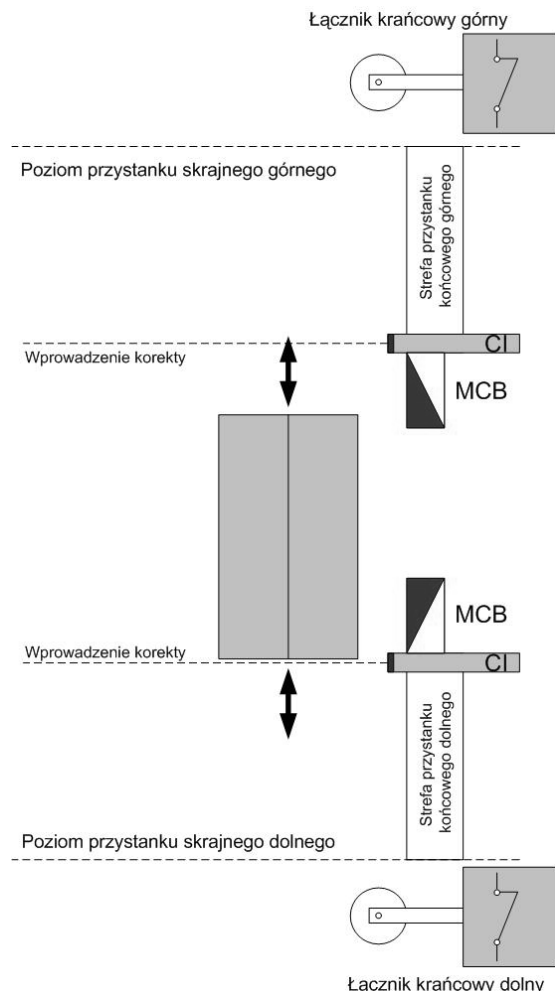
Rozwiązanie to sprawdza się bardzo dobrze, jednak wymaga wykorzystania wielu dodatkowych elementów w szybie kabiny i zwiększa koszt aplikacji.



Rys. 3. Elastyczny pasek z zębami stosowany w układach pozycjonowania
Fig. 3. Special flexible belt widely used in lift positioning systems

Intencją autora było opracowanie bardzo prostego w instalacji urządzenia przy zachowaniu niskich kosztów inwestycji, co wymusiło rezygnację z kosztownego paska zębatego i wykorzystanie istniejącego w każdym dźwigu ogranicznika prędkości. Z uwagi na fakt, że moment przenoszony przez napęd ogranicznika w stanach pracy normalnej jest bardzo niewielki, małe są również błędy wynikające z poślizgu linki napędowej. Dodatkowo do zmniejszenia przeciążeń i zrywów podczas pracy dźwigu przyczyniła się wydatnie popularyzacja przekształtnikowych układów napędowych wykorzystujących przemienniki częstotliwości [4].

Do korekty błędów przesuwu linki napędowej powstających w czasie pracy dźwigu wykorzystano dwie pary czujników indukcyjnych (CI) na przystankach skrajnych, które podłączone bezpośrednio do sterownika odwzorowania enkoderowego podają dokładne informacje o położeniu (rys. 4). Mikrokontroler może w tym momencie wprowadzić korektę położenia kąowego. Bardzo istotną dla układu odwzorowania jest informacja o znajdowaniu się dźwigu w strefie przystanku końcowego (magnetyczne czujniki bistabilne - MCB).



Rys. 4. Podstawowe elementy systemu odwzorowania położenia kabiny w szybie
Fig. 4. Basic elements of the lift positioning system in a lift shaft

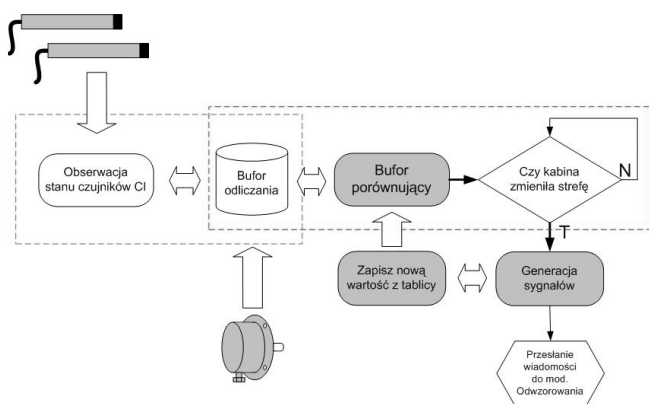
Jeśli układ rozpoczął pracę (po załączeniu zasilania) znajdując się w dolnej strefie zatrzymania, to pierwszą jazdę orientującą (na przystanek skrajny) musi wykonać w kierunku przeciwnym – do góry. Jedynie w takim przypadku mamy pewność, że dźwиг w odpowiednim momencie dostanie informację o konieczności zmniejszenia prędkości i moduł odwzorowania ustali przy pomocy czujników indukcyjnych (CI) dokładne położenie punktu kontrolnego.

3. Algorytm pozycjonowania kabiny w szybie

Kluczowym zadaniem systemu nadzorującego pracę enkodera jest poprawne zliczanie impulsów generowanych podczas pracy enkodera i sygnalizowanie czasu, w którym kabina zmienia swe położenie pomiędzy strefami.

Algorytm działania urządzenia wykorzystuje zawarte w strukturze zastosowanego mikrokontrolera MB90F497 moduły typu Input Capture. Przy ich pomocy możliwe jest automatyczne zliczanie impulsów i generacja przerwania w momencie, gdy ich liczba przekroczy wartość wpisaną do bufora porównawczego.

Tuż po uruchomieniu urządzenia dźwigowego konieczne jest przeprowadzenie tzw. jazdy orientującej. Jej celem jest ustalenie skrajnej pozycji kabiny dźwigu. Procedurę tę można wykorzystać do wprowadzenia korekt ustawień i określenia dokładnego położenia z wykorzystaniem czujników indukcyjnych. Po załączeniu zasilania dźwиг zaczyna poruszać się z zadeklarowaną przez obsługę prędkością przejazdową, a po znalezieniu się w strefie zwalniania (czujnik CI) układ enkodera aktywuje proces określania zdefiniowanej przez obsługę odległości do poziomu przystanku (rys. 5).



Rys. 5. Uproszczony algorytm pozycjonowania kabiny w szybie
Fig. 5. Algorithm of the lift positioning system

Po zakończeniu tej procedury, informacje o położeniu kabiny są już pełne. W następnych cyklach pracy system odwzorowania enkodera generuje odpowiednie informacje o przemieszczaniu się kabiny pomiędzy strefami, a sygnały z czujników indukcyjnych służą jedynie procesowi kontroli poprawności przeliczania. Gdy stopa błędów znacząco wzrosło generowany jest sygnał usterki mogącej mieć związek ze zbyt dużym poślizgiem linki ogranicznika prędkości.

Aby usprawnić proces kontroli zdecydowano się wykorzystać czujniki indukcyjne jako zewnętrzne źródło przerw mikrokontrolera. Ułatwia to i przyspiesza proces wprowadzania korekty położenia kabiny dźwigu.

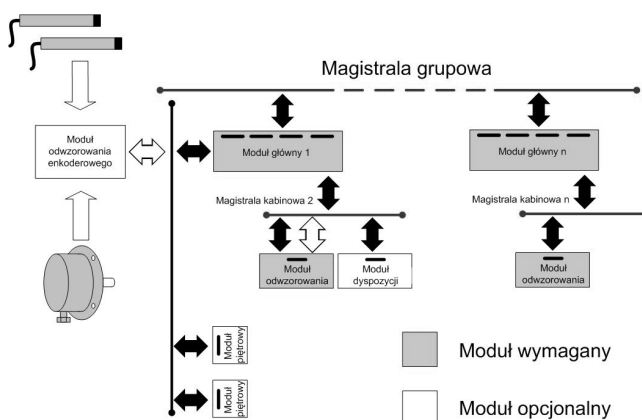
4. Algorytm transferu danych do modułu głównego

Możliwe są trzy opcje generowania informacji o położeniu kabiny w określonej strefie. Pierwszą, najbardziej uniwersalną i najprostszą jest wygenerowanie odpowiednich sygnałów dyskretnych przy użyciu przekazników. Rozwiązanie takie umożliwia

zastosowanie opracowanego systemu odwzorowania w dowolnym układzie sterowania dźwigu. Niestety koszt dodatkowych elementów, jak również zwiększenie liczby potencjalnych miejsc, które mogą ulec uszkodzeniu sprawia, że nie jest ono najlepszym rozwiązaniem.

Znacznie lepszym sposobem przekazywania informacji o położeniu jest transfer danych przez łącze szeregowe kompatybilne z magistralą stosowaną w systemie sterowania dźwigu. Rozwiązanie takie znacząco upraszcza budowę modułu elektronicznego i minimalizuje czas instalacji urządzenia. Niestety jest ono znacznie mniej uniwersalne i ogranicza zakres zastosowania do tych systemów sterowania, w których protokół komunikacyjny jest znany.

W prototypie urządzenia wykorzystano pośrednią metodę generowania informacji o położeniu kabiny w szybie. Wykorzystanie magistrali szeregowych CAN znacząco uprościło pracę nad prototypem przy zachowaniu niskich kosztów aplikacji [1]. Aby uniknąć koniecznych do przeprowadzenia zmian programowych w module głównym sterownika zdecydowano się na wygenerowanie ramki jedynie do specjalizowanego w strukturze sterowania modułu odwzorowania. W reakcji na wygenerowaną przez układ zarządzający enkodera informację moduł ten przesyła klasyczną ramkę danych z modułu odwzorowania do modułu głównego (rys. 6.).



Rys. 6. Architektura rozproszonego systemu sterowania dźwigiem osobowym
Fig. 6. Architecture of the scattered lift control system

Taki sposób transmisji danych wymusił zmianę jedynie prostego programu modułu odwzorowania bez konieczności oddziaływania na oprogramowanie pozostałych modułów mikroprocesorowych. Rozwiązanie to umożliwiło wykorzystanie zarówno nowego jak i dotychczas stosowanego systemu odwzorowania bez konieczności przebudowywania układu sterowania.

Algorytm komunikacji zakłada autonomiczną pracę systemu odwzorowania, który generuje ramki jedynie w chwilach przejścia kabiny z jednej strefy do drugiej. Zastosowanie strategii „Event Triggered CAN” ogranicza znacząco liczbę ramek komunikacyjnych jakie są transmitowane podczas pracy dźwigu. Ma to szczególne znaczenie podczas pracy dźwigów w grupie, gdzie zwiększenie liczby datagramów przesyłanych magistralą mogłoby doprowadzić do nieprawidłowego rozdziału wezwań pomiędzy dźwigami [5, 6].

5. Interfejs użytkownika

Największym problemem podczas instalacji systemu odwzorowania jest ustalenie odpowiednich stref zatrzymania oraz zmiany prędkości. Łatwość instalacji i prosty sposób wprowadzania korekt, jest obok poprawności działania, kluczowym elementem wpływającym na sukces rynkowy nowego urządzenia. Zastosowanie magistrali szeregowych jako kluczowej instalacji dźwigu umożliwiło zrezygnowanie z umiejscawiania interfejsu użytkownika na samym module mikroprocesorowym. Specjalnie zaprojektowany terminal użytkownika umożliwia podgląd stanu pracy

całego urządzenia dźwigowego z każdego miejsca, w którym projektant przewidział dostęp do magistrali. Zaimplementowane oprogramowanie umożliwi zarówno wprowadzanie zmian w parametrach modułu odwzorowania, jak również dokonywanie korekt ustawień stref. Aby uczynić proces korekty ustawień możliwie przejrzystym w pamięci urządzenia zdefiniowano parametry takie jak: rodzaj enkodera (liczba impulsów na obrót) i średnica koła ogranicznika prędkości. Informacje te pozwalają na operowanie podczas definiowania nastaw, jednostkami metrycznymi do precyzowania położenia według poniższego wzoru:

$$\text{liczba impulsów} = \frac{L}{\pi \cdot d} \cdot I \quad (1)$$

gdzie:

- I – liczba impulsów enkodera na pełny obrót,
- L – wartość korekty zatrzymania w milimetrach,
- d – średnica tarczy ogranicznika prędkości w milimetrach.

Podczas instalowania dźwigu przy wykorzystaniu funkcji jazdy montażowej instalator przy wykorzystaniu łączników na kabinie ustawia kabinę możliwie najbliżej poziomu przystanku i zapamiętuje w menu urządzenia numer kondygnacji. Następnie na podstawie zmierzonej różnicy pomiędzy poziomem przystanku a korytarza koryguje położenie w skali milimetrowej. Po przeprowadzeniu takiej operacji dla wszystkich przystanków układ jest gotowy do pracy.

6. Podsumowanie

Zaprojektowany układ wykonano w formie prototypu i przetestowano w Katedrze Napędów i Maszyn Elektrycznych Politechniki Lubelskiej.

Testy prototypu obejmowały analizę poprawności pracy odwzorowania enkoderowego wraz z detekcją stopy błędów pozycjonowania (przy użyciu czujników indukcyjnych). Podczas testów zaobserwowano duży wpływ wartości przeciążeń i zrywów na względne przesunięcie linki napędowej ogranicznika prędkości, który w warunkach laboratoryjnych zastąpiony był przez zestaw łożyskowych rolek. Różnice pogłębiało zastosowanie prototypu w dźwigu osobowym z indukcyjnym silnikiem dwubiegowym. Zwiększony w tym przypadku poziom przyspieszeń przy zmianie prędkości ze znamionowej na dojazdową powodował konieczność korygowania położenia znacząco częściej niż przy zastosowaniu przekształtnikowego napędu regulowanego [7].

Niezależnie od konieczności wprowadzania korekty system zapewniał zatrzymywanie się na odpowiednim poziomie z wystarczającą dokładnością (± 2 mm). Aby w pełni ocenić stopień spełnienia założeń projektu konieczne jest przeprowadzenie testów na obiekcie rzeczywistym w pełnym cyklu pracy.

Zastosowanie enkodera inkrementalnego wspartego informacją z czujników indukcyjnych pozwala na dokładne określenie pozycji kabiny w szybie, przy zachowaniu dużej odporności na warunki panujące w szybie. Przyspieszony proces instalacji i wprowadzania korekt pozycjonowania znacząco ułatwia i przyspiesza proces instalacji systemu odwzorowania, a wykorzystanie popularnych elementów nie powoduje znacznego wzrostu kosztów instalacji.

7. Literatura

- [1] Heffernan D., Leen G.: A time-triggered control network for industrial automation Assembly Automation, Volume: 22, Number: 1, 2002, Pages: 60-68.
- [2] Howkins R. E.: „Elevator Ride Quality -The Human Ride Experience” World elevator -Jun. 2007.
- [3] Katalog techniczny firmy Kuebler „Mechaniczny system windy LM5” 2009.
- [4] Kaźmierkowski M., Krishnan P., Blaabjerg C.: Control in Power Electronics, ELSEVIER 2002 r.
- [5] Kolano K., Kolano J. Zgłoszenie patentowe nr P-381 573 „Sposób i układ rozdziału wezwań sterowników dźwigowych pracujących grupowo”. Data zarejestrowania 22.01.2007 r.
- [6] Kolano K., Kolano J. Zgłoszenie patentowe nr P-381 582 „Sposób rozdziału wezwań sterowników dźwigowych pracujących grupowo”. Data zarejestrowania 23.01.2007 r.
- [7] Kolano K., Kolano J.: Problemy rozruchu układów napędowych współczesnych dźwigów osobowych z silnikiem indukcyjnym”. Branżowy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy “KOMEL” Maszyny elektryczne. Zeszyty Problemowe Nr 82/2009. Katowice – maj 2009 r. s. 7 – 13.
- [8] Kwaśniewski J.: Dźwigi osobowe i towarowe. Budowa i eksploatacja. Kraków, Wyd. AGH 2004 r.
- [9] PN-EN 81.1 2002 Przepisy bezpieczeństwa dotyczące konstrukcji i instalowania dźwigów osobowych i towarowych oraz dźwigów towarowych małych cz.1 Dźwigi elektryczne.

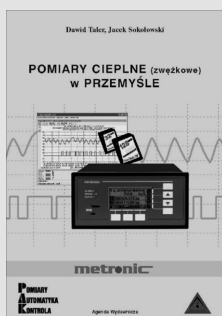
otrzymano / received: 29.03.2010

przyjęto do druku / accepted: 12.04.2010

artykuł recenzowany

INFORMACJE

Książka Wydawnictwa PAK



Książka „Pomiary cieplne (zwęzkowe) w przemyśle” przedstawia problematykę pomiarów strumienia masy i ciepła płynów przepływających w przewodach przy użyciu zwęzek pomiarowych. Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników zajmujących się zagadnieniami ciepło-przepływowymi w przemyśle, energetyce i ogrzewnictwie. W książce omówiono przyrządy i układy do pomiarów zwęzkowych strumienia ciepła, produkowane przez firmę Metronic.

Zamówienia prosimy składać na adresy PAK:

Wydawnictwo PAK
00-050 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14A,
tel./fax: 22 827 25 40

Redakcja PAK
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, p. 30b,
tel./fax: 32 237 19 45
e-mail: wydawnictwo@pak.info.pl