

PROBLEMY DOBORU ALGORYTMÓW STEROWANIA UKŁADÓW NAPĘDOWYCH WSPÓŁCZESNYCH DŹWIGÓW OSOBOWYCH

THE CHOOSING OF OPTIMAL CONTROL ROUTINE FOR MODERN ELEVATOR SYSTEMS

Abstract: The following paper subject is to present controllers system for passenger and goods lifts, which has been applied in Poland till 1995. There are also shown modern control routines for group elevators systems applied by Lift Service S.A. The paper gives you an idea about new tendencies of development in the field of modern lift controlling. The paper describes basic parameters of new lift controller LS 2020 which has been developed in cooperation the Chair of Electrical Drives of Lublin University of Technology with "Lift Service S.A."

1. Wstęp

Eksperci szacują, że w najbliższych latach około 60 tys. dźwigów osobowych w Polsce będzie musiało ulec częściowej modernizacji lub całkowitej wymianie. Ma to związek zarówno z ich pogarszającym się stanem technicznym, jak i rosnącymi wymaganiami użytkowników co do komfortu jazdy. Większość eksploatowanych w naszym kraju urządzeń dźwigowych to oparte na starych rozwiązaniach technicznych napędy dwubiegowe sterowane za pomocą przestarzałych układów przekąźnikowych. Rozwiązanie to oprócz małej efektywności energetycznej wynikającej z zastosowania w celu tłumienia zmian momentu napędowego przy przełączaniu prędkości koła zamachowego, charakteryzuje się również dużą zawodnością. Ponadto w przypadku konieczności wprowadzenia jakichkolwiek zmian konieczna jest interwencja w połączenia elektryczne, co zwiększa koszty i wydłuża czas pracy obsługi. W nowych rozwiązaniach dźwigów nie stosuje się już ręcznego otwierania i zamykania drzwi kabinowych. W tym celu stosowane są napędy elektryczne drzwi kabinowych z silnikami prądu stałego bądź przemiennego zasilanymi za pośrednictwem przekształtników sterowanych. Coraz częściej w nowych dźwigach osobowych do napędu wciągarki stosowane są jednobiegowe silniki indukcyjne zasilane z przemienników częstotliwości często ze sterowaniem wektorowym. Sterowanie takimi napędami jest bardzo skomplikowane i wymaga stosowania złożonych układów. Przy realizacji nowych

układów dźwigów osobowych wyspecjalizowane firmy światowe korzystają z gotowych aplikacji specjalizowanych sterowników dźwigowych opartych o technikę półprzewodnikową, w której funkcję sterującą pełni jeden, bądź wiele mikroprocesorów połączonych ze sobą za pośrednictwem magistrali szeregowej. Brak dobrego i nowoczesnego sterownika dźwigowego spowodował że Katedra Napędów Elektrycznych Politechniki Lubelskiej wspólnie z Lubelską Wytwórnią Dźwigów Osobowych zaprojektowały i wdrożyły do seryjnej produkcji uniwersalny sterownik dźwigowy LS 2020 wraz z całym systemem sterowania i transmisji danych rozproszonego układu sterowania dźwigów magistralą szeregową CAN.

2. Podstawowe wymagania stawiane współczesnym układom sterowania dźwigów osobowych

O konkurencyjności współczesnych sterowników decydują względy zarówno ekonomiczne jak i funkcjonalne.

Poniżej przedstawiono niektóre z wymagań stawianych współczesnemu systemowi sterowania na rynku europejskim:

- obsługa zarówno dźwigów ciernych, jak i poprzez zmianę jedynie parametrów w menu, dźwigów hydraulicznych z korekcją położenia
- obsługa jazdy specjalnej i pożarowej dla dowolnie wybranego przystanku,
- umożliwienie obsługi zjazdu awaryjnego w przypadku zaniku napięcia zasilania,

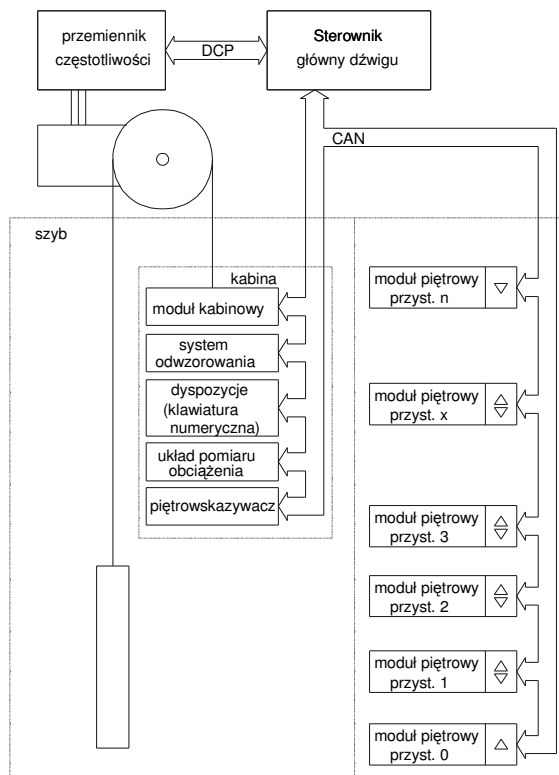
- selektywna obsługa drugiej pary drzwi kabinowych,
- obsługa zbiorczości góra/dół,
- umożliwienie podłączenia sterownika do centrum serwisowego.

Na rysunku 1 przedstawiono typową aplikację sterownika LS-2020 opracowanego wspólnie przez firmę Lift Service S.A. i Katedrę Napędów Elektrycznych Politechniki Lubelskiej. Zgodnie z najnowocześniejszymi trendami obowiązującymi przy konstruowaniu tego typu układów zdecydowano się wykorzystać model sterowania rozproszonego wykorzystując do komunikacji pomiędzy poszczególnymi modułami szybką magistralę CAN. Takie rozwiązanie umożliwia niezależnienie sterownika głównego oraz budowy całej szafy sterowej od ilości pięter w budynku. Oprócz oczywistych korzyści płynących z unifikacji produkcji, możliwe jest również znaczne ograniczenie ilości przewodów w szybie, co zmniejsza koszt montażu i korzystnie wpływa na szybkość przeprowadzania inwestycji.

Do budowy wszystkich modułów sterowania rozproszonego użyto szybkich, szesnastobitowych mikrokontrolerów firmy Fujitsu. Z uwagi na założoną możliwość zastosowania sterownika w budynkach o liczbie pięter do 64 konieczne stało się uwzględnienie komunikacji z ponad 120 modułami mikroprocesorowymi, co w przypadku korzystania np. z magistrali RS-485 byłoby niemożliwe.

Do chwili obecnej nie było na rynku polskim sterownika, który umożliwiłby bezpośrednie powiadamianie jednostki serwisowej o zaistniałych usterkach i nieprawidłowościach w pracy dźwigu, co jest szczególnie istotne w przypadku awarii w budynkach użyteczności publicznej takich jak szpitale, hotele, banki i inne. W celu monitorowania pracy układu umożliwiono współpracę sterownika LS 2020 z modułem transmisji GPRS MT-501.

Zastosowanie techniki GSM umożliwiło niezależnienie się od dostępu do przewodowej sieci komunikacyjnej, a koszt pakietowej transmisji danych GPRS nie obciąża zbyt wielu użytkowników, zapewniając niemal natychmiastowe poinformowanie serwisu o nieprawidłowościach w pracy dźwigu.



Rys. 1. Schemat blokowy rozproszonego układu sterowania dźwigu osobowego.

3. Przegląd i omówienie funkcji sterownika

Podstawową funkcją mikroprocesorowego sterownika dźwigowego jest zapewnienie poprawnego transportu osób i towarów, czyli realizacja wezwań i dyspozycji pasażerów przy zapewnieniu jak największego bezpieczeństwa i komfortu użytkowników. Ze względu na to, że dźwigi osobowe docelowo mają obsługiwać ludzi nie mający żadnego specjalnego przygotowania należy zapewnić bardzo duży stopień bezpieczeństwa i to zarówno kontrolowanego poprzez układy mikroprocesorowe, jak i podlegające certyfikacji urządzenia mechaniczne. Zadaniem sterownika jest zatem między innymi kontrola obwodu bezpieczeństwa i rejestrowanie wszystkich stanów awaryjnych jak i występujących błędów, które nie są krytyczne dla działania całego dźwigu. Usterki te muszą być rejestrowane w pamięci nieulotnej EEPROM, która w przypadku ewentualnej awarii, bądź zaniku zasilania może być odczytana zarówno przez samego konserwatora jak i organy nadzorujące - Dozór Techniczny. Niezmiernie ważny jest także podział tej pamięci na tzw. pamięć usterek - gdzie możliwe jest kasowanie, oraz pamięć, która nie może zostać skasowana przez

konserwatora. Umożliwia to lepszą obserwację pracy dźwigu po wykonaniu koniecznych napraw i wymiany wyeksploatowanych podzespołów.

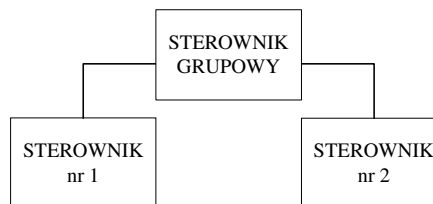
Rosnące wymagania i rosnąca liczba dźwigów przypadająca na jednego konserwatora powoduje, że koniecznym staje się zastosowanie prostego i przejrzystego menu użytkownika. Niestety na polskim rynku jest niewiele sterowników wyposażonych w interfejs w rodzimym języku. Z uwagi na to, że ilość parametrów w nowoczesnych układach sterowania jest niezmiernie duża - ponad kilkaset, konieczny jest ich podział na kilka części logicznych, co w znaczny sposób ułatwia nawigację i przyspiesza czas konfiguracji i obsługi.

4. Praca dźwigów w grupie, zasady i algorytm sterowania grupowego

Ze sterowaniem grupowym mamy do czynienia wtedy, gdy dwa lub więcej dźwigów osobowo pracuje ze sobą w ścisłej korelacji przyjmując wezwania tak aby realizować określoną strategię polegającą najczęściej na minimalizacji czasu oczekiwania pasażera.

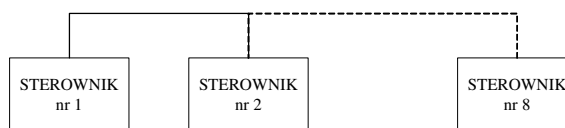
W najstarszych układach tego typu obecnych w wielu budynkach mieszkalnych wezwania realizowane są poprzez dźwig pierwszy, podczas gdy drugi zaczyna pracę dopiero jeśli liczba wezwań przekroczy określoną wartość. Taki podział nie wykorzystuje optymalnie możliwości układu oraz powoduje nieoptymalne jego działanie prowadzące do nierównomiernego zużycia elementów roboczych dźwigów.

We współczesnych systemach kontroli sterowniki połączone są ze sobą za pośrednictwem specjalizowanych modułów mikroprocesorowych. Mają one za zadanie rozdzielanie wezwań pomiędzy sterowniki pracujące w grupie. Poniżej przedstawiono jeden z tego typu układów zrealizowanych w oparciu o sterownik LS-2 firmy THYSEN-AUFZUGE.



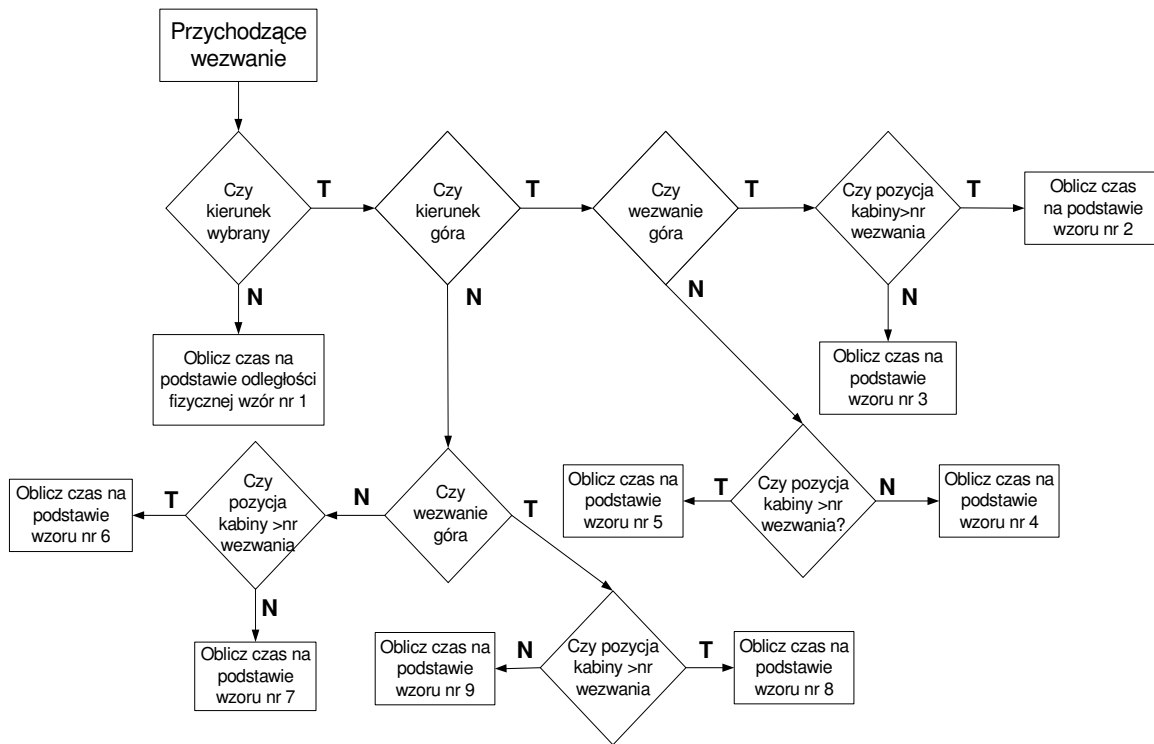
Rys. 2. Układ sterownika LS-2 firmy THYSEN-AUFZUGE.

Z uwagi na stosunkowo wysoki koszt takiego rozwiązania celowym stało się opracowanie algorytmów rozproszonych sterowania grupowego, tak aby możliwa była poprawna praca układu bez specjalizowanych modułów. Na rys. 3 przedstawiono schemat blokowy sterowników LS-2020 pracujących w grupie.



Rys. 3. Schemat blokowy sterowników typu LS-2020 pracujących w grupie.

Dzięki wykorzystaniu rozproszonego algorytmu pracy grupowej dołączanie kolejnego sterownika do grupy nie powoduje proporcjonalnego wydłużenia czasu obliczeniowego, co sprawia, że liczba sterowników pracujących w grupie jest dużo większa, jednak ze względów praktycznych ograniczona do ośmiu. Algorytm ten identyfikuje wezwanie przychodzące i oblicza prognozowany czas jego realizacji (rys. 3). Następnie przesyła te informacje do pozostałych sterowników pracujących w grupie i oczekuje na dane dotyczące każdego sterownika. Po otrzymaniu tych informacji algorytm decyduje czy czas realizacji jest na tyle krótki by przyjąć wezwanie czy nie (rys 4).



Rys. 4. Schemat blokowy algorytmu obliczającego czas realizacji wezwania.

Przykładowe zależności, na podstawie których obliczany jest czas realizacji wezwania:

$$T_w = |P_k - P_w| \cdot k_p \quad (1)$$

gdzie:

- P_k - pozycja kabiny
- P_w - numer wezwania
- k_p - współczynnik określający czas przejazdu przez jedną kondygnację

$$T_w = (|P_k - P_p| + P_p + P_w) \cdot k_p + \left(\sum_{i=P_k}^{i=P_p} W_{gi} + \sum_{i=0}^{i=P_p} W_{di} + \sum_{i=0}^{i=P_w} W_{gi} + \sum_{i=P_w}^{i=P_k} D_i \right) \cdot k_r \quad (2)$$

gdzie:

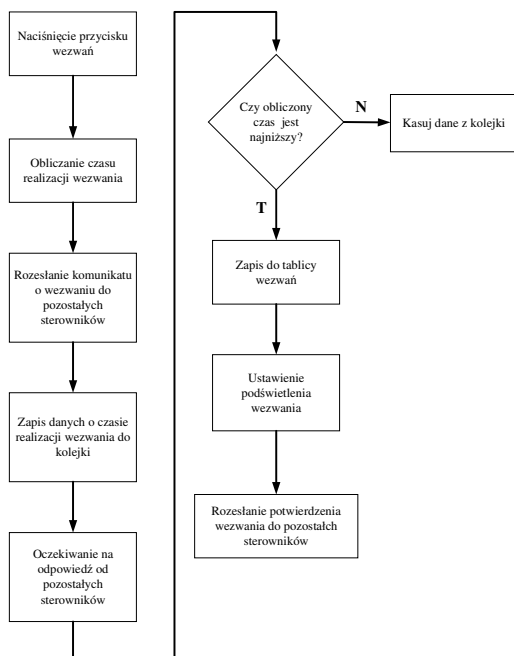
- P_p - ilość pięter
- W_g - wezwanie góra
- W_d - wezwanie dół
- k_r - współczynnik określający sumaryczny czas otwarcia i zamknięcia drzwi
- $D_{(i)}$ - dyspozycje

$$T_w = |P_w - P_k| \cdot k_p + \left(\sum_{i=P_k}^{i=P_w} W_{gi} + \sum_{i=P_k}^{i=P_w} D_i \right) \cdot k_r \quad (3)$$

$$T_w = (|P_p - P_k| + |P_p - P_w|) \cdot k_p + \left(\sum_{i=P_k}^{i=P_p} W_{gi} + \sum_{i=P_w}^{i=P_p} W_{di} + \sum_{i=P_w}^{i=P_p} D_i \right) \cdot k_r \quad (4)$$

Przedstawiony poniżej (rys. 5) algorytm jest statycznym przykładem rozdziału wezwań, który oprócz niezaprzeczalnych zalet, którymi są względna prostota i krótki czas obliczania, a także wykorzystanie wszystkich danych takich jak: ilość wezwań, dyspozycji i odległości fizycznej, nie jest pozbawiony wady typowej dla tego typu algorytmów. Zdarzenia jakie mają miejsce na dźwigu tj. wezwania i dyspozycje mające zupełnie przypadkowy rozkład, co powoduje, że pasażer może zadysponować windą w innym kierunku niż wezwanie, które wcześniej wykonał. Takie zachowanie jest bardzo częste a prowadzi ono do nieoptymalnego przydziału wezwań.

Jedyną możliwością uniknięcia takich sytuacji jest zastosowanie algorytmu dynamicznego polegającego na dokonywaniu każdorazowo obliczeń dotyczących czasu realizacji wezwania dla wszystkich zaistniałych przypadków. Wykrycie dużych zmian czasu realizacji wezwania powoduje ponowny jego przydział dla dźwigu, który zrealizuje je najszybciej. Jego wadą jest to, że w czasie, gdy podświetlany jest przycisk nie można wygenerować dla pasażera informacji o numerze dźwigu, który zrealizuje jego wezwanie.



Rys 5. Algorytm reakcji na naciśnięcie przycisku wezwania.

Z uwagi na konieczność zapewnienia złudzenia natychmiastowego działania sumaryczny czas od naciśnięcia przycisku do momentu podświetlenia nie może być dłuższy niż 60ms: gdy czas

ten zostanie przekroczony zauważalne staje się opóźnienie, co znacznie zmniejsza komfort korzystania z urządzenia. Maksymalna długość 60ms decyduje o konieczności jednoczesnego użycia szybkiej jednostki obliczeniowej i szybkiej magistrali komunikacyjnej. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwala również na zmniejszenie kosztu sterowania grupowego przy jednoczesnym skróceniu czasu montażu.

5. Wnioski

Stan większości dźwigów osobowych eksploatowanych w budownictwie mieszkaniowym pozostawia wiele do życzenia zarówno pod względem technicznym jak i komfortu użytkowania. Coraz ważniejszą rolę zaczyna odgrywać aspekt ekonomiczny funkcjonowania urządzenia, które w nieodpowiedni sposób sterowane będzie poważnym utrapieniem dla większości spółdzielni mieszkaniowych. Zastosowanie przemiennika częstotliwości i odpowiednich algorytmów sterowania szczególnie istotnych przy pracy grupowej powodują znaczną poprawę komfortu jazdy, jak i zmniejszenie kosztów eksploatacji dźwigu.

Sterownik LS-2020 opracowany w Katedrze Napędów Elektrycznych Politechniki Lubelskiej wraz z programem sterowania dźwigów modyfikowanym stosownie do bieżących potrzeb użytkowników wdrożony do produkcji w Lubelskiej Wytwórni Dźwigów Osobowych Lift Service S.A. spełnia wszystkie wymagania stawiane współczesnym układom sterowania i cieszy się dobrą opinią zarówno wśród użytkowników jak i instalatorów, za co zespół konstruktorów w 2005r. został uhonorowany Nagrodą Gospodarczą Wojewody Lubelskiego w kategorii „Wynalazek w dziedzinie produktu lub technologii”.

6. Literatura

- [1.] Bates Q.: *Elevator performance*, Elevator World 2/2000 wyd. Elevator World Inc. Mobile
- [2]. Albert T.P., Liu S. K.: *An overall review of advanced elevator technologies*, Elevator World 6/1996 wyd. Elevator World Inc. Mobile
- [3]. Katalog firmowy: *LS-2 manual*, Thyssen Aufzuge, Gratkorn 2000.
- [4]. Kuo-Ming Chang, Tzong-Lin Wu *More Analyses for the service performance of elevator group systems*. SAMS, 2002, Vol. 42(4), pp 539-557.