

Krzysztof Kolano, Jan Kolano
Politechnika Lubelska, Lublin

PROBLEMY DOBORU ALGORYTMÓW STEROWANIA UKŁADÓW NAPĘDOWYCH WSPÓLCZESNYCH DŹWIGÓW OSOBOWYCH PRACUJĄCYCH GRUPOWO

THE CHOOSING OF OPTIMAL CONTROL ROUTINE FOR MODERN GROUP ELEVATOR SYSTEMS

Abstract: The subject of the following paper is to present controller systems for passengers and goods lifts, that have been applied in Poland until 1995. There are also shown modern control routines for group elevator systems recently applied in lift controllers. The paper gives an idea about new tendencies of development in the field of modern lift controlling. The paper describes the new „Scattered dynamic control routine for systems with group elevators”, that has been developed to minimize the passengers waiting time. It is based on continuous performed calculations of waiting time of passengers and choosing the optimal lift in group. The new dynamic control routine can save up to 20% of consumed energy, and reduce up to 30% the waiting time of passengers.

1. Wstęp

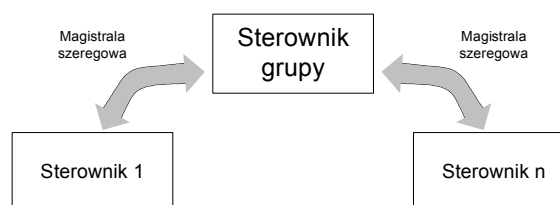
W ciągu ostatnich kilkunastu lat w technice dźwigowej z uwagi na dynamiczny rozwój urządzeń półprzewodnikowych dochodzi do zastępowania sterowania tradycyjnego opartego o układy stycznikowo - przekaźnikowe przez mikroprocesorowe sterowniki kontrolujące zarówno układ napędowy, jak i pozostałe elementy instalacji dźwigowej. Otworzyło to konstruktorom możliwości, których nie mieli przy korzystaniu z tradycyjnej techniki. Z pomocą programistów, specjalista z dziedziny dźwigowej może znacząco polepszyć jakość działania i zarazem zwiększyć komfort pasażerów. Szczególny postęp można zauważyć przy współpracy kilku urządzeń dźwigowych pracujących w ścisłej korelacji ze sobą w tzw. "grupie" w celu zmniejszenia czasu oczekiwania pasażerów na realizację wezwań.

2. Stan obecny

Najstarsze sposoby kontroli grupy dźwigów polegały na ciągłej pracy tylko jednego urządzenia, natomiast dopiero po przekroczeniu ustalonej wcześniej liczby przyjętych wezwań pracę rozpoczynał kolejny dźwig. Rozwiązanie takie oprócz nieoptymalnego działania powoduje znaczne różnice w zużyciu elementów mechanicznych poszczególnych urządzeń.

Systemy oparte na technice mikroprocesorowej pozwalają na zaimplementowanie bardzo złożonych rozwiązań. Algorytmy zawarte w pamięci urządzeń mikroprocesorowych uwzględ-

niają zarówno liczbę wezwań, kierunek jazdy, jak i liczbę dyspozycji, które musi zrealizować sterowanie. Wielkości te są potrzebne do obliczenia czasu, jaki jest potrzebny do zrealizowania wezwania pasażera. Specjalizowany układ logiczny (sterownik grupy) oblicza czas dojazdu dla poszczególnych dźwigów pracujących w grupie i dokonuje wyboru tego, który jest w stanie dotrzeć do pasażera najszybciej (rys 1).



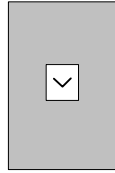
Rys. 1. Schemat układu kontroli grupy dźwigów

Algorytmy uwzględniające te wielkości zapewnią dobre wykorzystanie możliwości grupy dźwigów, jednak w niektórych sytuacjach nawet one okazują się niewystarczające do optymalnego rozdziału wezwań.

3. Pojęcie priorytetu kabiny

Wiele urządzeń sterujących umożliwia zwiększenie priorytetu pasażera wsiadającego do kabiny dźwigu względem pasażerów oczekujących na przystankach. Ma to na celu zwiększenie komfortu pasażera związane z poczuciem kontrolowania urządzenia. Aby przybliżyć cel tego zabiegu rozpatrzmy układ dźwigu ze

zbiorczością "w dół" to znaczy takiego, w którym wszystkie przyciski oprócz tego na przystanku podstawowym umożliwiają wezwanie kabiny do jazdy w dół (rys. 2).



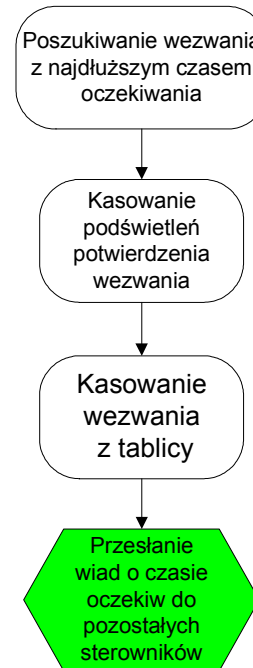
Rys. 2. Widok kasety wezwań dla zbiorczości "do dołu"

Pasażer znajdujący się na przystanku nr 5 chcąc dotrzeć na piętro 11 w przypadku oczekiwania pasażerów na niższych kondygnacjach musiałby zjechać najpierw na przystanek najniższy, a dopiero potem na przystanek docelowy. W przypadku wykorzystania wyższego priorytetu pasażera wchodzącego do kabiny zadysponowanie jej na żądany poziom realizowane jest natychmiast. Niestety takie rozwiązanie jest niekorzystne dla pasażerów oczekujących znajdujących się poniżej. Dzieje się tak dlatego, że sterowniki przekazują swe wezwania innym dopiero po stwierdzeniu usterki, a nie przy np. zmianie kierunku jazdy kabiny. Problem ten może rozwiązać jedynie dynamiczna alokacja wezwań pomiędzy sterownikami pracującymi w grupie, tak aby dostosować się do aktualnie zmieniających się komend.

4. Dynamiczny algorytm rozdziału wezwań

Dynamiczny algorytm alokacji wezwań opiera się na zasadzie ciągłego przeliczania czasu realizacji poszczególnych wezwań i przydzielaniu ich do sterownika, który w danym momencie może zrealizować je w najkrótszym czasie. Oznacza to, że konkretne wezwanie może być przekazywane pomiędzy sterownikami nawet kilkakrotnie. W praktyce z punktu widzenia klasycznego algorytmu rozdziału wezwań w grupie dochodzi do cyklicznego kasowania przyjętych wezwań z pamięci programu i ponownego ich arbitrażu pomiędzy sterownikami (rys. 3). Przedstawiony algorytm opiera się na przeszukiwaniu tablicy kodów wezwań w celu wyszukania tego, które będzie wykonane najpóźniej. Z uwagi na specyfikę pracy sterownika dźwigowego korzystne jest, aby wszystkie wezwania były przeliczane podczas przejazdu pomiędzy sąsiednimi piętrami. Czas ten jest na tyle krótki, aby zapewnić prawidłową reakcję

na komendy pasażerów, a na tyle długi, by nie obciążać nadmiernie układów obliczających sterownika.

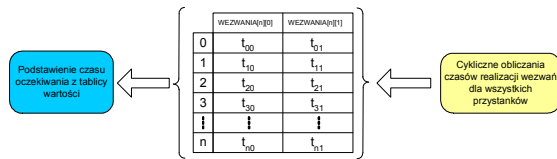


Rys. 3. Uproszczony algorytm dynamicznej alokacji wezwań

Z uwagi na dokładność obliczania czasu zrealizowania wezwania celowe jest wykorzystanie wielu informacji wejściowych należących do nich m.in.:

- aktualna pozycja kabiny,
- ilość przyjętych już wezwań,
- ilość przyjętych dyspozycji,
- odległość fizyczna kabiny od pasażera
- znamionowa prędkość kabiny,
- czas związany z obsługą drzwi,
- czujniki obciążenia.

W tym wypadku skorzystanie z algorytmu dynamicznego sprawia, że układ obliczający może okazać się zbyt wolny, aby jednocześnie dokonywać ciągłego przeliczania czasów oczekiwania i kontrolować pracę dźwigu osobowego. W takim przypadku można zastosować tablicę pomocniczą, w której na bieżąco dokonywane jest obliczanie wartości dla poszczególnych kodów wezwań i w przypadku zaistnienia konieczności przesłania do innych sterowników informacji o czasie oczekiwania nie musi on być natychmiast obliczony, a jedynie pobrany z tablicy przeliczanej w chwilach mniejszego obciążenia układu mikroprocesorowego (rys.4).



Rys. 4. Sposób aktualizacji danych o czasie realizacji wezwań.

5. Badania laboratoryjne

Aby zbadać poprawne działanie algorytmu dynamicznej alokacji wezwań, przeprowadzono serie pomiarów czasu oczekiwania pasażerów na zrealizowanie ich komend. Z uwagi na ograniczoną możliwość ingerowania w działające już windy, do badań zostały użyte modele dźwigów osobowych w skali 1:10 z rzeczywistym układem sterowania opartym o mikroprocesorowy sterownik dźwigowy LS-2020 produkcji firmy Lift-Service Lublin. Z uwagi na fakt, że sterownik ten powstał w ramach współpracy z Katedrą Napędów Elektrycznych Politechniki Lubelskiej, możliwe jest zaimplementowanie algorytmu dynamicznego do działającego już układu obliczania czasu oczekiwania pasażera. Aby badania dały miarodajny wynik konieczne jest wykonanie serii pomiarów dla identycznej sekwencji komend sterujących wydanych przez pasażerów zarówno dla układu tradycyjnego, jak też układu z dynamiczną alokacją wezwań. Poniżej w tabeli 1. przedstawiono sekwencje komend, dla dźwigu ze zbieżnością "do dołu".

Początkowa pozycja kabin (K1 i K2):

- K1 pozycja 0 (parter)
- K2 pozycja 0 (parter)

Tab.1. Tabela sekwencji komend użytkowników.

	Sekw. 1.	Sekw. 2.	Sekw. 3.
pas.1	W4+D0	W4+D0	W4+D7
pas.2	W8+D0	W9+D10	W9+D10
pas.3	W9+D4	W8+D6	W8+D0
pas.4	W3+D0	W3+D0	W3+D0

W_x - wezwanie z poziomu nr x,

D_x - dyspozycja na poziom nr x,

Zakładamy, że wszystkie przyciski wezwań są uaktywnione w tej samej chwili czasu, natomiast dyspozycje tuż po przyjeździe kabiny na przystanek. Poniżej przedstawiono zestawione w tabelach czasy oczekiwania pasażerów na realizację komend dla różnych wariantów algorytmu sterowania grupą dźwigów i różnych sekwencji komend użytkowników.

Tab.2. Tabela czasów oczekiwania pasażerów na realizację komend dla sekwencji nr 1.

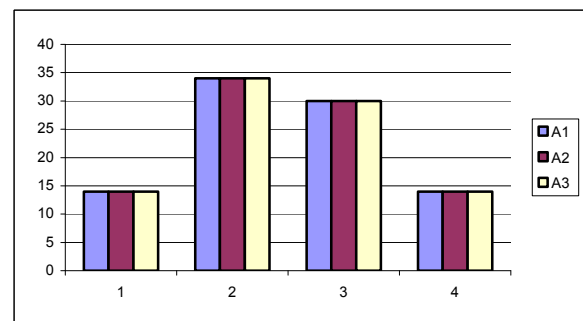
Sekwencja 1			
	A1	A2	A3
pasażer 1	14s	14s	14s
pasażer 2	34s	34s	34s
pasażer 3	30s	30s	30s
pasażer 4	14s	14s	14s

A1 - klasyczny algorytm grupy,

A2 - klasyczny algorytm grupy z uprzywilejowaniem kabiny,

A3 - algorytm z dynamiczną alokacją wezwań

Pozycja końcowa kabin K1 pozycja 0, K2 pozycja 0.



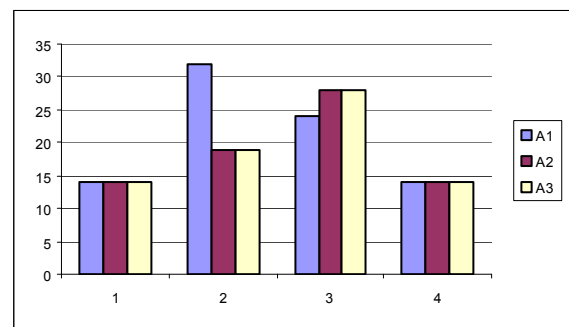
Rys. 5. Wykres zależności czasów [s] realizacji komend użytkowników dla sekwencji nr 1

Jak można zauważyć, dla komend zgodnych z kierunkiem dalszej jazdy kabiny czasy realizacji są identyczne.

Tab.3. Tabela czasów oczekiwania pasażerów na realizację komend dla sekwencji nr 2.

Sekwencja 2			
	A1	A2	A3
pasażer 1	14	14	14
pasażer 2	32	19	19
pasażer 3	24	28	28
pasażer 4	14	14	14

Pozycja końcowa kabin K1 pozycja 0, K2 pozycja 0.



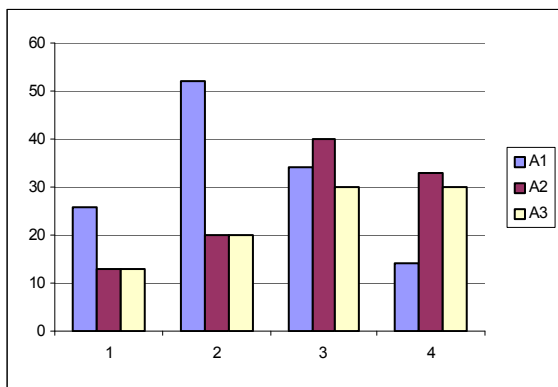
Rys. 6. Wykres zależności czasów [s] realizacji komend użytkowników dla sekwencji nr 2

Dla komend pasażera numer 2 algorytm z uprzywilejowaniem kabiny i algorytm dynamicznej alokacji wezwań zapewniają taki sam czas realizacji komend pasażerów, który jest znacząco niższy, niż przy zastosowaniu algorytmu tradycyjnego.

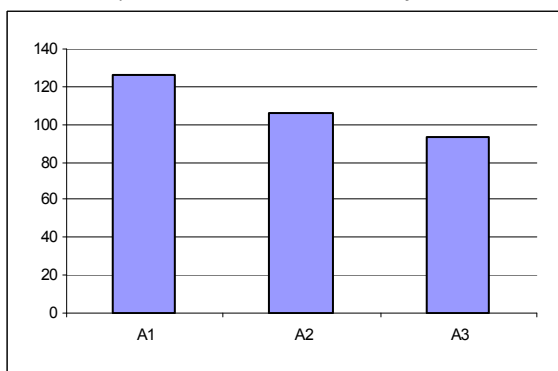
Tab.4. Tabela czasów oczekiwania pasażerów na realizację komend dla sekwencji nr 3

Sekwencja 3			
	A1	A2	A3
pasażer 1	26	13	13
pasażer 2	52	20	20
pasażer 3	34	40	30
pasażer 4	14	33	30

Pozycja końcowa kabin K1 pozycja 0, K2 pozycja 10.



Rys. 7. Wykres zależności czasów [s] realizacji komend użytkowników dla sekwencji nr 3



Rys. 7. Wykres zależności sumarycznego czasu realizacji komend użytkowników dla sekwencji nr 3 dla poszczególnych algorytmów sterowania

6. Wnioski końcowe

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz możemy stwierdzić, że zastosowanie dynamicznej alokacji wezwań w sterowaniu układem grupy dźwigów osobowych pozwala na znaczące obniżenie czasu realizacji komend

użytkowników szczególnie w przypadku, gdy dyspozycje wydawane z kabiny zmuszają dźwig do zmiany kierunku dalszej jazdy. Jak możemy zauważyć, po wykonaniu wszystkich komend pasażerów sumaryczna droga, jaką przebyły kabiny jest o około 25% mniejsza niż dla tej samej sekwencji dla pozostałych algorytmów. Przebycie mniejszej drogi przez kabiny przekłada się bezpośrednio na mniejsze zużycie energii przez układy napędowe dźwigów osobowych. Jednocześnie zastosowanie algorytmu dynamicznego nie wpływa na czas realizacji komend przy prawidłowym dysponowaniu kabiną przez pasażerów (zgodnie z kierunkiem dalszej jazdy). Powyższe spostrzeżenia dowodzą, że zaproponowane rozwiązanie korzystnie wpływa na pracę układów napędowych dźwigów osobowych, jak i znacząco podnosi komfort korzystania z nich przez pasażerów.

7. 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.
- [5]. P. Wróblewski *Algorytmy, struktury danych i techniki programowania. Wydanie II. Wydawnictwo Helion 1997*
- [6]. K. Kolano, J. Kolano *Problemy doboru algorytmów sterowania układów napędowych współczesnych dźwigów osobowych* Materiały konferencyjne BOBR „KOMEL” Zeszyty Problemowe Nr 72/2005.
- [7]. W. Grega *Metody i algorytmy sterowania cyfrowego w układach scentralizowanych i rozproszonych* Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, 2004