

MODELOWANIE ZESPOŁU NAPĘDOWEGO WINDY

CREATION OF LIFT MACHINE MODEL

Artykuł przedstawia krótkie charakterystyki poszczególnych podzespołów takich jak: sprzęgło, przekładnia mechaniczna, hamulec wchodzących w skład typowego zespołu napędowego. Przedstawiony jest również schemat obciążenia zespołu napędowego windy oraz schematy: zastępczy i dynamiczny wraz z opisującymi je zależnościami matematycznymi według zasady D'Alamberta.

Słowa kluczowe: dźwig elektryczny, model dynamiczny, model zastępczy, zasada D'Alamberta

This article presents short characteristics of individual components as: a coupling, a gear, and a brake which are elements of a typical of drive unit. It also shows a scheme of an elevator driver unit load and the following schemes: a substitute model and a dynamical model with mathematical relations describing them according to the D'Alambert principle.

Keywords: elevator, dynamical model, substitute model, D'Alambert's principle

1. Wstęp

Modelowanie zespołu napędowego jest zagadnieniem bardzo trudnym i złożonym. W stanie ustalonym, w układzie są generowane drgania wpływająca niekorzystnie na strukturę całego urządzenia. Modelowanie układu mechanicznego sprowadza się do zastąpienia układu rzeczywistego, układem mechanicznym zastępczym, który stanowi podstawę do opisu matematycznego. Wybór modelu zastępczego zależy z jednej strony od korzyści wynikających z prostoty modelu, a z drugiej strony, możliwości uzyskania dokładności wynikowych, które nas w danym czasie interesują.

2. Wiadomości ogólne

Większość urządzeń technicznych dla zapewnienia ruchów posiada różnego rodzaju napędy. Struktura napędu składa się z następujących zespołów:

1. silnika elektrycznego,
2. sprzęgła,
3. przekładni mechanicznej,
4. hamulca,
5. elementów sterujących.

Pierwszą grupę zespołów wchodzących w skład napędu są silniki. Do napędzania maszyn stosowane są silniki różnego rodzaju w zależności od potrzeb oraz wymagań eksploatacyjnych maszyny, między innymi.: silniki asynchroniczne, synchroniczne, krokowe. Drugą grupą zespołów stosowanych w napędach są sprzęgła. Sprzęgło jest to zespół, który służy do połączenia dwóch obrotowych, niezależnie osadzonych elementów maszyn, w celu przekazania

momentu obrotowego i prędkości obrotowej bez zmiany jego kierunku działania [4]. Kolejną grupę podzespołów stosowanych w napędach stanowią hamulce. Hamulcami nazywamy urządzenia zamieniające energię kinetyczną układu napędzanego na energię cieplną, w celu zmniejszenia prędkości lub całkowitego zatrzymania elementów układu. [4]. Przedostatnią grupę podzespołów stanowią przekładnie mechaniczne. Przekładnie mechaniczne służą do zwielokrotniania (multiplikatory) lub zmniejszania prędkości i momentu obrotowego przekazywanego z silnika elektrycznego. Przekładnie mechaniczne mogą być stosowane w różnych odmianach. Do najbardziej znanych możemy zaliczyć tutaj przekładnie: pasowe, łańcuchowe, ślimakowe, cierne, zębate. W branży dźwigowej najczęściej stosowaną przekładnią reduktorową są przekładnie ślimakowe.

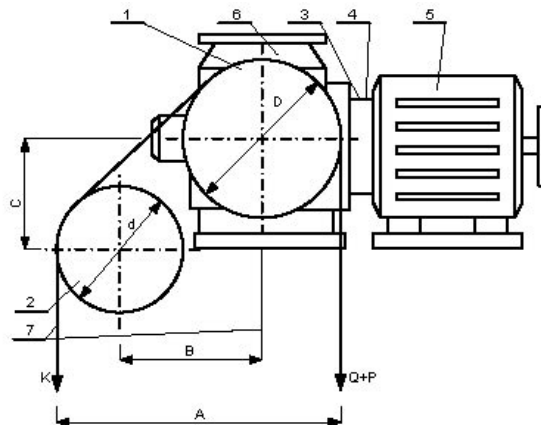
3. Charakterystyka napędu

Dźwig osobowy (winda) z napędem ciernym napędzana jest napędem składającym się z w/w zespołów. Na rys. 1 przedstawiony jest układ napędu wraz z obciążeniami, jakie oddziałują na zespół napędowy.

Zespół napędowy przedstawiony na rys. 1. zastępujemy układem zastępczym przedstawionym na rys. 2..

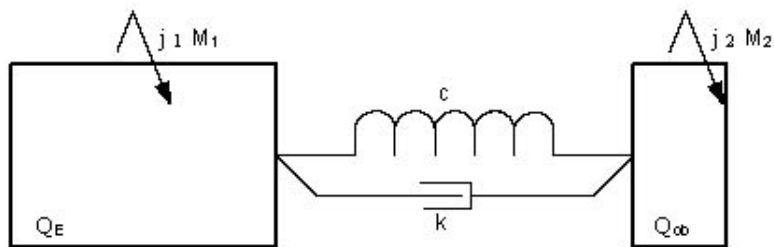
Schemat z rys. 2. zastępujemy modelem dynamicznym masowo-sprężysto-tłumiącym, (UMST), który stanowi podstawę matematycznego opisu układu. [3]. Na rys. 3. przedstawiony jest model dynamiczny układu napędowego.

Korzystając z zasady d'Alamberta, dla powyż-



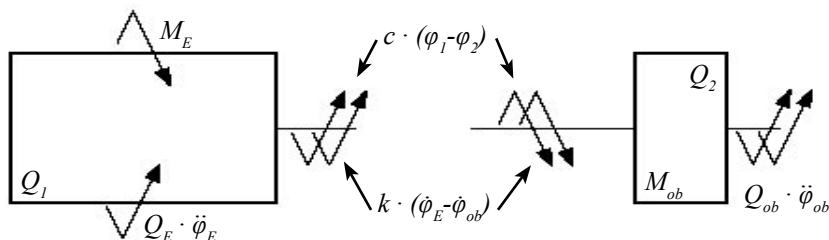
Rys. 1. Układ napędu dźwigu wraz z obciążeniami: 1-koło cierne o średnicy D , 2-koło zdawcze o średnicy d , 3-sprzęgło podatne, 4-hamulec, 5-silnik elektryczny, 6-reduktor, 7-liny nośne, P -masa kabiny wraz z ramą, Q -udźwig nominalny, K -masa przeciwwagi, A, B, C -wymiary

Fig. 1. Elevator drive system with load: 1-sheave of a D diameter, 2-diverted pulley of a d diameter, 3-flexible coupling, 4-brake, 5-electrical motor, 6-reducer, 7-lifting ropes, P -cabin mass with frame, Q -nominal load, K -counterweight mass, A, B, C -dimensions



Rys. 2. Schemat zastępczy zespołu napędowego windy: c -sztywność zastępcza wału silnika i ślimaka reduktora, k -zastępczy współczynnik tłumienia wału silnika i ślimaka reduktora, ω_1 -prędkość kątowa wirnika, ω_2 -prędkość kątowa wału ślimacznicy, M_1, M_2 -momenty: rozruchowy ślinka i obciążenia układu, Q_E, Q_{ob} -momenty bezwładności wirnika i koła cierne

Fig. 2. Substitute scheme of an elevator drive system: c -substitute rigidity of motor shaft and reducer worm, k -substitute suppression factor of motor shaft and reducer worm, ω_1 -rotor angle speed, ω_2 -wormwheel shaft angle speed, M_1, M_2 -moments of: starting an engine and system load, Q_E, Q_{ob} -rotor moment of inertia and sheave moment of inertia



Rys. 3. Model dynamiczny UMST zespołu napędowego windy: c -sztywność zastępcza wału silnika i ślimaka reduktora, k -zastępczy współczynnik tłumienia wału silnika i ślimaka reduktora, ω_E -prędkość kątowa wirnika, ω_{ob} -prędkość kątowa wału ślimacznicy, M_E, M_{ob} -momenty: rozruchowy ślinka i obciążenia układu, Q_E, Q_{ob} -momenty bezwładności wirnika i koła cierne

Fig. 3. UMST dynamic model of elevator drive system: c - substitute rigidity of motor shaft and reducer worm, k - substitute suppression factor of motor shaft and reducer worm, ω_E - rotor angle speed, ω_{ob} - wormwheel shaft angle speed, M_E, M_{ob} - moments of: starting an engine and system load, Q_E, Q_{ob} - rotor moment of inertia and sheave moment of inertia

szego układu oraz rozdzielając go myślowo na dwie części, równania opisujące układ można zapisać następująco:

$$\begin{aligned} Q_E \ddot{\varphi}_E + k(\dot{\varphi}_E - \dot{\varphi}_{ob}) + c(\varphi_E - \varphi_{ob}) &= M_E \\ Q_{ob} \ddot{\varphi}_{ob} - k(\dot{\varphi}_E - \dot{\varphi}_{ob}) - c(\varphi_E - \varphi_{ob}) &= -M_{ob} \end{aligned} \quad (1)$$

Porządkując równania wyrazami, otrzymujemy poniższą postać:

$$\begin{aligned} Q_E \ddot{\varphi}_E + k(\dot{\varphi}_E - \dot{\varphi}_{ob}) + c(\varphi_E - \varphi_{ob}) &= M_E \\ Q_{ob} \ddot{\varphi}_{ob} - k(\dot{\varphi}_E - \dot{\varphi}_{ob}) - c(\varphi_E - \varphi_{ob}) &= -M_{ob} \end{aligned} \quad (2)$$

Układ równań (2) można sprowadzić do jednego równania drgań względnych skrętnych, w wyniku dzielenia równań przez momenty bezwładności, co przedstawia postać (3) [2]:

$$\begin{aligned} Q_E \ddot{\varphi}_E + k(\dot{\varphi}_E - \dot{\varphi}_{ob}) + c(\varphi_E - \varphi_{ob}) &= M_E \\ Q_{ob} \ddot{\varphi}_{ob} - k(\dot{\varphi}_E - \dot{\varphi}_{ob}) - c(\varphi_E - \varphi_{ob}) &= -M_{ob} \end{aligned} \quad (3)$$

oraz dodania tych równań stronami, wprowadzając dodatkowo nową współzrędną kąta skręcenia:

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (4)$$

$$\ddot{\varphi} + k \frac{Q_E + Q_{ob}}{Q_E \cdot Q_{ob}} \dot{\varphi} + c \frac{Q_E + Q_{ob}}{Q_E \cdot Q_{ob}} \varphi = \frac{M_E Q_E}{Q_I} \quad (5)$$

Z członu sztywności równania (5) można wyliczyć częstość kołową względnych drgań skrętnych układu:

5. Literatura

- [1] Giergiel .: *Thumienie drgań mechanicznych*, Wydawnictwo PWN, 1990.
- [2] Leyko J.: *Mechanika ogólna T2*, Wydawnictwo PWN, 1982.
- [3] Mielczarek M., Mieszkowski J., Pasek Z., Karbowski Z., Wrotny L.: *Projektowanie napędów obrabiarek, obliczenia konstrukcyjne*, Wydawnictwo PW, 1991.
- [4] Wrotny L.: *Dynamika układów mechanicznych*, Oficyna wydawnicza PW, 1995.

$$\omega = \sqrt{c \frac{Q_E + Q_{ob}}{Q_E \cdot Q_{ob}}} \quad (6)$$

Rozwiązując tego typu równania, możemy oczywiście posługiwać się różnymi programami np.: Matlab, dzięki którym jesteśmy w stanie odtworzyć charakterystyki czasowe interesujących nas parametrów. W zależności od potrzeb równania różniczkowe opisujące stany pracy urządzeń napędowych, można zapisać również za pomocą rachunku macierzowego lub za pomocą równań Lagrange'a II rodzaju [1].

4. Zakończenie

Modelowanie ma na celu przewidzenie pewnych sytuacji, które mogą mieć istotny wpływ na całą późniejszą pracę zespołu. Analiza otrzymanych wyników i wprowadzanie poprawek, pozwala uniknąć niepotrzebnych defektów poszczególnych podzespołów w czasie pracy. Wizualizacja pewnych parametrów umożliwia zastosowanie odpowiednich podzespołów, korzystnie wpływających na całą pracę zespołu napędowego np.: dobór odpowiedniej amortyzacji całego korpusu. Ogólnie można stwierdzić, że nie jest istotne, w jaki sposób wykonujemy analizy, ważne jest, aby późniejsza praca całego zespołu napędowego przebiegała bez większych zakłóceń oraz trwałość była jak najdłuższa.

Mgr inż. Paweł LONKWIC

Lift Sernice S.A.

Ul. Roztocze 6

20-722 Lublin

e-mail: plonkwic@lift.pl