

Andrzej Horodecki
Politechnika Lubelska, Lublin

PEWNE SZCZEGÓLNE SPOSOBY WYBORU OPTYMALNYCH POD WZGLĘDEM TECHNICZNYM I EKONOMICZNYM UKŁADÓW ELEKTROMASZYNOWYCH

CERTAIN PECULIAR METHODS OF THE CHOICE OF AN ELECTROMECHANICAL SYSTEMS OPTIMUM FROM BOTH THE TECHNOLOGICAL AND ECONOMICAL ASPECT

Abstract: The report presents the procedures of the choice of an electromechanical systems optimum based on its economical mathematical.

First procedure presents the relation between joint outlays which are to be destined for a given systems variant and outlays both for its purchase and its operation costs. It is variant choice in the case when outlay category is substituted for another. In other words this economical and mathematical model relates the joint outlays with the type and power of electric driving motor, the characteristic of the working machine driven by this motor, the characteristic of the working machine driven by this motor, the time of operation, etc...

The report present also criterions for choosing a systems variant by means of the point method. This point method of assessing electromechanical drive systems properties allows us to include both of the measurable and nonmeasurable features of the systems investigated into one joint calculus

The possibility to describe different values of the intensity of properties of systems did draw the author attention to minimax method based upon Wald's matrix. This method consist in finding the maximum and minimum value of function of many variables in a certain set of events (searching of the saddle point).

In some case the determination of the optimum variant is possible by means mathematical regret minimax method. Mathematical regret method propose the choice of such a possible action that the level of regret for not choosing a best variant should be the smallest.

The auxiliary methods can be used simultaneously with other ways of choosing.

1. Wstęp

Czynność wyboru właściwego, dla danych potrzeb i warunków, układu elektromaszynowego może być dokonana dwojako

- w sposób arbitralny,
- w sposób przemyślany, w oparciu o kryteria techniczne, ekonomiczne lub prakseologiczne.

Decyzje podejmowane w sposób arbitralny najczęściej są przypadkowe i nie będą dalej omawiane.

Racjonalnymi są decyzje przemyślane, oparte o odpowiednie kryteria i uwzględniające różne okoliczności jakie mogą towarzyszyć wybranemu układowi. Jednym ze sposobów wyboru to powiązanie jego procedury z pewnym umyślnym lub istniejącym modelem, do którego pragnie się przybliżyć strukturę i parametry poszukiwanego układu. W takich przypadkach należy przewidzieć granice odstępstwa wszystkich lub niektórych parametrów od wzorco-

wego układu. Będzie to stosowana niekiedy metoda punktowa wyboru [2].

Innym sposobem wyboru układu elektromaszynowego to oparcie się o model matematyczny. Model matematyczny może być charakteru deterministycznego, probabilistycznego, statystycznego bądź nawet strategicznego. Najczęściej w procedurze wyboru układu elektromechanicznego korzystamy z modeli ujętych w sposób deterministyczny. Natomiast modele o charakterze probabilistycznym wykorzystywane są rzadziej. Wynikają one z rachunku prawdopodobieństwa.

W tym referacie ograniczono się do wskazania paru wybranych metod wyboru o charakterze deterministycznym i do naszkicowania jednej typu probabilistycznego. Natomiast metody o charakterze statystycznym lub strategicznym nie będą omawiane albowiem dotyczą wyboru rozwiązań o charakterze makroskopowym [1].

2. Metoda wyboru wykorzystująca model deterministyczny substytucji kosztów

Przykład tej metody omawia metodykę wyboru pomiędzy dwoma wariantami układu elektromaszynowego o znanych

- kosztach eksploatacyjnych każdego z nich K_{e1} oraz K_{e2}
- nakładach kapitałowych N_{k1} oraz N_{k2} .

Techniczne rozwiązanie każdego z tych układów jest poniekąd ukryte w powyższych danych. Struktura wariantów układu wpływa bowiem na potrzebne nakłady (cenę) J i na późniejsze koszty ich eksploatacji K_e . Każdy z układów może być scharakteryzowany wskaźnikiem względnej nadwyżki produkcyjnej o postaci [2]:

$$E = \frac{Q - K_e}{N_k} \quad (1)$$

gdzie Q jest to wartość produkcji maszyny roboczej z którą współpracuje układ elektromaszynowy. Nakłady kapitałowe są sumą nakładów J na zaprojektowanie, budowę, zainstalowanie układu oraz nakładów B na stworzenie zapasu środków obrotowych (w dalszych obliczeniach przyjmuje się że $B=0$ czyli, że $N_k=J$). Po przekształceniu (1) można otrzymać, że E

$$\frac{K_{e1} - K_{e2}}{N_{k2}(s_2 + r_2) - N_{k1}(s_1 + r_1)} \geq 1 \quad (2)$$

gdzie: s_1 , i s_2 średnie stawki amortyzacyjne obu wariantów układu zaś r_1 i r_2 – stopy dyskontowe.

Zakładając słusznie, że stawki te jak i stopy są równe otrzymujemy:

$$\frac{K_{e1} - K_{e2}}{(J_2 - J_1)(s + r)} \geq 1 \quad (3)$$

Czynnik $(s+r)$ pozwala zrównać miano nakładów J [zł] z mianem kosztów eksploatacji K_e [zł/rok].

Jeżeli wynik obliczeń wg (2) lub (3) wypada większy od jednościci to wybór powinien dotyczyć układu o większych nakładach J na jego zakup. Wynika to z zasady substytucji jednej kategorii kosztów przez inne. Czyli im droższy jest układ tym powinien charakteryzować się niższymi kosztami eksploatacji i odwrotnie. Jest to bardzo ważne przy wyborze układów elektromaszynowych.

3. Metoda punktowa wyboru układu

Metoda ta jest przykładem wspomnianego we wstępie wyboru układu według pewnego wzorca. Wzorzec może być z różnych powodów niedostępny ale znamy jego parametry e_{io} i chcemy aby parametry e_i rozważanego wariantu możliwie niewiele od nich odbiegały ($\Delta e_i = e_{io} - e_i$). Stąd formuła wyboru

$$r^* = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta e_i \cdot w_i}{n} \quad (4)$$

gdzie r to wskaźnik każdego z wariantów, zaś w – współczynniki wagowe każdej z n cech. Metoda ta umożliwia wykorzystywanie danych katalogowych. Wskazuje ona na wariant o natężeniu cech najmniej odbiegających od wzoru.

4. Metoda wykorzystująca pojęcie macierzy wypłat (metoda minimaksowa)

Pojęcie macierzy wypłat zaproponowane przez Wald'a [2,3] zrodziło się na bazie poszukiwania współrzędnych takiego punktu, w którym funkcja $f(P, Q)$ osiąga maksimum względem zmiennej P a jednocześnie minimum względem zmiennej Q co można zapisać jako

$$\min_Q \max_P f(P, Q) \quad (5)$$

Rozwiązanie takiej procedury sprowadza się do określenia współrzędnych punktu siodłowego funkcji $f(P, Q)$, która to funkcja może być także funkcją wielu zmiennych. W sensie arytmetycznym procedurę (5) przeprowadza się drogą określenia znaku pochodnych cząstkowych drugiego rzędu występujących w odpowiednich formach kwadratowych – co ułatwia formułowanie właściwych macierzy zwanych hesjanami. Wald wykorzystał pewną postać tych macierzy w których elementami są nakłady niezbędne na różne rozwiązania poszczególnych wariantów (u nas są to warianty układu elektromaszynowego).

Tak więc przenosząc te rozważania do zadania poszukiwania optymalnego (pod różnymi względami) układu elektromaszynowego można, tytułem przykładu, sformułować macierz Wald'a dla dwóch wariantów napędu: układu wektorowego sterowania silnikiem asynchronicznym klatkowym o nakładach J_1 oraz układu skalarnego sterowania takim silnikiem o nakładach J_2

$$J = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} \end{bmatrix} \quad (6)$$

W macierzy (6) liczba wierszy wskazuje na liczbę wariantów układu wśród których dokonuje się wyboru. Zaś liczba kolumn oznacza sposoby realizacji tych wariantów. I tak kolumna pierwsza reprezentuje nakłady na układ zbudowany wyłącznie z krajowych podzespołów, kolumna druga – to nakłady na układ zbudowany z podzespołów wykonanych przez wiodące firmy światowe, zaś kolumna trzecia to układy zbudowane z zarówno jednych jak i drugich podzespołów. Dla konkretnych danych odzwierciedlających jednakże pewne przybliżone proporcje w tych układach otrzymamy przykładowo, że

$$J = \begin{bmatrix} 4 & 6 & 5 \\ 3 & 5 & 4 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Stąd macierz najmniejszych nakładów

$$J_{\min} = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

oraz największych nakładów

$$J_{\max} = \begin{bmatrix} 6 \\ 5 \end{bmatrix}$$

Opierając się na procedurze określonej przez (5) mamy

$$\begin{matrix} \text{mini} & \text{max} \\ P & Q \end{matrix} J = 5$$

Wynik obliczenia sugeruje wybór układu ze sterowaniem wektorowym ale z podzespołami zarówno krajowymi jak i z importu bądź ostatecznie układu ze sterowaniem skalarnym wyposażonym w podzespoły najwyższej jakości. O ostatecznym wyborze decydują oczywiście kryteria techniczne.

Ponieważ rachunki powyższe dokonuje się *a priori* w odniesieniu do mających nastąpić później zakupów niektóre publikacje [2] proponują zastąpienie każdego wyrazu macierzy (6) iloczynem $p_i J_i$ gdzie p_i to prawdopodobieństwo mogących nastąpić zmian w nakładach J_i . Takie ujęcie wprowadza elementy probabilistyczne w dużym przybliżeniu wzorując się na pracach Bayes'a.

5. Metoda wykorzystująca pojęcie żalu matematycznego

Na zakończenie prezentacji różnych metod wyboru przedstawiona będzie procedura wykorzystująca abstrakcyjne pojęcie żalu matematycznego R . Autor zdaje sobie sprawę, że obliczanie takiej wielkości nie ma praktycznego znaczenia. Jest jednak pewna ciągłość logiczna z procedurą określania punktu siodłowego.

Pomijając wyprowadzenie teoretyczne formuły żalu R można wskazać, że tę wielkość oblicza się według macierzy Wald'a usuwając z niej odpowiedni wiersz charakteryzujący wariant układu, z którego rezygnujemy. I tak rezygnując z wariantu jakim jest układ sterowania wektorowego rozważany w punkcie 4 referatu otrzymamy przykładowo z macierzy (7) wyrażenie żalu matematycznego po takiej rezygnacji

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

gdzie wiersz drugi tworzy się po odjęciu od każdego jego wyrazu odpowiednich wyrazów wiersza pierwszego.

Otrzymamy $R = -I$ wyrażający wielkość tego żalu co było do przewidzenia gdyż w przykładzie rozważano tylko dwa warianty układu elektromaszynowego.

6. Zakończenie

Referat zaprezentował metody wyboru wykorzystujące nade wszystko cechy ekonomiczne rozważanych wariantów. Charakterystycznym jest, że zdecydowana ich większość daje wynik wyraźnie ostrożny nie angażujący się w rozwiązania awangardowe.

7. Literatura

- [1]. Collette I., Siarry P.: „*Multiobjective optimization*”. Springer 2003.
- [2]. Szklarski L., Jaracz K., Horodecki A.: „*Electric drive systems dynamics. Selected problems*”. Elsevier Science Publishers. 1996.
- [3]. Iserman R.: „*Mechatronic systems*”. Springer 2003