

Andrzej Horodecki
Politechnika Lubelska, Lublin

MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA ZMIENNYCH LINGWISTYCZNYCH W DIAGNOSTYCE UKŁADÓW ELEKTROMASZYNOWYCH

THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF LINGUISTIC VARIABLES TO DIAGNOSTIC OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

Abstract: To assess an diagnostic system for electromechanical system and choose its best variant requires formulate of criterion determination. This process consists of formulating the criterion function and then finding critical variable values. Technological, economical and, sometimes, praxeologic criterions are presents in this report.

Basing on the consideration should be applied when data used for calculation are multivalent (fuzzy) nature. The idea of linguistic variables is identified with the idea of linguistic terms. This means:

- an appropriate of number of linguistic variables shall be determined,
- a value of the membership function is subordinated to each linguistic variable.

The set of linguistic variables describing the diagnostic state of electromechanical systems is admitted depending of the origin if its components: good – medium – bad.

The upper number of linguistic variables should be suggested. In practice distinct limits exist. These limits may be set by the perceptive capacity of person responsible for the assessment of system. This number of linguistic variables applied in the diagnostic of a elektromechanical system is determined at three (good – medium – bad), maximum at five (good – mediocre – medium – weak – bad). The thus suggested number of linguistic variables may be applied rather easily for arriving at multivalent logics. However, the rules of bivalent logics impell the choice of only two state: good – bad.

1. Wstęp

Diagnostyka współczesnych układów elektromechanicznych nabrała ostatnio dużego znaczenia z uwagi na coraz to bardziej złożoną ich strukturę i rosnącą wartość maszyn roboczych i wytwarzanej przez nie produkcji. Pod pojęciem układów elektromechanicznych rozumiane będą dalej zarówno układy napędu elektrycznego jak i układy nie będące napędami (np. układy elektromechaniczne współpracujące z silnikami wiatrowymi czy też stosowane w instalacjach rezerwowego zasilania).

2. Kryteria podejmowania decyzji o zastosowaniu systemu diagnostycznego

Kryteria te można podzielić najogólniej na trzy grupy [3]:

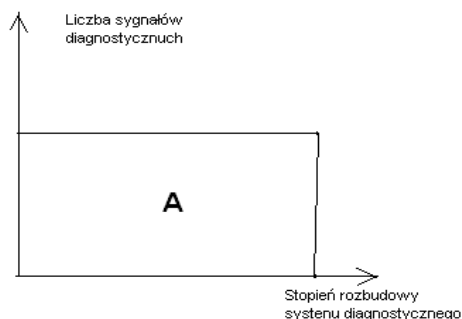
- kryteria techniczne,
- kryteria ekonomiczne oraz
- kryteria prakseologiczne bądź ujmując szerzej o charakterze organizacyjnym.

Kryteria techniczne odgrywają niewątpliwie decydującą rolę. Obecnie przeważa opinia, iż moc układu elektromechanicz-

nego nie jest podstawowym argumentem świadczącym o potrzebie stosowania systemu diagnostycznego. Znaczącym argumentem będzie rola, jaką spełnia układ elektromaszynowy w danych warunkach wraz z maszyną roboczą. Inne bowiem znaczenie ma na przykład napęd pomp pracujących w instalacjach o ciągłej pracy (np. rafinerie, odwadnianie i wentylacja kopalń głębinowych), a inne napęd pompy uruchamianej sporadycznie w instalacjach melioracyjnych.

Kryteria o charakterze ekonomicznym odgrywają ostatnio równie ważną rolę. Sprawnie działający system diagnostyczny powinien zapewnić niezawodną pracę maszyny roboczej, a tym samym i zysk z produkcji. Przyjęło się ostatnio ogólne oszacowanie kosztów wdrożenia systemu diagnostycznego o średnio rozbudowanej strukturze na poziomie około 15% nakładów kapitałowych przeznaczonych na układ elektromaszynowy. Wyższe koszty dotyczą bardziej rozbudowanych systemów diagnostycznych.

Zależność nakładów kapitałowych na system diagnostyczny od stopnia jego rozbudowy przedstawia rys. 1. Nakłady te są proporcjonalne do powierzchni A prostokąta widocznego na tym rysunku.



Rys.1. Zależność stopnia rozbudowy układu diagnostycznego od liczby kontrolowanych przez ten układ sygnałów diagnostycznych.

Kryteria prakseologiczne (zwane w szerszym ujęciu kryteriami organizacyjnymi) to wymagania stawiane systemowi diagnostycznemu z punktu widzenia łatwości obsługi czy remontu. Rosnąca rozbudowa struktur diagnostycznych stwarza większe wymagania co do kwalifikacji personelu technicznego. Będzie o tym mowa dalej.

3. Zdefiniowanie pojęcia zmiennych lingwistycznych

Zmiennymi lingwistycznymi nazywamy wyrazy podporządkowane zmiennym stosowanym w obliczeniach bądź wartościom wynikającym z pomiarów natężenia pewnych wielkości. Wyrazami tymi są najczęściej przymiotniki rzadziej liczebniki.

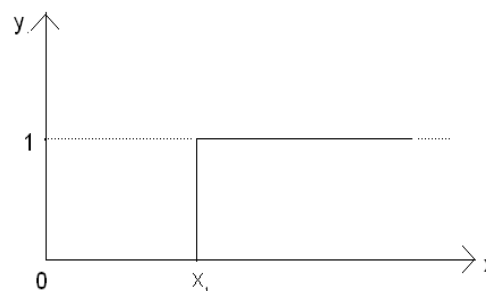
W przypadku przymiotników określających natężenia właściwości pewnych cech zachodzi zrozumiała potrzeba do określania stopnia tego natężenia. Powszechnie przyjęte w mowie trzystopniowe określenie tego natężenia zostało wykorzystane w logice matematycznej a nawet znacznie rozszerzone ponad wspomniane trzy stopnie.

Natomiast w przypadku liczebników ogólnie wskazujących na liczbę lub kolejność przedmiotów określanych rzeczownikami przeważnie posługujemy się liczebnikami porządkowymi jak na przykład pierwszy drugi itd. (na przykład pierwszy stopień zagrożenia uszkodzeniem układu).

Zmienne lingwistyczne mogą być stosowane w systemach diagnostycznych opartych za-

równo na zasadach logiki biwalentnej jak i multiwalentnej.

Obraz geometryczny działania systemu diagnostycznego opartego na zasadach logiki biwalentnej (dwuwartościowej) przedstawiony jest na rys. 2

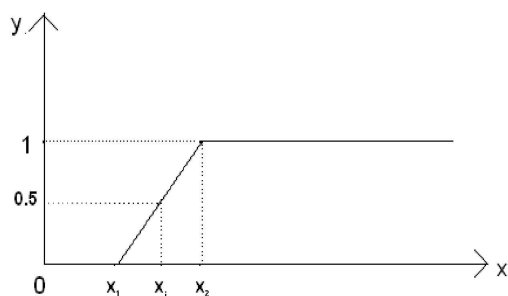


Rys.2. Obraz geometryczny zmiany funkcji y od wartości $y=0$ do wartości $y=1$ w zależności od wartości zmiennej x ilustrującej działanie systemu diagnostycznego opartego na zasadach logiki biwalentnej.

Na rys.2 zmienna x reprezentuje natężenie sygnału płynącego od czujnika zainstalowanego w układzie elektromaszynowym. Jeżeli $x < x_1$ to stan układu określamy jako *DOBRY* ($y=0$) gdyż monitorowana przez czujnik wielkość nie przekroczyła granicznej wartości swego natężenia, przy której występuje uszkodzenie układu. Z chwila osiągnięcia natężenia sygnału wartości $x \geq x_1$ system diagnostyczny informuje, że stan układu elektromaszynowego jest *ZŁY* ($y=1$). Tak więc zastosowany system wizualizacji sygnału diagnostycznego informuje obsługę układu czy stan układu jest *DOBRY* czy *ZŁY*. Zastosowanie tego rodzaju zmiennych lingwistycznych nie zmusza obsługi układu elektromaszynowego do każdorazowego analizowania liczbowych wartości sygnału x .

Tego rodzaju system diagnostyczny informuje tylko o dwóch stanach kontrolowanego układu (*DOBRY* lub *ZŁY*). Nie występują żadne stany pośrednie. Jest to doskonała ilustracja prawa wykluczonego środka sformułowanego przez Arystotelesa.

Obraz geometryczny działania systemu diagnostycznego opartego na zasadach logiki multiwalentnej (wielowartościowej) przedstawiony jest na rys.3



Rys.3. Obraz geometryczny zmiany wartości funkcji y od wartości $y=0$ do wartości $y=1$ w zależności od wartości zmiennej x ilustrujący działanie systemu diagnostycznego opartego na zasadach logiki multiwalentnej (rozmytej).

Funkcja y na rys.3 nazywana jest funkcją przynależności μ_A zaś jej wartość dla konkretnego x - stopniem przynależności $\mu_A(x)$ gdy x należy do pewnego zbioru A . Stąd obraz geometryczny z rys.3 można opisać arytmetycznie [1,2,3]

$$A\{x, \mu_A(x)\} \\ \mu_A : x \rightarrow \{0,1\} \quad (1)$$

dla $\forall x \in X$

Zbiór A może być traktowany jako podzbiór pewnego zbioru U zwanego w logice- uniwersum. Funkcję μ_A można traktować jako predykat zdaniowy z którego można wyprowadzić pojęcie zmiennej lingwistycznej. Tak więc zbiory rozmyte przeczą wspomnianemu wyżej prawu wykluczonego środka. Z opisu (1) wynika, że suma stopni przynależności $\mu_A(x)$ do rozpatrywanych zbiorów musi wynosić jeden. Z rys.3 można wywnioskować, że diagnozowany układ elektromaszynowy dla zmiennej x_i w połowie należy do zbioru układów nieuszkodzonych i w połowie do zbioru układów uszkodzonych. Dla porządku należy przypomnieć, że $\mu_A(x)$ nie jest prawdopodobieństwem, że układowi grozi uszkodzenie w danym stopniu. Stopień przynależności $\mu_A(x)$ jest miarą występowania tego uszkodzenia.

Obsługa układu widząc na ekranie monitora słownie wyrażony stopień przynależności $\mu_A(x)$ jest uprzedzana o wystąpieniu pewnych mankamentów w układzie. I to jest rola zmiennych lingwistycznych.

4. Zastosowanie zmiennych lingwistycznych

Z rys.3 widać, że funkcje $y=f(x)$ w przedziale $\{x_1, x_2\}$ można teoretycznie opisać dowolną liczbą zmiennych lingwistycznych. Jak to podano w punkcie 2 referatu naturalnym jest zastosowanie trzech stopni do określania natężenia pewnych wielkości. W odniesieniu do układów diagnostycznych można więc zaproponować następujące zmienne lingwistyczne:

$$DOBRY - \acute{S}REDNI - ZŁY. \quad (2)$$

W dopełnieniu tych zmiennych należy rozumieć zdania: dobry stan diagnozowanego układu, średni stan ...i t.d.

W praktyce stosuje się zazwyczaj pięć zmiennych lingwistycznych, zbiór (2) można uzupełnić jeszcze o zmienne

$$MIERNY - SŁABY \quad (3)$$

Powiększanie liczby zmiennych lingwistycznych ponad pięć sprawić może, że możliwość oceny stanu diagnozowanego układu elektromaszynowego przez obsługę układu zmaleje. Podjęcie decyzji o wyłączeniu układu będzie trudne bądź opóźnione. Opisany wyżej sposób wizualizacji stanu diagnozowanego układu jest przydatny tam gdzie bezpośrednia obsługa danego urządzenia może nie posiadać większego doświadczenia bądź tam gdzie proces technologiczny nie jest zbyt precyzyjny. Fakt zastosowania wizualizacji zmiennych lingwistycznych na stanowiskach pracy obsługi nie przekreśla potrzeby centralnego odczytu dokładnych danych w dyspozytorni przez doświadczonego diagnostera wykorzystującego dowolne oprogramowanie ułatwiające wizualizację wyników lub Wonderware in Touch i Wonderware Factory Focus. Można tu wymienić przemysł cukrowniczy i cementowy.

Zmienne lingwistyczne są również stosowane w metodach wyboru optymalnego układu diagnostycznego (bądź całego układu elektromaszynowego) przy pomocy badania macierzy wypłat Wald'a metodą minimaksową.

5. Zakończenie

Referat wskazał kryteria, którymi należy się kierować przy podejmowaniu decyzji o zastosowaniu systemu diagnostycznego w układzie elektromaszynowym jak i o stopniu jego rozbudowy i sposobach wizualizacji wyników diagnozy.

6 Literatura

- [1]. Blanke M., Kinnaert M., Lunze J., Staroswiecki M.: książka „*Diagnosis and fault – tolerant control*“ Springer, 2003
- [2] Gil Aluja J.: książka “*Company management techniques. Forecasts, decisions and strategies*” Edition “Piramide” 2002
- [3] Horodecki A.: książka „*Selecting electromechanical drive systems*”. Elsevier Science Publisher. Amsterdam, 1991.