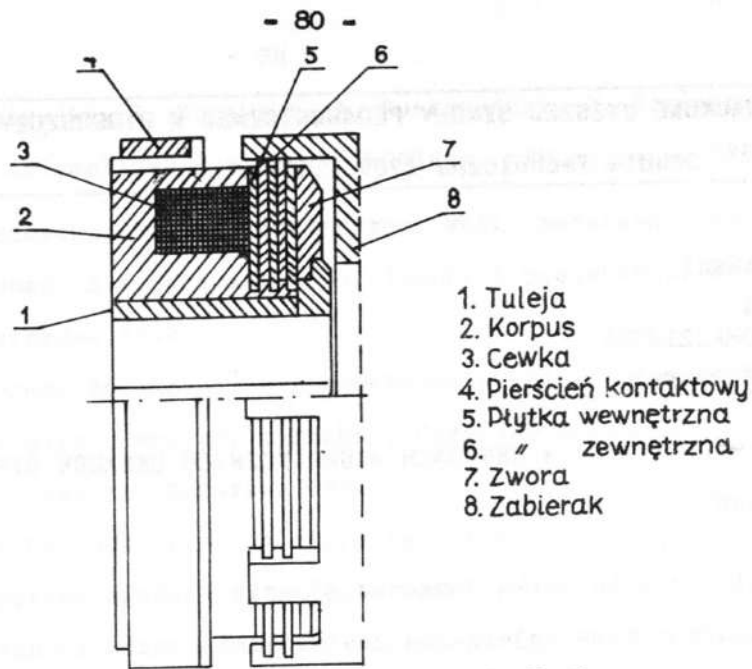


JAN KOCHAŃSKI  
IRENA MIŚ  
TERESA TOMASZEWSKA  
WSP w Bydgoszczy

### STRUMIEŃ MAGNETYCZNY W OBWODACH MAGNETYCZNYCH UKŁADÓW STEROWANIA NAPĘDAMI

Współczesna technika napędowa głównie stosuje sprzęgła sterowane. Spośród nich największe zastosowanie znalazły sprzęgła elektromagnetyczne. Ich zaletą jest wygoda i prostota zasilania, łatwość zdalnego sterowania szczególnie jako elementów wykonawczych w układach automatyki napędów. Istotną cechą jest możliwość wpływania na wartość przenoszonego momentu przez nastawienie odpowiednich wielkości elektrycznych, mała moc potrzebna do zasilania sprzęgieł oraz zdolność do stosowania jako elementu zabezpieczającego mechanizm napędowy przed przeciążeniem. Poza tym dogodne przebiegi procesów przejściowych, rozgraniczających kolejne stany pracy ustalonej poprawiają dynamiczne własności całego układu napędowego.

Sprzęgła wielopłytkowe przełączane elektromagnetycznie stanowią podstawowy element mechanizacji i automatyzacji w przemyśle budowy maszyn, szczególnie w przemyśle obrabiarkowym. Sprzęgła te przeznaczone są do pracy w układach regulacji obrotów napędu maszyn i urządzeń, a w szczególności tam, gdzie wymagane jest przeniesienie dużego momentu przy małych wymiarach sprzęgieł. Konstrukcję sprzęgła wielopłytkowego przełączanego elektromagnetycznie przedstawia Rys. 1.



**Rys.1. Sprzęgło elektromagnetyczne wielopłytkowe**  
 Działanie sprzęgła jest następujące: prąd elektryczny doprowadzony do cewki (3) wytwarza strumień magnetyczny powodujący przyciąganie zwory (7) i zaciśnięcie płytek zewnętrznych (6) oraz wewnętrznych (5). Płytki wewnętrzne osadzone są w przewodnicach w tulei (1), a płytki zewnętrzne osadzone są w przewodnicach znajdujących się w zabieraku (8). Po odciśnięciu płytek przez zworę moment obrotowy zostaje przeniesiony między tuleją (1) a zabierakiem (8). Po wyłączeniu prądu zwora zostaje odsunięta przez płytki zewnętrzne posiadające kształt sinusoidy przestrzennej. Następuje poślizg między płytkami i sprzęgło przenosi jedynie moment resztowy.

#### Podstawowe parametry sprzęgieł elektromagnetycznych

Moment obrotowy przenoszony przez sprzęgło

$$M_g = i (F_m - F_{sp}) \cdot \int \frac{D^2}{2} \quad (1)$$

gdzie:

$i$  - liczba par stykających się powierzchni ciernych

- $\xi$  - współczynnik tarcia  
 $D_p$  - średnica tarcia (obliczeniowa)  
 $F_m$  - siła przyciągania magnetycznego  
 $F_{sp}$  - siła sprężyny

Siła  $F_m$  wyraża się wzorem:

$$F_m = K \cdot \frac{B_{sr}^2}{\xi r} \cdot S_m \quad (2)$$

gdzie:

- $K$  - współczynnik stały, zależny od parametrów konstrukcyjnych  
 $B_{sr}$  - średnia indukcja magnetyczna w przestrzeni, w której występuje przyciąganie magnetyczne między odpowiednimi elementami sprzęgła  
 $S_m$  - pole powierzchni, przez które przechodzą linie sił magnetycznych w powyższej przestrzeni.

Ponieważ strumień magnetyczny  $\Phi = B_{sr} \cdot S_m$ , to

$$F_m = K \cdot \frac{\Phi^2}{S_m} \quad (3)$$

Przepływ magnetyczny uzwojenia wzbudzającego

$$\Phi_m = \frac{\Phi}{\lambda_{wyp}} = I_m \cdot Z_m \quad (4)$$

gdzie:

- $\lambda_{wyp}$  - wypadkowa przewodność magnetyczna dla strumienia zmienna w funkcji nasycenia obwodu wzbudzającego  
 $Z_m$  - liczba zwojów uzwojenia wzbudzającego  
 $I_m$  - prąd wzbudzający

Uwzględniając zależność (3) i (4) otrzymujemy:

$$F_m = \frac{K}{S_m} \cdot \varnothing \cdot \lambda_{wyp} \cdot I_m \cdot Z_m \quad (5)$$

lub

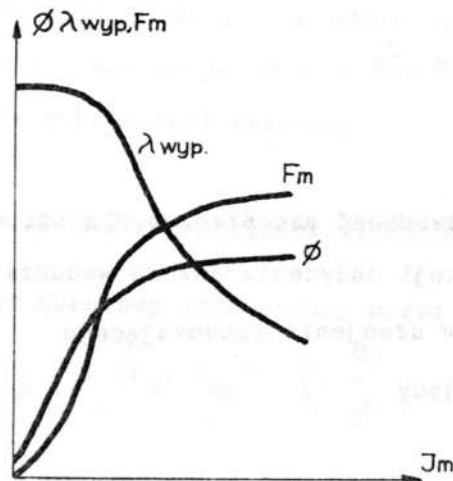
$$I_m = \frac{F_m}{\varnothing \cdot \lambda_{wyp}} \cdot \frac{S_m}{K Z_m} \quad (6)$$

Wobec nasycenia się obwodu magnetycznego i zmniejszenia się na skutek tego iloczynu  $\varnothing \cdot \lambda_{wyp}$  dla uzyskania wzrostu siły  $F_m$  należałoby wydatnie zwiększyć prąd wzbudzający  $I_m$ . Powoduje to jednak zwiększenie strat mocy w obwodzie wzbudzenia, zgodnie z wyrażeniem:

$$P_m = R_m \cdot I_m^2 \quad (7)$$

Może to doprowadzić do uszkodzenia izolacji na skutek jej przegrzania.

Zależności między siłą przyciągania magnetycznego  $F_m$ , strumieniem  $\varnothing$ , przewodnością magnetyczną  $\lambda_{wyp}$  a prądem wzbudzenia przedstawia Rys. 2.



Rys. 2. Charakterystyki magnetyczne sprzęgła

Dla każdego sprzęgła istnieje pewien graniczny prąd wzbudzenia, którego przekraczanie nie jest celowe, ponieważ znaczne zwiększenie prądu wzbudzającego powoduje tylko niewielki wzrost siły przyciągania magnetycznego.

Przeciążalność momentem

$$K_m = \frac{M_{\max}}{M_n} \quad (8)$$

jest to stosunek maksymalnie możliwego momentu przenieszonego do momentu znamionowego sprzęgła. W sprzęgłach z łącznością części czynnej i biernej przez pole magnetyczne, w zależności od wykonania konstrukcyjnego przeciążalność  $K_m$  zmienia się w granicach od 0,2 do 0,9.

Współczynnik wzmocnienia

$$K_{st} = \frac{P_{wy}}{P_{st}} \quad (9)$$

określony jest jako stosunek mocy na wale wyjściowym sprzęgła o mocy traconej w obwodzie sterowania.

Największe współczynniki wzmocnienia osiągane są w sprzęgłach elektromagnetycznych ciernych i uzębionych.

Szybkość działania sprzęgła określana jest czasem załączania  $t_z$  i czasem wyłączenia  $t_{wy}$ .

Dla większości sprzęgieł elektromagnetycznych:

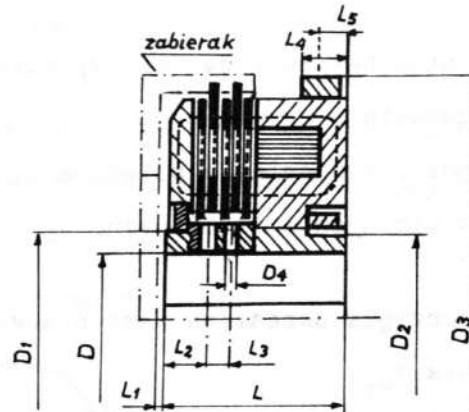
$$t_z = 0,03 \text{ do } 0,25 \text{ s}$$

$$t_{wy} = 0,01 \text{ do } 0,30 \text{ s}$$

Dla sprzęgieł elektromagnetycznych proszkowych istotnym parametrem jest stosunek maksymalnej mocy przenieszonej przez sprzęgło do dopuszczalnej prędkości obrotowej. Uwzględnia on właściwości feroproszkowych wypełniaczy tych sprzęgieł.

### Analiza rozptyłu strumienia magnetycznego w sprzęgle elektromagnetycznym

Źródłem strumienia magnetycznego w sprzęgle jest uzwojenie wzbudzenia usytuowane w korpusie sprzęgła (Rys. 3). Wytworzony strumień przenika przez płytki sprzęgła i szczeliny między nimi do zwory powodując przyciąganie zwory. Siła przyciągania zwory zależy bezpośrednio od wartości strumienia, który się przez nią zamyka. Od niej także zależą własności ruchowe sprzęgła. Z tego względu konstrukcja sprzęgła powinna zapewnić maksymalne ukierunkowanie strumienia magnetycznego od korpusu do zwory, co równoznaczne jest z minimalizacją pasożytniczych strumieni bocznikujących zamykających się przez płytki sprzęgła.

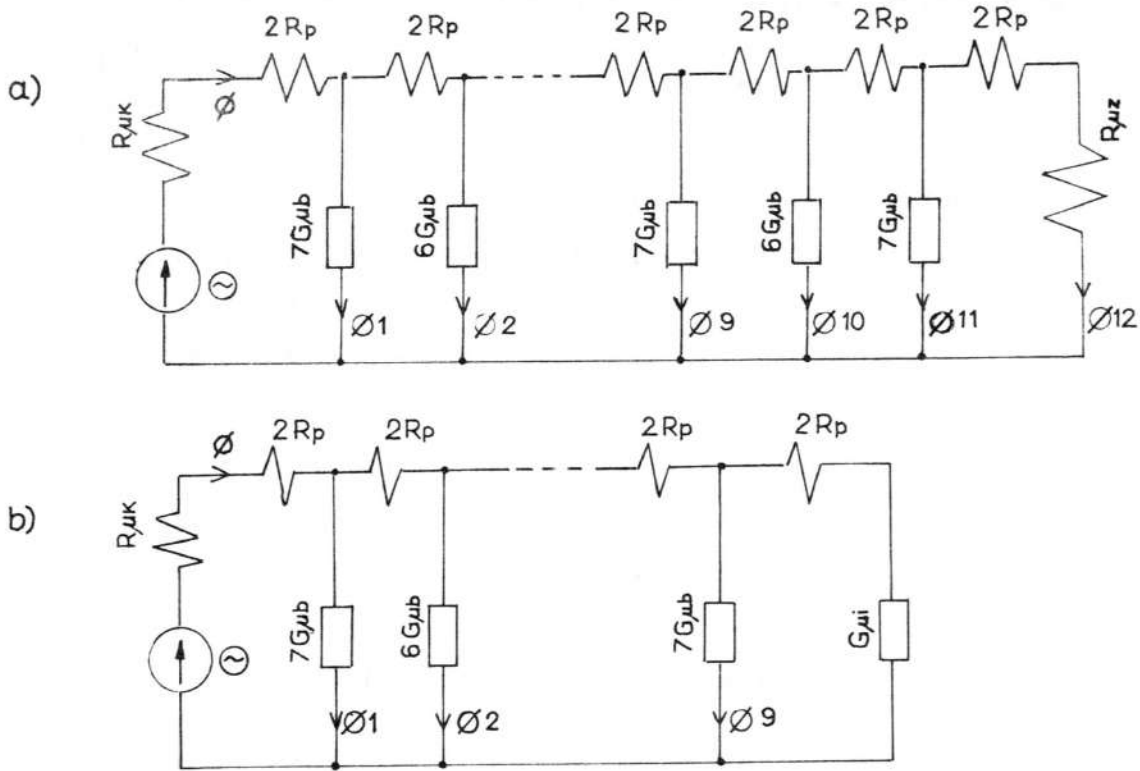


Rys.3. Przekrój sprzęgła elektromagnetycznego

### Schemat zastępczy obwodu magnetycznego

Uproszczony schemat zastępczy obwodu magnetycznego przedstawia Rys. 4. Siła magnetomotoryczna (przepływ) o wartości  $\Phi$  wytwarza strumień magnetyczny  $\Phi$ . Do zwory dociera strumień

$\Phi_{12}$  pomniejszony względem strumienia  $\Phi$  o sumę strumieni bocznikujących ( $\Phi_1$  do  $\Phi_{11}$  zamykających się przez boczniki płytek sprzęgła)



$$R_p = R_{\mu p} + R_{\mu s}$$

Rys. 4. Uproszczony schemat zastępczy obwodu magnetycznego

a) przed redukcją

b) po częściowej redukcji

W celu wyznaczenia strumienia  $\Phi$  schemat należy zredukować w kilkunastu krokach do prostszej postaci stosując następujące wyrażenia:

$$G_{\mu i} = 6G_{\mu b} + \frac{1}{2(R_{\mu p} + R_{\mu s}) + 1/G_{\mu(i+1)}} \quad \dots \text{ dla } i = 2k \quad (10)$$

$$G_{\mu i} = 7G_{\mu b} + \frac{1}{2(R_{\mu p} + R_{\mu d}) + 1/G_{\mu(i+1)}} \dots \text{ dla } i=2k-1 \quad (11)$$

gdzie:  $k=6, \dots, 1$ ,

przy czym dla  $k=6$ , tzn. dla  $i=12$  należy przyjąć

$$G_{\mu 12} = \frac{1}{R_{\mu z}} \quad (12)$$

Oznaczenia:

$G_{\mu 12}$  - przewodność magnetyczna zwory (H)

$G_{\mu b}$  - przewodność magnetyczna bocznika (H)

$i$  - numer kolejnej płytki liczony od korpusu do zwory

$G_{\mu i}$  - przewodność magnetyczna zastępcza fragmentu sprzęgła od zwory do  $i$ -tej płytki włącznie (H)

$R_{\mu d}$  - rezystancja magnetyczna szczeliny powietrznej  
( $\frac{1}{H}$ )

$R_{\mu p}$  - rezystancja magnetyczna płytki ( $\frac{1}{H}$ )

Redukcję schematu należy powtórzyć ze zmienionymi przenikalnościami magnetycznymi wynikającymi z wieloodcinkowej linearyzacji charakterystyki magnesowania  $B = f(H)$ . Redukcja ostateczna prowadzi do wyznaczenia wypadkowej zastępczej rezystancji magnetycznej  $R_{\mu c}$  zgodnie z wyrażeniem

$$R_{\mu c} = R_{\mu k} + 2(R_{\mu p} + R_{\mu d}) + \frac{1}{G_{\mu 1}} \quad (13)$$

Dla założonej wartości przepływu  $\Phi$  i obliczonej wartości  $R_{\mu c}$  można obliczyć całkowity strumień magnetyczny  $\Phi$ . W następnej kolejności postępowanie odwrotne do redukcji - stopniowe rozwijanie schematu - prowadzi do wyznaczenia rozptywu strumienia w sprzęgła



Проводимые в настоящее время вычисления численные и параллельные с ними измерения расхода магнетического потока имеют подтвердить и в конечном счете проверить концепцию принятой модели. Проверенная математическая модель сцепления (цифровая, а в будущем аналоговая) должна указать наиболее критические моменты конструкции сцепления и их влияние качественное и количественное на свойства динамические сцепления.

#### LITERATURA

1. Курьлович Ж., Исследования материалов магнетических, Варшава 1962
2. Матусиак Р., Электротехника теоретическая, Варшава 1982
3. Нагич Н., Яворский Ж., Измерения магнетические, Варшава 1968

#### Магнетический поток в магнетических цепях систем управления приводами

#### Содержание

Статья показывает анализ распространения магнетического потока в электромагнетической многоплитной муфте, которая является основным представителем элементов механизации и автоматизации в станкостроительной промышленности.

Представляет основные параметры и связи между ними, а также заменяющую схему магнетической цепи муфты. Разработана математическая модель, по которой будут проведены численные расчеты и измерения распределения потока.

Цель анализа - найти критические точки конструкции муфты и их влияние на свойства движения.