

## **Silniki prądu stałego**

### **Wstęp**

Silniki komutatorowe prądu stałego (silniki DC) są stosowane w automatyce i robotyce do wszelkiego rodzaju serwomechanizmów. Cechą tych zastosowań jest duża dynamika ruchu przy stosunkowo krótkotrwałej pracy. Ważny jest rozwijany moment, a szczególnie moment przy zatrzymanym wirniku lub przy małych prędkościach. Mniej istotna jest moc znamionowa, a częściej wykorzystywanym parametrem jest moc maksymalna.

Wymagania ogólne stawiane silnikom wykonawczym są następujące:

- mały moment bezwładności w wirnika (mała stała czasowa elektromechaniczna),
- szeroki zakres regulacji prędkości przy stałym momencie,
- mała pulsacja momentu elektromagnetycznego (mała pulsacja prędkości w dolnym przedziale regulacji),
- duża przeciążalność krótkotrwałą prądem i momentem,
- mała stała czasowa elektromagnetyczna twornika,
- sztywna charakterystyka mechaniczna,
- małe gabaryty i ciężar przy danym momencie znamionowym,
- wysoka sprawność i niezawodność pracy,
- zintegrowane z silnikiem (wspólna obudowa) układy pomiarowe położenia i prędkości.

Tradycyjnie silniki DC jako lepiej spełniające powyższe wymagania były stosowane w układach sterowania pozycyjnego i prędkościowego. Współcześnie zastosowanie napędów z silnikami prądu zmiennego (AC) istotnie wzrosło ze względu na postęp konstrukcji sterowników silników AC. Istotne są także ograniczenia wynikające z obecności komutatora. Silniki DC są nadal chętnie stosowane ze względu korzystne właściwości ruchowe silników i stosunkowo proste układy sterowania.

Niektóre cechy wyróżniające współczesne silniki DC:

- przydatność do współpracy z układami sterującymi,
- małe stałe czasowe elektryczna i elektromechaniczna,
- możliwość pracy przy małych napięciach zasilania,
- niewielka masa i wymiary w stosunku do oddawanej mocy,
- duża niezawodność,
- łatwość hamowania i odzyskiwania energii,
- prostota sterowników i ich niski koszt.

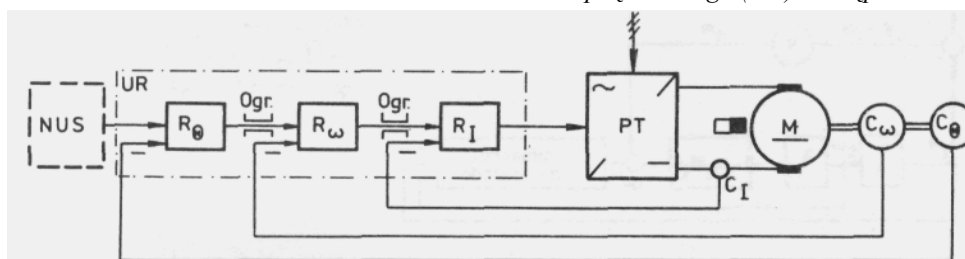
Silniki prądu stałego ze względu na łatwości sterowania są też wykorzystywane w przemyśle np. w napędach maszyn wyciągowych, maszyn walcowniczych, trakcji elektrycznej.

Obecnie produkuje się maszyny prądu stałego o mocach do ok. 10 MW. Typowe napięcia zasilania to: 120, 220, 440, 500 i 1000 V, a nierzadko wyższe, sięgające kilku kilowoltów.

Ograniczenie napięć i mocy maszyn prądu stałego wynika z istnienia komutatora w maszynie.

### **Struktura napędów prądu stałego.**

W zależności od wymaganej mocy napędu oraz wymagań dokładności pozycjonowania i właściwości dynamicznych, stosowane są różne typy silników DC, a także struktury zasilania i regulacji. Na Rys.1 pokazano ogólną strukturę omawianych dalej elementów składowych napędu prądu stałego.



Rys.1. Ogólna struktura napędu z silnikiem prądu stałego; NUS - nadrzędny układ sterowania; UR - układ regulacji;  $R_\theta$ ,  $R_\omega$ ,  $R_I$  - regulatory, odpowiednio: położenia, prędkości i prądu; PT - przekształtnik tranzystorowy lub tyrystorowy;  $C_\theta$ ,  $C_\omega$ ,  $C_I$  - czujniki pomiarowe (odpowiednio: położenia, prędkości i prądu); Ogr – ogranicznik sygnału

Silnik (**M**), najczęściej ze wzbudzeniem od magnesów trwałych, jest zasilany z przekształtnika energii (**PT**) - nazywanego również sterownikiem mocy. Sterownik mocy to urządzenie tranzystorowe lub tyrystorowe przystosowane do pracy jednokierunkowej lub nawrotnej (dwu- lub czterokwadrantowej). Układ regulacji (**UR**) może mieć strukturę analogową lub cyfrową. W przypadku realizacji cyfrowej połączony jest często w strukturze systemu mikroprocesorowego z funkcjami nadrzędnego układu sterowania (**NUS**). Układy regulacji składają się z trzech połączonych kaskadowo regulatorów: położenia ( **$R_\theta$** ), prędkości ( **$R_\omega$** ) i prądu ( **$R_I$** ). Nadrzędny regulator położenia zadaje sygnał wejściowy podporządkowanemu regulatorowi prędkości, który z kolei spełnia funkcję nadrzędną wobec regulatora prądu. W silnikach o stałym wzbudzeniu regulator prądu jest jednocześnie regulatorem momentu elektromagnetycznego. Czujniki pomiarowe: położenia ( **$C_\theta$** ), prędkości ( **$C_\omega$** ) i prądu ( **$C_I$** ) umożliwiają realizację odpowiednich sprzężeń zwrotnych. Bloki funkcjonalne w pętli położeniowej, tak jak i coraz częściej w pętli prędkościowej, są blokami cyfrowymi. Wykonane są zwykle za pomocą układów mikroprocesorowych (typowych i specjalizowanych) nie wchodzących w zakres wykładu.

Przedmiotem wykładu będą cechy silników DC i rozwiązania sterowników i wzmacniaczy mocy do silników DC z magnesami trwałymi