

## Streszczenie rozprawy doktorskiej

### pt. „Analiza układów sterowania momentem i prędkością kątową falownikowego napędu pompy”

Przedmiotem niniejszej pracy są problemy analizy i syntezy elektrohydraulicznego układu objętościowego sterowania przepływem i ciśnieniem, przy zastosowaniu falownikowego napędu pompy o stałej objętości geometrycznej. Podstawowym celem prac było opracowanie objętościowego układu elektrohydraulicznego o własnościach dynamicznych i statycznych zbliżonych do układu sterowania dławieniowego. Do napędu pomp tłoczkowych i zębatych zastosowano podstawowe typy silników, tj.: indukcyjny klatkowy (IM) i synchroniczne ze wzbudzeniem od magnesów trwałych (BLDC i PMSM). Algorytmy sterowania silnikami zaimplementowano przy pomocy oprogramowania Matlab / Simulink z zastosowaniem mikroprocesorowej karty kontrolno-pomiarowej dSpace 1103.

Przedstawiono wyniki oceny właściwości statycznych i dynamicznych silników ze szczególnym uwzględnieniem metod sterowania w układzie otwartym, które obejmowały badania: dynamiki przy zasilaniu pełnym napięciem przekształtnika, przeciążalności momentem, sprawności oraz wpływu parametrów konstrukcyjnych na właściwości ruchowe silników.

Istotną część pracy stanowią rozważania dotyczące identyfikacji parametrycznej modeli matematycznych (nieliniowych i liniowych) analizowanych silników. Zaproponowano plan eksperymentów identyfikacyjnych, który umożliwia wyznaczenie identyfikowanych parametrów w całym zakresie zmian zasilania i obciążenia silników. W procesie identyfikacji wykorzystywano metodę optymalizacji statycznej Box'a. Dla uzyskania poprawnych wyników identyfikacji zaproponowano wskaźniki jakości identyfikacji, sformułowane na podstawie analizy funkcji wrażliwości trajektorii czasowych podstawowych wielkości silników na zmiany wartości ich parametrów. Zgodność przebiegu trajektorii czasowych silnika i jego modelu matematycznego weryfikowano za pomocą współczynników korelacji wielowymiarowej. Stwierdzono, że parametry modeli matematycznych analizowanych silników zależą w różnym stopniu od warunków zasilania i obciążenia oraz od zastosowanego planu eksperymentu.

Zamieszczono wyniki analizy układów regulacji prędkości kątowej silników IM, BLDC i PMSM z wykorzystaniem metod sterowania  $v/f=const$ , FOC (lub IFOC) i DTC. Szczegółowo omówiono problem analizy: dynamiki silników w układzie regulacji prądu stojana, regulacji prędkości kątowej dla ww. metod sterowania oraz sprawności silników. Zamieszczono schematy blokowe układów regulacji prędkości kątowej wraz z wynikami wykonanych eksperymentów symulacyjnych i laboratoryjnych. Parametry regulatorów wyznaczano na podstawie numerycznej minimalizacji przyjętych wskaźników jakości regulacji, przy wykorzystaniu nieliniowych i liniowych modeli matematycznych napędu.

Przedstawiono również wyniki badań układów w strukturach regulacji momentu na wale silników oraz momentu elektrycznego wyznaczanego metodami pośrednimi (na podstawie mocy elektrycznej i prędkości kątowej lub na podstawie składowej czynnej prądu i momentowego współczynnika proporcjonalnego). Parametry regulatorów określano z wykorzystaniem zidentyfikowanych nieliniowych i liniowych modeli matematycznych dla sygnału wyjściowego w postaci momentu obciążenia.

Pracę kończy prezentacja wyników syntezy układów regulacji przepływu (lub prędkości kątowej silnika hydraulicznego) oraz ciśnienia w instalacji hydraulicznej. Opracowano uproszczone modele matematyczne układów elektrohydraulicznych o sygnałach wyjściowych w postaci przepływu (prędkości obrotowej) i ciśnienia. Pokazano zalety sterowania objętościowego z wykorzystaniem falownikowych układów napędowych pomp oraz porównano ich dynamikę z układem sterowania dławieniowego.

W pracy zamieszczono również opracowania dodatkowe z dokumentacją stanowiska badawczego, metodami i technikami pomiarowymi podstawowych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych w układach elektrohydraulicznych z falownikowym napędem pomp oraz z diagramami aplikacyjnymi algorytmów sterowania w programie Simulink.

*Łukasz Zawarczyński*