

Uniwersalny algorytm modulacji wektorowej dla trójpoziomowych, trój i wielofazowych falowników NPC z balansowaniem napięć obwodu DC

Projekt dotyczy opracowania uniwersalnego algorytmu modulacji wektorowej dla trójpoziomowych, trój i wielofazowych falowników NPC z balansowaniem napięć obwodu DC.

W układach napędowych głównie są stosowane silniki trójfazowe wraz z trójfazowymi falownikami napięcia. Wraz z tym coraz większym zainteresowaniem wśród naukowców i inżynierów cieszą się układy wielofazowe. Właśnie właściwości silników wielofazowych czynią te silniki interesującą alternatywą dla silników trójfazowych. W pięciofazowym silniku indukcyjnym możliwe jest zwiększenie momentu elektromagnetycznego o 15% poprzez iniekcję 3 harmonicznej prądu. Istnieje również możliwość niezależnego sterowania kilkoma silnikami zasilanymi z pojedynczego falownika. Co jednak wymaga użycia złożonego układu modulacji, który operuje m^n wektorami przestrzennymi, gdzie m -liczba poziomów, a n -ilość faz falownika, tak dla trójpoziomowego, pięciofazowego falownika algorytm modulacji ma doczynienie z 243 wektorami. Napędy wielofazowe cechuje większa niezawodność. Indukcyjne silniki wielofazowe mogą generować moment napędowy w przypadku uszkodzenia faz silnika/falownika. Wraz z szeregiem zalet silniki wielofazowe muszą współpracować z falownikami o większej liczbie gałęzi, co wymaga użycia większej liczby tranzystorów w porównaniu do klasycznych układów trójfazowych, jednakże mogą to być tańsze tranzystory o mniejszych prądach nominalnych. Wynika to z rozłożenia mocy obciążenia na większą liczbę gałęzi w porównaniu z układem trójfazowym. Koszt tranzystorów potrzebnych do zbudowania wielofazowego falownika napięcia może więc być zbliżony do kosztów tranzystorów odpowiadającego mu falownika trójfazowego.

Badania zostaną przeprowadzone z wykorzystaniem trójpoziomowego pięciofazowego silnika z diodami poziomującymi (Neutral Point Clamping – NPC). Falowniki trójpoziomowe NPC (w wersji trójfazowej) są powszechnie wykorzystywane w aplikacjach przemysłowych. Falowniki o takiej topologii są używane w zakresie średnich napięć, gdzie umożliwiają formowanie napięć wyjściowych większych od napięcia blokowania półprzewodników. W aplikacji niskiego napięcia mogą one zastąpić powszechnie używane falowniki dwupoziomowe. Falowniki trójpoziomowe mogą być budowane z wykorzystaniem tańszych tranzystorów o niższym napięciu blokowania. Głównym problemem, który należy rozwiązać w wielofazowych wielopoziomowych falownikach napięcia jest utrzymanie (najlepiej) jednakowych napięć na kondensatorach obwodu pośredniczącego oraz poprawne generowanie wielu wektorów napięcia wyjściowego w przypadku, gdy napięcia obwodu pośredniczącego nie są jednakowe.

Jak było wspomniano na początku układ napędowy z silnikiem pięciofazowym pozwala na zwiększenie generowanego momentu (około 15%) w stosunku do silników trójfazowych wraz z tym dalsze zwiększanie liczby faz powoduje relatywnie mniejsze przyrosty momentu i nie jest uzasadnione ekonomicznie w przypadku napędów z pojedynczym silnikiem. W układach wielosilnikowych zwiększenie liczby faz ma sens przede wszystkim dla zmniejszenia kosztów budowy falownika i całego układu. Trójpoziomowy falownik pięciofazowy jest zbudowany z 20 tranzystorów i umożliwia niezależne sterowanie 2 silnikami, podczas, gdy w przypadku napędów trójfazowych konieczne jest użycie 2 falowników trójpoziomowych zbudowanych (łącznie) z 24 tranzystorów. Korzyści wynikające z zastosowania napędów wielofazowych rosną wraz ze wzrostem liczby faz. W przypadku falowników siedmiofazowych, pojedynczy trójpoziomowy falownik NPC z 28 tranzystorami może zastąpić 3 falowniki trójfazowe zbudowane z (w sumie) 36 tranzystorów. W rezultacie taki napęd może być tańszy w produkcji (koszt przekształtnika jest niższy, koszt silników pozostaje na tym samym poziomie). Tym samym takie napędy mają szansę na spopularyzowanie w aplikacjach przemysłowych. Opracowany algorytm modulacji wektorowej będzie mógł być wykorzystywany w obu rozwiązaniach – w wielofazowym falowniku zasilającym pojedynczy silnik wielofazowy o zwiększonym momencie napędowym, jak również w pojedynczym falowniku zasilającym $(n-1)/2$ niezależnie sterowanych silników. Rozwiązanie takie zostanie opracowane w ramach projektu z uwzględnieniem konieczności balansowania napięć obwodu pośredniczącego.

Do sterowania prędkością i momentem silników zostaną wykorzystane nadrzędne układy sterowania. Wymienione algorytmy sterowania są znane z artykułów naukowych.