

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.:

Predykcyjne sterowanie równoległym filtrem aktywnym ze sprzężeniem od prądu zasilającego

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest kompensacja harmonicznych prądu zasilania, asymetrii prądu oraz mocy biernej z wykorzystaniem równoległego filtra aktywnego, który wraz z obwodem sprzęgającym stanowi sterowane źródło prądu. W pracy szczególnie skupiono się na układzie sterowania predykcyjnego równoległym filtrem aktywnym ze sprzężeniem zwrotnym od prądu zasilającego.

Celem pracy było opracowanie i weryfikacja doświadczalna predykcyjnego układu sterowania równoległym filtrem aktywnym ze sprzężeniem od prądu zasilającego, zapewniającego wysoką skuteczność kompensacji i szybką reakcję na zmianę prądu odbiorów. W związku z tym postawiono następującą tezę: „Równoległy filtr aktywny sterowany predykcyjnie ze sprzężeniem od prądu zasilającego zapewnia znacznie wyższą skuteczność kompensacji odkształceń prądu zasilania, asymetrii prądu i mocy biernej podstawowej harmonicznej, w szerokim zakresie mocy z jaką pracuje filtr, w porównaniu do filtra aktywnego sterowanego na podstawie prądu odbiorów”.

W dysertacji przedstawiono zagadnienia teoretyczne związane zarówno z jakością energii elektrycznej, jak i tematyką energetycznych filtrów aktywnych. Ponadto opracowano i zaimplementowano nowy, precyzyjny predykcyjny algorytm wyznaczania i regulacji prądu kompensującego ze sprzężeniem od prądu zasilającego. Dodatkowo zaproponowano również układ sterowania łączący zalety układu ze sprzężeniem od prądu zasilającego oraz sterowania na podstawie prądu odbiorów w jednym algorytmie. Teoretyczne założenia dotyczące działania opracowanego układu sterowania zweryfikowano w testach symulacyjnych przeprowadzonych na wykonanych modelach symulacyjnych. Następnie przeprowadzono badania eksperymentalne z wykorzystaniem trójfazowego trójgałęziowego dwupoziomowego falownika napięcia z obwodem sprzęgającym LCL, które uwzględniały pracę filtra aktywnego w sieci sztywnej, miękkiej oraz przy pracy na sieć autonomiczną z agregatem prądotwórczym. Zbadano również wpływ wartości mocy z jaką pracował filtr aktywny, nieliniowości przekształtnika, wartości dławików sieciowych odbioru nieliniowego oraz opóźnień wynikających z cyfrowej implementacji algorytmu sterowania na skuteczność kompensacji poszczególnych składowych prądu zasilającego realizowanej przez filtr aktywny.

Istotnym osiągnięciem niniejszej rozprawy jest przeprowadzanie kompleksowej analizy stabilności opracowanego predykcyjnego układu sterowania równoległego filtra aktywnego ze sprzężeniem od prądu zasilającego. Analiza stabilności jest ważnym zagadnieniem w tematyce filtracji aktywnej prądu, zwłaszcza w przypadku układu sterowania ze sprzężeniem zwrotnym i obecności obwodu sprzęgającego LCL, gdyż stwarza on zagrożenie wystąpienia rezonansu. Ponadto analiza stabilności może być wykorzystana jako narzędzie do projektowania układu sterowania filtrem aktywnym i doboru wartości parametrów takiego układu.

Przedstawione w pracy wyniki eksperymentalne, jak i symulacyjne wykazały, że sterowanie w układzie ze sprzężeniem od prądu zasilającego charakteryzuje się wysoką skutecznością kompensacji zniekształceń prądu, która jest na poziomie nieosiągalnym w układzie sterowania na podstawie prądu odbiorów. Zaobserwowano to w szerokim zakresie mocy, z jaką pracował filtr aktywny. Właściwość ta była widoczna zarówno w warunkach sieci sztywnej, miękkiej, jak i w przypadku pracy na sieć autonomiczną z agregatem prądotwórczym. Skuteczność kompensacji mocy biernej podstawowej harmonicznej oraz kompensacji niesymetrii prądu również była wyższa w układzie ze sprzężeniem od prądu zasilającego niż w układzie sterowania na podstawie prądu odbiorów. Ponadto, algorytm sterowania ze sprzężeniem od prądu zasilającego wykazał większą odporność na nieprawidłowe generowanie napięcia falownika, spowodowane nieliniowościami przekształtnika takimi jak czasy martwe, niż strategia sterowania na podstawie prądu odbiorów. Powyższe wnioski wskazują, że możliwe jest uzyskanie większej skuteczności kompensacji, przy wykorzystaniu tej samej implementacji sprzętowej, w przypadku wykorzystaniu zaproponowanego predykcyjnego układu sterowania ze sprzężeniem od prądu zasilającego.