

Streszczenie rozprawy doktorskiej

pt. „*Analiza wzajemnych oddziaływań systemu elektroenergetycznego i odbiorników nieliniowych*”

Odbiorniki energii elektrycznej stają się w coraz większym stopniu nieliniowe. Warunki odnoszące się do zasad przyłączania odbiorników energii elektrycznej określone są w normie IEEE 519. Warunki te określają dopuszczalną zawartość wyższych harmonicznych w napięciu oraz prądzie pobieranym przez obciążenie odbiorcy. Odpowiedzialność za to, aby obciążenie nie powodowało odkształceń przebiegów prądów w obwodzie ponosi odbiorca energii. Z kolei za parametry jakościowe napięcia zasilania odpowiada operator systemu. Oba te aspekty można rozpatrywać w kategorii zapewnienia *zgodności*, oznacza to, że jakość energii dostarczanej do odbiorcy nie powinna zakłócać normalnej pracy odbiornika, a odbiornik nie powinien wpływać na jakość napięcia zasilania.

Biorąc pod uwagę aspekty zgodności oraz wspólnej odpowiedzialności dostawców energii i odbiorców postawiono cel pracy, którym była analiza oddziaływań systemu elektroenergetycznego i odbiornika nieliniowego pod kątem monitorowania i pomiaru parametrów systemu zasilania oraz opracowania zasad zmniejszania interakcji systemu zasilania i obciążenia nieliniowego.

Aby zrealizować cel pracy opracowano model jednofazowego obwodu AC z prostownikiem mostkowym oraz przeanalizowano wybrane tryby pracy tego obwodu. Przyjęto, że w modelu matematycznym prostownika napięcie opisane jest funkcją signum. Równania modelu sformułowano w postaci bezwymiarowej, co pozwoliło uprościć prowadzone eksperymenty symulacyjne. Na podstawie opracowanego modelu wyznaczono charakterystyki rozważanego obwodu oraz przeprowadzono rozkład mocy czynnej i biernej w obwodzie dla harmonicznej podstawowej i dla sumy wyższych harmonicznych, uwzględniając przy tym kierunek przepływu tych mocy. Z przeprowadzonych badań wynika, że element nieliniowy (prostownik) pobiera moc bierną pierwszej harmonicznej, a w wyniku konwersji tej mocy generuje moc bierną wyższych harmonicznych, która jest propagowana w obwodzie AC i przekazywana do indukcyjności obwodu. Obserwowane zjawiska konwersji mocy odnoszą się do typowych urządzeń elektrycznych przyłączanych do systemu energetycznego, w których zastosowanie znajdują układy prostownikowe. Dla przyjętego modelu obwodu przeprowadzono analizę parametrów jakości energii elektrycznej odnoszących się do współczynnika zawartości harmonicznych THD, współczynnika mocy DPF oraz ilościowej oceny zawartości wyższych harmonicznych w przebiegach prądu i napięcia. Zastosowane podejście ilościowej oceny zawartości składowej podstawowej oraz sumy wyższych harmonicznych w przebiegach napięć i prądów jest zgodne ze standardem IEEE 1459. W celu weryfikacji otrzymanych wyników badań symulacyjnych przeprowadzono eksperymentalną analizę obwodu z obciążeniem nieliniowym.

W pracy przedstawiono, że zmniejszanie interakcji obciążenia nieliniowego i systemu zasilania można skutecznie zrealizować za pomocą szerokopasmowego filtra wyższych harmonicznych. Przeprowadzone badania symulacyjne oraz eksperymentalne wykazały, że proponowany szerokopasmowy filtr wyższych harmonicznych znacząco obniżył zniekształcenia harmoniczne prądów w obwodzie oraz poprawił współczynnik mocy. Filtr szerokopasmowy łączy funkcję kompensacji mocy biernej oraz zmniejszania oddziaływań odbiornika nieliniowego na system zasilania. Dlatego dla zapewnienia efektywności energetycznej i dobrej jakości energii powinien być stosowany przy odbiornikach energii.

Zaproponowano metodę identyfikacji parametrów zastępczych systemu zasilania, wraz z jej praktyczną weryfikacją. Metoda pozwala identyfikować wartość napięcia harmonicznej podstawowej źródła zasilania, indukcyjność oraz rezystancję systemu zasilania. Metoda wykorzystuje układ prostownika mostkowego obciążonego równolegle połączonymi rezystancją i pojemnością. Zaletą metody jest jej bezinwazyjna realizacja, ponieważ nie ma potrzeby dodatkowego przełączania obciążenia, jak w metodzie sztucznego zwarcia. Metodę można stosować także w urządzeniach elektrycznych, w których do zasilania układów DC stosuje się układy prostownikowe.

Przeprowadzone analizy i uzyskane wyniki w rozprawie mogą być użyteczne w projektowaniu filtrów wyższych harmonicznych oraz w analizie zjawisk konwersji mocy w obwodach systemu elektroenergetycznego z obciążeniami nieliniowymi. Właściwa interpretacja tych zjawisk jest ważna dla dostawców i odbiorców energii elektrycznej. Otrzymane rezultaty mogą być użyteczne w ograniczaniu strat energii przesyłanej do odbiorców energii elektrycznej.

Paweł Strzabala