

Streszczenie

Kompatybilność elektromagnetyczna została skonsolidowana jako niezbędny i nieodłączny proces projektowania urządzeń elektrycznych i elektronicznych, które dzięki inteligentnym miastom stają się częścią połączonej infrastruktury systemów. Mikrosieci prądu stałego, nanosieci prądu stałego, fotowoltaika i systemy energii cieplnej to przykłady infrastruktury sieciowej, która doprowadziła do znacznego wzrostu liczby przekształtników energoelektronicznych podłączonych do sieci elektroenergetycznej. Prowadzi to do wzrostu zakłóceń elektromagnetycznych w inteligentnych sieciach.

Co ciekawe, w ciągu ostatnich kilku dekad zakłócenia elektromagnetyczne w zakresie od 9 do 150 kHz były szczególnie uwydatnione, ponieważ częstotliwość przełączania przekształtników energoelektronicznych wciąż jest ograniczona do kilku kHz. Tym samym wywołując debatę na temat regulacji w tym zakresie. Z punktu widzenia kształtu szumu interferencyjnego elektromagnetycznego, dwa przypadki reprezentują skrajne możliwości wśród różnych możliwych algorytmów sterowania przekształtnikiem: modulacja deterministyczna i pseudolosowa. Przez ostatnie dziesięciolecia modulacja pseudolosowa była uważana za uzupełniającą metodologię osiągania kompatybilności elektromagnetycznej, łącznie z filtrami zakłóceń elektromagnetycznych i ulepszeniami układów płytek drukowanych.

Prowadzone i prezentowane w niniejszej pracy badania mają jednak na celu zrozumienie, czy możliwe jest opracowanie nowych, dedykowanych algorytmów sterowania przekształtnikami, pozwalających na kształtowanie spektrum zakłóceń w celu spełnienia wymagań normatywnych lub technicznych. Choć wydaje się to trywialne, poziom mierzonych zakłóceń elektromagnetycznych zależy od ustawienia systemu stanowiska testowego EMC, a wpływ pseudolosowej modulacji na mierzone zakłócenia elektromagnetyczne przewodzone jest nadal niejasny dla zakresu niskich częstotliwości.

Na przykład, ocena jakiegokolwiek podejścia do rozpraszania zakłóceń elektromagnetycznych nie jest oczywista, gdy zależy ona od kilku pseudolosowych parametrów modulacji, czasu przebywania i szerokości pasma rozdzielczości. Konwencjonalny odbiornik testowy EMI wykorzystujący superheterodynowe pasmo częstotliwości określa czas przebywania i rozdzielczość pasma. Z tego powodu, historycznie, użycie pseudolosowych modulacji były kwestionowane. Niemniej jednak w ciągu ostatnich dziesięcioleci przedstawiono badania mające na celu wsparcie podejścia do rozprzestrzeniania zakłóceń elektromagnetycznych w sytuacjach praktycznych, np. w systemach komunikacji z liniami energetycznymi.

Przeprowadzone i zaprezentowane w niniejszej pracy badania, dające innowacyjny wgląd w zachowanie prostokątnych ciągów impulsów oraz prowadzone standardy pomiarów zakłóceń elektromagnetycznych, pokazują, że możliwe jest opracowanie nowych, dedykowanych algorytmów sterowania przekształtnikami, które pozwalają na kształtowanie widma zakłóceń w celu spełnienia wymagań normalizacyjnych lub technicznych. Co więcej, po stwierdzeniu, że konwencjonalny test EMC oparty na skanowaniu częstotliwości może nie wystarczyć do właściwej oceny losowo modulowanej przetwornicy DC/DC, zaproponowano metodologię sterowania szybkością przełączania przekształtników DC/DC za pomocą modulacji pseudolosowej, która może zapewnić odpowiedni pomiar EMI, niezależnie od tego, czy brane są pod uwagę długie czasy przebywania.

Opracowane algorytmy modulacji wykorzystujące platformę National Instruments PXI jako platformę szybkiego prototypowania zdefiniowano jako technikę modulacji szerokości impulsu przyjazną dla EMC. Sterowanie schematem generowania modulacji szerokości impulsu kształtuje szum zakłóceń elektromagnetycznych z krytycznych obszarów uszkodzeń urządzeń technologii informacyjnej i komunikacyjnej. W ten sposób zwiększa się skuteczność już wdrożonego filtra zakłóceń

elektromagnetycznych, tym samym wzmacniając zgodność EMC dla systemów DC w inteligentnych sieciach.

Dlatego cele niniejszej pracy dotyczą identyfikacji i realizacji możliwości opracowania nowych, dedykowanych algorytmów sterowania przekształtnikami, pozwalających na kształtowanie spektrum zakłóceń w celu spełnienia wymagań normatywnych lub technicznych, w oparciu o:

- Wykorzystanie National Instruments PXI ze sprzętem sterującym opartym na Field-Programmable Gate Array z procesorem stałopunktowym jako cyberfizycznej platformy szybkiego prototypowania umożliwiającej badania kompatybilności elektromagnetycznej pseudolosowych przetworników modulowanych;
- Przyjazna EMC technika PWM: sterowanie schematem generowania modulacji szerokości impulsów, kształtowanie szumu zakłóceń elektromagnetycznych z krytycznych obszarów uszkodzeń urządzeń teleinformatycznych (zwiększenie skuteczności już zaimplementowanego filtra EMI);
- Opis koncepcji algorytmu sterowania przekształtnikami energoelektronicznymi, umożliwiającego kształtowanie zakłóceń elektromagnetycznych, zapewniające 30% redukcję Frame Error Rate w komunikacji Power Line;
- Studium przypadku pokazujące możliwość opracowania nowych, dedykowanych algorytmów sterowania przekształtnikami, pozwalających na kształtowanie widma zakłóceń w celu spełnienia wymagań normatywnych lub technicznych oraz prezentację systemu do elastycznej implementacji i walidacji opracowanych koncepcji.