

Szybka optymalizacja globalna układów wysokich częstotliwości przy użyciu modeli surogatowych

Jednym z istotnych czynników warunkujących niezawodność projektowania systemów inżynierskich jest dokładna ewaluacja urządzeń i komponentów wchodzących w ich skład. Elektronika wysokich częstotliwości, w szczególności inżynieria mikrofalowa, antenowa oraz fotoniczna, a także dziedziny takie jak kompatybilność elektromagnetyczna nie stanowią tutaj wyjątku. We wszystkich tych obszarach, uzyskanie wstępnej (i z konieczności zgrubnej) ewaluacji charakterystyk systemu może być zrealizowane za pomocą symulacji obwodowych, jednakże ekstrakcja wiarygodnych danych (np. właściwości elektrycznych i polowych systemów antenowych) wymaga pełnofalowej symulacji elektromagnetycznej (EM). Projektowanie z wykorzystaniem symulacji EM stało się powszechną praktyką, ponieważ pozwala na branie pod uwagę efektów, których nie można uwzględnić w inny sposób (np. metodami teorioobwodowymi). Reprezentatywne przykłady takich efektów to sprzężenia elektromagnetyczne w zminiaturyzowanych układach mikrofalowych, sprzężenia pomiędzy radiatorami w sztykach antenowych, lub przesłuchy w układach cyfrowych. Niestety, analiza pełnofalowa realistycznych układów wysokich częstotliwości jest kosztowna obliczeniowo. Dlatego też jej zastosowanie do celów projektowych wiąże się z istotnymi wyzwaniem. Jest to szczególnie widoczne w przypadku procedur wymagających dużej liczby symulacji, takich jak optymalizacja parametryczna, analiza statystyczna, czy też projektowanie z uwzględnieniem tolerancji i rozrzutów technologicznych. W wielu przypadkach konieczna jest optymalizacja globalna, ponieważ potrzeba jednoczesnego uwzględnienia kilku wymagań oraz ograniczeń projektowych, a także wysoki stopień skomplikowania nowoczesnych układów, pozostawiają niewiele miejsca na wykorzystanie wiedzy inżynierskiej do nawet zgrubnego określenia obiecujących obszarów przestrzeni parameterów. Z drugiej strony populacyjne algorytmy metaheurystyczne (algorytmy ewolucyjne, algorytmy roju, itd.), rutynowo wykorzystywane do celów optymalizacji globalnej, charakteryzują się wysokimi kosztami obliczeniowymi. Metody alternatywne, w dużym stopniu oparte na technikach modelowania surogatowego oraz uczenia maszynowego, pozwalają na częściowe rozwiązanie tych problemów, jakkolwiek ich koszt obliczeniowy jest również znaczący.

Podstawowym celem projektu jest rozwój technik do szybkiej optymalizacji globalnej układów wysokich częstotliwości, włączając w to układy mikrofalowe, anteny, oraz komponenty fotoniczne. Możliwości opracowanych metod będą znacznie wykraczać poza to, na co pozwalają obecnie dostępne techniki w kontekście efektywności oraz złożoności obliczeniowej. Najważniejsze zadania to opracowanie procedur do szybkiej eksploracji przestrzeni parametrów poprzez przeszukiwanie globalne odpowiednio zdefiniowanych podzbiorów o zredukowanej wymiarowości, wykorzystanie metody cech odpowiedzi w celu „spłaszczenia” funkcji kosztu, jak również niskokosztowa identyfikacja obszarów przestrzeni poszukiwań zawierających rozwiązania optymalne za pomocą, między innymi, wielopoziomowych modeli symulacyjnych. Inne zadania to opracowanie pakietów oprogramowania implementujących opracowane algorytmy optymalizacyjne, oraz wszechstronna weryfikacja i porównanie z istniejącymi metodami optymalizacyjnymi, zarówno lokalnymi jak i globalnymi.

Projekt zawiera szereg wysoce innowacyjnych elementów, między innymi:

- Opracowanie nowych paradygmatów do globalnej optymalizacji układów wysokich częstotliwości przy użyciu modeli pełnofalowych, opartych o techniki cech odpowiedzi, modelowania surogatowego, oraz wielopoziomowych modeli symulacyjnych;
- Opracowanie technik optymalizacji globalnej wykorzystujących wiedzę o problemie zawartą, m.in., w układach zoptymalizowanych dla różnych zestawów wymagań projektowych;
- Opracowanie nowych algorytmów optymalizacji globalnej charakteryzujących się złożonością obliczeniową typową dla metod lokalnych;
- Implementacja komputerowa opracowanych algorytmów zawierająca interfejsy do komercyjnych pakietów oprogramowania takich jak CST Microwave Studio oraz Ansys HFSS.

Głównym rezultatem projektu będą nowe, niezawodne, zautomatyzowane oraz efektywne obliczeniowo metodologie dla globalnej optymalizacji (dostrajania parametrów) struktur wysokich częstotliwości. Spodziewane wyniki będą wykraczać poza to, co jest możliwe przy użyciu istniejących technik, a w związku z tym, będą miały bezpośredni i znaczący wpływ na stan badań w zakresie projektowania układów wysokich częstotliwości. Będą one również stanowiły istotny wkład w rozwój technik projektowania wspomaganego komputerem w innych dziedzinach, w których wykorzystuje się kosztowne modele symulacyjne (inżynieria mechaniczna, lotnicza, itd.).

Ponadto, wyniki projektu będą upublicznione we wiodących periodykach naukowych w dziedzinach związanych z inżynierią mikrofalową oraz antenową, a także w materiałach konferencji międzynarodowych. Techniki te będą również zaprezentowane producentom oprogramowania (CST, Sonnet Software Ltd.) w celu stymulacji dalszej współpracy z tymi podmiotami.