

## **РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФЕРОРЕЗОНАНСНИХ РЕЖИМІВ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

Науковий керівник: д.т.н., професор Самотий В.В.

В роботі подана математична модель аналізу ферорезонансних режимів однофазного двообмоткового трансформатора з двома ємностями, розташованими у первинній і вторинній обмотках відповідно. Такі режими роботи можуть викликати небажані перенапруги в мережі, тому вміти їх обчислити і запобігти їх появі є питанням актуальним.

Ідея полягає в застосуванні методу прискореного пошуку усталених режимів роботи однофазного трансформатора з використанням моделі чутливостей до початкових умов. Для цього рівняння періодичності записується у вигляді певного нелінійного алгебричного рівняння і розв'язується методом Ньютона. Іншими словами, ми обчислюємо початкові умови змінних стану, що задовольняють рівняння періодичності. Головною проблемою даного методу є обчислення матриці монодромії, як складової матриці Якобі рівнянь періодичності. Ми запропонували обчислювати її у вигляді добутку двох інших матриць. Перша з них є матрицею коефіцієнтів рівнянь стану, а друга обчислюється інтегруванням додаткової системи диференціальних рівнянь першої варіації. Таким чином, задача аналізу усталених режимів (а отже і ферорезонансних) зводиться до задачі Коші, тобто до чисельного інтегрування рівнянь стану і додаткової системи диференціальних рівнянь першої варіації при початкових умовах які визначаємо методом Ньютона.

Розроблена математична модель виведена при певних допущеннях: не враховуються втрати в сталі, витіснення магнетних потоків на поверхню магнетопровідників, витіснення струмів обмоток на поверхню електричних провідників, явище гістерезисну характеристик намагнення. Нелінійність характеристики осердя трансформатора врахована за основною кривою намагнення.

Наведено аналітичні вирази для визначення граничних значень ємностей конденсаторів при яких може виникнути ферорезонанс. Підібравши згідно цих залежностей ємності конденсаторів та застосувавши модель чутливостей до початкових умов можна виконати розрахунок ферорезонансних режимів.

Для побудови ферорезонансної характеристики трансформатора спочатку задаємо достатньо малу амплітуду напруги живлення і обчислюємо усталений режим. Цей процес повторюємо, дискретно нарощуючи амплітуду напруги. Причому, початкові наближення змінних стану для наступного режиму завжди беремо останні значення змінних стану з попереднього режиму. Таким чином будується ділянка ферорезонансної характеристики трансформатора, що відповідає ненасиченим стійким режимам.

Найскладніше побудувати ділянку ферорезонансної характеристики з нестійкими режимами. Для її побудови необхідно підібрати початкові умови, які б дали можливість отримати хоча б одну точку нестійкої характеристики, а далі застосувати вище наведений алгоритм змінюючи амплітуду напруги живлення.

В роботі наведено розрахунки ферорезонансних режимів трансформатора при різних значеннях ємностей. На основі проведених розрахунків побудовані ферорезонансні характеристики однофазного трансформатора.