

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АНОРМАЛЬНИХ ПЕРЕНАПРУГ

В.Г. Кузнецов¹, чл.-кор. НАН України, **В.В. Кучанський²**, асп., **Ю.І. Тугай³**, канд. техн. наук
1-3 – Ін-т електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Розглянуто аномальні перенапруги, що виникають внаслідок підключення автотрансформатора до електричної мережі. Наявність значної кількості нечітко заданих чинників, які впливають на точність визначення характеристик даних перенапруг, зумовила необхідність використання штучної нейронної мережі. Виявлено фактори, які найбільше впливають на характеристики аномальних перенапруг. Наведено результати визначення характеристик перенапруг такого класу за допомогою штучної нейронної мережі та програмних комплексів. Бібл. 6, рис. 6, табл. 2.

Ключові слова: аномальні перенапруги, парні гармоніки, штучна нейронна мережа.

Аномальні перенапруги в електричних мережах надвисокої напруги (НВН) спостерігаються при відхиленнях значень параметрів електромагнітних процесів від характерних для нормального усталеного режиму. Цей вид перенапруг відрізняється від тих, що супроводжують нормальні операції під час експлуатації мережі і які безпосередньо враховуються при проектуванні електропередачі. Зокрема, у цій роботі виконано аналіз перенапруг, що виникають при резонансному режимі в лінійному колі при наявності джерела спотворень параметрів у вигляді гармонічних складових струму намагнічування автотрансформатора (АТ). Такий вид резонансних перенапруг можна вважати аномальними перенапругами, оскільки вони спричинені спотвореннями нормального режиму.

Для дослідження можливості виникнення аномальних перенапруг може бути використано математичне моделювання [4, 5]. Відомі також роботи з визначення характеристик перенапруг методами розрахунку електричних кіл [2–4]. Але дослідження, виконані за допомогою згаданого інструментарію, не враховують кореляцію між факторами, що впливають на характеристики перенапруг. Крім того, використання цифрового моделювання не дає можливості повною мірою відтворити ймовірнісну природу перенапруг через відсутність відповідних процедур у стандартних математичних пакетах. Для розв'язання вказаних проблем з метою дослідження аномальних перенапруг запропоновано використовувати штучну нейронну мережу (ШНМ) і програмні комплекси (ПК), необхідні для підготовки функціонування ШНМ. Саме таке поєднання сучасних засобів аналізу дало можливість забезпечити отримання результатів досліджень з необхідною на практиці точністю для електричних мереж НВН сучасного рівня складності.

У цій роботі головним чином розглядаються аномальні перенапруги на парних гармоніках (перш за все другій) в електричних мережах НВН. Слід зазначити, хоча випадки виникнення такого типу перенапруг зафіксовані досить давно, але досі процес їх виникнення та розвитку досліджено недостатньо. Залишається неясною навіть причина їх виникнення. Якщо одні автори вважали, що джерелом спотворень є постійна складова поточкозчеплення трансформатора [2–4], то інші – зміна параметрів шунта намагнічування [5]. Також було незрозуміло, яка подія ініціює появу перенапруг: чи це перехідний процес при комутації [2, 4], чи зміна параметрів кола [3, 5].

Для моделювання за допомогою ШНМ було прийнято певну гіпотезу про розвиток подій, яка потім знайшла підтвердження при порівнянні результатів досліджень з експериментальними даними. Процес виникнення аномальних перенапруг на другій гармонічній складовій у разі підключення АТ розвивається таким чином. Необхідною умовою є резонансне налаштування ЛЕП НВН згідно з [2–4]. При підключенні малонавантаженого АТ вини-

кають повільно затухаючі кидки струмів намагнічування з істотним вмістом вищих гармонік, у тому числі й другої, спричинені насиченням магнітопроводу. Таким чином, джерело струму (а не напруги, як помилково стверджується в роботах [2, 3]) вищих гармонік виявляється приєднаним до ЛЕП. Тому саме гармонічні складові струму включення АТ розглядаємо як джерело перенапруги на другій гармонічній складовій. У свою чергу, вищі гармонічні струму АТ, що генеруються, спотворюють форму графіка напруги. І якщо з'єднання еквівалентного опору системи та ЛЕП носить ємнісний характер щодо точки підключення магнітного шунта АТ, то в лінійній частині ЛЕП посилюється друга гармоніка. Це збільшує насичення осердя, що в свою чергу призводить до збільшення вищих гармонічних складових. Таким чином, перенапруги на другій гармоніці через пускові струми намагнічування АТ зростають лавиноподібно.

На рис. 1 представлено результати моделювання процесів на лінії ХАЕС-Жешув, які відбуваються при включенні малонавантаженого АТ. Форма кривих напруги може бути спотворена впродовж декількох секунд (рис. 1). Отже, аномальні перенапруги на другій гармоніці досягають великих величин і можуть бути тривалими (порядку декількох секунд), що призведе до пошкодження ізоляції устаткування. Саме тому всебічне дослідження і вивчення перенапруг на другій гармоніці є важливим науково-технічним завданням. З рис. 1 видно, що кратність перенапруг може перевищувати 1,5 з тривалістю дії 0,5...0,6 с.

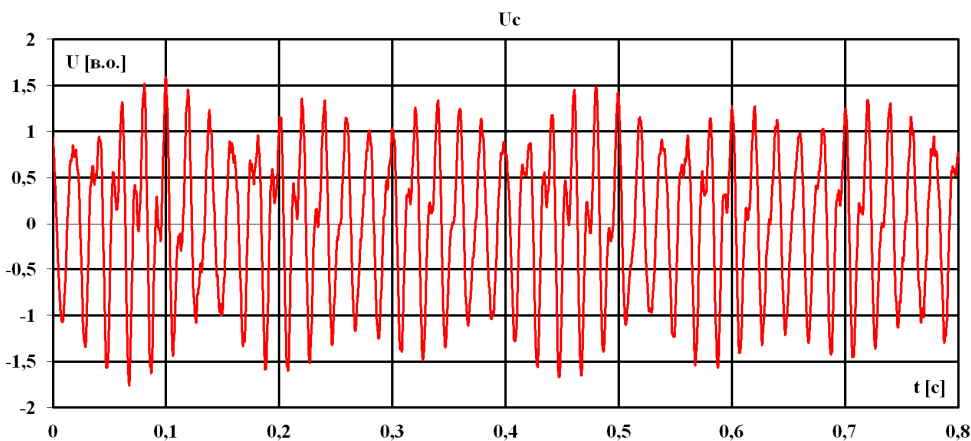


Рис. 1

Взагалі не-синусоїдність форми графіка (рис. 1) ускладнює визначення тривалості дії резонансних перенапруг: величина напруги впродовж одного півперіоду може значно перевищувати допустимі значення, а впродовж наступного півперіоду взагалі

не досягати максимальної робочої фазної напруги. Тому авторами розроблено спеціальний алгоритм процедури визначення тривалості дії перенапруги для ПК, що відповідає за визначення характеристик перенапруг. У цьому алгоритмі реалізовано відому методику визначення тривалості дії перенапруги за ГОСТом 13109-97, але враховується тривалість перевищення напруги лише тоді, коли вона створює реальну загрозу для устаткування (наприклад, при встановленні значення напруги, яке дійсно становить загрозу для ізоляції обладнання, ПК буде визначати тривалість дії цього перевищеного значення напруги протягом моделювання аномального режиму).

У діючих електричних мережах найбільш важливими чинниками, що впливають на резонансні перенапруги другої гармоніки, є напруга джерела живлення ($U_{дж}$), кут відключення полюсів вимикача (δ), ємність ЛЕП НВН (C_ϕ), характер кривої намагнічування АТ (L_{sat}) і залишковий магнітний потік (Φ_0). Як зазначалося раніше, при моделюванні перенапруг на другій гармоніці кожен окремо взятий чинник не може розглядатися незалежно. Зміна одного параметра може призвести до зміни іншого, інакше кажучи, у цьому випадку існує кореляція як між параметрами режиму конкретної мережі, так і параметрами її устаткування. Наявність цієї взаємозалежності не дає змоги отримати чіткі аналітичні вирази, які могли б бути використані для аналізу перенапруг на другій гармоніці у магістральній електричній мережі. У цьому випадку, як показує досвід наукових досліджень [6], ефективним засобом для моделювання таких невизначених систем є ШНМ.

Серед шести перерахованих чинників, що впливають на характеристики перенапруг, слід окремо виділити довжину лінії, від якої залежить її еквівалентна ємність. Досвід показує, що саме довжина лінії є визначальним чинником виникнення резонансних перенапруг на другій гармоніці. Похибка визначення необхідних параметрів багато в чому залежить від адекватності вибраних моделей елементів мережі. Як зазначалося, ці моделі повинні враховувати велику кількість різних взаємозалежних чинників, що визначають вхідні та вихідні сигнали ШНМ. При реалізації для основних елементів ЛЕП використано моделі, наведені у роботі [5], а моделі нелінійної індуктивності та силового вимикача були розроблені саме для вирішення поставленої задачі.

Крива намагнічування АТ задається кусково-лінійною характеристикою до значення 1,3 від номінальної напруги. При цьому використовуються дані від виробника. Коли магнітопровід АТ знаходиться у стані насичення, то параметром, який описує нахил кривої насичення, є індуктивність магнітного осердя L_{sat} [5]. Впродовж перших періодів відразу ж після замикання полюсів вимикача пускові струми намагнічування визначаються кривою намагнічування АТ, зокрема, кутом нахилу ділянки насичення L_{sat} , яка вимірюється у відносних одиницях:

$$L_{sat} = L_{sat}(H) \cdot \frac{S_n \cdot \omega}{U_n^2} \text{ [в.о.] ,}$$

де $L_{sat}(H)$ – індуктивність магнітного осердя (Гн); S_n – номінальна потужність АТ (МВА); U_n – номінальна напруга АТ (кВ); ω – кутова швидкість (рад/с).

Початкові умови при моделюванні перенапруг визначаються у момент замикання полюсів вимикачів, які розглядаються окремо для кожної з фаз, і кожен полюс уявляємо ідеальним вимикачем. Це дає можливість ймовірнісним чином змінювати моменти замикання будь-якого з полюсів під час процесу моделювання. Момент замикання полюса фази А відбувається згідно зі значенням відповідної вибірки синусоїди напруги. Полюси фаз В і С вимикача замикаються за нормальним законом розподілу, центром якого є момент замикання полюса фази А. Як відомо, дисперсія нормального розподілу для елегазового вимикача складає приблизно 10 мкс.

Важливу роль при моделюванні процесів з використанням ШНМ відіграє попередня підготовка моделі, яка полягає у використанні програмного інструментарію для вибору, навчання, тестування і використання ШНМ [1]. Зокрема, для вирішення поставленої у роботі задачі вхідними даними є: значення напруги джерела живлення $U_{дж}$, час замикання полюсів вимикача δ , ємність фази ЛЕП НВН C_ϕ , нахил кривої намагнічення трансформатора L_{sat} і залишковий магнітний потік Φ_0 :

$$Inp = (\Phi_0, L_{sat}, C_\phi, \delta, U_{дж}). \quad (1)$$

На рис. 2 наведено функціональну структурну схему підготовки вибірок даних з метою навчання ШНМ. Для формування даних спеціально розроблено ПК «НейроГен», який випадковим чином генерує значення вибірки вхідних параметрів, що впливають на характеристики для моделювання режиму включення ненавантаженого АТ.

У блоці 1 вибірка формується таким чином, що величини кута включення вимикача, потрапляють в області, які відповідають максимальним значенням струму 70...110° і 250...290°. Як показує аналіз результатів, отриманих при моделюванні та експлуатації, саме за цих значень спостерігаються максимальні значення перенапруг. Далі програмно організовується циклічне введення вибірки (1) Inp за блоком 2. На третьому блоці у схему комплексу вводяться ці ж самі п'ять параметрів у модель довгої лінії (МДЛ), що відтворює режим включення АТ. У четвертому блоці за результатами моделювання визначається масив кривої напруги:

$$Curve^{A,B,C} = (Curve^A, Curve^B, Curve^C), \quad (2)$$

де $Curve^A, Curve^B, Curve^C$ – масив значень напруги фаз А,В, та С відповідно.

Далі масив (2) $Curve^{A,B,C}$ потрапляє в ще один розроблений ПК «НейроХар», який відповідає блоку 5 та визначає характеристики перенапруг: тривалість дії ($Dur^{A,B,C}$) і максимальні значення напруги ($U^{A,B,C}$), які й потрапляють до масиву вихідних значень. Розробка ПК «НейроХар» зумовлена великим обсягом масивів, що ускладнює неавтоматизовану обробку, а також складністю визначення $Dur^{A,B,C}$. Завдяки ПК «НейроХар» буде сформовано масив вихідних бажаних значень ШНМ $U^{A,B,C}$ та $Dur^{A,B,C}$:

$$Tar = (U_A^{МДЛ}, U_B^{МДЛ}, U_C^{МДЛ}, Dur_A^{МДЛ}, Dur_B^{МДЛ}, Dur_C^{МДЛ}), \quad (3)$$

де $U_A^{МДЛ}, U_B^{МДЛ}, U_C^{МДЛ}$ – максимальні значення напруги та $Dur_A^{МДЛ}, Dur_B^{МДЛ}, Dur_C^{МДЛ}$ – тривалість дії напруги на ізоляцію устаткування.

Отримані в результаті роботи ПК «НейроХар» бажані вихідні сигнали (3) та вхідні сигнали (1, 2), що згенеровані за допомогою ПК «НейроГен», записуються в базу даних (БД) блока 7.

Така функціональна схема спроможна визначати характеристики перенапруг на другій гармоніці. Загалом вона відрізняється від вже розроблених [6] тим, що може бути використана і як окремий засіб визначення характеристик перенапруг на другій гармоніці за допомогою МДЛ і «НейроХар», з подальшим експортом даних у БД, і як комплекс підготовки вибірок для навчання ШНМ.

Для дослідження перенапруг запропоновано використовувати ШНМ з архітектурою багат шарового перцептрона (БШП). Як показує досвід, саме цей тип ШНМ дає змогу успішно вирішувати завдання апроксимації, до яких належить й поставлена задача. Для навчання БШП використовується метод зворотного поширення помилки (ЗПП). На рис. 3 зображено використаний у роботі алгоритм навчання за цим методом. Відповідно до теорії нейронних мереж метод ЗПП полягає у поширенні сигналів помилки від виходів ШНМ до її входів, у напрямі, протилежному прямому поширенню сигналів у звичайному режимі роботи ШНМ. Ця похибка використовується для налаштування вагових коефіцієнтів з'єднання.

Вибірка даних (1) Inp і (3) Tar ділиться на навчальну і тестову. Як критерій навчання прийнято середньоквадратичну похибку (СКП) навчання, що розраховується:

$$E_{Сум} = \frac{1}{2} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{i=1}^J (t_i^k - y_i^k)^2 [\%], \quad (4)$$

де t^k – бажане значення $Dur^{A,B,C}$ та $U^{A,B,C}$; y^k – реальне значення виходу БШП $Dur^{A,B,C}$ та $U^{A,B,C}$; N – кількість поданих вибірок навчання; J – кількість вихідних шарів БШП.

З рис. 3 видно, що в блоці 1 спочатку встановлюються початкові параметри БШП та здійснюється введення вибірок (1, 2) з БД. У блоці 2 ШНМ видає вихідні значення характеристик (3), розраховується

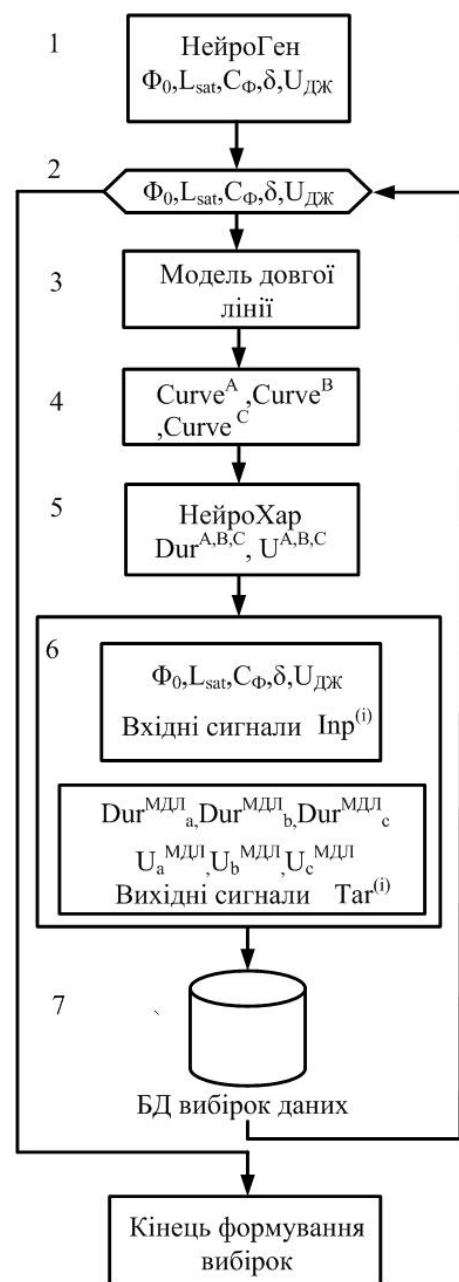


Рис. 2

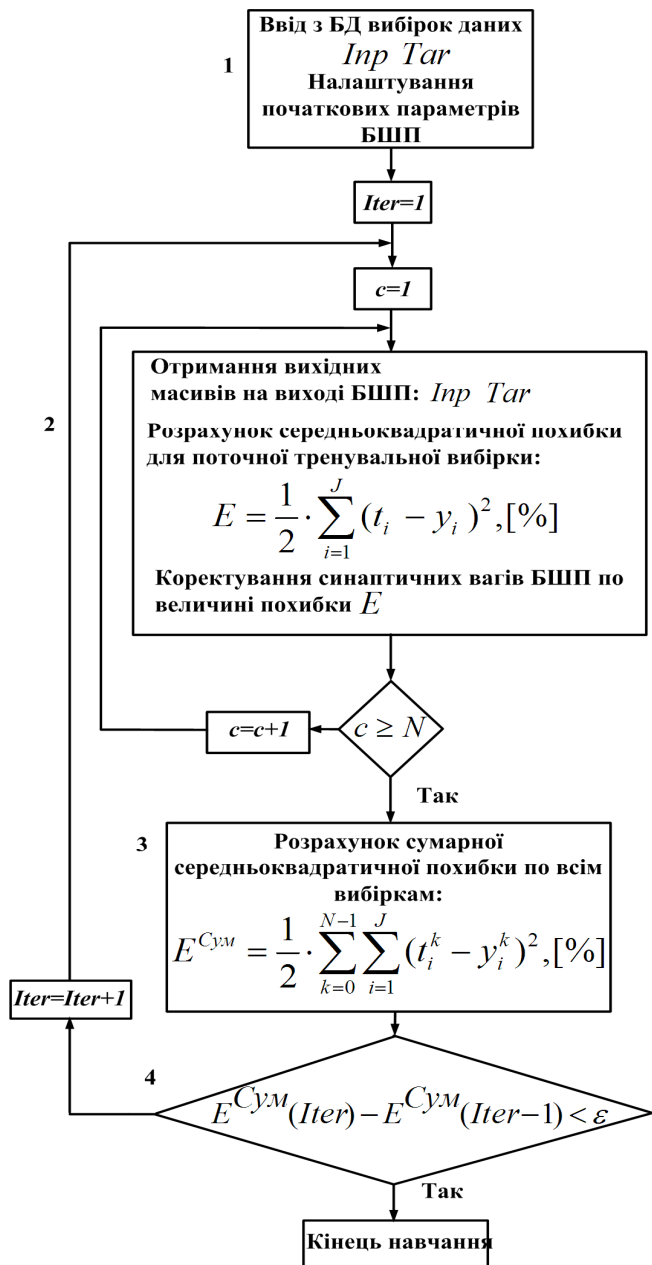


Рис. 3

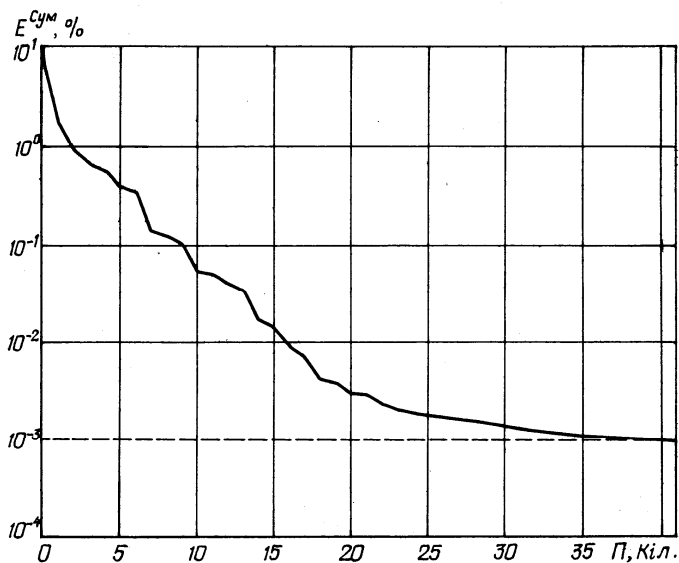


Рис. 4

СКП для поточної вибірки. Далі за формулою (4) у блоці 3 розраховується СКП по всіх вибірках, які застосовуються в навчанні. У блоці 4 перевіряється умова закінчення навчання. Якщо умова виконується, то процес навчання за алгоритмом ЗПП закінчується, а якщо ні – процес навчання повторюється.

У цій роботі алгоритм ЗПП ґрунтується на методі Левенберга-Марквардта, який є найбільш поширеним для такого алгоритму. Використання цього методу дає змогу істотно скоротити час навчання і зменшити похибку навчання мережі. Необхідна $E^{Сум}$ навчання БШП складає 10^{-3} [%]. Така величина похибки є достатньою для вирішення поставленої задачі.

На рис. 4 наведено навчання БШП алгоритмом ЗПП. Як видно з рис. 4, $E^{Сум}$ зменшується при збільшенні кількості періодів навчання. Необхідне значення $E^{Сум}$ досягається на 41-му періоді навчання. Істотні зміни параметрів ЛЕП потребують формування нової навчальної вибірки і нового навчання БШП.

Працездатність ШНМ перевіряється на тестовій вибірці, яка складається зі значень, що не брали участі у навчанні ШНМ. Якщо ШНМ визначає тривалість і значення максимальних перенапруг з тестової вибірки, то підготовку ШНМ завершено, якщо ні – то проводиться повторна підготовка ШНМ.

Модель запропонованого БШП представлена на рис. 5, з якого видно, що нейрони БШП організовані у пошарову структуру з прямою передачею сигналу. Зовнішні вхідні сигнали надходять на нейрони вхідного шару, при цьому виходи вхідного шару, по суті, є входами для прихованого шару і мережі у цілому. Вхідний шар не виконує розрахунків, а лише допоміжні функції сприйняття і розподілу вхідних сигналів. Кожен нейрон мережі продукує зважену суму своїх входів, яка надходить у активаційну функцію нейрона. Вихід такої функції і є виходом нейрона. В якості функції активації прийнято використовувати сиг-

моїдальні функції. Нейрони вхідного шару БП мають лінійну функцію активації, яка підсумовує вхідні величини і ділить результат на деяку константу. БШП з двома прихованими шарами і десятьма нейронами у кожному шарі забезпечують необхідну точність і узагальнення для запропонованої схеми. Така кількість прихованих шарів і нейронів є достатньою для вирішення більшості практичних завдань [6].

Велику кількість навчальних і тестових вибірок було використано для перевірки за-

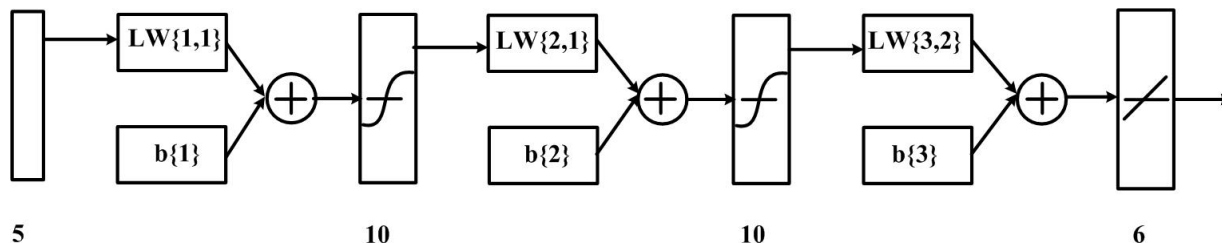


Рис. 5

пропонованого методу моделювання при різноманітних змінах п'яти параметрів. Відносна похибка роботи ШНМ розраховувалась таким чином:

$$E_U = \frac{|U_{\text{ШНМ}} - U_{\text{МДЛ}}|}{U_{\text{МДЛ}}} \cdot 100 [\%]; \quad E_{Dur} = \frac{|Dur_{\text{ШНМ}} - Dur_{\text{МДЛ}}|}{Dur_{\text{МДЛ}}} \cdot 100 [\%],$$

де $U_{\text{ШНМ}}$, $Dur_{\text{ШНМ}}$ – значення, отримане за допомогою ШНМ; $U_{\text{МДЛ}}$, $Dur_{\text{МДЛ}}$ – значення, отримане за допомогою цифрової МДЛ.

Результати для десяти наборів вхідних даних з навчальної вибірки наведені в табл. 1 і 2, а на рис. 6 показані результати роботи МДЛ і ШНМ. Дані в колонці $U_{\text{МДЛ}}$ є величинами перенапруг, отриманими на МДЛ, а дані $U_{\text{ШНМ}}$ – величинами, отриманими на ШНМ. Аналогічно величини $Dur_{\text{МДЛ}}$ у колонці є величинами, що отримані на МДЛ, а величини $Dur_{\text{ШНМ}}$ отриманими на ШНМ. Величини перенапруг вказані у відносних одиницях. За базову величину прийнята амплітуда найбільшої робочої фазної напруги мережі 750 кВ, яка дорівнює 643 кВ.

Таблиця 1

№ з/п	$U_{\text{ДЖ}}$, в.о.	C_{Φ} , 10^{-8} , Ф	δ , град	L_{sat} , в.о.	Φ_0 , в.о.	$U_{\text{МДЛ}}$, в.о.	$U_{\text{ШНМ}}$, в.о.	E_U , %	$Dur_{\text{МДЛ}}$, с	$Dur_{\text{ШНМ}}$, с	E_{Dur} , %
1	0,97	1,245	279	0,26	0,4	1,083	1,043	3,954	0,232	0,215	2,97
2	1,02	1,284	105	0,38	0,5	1,406	1,374	2,290	0,167	0,170	1,85
3	0,97	1,271	77	0,3	0,3	1,404	1,386	0,510	0,391	0,394	0,84
4	1	1,235	108	0,34	0,7	1,417	1,411	0,397	0,351	0,347	1,25
5	1,07	1,266	74	0,4	0,6	1,129	1,108	1,859	0,402	0,388	3,48
6	1,1	1,247	81	0,32	0,5	1,506	1,485	1,387	0,102	0,103	1,27
7	0,95	1,242	282	0,36	0,8	1,642	1,628	0,897	0,158	0,159	0,69
8	1,05	1,267	118	0,32	0,6	1,515	1,476	2,676	0,176	0,166	5,89
9	1,02	1,271	303	0,36	0,3	1,452	1,509	3,816	0,197	0,189	3,91
10	0,97	1,261	68	0,34	0,4	1,181	1,157	2,092	0,226	0,216	4,42

Таблиця 2

№ з/п	$U_{ДЖ}$, в.о.	$C_{\phi} \cdot 10^{-8}$, Ф	δ , град	L_{sat} , в.о.	Φ_0 , в.о.	$U_{МДЛ}$, в.о.	$U_{ШНМ}$, в.о.	E_U , %	$Dur_{МДЛ}$, с	$Dur_{ШНМ}$, с	E_{Dur} , %
1	0,95	1,249	264	0,24	0,3	1,108	1,135	2,380	0,371	0,366	1,34
2	1	1,28	98	0,32	0,7	1,314	1,347	2,457	0,544	0,536	1,47
3	0,95	1,265	82	0,4	0,5	1,598	1,562	2,344	0,232	0,221	4,73
4	1,05	1,255	78	0,3	0,4	1,119	1,090	2,643	0,224	0,218	2,68
5	1,07	1,24	88	0,38	0,8	1,155	1,156	0,087	0,311	0,310	0,29
6	1,05	1,252	272	0,28	0,5	1,528	1,579	3,280	0,201	0,196	2,48
7	0,97	1,275	80	0,32	0,7	1,023	1,011	1,187	0,217	0,222	2,63
8	1	1,259	100	0,36	0,4	1,216	1,238	1,761	0,262	0,258	1,33
9	1,07	1,254	98	0,3	0,6	1,572	1,582	0,664	0,187	0,178	4,65
10	0,95	1,282	76	0,38	0,5	1,523	1,524	0,013	0,189	0,190	0,21

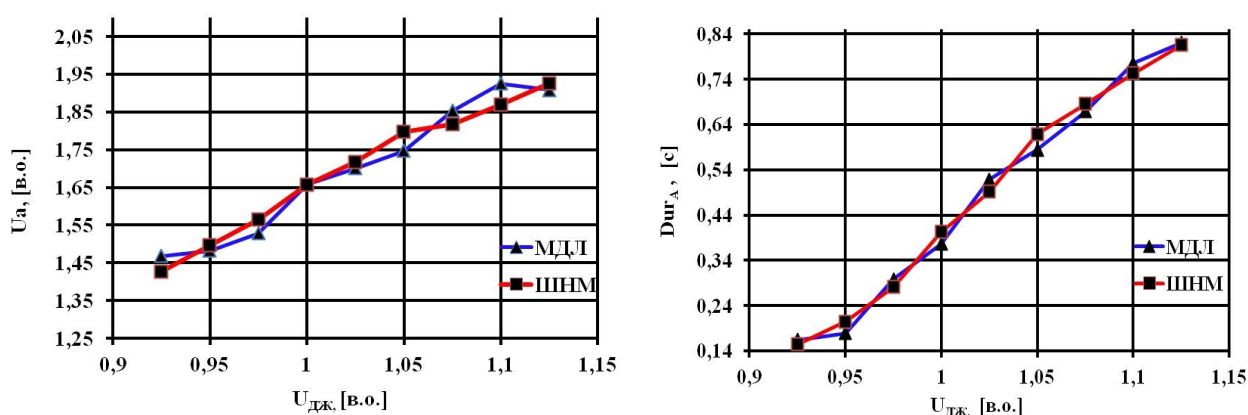


Рис. 6

Висновки. Анормальні перенапруги в електричних мережах НВН можуть стати причиною розвитку важких аварій, тому що навіть при незначних амплітудних значеннях мають порівняно велику тривалість та викликають відмову релейного захисту від підвищення напруги. Задача дослідження перенапруг парної кратності ускладнюється через врахування кореляції, яка існує між багатьма нечітко заданими параметрами. Використання у комплексі ШНМ архітектури БШП, допоміжних програмних комплексів та цифрової МДЛ дало змогу вирішити цю проблему.

Виконаний аналіз показав, що характеристики перенапруг на другій гармоніці більш за все залежать від кута вмикання вимикача. Тому в подальшому необхідно розробити метод для визначення оптимального кута комутації з метою забезпечення безпечних для ізоляції обладнання кратностей перенапруг і подальшою реалізацією керованого вмикання вимикача за цим кутом з мінімальним розкидом полюсів.

1. *Блинов И.В.* Определение вида короткого замыкания на ЛЭП на основе искусственных нейронных сетей // Техн. электродинамика. Темат. вып.: «Силовая электроника та енергоефективність». – 2007. – Ч. 5. – С. 49–52.
2. *Дмоховская Л.Ф.* Инженерные расчеты внутренних перенапряжений в электропередачах. – М.: Энергия, 1972. – 288 с.
3. *Кадомская К.П., Костенко М.В., Левинштейн М.Л., Ефремов И.А.* Перенапряжения и защита от них в воздушных и кабельных электропередачах высокого напряжения. – Л.: Наука, 1988. – 400 с.
4. *Кузнецов В.Г., Шполянский О.Г.* Исследование возможности возникновения перенапряжений в ЛЭП 750 кВ на 2-й гармонике // VI Międzynarodowe Seminarium Polsko-Ukraińskie «Problemy Elektroenergetyki», Лодзь, 16-17 сентября, 2010. – Р. 51–58.
5. *Cheng G.H., Xu Z.* Analysis and Control of Harmonic Overvoltages during Power System Restoration // Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, 2005 IEEE/PES. – Р. 1011–1018.

6. *Sadeghkhani I., Ketabi A., Feuillet R. Estimation of Temporary Overvoltages during Power System Restoration using Artificial Neural Network // IEEE Trans. Power Delivery. – Vol. 17, Oct. 2002. – P. 1121–1127.*

УДК 621.311.1

В.Г. Кузнецов¹, чл.-корр. НАН Украины, **В.В. Кучанский**², асп., **Ю.И. Тугай**³, канд. техн. наук

1–3 – Ин-т электродинамики НАН Украины,

пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Использование искусственной нейронной сети для определения характеристик аномальных перенапряжений на второй гармонике

Рассмотрены аномальные перенапряжения, которые возникают в результате подключения автотрансформатора к электрической сети. Наличие значительного количества нечетко заданных факторов, влияющих на точность определения характеристик данных перенапряжений, обусловило необходимость использования искусственной нейронной сети. Обнаружены факторы, наиболее влияющие на характеристики аномальных перенапряжений. Приведены результаты определения характеристик перенапряжений данного класса с помощью искусственной нейронной сети и программных комплексов. Библ. 6, рис. 6, табл. 2.

Ключевые слова: аномальные перенапряжения, четные гармоники, искусственная нейронная сеть.

V.G. Kuznetsov¹, **V.V. Kuchanskyi**², **Yu.I. Tugai**³

1–3 – Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,

Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Application of artificial neuron network for determination of abnormal overvoltages characteristics on the second order

Abnormal overvoltages which arise up as a result of autotransformer switching to the electric network are considered. The presence of substantial number of the unexpressly set factors which influence on determination exactness of these overvoltages characteristics stipulated the necessity of artificial neuron network application. Found out factors which most influence on descriptions of abnormal overvoltages. The results of overvoltages characteristics determination of this class by means of artificial neuron network and software packages are presented. References 6, figures 6, tables 2.

Key words: abnormal overvoltages, even harmonics, artificial neuron network.

Надійшла 13.02.2012

Received 13.02.2012