

УДК 681.51: 537.52

Л. З. БОГУСЛАВСЬКИЙ<sup>1</sup> (канд.техн.наук), Л. М. МИРОШНИЧЕНКО<sup>1</sup> (канд.техн.наук),  
С. С. КОЗИРЄВ<sup>2</sup> (канд.техн.наук)

<sup>1</sup> Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України

<sup>2</sup> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
lhm286@gmail.com, skozyrev@gmail.com

## СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ НА БАЗІ ТЕСЛІВСЬКИХ КІЛ

*Проведено аналіз факторів, що впливають на стан електричної ізоляції електротехнічних об'єктів. Визначено ефективні інформаційні координати контролю діелектричних властивостей ізоляції. Розроблено систему діагностики та моніторингу якості й залишкового ресурсу електричної ізоляції на базі теслівських кіл з метою підтримки безпечної експлуатації та подовження терміну використання електротехнічних об'єктів.*

*Електрична ізоляція, діелектричні властивості, система діагностики та моніторингу, залишковий ресурс, теслівські кола.*

**Вступ.** Актуальність створення систем неруйнівного контролю, діагностики та моніторингу електротехнічних об'єктів обумовлена загальним станом електрообладнання та електромереж в Україні. За оцінками експертів зношеність електрообладнання по країні становить 45%. Такий стан електрообладнання та інженерних мереж, що складають 60% основних фондів України, дозволяє класифікувати рівень безпеки більшості електротехнічних об'єктів як низький. Значна частина електрообладнання, що експлуатується в базових галузях, вичерпала свій ресурс. Найчастіше в електротехнічних об'єктах руйнуванню піддаються ізоляційні конструкції, тому попередження аварійних ситуацій вимагає проведення досліджень по створенню і впровадженню неруйнівних методів та засобів моніторингу якості й залишкового експлуатаційного ресурсу електричної ізоляції електротехнічних об'єктів.

**Метою роботи** є створення системи неруйнівного контролю та діагностики поточного стану електротехнічних об'єктів за допомогою використання теслівських кіл для безконтактного методу визначення відхилень діелектричних характеристик ізоляційних середовищ від нормативних. Використання такої системи моніторингу дасть змогу попереджати аварійні ситуації та подовжити термін використання електротехнічних об'єктів.

Раніше запропоновані методи ультразвукового, теплового, магнітного, вихреструмового контролю та виявлення погіршення ізоляції не дозволяють діагностувати стан ізоляції об'єктів складної та невизначеної конфігурації й структури, значних об'ємів та неоднорідного складу [1]. Застосування теслівських кіл для діагностики та контролю діелектричного стану об'єктів базується на ґрунтовних дослідженнях у провідних інститутах НАН України: Інституті електродинаміки, Інституті електрозварювання ім. Є.О.Патона [2, 3]. Передумовою виникнення небезпечних ситуацій в багатьох електротехнічних об'єктах є зміна діелектричного стану ізоляційного середовища. Це може бути використано в якості інформаційної координати при створенні систем діагностики електротехнічних об'єктів. Відмінністю запропонованого методу контролю на базі теслівських кіл є використання в системі діагностики параметрів середовища як елемента електричного кола, що є складовою частиною високовольтного височастотного вимірювального комплексу. Інститут імпульсних процесів і технологій (ІПТ) НАН України має досвід створення високовольтного височастотного потужного обладнання для реалізації теслівських процесів [4], що дозволяє на практиці реалізувати теслівські кола для діагностики стану різномірних діелектричних середовищ.

Для створення теслівських кіл необхідне високовольтне височастотне обладнання, що працює в резонансному режимі [2]. Саме це є невід'ємною умовою існування теслівських процесів, які можна використовувати для діагностики стану ізоляції, так як передача енергії по однопровідній лінії обов'язково враховує стан діелектричних компонентів середовища. Тому, контролюючи зміни у процесах, що залежать від стану діелектричних характеристик ізоляції об'єктів, система діагностики може визначати і попереджати про аварійно небезпечні зміни у стані контрольованого об'єкта. Як показали попередні теоретичні дослідження резонансних властивостей перетворювачів [5], процеси зарядки ємнісного накопичувача, що є вихідним контуром системи контролю, залежать від багатьох факторів. Насамперед це добротність резонансних контурів, що змінюється при підвищенні частоти перетворення, напруги та потужності системи. Ще одним суттєвим фактором є відхилення від резонансної частоти, що різним чином позначається на зарядному процесі залежно від добротності, співвідношення реактивних елементів та активних компонентів системи. Всі відзначені фактори є впливовими і дозволяють системі діагностики та контролю реагувати належним чином при змінах в діелектричному середовищі. Система моніторингу відстежуватиме дозволений діапазон змін параметрів середовища і при відхиленні буде сигналізувати про аварійний стан та передавати інформацію в базу даних. Фактори впливу визначаються умовами існування середовища і мають бути уточнені відповідно до технічного завдання на розробку системи діагностики.

На основі системного аналізу процесів в об'єкті контролю, в якості якого розглядається електрична ізоляція електротехнічних об'єктів, та в результаті дослідження поведінки системи при зміні діелектричних властивостей досліджуваного середовища встановлено:

- об'єкт контролю необхідно розглядати як складову частину вимірювального діагностичного комплексу;
- визначено електричні характеристики процесу вимірювання, які дозволять контролювати зміну діелектричних властивостей об'єкта, а їх функціонали можуть використовуватись як інформаційні координати стану об'єкта в системі діагностики залишкового ресурсу і якості електричної ізоляції промислових електротехнічних об'єктів;
- визначено діапазони змін електричних характеристик, які прийнято як інформаційні координати, що зумовлені зміною діелектричних властивостей об'єкта діагностики.

При дослідженні об'єкта методами математичного моделювання діелектричні властивості об'єкта моделювались за допомогою ідеального конденсатора у схемі зарядки з діелектричною проникністю  $\epsilon_{\text{ср}}$ . Зміна діелектричних характеристик об'єкта контролю впливає на параметри вимірювального кола, що викликає значні зміни його електричних характеристик. З метою визначення інформаційно ефективних координат контролю проведено дослідження методами математичного моделювання наступних інформаційних характеристик процесу діагностики об'єкта: вхідний струм, вхідна напруга, вихідна напруга, час зарядки. Результати математичного моделювання підтвердили високу чутливість запропонованої вимірювальної системи до змін діелектричної проникності середовища. Найбільш високий рівень інформаційної ефективності та лінійну залежність від зміни контрольованої діелектричної проникності об'єкта контролю має час зарядки  $t_{\text{зар}}$ , що дозволяє вважати цей параметр основною інформаційною координатою в системі діагностики залишкового ресурсу і якості електричної ізоляції електротехнічних об'єктів. Визначено діапазони змін електричних характеристик, тобто інформаційних координат системи діагностики, що зумовлені зміною діелектричних властивостей об'єкта контролю.

Проведені дослідження дозволяють сформуванати базу правил та базу знань для синтезу інтелектуальної системи діагностики та моніторингу залишкового ресурсу і якості електричної ізоляції промислових електротехнічних споруд. Аналіз факторів впливу, що викликають зміни в стані електричної ізоляції електротехнічних об'єктів, дав змогу провести їх класифікацію та виділити фактори середовища (температура, вологість, агресивність), простору (площа, об'єм, границі), потужності (джерела, випромінювання).

Для реалізації складного багатofакторного процесу діагностики залишкового ресурсу і якості електричної ізоляції промислових електротехнічних споруд доцільно використовувати архітектуру, побудовану на базі штучних нейронних мереж (ШНМ) (рис. 1).

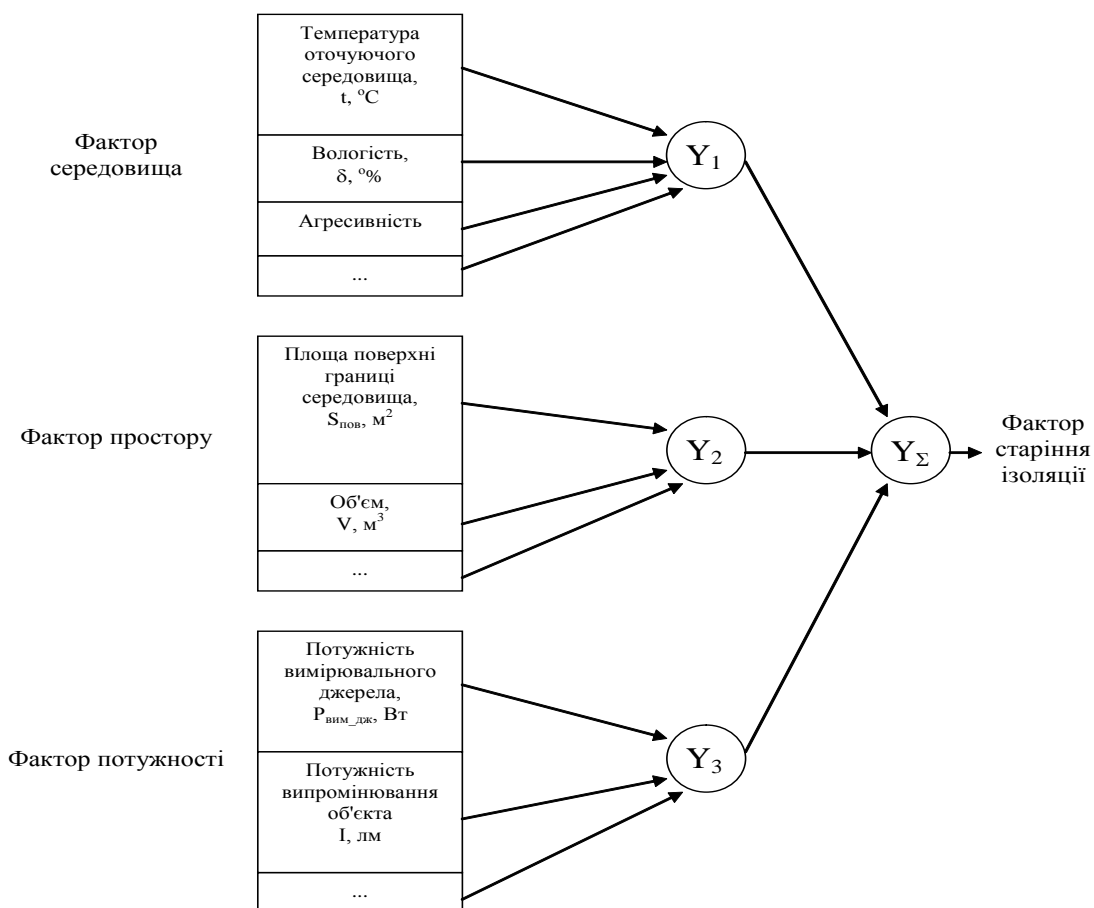


Рисунок 1 – Архітектура системи діагностики старіння ізоляції на базі штучної нейронної мережі (ШНМ)

З метою підтвердження теоретичних результатів проведено моделювання процесів на експериментальному стенді для дослідження системи безперервного моніторингу стану ізоляції електротехнічних об'єктів на базі теслівських кіл. Проведена серія випробувань дала змогу уточнити перелік параметрів та діапазонів їх варіювання в системі моніторингу. На основі аналізу роботи експериментального стенда для дослідження системи неруйнівного контролю на базі теслівських кіл синтезовано алгоритм роботи системи моніторингу залишкового ресурсу й якості електричної ізоляції промислових електротехнічних об'єктів (рис. 2).

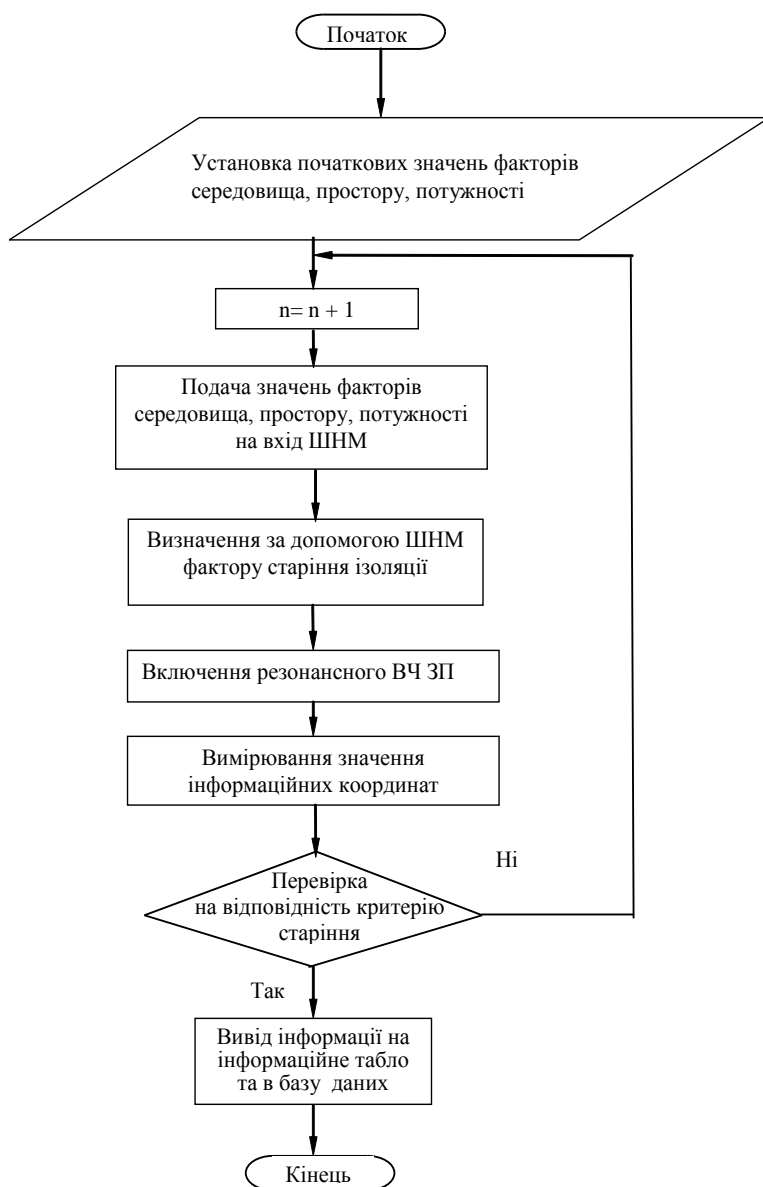


Рисунок 2 - Алгоритм роботи системи діагностики якості ізоляції

залишкового ресурсу й якості електричної ізоляції промислових електротехнічних об'єктів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Горкунов Б.М. Вихретоковый двухпараметровый контроль немагнитных цилиндрических изделий / Б.М. Горкунов, С.Г. Львов // Вестник Национального технического университета "ХПИ". - Харьков: НТУ "ХПИ". - 2004. - С. 35-41.
2. Волков И.В. Тесловские процессы в высоковольтных высокочастотных электрических цепях / И.В. Волков, И.В. Пентегов // Технічна електродинаміка: Тем. випуск "Проблеми сучасної електротехніки". Ч. 1. - К.: ІЕД НАНУ, 2000. - С. 7-11.
3. Пентегов И.В. Тесловские процессы при работе схемы Латура на омическую нагрузку / И.В. Пентегов, И.В. Волков // Технічна електродинаміка: Тем. вип. «Силовая електроніка і енергоефективність». Ч. 1. - К.: ІЕД НАНУ, 2000. - С. 13-18.
4. Мирошниченко Л.Н. Особенности зарядки емкостного накопителя энергии высокочастотных ЗУ ГИТ по одно- и двухпроводным линиям / Л.Н. Мирошниченко // Техн. електродинаміка. Тем. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». - 2002. - Ч. 5. - С. 6-9.
5. Мирошниченко Л.Н. Зарядные устройства ГИТ с промежуточным преобразованием частоты / Л.Н. Мирошниченко // Технічна електродинаміка: Тем. випуск "Силовая електроніка та енергоефективність". - 2001. - Ч. 1. - С. 13-16.

Надійшла до редколегії 11.03.2011

Рецензент: Е.Г.Курінний

Л.З. БОГУСЛАВСКИЙ<sup>1</sup>,  
Л.М. МИРОШНИЧЕНКО<sup>1</sup>, С.С. КОЗЫРЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины

<sup>2</sup> Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

**Система диагностики и мониторинга качества электрической изоляции на базе тесловских цепей.** Проведен анализ факторов, которые влияют на состояние электрической изоляции электротехнических объектов. Определены эффективные информационные координаты контроля диэлектрических свойств изоляции. Разработана система диагностики и мониторинга качества и остаточного ресурса электрической изоляции на основе тесловских цепей с целью поддержания безопасной эксплуатации и удлинения срока использования электротехнических объектов.

*Электрическая изоляция, диэлектрические свойства, система диагностики и мониторинга, остаточный ресурс, тесловские цепи.*

L. BOGUSLAVSKY<sup>1</sup>,  
L. MIROSHNICHENKO<sup>1</sup>, S. KOZYREV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of pulse processes and technologies at National Academy of Sciences of Ukraine

<sup>2</sup> National University of Shipbuilding named after Admiral Makarov

**System of diagnostic and monitoring of electrical insulation quality based on Tesla's circuits.** The analysis of factors which determine the condition of electrical insulation of electrotechnical objects was done. The effective information coordinates of insulation dielectric quality control were determined. The system for monitoring and diagnostic of remaining life and quality of electrical insulation was designed. The developed system is based on Tesla's circuits and can be used for securing of electrotechnical objects operation and extension of their lifetime.

*Electrical insulation, dielectric quality, system for monitoring and diagnostic, remaining life, Tesla's circuits.*