

## РЕГЕНЕРАЦІЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ОЛИВИ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

Назаренко І. П.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Розглянуто особливості очищення трансформаторної оливи в електричному полі. Отримано умови, які забезпечують очищення оливи біжучим електричним полем в неперервному режимі.

**Постановка проблеми.** У багатьох електричних апаратах олива використовується як основний діелектрик для підвищення електричної міцності. Крім того, в трансформаторах олива - це основне охолоджуюче середовище, а у високовольтних масляних вимикачах - засіб гасіння дуги. Величина деяких показників і загальний стан трансформаторної оливи характеризують зміну режиму роботи апаратів і їх справність.

Коли мова заходить про відпрацьовану трансформаторну оливу, то зазвичай встає питання про регенерацію і подальше використання за призначенням. Трансформаторна олива відрізняється від інших видів технічних оливок - наприклад, від моторних - кращим очищенням і меншою кількістю домішок. Тому достатньо високих результатів можна досягти навіть простим механічним очищенням. Найбільш поширені способи регенерації оливи для повторного використання: фільтрація; відцентрове очищення; коагуляція; адсорбція; іонно-обмінний метод; хімічні методи. Ці методи ресурсо- та енергоємні. Тому актуальна розробка нових методів регенерації трансформаторної оливи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для очищення діелектричних рідин (нафтопродуктів, рослинних олій, біопалив, та інших) може застосовуватись електричне поле великої напруженості. У роботах [1] показано, що ефективна очистка рідин може бути отримана завдяки організації в робочій зоні електросепаратора біжучого електричного поля, що створюється багатофазною системою електродів, які розташовуються рядами. Дослідження роботи таких пристроїв показало їх ефективність при очищенні і сепарації соняшникової олії [2]. Особливістю процесу очищення соняшникової олії в біжучому електричному полі є велика концентрація домішок та достатньо великий їх розмір (десятки мкм). Домішки трансформаторної оливи мають значно менші розміри, тому, як показано в роботі [3], потрібно зменшувати відстань між електродами та їх діаметр, що приводить до підвищення ефективності очищення.

При зменшенні міжелектродної області суттєве значення приймає розподіл електричного поля та відповідно поля сил поблизу електродів.

**Мета статті.** Робота направлена на отримання умов, які забезпечують очищення трансформаторної оливи біжучим електричним полем в неперервному режимі на підставі дослідження поля сил поблизу електродів.

**Основні матеріали дослідження.** Очищення оливи електричним полем забезпечується силами (рис. 1), які діють на поляризовану частинку з боку

біжучого поля та пульсуючого поля [3]:

$$\begin{aligned} \vec{F}_n &= \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)(\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2) + \left(\frac{\sigma_1}{\omega} - \frac{\sigma_2}{\omega}\right)\left(\frac{\sigma_1}{\omega} + 2\frac{\sigma_2}{\omega}\right)}{(\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2)^2 + \left(\frac{\sigma_1}{\omega} + 2\frac{\sigma_2}{\omega}\right)^2} \times \\ &\quad \times 4\pi\varepsilon_0 R^3 \text{grad} \vec{E}^2; \\ \vec{F}_b &= \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)\left(\frac{\sigma_1}{\omega} + 2\frac{\sigma_2}{\omega}\right) - (\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2)\left(\frac{\sigma_1}{\omega} - \frac{\sigma_2}{\omega}\right)}{(\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2)^2 + \left(\frac{\sigma_1}{\omega} + 2\frac{\sigma_2}{\omega}\right)^2} \times \\ &\quad \times 4\pi\varepsilon_0 R^3 \text{grad} \vec{E}^2, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $F_n$  - сила пульсуючого поля, Н;

$F_b$  - сила біжучого поля, Н;

$\varepsilon$  - діелектрична проникність частинки, Ф/м;

$\varepsilon_0$  - діелектрична проникність середовища, Ф/м;

$\sigma_1$  - питома електропровідність частинки, Ом·м;

$\sigma_2$  - питома електропровідність середовища, Ом·м;

$\omega$  - частота, Гц.

$R$  - радіус частинки, м;

$E$  - напруженість електричного поля, В/м.

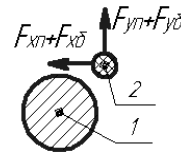


Рисунок 1- Сили, що діють на частинку поблизу електроду: 1 - електрод; 2 - частинка

Для розрахунку поля сил плоских та циліндричних електродів застосовано метод комплексного потенціалу [4]. Візуалізація поля сил здійснювалась за допомогою програмних засобів MATLAB (рис. 2...рис. 5).

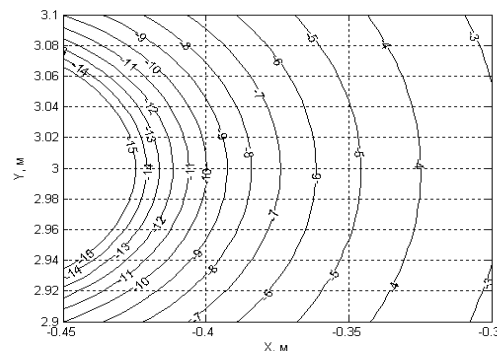


Рисунок 2- X- складова сили пульсуючого поля

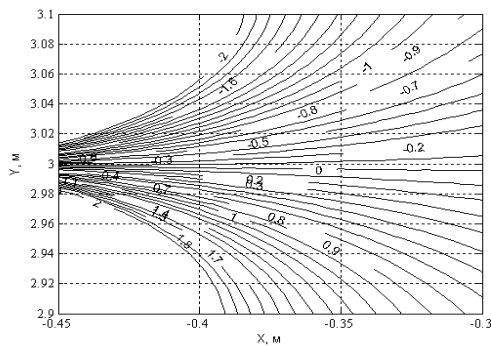


Рисунок 3- X- складова сили біжучого поля

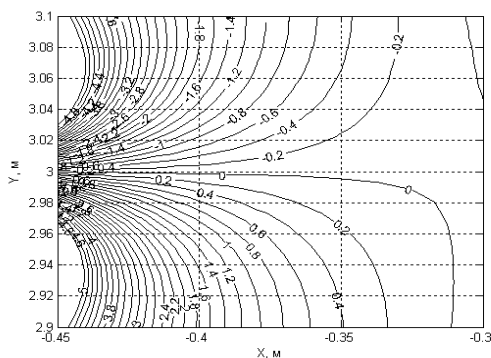


Рисунок 4- Y- складова сили пульсуючого поля

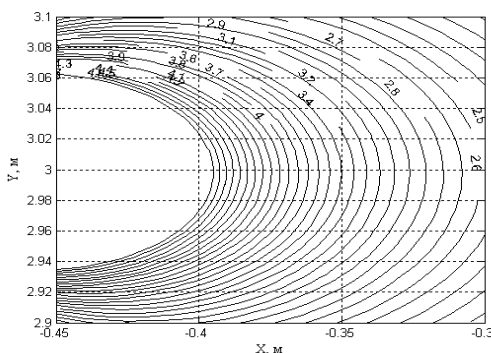


Рисунок 5 - Y- складова сили біжучого поля

Аналіз X - складових сил пульсуючого та біжучого полів показує, що їх сумарне значення має негативну величину у всій області поблизу електроду. Сума Y - складових сил має позитивне значення у всій області. Таким чином траєкторія руху частинки спрямована до електроду. Після досягнення поверхні електроду частинка під дією тангенціальної компоненти Y - складової сумарної сили рухається вздовж поверхні електроду і відривається від нього з протилежного боку.

**Висновки.** Умовою ефективного очищення трансформаторної оливи біжучим електричним полем в неперервному режимі є перевищення Y - складової сили біжучого поля над Y - складовою сили пульсуючого поля на поверхні електроду.

## Список використаних джерел

1. Эфендиев О. Ф. Электроочистка жидкости в пищевой промышленности / О. Ф. Эфендиев. – М.: Пищевая промышленность, 1977. –149 с.
2. Назаренко І. П. Сепарація діелектричних суспензій в біжучому електричному полі / І. П. Назаренко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Редкол.: Д. О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2010.- Вип.148.- С. 117-122.
3. Назаренко І. П. Очистка и сепарация слабопроводящих суспензий в бегущем электрическом поле / И. П. Назаренко // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 16–17 окт. 2013 г.). В 3 т. Т. 3. / РУП "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства"; редколлегия: П. П. Казакевич (гл. ред.), С. Н. Поникарчик. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – С. 51– 58.
4. Миролубов Н. Н. Методы расчета электростатических полей / Н. Н. Миролубов, М.В. Костенко, М.Л. Левинштейн, Н. Н. Тиходеев. – М.: Высшая школа, 1963. - 415 с.

## Аннотация

### РЕГЕНЕРАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Назаренко И. П.

*Рассмотрены особенности очистки трансформаторного масла в электрическом поле. Получены условия, которые обеспечивают очистку масла бегущим электрическим полем в непрерывном режиме.*

## Abstract

### TRANSFORMER OIL REGENERATION IN THE ELECTRIC FIELD

I. Nazarenko

*The features of purification of transformer oil in an electric field were considered. The conditions which ensure purification of the oil moving electric field in the continuous mode were obtained.*