

УДК 66.086.2

## ОЧИЩЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ОЛИВИ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

Назаренко І.П., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (619) 42-11-52

**Анотація** – в роботі розглянуто особливості очищення трансформаторної оливи в електричному полі, що біжить.

**Ключові слова** – трансформаторна олива, очищення, електрод, електричне поле.

*Постановка проблеми.* Трансформаторна олива є рідким діелектриком, що отримується шляхом перегонки нафти. Діелектричні властивості трансформаторної оливи знаходяться в прямій залежності від ступеня його зволоження і забруднення різними домішками: чим більше в маслі вологи і механічних домішок, тим нижче його електрична міцність. У ремонт поступають пошкоджені трансформатори, що знаходилися в роботі тривалий час, тому олива в них буває настільки сильно зволоженою і забрудненою, що повторно використовувати її можна тільки після очищення і сушки. Очищення трансформаторної оливи від механічних домішок, що містяться в ній, і вологи зазвичай проводять за допомогою спеціальних апаратів - центрифуги і фільтр-преса. Процес очищення в таких апаратах є дуже енерговитратним. Тому застосування менш енерговитратних технологій є актуальним завданням. До таких технологій відноситься очищення діелектричних рідин в електричному полі, зокрема в такому, що біжить [1,2,3].

*Аналіз останніх досліджень.* Використання електричного поля, що біжить, в пристроях очищення діелектричних рідин має суттєві переваги: достатньо високий ступінь очищення; відсутність накопичення частинок домішок на електродах; відсутність потреби зупинки процесу для розвантаження вловлених частинок домішок.

Для підвищення ефективності роботи таких пристроїв потрібно зменшувати відстань між електродами та діаметр циліндричних електродів. Як показано в роботі [4], при цьому збільшується сила, що діє на поляризовану в електричному полі частинку. В міжелектродному просторі системи циліндричних електродів поле сили, що діє на частинку в електричному полі, неоднорідне. Особливо ця неоднорідність

має місце поблизу електродів.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* В статті поставлена задача провести аналіз поля сил поблизу поверхні електродів, що створюють біжуче електричне поле, і визначити можливість затримки частинок домішок на електродах.

*Основні матеріали дослідження.* Електричне поле, що біжить, створюється за допомогою рядів циліндричних електродів, на які подають багатофазну (зокрема, трифазну) напругу.

Для опису електричного поля таких систем електродів був застосований метод комплексного потенціалу з конформним перетворенням областей [4]. Були отримані рівняння, що описують поле сили [5]:

$$\left. \begin{aligned} \vec{F} &= A \cdot \frac{B}{D} \cdot \frac{\bar{D} \cdot \bar{C} - \bar{H} \cdot \bar{B}}{(\bar{D})^3} \\ z &= \frac{h}{\pi} \sum_{k=1}^n \ln(\varpi - a_k) + \frac{h}{\pi} \sum_{i=1}^m \ln(\varpi - c_i) \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

$$B = \frac{dW_{\varpi}}{d\varpi} = \frac{1}{\pi} \left( \sum_{k=1}^n \frac{U_{1(k-1)} - U_{1k}}{\varpi - a_k} + \sum_{i=1}^{m-1} \frac{U_{2i} - U_{2(i+1)}}{\varpi - c_{i+1}} + \frac{U_{1n} - U_{2l}}{\varpi - c_l} \right); \quad (2)$$

$$C = \frac{d^2W_{\varpi}}{d\varpi^2} = -\frac{1}{\pi} \left( \sum_{k=1}^n \frac{U_{1(k-1)} - U_{1k}}{(\varpi - a_k)^2} + \sum_{i=1}^{m-1} \frac{U_{2i} - U_{2(i+1)}}{(\varpi - c_{i+1})^2} + \frac{U_{1n} - U_{2l}}{(\varpi - c_l)^2} \right); \quad (3)$$

$$D = \frac{dz}{d\varpi} = \frac{h}{\pi} \left( \sum_{k=1}^n \frac{1}{\varpi - a_k} + \sum_{i=1}^m \frac{1}{\varpi - c_i} \right); \quad (4)$$

$$H = \frac{d^2z}{d\varpi^2} = -\frac{h}{\pi} \left( \sum_{k=1}^n \frac{1}{(\varpi - a_k)^2} + \sum_{i=1}^m \frac{1}{(\varpi - c_i)^2} \right); \quad (5)$$

де  $F$  - сила, що діє на поляризовану частинку в електричному полі, Н;

$A$  - параметр, що характеризує поляризацію частинки, Н·м/В<sup>2</sup>;

$W$  - комплексний потенціал, В;

$z$  - функція, що конформно відображає верхню півплощину комплексної площини  $\varpi$  на багатокутник;

$h$  - розмір міжелектродної області (відстань між рядами електродів), м;

$a_k, c_i$  - параметри функції, що відображає;

$U$  - потенціал електродів, В.

Топологія поля сил відповідно рівнянням (1) - (5) будувалась за

допомогою програмних засобів MATLAB. Діюче значення потенціалів на електродах приймалось рівним 1 В. Співвідношення розмірів міжелектродної області - 1.

Побудовані на рис.1 і 2 складові поля сил показують, що Y-складова сили в міжелектродній області має однаковий знак, і тому завдяки цій складовій частинки домішок будуть рухатись вздовж рядів електродів в зону вивантаження з технологічного блоку.

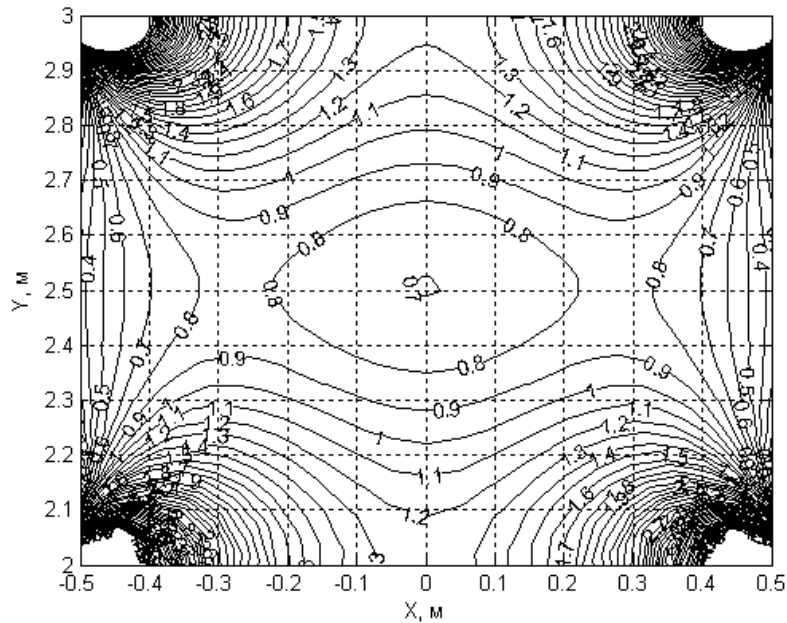


Рис. 1. Поле Y-складової сили, що спрямована вздовж рядів трифазних електродів

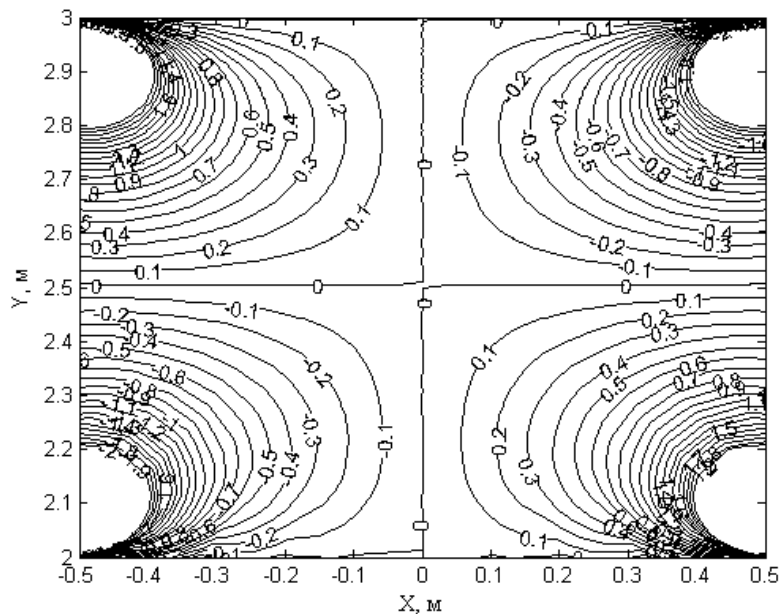


Рис. 2. Поле X-складової сили, що спрямована перпендикулярно рядам трифазних електродів

X-складова сили при русі частинки вздовж рядів електродів (вздовж координати Y) змінює знак, і тому при певних значеннях сили вона може бути осадженою на електрод (рис. 3).

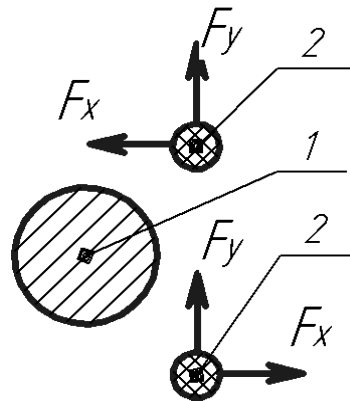


Рис. 3. Сили, що діють на частинку поблизу електроду:  
1 – електрод; 2 – частинка

Для оцінки можливості осадження частинки на електрод потрібно розглянути поле сили поблизу електроду (рис. 4, рис. 5).

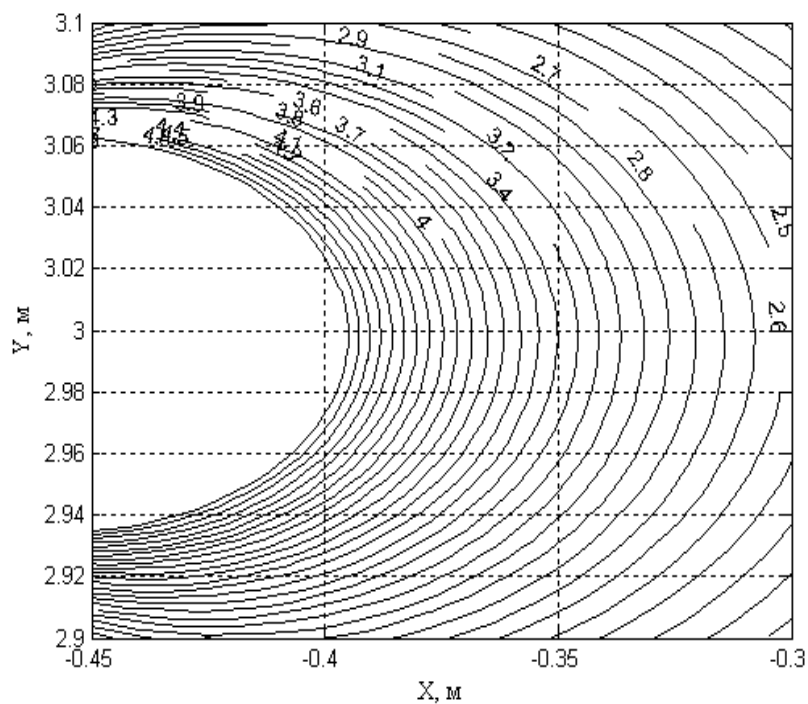


Рис. 4. Поле Y-складової сили поблизу електроду

Середнє значення Y-складової сили поблизу електроду складає 3,8 Н.

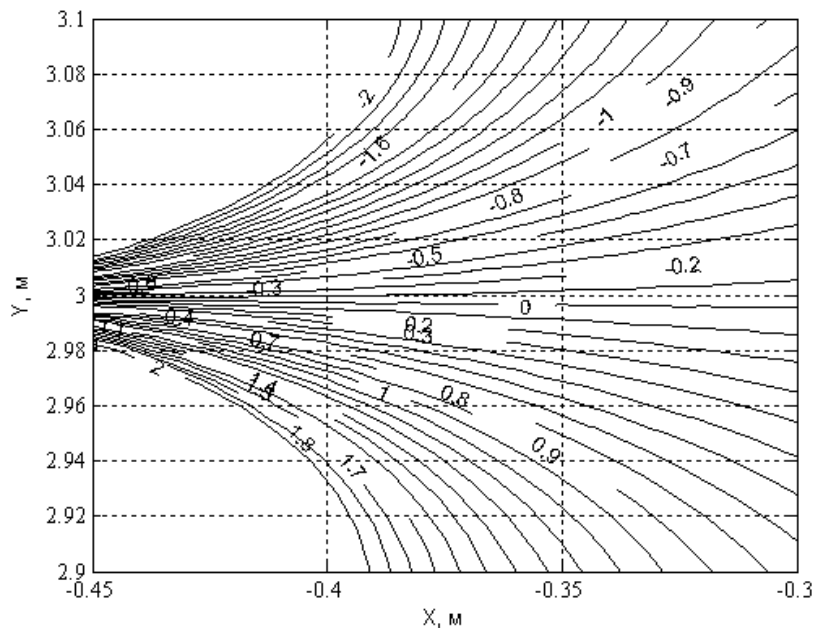


Рис. 5. Поле X-складової сили, поблизу електрода

Середнє значення X-складової сили поблизу електрода складає 0,8 Н.

*Висновки.* Аналіз величини та напрямку X- та Y-складових сили показує, що умови, при яких частинка може затриматись на поверхні електрода, відсутні. Тобто при русі частинки під дією Y-складової сили біжучого поля вздовж електродів X-складова сили відхиляє частинку, що набігає від електроду, а потім повертає її до початкового напрямку руху.

#### Література:

1. *Эфендиев О.Ф.* Электроочистка жидкости в пищевой промышленности / *О.Ф. Эфендиев.* – М.: Пищевая промышленность, 1977. –149 с.
2. Пат. 94810 Україна, МПК В 01D35/6. Спосіб електричної очистки діелектричних рідин / *І. П. Назаренко, В. А. Дідур.* - № а200911592; заявл. 13.11.2009 ; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.
3. *Назаренко І.П.* Сепарація діелектричних суспензій в біжучому електричному полі / *І.П. Назаренко* // Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України / Редкол.: *Д.О. Мельничук* (відп. ред.) [та ін.] – К., 2010. - Вип.148. - С. 117-122.
4. *Назаренко І.П.* Теоретичні дослідження взаємодії електричного поля з діелектричними суспензіями в багатоелектродних системах / *І.П. Назаренко* // Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2012. - Вип. 12, т. 1. - С. 35-45.

5. *Лаврентьев М.А.* Методы теории функции комплексного переменного/ *М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат.* – М.: Наука, 1987. – 740 с.

## **ОЧИСТКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

Назаренко И.П.

***Аннотация*** – в работе рассмотрены особенности очистки трансформаторного масла в бегущем электрическом поле.

## **THE PURIFICATION OF TRANSFORMER OIL IN THE ELECTRIC FIELD**

I. Narzarenko

### ***Summary***

**Features of the purification of transformer oil in the running electric field are considered in a paper.**