

The aim of the work is the development of a microprocessor device for diagnosing the state of insulation and protection against single-phase earth faults of transmission lines. The principle of operation of the device is based on monitoring the values of the zero sequence currents with the help of cable zero-sequence current transformers. To provide high sensitivity to low values of currents that arise when insulation defects appear, it is proposed to use additional magnetomotive force in current transformers with a frequency that differs from the industrial one. Due to this, the operating point passes to the steeper section of the characteristic.

The scheme of the device based on industrial microprocessor protection is proposed. The device passed laboratory and industrial tests and is recommended for implementation.

Keywords: power line, insulation defects, diagnostics

УДК 536.24

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВЕРТИКАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ З РІЗНИМИ ТИПАМИ ОРЕБРЕННЯ В УМОВАХ ПРИРОДНОЇ КОНВЕКЦІЇ

В. Г. ГОРОБЕЦЬ, доктор технічних наук, доцент
**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**
E-mail: gorobetsv@ukr.net

Анотація. Метою дослідження було проведення порівняльного аналізу тепловіддачі вертикальних поверхонь з оребренням різного типу за умов вільної конвекції.

Проведено порівняльний аналіз теплообміну неперервного вертикального, дискретного вертикального і похилого оребрення за умов вільної конвекції. Показано, що використання дискретного оребрення суттєво інтенсифікує процеси теплообміну на вертикальних поверхнях.

Порівняння дискретного вертикального і похилого оребрення свідчить про перевагу першого типу оребрення для поверхонь з малими вертикальними розмірами і погіршення умов тепловіддачі порівняно з другим типом оребрення для поверхонь великої протяжності.

Ключові слова: вертикальна поверхня з оребренням, вільна конвекція, теплообмін, тепловий потік, ефективність ребра

Актуальність. Вертикальні поверхні з різними типами оребрення в умовах природної конвекції набули широкого застосування в різних областях при розробці теплообмінного обладнання. Такі поверхні використовують для охолодження електронного та комп'ютерного обладнання, в опалювальних приладах, в теплообмінниках для охолодження трансформаторів тощо. При цьому важливими факторами є розміри та маса таких пристроїв, яка значною

мірою залежить від типу та геометрії ребрення, що в ньому використовується.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найбільш поширеним і дослідженим є плоскопаралельне неперервне ребрення [15]. Разом з тим, такий тип ребрення має погіршені характеристики тепловіддачі для поверхонь з великими вертикальними розмірами внаслідок прогріву охолоджуючого теплоносія у верхній частині ребрення. З метою підвищення теплової ефективності теплообмінних поверхонь було запропоновано дискретне ребрення, геометрія якого передбачає використання ребер невеликих розмірів, розташованих в шаховому порядку [6–7].

Мета дослідження – провести порівняльний аналіз тепловіддачі вертикальних поверхонь з ребренням різного типу за умов вільної конвекції.

Матеріали і методи дослідження. Розглянемо вертикальну поверхню з ребренням трьох типів, теплообмін яких відбувається при вільній конвекції. А саме, на рис. 1 представлена геометрія вертикального плоскопаралельного ребрення з ребрами великої довжини (рис. 1а), дискретного ребрення малої довжини із шаховим розташуванням ребер (рис. 1б) та вертикальна поверхня з ребрами малої довжини, які мають нахил під певним кутом і геометрія розташування у вигляді «ялинки» (рис. 1в).

У праці [7] було проведено чисельне моделювання та експериментальне дослідження таких поверхонь, де було вивчено умови гідродинамічної течії зовнішнього теплоносія для кожного з видів ребрення.

Результати досліджень та їх обговорення. Результати проведених досліджень свідчать, що для плоскопаралельного ребрення на нижніх ділянках на поверхні ребер формується пограничний шар (ПШ) (область I на рис. 2а). З ростом товщини ПШ відбувається їх змикання для сусідніх ребер і в міжреберному просторі формується перехідний тип течії (область II на рис. 2а). Після перехідної області течії у верхній частині ребреної поверхні розподіл швидкостей в міжреберному просторі має параболічний характер (область III на рис. 2а). Аналіз процесів теплопереносу в цих областях свідчить, що найбільші значення локальних коефіцієнтів тепловіддачі мають місце в області I і суттєво зменшуються в області III. Суттєвим фактором, який погіршує тепловіддачу в області III є нагрівання холодного теплоносія, що зменшує температурний напір між стінкою ребра і теплоносієм і знижує тепловіддачу ребреної поверхні.

Використання дискретних ребер, що мають малу довжину і дає змогу формувати ПШ на кожному окремому ребрі з подальшим його зривом та створенням після нього супутної течії, що натікає на сусіднє ребро, яке розташоване вище по вертикалі (див. рис. 2б). Така геометрія побудови дискретних ребер зі шаховим розташуванням дає можливість формувати на кожному окремо взятому ребрі ПШ малої протяжності, що підвищує як локальні коефіцієнти тепловіддачі на ребрах, так і сумарний коефіцієнт тепловіддачі на всій поверхні. Чисельне моделювання та експериментальне дослідження процесів теплопереносу для неперервного і дискретного ребрення підтверджують результати цього аналізу. На рис. 3 показано порівняння усереднених по поверхні чисел Нусельта $Nu_s = \alpha s / \lambda$ (α – коефіцієнт

тепловіддачі, s – міжреберна відстань, λ – коефіцієнт теплопровідності зовнішнього теплоносія) за різних значень параметра $Ra_s s/L$ ($Ra_s = g\beta\Delta T L^2/\nu^2$ число Релея, g – гравітаційна постійна, β – коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія, ΔT – температурний напір між ребром і теплоносієм, ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості) для неперервного плоскопаралельного і дискретного шахового оребрення. Як впливає з рис. 3, максимальна інтенсифікація теплообміну, яка досягається за рахунок дискретизації оребрення, становить 30-250%.

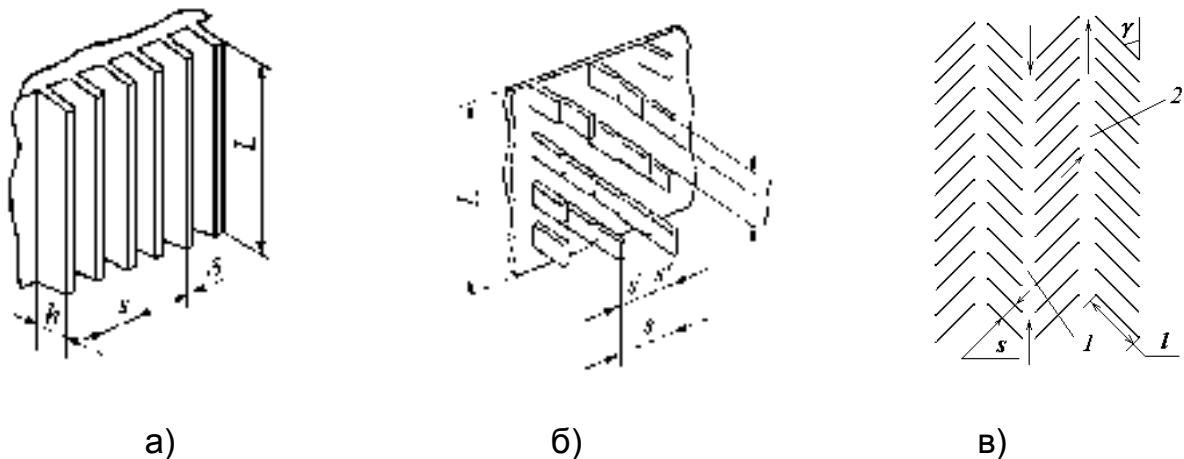


Рис. 1. Вертикальні поверхні з різними типами оребрення:

а) плоскопаралельне оребрення; б) дискретне оребрення зі шаховим розташуванням; в) похиле оребрення з розташуванням типу «ялинка»

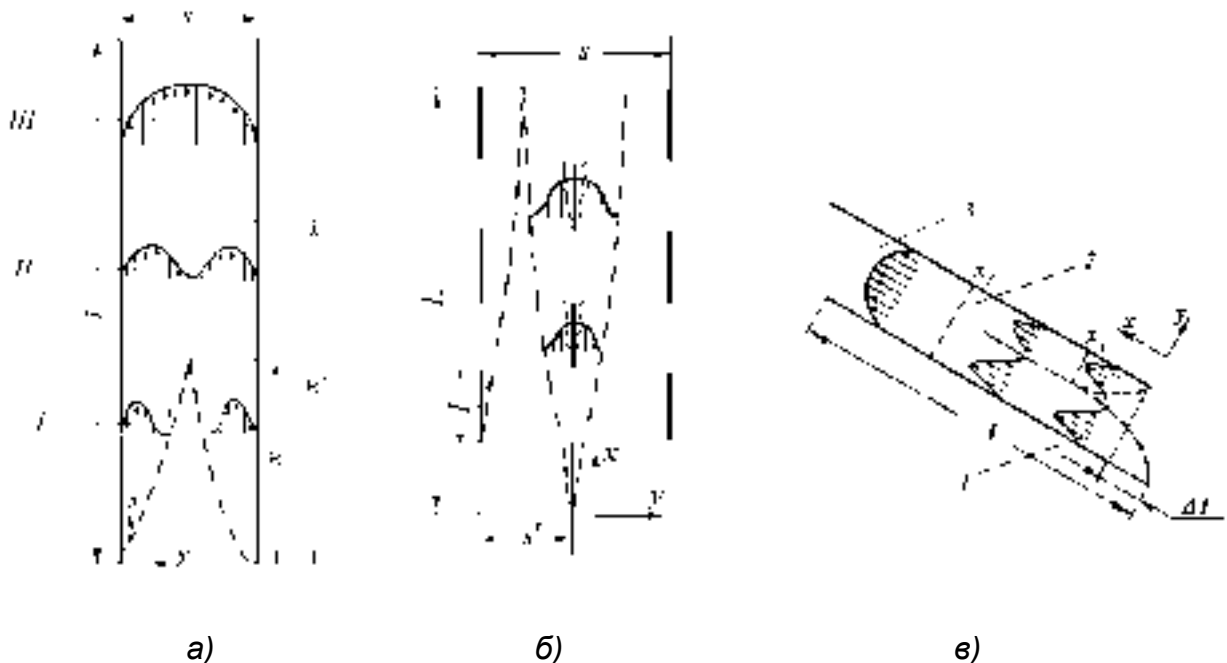


Рис. 2. Умови формування гідродинамічної течії для різних типів оребрення:

а) плоскопаралельне оребрення; б) дискретне оребрення зі шаховим розташуванням; в) похиле оребрення з розташуванням типу «ялинка»

Аналіз локальних розподілів коефіцієнта тепловіддачі по поверхні з дискретним шаховим оребренням свідчить, що максимальні значення коефіцієнтів тепловіддачі спостерігаються в нижній частині оребреної поверхні і суттєво падають у верхній її частині у міру зростання вертикальних розмірів частини поверхні, що знижує температурний напір між оребреною поверхнею і теплоносієм та призводить до зменшення коефіцієнтів тепловіддачі в цих областях.

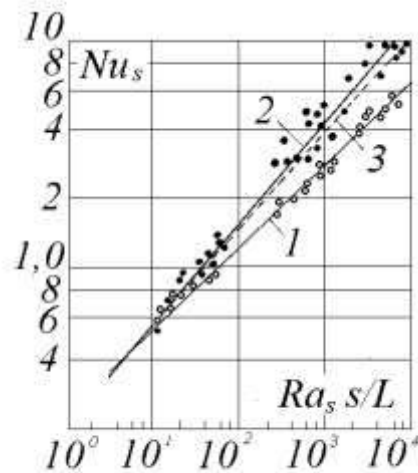


Рис. 3. Залежність чисел Нуссельта для плоскопаралельного неперервного і дискретного шахового оребрення:

1 – експериментальні дані для плоскопаралельного оребрення [5];
 2 – експериментальні дані для дискретного оребрення [7]; 3 – результати чисельного моделювання для дискретного оребрення [8]

З метою усунення зазначеного недоліку в праці [8] запропоновано геометрію оребрення, яку подано на рис. 1в. Аналіз гідродинамічної картини течії для поверхні з дискретним оребренням, що має кут нахилу γ і має геометрію типу «ялинки» свідчить, що в області між сусідніми ребрами формується ПШ, який може змикатися у міру зростання його товщини (див. рис. 2в). При цьому відбувається підтікання холодного теплоносія з областей 1, що знаходяться між сусідніми вертикальними рядами ребер і витікання нагрітого теплоносія по каналах 2. Таким чином, ребра у верхній і нижній частині оребреної поверхні знаходяться в однакових умовах за максимальної величини температурного напору між оребреною поверхнею і зовнішнім теплоносієм.

На рис. 4 наведено порівняння величини сумарного теплового потоку Q_i , відведеного від поверхонь з дискретним шаховим і дискретним нахиленим оребренням за різних значень параметра s/L , який характеризує геометричні розміри оребреної поверхні. Графічні залежності представлені в безрозмірному вигляді Q_i/Q_1 , де Q_1 сумарний тепловий потік відведений від поверхні з неперервним плоскопаралельним оребренням. Аналіз отриманих залежностей свідчить, що використання дискретного оребрення зі шаховим розташуванням підвищує теплову ефективність поверхні в 1,3–2,6 раза

порівняно з неперервним оребренням, однак для поверхонь з великими вертикальними розмірами L їх ефективність падає. Водночас, поверхні з дискретним похилим оребренням більш ефективні для поверхонь, що мають великі значення L , для яких тепловіддача підвищується в 1,6–1,8 раза.

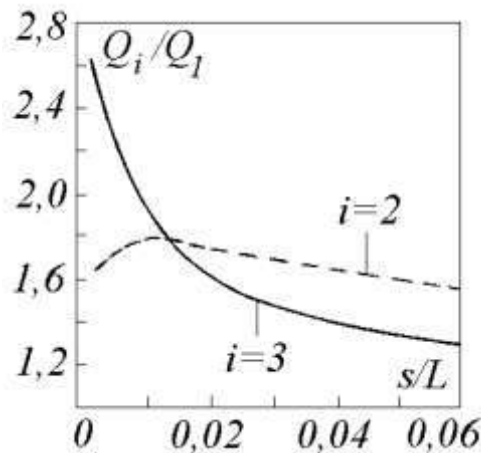


Рис. 4. Порівняння сумарних теплових потоків, які відводяться поверхнями з неперервним і дискретним оребренням різної конфігурації: $i=2$ – дискретне нахилене оребрення типу «ялинка»; $i=3$ – дискретне оребрення зі шахматним розташуванням ребер.

Висновки і перспективи. 1. Проведений порівняльний аналіз теплової ефективності поверхонь з різними типами оребрення – неперервного плоскопаралельного оребрення, дискретного оребрення зі шаховим розташуванням, похилого дискретного оребрення типу «ялинка».

2. Показано, що дискретизація оребрення за його шахового розташування дає змогу підвищити теплову ефективність поверхні в 1,3–2,5 раза.

3. Дискретне оребрення типу «ялинка» має переваги порівняно зі шаховим дискретним оребренням для поверхонь з великими вертикальними розмірами. Величина відведеного теплового потоку для таких поверхонь в 1,6–1,8 раза зростає порівняно з плоскопаралельним оребренням.

Список літератури

1. Elenbaas W. Heat dissipation of parallel plates by free convection / W. Elenbaas // Phisica. – 1942. – V. 9. – N 1. – P.1–28.

2. Бодойя О. Развитие естественной конвекции между нагретыми вертикальными пластинами / Бодойя Остерл // Теплопередача. – 1962. – № 1. – С. 52–58.

3. Старнер М. Опытное исследование естественной конвекции на поверхности с прямоугольными ребрами / Старнер Макманус // Теплопередача. – 1963. – № 3. – С. 103–109.

4. Chaddock J. B. Free convection heat transfer from vertical rectangular fin arrays / J. B. Chaddock // ASHRAS Journal. – 1970. – V. 7. – N 8. – P. 40–47.

5. Трепутнев В. В. Экспериментальное исследование теплоотдачи вертикальных поверхностей с непрерывным оребрением при естественной конвекции / В. В. Трепутнев, В. Г. Горобец // Пром. теплотехника. – 1998. – № 6. – С. 19–24.

6. Спэрроу П. Интенсификация теплоотдачи свободной конвекцией от вертикальных дискретных пластин / Спэрроу Пракаш // Теплопередача. – 1980. – № 2. – С. 34–41.

7. Горобец В. Г. Теплообмен при обтекании неизотермических развитых поверхностей теплообмена / В. Г. Горобец. – К. : Компринт, 2011. – 353 с.

8. Gorobets V. G. Heat transfer in a non-isothermal extended surface / V. G. Gorobets. – К. : Компринт, 2014. – 377 с.

References

1. Elenbaas, W. (1942). Heat dissipation of parallel plates by free convection. *Physica*, 9 (1), 1–28.

2. Bodoja, O. (1962). Razvitie estestvennoy konveksii mezhdu nagretimi vertikalnimi platinami. [Development of natural convection between heated vertical plates]. *Teploperedacha*, 1, 52–58.

3. Starnar, M. (1963). Oпитное isslodovanie estestvennoy konveksii na poverhnosti s pryamougolnimi rebrami [Experimental study of natural convection on a surface with rectangular fins]. *Teploperedatcha*, 3, 103–109.

4. Chaddock, J. B. (1970). Free convection heat transfer from vertical rectangular fin arrays. *ASHRAS Journal*, 7 (8), 40–47.

5. Treputnev, V. V., Gorobets, V. G. (1998). Eksperimentalnoye issledovaniye teplootdachi vertikalnih poverhnostei s nepreryvnyy orebreniem pri estestvennoy konveksii [Experimental study of heat transfer of vertical surfaces with continuous fineness under natural convection]. *Teploperedatcha*, 6, 19–24.

6. Sperrrow, P. (1980). Intensifikatsiya teplootdachi svobodnoi konveksiei ot vertikalnih diskretnih platin [Intensification of heat transfer by free convection from vertical discrete plates], 2, 34–41.

7. Gorobets, V. G. (2011). Teploobmen pri obtekanii neizotermicheskikh razvitykh poverhnostei teploobmena [Heat exchange during flow of nonisothermal developed heat transfer surfaces]. Kyiv: Komprint, 353.

8. Gorobets, V. G. (2014). Heat transfer in a non-isothermal extended surface. Kyiv. Komprint, 377.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ОРЕБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ

В. Г. Горобец

***Аннотация.** Проведен сравнительный анализ теплообмена непрерывного вертикального, дискретного вертикального и наклонного оребрения в условиях свободной конвекции. Показано, что использование дискретного оребрения существенно интенсифицирует процессы теплообмена на вертикальных поверхностях. Сравнение дискретного вертикального и наклонного оребрения указывает на преимущество первого типа оребрения для поверхностей с малыми вертикальными*

размерами и ухудшение условий теплоотдачи по сравнению со вторым типом оребрения для поверхностей большой протяженности.

Ключевые слова: вертикальная поверхность с оребрением, свободная конвекция, теплообмен, тепловой поток, эффективность ребра

COMPARATIVE ANALYSIS OF VERTICAL SURFACES WITH VARIOUS TYPES OF WATER IN CONDITIONS OF NATURAL CONVECTION

V. Gorobets

Abstract. A comparative analysis of the heat transfer of continuous vertical, discrete vertical and sloping fins under free convection conditions is carried out. It is shown that the use of discrete sharpening significantly intensifies the processes of heat transfer on vertical surfaces. The comparison of discrete vertical and sloping fins indicates the advantage of the first type of sharpening for surfaces with small vertical dimensions and deterioration of heat transfer conditions compared to the second type of sharpening for surfaces of a large length.

Keywords: vertical finned surface, free convection, heat transfer, heat flux, efficiency of fin

УДК 621.313

METHOD OF DESIGNING A RESOURCE-EFFECTIVE CONTROL SYSTEM FOR VEGETABLE GROWING MODES IN GREENHOUSES

A. DUDNYK, PhD

National university of life and environmental sciences of Ukraine

E-mail: dudnikalla@nubip.edu.ua

Abstract. Greenhouse complexes are characterized by the presence of significant energy streams used to provide technology for cultivation. High energy prices create conditions for the development of special systems that are able to reduce, but better to minimize energy costs. Worthy of note are resource-efficient algorithms for energy flows control throughout the growing season. The results of previous studies have allowed us to conclude that additional information on the predicted values of ambient temperature, solar radiation, information of biological filling states allows us to create a knowledge base and use it for the formation of control impacts on biotechnical objects in order to minimize energy consumption while ensuring production with the required quality and volumes.

© A. Dudnyk, 2018