

УДК 621.3.013

**МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И
МЕТОДЫ ЕГО СНИЖЕНИЯ ДО БЕЗОПАСНОГО УРОВНЯ**

В.Ю.Розов, член-корр. НАН Украины, **С.Ю.Реуцкий**, канд.техн.наук,
Д.Е.Пелевин, канд.техн.наук, **О.Ю. Пилюгина**, канд.техн.наук,
Научно-технический центр магнетизма технических объектов НАН Украины,
ул. Индустриальная, 19, Харьков, 61106, Украина.

Предложена мультидипольная математическая модель магнитного поля (МП) линий электропередачи (ЛЭП), позволяющая осуществлять моделирование МП вблизи границ их охранных зон с учетом реальной конфигурации проводов ЛЭП. Модель содержит дипольные источники МП, характеризуемые магнитными моментами независимых микроконтуров $d \times a$, на которые с шагом a условно разбиваются токовые контуры, образуемые проводами различных фаз ЛЭП с межфазным расстоянием d . МП в точке наблюдения определяется как сумма МП от магнитных моментов всех микроконтуров. Предложен метод снижения МП ЛЭП, основанный на оптимизации пространственной топологии системы расщепленных проводов фаз ЛЭП для достижения осевой симметрии системы максимального порядка, что позволяет уменьшить дипольную составляющую МП, повысить порядок главной пространственной гармоники системы, определяющей интенсивность затухания МП и, в результате, снизить МП ЛЭП до безопасного уровня. Библ. 4.

Ключевые слова: линия электропередачи, магнитное поле, мультидипольная модель, методы снижения.

Приведены результаты экспериментальных исследований магнитного поля (МП) линий электропередачи (ЛЭП) переменного тока 330 кВ и 110 кВ. Выявлено существенное превышение европейских санитарных норм по МП на границе действующих охранных зон ЛЭП, что подтверждает актуальность широко проводимых в мире исследований по снижению МП ЛЭП [4] и для Украины.

Предложена мультидипольная [3] математическая модель МП ЛЭП, позволяющая осуществлять моделирование МП с учетом реальной конфигурации проводов ЛЭП и погрешностью не более 10% при удалении за горизонтальную проекцию проводов ЛЭП. Модель содержит систему дипольных источников МП $\vec{H}(P)$, характеризуемых магнитными моментами (ММ) \vec{m}_i , расположенными в геометрических центрах независимых прямоугольных микроконтуров $d_i \times a$ с межфазным током $I_{i\alpha}$ и площадью \vec{S}_i , на которые с шагом a условно разбиваются все контуры тока, образуемые проводами различных фаз на исследуемом участке ЛЭП:

$$\vec{H}(P) = \sum_{l=1}^k \sum_{\alpha} \sum_c \sum_{i=1}^N \left(-grad \frac{(\vec{m}_{l\alpha c}, \vec{R}_{l\alpha c})}{4\pi R_{l\alpha c}^3} \right); \quad \vec{m}_{l\alpha c} = I_{l\alpha} \cdot \vec{S}_{l\alpha c} = I_{l\alpha} \cdot e^{-j\varphi_{\alpha}} \cdot a \cdot d_{l\alpha c} \cdot \vec{n}_{l\alpha c}, \quad (1)$$

где i – количество микроконтуров в каждом контуре ЛЭП; \vec{S}_i – вектор площади i -го микроконтуров; \vec{n}_i – единичный вектор, нормальный к S_i ; \vec{R}_i – радиус вектор от геометрического центра i -го микроконтуров в точку наблюдения P ; c – левая (l) или правая (n) часть исследуемой ЛЭП относительно точки P ; α – количество фаз ЛЭП; l – количество расщепленных проводов каждой из фаз; $d_{l\alpha c}$ – текущее расстояние между проводами различных фаз. Преимуществом предложенной модели МП ЛЭП (1) является простота учета неоднородности геометрии подвеса проводов по трассе ЛЭП при ее использовании.

Анализ соотношений (1) с учетом [1, 2] позволяет предложить проектно-конструкторские методы снижения МП ЛЭП. Первый из них очевиден и основан на уменьшении ММ \vec{m}_{li} (1), что может быть практически осуществлено путем уменьшения расстояния d между проводами ЛЭП. Однако это потребует применения более качественной межфазной изоляции.

Другой метод снижения МП основан на оптимизации пространственной компоновки проводов ЛЭП. Он заключается в формировании за счет свободных параметров \vec{m}_i и $l\alpha$ (1) такой пространственной топологии системы дипольных источников (1), при которой обеспечивается осевая симметрия МП ЛЭП максимально возможного порядка [2]. При этом порядок симметрии K системы определяет ее главную пространственную гармонику [1] и соответствующую ей интенсивность затухания МП. При $K=1$ – это диполь с интенсивностью затухания в степени 3 от расстояния, при $K=2$ – квадруполь, при $K=3$ – октополь с интенсивностью затухания МП в степени 5 от расстояния. При реализации метода достигается взаимная компенсация дипольных ММ, а также повышается интенсивность затухания МП, что позволяет в несколько раз снизить МП ЛЭП на границе их охранных зон.

Выполнена классификация методов снижения МП ЛЭП, включающая активное и пассивное экранирование. Рассмотрены примеры их практического использования.

1. Розов В.Ю. Математическая модель электрооборудования как источника внешнего магнитного поля // Техническая электродинамика. – 1995. – №2. – С. 3–7.
2. Розов В.Ю. Методы снижения внешних магнитных полей энергонасыщенных объектов // Технічна електродинаміка. – 2001. – №1. – С. 16–20.
3. Розов В.Ю. Селективная компенсация пространственных гармоник магнитного поля энергонасыщенных объектов // Технічна електродинаміка. – 2002. – №1. – С. 8–13.
4. Conti R., Giorgi A., Rendina R., Sartore L., Sena E.A. Technical Solutions To Reduce 50 Hz Magnetic Fields from Power Lines // Proceedings of Power Tech Conference IEEE'2003, 23-26 June, 2003. – Bologna (Italy). – 2003. – Vol .2. – 6 p.

УДК 621.3.013

Магнітне поле ліній електропередачі та методи його зниження до безпечного рівня

В.Ю. Розов, член-кор. НАН України, **С.Ю. Реуцький**, канд.техн.наук,
Д.С. Пелєвін, канд.техн.наук, **О.Ю. Пилигіна**, канд.техн.наук,
Науково-технічний центр магнетизму технічних об'єктів НАН України,
вул. Індустріальна, 19, Харків, 61106, Україна.

Запропоновано мультидипольну математичну модель магнітного поля (МП) ліній електропередачі (ЛЕП), що дозволяє здійснювати моделювання МП поблизу меж їхніх охоронних зон з урахуванням реальної конфігурації проводів ЛЕП. Модель містить дипольні джерела МП, що характеризуються дипольними магнітними моментами незалежних мікроконтурів d_{α} , на які з кроком a умовно розбиваються струмові контури, утворені проводами різних фаз ЛЕП з міжфазною відстанню d . МП в точці спостереження визначається як сума МП від магнітних моментів всіх мікроконтурів. Запропоновано метод зниження МП ЛЕП, заснований на оптимізації просторової топології системи розщеплених проводів фаз ЛЕП для досягнення осевої симетрії системи максимального порядку, що дозволяє зменшити дипольну складову МП, підвищити порядок головної просторової гармоніки системи, яка визначає інтенсивність затухання МП і, в результаті, знизити МП ЛЕП до безпечного рівня. Бібл. 4.

Ключові слова: лінія електропередачі, магнітне поле, мультидипольна модель, методи зниження.

The magnetic field of power transmission lines and the methods of its mitigation to a safe level

V.Yu. Rozov, S.Yu. Reutskyi, D.Ye. Pelevin, O.Yu. Piliugina,
Magnetism of Technical Objects Science and Technology Center of the NAS of Ukraine,
19 Industrialna st., Kharkiv, 61106, Ukraine.

The mathematical model of the magnetic field (MF) of the power transmission line (PTL) which is based on the multi-dipole representation is suggested. It permits of modeling MF in the vicinity of the boundary of protection zone of PTL taking into account the real configuration of wires. The model contains dipole sources which are characterized by the magnetic moments of the independent micro-contours d_{α} . The current contours formed by wires of different phases of PTL with interphase spacing d are divided into the set of such micro-contours. The MP at the observation point is defined as the sum of MPs from the magnetic moments of all micro-contours. The method of mitigation of MP of PTL, which is based on the optimization of the spatial topology of the phase conductors splitting is suggested. This method permits to achieve the axial symmetry of the system of maximum order. In this way the method reduces the dipole component of the MP, increases the order of spatial harmonic of the main system, which determines the intensity of damp- ing MP. As a result, it reduces the power line magnetic field to a safe level. References 4.

Keywords: power transmission line, the magnetic field, multi-dipole model, mitigation techniques.

1. Rozov V.Yu. The mathematical model of electrical equipment as a source of an external magnetic field // Tekhnicheskaja elektrodinamika. – 1995. – №2. – Pp. 3–7. (Rus)
2. Rozov V.Yu. The methods of mitigation the external magnetic fields of energy-objects // Tekhnichna elektrodynamika. – 2001. – №1. – Pp. 16–20. (Rus)
3. Rozov V.Yu. The selective compensation of spatial harmonics of the magnetic field of energy-objects // Tekhnichna elektrodynamika. – 2002. – №1. – Pp. 8–13. (Rus)
4. Conti R., Giorgi A., Rendina R., Sartore L., Sena E.A. Technical Solutions To Reduce 50 Hz Magnetic Fields from Power Lines // Proceedings of Power Tech Conference IEEE'2003, 23-26 June, 2003. – Bologna (Italy). – 2003. – Vol .2. – 6 p.

Надійшла 15.12.2011

Received 15.12.2011