

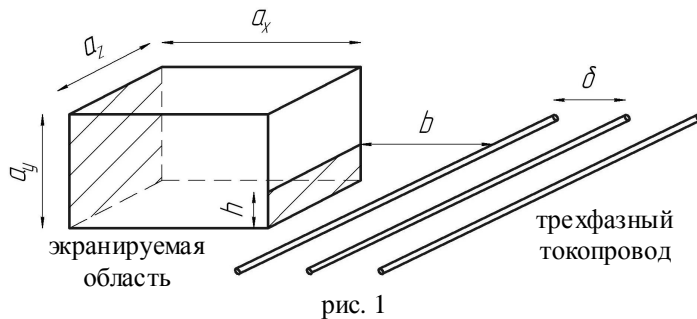
УДК 621.3.048

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЭКРАНЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

М.М.Резинкина, докт.техн.наук, **В.С.Гринченко**,
Научно-технический центр магнетизма технических объектов НАН Украины,
 ул. Индустриальная, 19, а/я 72, Харьков, 61106, Украина.

Рассмотрена задача снижения уровня индукции магнитного поля на расположенных вблизи токопроводов рабочих местах персонала объектов энергетики. Проведено сравнение металлоемкости экранов при экранировании токопровода и защищаемой области. Путем компьютерного моделирования рассчитано распределение индукции магнитного поля в системе «трехфазный токопровод–электромагнитный экран». Предложены конфигурации электромагнитных экранов, позволяющие снизить величину индукции магнитного поля промышленной частоты до санитарно обоснованного уровня. Библ. 5, рис. 1.
Ключевые слова: электромагнитный экран, трехфазный токопровод, компьютерное моделирование.

Возможное негативное влияние магнитного поля (МП) на здоровье человека и наличие ограничений по уровням электромагнитного поля, в которых может стабильно работать современная электронная аппаратура, вызывает необходимость снижения индукции МП до допустимых значений. Одним из источников потенциально опасного для здоровья человека низкочастотного МП являются трехфазные линии. За рубежом актуальной является задача уменьшения индукции МП, создаваемого подземными кабельными линиями [4]. При решении такой задачи требуется экранировать область вдоль всей линии. В данной работе рассмотрен вопрос экранирования локальной области пространства, в которой расположены рабочие места персонала (рис. 1). Источником МП являлся трехфазный токопровод, расположенный вблизи защищаемой зоны. Такие токопроводы используются на электрических станциях для электрических соединений турбогенераторов с силовыми повышающими трансформаторами, трансформаторами собственных нужд, преобразовательными трансформаторами и трансформаторами тиристорного возбуждения генераторов. Параметры трехфазного токопровода и защищаемой области были следующими: расстояние между фазами $\delta=1,4$ м, расстояние от крайнего токопровода до границы защищаемой области $b=2,5$ м, защищаемая область находится внутри параллелепипеда со сторонами $a_x=4$ м, $a_y=2,2$ м, $a_z=2,4$ м, действующее значение тока в шине токопровода $I=9,2$ кА, частота тока – 50 Гц. Проведенные расчеты и измерения показали, что на расположенном вблизи токопровода рабочем месте персонала действующее значение индукции МП превышает допустимую величину в 100 мкТл [3] примерно в 3 раза.



Для решения задач снижения уровня индукции МП с помощью электромагнитных экранов существует два подхода [4]. Первый предполагает экранирование источника МП. Для проверки применимости этого подхода для экранирования заданной области была рассмотрена так называемая закрытая конфигурация экрана, расположенного напротив защищаемой области и охватывающего шинопровод.

В случае если экран выполнен из меди, для промышленной частоты величина скин-слоя $\Delta=9$ мм [2]. Хотя на глубине скин-слоя индукция МП убывает лишь в e раз, для оценки металлоемкости экрана такой конфигурации будем полагать, что МП в защищаемой области создается только незакрытой частью токопровода. С учетом этого предположения было получено аналитическое выражение для индукции МП, из которого следует, что для снижения уровня индукции МП в защищаемой области до 100 мкТл длина экрана должна превышать 3,2 м. Таким образом, для выполнения закрытого экрана с такими значениями толщины и длины потребуется более $0,27$ м³ (2400 кг) меди. Помимо высокой металлоемкости такого экрана, его реализация на объектах энергетики затруднительна в связи с особенностями конструкции токопроводов, а также исходя из требований техники безопасности.

Другой подход заключается в экранировании защищаемой области [4]. На рис. 1 показано как были размещены медные листы толщиной 1 мм при моделировании («штрихованные» площадки являются вырезами); высота выреза $h=0,4$ м. Отметим, что экран не может полностью охватывать экранируемую область, т.к. она должна быть доступна для персонала. Путем численного моделирования с применением методов конечного интегрирования и поглощающих граничных условий [1] было найдено распределение индукции МП, создаваемого трехфазным токопроводом при наличии такого экрана. Расчет показал, что в центральной зоне экранируемой области индукция МП может быть снижена до 10 мкТл, на краях экранированной области она не превышает допустимые 100 мкТл. Металлоемкость предложенной конструкции составляет $0,04$ м³ (360 кг) меди.

Наряду с материалами, обладающими высокой электропроводностью, в настоящее время для изготовления экранов используются материалы, обладающие высокими значениями магнитной проницаемости. К ним можно отнести Magnetil® (электропроводность $\sigma=9,1 \cdot 10^6$ См/м, магнитная проницаемость $\mu=3000-6000$) и очи-

шенное железо ($\sigma=10^7$ См/м, $\mu=5000-180000$) [5]. Для проверки целесообразности использования таких материалов для экранирования рассматриваемой области вблизи токопровода был проведен численный расчет; при этом конфигурация экрана повторяла ту, что изображена на рис. 1 с тем отличием, что передняя грань была сплошной ($h=0$); толщина стенок – 1 мм, параметры материала экрана положены следующими: $\sigma=10^7$ См/м, $\mu=50000$. Расчет показал, что эффективности экранирования медным электромагнитным экраном и экраном, изготовленным из материала с высокой магнитной проницаемостью, эквивалентны.

1. Резинкина М.М., Гринченко В.С., Лобжанидзе Л.Э. Численное исследование магнитного поля разноразмерных объектов // Технічна електродинаміка. Тем. випуск «Проблеми сучасної електротехніки». – 2010. – Ч.1. – С. 189–192.

2. Шапиро Д.Н. Основы теории электромагнитного экранирования. – Л.: Энергия, 1975. – 112 с.

3. СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях. – 2003 (www.vrednost.ru/2241191-03.php).

4. del Pino López J.C., Cruz Romero P., Dular P. Parametric analysis of magnetic field mitigation shielding for underground power cables // International conference on renewable energies and power quality. – 2007. – № 326 (www.icrepq.com/icrepq07-papers.htm).

5. J.R. Riba Ruiz, X. Alabern Morera. Experimental behavior of a magnetic field shield for an underground power line // International conference on renewable energies and power quality. – 2005. – № 212 (www.icrepq.com/papers.htm).

УДК 621.3.048

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЕКРАНИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ІНДУКЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ НА ОБ'ЄКТАХ ЕНЕРГЕТИКИ

М.М.Резинкіна, докт.техн.наук, В.С.Грінченко,

Науково-технічний центр магнетизму технічних об'єктів НАН України,

вул. Індустріальна, 19, а/я 72, Харків, 61106, Україна.

Розглянуто задачу зниження рівня індукції магнітного поля на розташованих поблизу струмоводів робочих місцях персоналу об'єктів енергетики. Проведено порівняння металоемності екранів при екрануванні струмоводу та захищеної області. Шляхом комп'ютерного моделювання розраховано розподіл індукції магнітного поля в системі «трифазний струмовід–електромагнітний екран». Запропоновано конфігурації електромагнітних екранів, що дозволяють знизити величину індукції магнітного поля промислової частоти до санітарно обґрунтованого рівня. Бібл. 5, рис. 1.

Ключові слова: електромагнітний екран, трифазний струмовід, комп'ютерне моделювання.

USAGE OF ELECTROMAGNETIC SHIELDS FOR POWER FREQUENCY MAGNETIC FIELD MITIGATION IN POWER INDUSTRY

M.M.Rezinkina, V.S.Grinenko,

The Scientific and Technical Center of Magnetism of Technical Objects of National Academy of Sciences of Ukraine,

Industrialna st., 19, PO box 72, 61106, Kharkiv, Ukraine.

The problem of magnetic field induction mitigation on power objects personnel workplaces located close to electrical pathways has been considered. Comparison of metal required for shields for the cases of electrical pathways and protected area screening has been carried out. By computer modeling of magnetic field induction distribution in the system «three-phase electrical pathway–electromagnetic shield» has been calculated. Configurations of the electromagnetic shields reducing industrial frequency magnetic field induction to sanitary proved level have been offered. References 5, figure 1.

Key words: electromagnetic shield, three-phase electrical pathway, computer simulation.

1. Rezinkina M.M., Grinchenko V.S., Lobzhanidze L.E. Numerical investigation of a multi-dimensional objects' magnetic field // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk «Problemy suchasnoi elektrotechniky». – 2010. – Vol.1. – Pp. 189–192. (Rus)

2. Shapiro D.N. Fundamentals of the theory of the electromagnetic shielding. – Leningrad: Enegiia, 1975. – 112 p. (Rus)

3. SanPiN 2.2.4.1191-03 – Electromagnetic fields in a technological environment. – 2003 (www.vrednost.ru/2241191-03.php). (Rus)

4. del Pino López J.C., Cruz Romero P., Dular P. Parametric analysis of magnetic field mitigation shielding for underground power cables // International conference on renewable energies and power quality. – 2007. – № 326 (www.icrepq.com/icrepq07-papers.htm).

5. J.R.Riba Ruiz, X. Alabern Morera. Experimental behavior of a magnetic field shield for an underground power line // International conference on renewable energies and power quality. – 2005. – № 212 (www.icrepq.com/papers.htm).

Надійшла 20.12.2011

Received 20.12.2011