

**МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ОХРАННЫХ ЗОН**

Д.Е.Пелевин, канд.техн.наук
Институт технических проблем магнетизма НАН Украины,
ул. Индустриальная 19, Харьков, 61106, Украина,
e-mail: pelevindima@list.ru

Отмечена мировая тенденция ужесточения санитарных норм по магнитному полю (МП) частотой 50 (60) Гц, слабое (с индукцией 0,2-0,5 мкТл), но длительное воздействие которого на людей является более опасным, чем электрическое поле. Приведены результаты исследований индукции МП воздушных ЛЭП напряжением 0,4-330 кВ, показывающие превышение в 1,4-6 раз опасного уровня 0,5 мкТл за пределами существующих охранных зон ЛЭП. Теоретически обоснованы методы снижения МП в жилых домах - расширение охранных зон ЛЭП, экранирование МП, снижение собственного МП ЛЭП (уменьшение расстояния между проводами фаз, обеспечение векторной компенсации МП расщепленных проводов фаз). Определены пути практической реализации методов снижения МП до безопасного уровня. Библ. 10, рис. 2.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, магнитное поле, методы снижения.

Введение. В последнее время в мире существенно изменилось представление об опасном характере действия на организм человека низкочастотного электромагнитного поля (ЭМП). Основой для этого стали проведенные в конце 20-го века в США и Швеции массовые медико-статистические исследования населения, проживающего вблизи воздушных линий электропередачи (ЛЭП), которые обнаружили канцерогенные свойства магнитного поля (МП) промышленной частоты (50-60 Гц) [7].

Ранее опасным считалось только сильное мгновенное воздействие низкочастотного ЭМП, индуцирующего в теле человека токи, способные вызвать паралич дыхания и сердца. Такой механизм и определил сначала в бывшем СССР, а затем и в Украине принципы санитарного нормирования индукции МП на уровне 1750 мкТл [1], а также 100 мкТл в Европе (требования ICNRP). Так как фактическое значение индукции МП воздушных ЛЭП как правило, не превышает 100 мкТл, все меры по защите населения от низкочастотного ЭМП, в том числе законодательное формирование действующих в настоящее время защитных зон воздушных высоковольтных ЛЭП [2] сводились к защите от электрического поля без учета магнитной составляющей.

В конце 20 века Всемирная организация здравоохранения определила МП ЛЭП более опасным фактором для здоровья людей, чем электрическое поле, поскольку даже при слабом (с индукцией в доли мкТл), но длительном воздействии МП, повышается вероятность возникновения онкологических заболеваний у населения [6, 8, 10]. Это обусловило принятие в мире все более жестких санитарных нормативов по индукции МП для жилых домов, школ, больниц и новых ЛЭП. Так, например, в таких странах как Швеция, Швейцария, Голландия, Италия – это от 0,2 до 3,0 мкТл. В развитых странах мира опасность МП частотой 50(60) Гц стала достоянием широкой общественности и является определяющей при оценке земельных участков вблизи ЛЭП. Интенсивно разрабатываются и внедряются методы и средства контроля и снижения МП ЛЭП, публикуются десятки тысяч научных статей. Для разработки гигиенических нормативов широко применяется независимая экспертиза. Так, например, группой независимых экспертов Vaubiologie MAES от имени и при поддержке Institut für Vaubiologie + Ökologie Neubeuern IBNB разработан стандарт SBM-2008 [9], где уровень индукции МП в 0,5 мкТл определен как предельный (оказывающий чрезмерное негативное влияние на жителей). Этот стандарт с 2008 года принят в качестве руководящего документа для профессионального и независимого тестирования домов по всему миру, включая Европу, США, Канаду, Австралию.

В Украине в настоящее время завершается разработка новой редакции государственных санитарных правил и норм защиты населения от воздействия электромагнитного излучения, где введен предельно допустимый уровень индукции МП 0,5 мкТл частотой 50 Гц для жилых помещений. Указанные нормы уже действуют в Украине как временные, так как приняты в ряде отраслевых документов [8]. Однако реальные уровни МП за пределом охранных зон действующих ЛЭП и методы их снижения исследованы недостаточно. Поэтому актуальной является задача исследования фактического уровня МП на границе охранных зон действующих воздушных ЛЭП напряжением 0,4-330 кВ и анализ методов их снижения до безопасных значений.

Исследование МП ЛЭП напряжением 0,4-330 кВ. На рис. 1 представлены экспериментально обоснованные результаты исследований действующего значения индукции МП воздушных ЛЭП, выполненные по методике, изложенной в [4]. Так, на границе существующих охранных зон (точки А, Б) реальный уровень МП ЛЭП превышает опасный для населения уровень 0,5 мкТл и для его нормализации требуется снижения МП для ЛЭП 330 кВ в 6 раз, для ЛЭП 110 кВ – 4 раза, для ЛЭП 10 кВ – 2,8 раза, для ЛЭП 0,4 кВ – 1,4 раза. Спадание МП ЛЭП до уровня 0,5 мкТл происходит только на расстояниях (точки В, Г) 110 м для ЛЭП 330 кВ, 55 м для

ЛЭП 110 кВ, 20 м для ЛЭП 10 кВ, 5 м для ЛЭП 0,4 кВ. При этом, как показывают экспериментальные исследования, величина МП в жилых домах, расположенных вблизи ЛЭП, соответствует рис. 1, так как МП ЛЭП практически не ослабляясь проникает через стены домов, в том числе железобетонных.

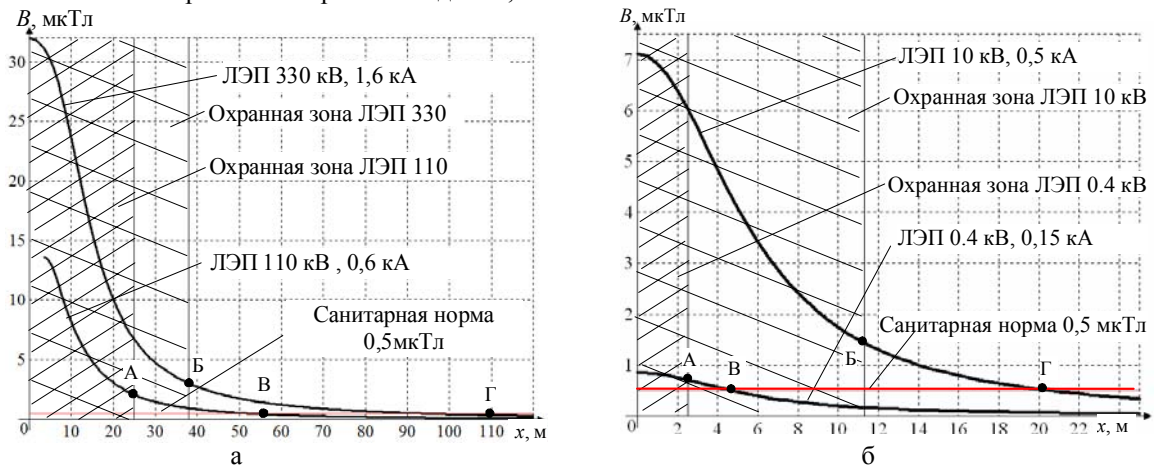


Рис. 1, а, б

Методы снижения МП ЛЭП. Теоретической основой синтеза методов снижения МП ЛЭП является предложенная в [3] мультидипольная модель ее МП $\vec{H}(P)$, которая содержит систему дипольных источников МП, характеризуемых магнитными моментами (ММ) \vec{m}_i , расположенными в геометрических центрах независимых прямоугольных микроконтуров $d_i \times a$ с межфазным током \dot{I}_α и площадью \vec{S}_i , на которые с шагом a условно разбиваются все контуры тока, образованные проводами разных фаз на исследуемом участке ЛЭП. При этом минимизация МП ЛЭП [3] может быть осуществлена в соответствии с соотношением (1) путем удаления зоны наблюдения от ЛЭП (увеличения радиус-вектора R), уменьшения модулей ММ (уменьшение площади токовых контуров за счет уменьшения расстояния d между проводами разных фаз), а также за счет уменьшения векторной суммы ММ путем оптимизации геометрии подвеса проводов

$$\min \dot{H}_{ЛЭП}(P) = \min \left(- \sum_{l=1}^G \sum_{\alpha=1}^3 \vec{\nabla} \left(\frac{\dot{m}_{l\alpha} \cdot \vec{R}_{l\alpha}}{4\pi R_{l\alpha}^3} \right) \right); \quad \dot{m}_{l\alpha} = \dot{I} \cdot \vec{S}_{l\alpha}, \quad \vec{S}_{l\alpha} = d^2 \cdot \vec{n}_{l\alpha}, \quad (1)$$

где \vec{S}_i – вектор площади i -го микроконтур; \vec{n}_i – единичный вектор, нормальный к S_i ; \vec{R}_i – радиус-вектор от геометрического центра i -го микроконтур в точку наблюдения P ; α – количество фаз ЛЭП; G – количество расщепленных проводов каждой из фаз. На основе проведенного анализа выполнена классификация основных методов снижения МП (рис. 2), обеспечивающих защиту населения близлежащих домов от его негативного воздействия.

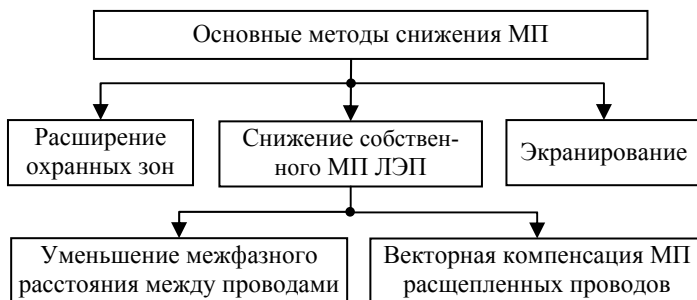


Рис. 2

В докладе определена эффективность предложенных (рис. 2) методов как для проектируемых, так и действующих ЛЭП, показаны пути их практической реализации.

1. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів: ДСНП 3.3.6.096-2002: наказ МОЗ України від 18.12.2002 № 476, державна реєстрація від 13.03.2003 р. № 203/7524 // Офіційний вісник України. – 2003. – № 12. – 179 с.

2. Правила охорони електричних мереж: постановва Кабінету Міністрів України від 4.03.1997 р. № 209 // Офіційний вісник України. – 1997. – № 10. – 28 с.

3. Розов В. Ю., Реуцкий С.Ю., Пелевин Д.Е.,

Пилюгина О.Ю. Магнитное поле линий электропередачи и методы его снижения до безопасного уровня // Технічна електродинаміка. – 2013. – № 2. – С. 3–8.

4. Розов В.Ю., Реуцкий С.Ю., Пелевин Д.Е., Яковенко В.Н. Исследование магнитного поля высоковольтных линий электропередачи переменного тока // Технічна електродинаміка. – 2012. – №1. – С. 3–9.

5. Розрахунок електричного і магнітного полів ліній електропередавання: СОУ-Н ЕЕ 20.179:2008. – К.: Державне підприємство «Український науково-дослідний, проектно-вишукувальний та конструкторсько-технологічний інститут «Укрспільенергопроект»: Міністерство палива та енергетики України, 2008. – 34 с.

6. Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation “BioInitiative 2012”. Section 1. – Summary for the Public. – USA: Sage Associates, 2007. – 29 p. (http://www.bioinitiative.org/report/wp-content/uploads/pdfs/sec01_2007_summary_for_public.pdf)

7. Feychting M., Floderus B., Ahlbom A. Parental occupational exposure to magnetic fields and childhood cancer // *Cancer Causes and Control*. – 2000. – Vol. 11. – Pp. 151–156.
8. Nadine Wu. Regulating Power Line EMF Exposure: International Precedents // *The Environmental Law Centre Society*. – 2005. – 23 p.
9. *Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008* – [acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2008. – 5 p. (<http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>).
10. *The International EMF Project / Radiation & Environmental Health Protection of the Human Environment World Health Organization* // Geneva, Switzerland. – 1996. – 2 p. (<http://www.who.int/emf/>)

УДК 621.3.013

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ЗА МЕЖАМИ ОХОРОННИХ ЗОН

Д.С.Пелєвін, канд.техн.наук

Інститут технічних проблем магнетизму НАН України,

вул. Індустріальна, 19, Харків, 61106, Україна, e-mail: pelevindima@list.ru

Відзначається світова тенденція посилення санітарних норм по магнітному полю (МП) частотою 50 (60) Гц, слабка (з індукцією 0,2-0,5 мкТл), але тривала дія якого на людей є більш небезпечною, ніж електричного поля. Наведено результати досліджень індукції МП повітряних ЛЕП напругою 0,4-330 кВ, що показують перевищення в 1,4-6 разів небезпечного рівня 0,5 мкТл за межами існуючих охоронних зон ЛЕП. Теоретично обґрунтовано методи зниження МП в житлових будинках – розширення охоронних зон ЛЕП, екранування МП, зниження власного МП ЛЕП (зменшення відстані між проводами фаз, забезпечення векторної компенсації МП розщеплених проводів фаз). Визначено шляхи практичної реалізації методів зниження МП до безпечного рівня. Бібл. 10, рис. 2.

Ключові слова: повітряна лінія електропередачі, магнітне поле, методи зниження.

THE METHODS OF REDUCING OF THE MAGNETIC FIELDS OF OVERHEAD POWER LINES OUTSIDE SECURITY ZONES

D.Ye. Pelevin

Institute of Technical Problems of Magnetism National Academy of Sciences of Ukraine,

19, Industrialna str., Kharkiv, 61106, Ukraine, e-mail: pelevindima@list.ru

The prolonged action on the population of the magnetic field at 50 (60) Hz low intensity (with induction 0.2-0.5 mT) is more dangerous than the effect of the electric field. This explains the global trend of tightening health standards concerning the magnetic field (MF). The results of studies of MF induction of overhead power lines (OPL) with voltage 0.4-330 kV are presented. They show a dangerous exceeding of the level 0.5 μT in 1.4-6 times beyond the existing security zone of the OPLs. Theoretically grounded methods of reducing MF in residential buildings. These methods are: the expansion of security zones OPLs, shielding, reducing of MF OPL (decrease the distance between the phase conductor, providing compensation of MF by splitting of conductors phases). The practical implementation of methods to reduce the MP to a safe level has been determined. References 10, figures 2.

Key words: overhead power line, magnetic field, methods of reducing.

1. *State sanitary norms and rules when working with sources of electromagnetic fields: DSNiP 3.3.6.096-2002: nakaz MOZ Ukrainy vid 18.12.2002 № 476, derzhavna reestratsiia vid 13.03.2003 r. № 203/7524 // Ofitsiinyi visnyk Ukrainy*. – 2003. – № 12. – Stattia 551. – 179 p. (Ukr)
2. *Rules for protection of electrical networks: The Cabinet of Ministers of Ukraine of 04.03.1997. № 209 // Ofitsiinyi visnyk Ukrainy*. – 1997. – № 10. – 28 p. (Ukr)
3. Rozov V.Yu., Reutskii S.Yu., Pelevin D.Ye., Piliugina O.Yu. The magnetic field of power transmission lines and the methods of its mitigation to a safe level // *Tekhnichna Elektrodynamika*. – 2013. – № 2. – Pp. 3–8. (Rus)
4. Rozov V.Yu., Reutskiy S.Yu., Pelevin D.Ye., Yakovenko V.N. The research of magnetic field of high-volt age ac transmissions lines // *Tekhnichna Elektrodynamika*. – 2012. – № 1. – Pp. 3–9. (Rus)
5. *Calculation of electric and magnetic fields of the transmission lines: SOU-N EE20.179:2008 // Ofitsiine vydannia*. – Kyiv: Derzhavne pidpryemstvo «Ukrainskyi naukovo-doslidnyi, proektno-vyshukovalnyi ta konstruktorsko-tekhnologichnyi instytut «Ukrsilenerhoproekt»: Ministerstvo palyva ta enerhetyky Ukrainy, 2008. – 34 p. (Ukr)
6. *Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation “BioInitiative 2012”. Section 1. – Summary for the Public*. – USA: Sage Associates, 2007. – 29 p. (http://www.bioinitiative.org/report/wp-content/uploads/pdfs/sec01_2007_summary_for_public.pdf).
7. Feychting M., Floderus B., Ahlbom A. Parental occupational exposure to magnetic fields and childhood cancer // *Cancer Causes and Control*. – 2000. – Vol. 11. – Pp. 151–156.
8. Nadine Wu. Regulating Power Line EMF Exposure: International Precedents // *The Environmental Law Centre Society*. – 2005. – 23 p.
9. *Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008* – [acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2008. – 5 p. (<http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>).
10. *The International EMF Project / Radiation & Environmental Health Protection of the Human Environment World Health Organization* // Geneva, Switzerland. – 1996. – 2 p. (<http://www.who.int/emf/>).

Надійшла 30.01.2014