

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ОТ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Авторами предложен способ отбора мощности от ЛЭП на каждой опоре, обеспечивающий вывод энергии из высокопотенциальной зоны в низкопотенциальную на уровне единиц ватт. Конструктивная реализация не превышает 50 кг, малогабаритна и обладает невысокой стоимостью. Новизна заключается в решении задачи получения электропитания в единицы ватт на каждой опоре ЛЭП новым сочетанием известных элементов, изменением конструкции изоляторов и предложением промышленного выпуска нового вида продукции – солнечных батарей в виде вакуумных приборов – «аламп».

Ключевые слова: линия электропередач, сверхвысокое напряжение, экология, опора (мачта), трансформатор тока, оптический канал, изолятор, фотоэлектрический преобразователь, источник питания.

ВВЕДЕНИЕ

По телевидению и в газетах периодически появляются сообщения о вандальных разрушениях металлических опор высоковольтных линий электропередач (ЛЭП). Падение опор ЛЭП 500, 750, 1500 кВ влечет за собой значительный экономический ущерб на государственном уровне [1].

Для борьбы с этим злом может быть реализована система мониторинга целостности опор ЛЭП, которая должна предусмотреть ряд известных строительных и организационно-технических мероприятий.

Во-первых, площадки вокруг опор можно оградить и повесить предупреждающие знаки.

Во-вторых, внутри каждой охраняемой площадки на расстоянии 0,5 м от забора по периметру можно установить оптическую охранную сигнализацию с помощью лазерной указки и трех скрытых зеркал [2]. Сигнал о прерывании луча будет поступать в блок управления охранной системы.

В-третьих, нижние три яруса опоры могут быть оплетены волоконно-оптическим кабелем с армирующими на растяжение металлическими тросами. Для этого к металлическим уголкам опоры привариваются гайки, через отверстия которых пропускается световод. Целостность световода контролирует тот же блок управления.

В-четвертых, на каждой опоре на высоте 15–20 м может быть установлен тепловой датчик с температурным порогом срабатывания, например, 500°C. При поджоге газовой горелки или использовании устройств абразивной резки металла (при резке металла появятся искры) датчик выдаст в блок управления соответствующий сигнал.

В-пятых, в корпусе блока управления рядом с тепловым датчиком можно установить видеокамеру недорогого охранного устройства.

Блок управления по сигналу любой из предложенных систем контроля (периметра и температуры) оповещает центральный пульт охраны на АЭС (или потребителя) и передает изображение площадки под опорой.

С помощью видеокамер может быть организован самостоятельный канал контроля целостности каждой опоры ЛЭП путем периодического мониторинга площадок, занесения их изображений в память (базу данных), сравнения этих изображений в автоматическом режиме с интервалом, к примеру, в 15 мин. Критерием для выработки сигнала тревоги может быть изменение светового потока и ряд других параметров.

Передачу сигнала тревоги и изображения можно осуществить посредством сотовой связи.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Однако узким местом в реализации подобной охранной системы является проблема организации электропитания электронной аппаратуры, которая, по современным техническим характеристикам, требует наличия на каждой опоре напряжения порядка 5 В при токе потребления в 750–850 мА, т. е. мощности ≈ 5 Вт.

Ранее вопрос об охране линий электропередач от повреждений, например, самолетами, решался достаточно просто: применялась маркировочная окраска опор (работала в дневное время) и сигнальное освещение (в ночное время) [3, 4]. При этом электроснабжение сигнального освещения производилось от местной электросети. Если же вблизи от ограждаемых опор не было источника низкого напряжения, то для питания световой сигнализации использовался емкостной отбор мощности: параллельно проводам действующей линии от опоры до опоры подвешивался провод-антенна или в качестве антенны использовался грозозащитный трос, который изолировался от опор и обеспечивался искровым промежутком в 3–5 мм.

Однако такой способ организации электропитания требовал применения трансформаторов напряжения типа НОМ-6, НОМ-10 или силовых автоблокировочных трансформаторов типа ОМ-1,2/6 мощностью 12 кВт. А это весьма габаритные и тяжелые конструкции, которые необходимо было поднимать краном и устанавливать на опоре линии электропередач. Таким способом можно было обеспечить электропитанием аппаратуру на одной или двух опорах, но не всей линии.

Другой способ получения низкого напряжения от ЛЭП, который применяется на удаленных электрических подстанциях, называется конденсаторным отбором мощности. Например, на подстанциях напряжением в 500 кВ вес конденсаторов на одной опоре достигает 3 тонн, а высота колонны, составленной из конденсаторов, превышает 4,5 м. Опора ставится на специальный фундамент [5]. Использовать такой способ питания для охранной системы затруднительно и экономически не выгодно.

Ряд фирм предлагает оборудование для автономного питания световой сигнализации на солнечных батареях, пригодное для установки на опорах ЛЭП. Так, ООО НПП «ПВТ-Сервис» (Украина) предлагает фотоэлектрическую систему питания заградительных огней светодиодных «СФЭ-24» [6]. Подобную продукцию предлагает фирма «Naps Systems» [7]. Кроме того, опубликованы патенты на автономные системы электропитания для освещения опор ЛЭП с помощью ветроэлектрогенераторов и/или надувных баллонов из пьезополимерной пленки [8]. Однако, подобные системы имеют два существенных недостатка. Во-первых, в их состав обязательно входит аккумулятор, который плохо переносит низкие температуры. Во-вторых, поверхности таких систем достаточно быстро загрязняются продуктами жизнедеятельности птиц [9] и пылью, что приводит к необходимости подниматься на опоры для наведения порядка. Эти недостатки снижают привлекательность подобных систем электропитания.

Более близкое решение к поставленной задаче можно увидеть в технологии измерения токов в ЛЭП с помощью оптоэлектронных трансформаторов тока [10]. Здесь информация о величине тока в линии передается из зоны высокого потенциала в зону низкого потенциала с помощью светового потока по оптоволокну. Но что мешает сформировать световой поток в тысячи раз более мощный и с его помощью сделать отбор мощности от высоковольтной линии так, как это показано на рис. 1?

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Сделаем примерный расчет предложенной схемы на основе имеющихся в настоящее время материалов и элементов, то есть проверим, насколько реальна такая возможность.

Пусть, для нормальной работы аппаратуры охранной системы необходимо обеспечить напряжение $U = 5$ В, ток $I = 1$ А, то есть мощность $P = 5$ Вт.

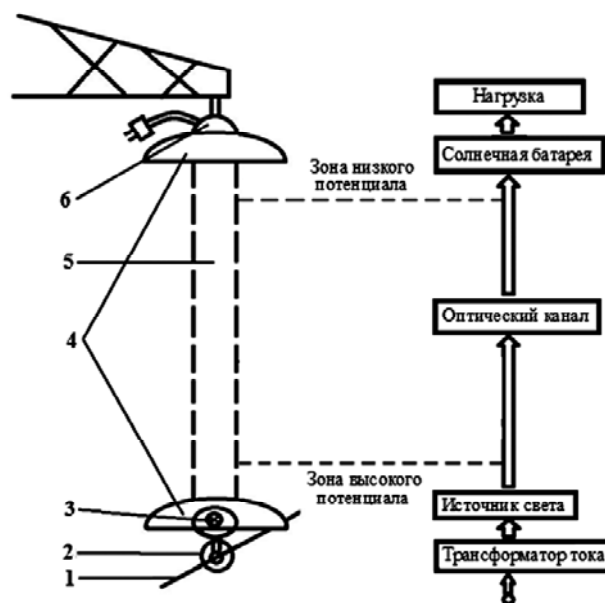


Рис. 1. Структурная схема маломощного источника питания от высоковольтной ЛЭП 750 кВ: 1 – линейный токоведущий провод ЛЭП; 2 – трансформатор тока; 3 – источник света; 4 – изолятор; 5 – оптический канал; 6 – преобразователь светового потока в электрический постоянный ток (солнечная батарея)

Если взять монокристаллический модуль EuroSolar IOW (№606) за основу [11], который при площади поверхности в $39,6 \times 28,9 = 1144,4$ см² обеспечивает 10 Вт мощности, то на половинную мощность достаточно площади 20×30 см². Это при серийной технологии, обеспечивающей коэффициент полезного действия (КПД) преобразования светового потока в электрическую энергию в 14%. Калифорнийская компания Alta Devices предлагает солнечные элементы, обеспечивающие КПД в 30%, и даже в 38% [12]. Но даже при КПД в 30% площадь воспринимающей поверхности может сократиться до круга радиусом 10 см.

При таких относительно небольших габаритах может быть выпущен специальный элемент для преобразования светового потока в электрический ток в виде «алампы» – аламп.

Такая алампа представит собой вакуумный прибор, который защищен от внешней среды и не требует периодической очистки поверхности солнечных элементов от пыли, льда или продуктов жизнедеятельности птиц (рис. 2).

Чтобы алампа обеспечивала заданное напряжение и ток на выходе, на ее вход должен быть подан световой поток, соответствующий стандарту АМ 1,5, т. е. поток фотонов в спектральном диапазоне 0,28... 2,5 мкм при уровне освещенности 1000 Вт/м² и температуре 25°C [13]. Площадь фоточувствительного пятна в алампе составит 314 см² и потребует мощности светового потока в 31,4 Вт. Естественно, входное отверстие аламп не может быть радиусом 15 см, следовательно, луч света должен быть предварительно сфокусирован. Геометрические параметры луча будут определены геометрическими размерами изоляторов 4 и оптического канала 5 (рис. 1).

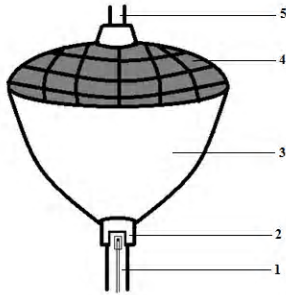


Рис. 2. Преобразователь светового потока в электрический ток (алампа): 1 – оптический канал; 2 – фокусирующая система; 3 – стеклянная колба с вакуумной средой внутри; 4 – фотоэлектрический преобразователь; 5 – электрический разъем для подключения нагрузки

Для прохождения светового луча от источника света до аламп может быть организован транспортный канал открытого оптического типа, длина которого определяется длиной гирлянды изоляторов (для ЛЭП 750 кВ это 6 метров). Интереснее всего пропустить такой оптический канал внутри гирлянды фарфоровых или стеклянных высоковольтных изоляторов (рис. 3). А так как гирлянда должна сохранить свои диэлектрические свойства и способность изгибаться под действием сильных ветров, то возможны три варианта. Для условий сильных морозов внутренние поверхности центрального отверстия могут быть просто белыми, покрытыми глазурью, как и весь изолятор. В условиях средних широт через центральные отверстия может быть пропущена полипропиленовая труба, запаянная с двух сторон и заполненная осушенной азотно-воздушной смесью при нормальном атмосферном давлении [14].

Третий вариант – через всю гирлянду можно пропустить пучок световодов, обладающих широкой полосой пропускания и низкими потерями. К сожалению, световоды с подходящими параметрами в настоящее время промышленность не выпускает, а световоды, предлагаемые для освещения бассейнов под водой, обладают недостаточным к.п.д. [15].

В качестве источника света можно подобрать лампу-фару. Выбор достаточно широк: по долговечности, по конструкции и т. д.

Может быть выпущена специальная лампа-фара для систем охраны опор ЛЭП. Возьмем, например, лампу-фару OSRAM 41830 SSP PAR36, 6V, 36W, для которой можно подобрать оправу с очень малым углом раскрытия луча (VNSP). Остается подать на такую лампу-фару электропитание: $E=6$ В, $I=6$ А.

Таким образом произошла развязка низкопотенциальной области от высокопотенциальной. Теперь, находясь внутри высокопотенциальной области, решим задачу подачи питания на электролампу с помощью трансформатора тока (ТТ) рис. 4 [10, 16].

Сделаем примерный расчет трансформатора тока с целью оценки реальности реализации. Линейный провод ЛЭП марки АС диаметром 50 мм ($R_1 = 25$ мм) 1 (рис. 4) является первичной обмоткой ТТ ($W_1 = 1$ виток).

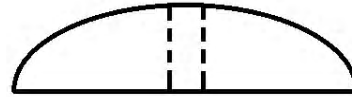


Рис. 3. Высоковольтный изолятор с центральным отверстием для транспортного канала открытого оптического типа

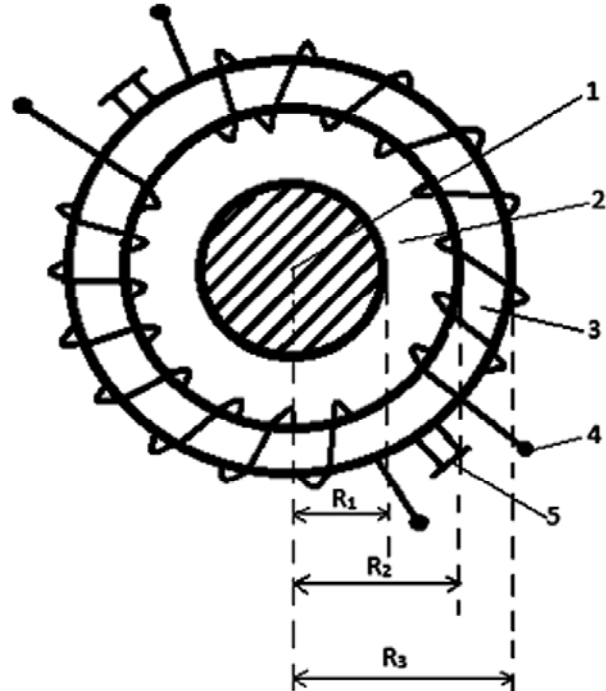


Рис. 4. Разъемный трансформатор тока (ТТ): 1 – линейный токоведущий провод ЛЭП; 2 – проходной изолятор; 3 – магнитопровод из трансформаторной стали 3411; 4 – вторичная обмотка; 5 – элементы крепежа двух половинок магнитопровода

Пусть вторичная обмотка 4 (рис. 4) намотана на магнитопровод 3 (рис. 4) со следующими геометрическими параметрами: радиус внутренней поверхности $R_2=45$ мм, радиус внешней поверхности $R_3=95$ мм; толщины сердечника пока задаваться не будем. По статистике в ЛЭП 750 кВ линейный номинальный ток $I_{\text{н}} = 1300$ А, но $I_{\text{max}} = 3500$ А, поэтому согласно рекомендациям [10] выбираем $I_1 = 4000$ А. Ток во вторичной обмотке равен $I_2 = 6$ А при напряжении $E_2 = 6$ В, а так как ТТ не подключен к нейтральному проводу или «земле», т.е. весь находится в зоне высокого потенциала, то требования к изоляции между первичной и вторичной обмотками ТТ не высокие.

Коэффициент трансформации:

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{4000}{6} = 667.$$

Следовательно, вторичная обмотка содержит $W_2 = 667$ витков.

Длина средней линии магнитопровода:

$$l_{\text{ср}} = 2\pi * \left(R_2 + \frac{R_3 - R_2}{2} \right) = 0,44 \text{ м.}$$

Напряженность магнитного поля внутри сердечника:

$$H = \frac{I_1 * W_1}{l_{cp}} = \frac{400 * 1}{0,44} = 9091 \frac{A}{m}.$$

Это соответствует намагниченности (для стали 3411 худшего сорта) $B = 1,6$ Тл [16].

При определении средней линии магнитопровода 3 (рис. 4) мы использовали его ширину ($R_3 - R_2$). А для определения площади сечения магнитопровода воспользуемся известной формулой:

$$E_2 = 4,44 * f * S * w_2 * B_{max},$$

откуда:

$$S = \frac{E_2}{4,44 * f * w_2 * B_{max}}.$$

Найдем площадь поперечного сечения магнитопровода при $l_{cp} = 0,785$ м, материале сердечника – стали 3411 и описанных выше начальных условиях:

$$S = \frac{6}{4,44 * 50 * 667 * 1,6} = 0,253 \text{ см}^2.$$

Если сечение магнитопровода взять квадратным, то сторона квадрата для указанного сечения равна $a = 0,5$ см. Такая малая величина говорит о том, что для магнитопровода можно применить материал с более низкой магнитной проницаемостью, тогда сечение магнитопровода будет побольше.

Зазор между линейным проводом 1 и магнитопроводом 3 (рис. 4) составит $95 - 2,5 - 25 = 67,5 = 6,25$ см; что позволяет свободно разместить как изоляцию, так и провод вторичной обмотки.

Таким образом, ТТ, который состоит из 2-х половинок кольца стали 3411 квадратного сечения со стороной в 0,5 см радиусом в и вторичной обмоткой с 667 витками медного провода диаметром 2,2 мм [10], будет отбирать от ЛЭП мощность в $1,25 * 36 = 45$ Вт и обеспечивать нормальную работу лампы-фары, мощностью в 36 Вт.

Определим массу ТТ. Масса трансформаторного железа составит

$$0,785 * 10^2 \text{ см} \times 0,253 \text{ см}^2 \times 7,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 156,9 \approx 200 \text{ гр.}$$

Определим массу меди провода. Если длина стороны квадратного сечения магнитопровода равна 0,5 см, то периметр равен 2 см. Тогда длина среднего витка многослойной вторичной обмотки ТТ составит примерно 5 см. Следовательно, масса меди вторичной обмотки ТТ составит:

$$3,14 \cdot 0,11^2 \text{ см}^2 \cdot (5 \text{ см} \times 667) \cdot 8,96 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1135 \text{ гр} = 1,2 \text{ кг.}$$

С учетом изоляции и крепления двух половинок магнитопровода масса ТТ не превысит 3 кг.

Полученные массогабаритные параметры ТТ можно сравнить с параметрами ближайшего аналога – стандартного измерительного ТТ марки Т-0,66 [17], который при первичном номинальном токе в 1000 А и вторичном номинальном токе в 5 А имеет массу не более 1,3 кг. Очевидно, что вторичная обмотка этого измерительного трансформатора выполнена более тонким медным проводом.

Суммарная масса всех элементов предлагаемой системы электропитания окажется 20÷30 кг.

ВЫВОДЫ

Произведенный примерный расчет дал оценку реальности реализации предлагаемой системы электропитания, пригодной для установки на каждой опоре ЛЭП, и оставил возможность оптимизации каждого из элементов предлагаемой системы. Отбирая от ЛЭП мощность в 45 Вт, можно получить 5 Вт на нагрузке, т.е. обеспечить электропитание охранной сигнализации каждой опоры ЛЭП. При этом достигается существенное снижение веса системы питания относительно системы емкостного отбора мощности, а в сравнении с открытой солнечной системой питания данное предложение выгодно отличается отсутствием аккумуляторов, независимостью от погоды, от чистоты поверхности солнечных элементов и их ориентации относительно солнца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повреждение опоры ЛЭП спровоцировало снижение мощности Запорожской АЭС. Режим доступа: <http://economics.unian.net/rus/detail/118304/>. – Название с экрана.
2. *Бородай, В. Д.* Устройство оптической охранной сигнализации / Бородай В. Д. – Режим доступа: <http://radiostorage.net/?area=news/458>. – Название с экрана.
3. *Марфин, Н. И.* Охрана линий электропередачи / Марфин Н. И. – М. : «Энергия», 1968. – 72 с.
4. Охрана ЛЭП от повреждения самолетами. Режим доступа: <http://www.1100kv.ru/oxrana-lep/avia/>. – Название с экрана.
5. *Звенигородский, И. С.* Конденсаторы связи и отбора мощности / Звенигородский И. С. – М. : «Энергия», 1969. – 64 с.
6. Фотоэлектрическая система питания заградительных огней светодиодных – «СФЭ-24». – Режим доступа: <http://pvt-service.com.ua/info/67/htm>. – Название с экрана.
7. Сочи Краснодарский край: Электроснабжение световой сигнализации. Режим доступа: <http://multiwood.ru/fag/17174>. – Название с экрана.
8. Заявка на изобретение 93017908 Российской Федерации, МПК6 Н О5 В 37/00. Система наружного освещения / Абачараев Н. М. – № 93017908/07; заявл. 06.04.1993; опубл. 27.06.1996.
9. Защита ЛЭП от птиц. Режим доступа: <http://forum.ixbt.com/topic.cgi?id=77:10877-2>. – Название с экрана.
10. Трансформаторы тока / [Афанасьев В. В., Адоньев Н. М., Кибель В. М. и др.] – [2-е изд.] – Л. : «Энергоатомиздат» Ленингр. отд-ние, 1989. – 510 с.
11. Солнечные батареи Режим доступа: EuroSolar. <http://ecoist.com.ua/alternativnaja-energia/solnechnie-batarei/eurosolar.html>. – Название с экрана.

12. Sources: Alta Devices, GaAs Solar Startup, Acquired by China's Hanergy. Режим доступа: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/Sources-Alta-Devices-GaAs-Solar-Startup-Purchased-by-Chinas-Hanergy>. – Название с экрана.
13. Госреестр № 45581-10 Российской Федерации. Комплекс метрологический для измерений характеристик солнечных элементов «МК-СЭ», 2010.
14. Фурье-спектроскопия водяных паров в 40-метровом оптическом транспортном канале Новосибирского ЛЭС / [Кубарев В. В., Винокуров Н. А., Колобанов Е. И. и др.]. // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2012. – № 4. – С. 72–75.
15. Борисов, К. Оптоволоконные системы освещения «Fiber Optic Lighting». Режим доступа: <http://www.trikita.by/service6.html>. – Название с экрана.
16. Соловьев, Д. Б. Моделирование трансформатора тока с магнитным сердечником / Соловьев Д.Б. – Режим доступа: <http://www.v-ite.ru/electrotech/2012/01/pdf/2012-01-09.pdf>. – Название с экрана.
17. Трансформатори струму Т-0,66. Режим доступа: http://www.aviokon.lviv.ua/transformatori_strumu_t-066/products. – Назва з екрану.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2014.

Костенко В. О.¹, Сметанін І. Н.², Щекотихін О. В.³

¹Канд. техн. наук, доцент, Запорізький національний технічний університет, Україна

²Старший викладач, Запорізький національний технічний університет, Україна

³Канд. техн. наук, доцент, Запорізький національний технічний університет, Україна

ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ВІД ВИСОКОВОЛЬТНОЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Авторами запропонований спосіб відбору потужності з ЛЕП на кожній опорі, який забезпечує виведення енергії з високопотенційної зони в низькопотенційну на рівні одиниць ват. Конструктивна реалізація не перевищує 30 кг, малогабаритна і має невисоку вартість.

Новизна полягає у вирішенні завдання отримання електроенергії в одиниці ват на кожній опорі ЛЕП новим поєднанням відомих елементів, зміною конструкцій ізоляторів та пропозицією промислового випуску нового виду продукції – сонячних батарей у вигляді вакуумних приладів – «аламп».

Ключові слова: лінії електропередач, надвисока напруга, екологія, опора (щогла), трансформатор струму, оптичний канал, ізолятор, фотоелектричний перетворювач, джерело живлення.

Kostenko V. O.¹, Smetanin I. N.², Shchekotihin O. V.³

¹Ph.D., Associate Professor, Zaporizhzhya National Technical University, Ukraine

²Assistant professor, Zaporizhzhya National Technical University, Ukraine

³Ph.D., Associate Professor, Zaporizhzhya National Technical University, Ukraine

ELECTRIC POWER SUPPLY OF GUARD SIGNALING FROM HIGH-VOLTAGE LINE OF ELECTRICITY TRANSMISSIONS

Vandal destruction supports existing power lines lead to the need for security systems supports. For this, there is must be the instrument power in units of watts on each mast. Literature review showed that it is a problematic issue.

For Electric power transmission line at the level of kilowatts, and at the level of microwatts they use bulky heavy (hundreds of pounds) design, and a range of units watts they propose solution to the problem with the help of autonomous power supply system (solar, wind), which have several drawbacks.

The authors propose a method PTO transmission line on each support, it ensures the withdrawal of energy from the high-grade zone in the low-grade-level units of watts, the constructive implementation of which does not exceed 50 kg, it's compact and has a low cost.

The novelty lies in the task of producing power in units of watts on each support of electric-power transmission new combination of known elements, changes in the design of insulators and supply of industrial release of a new product – solar panels in the form of vacuum tubes – «Alamp».

Keywords: power line, ultrahigh voltage, ecology, support(mast), current transformer, optical channel, insulator, power source.

REFERENCES

1. Povrezhdenie opory' LE'P sprovocirovalo snizhenie moshhnosti Zaporozhkoj AE'S. Rezhim dostupa: /<http://economics.unian.net/rus/detail/118304/>, Nazvanie s e'krana.
2. Borodaj V. D. Ustroystvo opticheskoy oxrannoj signalizacii. Rezhim dostupa: <http://radiostorage.net/?area=news/458/>, Nazvanie s e'krana.
3. Marfin N. I. Oхрана линиј е'лектропередачи. Moscow, E'nergija, 1968, 72 p.
4. Oхрана LE'P ot povrezhdeniya samolyotami. Rezhim dostupa: <http://www.1100kv.ru/oxrana-lep/avia/>. – Nazvanie s e'krana.
5. Zvenigorodskij I. S. Kondensatory' svyazi i otbora moshhnosti. Moscow, E'nergija, 1969, 64 p.
6. Fotoe'lektricheskaya sistema pitaniya zagraditel'ny'x ogneј svetodiodny'x, «SFE'-24», Rezhim dostupa: <http://www.pvt-service.com.ua/info/67/htm>, Nazvanie s e'krana.
7. Sochi. Krasnodarckij kraj. E'lektrosnabzhenie svetovoj signalizacii, Rezhim dostupa: <http://multiwood.ru/fag/17174>, Nazvanie s e'krana.
8. Abacharaev N. M. Sistema naruzhnogo osveshheniya Zayavka na izobretenie 93017908/07 Rossijskoj federacii, MPK6 H O5 B 37/00.;zayavleno 06.04.1993; opublikovano 27.06.1996.
9. Zashhita 'LE'P ot pticz. Rezhim dostupa: <http://forum.ixbt.com/topic.cgi?id=77:10877-2>. – Nazvanie s e'krana.
10. Afanas'ev V. V., Adon'ev N. M., Kibel' V.M. i dr. Transformatory' toka. Leningrad, E'nergoatomizdat, 1989, 510 p.

11. Solnechny'e batarei. Rezhim dostupa: EuroSolar. <http://ecoist.com.ua/alternativnaja-energia/solnechnie-batarei/eurosolar.html/>, Nazvanie s e'krana.
12. Sources: Alta Devices, GaAs Solar Startup, Acquired by China's Hanergy Rezhim dostupa: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/Sources-Alta-Devices-GaAs-Solar-Startup-Purchased-by-Chinas-Hanergy>, Nazvanie s e'krana.
13. Kompleks metrologicheskij dlya izmerenij xarakteristik solnechny'x e'lementov «MK-SE'». Gosreestr № 45581-10 Rossijskoj federacii, 2010.
14. Kubarev V. V., Vinokurov N. A., Kolobanov E. I. Fur'e – spektroskopiya vodyany'x parov v 40-metrovom opticheskom transportnom kanale Novosibirskogo LSE', Nauchny'j vestnik Novosibirckogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2012, No. 4, pp. 72–75.
15. Borisov K. Optovolokonny'e sistemy' osveshheniya «Fiber Optic Lighting». Rezhim dostupa: <http://www.trikita.by/service6.html>, Nazvanie s e'krana.
16. Solov'yov D. B. Modelirovanie transformatora toka s magnitny'm serdechnikom. Rezhim dostupa: <http://www.v-ite.ru/electrotech/2012/01/pdf/2012-01-09.pdf>, Nazvanie s e'krana.
17. Transformatory strumu T-0,66. Rezhim dostupa: http://www.aviokon.lviv.ua/transformatori_strumu_t-066/products, Nazvanie s e'krana.