ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ПОДСТАНЦИЙ ОТ ЭМИ ЯВ: КРАТКОЕ РУКОВОДСТВО

В. И. Гуревич

Центральная электрическая лаборатория. Израиль

Резюме: *Защита современного высокочувствительного электронного оборудования, широко применяемого в электроэнергетике (микропроцессорные устройства релейной защиты, автоматики и телемеханики, микропроцессорные устройства мониторинга, связи, передачи данных и т.п.), а также и силового оборудования (например, трансформаторов) от электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва (ЭМИ ЯВ) – является важной и актуальной задачей. Целью данной публикации является информирование специалистов-энергетиков о существующих сегодня возможностях защиты оборудования подстанций в очень простой иллюстративной форме с минимумом текста и максимум иллюстраций.*

BASIC HEMP PROTECTION MEANS FOR A POWER SUBSTATION: A QUICK GUIDE

V. I. Gurevich

Central Electric Laboratory Israel Electric Corp.

Abstract: *Protection of modern sensitive electronics used in power systems (Digital Protective Relays - DPR, control devices and microprocessor-based communication equipment, etc.) against High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP), and also protection of power transformers, is a vital task for today's world. The purpose of this article is to inform civilian specialists in power engineering, in a very simple, short, but illustrative form, about the means of protection of power substations which are now available for use.*

Введение

Защита электронного и силового оборудования современных подстанций от разрушительного воздействия ЭМИ ЯВ – достаточно сложная задача даже при современном уровне развития техники и технологий. Однако, основные методы и средства защиты уже давно разработаны [1]. Проблема заключается в отсутствии доступного для любого специалиста в области электроэнергетики простого, но обобщающего описания основных методов и средств защиты, который позволил бы создать четкое представление о путях решения проблемы без необходимости поиска информации в многочисленных источниках, не всегда доступных и часто написанных для специалистов в области ЭМИ ЯВ, а не для специалистов в области электроэнергетики. Дополнительной проблемой является существенное отличие методов и средств защиты вновь проектируемых подстанций и уже существующих, что вносит дополнительную путаницу и еще больше затрудняет практическое использование известных методов защиты. Ниже приведены базовые сведения о таких методах защиты отдельно для проектируемых подстанций и для существующих подстанций. Для упрощения восприятия материала, он представлен в виде кратких комментариев и большого количества иллюстраций, дающих возможность специалистам лучше представить те средства защиты, о которых идет речь.

Introduction

Protection of the electronic and power equipment of modern substations against destructive impacts of High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP)- is a challenge in itself, even at a modern level of development of protection technologies. The basic methods and means of such protection have already been developed for a long time.During this time many tens of detailed scientific reports and standards presenting this phenomenon and measures of protection from it have been published. Nevertheless, for the last several decades, one country of the world has not undertaken any practical measures regarding protection of national infrastructures against HEMP. Why? Obviously, because most such publications are written as scientific reports and scientific articles for the specialist in the HEMP field, or contrariwise, as very popular articles intended for laymen.

It is very difficult for the practical specialist of power engineering toperceive andto use technical information presented in such forms.

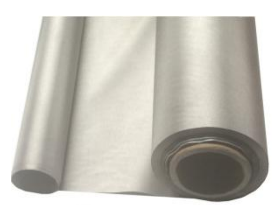
An additional problem is the difference of essential methods and means of protection of new designed substations and those for already existing substations. This creates even more complications in the practical use of known methods of protection.

Below is a table of the basic data of protection methods presented separately for new designed substations and for existing substations. For simplification of perception of the material, the table is presented in the form of graphical figures equipped by brief comments enabling technical specialists and managers to clearly understandthe protection means.

The described methods are common methods which are applicable for all kinds of electronic equipment and power transformers. However, it must be taken into consideration that not all electronic devices need to be protected, only the critical equipment which is placed on critical sites [1]. Such critical equipment and critical sites must be initially determined by the technical personnel.

Средства защиты от ЭМИ ЯВ для проектируемых и для действующих подстанций
Hemp protection means for new designed and existing substations

ПОЛНАЯ ЗАЩИТА ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ПОДСТАНЦИЙ FULL PROTECTION FOR NEW DESIGNED SUBSTATION	**ЧАСТИЧНАЯ ЗАЩИТА ДЛЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПОДСТАНЦИЙ PART PROTECTION FOR EXISTING SUBSTATION**
ПОМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ [1] BUILDINGS AND CONTROL ROOMS	
Специальные сооружения и помещения особой конструкции, из специальных строительных материалов или из листового металла, защищающие внутреннее оборудование от ЭМИ ЯВ, предусматриваемые на стадии проектирования. Special HEMP protected buildings and control rooms with HEMP resilience requirements at initial project stage.	Специальные средства защиты, предусмотренные для монтажа в существующих зданиях и помещениях: металлические (алюминий, медь) облицовочные панели, электропроводящие ткани, ковры, занавески, пленки, обои для стен, электропроводные краски и лаки. Special protection means for existing buildings and control rooms: metal facing panels, conductive fabric, shielding curtains, carpets, cloth, conducive films and wall paint, stainless steel mesh.




Stewart-MacDonald
Conductive Shielding Paint
KEEP OUT OF THE REACH OF CHILDREN.

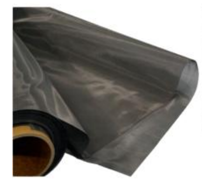
<table>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">МОНТАЖНЫЕ ШКАФЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ [1]
CONTROL CABINETS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT</td></tr>
<tr><td>Специальные шкафы, предлагаемые на рынке, выполненные из специального сплава (Alyzinc®), снабженные специальными вентиляционными фильтрами, прокладками из электропроводной резины и т.д.

Specially designed control cabinets manufactured using a special alloy (Alyzinc®), with enhanced protection from HEMP fitted with special mesh, lined with an electrically conductive rubber gasket, shielded ventilation windows, etc.

</td><td>Специальные средства защиты существующих шкафов со стеклянными дверями: электропроводящиепленки для стекол, электропроводные стекла, смазки, наполненные порошком серебра, спрэи с электропроводными лаками, электро-проводные сетки, губки и ткани для уплотнения кабельных вводов.

Special means for HEMP protection for existing control cabinets with glass doors (conductive sponge, film, electrically conductive glass, conductive grease, shielding spray, shielding gaskets).

</td></tr>
</table>



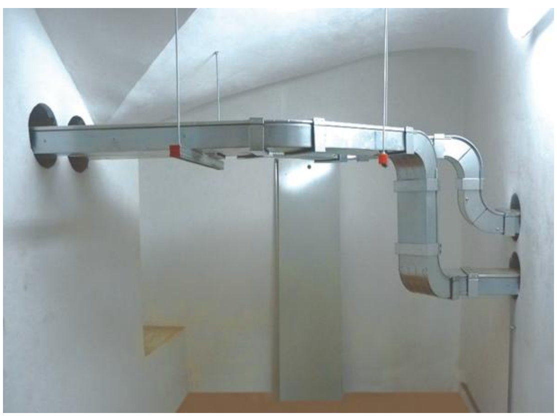
ЭКРАНИРОВАННЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ КАБЕЛИ [1]
SCREENED CONTROL CABLES

Специальные контрольные кабели, состоящие из набора витых пар с индивидуальными экранами, покрытыми общим многослойным экраном (фольга и оплетка) с коэффициентом заполнения не менее 85%. Полностью металлические кабельные лотки.

Special control cableswith multilayer screen, intended for protection against HEMP, special screened cable trays.

Дополнительные П-образные металлические экраны в протяженных внешних кабельных лотках. Экранирующие оболочки с застежкой типа «молния» для неэкранированных кабелей

AdditionalП-shaped metal shield in the long external cable trays, zip-closing screening sleeves and jackets for single interior cables.

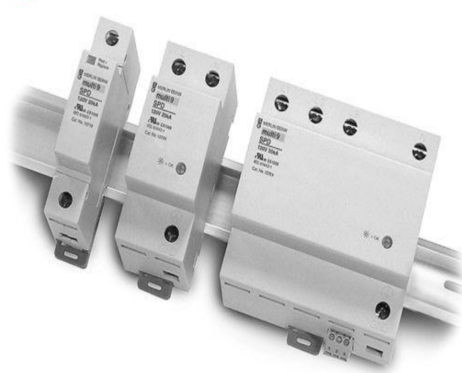
  	  
ФИЛЬТРЫ [1] FILTERS	
Специальные LC –фильтры, предназначенные для защиты от ЭМИ ЯВ цепей управления, связи, электропитания, предлагаемые многими компаниями.	Ферритовые кольца, устанавливаемые на кабели без необходимости их разрезания. Набор из 3 колец должен быть подобран в соответствии с рекомендациями [1]. Стандартные фильтры ЭМИ ЯВ должны быть использованы лишь для защиты особо ответственной и особо чувствительной аппаратуры.
Special HEMP LC-filters inserted in inputs and outputs of control cabinets, communication and control circuits,	Ferrite bead that are not necessary for cables cutting. The set of 3 beads must be tested and

power supply circuits.	completed according to [1]. HEMP LC-filters might be necessary only for some kind of very sensitive communication equipment.
	

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ[1]
SURGE PROTECTIVE DEVICES

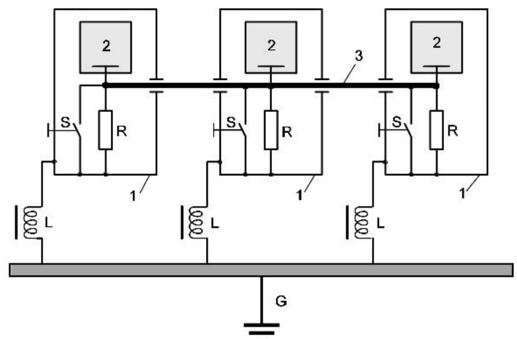
Быстродействующие устройства защиты от импульсных перенапряжений (оксидно-цинковые варисторы или комбинированные устройства) должны быть установлены в цепях управления и цепях питания. Многие типы выпускаются в пластмассовых корпусах, предназначенных для установки на стандартной DIN-рейке. Лучший вариант: мощные супрессоры на основе TVS-диодов, обладающие большим быстродействием, чем варисторы.

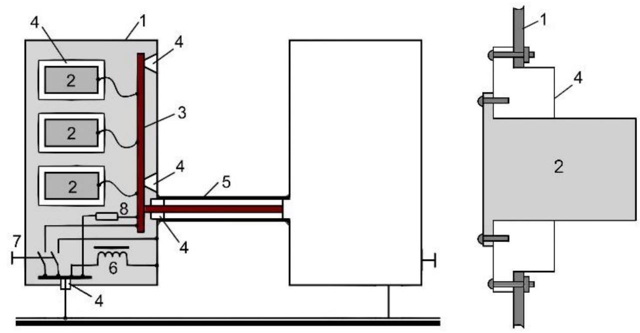
Fast surge protective devices (metal-oxide varistors or combined devices) must be added to all power AC and DC circuits and also to control circuits. Best choice – protection devices based on very fast power TVS-diodes.



ЗАЗЕМЛЕНИЕ [2, 3]
GROUNDING

Предлагаемая система заземления: «специальная плавающая земля»



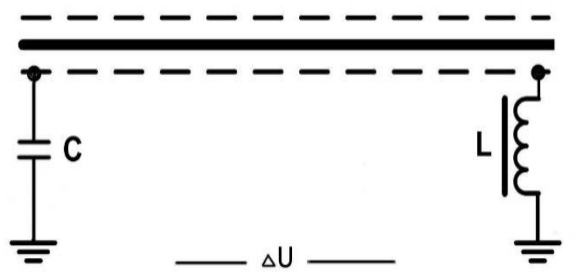


1 – металлические шкафы с электронной аппаратурой; *2* – электронные приборы, установленные в шкафу; *3* – медная шина, образующая изолированную локальную область общего потенциала (местная земля); *4* – изоляторы; *5* – кожух-экран; *6* (L) – дроссель; *7* (S) – рубильник с электроблокировкой двери шкафа; *8* (R) – высоковольтный высокомегаомный резистор; G – система заземления энергетического объекта

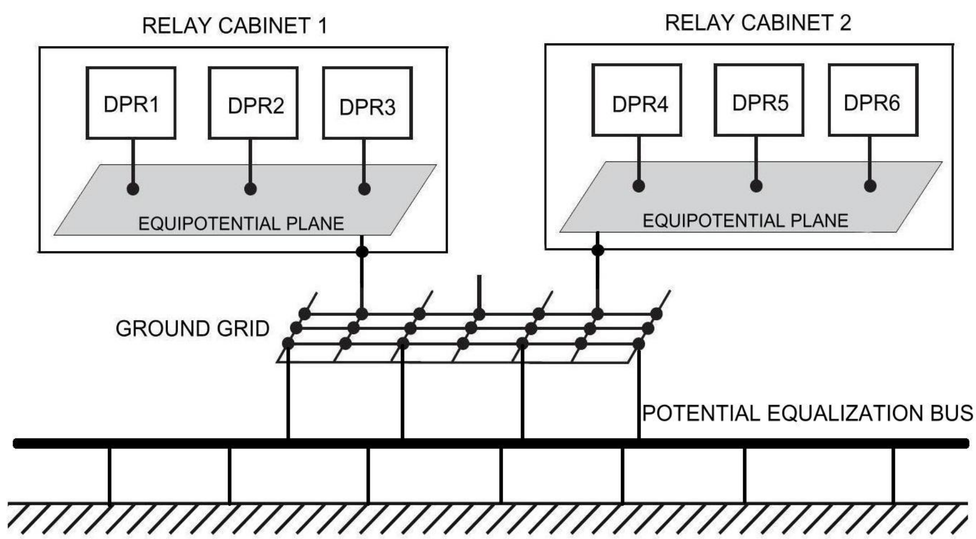
Высокочастотные дроссели

рубильники с электроблокировкой двери шкафа

Заземление экранов контрольных кабелей



Grounding methodmust provide normal functioning of all kinds of sensitive equipment atthe substation before, during and after HEMP, and also electrical safety of personnel in the normal ordinary regime.
Addition means: “Paradoxical grounding” (inserting addition high-frequency chokes in grounding circuit) or disconnecting grounding.



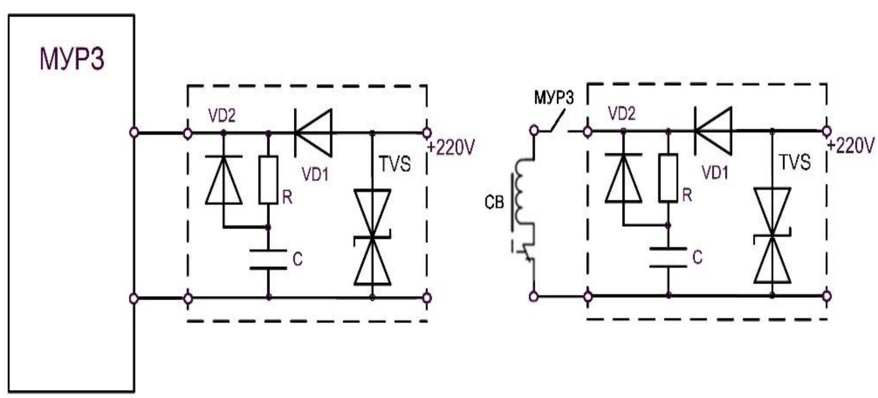
high-frequency chokes

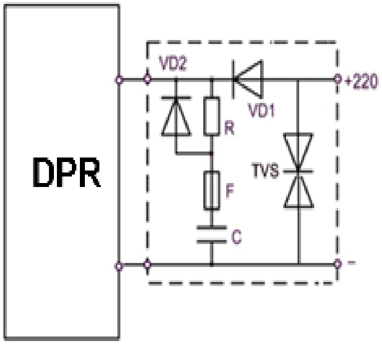
Limit switches for replacement a permanent grounding with connective grounding

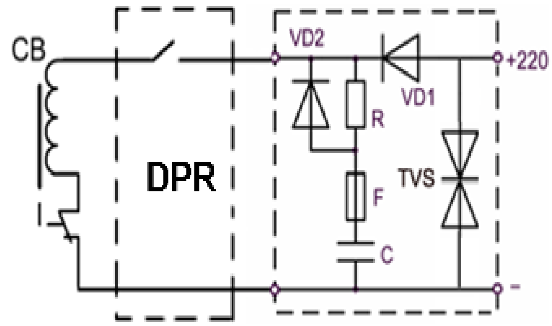
РЕЗЕРВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ [1]
RESERVE POWER SUPPLIES

Резервные источники питания для микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ) и отключающих катушек выключателей, основанные на защищенных от ЭМИ ЯВ накопительных конденсаторах. Позволяют произвести как минимум одну операцию отключения или включения выключателяСВ по команде МУРЗ без аккумуляторных батарей и зарядных устройств или источников бесперебойного питания.

Reserve power suppliesbased on HEMP protected and shielded accumulating capacitors for digital protective relays (DPR) feeding, for controls of circuit breakers (CB), provided single operation as minimum without substation batteries, chargers and UPS.







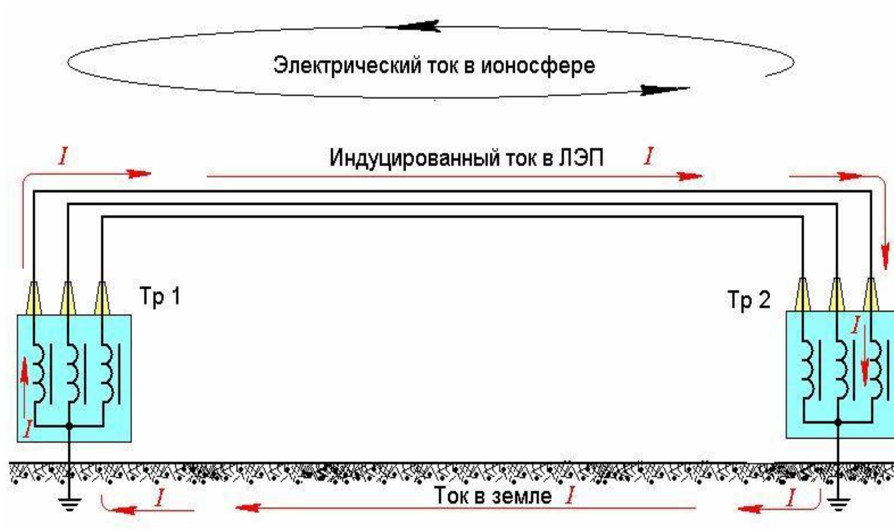
ХРАНЕНИЕ ЗАПАСНЫХ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ [1]
SPARE PARTS

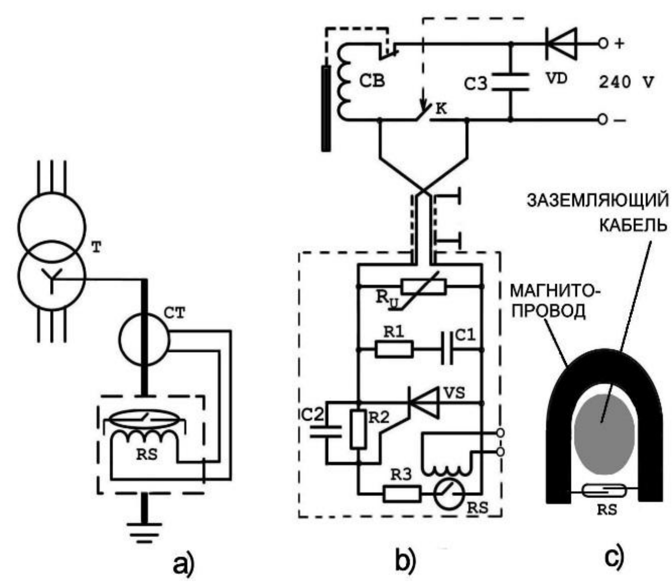
Запасные модули электронной аппаратуры (например, МУРЗ) должны храниться в непосредственной близости от критически важных МУРЗ на критически важных объектах в пакетах с напыленным алюминием, а пакеты – в закрытых алюминиевых ящиках с толщиной стенки не менее 5 мм. Модули должны быть полностью готовыми к работе (т.е. протестированными и настроенными).

Electronic equipment replacement modules (tested, fully adjusted and with actual setting) in HEMP protected aluminum boxes.

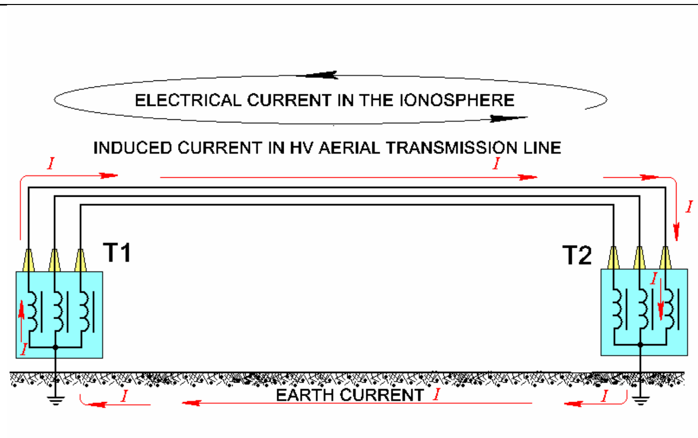


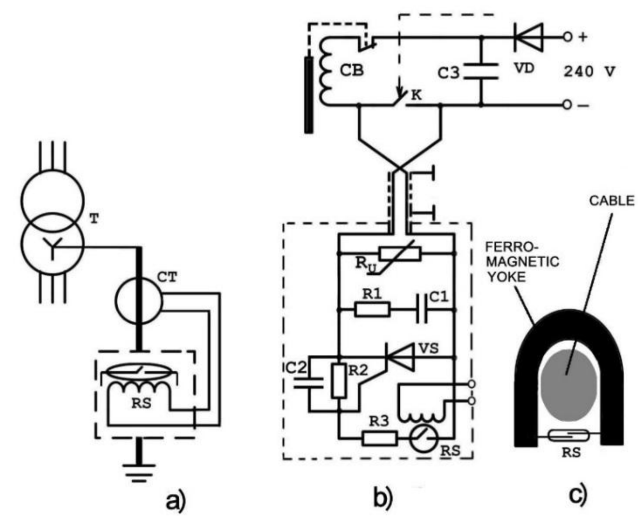
ЗАЩИТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ[1] POWER TRANSFORMERS PROTECTION
Концепция защиты силового трансформатора от компонента Е3 ЭМИ ЯВ предусматривает его отключение при обнаружении постоянной составляющей тока более 10 А в цепи его нейтрали с помощью специального, защищенного от ЭМИ ЯВ реле. Disconnection of power transformer at increasing of DC component in the neutral more than 10 A by means of special HEMP protected relay.





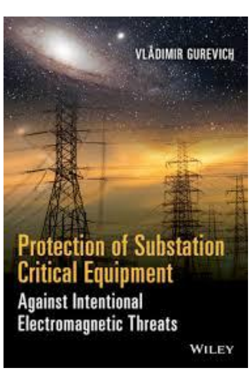
Реле, защищенное от ЭМИ ЯВ





HEMP protected relay

REFERENCE SOURCE



All details and addition information regarding of described means and its correct choice placed in this book

Литература

1. Гуревич В.И. Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса. М.: Инфра-Инженерия, 2016.
2. Гуревич В.И. Проблемы заземления электронной аппаратуры электроэнергетических объектов. // Компоненты и технологии. 2017. № 4.
3. Гуревич В.И. Заземление экранов контрольных кабелей: есть ли решение проблемы? // Релейная защита и автоматизация. 2017. № 4.

Авторы публикации

Гуревич Владимир Игоревич – канд. техн. наук. Электротехническая компания Израиля, г. Хайфа, Израиль. E-mail:vladimir.gurevich@gmx.net.

References

1. Gurevich VI Protection of substation equipment from electromagnetic impulse. - Moscow: Infra-Engineering, 2016.
2. Gurevich VI Problems of grounding of electronic equipment of electric power facilities. - Components and technologies, 2017, No. 4.
3. Gurevich VI Earthing of control cable screens: is there a solution to the problem? - Relay protection and automation, 2017, No. 4.

Authors of the publication

Vladimir I Gurevich – cand. tech. sciences. Electrotechnical company of Israel, Haifa, Israel. E-mail: vladimir.gurevich@gmx.net.

Поступила в редакцию ***13 апреля 2017 г.***