

**Список литературы:** 1. Бойко Н.И. Электротехнология получения синтез-газа с использованием объемных высоковольтных импульсных разрядов: коронного и барьерного / Н.И. Бойко, Л.С. Евдосенко, В.М. Иванов, С.Ф. Коняга // *Электротехника і електромеханіка*. – 2014. – № 4. – С. 45-50. 2. Бойко Н.И. Высоковольтные импульсные трансформаторы в технологических установках / Н.И. Бойко, А.В. Борцов, А.В. Евдосенко, А.И. Зароченцев, В.М. Иванов // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – Х.: НТУ «ХПІ», 2006. – № 36. – С. 8-13. 3. Международная научно-практическая конференция MicroCAD-2012 Тезисы докладов XX международной научно-практической конференции. – Ч.IV. – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – С. 69. 4. Бойко Н.И. Компактный емкостный делитель напряжения на 70 кВ с экранированным промежуточным электродом / Н.И. Бойко, Л.С. Евдосенко, В.М. Иванов, О.А. Христенко // *Електротехніка і електромеханіка*. – 2012. – № 6. – С. 41-46.

**Bibliography (transliterated):** 1. Bojko N.I. Jelektrotehnologija poluchenija sintez-gaza s ispol'zovaniem ob'jomnyh vysokovol'tnyh impul'snyh razrjadov: koronnogo i bar'ernogo. N.I. Bojko, L.S. Evdoshenko, V.M. Ivanov, S.F. Konjaga. *Elektrotehnika i Elektromehanika*. 2014. No 4. 45-50 Print. 2. Bojko N.I. Vysokovol'tnye impul'snye transformatory v tehnologicheskix ustanovkax. N.I.Bojko, A.V.Borcov, L.S.Evdoshenko, A.I.Zarochencev, V.M.Ivanov. *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkiv: NTU «KhPI», 2006. No 36. 8-13 Print. 3. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija MicroCAD-2012. Tezisy dokladov HX mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Part. IV. Kharkiv, NTU «KhPI». 2012. 69 Print. 4. Bojko N.I. Kompaktnyj jomkostnyj delitel' naprjazhenija na 70 kV s jekranirovannym promezhutochnym jelektrodom. N.I. Bojko, L.S. Evdoshenko, V.M. Ivanov, O.A. Hristenko. *Elektrotehnika i elektromehanika*. 2012. No 6. 41-46 Print.

*Поступила (received) 01.04.2015*

УДК 519.2

**Г. М. КОЛИУШКО**, канд. тех. наук., ст. науч. сотр., НТУ «ХПИ»;  
**О. С. НЕДЗЕЛЬСКИЙ**, вед. инженер, НТУ «ХПИ»;  
**Е. Г. ПОНУЖДАЕВА**, зав. лаб., НТУ «ХПИ»;  
**Р. К. БОРИСОВ**, канд. тех. наук., вед. науч.сотр., НИУ «МЭИ», Москва, Россия;  
**Д. И. КОВАЛЕВ**, ст. преподаватель, НИУ «МЭИ», Москва, Россия

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ УСТРОЙСТВА БЛОКИРОВКИ ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ**

В статье описаны конструкции четырех разработанных опытных образцов устройства блокировки оперативных переключений (УБОП) коммутирующих аппаратов высокого напряжения, используемых на энергообъектах, представлены преимущества и недостатки опытных образцов. В результате устранения недостатков разработан и изготовлен оптимальный вариант конструкции устройства, сохраняющий все преимущества, с которым можно ознакомиться в данной статье.

© Г. М. Колиушко, О. С. Недзельский, Е. Г. Понуждаева, Р. К. Борисов, Д. И. Ковалев, 2015

**Ключевые слова:** устройство блокировки оперативных переключений, электромагнитный механизм, оперативные блокировки безопасности.

**Введение.** С целью повышения надежности и безопасности выполнения оперативных переключений коммутирующих устройств высоковольтного оборудования энергообъектов были поставлены задачи по созданию и внедрению новых комплексов электротехнического оборудования (КЭО) с «интеллектуальным» управлением, в состав которых входят устройства блокировки оперативных переключений (УБОП). Эти устройства оснащены электромагнитным механизмом блокировки, что позволяет фиксировать состояние «ОТКРЫТО» – «ЗАКРЫТО» системой управления оперативными блокировками безопасности (ОББ).

**Описание разработок.** Специалисты Национального исследовательского университета «МЭИ» (г. Москва) и Национального технического университета «ХПИ» (г. Харьков) в совместном сотрудничестве разработали, изготовили и испытали ряд опытных образцов УБОП.

Все опытные образцы сохраняют посадочные размеры, диаметр и рабочий ход штока находящихся в эксплуатации устройств блокировки, например, замка ЗБ-1М, и соответствуют указанным в [1].

Внешний вид опытного образца №1 представлен на рис. 1.



Рисунок 1 – Внешний вид опытного образца № 1

Опытный образец № 1 УБОП имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими аналогами:

- возможность снятия фиксации перемещения штока электромагнитным механизмом подачи сигнала от системы управления ОББ;
- повышение безопасности оперативных действий при переключениях за счет использования напряжения 24В постоянного тока питания цепей электромагнитного механизма;
- возможность включения на неограниченное время при потребляемой

мощности 4 Вт;

–оснащение светодиодными индикаторами состояний «ПИТАНИЕ ВКЛ.» и «ОТКРЫТО».

При испытаниях данного опытного образца и анализу его конструкции были выявлены следующие недостатки:

– сложность механизма фиксации штока, что понижает надежность работы и повышает стоимость изготовления деталей;

– габаритные размеры опытного образца №1 УБОП велики и требуют минимизации.

Испытательный стенд, на котором проводились экспериментальные исследования изображен на рис. 2.



Рисунок 2 – Испытательный стенд



Рисунок 3 – Внешний вид опытного образца № 2

Опытный образец № 2 разрабатывался одновременно с образцом № 1. Его внешний изображен на рис. 3.

Данный опытный образец имеет более надежный электромагнитный механизм. Особенность этого образца: отсутствие светодиодных индикаторов

состояния «ОТКРЫТО» и «ПИТАНИЕ ВКЛ.». Индикация состояния «ОТКРЫТО» – «ЗАКРЫТО» осуществляется с помощью герконового реле, встроенного в корпус. Срабатывание реле происходит при осевом перемещении штока, на котором размещен кольцевой магнит. Недостатки опытного образца № 2:

- трудоемкость изготовления деталей;
- большие габариты.

Так как опытный образец № 2 признан более надежным, его конструкция взята за основу для дальнейших разработок.

Одним из пожеланий заказчика является использование в качестве крепежных элементов двух винтов М5, проходящих в осевом направлении корпуса УБОП и входящих в резьбовые отверстия на неподвижной части привода коммутирующих устройств. Для осуществления такой возможности и устранения недостатков опытных образцов № 1 и № 2 разработан опытный образец № 3. Внешний вид показан на рис. 4.



Рисунок 4 – Внешний вид опытного образца № 3

Испытания опытного образца № 3 показали, что в результате существенного усовершенствования конструкции его работа более надежна. Однако, в данном образце применен более мощный электромагнит (7 Вт), корпус которого при длительной работе перегревается. Корпус образца № 3 УБОП, выполненный из пластика, не дает возможность рассеивать тепло. Для улучшения теплоотдачи корпуса электромагнита разработан опытный образец № 4, внешний вид которого изображен на рис. 5.

Конструкция и экспериментальные исследования термодинамических показателей работы опытного образца № 4 представлены в [3].

Анализ температурных показателей позволяет сделать вывод о том, что для конструкции опытного образца № 4 тепловой режим длительной работы электромагнита является допустимым. Недостатками данного опытного об-

разца являются:

- ненадежная работа системы ручного деблокирования;
- необходимость изготовления дополнительных деталей (заглушки клина, резиновые уплотнения для заглушек);
- тонкая балансировка усилий пружин.



Рисунок 5 – Внешний вид опытного образца № 4

Кинематическая схема разработанного опытного образца, оснащенного менее сложным механизмом фиксации штока, надежной системой ручного деблокирования, представлена на рис. 6.

Механизм УБОП работает следующим образом.

В максимально выдвинутом положении штока (1), что соответствует состоянию «ЗАКРЫТО», катушка электромагнита (9) обесточена. Пружина (10) удерживает рычаг (12) и соединенное с ним коромысло (15) таким образом, что в зафиксированном состоянии оказывается шток.

При подаче питания на катушку электромагнита его сердечник втягивается, вокруг оси (14) поворачивается рычаг (12) с коромыслом (15), освобождая шток (1). С помощью кольца (6), закрепленного на штоке (1) операторам производится перемещение штока в осевом направлении. При достижении положения «ОТКРЫТО» шток фиксируется посредством попадания подпружиненного коромысла в проточку на штоке.

После снятия напряжения питания электромагнита (9) пружина (10) возвращает толкатель (13) в первоначальное положение, рычаг (12) поворачивается вокруг оси (14), освобождая шток, который под действием возвратной пружины (5) вновь оказывается в положении «ЗАКРЫТО».

Ручное деблокирование устройства осуществляется поворотом рычага (12) вручную. При этом необходимо выкрутить пробку (11).

Корпус (2) выполнен из алюминиевого сплава, состоит из двух частей, скрепляемых винтами (8). На штоке (1) размещен кольцевой магнит (3), обеспечивающий срабатывание герконового реле (4).

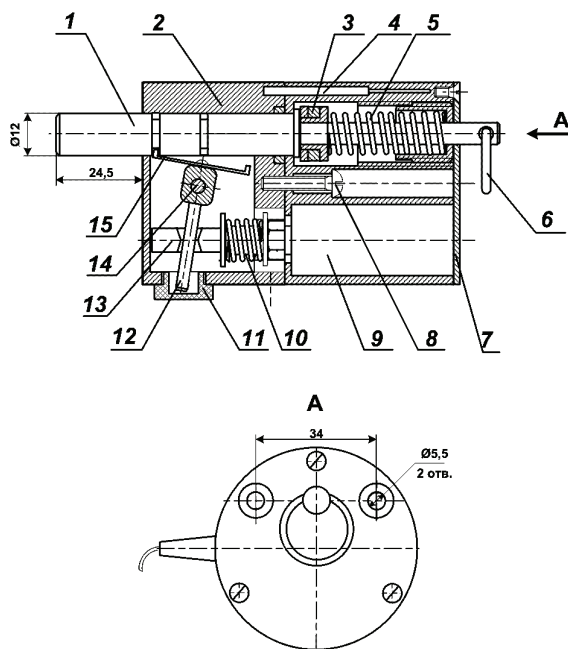


Рисунок 6 – Кинематическая схема опытного образца УБОП: 1 – шток; 2 – корпус; 3 – кольцевой магнит; 4 – герконовое реле; 5 – возвратная пружина; 6 – кольцо; 7 – крышка; 8 – винт; 9 – электромагнит; 10 – пружина; 11 – пробка; 12 – рычаг; 13 – толкатель; 14 – ось; 15 – коромысло

**Выводы.** В результате анализа конструкций опытных образцов УБОП определены их преимущества и недостатки. В работе представлена конструкция опытного образца УБОП, в которой сохранены все преимущества предыдущих разработок и устранены недостатки.

Представленная работа выполняется Национальным исследовательским университетом «МЭИ» (г. Москва) совместно с Национальным техническим университетом «ХПИ» (г. Харьков).

Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Список литературы:** 1. Инструкция по эксплуатации оперативных блокировок безопасности в распределительных устройствах высокого напряжения. РД 34.35.512. Союзгэзэнерго, 1979 г. 2. Устройство блокировки оперативных переключений (УБОП) комплекса электрооборудования нового поколения / Г.М. Колишко, О.С. Недзельский, Е.Г. Понуждаева, Р.К. Борисов, С.И. Хренов, Д.И. Ковалев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 21 (1064). – С. 66-71. 3. Конструкция и термодинамические показатели опытного образца устройства блокировки оперативных переключений УБОП / Г.М. Колишко, О.С. Недзельский, Е.Г. Понуждаева, А.В. Пличко, Д.И. Ковалев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 50 (1092). – С. 109-114.

**Bibliography (transliterated):** 1. Instrukcija po jekspluatacii operativnyh blokirovok bezopasnosti v raspredelitel'nyh ustroystvah vysokogo naprjazhenija. RD 34.35.512. Sojuzgezhenergo, 1979 g. Print. 2. Ustrojstvo blokirovki operativnyh perekljuchenij (UBOP) kompleksa elektrooborudovanija novogo pokolenija. G.M. Koliushko, O.S. Nedzelskyi, H.G. Ponuzhdayeva, R.K. Borisov, S.I.Khrenov, D.I. Kovalev. Visnik NTU "KhPI". Serija: Tehnika ta elektrophizika visokih naprug. Kharkiv: NTU "KhPI", 2014. No 21 (1064). 66-71. Print. 3. Konstrukcija i termodinamicheskie pokazateli opytnogo obrazca ustrojstva blokirovki operativnyh perekljuchenij UBOP G.M. Koliushko, O.S. Nedzelskij, H.G. Ponuzhdayeva, A.V. Plichko, D.I. Kovalev Visnik NTU "KhPI". Serija: Tehnika ta elektrofizika visokih naprug. Kharkiv: NTU "KhPI"; 2014. No50 (1092). 109-114. Print.

*Поступила (received) 16.03.2015*

УДК 621.391.825

**А.И. КОРОБКО**, канд. техн. наук, зав отделом, НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;

**З.И. КОРОБКО**, науч. сотр., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ С РАДИОЭЛЕКТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ В РЕЖИМЕ ОБРАТИМЫХ ОТКАЗОВ**

Рассмотрена модель энергетического взаимодействия сверхширокополосных импульсных электромагнитных излучений естественного и искусственного происхождения с радиоэлектронными системами в режиме обратимых отказов. Проведен анализ двух основных путей образования ложных сигналов на выходах радиоэлектронных систем, которые характеризуют режим обратимых отказов: взаимодействие импульсного электромагнитного излучения с проводниками печатных плат и непосредственное взаимодействие излучения с активными полупроводниковыми элементами, которые являются составными частями радиоэлектронных систем. Представлена расчетная топологическая схема для анализа электромагнитных процессов в разветвленных радиоэлектронных системах. Проведен анализ практической применимости и реализуемости численных решений для расчетной топологической схемы. Рассмотрен механизм взаимодействия импульсного электромагнитного поля с основными элементами радиоэлектронных систем на основе энергетических характеристик этого взаимодействия. Приведены результаты анализа энергетического механизма взаимодействия.

**Ключевые слова:** импульсное электромагнитное поле, радиоэлектронная система, обратимый отказ, печатная плата.

**Введение.** Как известно, процесс взаимодействия мощного импульсного электромагнитного излучения (ИЭМИ) естественного и искусственного про-

© А.И. Коробко, З.И. Коробко, 2015

УДК 519.2

**Аналіз конструкцій дослідних зразків пристроїв блокування оперативних перемикачів.** / Г.М. Коліушко, О.С. Недзельський, О.Г. Понуждаєва, Р.К. Борисов, Д.І. Ковальов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 20 (1129). – С. 43-49. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0740.

У статті подані описи конструкцій чотирьох розроблених дослідних зразків пристроїв блокування оперативних перемикачів (ПБОП) комутуючих апаратів високої напруги, що використовуються на енергооб'єктах, розглянуті переваги та недоліки дослідних зразків. У результаті усунення недоліків розроблено та виготовлено оптимальний варіант конструкції пристрою, з яким можна ознайомитись у цій статті. Усі переваги попередніх розроблених зразків збережені.

**Ключові слова:** пристрій блокування оперативних перемикачів, електромагнітний механізм, оперативні блокування безпеки.

УДК 519.2

**Анализ конструкций опытных образцов устройств блокирования оперативных переключений** / Г.М. Коліушко, О.С. Недзельський, О.Г. Понуждаєва, Р.К. Борисов, Д.І. Ковальов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 20 (1129). – С. 43-49. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0740.

В статті описані конструкції чотирьох розроблених опытных образцов устройства блокировки оперативных переключений (УБОП) коммутирующих аппаратов высокого напряжения, используются на энергообъектах, представлены преимущества и недостатки опытных образцов. В результате устранения недостатков разработан и изготовлен оптимальный вариант конструкции устройства, с которым можно ознакомиться в данной статье. Все преимущества предыдущих разработанных образцов сохранены.

**Ключевые слова:** устройство блокировки оперативных переключений, электромагнитный механизм, оперативные блокировки безопасности.

**Design analysis of the experimental models of the blocking device for operative commutations** / G.M. Koliushko, O.S. Nedzelskiy, H.G. Ponuzhdayeva, R.K. Borisov, D.I. Kovalev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – № 20 (1129). – С. 43-49. – Bibliogr.: 3. – ISSN 2079-0740.

Design of four experimental models of the blocking device for operative commutations of high voltage electrical equipment is presented in this article. These devices are used in the high voltage (from 3 kV to 300 kV) apparatus of energetic objects. The devices that have been developed are appointed to complete the new "intellectual" systems to provide the safety blocking of operative commutations. These systems use the microcontrollers that allow to increase reliability and safety of the whole commutation system of energoobjects.

Advantages and some disadvantages of these experimental models are described. The analyses have been fulfilled by the specialists during the testing of the newest systems of the commutation management of the high voltage equipment. As the result of this analysis, the optimal version of device design without any disadvantages is given to acquaint in this article.

**Keywords:** blocking device for operative commutations; electromagnetic mechanism; operative safety blockings.