

1976. Print. 2. Knopf, G. "Sverxsilnye impulsnye polya". Moskva: Mir, 1972. Print. 3. Lineveg, F. "Izmerenie temperatur v tekhnike. Spravochnik". Moskva: Metallurgiya, 1980. Print. 4. Alievskij, B. L. and Orlov V. L. "Raschet parametrov magnitnykh polej osesimmetrichnykh katushek: Spravochnik". Moskva: Energoatomizdat, 1982. Print. 5. Bolgarskij, A. V., G. A. Muxachev and V. K. Shhukin. "Termodinamika i teploperedacha". Moskva: Vysshaya shkola, 1975. Print. 6. Chase, M. W. "NIST-JANAF Thermochemical tables". Journal of Physical and Chemical Reference Data. Monograph № 9 – 1998. – P. 1–1951. Print. 7. Ho, C. Y., R. W. Powell and P. E. Liley. "Thermal conductivity of the elements: A comprehensive review". Journal of Physical and Chemical Reference Data. – 1974. – Vol. 3, Supplement №1. – P. 1–796. Print. 8. Babichev, A. P., N. A. Babushkina, A. M. Bratkovskij. "Fizicheskie velichiny. Spravochnik". Moskva: Energoatomizdat, 1991. Print. 9. Frolov, E. S., V. E. Minajchev and A. T. Aleksandrova. "Vakuumnaya tekhnika. Spravochnik". Moskva: Mashinostroenie, 1985. Print.

Поступила (received) 02.10.2014

УДК 519.2

Г.М. КОЛИУШКО, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НТУ «ХПИ»;
О.С. НЕДЗЕЛЬСКИЙ, вед. инженер, НТУ «ХПИ»;
Е.Г. ПОНУЖДАЕВА, зав. лаб., НТУ «ХПИ»;
А.В. ПЛИЧКО, мл. научн. сотр., НТУ «ХПИ»;
Д.И. КОВАЛЕВ, ассистент, НИУ «МЭИ», Москва, Россия

КОНСТРУКЦИЯ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА УСТРОЙСТВА БЛОКИРОВКИ ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ УБОП

В статье представлена конструкция разработанного опытного образца устройства блокировки оперативных переключений УБОП. Устройство предназначено для работы в системе обеспечения блокировок безопасности коммутирующих аппаратов высокого напряжения энергообъектов. Описана работа механизма УБОП с электромагнитным приводом. Представлены результаты экспериментальных исследований термодинамических показателей работы УБОП в длительном режиме включения электромагнитного привода механизма блокировки.

Ключевые слова: устройство блокировки оперативных переключений, замковый механизм, электромагнит, температура нагрева.

Введение. Разработка нового комплекса электрооборудования (КЭО), включающего в себя устройства блокировки несанкционированных оперативных переключений коммутирующего электрооборудования (разъединители, заземлители и т.п.), потребовало создание новых устройств блокировки, в частности – блок-замков с электромагнитным механизмом управления. Устройства блокировки оперативных переключений (УБОП) должны быть адаптированы к разрабатываемому КЭО с «интеллектуальным» управлением, по-

© Г.М. Колиушко, О.С. Недзельский, Е.Г. Пон, А.В. Пличко, Д.И. Ковалев, 2014

вышающим безопасность оперативных работ и надежность работы комплексов электрооборудования в целом.

При использовании серийно выпускаемого блок-замка ЗБ-1, операции по деблокированию переключающих приводов электрооборудования осуществляются оператором непосредственно на месте установки оборудования с помощью электромагнитного (КЭЗ-1М) и магнитного (КМ-1М) ключей [1] и не отвечают требованиям к КЭО нового поколения.

В [2] описано вновь разработанное УБОП, позволяющее управлять электромагнитным механизмом блокировки и фиксировать состояние «открыто» - «закрыто» системой управления оперативными блокировками безопасности (ОББ). Анализ конструкции опытного образца УБОП [2] и экспериментальные исследования характеристик, определяющих его работоспособность и соответствие заданным условиям эксплуатации, показали ряд недостатков, в частности, определенную сложность механизма фиксации запирающего штока блок-замка, что понижает надежность работы при длительной эксплуатации, и недопустимый перегрев корпуса электромагнита механизма фиксации штока.

Проведенные работы по устранению недостатков описанной в [2] конструкции УБОП определили конструкцию описанную ниже, в которой в значительной мере устранены недостатки предыдущей разработки.



Рисунок 1 – Общий вид опытного образца устройства блокировки оперативных переключений УБОП

Описание разработки. Специалистами Национального исследовательского университета «МЭИ» (г. Москва) и Национального технического университета «ХПИ» (г. Харьков) разработан и изготовлен опытный образец УБОП, предназначенный для работы в составе КЭО ОББ нового поколения.

Общий вид образца УБОП представлен на рис. 1.

Основные технические характеристики УБОП представлены в табл. 1.

Присоединительные размеры и элементы крепления к электрооборудованию соответствуют указанным в [1].

Конструкция механизма УБОП представлена на рис. 2.

Таблица 1 – Основные технические характеристики УБОП

Наименование параметра или характеристики	Значение
1. Рабочий ход запирающего штока, мм	14^{+2}_{-1}
2. Диаметр запирающего штока, мм	$12^{-0,18}$
3. Усилие открытия замкового механизма, Н - начальное, не менее - конечное, не более	5 20
4. Напряжение питания электромагнита, В (постоянного тока).	24 ± 4
5. Ток в катушке электромагнита, А, не более	0,35
6. Габаритные размеры, мм, не более	$\varnothing 70 \times 150$
7. Масса, кг, не более	0,7

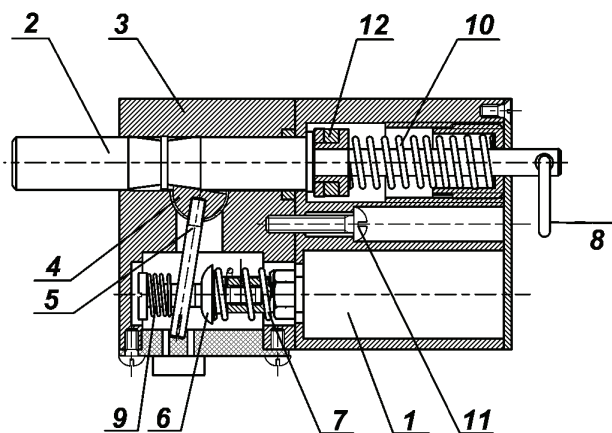


Рисунок 2 – Конструкция механизма УБОП: 1 – электромагнит; 2 – шток; 3 – корпус; 4 – поворотный клин; 5 – рычаг; 6 – толкатель; 7 – пружина; 8 – кольцо; 9 – пружина; 10 – пружина возвратная; 11 – винт; 12 – кольцевой магнит

Механизм УБОП работает следующим образом.

В начальном положении, соответствующем состоянию «закрыто» (катушка электромагнита ЭМ (1) обесточена) шток (2) максимально выдвинут из корпуса (3) и зафиксирован в этом положении поворотным клином (4) с

рычагом (5). Рычаг (5) подпирается толкателем (6) с пружиной (7).

При подаче питания на катушку ЭМ сердечник ЭМ втягивается, переводя поворотный клин в промежуточное положение, освобождающее свободу перемещения штока (2) в осевом направлении в положение «открыто». Перемещение штока осуществляется оператором посредством кольца (8), закрепленного на штоке (2). При достижении штоком положения «открыто» пружина (9) поворачивает рычаг (5) с поворотным клином (4) в положение заклинивания обратного хода штока (2).

После снятия напряжения питания ЭМ толкатель (6) поворачивает рычаг (5), освобождая осевой ход штока, и он под действием возвратной пружины (10) возвращается в положение «закрыто».

Корпус (3) выполнен из дюралюминия, из двух частей, скрепляемых винтами (11). На штоке (2) размещен кольцевой магнит (12), обеспечивающий срабатывание встроенного в корпус герконового реле при осевом перемещении штока. Контакты герконового реле включены в цепь индикации состояния «открыто» - «закрыто» УБОП.

Представленная на рисунке 2 конструкция механизма УБОП имеет преимущества по сравнению с предыдущей разработкой [2], заключающиеся в более простом механизме фиксации положения штока, имеющего один поворотный клин, что повышает технологичность изготовления и надежность эксплуатации УБОП. Конструкция позволяет закрепить корпус УБОП на неподвижной части привода коммутирующего аппарата двумя винтами (М5), проходящими в осевом направлении корпуса, посредством вкручивания их со стороны передней крышки корпуса, что является несомненным преимуществом перед аналогом [2].

Экспериментальные исследования. В результате проведенных предварительных испытаний ранее разработанного опытного образца УБОП [2] было установлено, что принятое конструктивное решение не обеспечивает достаточного теплоотвода корпуса электромагнита (ЭМ) замкового механизма. Несмотря на относительно небольшую тепловую мощность, выделяемую в катушке ЭМ при протекании постоянного тока (до 7 Вт при напряжении питания 24 В), при недостаточном теплоотводе от корпуса (элементов) ЭМ в замкнутом пространстве корпуса УБОП нагрев ЭМ при длительном (более 30 мин.) времени включенного состояния может нарастать до 70 °С и более, что недопустимо.

Согласно техническим характеристикам электромагнита EM-CS1949Z-24, примененного в конструкции описываемого УБОП, при номинальном напряжении питания катушки ЭМ (24 В) время работы в условиях естественного конвективного охлаждения при температуре окружающего воздуха 20 °С ± 4 °С неограничено. При этом температура корпуса достигает 45 °С, что подтверждено экспериментально.

При отсутствии конвективного охлаждения и размещения ЭМ в замкну-

том пространстве корпуса УБОП, выполненного из низкотеплопроводных материалов (пластиков) [2] возможен нагрев ЭМ до недопустимых температур (более 70 °С).

Для улучшения теплоотдачи корпуса ЭМ в описываемой конструкции опытного образца УБОП цилиндрический корпус ЭМ помещен в цилиндрическое отверстие металлического корпуса УБОП (см. рис. 1). Для улучшения теплоотдачи зазор между поверхностями корпусов заполнен термопроводящей пастой КТП-8. Торец корпуса ЭМ плотно прикреплен к корпусу УБОП резьбовым соединением, обеспечивающим максимальный тепловой контакт.

Проведены экспериментальные исследования термодинамических показателей работы УБОП в длительном режиме включения питания катушки ЭМ. Результаты представлены графиками изменения температуры корпуса УБОП и корпуса ЭМ на рис. 3.

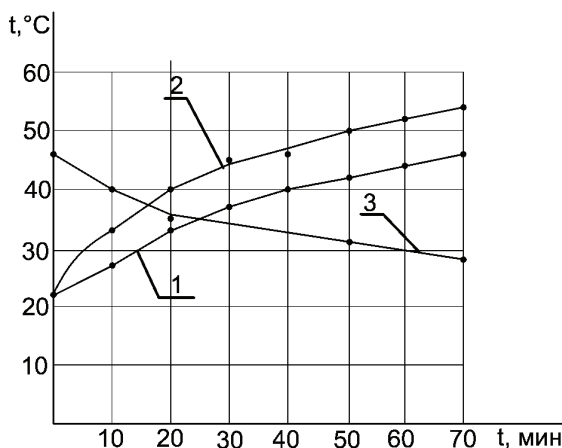


Рисунок 3. Графики зависимости температуры от времени: 1 – нагрев корпуса УБОП; 2 – нагрев корпуса ЭМ; 3 – охлаждение корпуса УБОП

Измерение температуры осуществлялось термопарой прибора RD700, которая укреплялась на поверхности корпуса посредством термопроводящей пасты КТП-8. Температура корпуса УБОП измерялась на наружной поверхности на расстоянии 20 мм от торца корпуса; температура ЭМ измерялась на торцевой поверхности цилиндрического корпуса, на имеющего теплового контакта с корпусом УБОП.

Как следует из анализа графиков рис. 3, температура корпуса УБОП через 60 минут достигает $t^{\circ} = 42^{\circ}\text{C}$, а температура корпуса ЭМ достигает $t^{\circ} = 52^{\circ}\text{C}$. При этом корпус УБОП, изготовленный из металла (дюралюминий), находился в условиях охлаждения естественной конвекцией окружающего воздуха комнатной температуры ($20^{\circ}\pm 2^{\circ}$) °С. Напряжение питания катушки ЭМ составляло 24 В постоянного тока величиной 0,25 А (ток при росте тем-

пературы менялся от 0,26 А до 0,24 А).

Средняя выделяемая тепловая мощность составляла 7 Вт.

Анализ температурных показателей позволяет сделать вывод о том, что для описываемой конструкции опытного образца УБОП температурный режим работы электромагнита является допустимым. В дальнейших разработках опытных образцов и проведении контрольных испытаний не исключено введение в эксплуатационную документацию временных ограничений нахождения УБОП в режиме включенного питания катушки ЭМ при определенных условиях эксплуатации (превышении температуры окружающего воздуха 35 °С).

Выводы. Разработанный опытный образец УБОП обладает рядом преимуществ по сравнению с аналогами и предыдущими разработками. В работе представлена конструкция и термодинамические показатели экспериментальных исследований работы УБОП в длительном режиме. Обоснована необходимость применения конструктивных решений по обеспечению максимальной теплопередачи корпуса ЭМ к теплопроводящему корпусу УБОП, имеющему конвективное охлаждение в окружающей среде.

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. – Союзтехэнерго, 1979. 2. Устройство блокировки оперативных переключений (УБОП) комплекса электрооборудования нового поколения / Г.М. Колишко, О.С. Недзельский, Е.Г. Понуздаева, 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.

Bibliography (transliterated): 1. Instrukcija po eksploatacii operativnyh blokirovok bezopasnosti v raspredelitelnyh ustroystvah vysokogo naprjzhenija. RD 34.35.512. Sojuztehenergo, 1979. Print. 2. Ustrojstvo blokirovki operativnih pereklyuchenij (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. N21 (1064). P. 66-71. Print.

Поступила (received) 24.10.2014

УДК 519.2

Конструкція и термодинамічні показники спробного зразка пристрою блокування оперативних перемикачів УБОП / Г.М. Колиушко, О.С Недзельський, О.Г. Понуждаєва, Р.К. Борисов, С.И. Хренов, Д.И. Ковалев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 50 (1092). – С. 109-114. – Бібліогр.: 2 назв. – ISSN 2079-0740.

У статті подана конструкція розробленого спробного зразка пристрою блокування оперативних перемикачів УБОП. Пристрій призначений для роботи в системі забезпечення блокувань безпеки комутації апаратів високого напруги енергооб'єктів. Описана робота замкового механізму УБОП з електромагнітним приводом. Подані результати експериментальних досліджень термодинамічних показників роботи УБОП в тривалому режимі включення електромагнітного приводу механізму блокування.

Ключові слова: пристрій блокування оперативних перемикачів, замковий механізм, електромагніт, температура нагріву.

УДК 519.2

Конструкция и термодинамические показатели опытного образца устройства блокировки оперативных переключений УБОП / Г.М. Колиушко, 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. – № 50 (1092). – С. 109-114. – Бібліогр.: 2 назв. – ISSN 2079-0740.

В статье представлена конструкция разработанного опытного образца устройства блокировки оперативных переключений УБОП. Устройство предназначено для работы в системе обеспечения блокировок безопасности коммутирующих аппаратов высокого напряжения энергообъектов. Описана работа механизма УБОП с электромагнитным приводом. Представлены результаты экспериментальных исследований термодинамических показателей работы УБОП в длительном режиме включения электромагнитного привода механизма блокировки.

Ключевые слова: устройство блокировки оперативных переключений, замковый механизм, электромагнит, температура нагрева.

Design and thermodynamic characteristics of the experimental model of the blocking device for operative commutations «UBOP» / G.M. Koliushko, O.S. Nedzelskiy, H.G. Ponuzhdayeva, R.K. Borisov, S.I. Khrenov, D.I. Kovalev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2014. – № 50 (1092). – С. 109-114. – Bibliogr.: 2. – ISSN 2079-0740.

Design of the experimental model of the blocking device for operative commutations «UBOP» is presented. This device is appointed to do in the safety blocking commutation systems for the high voltage energetics devices. The function of the key – mechanism with electromagnetic drive is described. The results of the experimental research of the thermodynamics characteristics of long-time working «UBOP» electromagnetic blocking drive is presented.

Key words: blocking device for operative commutations; key – mechanism; electromagnet; heating temperature.