

УДК 621.315.175

**Кольцов Андрей Валерьевич, Ковтун Геннадий Николаевич,
 Горюшин Юрий Александрович, Иваницкая Ирина Викторовна,
 Языченков Николай Степанович, Волошин Андрей Геннадьевич,
 Савотин Олег Александрович, Лебедев Дмитрий Евгеньевич**

ЛИНЕЙНЫЙ КОМПЛЕКС КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ: ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Образование гололеда на линиях электропередачи может приводить к серьезным авариям, вплоть до падения опор и обрыва проводов. Эффективным способом избавления проводов от гололеда является его плавка электрическим током. Для проведения плавки гололеда необходимо создать контур протекания электрического тока. Для этого, в настоящее время, за пределами подстанций размещаются закорачивающие распределительные пункты или, при помощи временных закороток, соединяются между собой фазные провода. Первый способ требует существенных финансовых и временных затрат, второй способ не является в полной мере надежным и безопасным. Способом организации контура, лишенным указанных недостатков, является применение линейного комплекса коммутационных аппаратов, представляющего собой разьединители с собственной системой питания и самодиагностики, установленные на опоре линии электропередачи.

В статье рассмотрены аспекты организации и функционирования системы питания линейного комплекса коммутационных аппаратов, устанавливаемого на опорах воздушных линий электропередачи 220 и 330 кВ и используемого для организации контура при плавке гололеда электрическим током. Показаны особенности функционирования информационной системы линейного комплекса коммутационных аппаратов, обеспечивающей удаленное отслеживание статуса основных блоков в режиме онлайн.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, плавка гололеда, закорачивающий распределительный пункт, линейный комплекс коммутационных аппаратов, система самодиагностики.

**Andrey Koltsov, Gennady Kovtun, Yurii Goryushin, Irina Ivanitskaya,
 Nikolai Yazichenkov, Andrei Voloshin, Oleg Savotin, Dmitrii Lebedev
 POWER AND INFORMATION SYSTEM OF LINEAR COMPLEX
 OF SWITCHING DEVICES**

Power lines icing can cause serious accidents up to fall of poles and wire break. An effective way to get rid of ice on wires is its fusion of electric shock. For the melting of ice is necessary to create a path that is currently outside the substations is performed using the organization of short-circuit distribution point, or by the organization of temporary short-circuiting between the wires. First method requires significant financial and time investments; another one is not fully reliable and safe. Using of linear complex of switching devices mounted on power line poles, helps to remove these shortcomings. The complex has its own power and self-diagnostic systems.

This article discusses issues of the organization and operation of power system of the linear complex of switching devices that are installed on 220 kV and 330 kV AC OHTL and presents features of the information system of the linear complex of switching devices such as online remote status control.

Key words: overhead transmission lines, ice-melting, shorting distribution station, linear complex of switching devices, self-diagnostic system.

Линии электропередачи являются системообразующими связями, от работы которых зависит бесперебойность передачи электроэнергии множеству потребителей. Надежность линий электропередачи зависит от ряда факторов, включая качество проектирования, строительно-монтажных работ, корректность эксплуатации при различных атмосферных условиях.

Одним из факторов, оказывающих значительное негативное воздействие на надежность эксплуатации в ряде регионов, является интенсивное гололедообразование. Последствия от образования гололеда на проводах воздушных линий электропередачи (ВЛ) могут быть катастрофическими, включая обрывы проводов, разрушение арматуры, поломку и падение опор [1]. Поэтому, согласно п. 2.5.16 ПУЭ, на ВЛ, проходящих в районах с толщиной стенки гололеда 25 мм и более (IV район по гололеду), а также с частыми образованиями гололеда или изморози в сочетании с сильными ветрами и в районах с частой и интенсивной пляской проводов, рекомендуется предусматривать систему плавки гололеда на проводах [2], которая является одним из наиболее эффективных способов снижения риска повреждения ВЛ в данном случае. При этом необходимо создать контур протекания электрического тока.

Одним из известных решений является организация закорачивающего распределительного пункта (ЗКРП), однако в ряде случаев требуется создание контура вдали от населенных пунктов, что в случае строительства полноценного ЗКРП оказывает существенную финансовую нагрузку на энергетические компании. Оптимальным решением в этом случае является применение линейного комплекса коммутационных аппаратов (ЛККА), представляющего собой необходимый комплект разъединителей с электрическим питанием, размещенных на опоре линии электропередач. Для разработки таких устройств по заказу ПАО «ФСК ЕЭС» для нужд ее предприятий была инициирована НИОКР «Разработка конструкторской документации, типовых решений и создание опытного образца комплекса коммутационных аппаратов с дистанционным управлением, устанавливаемого на опорах ВЛ 220–500 кВ для плавки гололеда».

Общее описание ЛККА. Основное предназначение ЛККА – коммутация разъединителей в режиме отсутствия напряжения на линии электропередач для организации контура плавки по схеме «фаза – фаза». Для выполнения этой функции ЛККА имеет в своем составе набор оборудования, обеспечивающего необходимые алгоритмы работы как при наличии напряжения в сети, так и при его отсутствии.

Оборудование ЛККА размещено на двух симметричных площадках, закрепляемых с помощью болтовых соединений на анкерных опорах линий электропередачи. Схема размещения оборудования классов напряжения 220 и 330 кВ для различных типов опор с подставками (У220-1, У220-3, У330-1, У330-3, подставки +5, +9, +14) идентична и приведена на рис. 1. Незначительные отличия по размещению имеются только при использовании опор без подставок.

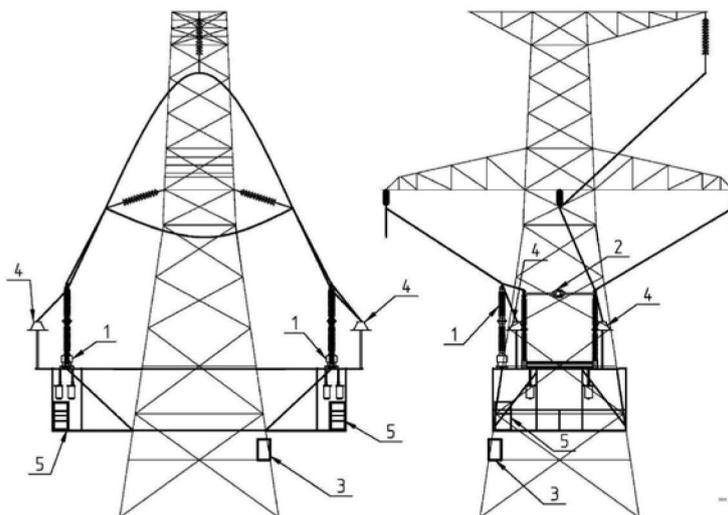


Рис. 1. Размещение оборудования ЛККА на опоре У330-3+5:

1 – емкостные трансформаторы напряжения (ЕТН), 2 – разъединители, 3 – шкаф выносного блока управления (ШБУ), 4 – ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН), 5 – шкафы питания (ШП)

Основной состав оборудования и его назначение:

- разъединители выполняют функцию закорачивания соседних фаз для организации контура плавки гололеда;
- емкостные трансформаторы напряжения (поз. 1 рис. 1) предназначены для отбора мощности и организации оперативной блокировки;
- шкафы питания (поз. 5 рис. 1) – термошкафы с обогревом, предназначены для размещения аккумуляторных батарей (АКБ), многофункциональных автономных преобразователей, иных компонентов ЛККА (повышающих трансформаторов 100/220 В, маршрутизаторов, GSM-модемов и т. д.);
- шкаф блока управления (поз. 3 рис. 1) – шкаф размещения органов управления разъединителями;
- ограничители перенапряжения нелинейные – предназначены для защиты оборудования ЛККА от перенапряжений.

Принципиальная электрическая схема ЛККА, включая связи между размещаемым оборудованием, показана на рис. 2.

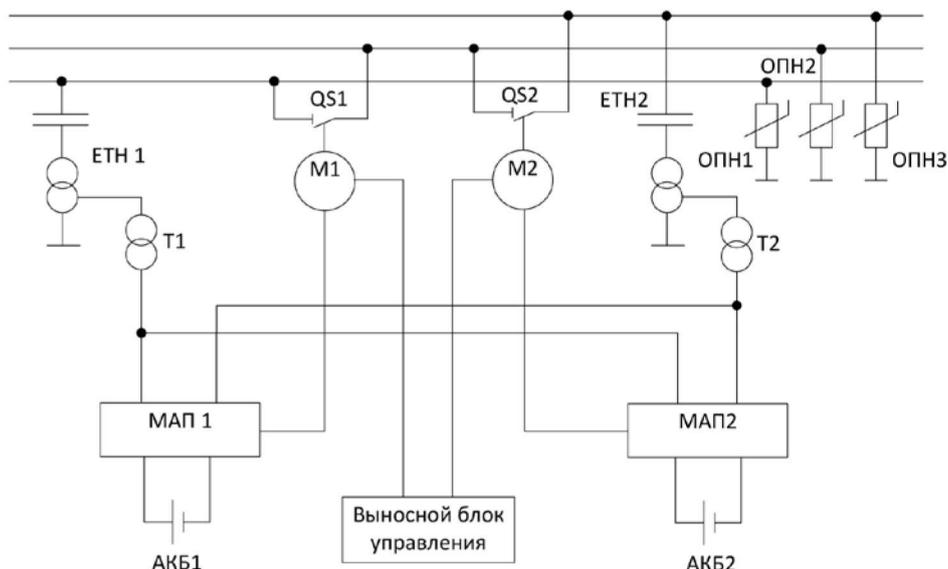


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема ЛККА 220 и 330 кВ:

ETH1, ETH2 – емкостные трансформаторы напряжения; T1, T2 – повышающие трансформаторы 100/220 В; МАП1, МАП2 – многофункциональные автономные преобразователи напряжения (выпрямители-инверторы); АКБ1, АКБ2 – малообслуживаемые аккумуляторные батареи; QS1, QS2 – разъединители; M1, M2 – приводы разъединителей QS1, QS2; ОПН1...ОПН3 – ограничители перенапряжения нелинейные; выносной блок управления – блок управления разъединителями QS1 и QS2

Система питания ЛККА. Система питания ЛККА, обеспечивающая все устройства переменным напряжением 220 В, работает в трех режимах:

- 1) режима работы от аккумуляторных батарей;
- 2) режим работы от линии электропередачи;
- 3) режим работы от внешнего источника (дизель-генератора и т. д.).

Для обеспечения работы ЛККА при отсутствии напряжения на линии электропередачи используются малообслуживаемые аккумуляторные батареи (АКБ), постоянное напряжение 12 В которых в переменное 220 В преобразуют многофункциональные автономные преобразователи напряжения

(МАП). Применяемые АКБ располагаются в обогреваемых термошкафах вместе с МАП и компонентами, необходимыми для полноценной работы ЛККА. Емкости АКБ достаточно для полноценной работы ЛЛКА и проведения многократных коммутаций разъединителей в течение не менее 6 часов с момента отключения напряжения на ВЛ.

При наличии напряжения на ВЛ МАП осуществляют зарядку АКБ, а также выполняют трансляцию энергии (выдают на выход входное напряжение, не используют энергию АКБ). Если величина входного напряжения выходит за рамки, устанавливаемые программно (максимальный диапазон 160–265 В), МАП переключается на режим генерации напряжения от АКБ. МАП1 и МАП2 имеют питание от обоих ЕТН, при этом для МАП1 основным источником питания является ЕТН1, для МАП2 – ЕТН2. В случае отсутствия питания от основного источника питания МАП переключается на резервный источник – другой ЕТН.

В нештатной ситуации – разряде АКБ – существует возможность подключения внешнего источника питания. Для этого в шкафу, где расположен выносной блок управления (поз. 3, рис. 1) размещена розетка для подключения дизель-генератора. Розетка подключена на выход ТН1, что обеспечивает питание обоих МАП.

Электрические блокировки. Для обеспечения безопасности работы ЛККА в устройстве задействованы электрические блокировки, реализованные при помощи реле напряжения. Реле напряжения включены в цепи блокировки управления разъединителями и не позволяют производить коммутацию при наличии напряжения на ВЛ как в режиме управления с выносного блока управления, так и в режиме местного управления (из шкафов приводов разъединителей 3, 4, 5). В обоих шкафах питания имеется по 2 реле напряжения, одно из которых подключено к выходу ЕТН1, второе – к выходу ЕТН2. При наличии напряжения на любом из ЕТН работа разъединителей блокируется.

Для управления разъединителями при отсутствии напряжения на ВЛ и питания от внешнего источника питания через выносную розетку в выносном блоке управления реализован автомат, разрывающий связь между выходом ТН1 и МАП1 – в этом случае при подаче напряжения 220 В от внешнего источника питания не будет происходить обратной трансформации через ТН1 в 100 В, и как результат – срабатывания реле напряжения и блокировки оперирования разъединителями. При этом при наличии напряжения на ВЛ реле напряжения сработает, т. к. подключено постоянно к выходам ЕТН, что обеспечивает необходимую безопасность при оперировании разъединителями.

Информационная система ЛККА. Основным преимуществом ЛККА является наличие управления разъединителями из выносного блока управления. Однако данное преимущество будет сведено на «нет» при отсутствии информации о состоянии узлов и блоков ЛККА, контролируемом удаленно.

Для реализации этой задачи разработана информационная система (система самодиагностики) ЛККА, представляющее из себя автоматизированное рабочее место, отражающее статус основных блоков ЛККА. Внешний вид информационной системы приведен на рис. 3.

Разработанная информационная система ЛККА указывает на положение разъединителей и позволяет оценивать состояние основных блоков ЛККА, в т. ч. состояние аккумуляторных батарей и режимы работы МАП, наличие неисправностей в приводах разъединителей, а также в ОПН.

Передача информации от ЛККА осуществляется по GSM-каналу через GSM-модем с возможностью переключения между двумя операторами сотовой связи. При отсутствии GSM-связи в зоне установки ЛККА имеется возможность установки и задействования спутникового модема.

Испытания опытного образца ЛККА. В Филиале ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» – СибНИИЭ осенью 2016 г. был испытан опытный образец ЛККА на номинальное напряжение 220 кВ, установленный на элементе опоры У220-3+5. Основная цель испытаний опытного образца – проверка принятых конструкторских решений и качества совместной работы оборудования. На рис. 4 показана фотография опытного образца, установленного на испытательном поле.



Рис. 3. Внешний вид информационной системы ЛККА

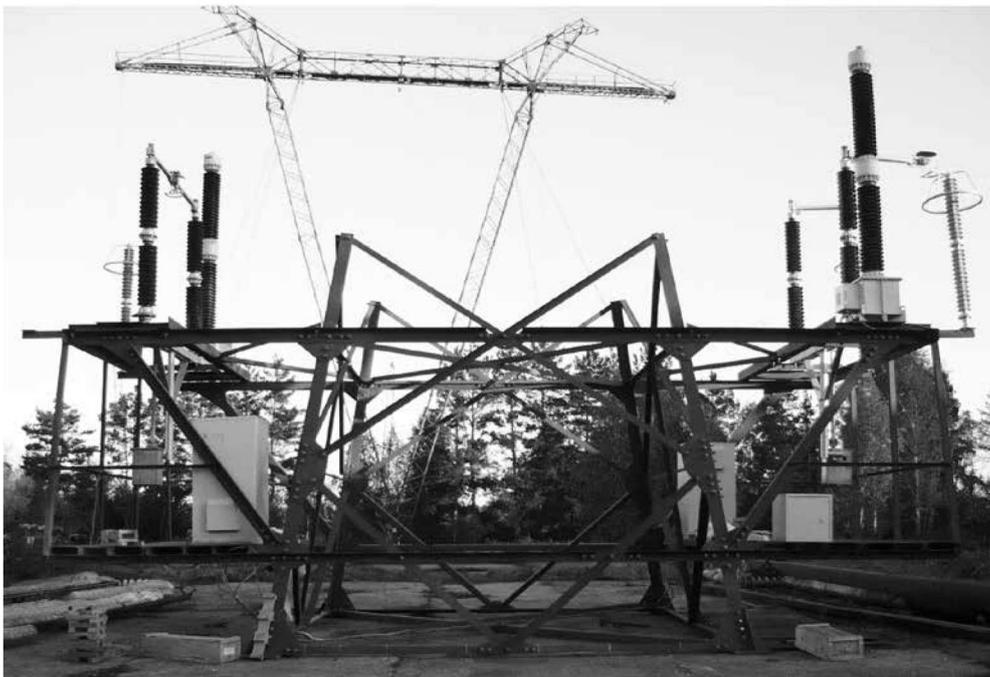


Рис. 4. Общий вид опытного образца ЛККА

Во время испытаний были подтверждены определенные характеристики:

- механическая прочность конструкции при воздействии ветровых и гололедных нагрузок на оборудование ЛККА,
- блокировка включения ножей разъединителя от внешнего блока управления при наличии рабочего напряжения на линии,
- проверена работа средств связи,
- функционирование при номинальном рабочем напряжении,
- электромагнитная совместимость вторичного оборудования ЛККА при грозовых воздействиях.

Таким образом, разработанный линейный комплекс коммутационных аппаратов позволяет оперировать разъединителями с применением выносного блока управления без подъема на опору, вне зависимости от высоты размещения самого оборудования ЛККА. Предложенная информационная система ЛККА обеспечивает отслеживание статуса всех основных блоков ЛККА, что позволяет при возникновении неисправностей оперативно их устранять.

Литература

1. Шевченко Н. Ю. Повышение эффективности реконструируемых воздушных линий электропередач, подверженных экстремальным метеовоздействиям: автореф. канд. техн. наук: 05.09.03 / Шевченко Наталья Юрьевна. – Саратов, 2011.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд.
3. Разъединители серии РГ на напряжение 220 кВ (однополюсная установка). Руководство по эксплуатации. ИВЕЖ.674215.108 РЭ. ЗАО «ЗЭТО», 49 с.
4. Разъединители серии РГ на напряжение 330 кВ. Руководство по эксплуатации. ИВЕЖ.674216.059 РЭ. ЗАО «ЗЭТО», 27 с.
5. Привод электродвигательный типа ПД-14УХЛ1. Руководство по эксплуатации. ИВЕЖ.654133.017 РЭ. ЗАО «ЗЭТО», 56 с.