

Правило седьмое – «Инвестировать в кадры – мотивировать посредством участия» – способствует привлечению работников энергетического объекта к решению вопросов охраны труда. Помимо этого поощрение сотрудников к соблюдению правил техники безопасности является одной из главных обязанностей руководителя. Повышению мотивации способствует проведение регулярных интерактивных мероприятий и информационных дней, в ходе которых можно приобрести практический опыт и знания об охране труда. Это помогает формировать личную позицию работников и мотивирует их к безопасной, вдумчивой и уверенной работе. Для этой цели на многих предприятиях и организациях г. Гомеля установлен ящик предложений по охране труда в доступном для работников месте. С его помощью можно оставить свои предложения по улучшению условий труда. Работников, которые внесли конструктивные предложения и позитивно повлияли на состояние охраны труда, поощряют материально.

Таким образом, внедрение указанной концепции направлено не на формальное проведение тех или иных мероприятий, а на глубокое осознание каждым работником своих функций и задач для достижения поставленной в концепции цели. Ожидаемый эффект от внедрения и реализации концепции нулевого травматизма «Vision Zero» – недопущение несчастных случаев, профилактика профессиональных заболеваний, а самое главное – развитие персональной ответственности, формирование внутренней потребности и убежденности работников по соблюдению требований охраны труда, корпоративной культуры безопасности на всех этапах трудового процесса на объектах энергетики Республики Беларусь.

УДК 621.316.925.016.3

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЯЧЕЙКАХ

Е. С. Зубарева

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель С. Г. Жуковец

*Рассмотрен индикатор короткого замыкания (КЗ), целью применения которого является фиксация факта протекания тока КЗ или тока однофазного тока КЗ в месте установки устройств для определения повреждения участка кабельной линии.*

**Ключевые слова:** ячейка, камеры сборные одностороннего обслуживания, индикатор короткого замыкания, устройство подключения нагрузки, короткое замыкание.

## APPLICATION OF IKZ IN HIGH-VOLTAGE CELLS

E. S. Zubareva

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

Scientific supervisor S. G. Zhukovets

*This report discusses the use of IKZB, which is designed to detect the occurrence of a short-circuit current or a single-phase short-circuit current at the location of the devices used to identify cable line damage.*

**Keywords:** cell, CSR, IKZ, UPN, KZ.

**Что такое высоковольтная ячейка и какими они бывают?**

Высоковольтная ячейка – это устройство для распределения электрической энергии, отсеки которой надежно поделены и изолированы друг от друга.

Высоковольтные ячейки бывают типа КРУ (комплектное распределительное устройство) и КСО (камеры сборные одностороннего обслуживания).

Камеры КСО применяются для приема и распределения электроэнергии. Они устанавливаются внутри помещений и подстанций, могут быть расположены в один или два ряда и предназначены для работы в установках переменного трехфазного тока с изолированной нейтралью напряжением 6–10 кВ.

Ячейка КСО одностороннего обслуживания имеет вид блочно-модульного устройства, сваренного из стальных профилей и листов. Внутри ячейки установлен коммутационный аппарат, к фасадной стене прикреплены приводы разъединителей и выключателей, указательные реле. Для наблюдения за работой разъединителей внутри ячеек на двери имеются смотровые окна.

Конструкция ячеек обеспечивает объединение распределительных устройств и соединение главных электрических цепей по сборным шинам, не допуская самовольного включения или же отключения шинного разъединителя и заземляющих ножей.

Комплектное распределительное устройство – это система агрегатов, которые отвечают за прием и перераспределение электроэнергии, а также обеспечение собственного питания электроустановки. КРУ – это шкаф, поделенный на надежно изолированные друг от друга отсеки в целях безопасности и удобства установки, ухода и ремонта. Обязательно наличие выдвижной части, положение которой обеспечивает режим работы ячейки: рабочий, контрольный, ремонтный.

**Устройство подключения нагрузки (УПН).** Указатель поврежденного направления (ИКЗ – индикатор короткого замыкания) – устройство для определения поврежденного участка линии электропередачи и сигнализации о произошедшей аварийной ситуации. В зависимости от назначения и исполнения индикаторы короткого замыкания устанавливаются в ячейку распределительного устройства, на опору воздушной линии электропередачи или непосредственно на фазный провод линии.

**Применение УПН в высоковольтных ячейках 10 кВ.** Датчик EF УПН устанавливается на трехфазном кабеле, датчики SC1, SC2, SC3 устанавливаются на каждую фазу в отдельности и обнаруживают короткое замыкание (КЗ) фазы на землю и КЗ между фазами. Сигналы с датчиков поступают в блок управления и выводятся на светодиодные индикаторы:

- КЗ на землю;
- КЗ фаз: A, B, C.

Датчик EF передает сигнал по проводному кабелю, датчики SC1, SC2, SC3 передают сигналы по волоконно-оптическому кабелю.

Конструкция УПН позволяет работать с системой диспетчерского управления и сбора данных. Для этого к блоку управления подключаются дистанционный индикатор, работающий в импульсном режиме при обнаружении КЗ, дистанционная кнопка сброса, реле.

Также можно выставить задержку срабатывания, что предотвращает поступление ошибочных сигналов диспетчерам (в данном примере описывается ИКЗ от ООО НПП «Контактмодуль» ИКЗ «OPTIMUS» серия С).

На основе этого можно обобщить следующую информацию.

Есть преимущества применения ИКЗ:

- низкая стоимость;
- точное обнаружение природы и места КЗ;
- оптимизация существующих подстанций;
- большой запас батареи;
- быстрая передача данных в управление;

Приведем расчет экономического эффекта.

Для данного расчета были приняты средние данные, которые отражают эффективность для разного времени суток, местности и других влияющих факторов:

- стоимость ячейки КСО без индикатора: 3000 руб.;
- стоимость ячейки КСО с индикатором: 5000 руб.;
- среднее время поиска места КЗ без индикатора: 2 ч.;
- среднее время поиска места КЗ с индикатором: 30 мин;
- часовая стоимость работы ремонтной бригады: 45 руб./ч;
- средний объем недоотпуска электроэнергии при КЗ: 378 кВт/ч. Данный параметр высчитан для подстанции 630 кВА, на которых чаще всего происходят КЗ следующим образом:

$$\bullet \text{ средний объем недоотпуска электроэнергии при КЗ} = 630 \text{ кВА} \cdot 0,6 \cdot 1 \text{ ч} = 378 \text{ кВт/ч};$$

$$\bullet \text{ стоимость недоотпущеной электроэнергии: } 0,27 \text{ руб.} / \frac{\text{кВт}}{\text{ч}}$$

Представим расчет экономического эффекта:

1. Экономия времени.

Время экономии = время поиска без индикатора – время поиска с индикатором = 2 ч – 0,5 ч = 1,5 ч.

2. Затраты на ремонт с индикатором.

Затраты = время поиска с индикатором · часовую стоимость работы ремонтной бригады = 0,5 ч · 45 руб./ч = 22,5 руб.

3. Затраты на ремонт без индикатора.

Затраты = время поиска без индикатора · часовую стоимость работы ремонтной бригады = 2 часа · 45 руб./ч = 90 руб.;

Экономия = затраты без индикатора – затраты с индикатором = 90 руб. – 22,5 руб. = 67,5 руб.

Покажем снижение потерь электроэнергии:

1. Потери без индикатора.

Потери = время поиска без индикатора · средний объем недоотпуска электроэнергии · стоимость недоотпущеной электроэнергии = 2 ч · 378 кВт/ч · 0,27 руб. /  $\frac{\text{кВт}}{\text{ч}}$  = 204,12 руб.

2. Потери с индикатором.

Потери = время поиска с индикатором · средний объем недоотпуска электроэнергии · стоимость недоотпущеной электроэнергии = 0,5 ч · 378 кВт/ч · 0,27 руб. /  $\frac{\text{кВт}}{\text{ч}}$  = 51,03 руб.;

Экономия = потери без индикатора – потери с индикатором = 204,12 руб. – 51,03 руб. = 153,09 руб.

Рассмотрим оценку окупаемости:

1. Полная экономия.

Экономия общая = экономия на ремонте + экономия на недопуске электроэнергии = 67,5 руб. + 153,09 руб. = 220,59 руб.

2. Срок окупаемости индикатора.

Срок окупаемости =

$$= \frac{(\text{стоимость ячейки с индикатором} - \text{стоимость ячейки без индикатора})}{\text{экономия общая}} =$$

$$= \frac{5000 \text{ руб.} - 3000 \text{ руб.}}{220,59} = 9,07 \text{ аварий.}$$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что каждый случай короткого замыкания приносит экономию около 220 руб. После примерно 9 аварий индикатор полностью окупится.

Это, конечно, упрощенный расчет. В реальных условиях скорость окупаемости зависит от частоты возникновения КЗ, дополнительных затрат и возможных преимуществ системы.

#### Л и т е р а т у р а

1. Камеры сборные одностороннего обслуживания типа КСО, КС, КС-В // Элесэн. – URL: <https://elesen.by/oborudovanie/kamery-sbornye-odnóstoronnego-obsluzhivaniya-tipa-kso-ks-ks-v/?ysclid=m95ycvv1ny259823499> (дата обращения: 03.04.2025).
2. Индикатор короткого замыкания (ИКЗ) OPTIMUS серия С // export.by. – URL: <https://mail.ncmps.by/product/21670> (дата обращения: 03.04.2025).
3. Индикаторы короткого замыкания ЛЭП 6–35 кВ. Устройства сбора и передачи данных. Управляемый разъединитель с интегрированными ИКЗ // ООО «ДС-ИНЖИНИРИНГ». – URL: <https://www.rossetivolga.ru/files/pd/2021/03/11/604a207b56eb5/604a207b56ef2.pdf?ysclid=m961ozw88z121071484> (дата обращения: 06.04.2025).

УДК 622.245:621.311.1

## МОБИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ УСТАНОВОК

**А. В. Москвичев**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Т. В. Алферова

*Рассмотрено применение мобильных комплексных трансформаторных подстанций для повышения надежности электроснабжения нефтедобывающих установок.*

**Ключевые слова:** мобильные подстанции, нефтедобывающая промышленность, надежность, резервирование, экономичность.