

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 // Элэсэн. – URL: <https://elesen.by/oborudovanie/kamery-sbornye-odnostoronnego-obslyzhivaniya-tipa-ks-ks-ks-v/?ysclid=m95ycvw1ny259823499> (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.

MOBILE KTP AS A MEANS OF INCREASING THE RELIABILITY OF POWER SUPPLY TO OIL PRODUCTION FACILITIES

A. V. Moskvichev

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Scientific supervisor T. V. Alferova

This paper discusses the use of mobile KTP to improve the reliability of power supply to oil producing installations.

Keywords: mobile substations, oil industry, reliability, redundancy, cost-effectiveness.

Нефтедобывающая промышленность характеризуется наличием удаленных и временных месторождений, где строительство стационарных электросетей экономически нецелесообразно. Мобильные комплектные трансформаторные подстанции (КТП) 35/6 кВ позволяют оперативно обеспечивать электроэнергией промышленные объекты, сокращая сроки ввода в эксплуатацию и минимизируя капитальные затраты.

Мобильные КТП представляют собой модульные установки, смонтированные в транспортабельных блок-контейнерах. Основными компонентами данных КТП являются: силовой трансформатор (35/6 кВ, масляный или сухой, мощностью от 1 до 10 МВА), высоковольтное оборудование (разъединители, выключатели, разрядники, реклоузеры), распределительное устройство 6 кВ (с вакуумными или элегазовыми выключателями), системы защиты и автоматики (релейная защита, АВР, телеметрия), вспомогательные системы (вентиляция, обогрев, освещение, пожаротушение). Из преимуществ конструкции следует выделить следующие: защита от экстремальных температур, влажности, вибрации; быстрое подключение к воздушным или кабельным линиям; возможность установки на шасси или салазках для перевозки спецтехникой.

Рассмотрим устройство и работу мобильных КТП на примере комплектной трансформаторной подстанции «КТП НЕРИНГА» – 4000/35/6-2022-КК-П-УХЛ1-IP54, основные технические характеристики которой приведены в табл. 1. КТП оснащена открытым распределительным устройством ОРУ 35 кВ и открытым распределительным устройством ОРУ 6 кВ и модульным блок-боксом с силовым трансформатором расположенным внутри. КТП представляет собой блок-бокс внутри которого расположен отсек силового трансформатора, а также открытые распределительные устройства напряжением 35 и 6 кВ. В ОРУ 6 кВ имеется ящик собственных нужд (ЯСН), установленный на ОРУ 6кВ и включающий в себя аппаратуру ввода и блок распределения. От ЯСН питается вентиляция трансформатора, АСКУЭ 6 и 35 кВ, дифзащиты трансформатора и управление реклоузерами 35 и 6 кВ, телемеханика.

Сбор информации и управление оборудованием КТП осуществляется с помощью контроллера ЭНКМ-3-220-АЗЕ1G-000, который установлен в ящике управления реклоузером 6кВ/ТМ. Данные собираются на контроллер по цифровому интерфейсу RS-485 и далее идут на верхний уровень автоматизации.

Для повышения надежности предусмотрен источник бесперебойного питания (ИБП) для сохранения работоспособности системы телемеханики в течении 30 мин после исчезновения питания от ТСН и при кратковременных перерывах электропитания.

Контроллер ТМ ЭНКМ-3-220-АЗЕ1G-000 обеспечивает передачу следующих сигналов:

- сигнализация о работе реклоузера 35 кВ;
- сигнализация о работе реклоузера 6 кВ;
- дистанционное управление реклоузерами 35 и 6 кВ;

От ИБП питается телемеханика, управление реклоузерами 6 и 35 кВ.

АСКУЭ 35 кВ осуществляется с помощью УСПД (устройство сбора и передачи данных) RTU-325S-E1-M2, который установлен в ящике АСКУЭ 35 кВ. Данные собираются на устройство сбора данных и далее идут на верхний уровень автоматизации через GPRS-модем iRZ RL21W.

Передача данных со счетчиков электроэнергии осуществляется аналоговыми сигналами по цифровому интерфейсу RS-485, а также на верхнем уровне автоматизации через GPRS-модем iRZ RL21W.

АСКУЭ 6 кВ осуществляется с помощью УСПД RTU-325S-E1-M2, который установлен в ящике АСКУЭ 35 кВ. Данные собираются на устройство сбора данных и далее идут на верхний уровень автоматизации через GPRS-модем iRZ RL21W.

Для передачи данных со счетчиков электроэнергии используются аналоговые сигналы по цифровому интерфейсу RS-485, а также на верхнем уровне автоматизации через GPRS-модем iRZ RL21W.

Таблица 1

Основные технические характеристики мобильной КТП

Параметр	Значение
Мощность силового трансформатора, кВА	4000
Номинальный ток сборных шин на стороне ВН, А	100
Номинальный ток сборных шин на стороне НН, А	400
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ	40,5
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	6
Наибольшее рабочее напряжение на стороне НН, кВ	7,2

В нефтедобывающей отрасли мобильные КТП 35/6 кВ используются для электроснабжения кустовых насосных станций (КНС) (питание групп скважин с преобразованием напряжения до 6 кВ) и дожимных насосных станций (ДНС), подключения буровых установок (обеспечение энергией буровых вышек на этапе разведки и бурения; быстрое подключение к ЛЭП 35 кВ без строительства подстанции) и временных промысловых объектов, резервирования энергоснабжения при авариях на стационарных сетях, обеспечения энергией вахтовых поселков и инфраструктурных объектов. К примеру, на новых месторождениях Сибири мобильные КТП позволяют запустить добычу на 3–6 месяцев раньше, чем при строительстве стационарных подстанций.

Рассматривая экономическую эффективность, стоит отметить такие факторы, как снижение капитальных затрат в связи с отсутствием необходимости в фундаментах и зданиях, сокращение сроков окупаемости за счет быстрого ввода в эксплуатацию, гибкость использования (возможность перемещения между объектами).

Таблица 2

Сравнение мобильных КТП со стационарными подстанциями

Параметр	Мобильная КТП	Стационарная подстанция
Сроки ввода	1–4 недели	6–18 месяцев
Стоимость	На 30–50 % ниже	Высокая
Возможность перемещения	Есть	Нет

К перспективным направлениям развития можно отнести гибридные решения (интеграция с дизель-генераторами и солнечными электростанциями для автономной работы), цифровизацию и повышение экологичности (использование трансформаторов с биоразлагаемым маслом и элегазовых выключателей).

Также стоит отметить, что для максимальной эффективности следует выбирать КТП с учетом климатических условий региона и важно предусмотреть возможность масштабирования мощности при расширении месторождения.

Исходя из приведенных данных можно с уверенностью сказать, что мобильные КТП 35/6 кВ – ключевое решение для энергоснабжения нефтедобывающих предприятий, сочетающее мобильность, надежность и экономичность. Их применение особенно актуально на ранних этапах разработки месторождений и в условиях изменяющейся инфраструктуры. Дальнейшее развитие технологий позволит повысить автономность и энергоэффективность таких установок.

Литература

1. Руководство по эксплуатации : РСМ-674811_031-07 РЭ.
2. Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 5. – URL: <https://neft.media/>.
3. Отчет «Роснефти» по Ванкорскому месторождению / ПАО НК «Роснефть». – 2021. – URL: <https://www.rosneft.ru/>.

УДК 543.3:628.1

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е. А. Шамберова

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

Научный руководитель Е. Н. Макеева

Произведен санитарно-гигиенический анализ исследуемых марок питьевой воды: «MINSK WATER», «СВЯТОЙ ИСТОЧНИК», «DARIDA AQUA», «BON AQUA», «YOUR WATER». Экспериментальным путем определены основные показатели качества анализируемых проб воды: железо общее, общая щелочность, общая жесткость, содержание хлоридов, водородный показатель, солесодержание. Проведена оценка санитарно-гигиенических свойств исследуемых марок воды и сравнение с нормативными значениями.

Ключевые слова: анализ воды, питьевая вода, жесткость, щелочность, общее железо, водородный показатель, солесодержание.