



**Прибор предварительного
контроля сопротивления
изоляции 6(10) кВ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ
двигателей – ППКСИ-02**

О компании



Компания ООО “Экспертный центр” является небольшой инженерной компанией, разрабатывающей новые технические решения для промышленных предприятий.

Разработки компании:

- ***Надежность сети 6(10) кВ:***

1. ППКСИ-01 для предотвращения включения силового выключателя 6(10) кВ на отходящую кабельную линию с уровнем изоляции ниже 360 кОм.;
2. ППКСИ-02 ;
3. Заправщик элегаза - для заправки элегазовых выключателей, разъединителей, измерительных трансформаторов при вводе в эксплуатацию или после проведения ремонтных работ

- ***Электроснабжения удаленного от источника питания потребителя:***

Подстанция малой мощности 110/0.4 кВ –для электроснабжения удаленных от источника питания 6(10) кВ территорий, где рядом проходит ВЛ-110 кВ. Имеются разработки разного уровня высокого напряжения - 220/0.4 кВ, 35/0.4 кВ.

Прибор ПКСИ-01



Индикативное средство контроля величины изоляции кабельной линии по отношению к земле и служит для предотвращения включения силового выключателя 6(10) кВ на отходящую кабельную линию с уровнем изоляции ниже 360 кОм.

Применяется: на горнодобывающих предприятиях, на предприятиях, имеющих старые кабельные линии 6(10) кВ, на предприятиях, где кабельные линии эксплуатируются в тяжелых условиях.

Отличительные особенности ПКСИ-01:

- Наличие термокомпенсационного блока, позволяющего определять уровень изоляции линии вне зависимости от условий окружающей среды;
- Наличие высокостабильного источника тока, имеющего высокие метрологические характеристики;
- Наличие стационарно устанавливаемых высококачественных делителей напряжения типа КВ, позволяющих проводить проверку изоляции линии без коммутаций высоковольтной аппаратуры.

Идея разработки прибора ПКСИ-02



1

Высоковольтные электродвигатели(ВЭ) в отключенном состоянии или в “горячем” резерве, которые должны быть готовы к немедленному пуску.



2

ВЭ напитываются влагой из-за условия эксплуатации и требуют просушки.



3

Позднее обнаружение факта о необходимости просушки ВЭ приводит к срыву планового или срочного включения ВЭ под нагрузку.



4

Эксплуатирующий персонал вынужден производить частые измерения сопротивления для контроля состояния ВЭ и принятия решения о необходимости их просушки. Проведение данных измерений является трудоемкой задачей, занимающей много времени у обслуживающего персонала..



5

Организация приборного и автоматизированного контроля сопротивления ВЭ на землю позволит эксплуатирующим предприятиям сократить время на проведение контрольных измерений и получить большую гибкость в принятии управленческих решений.

Предлагаемое решение задачи



Проанализировав проблемы на электростанциях, наша команда решила на базе ППКСИ-01 создать индикативный прибор, который автоматически будет проводить контроль уровня изоляции двигателя – ППКСИ-02.

Целью разработки является создание системы мониторинга синхронных и асинхронных электродвигателей путем расширения функционала прибора осуществляющего контроль следующих параметров электродвигателей :

- 1. Контроль изоляции электродвигателей.**
- 2. Коэффициент абсорбции.**

Дополнительные цели – дополнительные функции мониторинга:

- 1. Контроль вакуума в вакуумной камере силового выключателя.**
- 2. Контроль наличия наведенного напряжения на кабеле «Ячейка КРУ – Электродвигатель».**
- 3. Контроль напряжения работающего ВЭ.**



Состав прибора.

- Модернизированный прибор ППКСИ-01;
- Комплект высоковольтных делителей;
- Задатчик времени (таймер);
- Температурный датчик для измерения температуры тела электродвигателя

Место размещения составляющих прибора.

Прибор устанавливается в ячейке КРУ, которая подключена к конкретному электродвигателю. Дистанционный пульт управления устанавливается в диспетчерском помещении. Высоковольтные делители устанавливаются в ячейке КРУ, которая осуществляет включение и отключение конкретного электродвигателя. Делители устанавливаются «за выключателем». При включении силового выключателя ячейки КРУ делители находятся под напряжением.

Датчик температуры устанавливается на теле электродвигателя при условии получения достоверных данных по его текущей температуре в ходе процесса измерения.

Задатчик времени устанавливается как отдельный прибор рядом с прибором или может быть аппаратно-программно организован в составе прибора.



Визуализация показаний. Сигнализация об опасном уровне изоляции.

Визуализация показаний об уровне изоляции производится в трех цветовых тонах:

- «Нормальное состояние»: зеленый цвет.
- «Внимание»: желтый цвет.
- «Опасное состояние»: красный цвет.

Сигнализация красным цветом «Опасное состояние» производится

- При полученных показаниях равных и ниже чем указанных в таблице. с указанием фазы и полученных величин.
- При получении расхождений полученных показаний между разными фазами на величину более 15%.

Сигнализация желтым цветом

«Внимание» производится при уровне полученных показателей на 20 % выше уровня показателей «Опасное состояние».

Температура обмотки, С	Сопротивление изоляции R_{60} , МОм при номинальном напряжении обмотки, кВ		
	3-3,15	6-6,3	10-10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
75	3	6	10

Для выдачи сигнализации на диспетчерский пункт, пункты контроля состояния и т.п. предусматривается выдача сигналов «Нормальное состояние», «Внимание», «Опасное состояние» через «сухой контакт».



Экономический эффект

На данном этапе разработки был сформирован предположительный экономический эффект от внедрения приборов ППСИ-02 на одну из ТЭЦ, находящуюся на территории РФ. (экономический эффект от внедрения б ыл посчитан и согласован со специалистами ТЭЦ).

В электрохозяйстве ТЭЦ имеется 36 электродвигателей из которых 18 находятся в работе, 18 в “горячем” резерве. На измерение сопротивления изоляции одного электродвигателя, находящегося в резерве, уходит около 15 минут. Отсюда вычислим **сколько времени уходит у бригады обслуживающего персонала (группа из 2 человек) на измерение в день:**

$$T = 0.25 * 18 = 4.5 \text{ чел/ч в день или } 1642,5 \text{ чел/ч в год}$$

Анализ аварийности ТЭЦ показывает, что в год производится 2-3 ремонта и 1 замена электродвигателей. Ремонт электродвигателя варьируется от 100 до 300 тысяч рублей (для расчета будем брать среднее значение 200 000 рублей). Новый высоковольтный двигатель по данным ТЭЦ стоит около 600 000 тысяч рублей. Отсюда мы можем вычислить **капитальные вложения на ремонт и замену электродвигателей в год:**

$$D_{\text{ремонт/замена}} = D_{\text{ремонт}} + D_{\text{замена}} = 3 * 200\,000 + 600\,000 = 1\,200\,000 \text{ руб}$$

Средняя заработная плата обслуживающего персонала составляет 35 000 руб. Рассчитаем **фонд оплаты труда**, если $k=1.33$:

$$\text{ФОТ} = \text{ЗП} * k = 35\,000 * 1.33 = 46\,550 \text{ руб.}$$



Экономический эффект

Обслуживающий персонал (группа из двух человек) тратит в сутки примерно 4.5 часа на измерения сопротивления изоляции электродвигателей (как было рассчитано ранее), которые находятся в “горящем” резерве. Отсюда вычисляем **затраты на зарплатную ведомость на измерения сопротивления изоляции в год:**

$$D_{\text{зарплата}} = ОП * ФОР * \frac{T}{T_{\text{год}}} = 2 * 558\,600 * \frac{1642,5}{8760} = \mathbf{209\,475 \text{ руб, где}}$$

ОП – количество человек в обслуживающем персонале = 2;

ФОР – фонд оплаты труда в год н человека из обслуживающего персонала;

T – общее время измерения сопротивления изоляции ЭД в год;

T_{год} - число рабочих часов в году.

Сумма может показаться не критичной, но не будем забывать про измерения сопротивления изоляции двигателей ночью, где нельзя исключать человеческого фактора и вследствие этого несчастного случая.

Стоимость прибора сейчас оценивается, но можно точно сказать, что цена будет находится в диапазоне от 70 до 100 тысяч рублей(для расчетов возьмем среднее значение). На рассматриваемом предприятии необходимо установить 36 приборов ППКИ-02. Отсюда получаем **затраты на приобретение приборов:**

$$D_{\text{приборы}} = 36 * 85\,000 = \mathbf{3\,060\,000 \text{ руб}}$$

Срок окупаемости:

$$C_{\text{окупаемости}} = \frac{D_{\text{приборы}}}{(D_{\text{ремонт}} + D_{\text{зарплата}})} = 3\,060\,000 / (209\,475 + 1\,200\,000) \approx \mathbf{2,17 \text{ года}}$$

Контроль наличия «вакуума» в камере силового выключателя.



Контроль наличия наведенного напряжения.

В эксплуатации часто возникает вопрос контроля состояния вакуумной камеры – “Как «контролировать наличие вакуума в вакуумной камере, несмотря на то, что силовые выключатели достаточно надежны»?”

Ответ на этот вопрос очень прост - Нет приборов для контроля состояния вакуумной камеры!

ППКСИ-02 предоставляет эту возможность за счет постоянного контроля напряжения на кабеле за силовым выключателем и соответствующего алгоритма обработки показаний датчиков.

Это относится к определению наличия наведенного напряжения на кабеле от ячейки КРУ до

Наличие напряжения при выключенном выключателе – критерий наличия неисправности выключателя или кабельной системы



Ячейка КРУ 6(10) кВ



ППКСИ-02



Кабель

“Ячейка КРУ – Электродвигатель”



Высоковольтный электродвигатель

Запрос к компаниям



ООО “Экспертный центр” заинтересован в тесном контакте:

- С компаниями, имеющими большие парки высоковольтных электродвигателей, высоковольтных выключателей и сталкивающимися с проблемой постоянного контроля их уровня изоляции.
- С горными институтами и другими проектными институтами, выполняющие проекты для горнодобывающих предприятий и ищущие пути для минимизации повреждения электрооборудования.
- Заинтересованы в получении гранта и/или частичного инвестирования для ускорения завершения разработки.
- Инвестиции для освоения производства высоковольтных датчиков (делителей напряжения).

Стадия разработки прибора



В декабре 2021 года наша компания получила ТЗ на разработку прибора от “Южно-Сахалинской ТЭЦ”. В проект заложены 36 приборов ППКСИ-02.

С 18 января 2023 года по 6 февраля 2024 года прибор ППКСИ-02 проходил ОПЭ на АО «ЧТПЗ» ППКСИ-02 на подстанции № 12, в ячейке № 39.

Нагрузкой является высоковольтный электродвигатель напряжением 6 кВ типа СТД-500. Фактически контролируемая цепь – отходящий кабель 6 кВ и СТД-500. Температурный режим установлен уставкой на +20°C

В ходе ОПЭ прибор работает в режиме «Индикатор» - выдает показания и сигналы, но не участвует в оперативной схеме управления. Дистанционное управление не подключено.

Вывод ОПЭ:

1. ОПЭ ППКСИ-02 за период с 18.01.2023 г. по 06.02.2023 г. признать успешной.
2. То что ППКСИ-02 при установке в ячейку КРУ решением полезным для эксплуатирующих организаций.
3. Прибор предварительного контроля изоляции ППКСИ-02 рекомендуется к применению на присоединениях 6(10) кВ подверженных риску снижения сопротивления по погодным и технологическим условиям эксплуатации.

Вывод



ППКСИ-02 позволит:

- Сократить капитальные затраты на ремонт и замену электродвигателей;
- Сократить эксплуатационные затраты;
- Продлить срок службы действующих электродвигателей на срок от 5-10 лет;
- Сократить время выявления двигателя, который в момент простоя или резерва напитался влагой и имеет низкое сопротивление;
- Автоматизировать измерение сопротивления изоляции и, следовательно, сократить время работы обслуживающего персонала на измерения сопротивления изоляции;
- Исключить возможные аварии при немедленном пуске двигателей;
- Сократить время простоя электродвигателей из-за возможной необходимости просушки электродвигателя при необходимости запуска в эксплуатацию.



Контактная информация
Общество с ограниченной ответственностью
«Экспертный центр технологических решений»

- **Главный инженер**
Кудрявцев Андрей Александрович
Тел.+7 (912) 283-85-49;
Электронный адрес: chief_engineer@exctr.ru
- **Ведущий инженер:**
Бабушкин Михаил Александрович
Тел. +7 (982) 6-039-049
Электронный адрес: bm@exctr.ru
- **Сайт компании - www.exctr.ru.ru**