

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ И УВЕЛИЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ 1-й КАТЕГОРИИ

УДК 621.316.933.9

Ключевые слова: качество электрической энергии, трехфазное электропитание, автоматический ввод резерва, бесперебойное электропитание, управление электропитанием, повышенное напряжение, защита от повышенного напряжения.



В.И. Замулин
начальник отдела
электропривода и электроавтоматики
ООО НПП «ТЭК»,
г. Томск
telec@mail.npptec.ru



В.В. Гусевский
ведущий инженер-электроник
отдела электропривода
и электроавтоматики
ООО НПП «ТЭК»,
г. Томск
Vitaly@mail.npptec.ru

В статье рассмотрены способы повышения надежности электроснабжения промышленных объектов нефтяной и газовой промышленности, выполнено сравнение вариантов обеспечения резервируемого электроснабжения, улучшения функциональности схем автоматического ввода резерва (АВР). Описано разработанное специалистами ООО НПП «ТЭК» многофункциональное устройство управления электропитанием ЭЛТЭК, предназначенное для защиты и управления системами электропитания повышенной надежности на объектах 1-й категории по надежности электроснабжения.

При проектировании промышленных объектов различного назначения особое внимание уделяется системам электропитания, так как от их функциональности и надежности зависит бесперебойность работы всего объекта, всех электрических устройств. Управление подачей электропитания на электрооборудование, подключенное к

нескольким вводам, осуществляет устройство автоматического ввода резерва (АВР). Устройства АВР, как правило, изготавливаются по стандартным схемам управления. При понижении или исчезновении напряжения на основном вводе электропитания АВР подключает один из резервных вводов. И довольно часто возникает ситуация, когда элек-

трооборудование обеспечивает бесперебойным питанием, но оказывается не защищенным от влияния других, не менее важных факторов, возникающих в трехфазных сетях: перенапряжений, изменений частоты, повышения коэффициента несимметрии (обрыв фаз), обрыва нулевого проводника (N) [4, 5]. Получается, что задача защиты от подобных факторов возлагается на электронные устройства, которые сами, как правило, подобных защит не имеют, поэтому более логично использовать централизованное устройство, способное защитить сразу все электронное и электротехническое оборудование на объекте. Кроме того, в этом устройстве должен быть регистратор, который сохраняет

информацию об аварийных событиях и позволяет проанализировать возникавшие ситуации и принять меры для исключения их повторения. Эта задача актуальна для особо ответственных систем электроснабжения, в которых используются электроприемники 1-й категории [3].

Один из вариантов реализации АВР для электроснабжения особой группы электроприемников 1-й категории приведен на рис. 1. Электромагнитные контакторы КМ1–КМ3 подключают один из источников (вводов) питания к нагрузке. Управление КМ1–КМ3 осуществляет система управления (СУ).

Обычно СУ АВР реализуется с помощью реле контроля и обрыва фаз (РКФ), которые совместно с необходимой релейной схемой осуществляют управление контакторами.

Стандартные функции РКФ:

- измерение сетевого напряжения;
- переключение электромагнитных контакторов и формирование информационного дискретного сигнала при понижении (повышении) сетевого напряжения, повышении значения коэффициента несимметрии в сети;
- индикация режима работы с помощью светодиодов.

СУ АВР на базе РКФ не обеспечивают контроль состояния контакторов, передачу необходимой информации о состоянии электросети для системы телемеханики по дискретным цепям и по интерфейсу, прием сигналов управления из системы телемеханики, гибкую настройку пороговых значений измеряемых параметров электросети, используемых для переключения вводов. Кроме того, электронные РКФ могут выйти из строя при повышении питающего напряжения на 25 ... 40 %. Временные задержки на включение и отключение электромагнитных контакторов СУ АВР на базе подобных РКФ обычно составляют от 100 мс и более, что не гарантирует защиту потребителей от повышения напряжения электросети.

РКФ многих фирм-производителей имеют сходные характеристики, которые не обеспечивают

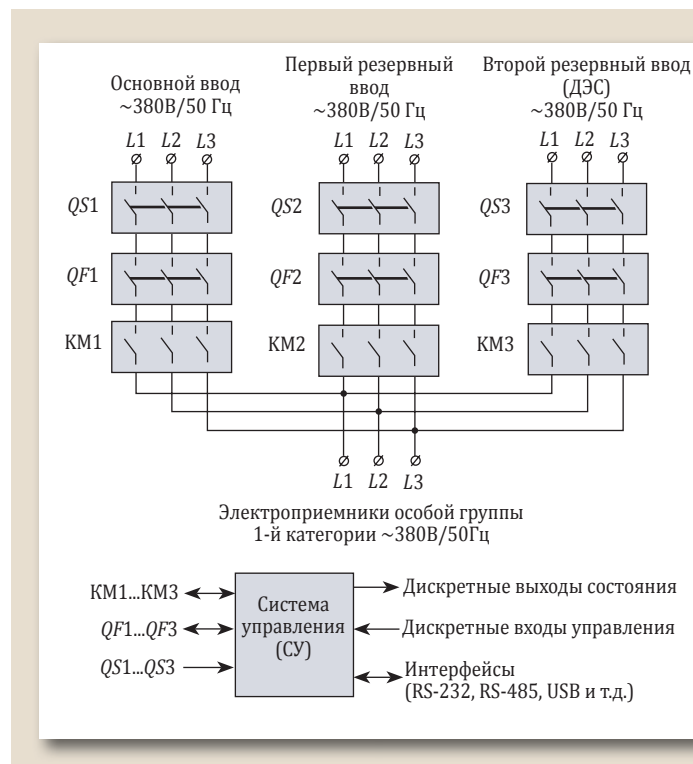


Рис. 1
Схема реализации АВР

надежной работы СУ АВР и всей системы электроснабжения в условиях перенапряжений свыше 30 %. Согласно ГОСТ 13109, в трехфазных электрических сетях могут возникать повышения напряжения на 47 % – до 1 с, на 31 % – до 20 с, а при обрыве нулевого провода в трехфазных электрических сетях с глухо заземленной нейтралью возникают временные перенапряжения между фазой и землей, достигающие междуфазного напряжения длительностью до нескольких часов [5]. Изучение аварийных событий, связанных с отказом электрооборудования, анализ данных регистраторов напряжения показывает, что в электросети возможно увеличение напряжения на 70 % длительностью более 20 мс. Основная часть промышленного электрооборудования не рассчитана на подобные перенапряжения и выходит из строя.

Защита от перенапряжений, выполненная на варисторах, разрядниках, супрессорах, работает в микросекундном временном интервале и защищает электрооборудование от коммутационных и грозовых импульсов. Повышение напряжения электросети выше 30 % на время более сотни микросекунд может привести

к отказу встроенной в электрооборудование защиты третьего класса, выполненной на этих элементах, из-за ее малой рассеиваемой мощности и ограниченного временного рабочего интервала.

Определим дополнительные требования к устройству АВР, которые увеличат его функциональность и обеспечат более надежное электроснабжение объекта:

- необходимо обеспечить защиту от повышенного напряжения, достигающего 70 %, как подключенного электрооборудования, так и самой схемы АВР;
- необходимо обеспечить защиту от превышения напряжения питания обмоток электромагнитных контакторов;
- необходимо обеспечить контроль состояния электромагнитных контакторов для оценки их ресурса, быстрейшего и возможности выполнения функций коммутации в устройстве АВР;
- необходимо обеспечить защиту устройств от длительных (более 20 мс) перенапряжений более 30 %, в том числе связанных с обрывом нулевого проводника;
- необходимо обеспечить защиту устройств от изменения частоты сетевого напряжения;

Рис. 2
Внешний вид
ЭЛТЭК



- необходимо обеспечить возможность выбора и установления основного (остальные два ввода будут резервными) ввода электропитания;

- необходимо обеспечить возможность дистанционного контроля и управления СУ АВР;

- необходимо обеспечить мониторинг основных параметров сетевого напряжения по всем вводам электропитания для оценки качества электроэнергии, поставляемой электроснабжающими организациями, и анализа аварийных событий. Измеренные параметры должны храниться во внутренней энергонезависимой памяти и быть доступны для передачи по интерфейсу на персональный компьютер (ПК).

Одним из основных проблемных моментов в реализации систем АВР является сохранение работоспособности в условиях перенапряжений. Реализовать защиту от перенапряжений можно двумя способами: применением стабилизаторов напряжения и применением схемы отключения электроприемников при возникновении перенапряжения с последующим подключением к другому источнику питания.

Применение стабилизаторов требует значительных финансовых расходов и значительного увеличения габаритов системы обеспечения электропитанием заданного объекта. При этом сама задача защиты от перенапряжений зачастую не решается. Диапазон максимальных рабочих напряжений стабилизаторов, как прави-

ло, не превышает +15 ... 20 % от номинального значения сетевого напряжения. У более мощных стабилизаторов диапазон входного напряжения обычно уже. Поэтому довольно сложно подобрать промышленно выпускаемый стабилизатор напряжения, который можно использовать для решения задач стабилизации напряжения при перенапряжениях входной сети более +30 % от номинального значения.

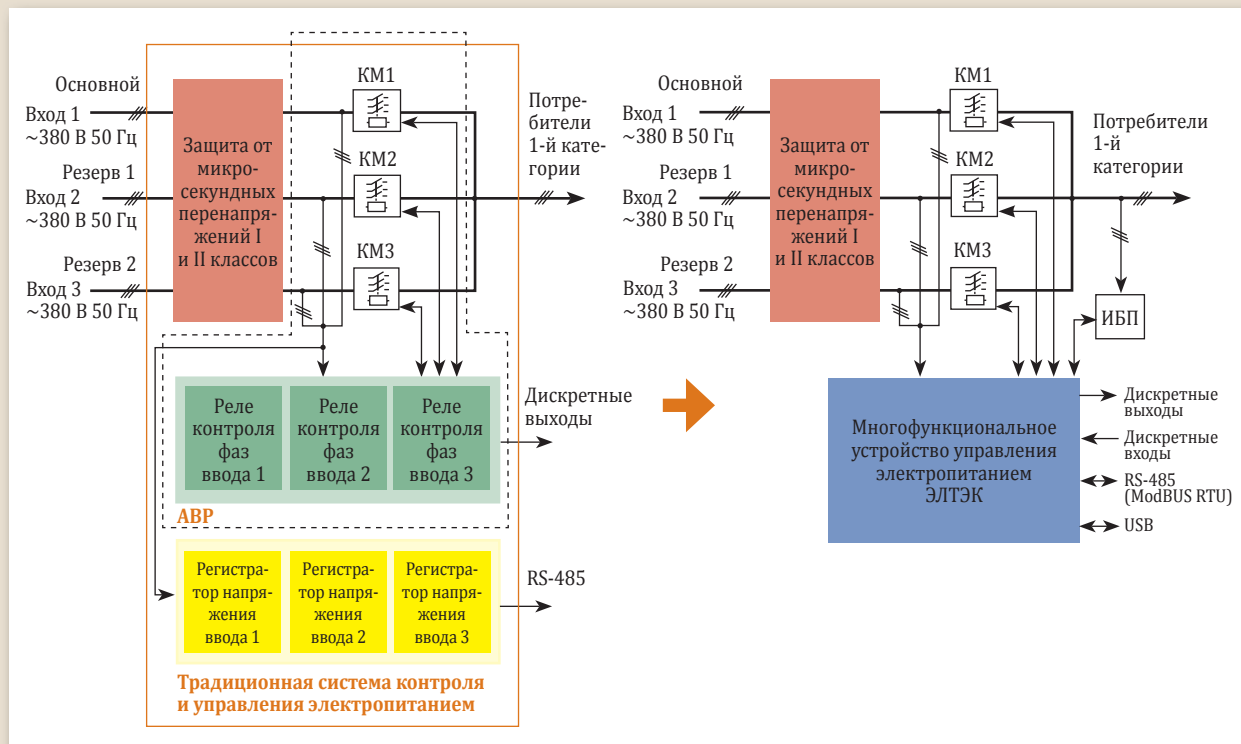
Вторым вариантом защиты оборудования от перенапряжений является применение схемы электронной коммутации, отключающей электроприемники от сети электропитания, где возникло перенапряжение. Если электропитание реализовано с применением схемы АВР, то при возникновении перенапряжения на одном из питающих вводов осуществляется переход на другой питающий ввод, напряжение на котором находится в норме. У данного способа защиты оборудования от перенапряжений существует один основной минус в отличие от варианта использования стабилизатора напряжения – прерывание питания на определенное время. В случае применения стандартной схемы АВР время отсутствия напряжения электропитания при переключении будет составлять минимум 50–100 мс. Соответственно, либо электроприемники должны быть рассчитаны на работу при подобных пропаданиях сетевого напряжения, либо система электропитания должна использовать источник бесперебойного питания (ИБП).

Наиболее оптимальным вариантом по стоимости реализации схемы электронной коммутации является вариант с применением электромагнитных контакторов. В результате анализа данных, полученных с различных объектов электропитания, и проведения испытаний на территории ООО НПП «ТЭК», было установлено, что в большинстве случаев достаточно обеспечить быстродействие защиты от перенапряжений на уровне 20–30 мс для обеспечения надежного функционирования электрооборудования.

Изучение технических характеристик электромагнитных контакторов различных фирм-производителей показало, что можно подобрать коммутирующее устройство с временем размыкания до 20 мс и реализовать требуемую схему защиты. Учитывая стоимость реализации, вес, габариты, сложность устройства защиты от перенапряжения с применением других вариантов коммутационных устройств, были сделаны выводы о наибольшей целесообразности применения электромагнитных контакторов. При этом будет обеспечена защита от перенапряжений для основной массы промышленного оборудования.

В ООО НПП «ТЭК» разработано многофункциональное устройство управления электропитанием ЭЛТЭК [1, 2], предназначенное для защиты и управления системами электропитания повышенной надежности с одним или двумя дополнительными резервными вводами (рис. 2). Основное назначение ЭЛТЭК – управление системой автоматического ввода резерва (АВР) [3], обеспечение защиты от перенапряжений, определение неисправности электромагнитных контакторов системы АВР, регистрация основных параметров электросети, при которых происходило переключение. Основные объекты применения ЭЛТЭК – промышленные предприятия, объекты нефтегазовой отрасли, медицинские учреждения, коммунальное хозяйство, в том числе объекты с потребителями 1-й категории по надежности электроснабжения.

Рис. 3
Модернизация традиционной схемы контроля и управления электропитанием



ЭЛТЭК объединяет в себе функциональные возможности нескольких устройств (рис. 3): РКФ вводов электропитания, регистратора напряжений и аварийных ситуаций вводов электропитания, устройств обмена информацией с устройствами телемеханики и ПК по дискретным сигналам и с помощью интерфейсов передачи данных (RS-485, USB), реле управления вводами, устройства индикации и управления. Возможность настройки параметров ЭЛТЭК позволяет гибко управлять работой схемы АВР. Применение ЭЛТЭК существенно сокращает число модулей, используемых при проектировании схем АВР, и расширяет функциональные возможности самой системы АВР.

Одной из главных особенностей ЭЛТЭК является возможность работы в условиях значительных провалов напряжения и перенапряжений на всех питающих вводах. Дополнительно осуществляется защита катушек управления электромагнитных контакторов схемы АВР от выхода из строя при недопустимом диапазоне питающих напряжений. Электропитание самого ЭЛТЭК и

катушек электромагнитных контакторов может осуществляться от трех независимых (резервируемых) вводов.

Применение ЭЛТЭК позволяет обеспечить выполнение следующих функций:

- управление схемой АВР посредством коммутации трех вводов трехфазного напряжения $\sim 380\text{В}/50\text{Гц}$ с помощью электромагнитных контакторов KM1–KM3, имеющих малое время выключения, в соответствии с внутренним алгоритмом;
- автоматическое подключение потребителей к вводам электропитания в зависимости от программируемых параметров электросети и алгоритма работы;
- ручное задание основного ввода;
- гибкую настройку основных режимов защит и параметров системы АВР;
- измерение и отображение на индикаторе параметров напряжения по вводам электропитания;
- защиту потребителей от некачественного электропитания (повышенное, пониженное напряжение и т.д.) путем переключе-

чения на другой ввод либо путем отключения;

- контроль количества циклов коммутации, времени выключения, состояния при переключениях электромагнитных контакторов;
- индикацию параметров и режимов работы ЭЛТЭК на жидкокристаллическом и единичных индикаторах;
- выдачу дискретных информационных сигналов о повышенном напряжении, о неисправности контакторов, о текущем рабочем вводе электропитания, о внутренней аварии устройства и получение сигналов управления для включения вводов электропитания;
- выдачу информации для систем телемеханики по интерфейсу RS-485 (протокол ModBUS RTU);
- выдачу информации на ПК по интерфейсу USB;
- запись всех возникающих при работе ЭЛТЭК событий (повышенное напряжение, пониженное напряжение, переключение на резервный ввод и т.д.) и сводной информации о произошедших событиях (за каждый календарный день) в энергонезависимой памяти.

Табл. 1
Основные характеристики ЭЛТЭК

Автоматический ввод резерва (АВР)	Максимальное входное линейное напряжение	800 В
	Диапазон пониженного напряжения для переключения вводов АВР	150 ... 320 В (-60 % ... -16 % от номинала)
	Диапазон коэффициента несимметрии для переключения вводов АВР (обрыв фаз)	10 ... 95 %
	Возможность выбора основного ввода электропитания	Есть
	Время задержки между переключениями электромагнитных контакторов (в режиме АВР)	От 5 мс до 5 с (настраивается)
	Возможность аварийной подачи электропитания	Есть
	Защита от аварийных ситуаций при выходе из строя электромагнитных контакторов	Есть
Защита от перенапряжений	Диапазон переключения вводов при перенапряжениях	418 ... 560 В (+10 % ... +47 % от номинала)
	Время отключения вводов при перенапряжениях	20 мс
	Максимальная относительная погрешность измерения уровня перенапряжений	$\pm 2\%$ (от 10 мс) $\pm 10\%$ (до 10 мс)
Регистратор	Диапазон измерения действующего значения линейного напряжения по всем вводам	150 ... 760 В
	Минимальное время фиксирования перенапряжений	2 мс
	Минимальное время фиксирования понижений и провалов напряжения	20 мс
	Максимальное значение относительной погрешности измерения напряжения	$\pm 2\%$ (от 10 мс) $\pm 10\%$ (до 10 мс)
	Диапазон измерения коэффициента несимметрии	0-99 %
	Максимальное значение относительной погрешности измерения коэффициента несимметрии	$\pm 5\%$
	Диапазон измерения частоты сети	40 ... 60 Гц
	Максимальное значение относительной погрешности измерения частоты сети	$\pm 0,2\%$
Интерфейс	Максимальная емкость памяти	60 дней при кол-ве событий до 1 млн
	Количество дискретных выходов	6
	Количество дискретных входов	2
	Номинальное напряжение коммутации дискретных выходов	18-36 В (DC) 220 В (AC)
	Ток коммутации дискретных выходов	До 1 А (DC) от 0,01 до 1 А (AC)
	Номинальное напряжение дискретных входов	24 В
	Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485	9600 бит/с
Общие характеристики	Максимальная скорость обмена по интерфейсу USB	57 600 бит/с
	Номинальное напряжение питания	220 В (AC)
	Собственная мощность потребления	Не более 25 Вт
	Габариты	400×260×160 мм
	Масса	Не более 9 кг
Температура эксплуатации	-25 ... +40 °С	

висимой памяти, с привязкой по времени;

- выбор и принудительное включение ввода электропитания от АСУ ТП.

ЭЛТЭК осуществляет электропитание потребителей от основного ввода, если напряжение в норме. При необходимости можно изменить номер основного ввода и тем самым изменить алгоритм работы АВР.

ЭЛТЭК позволяет устанавливать параметры срабатывания различного вида защит с помощью системы меню. Цифровой индикатор делает процесс настройки устройства максимально удобным.

Контроль состояния электромагнитных контакторов необходим для обнаружения их неисправностей и прогнозирования их текущего состояния. Если время коммутации электромагнитного контактора увеличивается или его ресурс работы уже достаточно велик, выдается предупредительное сообщение в систему диагностики, после чего необходимо произвести своевременную замену электромагнитного контактора на новый. Контроль состояния электромагнитных контакторов осуществляется путем оценки работы механической части контактора с помощью дополнительных контрольных контактных групп (контактных приставок). Если механическая система контактора исправна, то после подачи (снятия) управляющего напряжения катушки контактора должна замкнуться (разомкнуться) контрольная контактная группа (контактная приставка). Если время между подачей (снятием) управляющего напряжения катушки контактора превышает допустимые значения, то формируется сигнал неисправности контактора. Дополнительно производится подсчет переключений каждого из контакторов, и если число переключений превышает значение, заданное в настройках ЭЛТЭК, формируется сигнал о превышении ресурса работы контактора. При появлении сигнала о неисправности необходимо осуществить замену соответствующего контактора.

Рекомендуемые к применению электромагнитные контакторы

схемы АВР должны иметь минимальное время отключения для обеспечения более надежной защиты от перенапряжений и диапазон питающего напряжения катушек управления (однофазное переменное) не хуже, чем 184 ... 253 В. Например, для систем АВР мощностью до 150 кВт рекомендуемые типы контакторов имеют время отключения 15 ... 25 мс.

Выдача дискретных сигналов ЭЛТЭК позволяет удаленно контролировать состояние устройства АВР, его режимы работы, аварийные ситуации. Также имеется возможность удаленно переключить электропитание с одного ввода на другой. При отключении всех вводов электропитания СУ АВР можно принудительно включить один из вводов электропитания, чтобы обеспечить, например, завершение технологического процесса, работу системы пожаротушения, функционирование других систем в случаях, когда это необходимо, при любом качестве напряжения электропитания.

Информация, фиксирующаяся во внутреннем энергонезависимом журнале ЭЛТЭК, позволяет выяснить причины возникновения аварийных ситуаций в системах электропитания, установить причины выхода из строя электрооборудования, произвести анализ качества электропитания и т.д. Срок хранения информации во внутреннем журнале ЭЛТЭК – 6 месяцев. Удобство работы с данными из внутреннего журнала ЭЛТЭК обеспечивает специализированное программное обеспечение, устанавливаемое на ПК. Сопряжение ЭЛТЭК и ПК осуществляется по интерфейсу USB.

Для обеспечения бесперебойной работы схемы АВР на основе ЭЛТЭК используется дополнительный ввод питания ~220В/50Гц, наличие напряжения на котором не зависит от состояния вводов электропитания ~380В/50Гц. Например, для обеспечения бесперебойного питания ЭЛТЭК через дополнительный ввод может использоваться ИБП. Дополнительный ввод питания ~220В/50Гц необходим для случаев, когда отсутствует питание на вводах ~380В/50Гц.

Применение ЭЛТЭК не исключает необходимости установки в силовых шкафах электропитания защит первого и второго класса от коммутационных и грозовых импульсов, устанавливаемых в соответствии с рекомендациями фирм-производителей.

Использование ЭЛТЭК при реализации систем электропитания позволяет увеличить срок службы и уменьшить число отказов дорогостоящего электрооборудования. Помимо усиленной защиты самого электрооборудования, обеспечивается увеличение времени бесперебойной работы технологических, инженерных и других систем, осуществляющих электропитание от соответствующей системы АВР. Следует отметить, что выход из строя хотя бы одного функционального узла системы АВР зачастую нарушает электроснабжение объекта и требует немедленного выезда специалистов для устранения аварии. Некоторые объекты, например узлы управления задвижками магистральных нефтепроводов, находятся в труднодоступных местах, и ремонтные мероприятия не могут быть проведены в кратчайшее время. Удаленный мониторинг с помощью ЭЛТЭК позволяет осуществлять круглосуточный контроль и более точно прогнозировать необходимость технического обслуживания системы АВР.

ЭЛТЭК может поставляться в комплекте с блоком питания БП-03, который обеспечивает стабилизированным питанием ЭЛТЭК при изменении напряжений на вводах ~380В/50Гц от -50 % до +100 % от номинального значения, обеспечивает защиту катушек управления электромагнитными контакторами от недопустимых

напряжений, обеспечивает независимое питание ЭЛТЭК с вводов ~380В/50Гц при отсутствии выходного напряжения ИБП.

Существующие проектные решения позволяют организовать схему контроля и управления электропитанием на базе ЭЛТЭК для потребителей мощностью до 110 кВт. Возможно проектирование схем контроля и управления электропитанием для потребителей мощностью более 110 кВт с соответствующей корректировкой технических характеристик, связанных с типами используемых электромагнитных контакторов.

Устройство управления электропитанием ЭЛТЭК успешно прошло все необходимые испытания, в том числе на объектах ООО «Востокнефтепровод» (ОАО «АК «Транснефть»), и рекомендовано к серийному производству. Выбранные для испытаний ЭЛТЭК объекты отличались повышенным уровнем перенапряжений. Электрооборудование на объектах испытаний ЭЛТЭК оказалось полностью работоспособно при различных аварийных ситуациях в питающих сетях ~380В/50Гц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на полезную модель RU № 112533; приоритет 12.08.11, МПК H02J9/06.
2. Патент на промышленный образец RU № 83582; приоритет 19.05.11, МКПО 13-03.
3. Правила устройства электроустановок : 7-е изд. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
4. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

Выводы

Предлагаемое к использованию многофункциональное устройство управления электропитанием ЭЛТЭК обеспечивает выполнение трех функций: автоматического включения резерва в случае наличия нескольких вводов электропитания, защиты электрооборудования от длительных перенапряжений, регистрации аварийных событий в электросети. ЭЛТЭК повышает надежность систем управления электропитанием, расширяет их технические характеристики, снижает стоимость за счет оптимального выбора коммутирующего устройства и устройства управления, выполнения функции регистрации аварийных событий, расширения допустимого диапазона питающих напряжений АВР.