

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»  
«Академия электротехнических наук Чувашской Республики»  
Ассоциация «Инновационный территориальный  
электротехнический кластер Чувашской Республики»

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
ЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ  
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Материалы  
VI Международной научно-технической  
конференции**

Чебоксары  
2022

УДК 621.3(06)  
ББК 31я43  
П781

*Редакционная коллегия:*

**В.Г. Ковалев**, канд. техн. наук, профессор (гл. редактор);  
**Г.С. Нудельман**, канд. техн. наук, профессор (зам. гл. редактора);  
**В.В. Афанасьев**, д-р техн. наук, профессор;  
**А.А. Ильин**, канд. техн. наук, доцент;  
**О.А. Онисова**, канд. техн. наук, доцент

*Печатается по решению Научно-технического совета  
Чувашского государственного университета*

**Проблемы** и перспективы развития энергетики, электротехники и  
**П781** энергоэффективности: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. –  
Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2022. – 404 с.

ISBN 978-5-7677-3559-4

Представлены статьи и доклады шестой Международной научно-технической конференции, проведенной совместно с «Академией электротехнических наук Чувашской Республики», в которых приводятся и обсуждаются результаты актуальных научных исследований в области энергетики, электротехники и энергоэффективности, а также рассматриваются вопросы подготовки инженерных кадров.

Для преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов старших курсов энергетических специальностей вузов, инженерно-технического персонала предприятий и энергосистем.

ISBN 978-5-7677-3559-4

УДК 621.3(06)  
ББК 31я43

© Издательство  
Чувашского университета, 2022

менном мире: Материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 29–30 ноября 2013 года / Искужин Т.С. (отв. редактор). – Уфа: Автономная некоммерческая организация «Исследовательский центр информационно-правовых технологий», 2013. С. 150–152.

15. *Исаков Д.А.* Солнечная энергетика. Основные виды солнечной энергетики // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации: сборник статей международной научно-практической конференции, Пермь, 25 ноября 2016 года. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2016. С. 82–86.

**Авторы:**

**Воробьев Евгений Сергеевич**, аспирант кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики, ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова». Закончил факультет энергетики и электротехники ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова» в 2019 году (магистратура). E-mail: ves\_asp@mail.ru.

**Андреев Всеволод Владимирович**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теплоэнергетических установок, ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова». Закончил физико-математический факультет Чувашского государственного университета в 1989 году. Учёную степень по теме «Физико-химическая гидродинамика процессов в пористых гранулах катализатора» получил в 1994 году. E-mail: andreev\_vsevolod@mail.ru.

## **УСТРОЙСТВО СИНХРОНИЗАЦИИ С ТРЕХФАЗНОЙ СЕТЬЮ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УСТРАНЕНИЯ ГОЛОЛЕДОБРАЗОВАНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

**Якупов Н.М., Арсланов А.Д., Малаева Е.Д.,** ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань, Россия.

**Аннотация.** В работе описана проблема гололедообразования на высоковольтных линиях электропередачи в осенне-зимний период. Описывается метод решения данной проблемы с помощью системы мониторинга и устранения гололедообразования на воздушных линиях электропередачи. Рассматривается алгоритм работы модуля плавки изморозевых отложений в данном комплексе. Приводится описание

работы устройства синхронизации модуля плавки с трехфазной сетью.

**Ключевые слова:** плавка гололеда, система мониторинга гололедообразования, высоковольтные линии электропередачи, датчик фазы.

Для передачи электроэнергии на большие расстояния используют высоковольтные линии электропередачи (ВЛЭП). В осенне-зимний период особо актуальной является проблема гололедно-изморозевых отложений. Для решения данной проблематики осуществляется мониторинг гололёда (рис. 1) с помощью датчика контроля для последующей плавки изморози, при наличии критических масс наледи, с помощью установки плавки, которая связана с датчиком контроля. Данный комплекс питается от трёхфазной дизель-генераторной установки. Модуль плавки гололёда в данной установке должен синхронизироваться с трехфазной питающей сетью. Для этого в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ была разработана плата для синхронизации блока управления с трёхфазной сетью переменного тока.

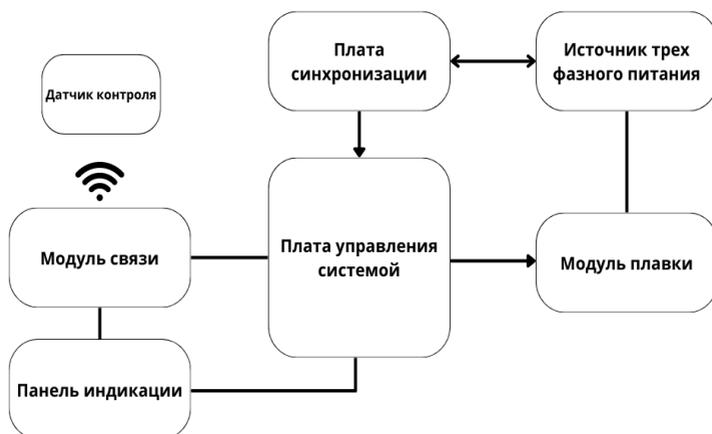


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга гололедообразования на высоковольтных линиях электропередач

Для разработки устройства синхронизации были проведены исследования способов работы схемы датчика фазы, оптогаль-

ванической развязки, работы с трехфазной сетью и принципы действия стабилизаторов.

Плата синхронизации с трехфазной сетью была представлена на рис. 2. Также ниже приводится схема электрическая принципиальная разработанного устройства и описание ее работы (рис. 3).

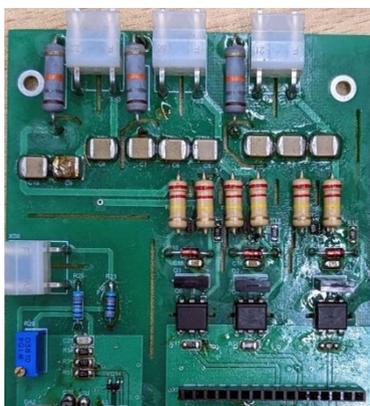


Рис. 2. Блок синхронизации с трехфазной сетью на печатной плате

Когда на канал А подается положительная полуволна, заряжаются конденсаторы С2-С4, предназначенные для сглаживания напряжения и формирования временной задержки. Затем заряжается конденсатор С13, предназначенный для поддержки напряжения на составном транзисторе Q1. После того, как конденсатор С13 зарядился, открывается составной транзистор и начинается протекание тока через светодиод в оптопаре Q2 с высоким выходным напряжением. На выходе канала из оптопары через резистор R18 выходит прямоугольный импульс обратной полярности на SA, который поступает затем на вход микроконтроллера в системе управления плавкой для синхронизации по фазе. Во время отрицательной полуволны конденсаторы С2-С4 и С13 разряжаются и через составной транзистор, и через оптопару ток не идет. Диоды VD2 и VD3 используются в качестве защиты оптопары. Аналогично работает схема также и для каналов В и С. На рис. 4 приводится осциллограмма работы данного узла, где верхние 3 графика соответствуют моментам

появления пиковых значений напряжения на всех фазах, а нижний отображает выход синхронизации по каналу А.

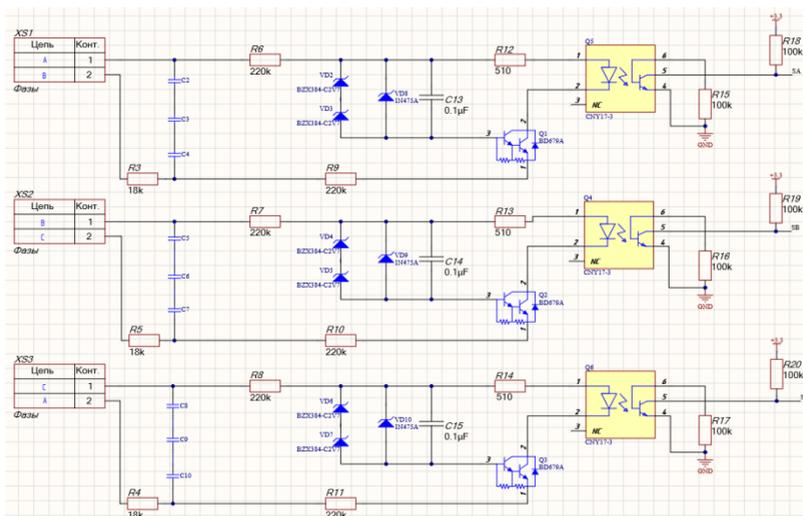


Рис. 3. Схема платы синхронизации с трехфазной сетью

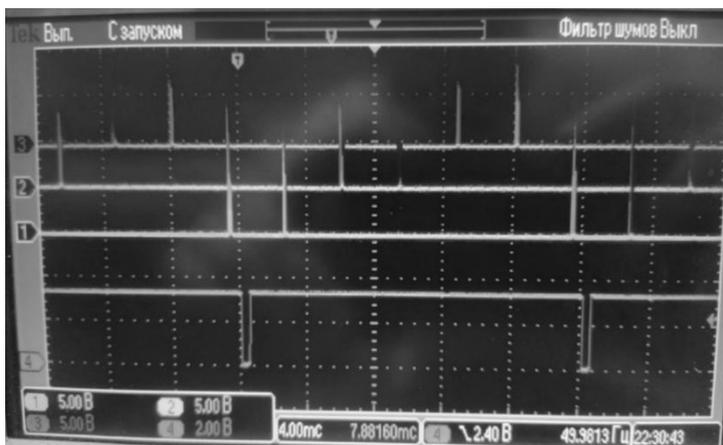


Рис. 4. Сигнал синхронизации по фазе и импульсы, управляющие отпиранием тиристоров в выпрямителе

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федера-

ции в рамках госзадания на выполнение НИР по теме "Распределенные автоматизированные системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий электропередачи и подстанций на основе технологии широкополосной передачи данных через линии электропередач и промышленного интернета вещей" (соглашение №075-03-2022-151 от 14.01.2022).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуллазянов Э.Ю.* Исследование качества функционирования электрических аппаратов низкого напряжения в составе электротехнических комплексов / Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Табачникова Т.В., Шумихина О.А., Гибадуллин Р.Р. – Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. № 23(6). С. 3-15.

2. *Бучинский В.Е.* Гололед и борьба с ним. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 68 с.

3. *Дьяков А.Ф.* Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях энергосистем / Засыпкин А.С., Левченко И.В. – Пятигорск: Изд-во РП «Южэнерготехнадзор», 2000. 284 с.

4. *Левченко И.И.* Плавка гололёда на проводах и тросах воздушных линий высокого напряжения: Учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 1998. 44 с.

5. Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация». В 3 т. Т. 1. Электроэнергетика и электроника: матер. конф. (Казань, 28–29 апреля 2020 г.) / Под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. 636 с.

6. *Стороженко Д.Ю.* Совершенствование методики применения устройств встроенной диагностики контактной сети / Рыжков А.В. – Известия Транссиба. 2016. № 4. С. 37–46.

7. *Ярославский Д.А.* Методика мониторинга гололедных отложений на проводах ВЛ с учетом разрегулировки линейной арматуры / Садыков М.Ф., Конов А.Б., Иванов Д.А., Горячев М.П., Ямбаева Т.Г. – Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 5–6. С. 89–97.

#### **Авторы:**

**Якупов Нияз Маратович**, ФГБОУ ВО КГЭУ, студент кафедры Промышленная электроника, гр. ПЭ-1-20. E-mail: janijaz@yandex.ru.

**Арсланов Амир Динарович**, ассистент кафедры Теоретические основы электротехники. E-mail: arslanovad97@gmail.com.

**Малаева Ева Денисовна**, ФГБОУ ВО КГЭУ, студент кафедры Промышленная электроника, гр. ПЭ-2-20. E-mail: mallaeva\_eva01@mail.ru.

<i>Быков К.В., Павлов Ю.В., Лазарева Н.М.</i> Передаточная функция трехуровневого конвертора .....	135
<i>Андреев В.А., Андреева Т.В., Ильин С.А., Семенов Л.А., Калинин А.Г.</i> Испытательный стенд тяговых электродвигателей на ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» .....	140
<i>Яковлев Д.В., Сорокин Н.Н., Якимов Е.А., Котик В.Ю.</i> Исследование и анализ конструкции тепловых реле ведущих производителей .....	146
<i>Матвеев Е.К., Славутский А.Л.</i> Моделирование режимов насыщения трансформатора тока в разные моменты начала короткого замыкания.....	153
<i>Медведев В.Г.</i> Особенности расчетов реакторов дугогашения с немагнитными зазорами в сердечнике магнитопровода .....	158
<i>Садыкова Л.А.</i> Проблемы Западно-Казахстанской электросетевой компании .....	168
<i>Емельянов Б.В., Емельянов В.А.</i> Влияние модуляции на амплитудно-фазовую нестабильность СВЧ усилителей мощности... ..	175
<i>Павлова А.В., Васильева Л.Н., Охоткин Г.П., Григорьев А.Т.</i> Разработка технологии взаимодействия Matlab и CoDeSys для прототипирования АСУТП в режиме реального времени .....	184
<i>Кравченко Г.А., Львова Э.Л.</i> Современное защитное электрооборудование жилых домов.....	189
<i>Петров А.Р., Грачева Е.И.</i> Исследование функциональных характеристик автоматического выключателя.....	196
<i>Петрова Р.М., Грачева Е.И.</i> Исследование характеристик надежности силовых трансформаторов.....	201
<b>IV. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ТРАДИЦИОННОЙ И НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, В Т.Ч. ВИЭ .....</b>	<b>206</b>
<i>Воробьев Е.С., Андреев В.В.</i> ,Предпосылки развития солнечной энергетики в ближайшей перспективе.....	206
<i>Якупов Н.М., Арсланов А.Д., Малаева Е.Д.</i> Устройство синхронизации с трехфазной сетью для системы мониторинга и устранения гололедообразования на воздушных линиях электропередачи .....	211