ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ БЛОКИРОВКИ И ЗАЩИТЫ ЗЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Жумаев О.А
Навоийский Государственный Горно-Технологический Университет
д.т.н., проф.
Мавлонов Ш.Ш
Навоийский Государственный Горно-Технологический Университет
магистр
Рахимов Х.А
Навоийский Государственный Горно-Технологический Университет
талабаси

Аннотация. Развитие современных информационных технологий открыло новые возможности для инновационного подхода к решению задач автоматизации и управления электроэнергетическими объектами. В результате сформировалась концепция подстанций нового типа — цифровых подстанций, основанных на применении микропроцессорных интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ). Такие подстанции ориентированы на создание современных интегрированных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) с использованием развитой информационно-вычислительной инфраструктуры. Проектирование и внедрение цифровых подстанций осуществляется в соответствии с международным стандартом МЭК 61850, обеспечивающим унификацию, совместимость и эффективный обмен данными между устройствами. Переход к современным цифровым системам управления электростанциями и подстанциями обусловлен рядом факторов, среди которых: возможность дистанционного управления, доступ к информации в реальном времени, интеграция в интеллектуальные энергосистемы (Smart Grid), а также высокая скорость реагирования на аварийные и переходные процессы. В современных условиях развития электроэнергетической отрасли цифровизация подстанций является одним из ключевых направлений повышения надежности, эффективности и гибкости энергосистем. Оснащение подстанций интеллектуальными устройствами и высокоскоростными каналами связи позволяет обеспечить более точный контроль, диагностику и управление электрооборудованием. Вместе с тем внедрение цифровых технологий предъявляет повышенные требования к обеспечению безопасности и надежной защите оборудования от аварийных режимов. В связи с этим разработка эффективных систем оперативной

ISSN 3030-3907

блокировки и защиты электрооборудования становится одной из приоритетных задач. Особое значение приобретает применение микропроцессорных технологий, позволяющих создавать интеллектуальные системы с высоким уровнем быстродействия, надежности и адаптивности к изменяющимся условиям эксплуатации. Целью данной работы является разработка микропроцессорной системы оперативной блокировки и защиты электрооборудования цифровых подстанций с учетом современных требований к безопасности, точности и быстродействию. В работе рассмотрены основные этапы разработки системы, ее архитектура, а также приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие ее эффективность.

Ключевые слова: микропроцессорная система, цифровая подстанция, оперативная блокировка, защита оборудования, электроэнергетика.

Annotatsiya. Zamonaviy axborot texnologiyalarining rivojlanishi elektroenergetika obyektlarini avtomatlashtirish va boshqarish masalalarini hal etishda innovatsion yondashuvlar uchun yangi imkoniyatlar yaratdi. Natijada yangi turdagi podstansiyalar — mikroprotsessorli intellektual elektron qurilmalar (IEQ) asosida ishlovchi raqamli podstansiyalar konsepsiyasi shakllandi. Bunday podstansiyalar rivojlangan axborot-hisoblash infratuzilmasidan foydalangan holda texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini (ASUTP) yaratishga yo‘naltirilgan. Raqamli podstansiyalarni loyihalash va joriy etish xalqaro IEC 61850 standarti asosida amalga oshiriladi, bu esa qurilmalar o‘rtasida ma’lumot almashinuvi, moslik va yagona tizimni ta’minlaydi. Elektr stansiyalari va podstansiyalarni zamonaviy raqamli boshqaruv tizimlariga o‘tkazish bir qator omillar bilan bog‘liq, jumladan: masofadan boshqarish imkoniyati, real vaqt rejimida ma’lumotga kirish, Smart Grid tizimlariga integratsiya va favqulodda holatlarga tezkor javob berish. Hozirgi elektroenergetika sohasida raqamli podstansiyalarni rivojlantirish tizim ishonchliligi, samaradorligi va moslashuvchanligini oshirishning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Podstansiyalarni intellektual qurilmalar va yuqori tezlikdagi aloqa kanallari bilan jihozlash elektr jihozlarini aniq nazorat qilish, diagnostika va boshqarishni ta’minlaydi. Shu bilan birga, raqamli texnologiyalarni joriy etish xavfsizlik va avariya holatlaridan himoya talablarini oshiradi. Shu sababli, elektr jihozlarini tezkor blokirovka qilish va himoya qilish tizimlarini ishlab chiqish dolzarb vazifalardan biridir. Mikroprotsessor texnologiyalaridan foydalanish yuqori tezlik, ishonchlilik va moslashuvchanlikka ega intellektual tizimlarni yaratishga imkon beradi. Ushbu ishning maqsadi — zamonaviy xavfsizlik, aniqlik va tezkorlik talablarini hisobga olgan holda raqamli podstansiyalar uchun mikroprotsessor

ISSN 3030-3907

asosidagi tezkor blokirovka va himoya tizimini ishlab chiqishdir. Ishda tizimni yaratish bosqichlari, arxitekturasi va uning samaradorligini tasdiqlovchi eksperimental natijalar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: mikroprotsessor tizimi, raqamli podstansiya, tezkor blokirovka, jihozlarni himoya qilish, elektroenergetika.

Abstract. The development of modern information technologies has opened new opportunities for innovative approaches to solving automation and control problems in electric power facilities. As a result, a new concept of substations has emerged — digital substations based on microprocessor-based intelligent electronic devices (IEDs). These substations are focused on creating integrated automated process control systems using advanced information and computing infrastructure. The design and implementation of digital substations are carried out in accordance with the international IEC 61850 standard, which ensures interoperability, compatibility, and efficient data exchange between devices. The transition to modern digital control systems for power plants and substations is driven by several factors, including remote control capabilities, real-time data access, integration into Smart Grid systems, and rapid response to emergency and transient conditions. In the current development of the electric power industry, the digitalization of substations is one of the key directions for improving system reliability, efficiency, and flexibility. Equipping substations with intelligent devices and high-speed communication channels enables more accurate monitoring, diagnostics, and control of electrical equipment. At the same time, the implementation of digital technologies imposes higher requirements for safety and reliable protection against fault conditions. In this regard, the development of effective operational interlocking and protection systems for electrical equipment becomes a priority task. The use of microprocessor technologies allows the creation of intelligent systems with high speed, reliability, and adaptability to changing operating conditions. The aim of this work is to develop a microprocessor-based operational interlocking and protection system for electrical equipment in digital substations, taking into account modern requirements for safety, accuracy, and speed. The paper discusses the main stages of system development, its architecture, and presents experimental results confirming its effectiveness.

Keywords: microprocessor system, digital substation, operational interlocking, equipment protection, electric power engineering.

ВВЕДЕНИЕ.

Формирование информационного обеспечения систем управления на основе электрической схемы. При проектировании цифровых подстанций на основе главной электрической схемы формируется специализированный

ISSN 3030-3907

файл, описывающий структуру и функционирование системы автоматизации электроустановки. Данный файл является основой для построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и обеспечивает корректное взаимодействие всех компонентов системы.

Информационное обеспечение должно отражать состав оборудования, топологию соединений, а также параметры взаимодействия между элементами. Это позволяет реализовать единое информационное пространство, необходимое для эффективного управления, мониторинга и защиты электроэнергетических объектов.

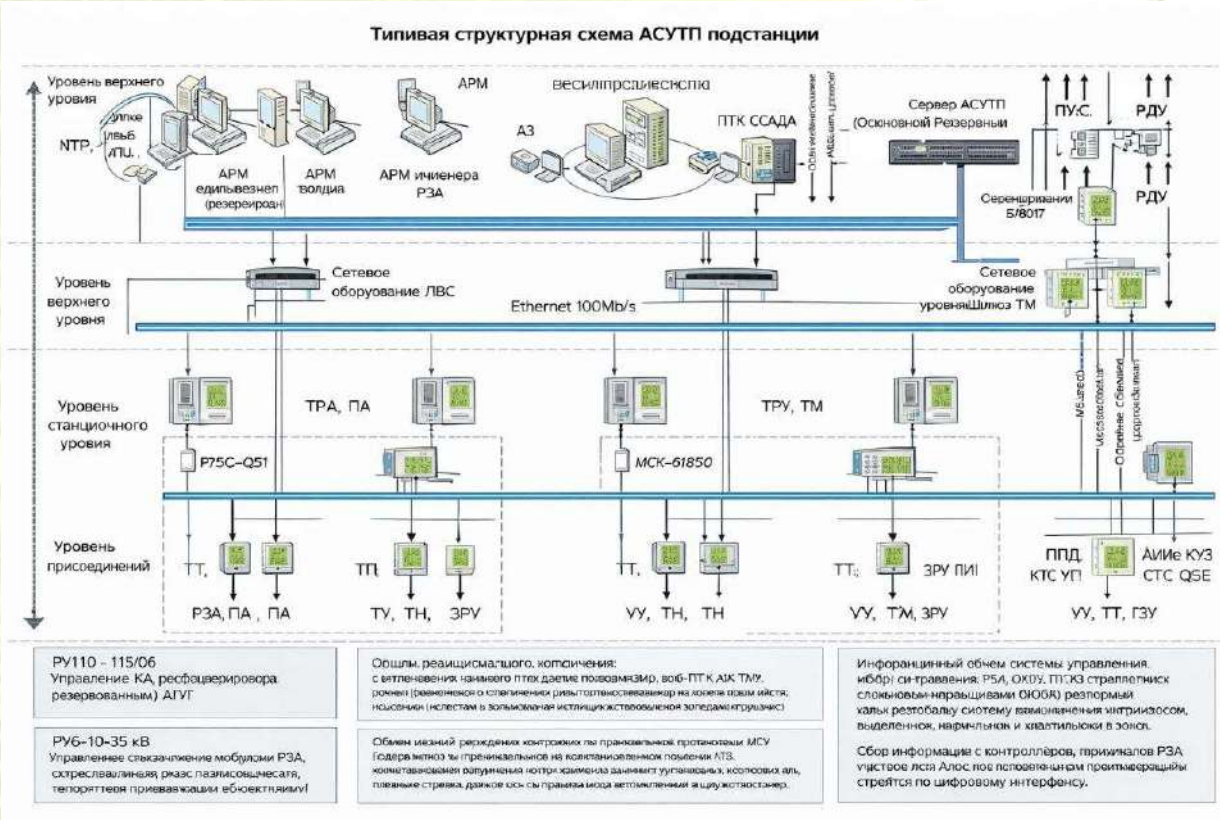


Рис. 1. Структура АСУТП.

Для формализации представления электрической схемы может быть использована следующая структура:

$$\text{Схема} = \bigcup_{i=1}^{N_э} \text{Элемент}_i + \bigcup_{j=1}^{N_L} \text{ЛинияСвязи}_j$$

где:

$N_э$— количество элементов главной электрической схемы (выключатели, трансформаторы, разъединители, измерительные устройства и др.);

N_L — количество линий связи между элементами (электрические и информационные соединения).

ISSN 3030-3907

Каждый элемент схемы представляет собой отдельный объект с набором атрибутов, таких как тип устройства, технические характеристики, параметры работы и логические функции. Линии связи, в свою очередь, определяют как электрические соединения, так и каналы передачи данных между устройствами.

Особую роль в цифровых подстанциях играет соответствие международному стандарту МЭК 61850, который регламентирует структуру данных, модели устройств и протоколы обмена информацией. В рамках данного стандарта каждый элемент схемы может быть представлен в виде логического узла (Logical Node), а связи между ними — через объектную модель данных.

Такой подход позволяет:

- автоматизировать процесс проектирования и конфигурирования подстанции;
- обеспечить совместимость оборудования различных производителей;
- повысить надежность и скорость обмена данными;
- упростить диагностику и обслуживание системы;
- реализовать интеллектуальные функции защиты и управления.

Таким образом, формирование информационного обеспечения на основе электрической схемы является ключевым этапом при создании цифровых подстанций, обеспечивающим интеграцию всех компонентов в единую интеллектуальную систему управления.

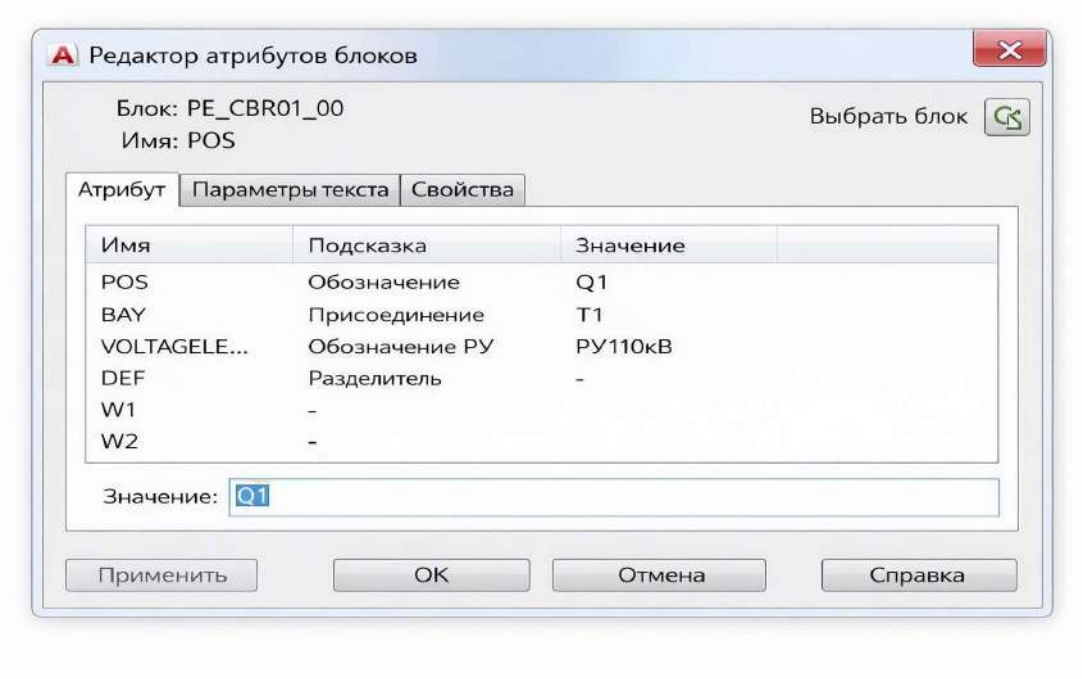
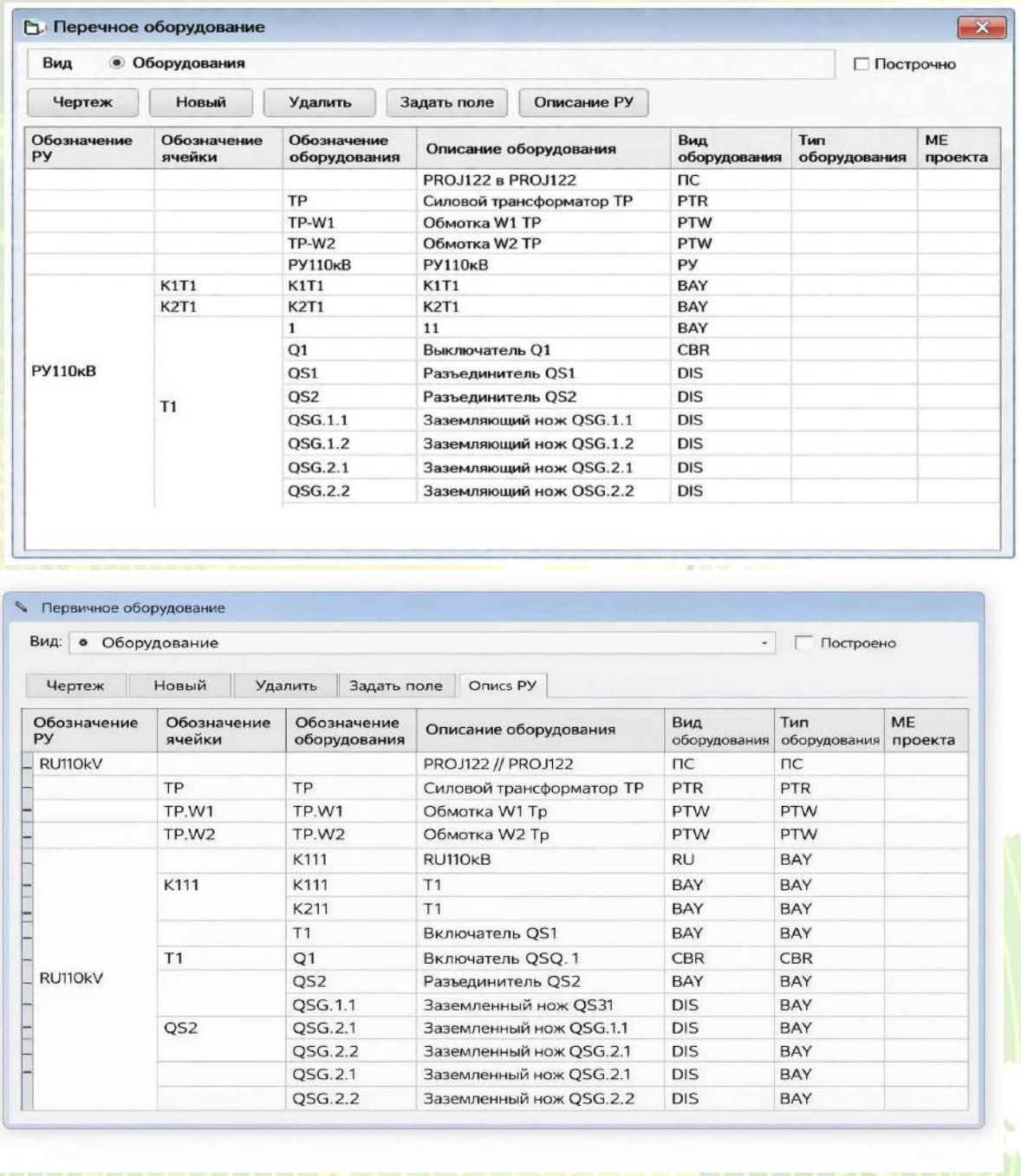


Рис.2. Редактор атрибутов блока.

ISSN 3030-3907



Перечное оборудование

Вид: Оборудования — Построчно

Чертеж | Новый | Удалить | Задать поле | Описание РУ

Обозначение РУ	Обозначение ячейки	Обозначение оборудования	Описание оборудования	Вид оборудования	Тип оборудования	ME проекта
			PROJ122 в PROJ122	ПС		
		TP	Силовой трансформатор TP	PTR		
		TP-W1	Обмотка W1 TP	PTW		
		TP-W2	Обмотка W2 TP	PTW		
		РУ110кВ	РУ110кВ	РУ		
	K1T1	K1T1	K1T1	BAY		
	K2T1	K2T1	K2T1	BAY		
		1	11	BAY		
		Q1	Выключатель Q1	CBR		
РУ110кВ		QS1	Разъединитель QS1	DIS		
	T1	QS2	Разъединитель QS2	DIS		
		QSG.1.1	Заземляющий нож QSG.1.1	DIS		
		QSG.1.2	Заземляющий нож QSG.1.2	DIS		
		QSG.2.1	Заземляющий нож QSG.2.1	DIS		
		QSG.2.2	Заземляющий нож OSG.2.2	DIS		

Первичное оборудование

Вид: Оборудование — Построено

Чертеж | Новый | Удалить | Задать поле | Опись РУ

Обозначение РУ	Обозначение ячейки	Обозначение оборудования	Описание оборудования	Вид оборудования	Тип оборудования	ME проекта
RU110kV			PROJ122 // PROJ122	ПС	ПС	
	TP	TP	Силовой трансформатор TP	PTR	PTR	
	TP.W1	TP.W1	Обмотка W1 Tp	PTW	PTW	
	TP.W2	TP.W2	Обмотка W2 Tp	PTW	PTW	
		K111	RU110kB	RU	BAY	
	K111	K111	T1	BAY	BAY	
		K211	T1	BAY	BAY	
		T1	Включатель QS1	BAY	BAY	
	T1	Q1	Включатель QSQ. 1	CBR	CBR	
RU110kV		QS2	Разъединитель QS2	BAY	BAY	
		QSG.1.1	Заземленный нож QS31	DIS	BAY	
	QS2	QSG.2.1	Заземленный нож QSG.1.1	DIS	BAY	
		QSG.2.2	Заземленный нож QSG.2.1	DIS	BAY	
		QSG.2.1	Заземленный нож QSG.2.1	DIS	BAY	
		QSG.2.2	Заземленный нож QSG.2.2	DIS	BAY	

Рис.3. Фрагмент таблицы оборудования.

ISSN 3030-3907

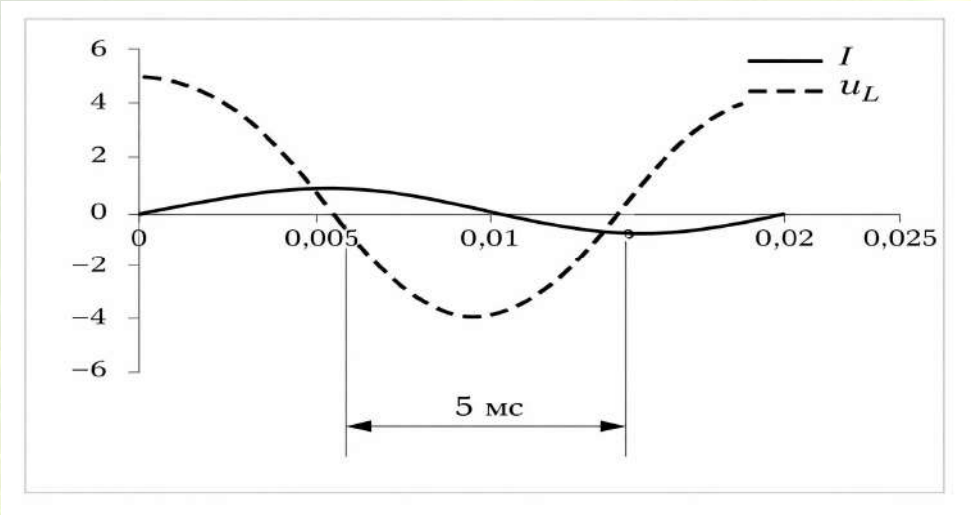


Рис.4. Временные зависимости тока и напряжения.

Каждый элемент главной электрической схемы характеризуется следующими параметрами:

1. Условное графическое обозначение (УГО) – символ, используемый на схемах для визуального представления элемента.
2. Тип оборудования – категория или класс электрического оборудования (например, выключатель, трансформатор, предохранитель, реле и т.д.).
3. Обозначение элемента – уникальный идентификатор или маркировка элемента (например, QF1, T1).
4. Принадлежность к распределительному устройству (РУ) – указание, к какому комплектному распределительному устройству относится элемент.
5. Обозначение ячейки (присоединения) – уникальный номер ячейки или присоединения, к которому подключен элемент.
6. Точки подключения – список точек электрического соединения элемента с другими элементами схемы (контакты, клеммы).

Дополнительные параметры для информационной модели:

7. Электрические параметры – номинальные значения тока, напряжения, мощности, сопротивления и др.
8. Функциональное назначение – описание роли элемента в работе подстанции (например, защитное устройство, измерительное устройство, коммутационный элемент).
9. Производитель и модель – конкретная марка и модель оборудования.
10. Степень защиты – IP-рейтинг или другие параметры защиты от внешних воздействий.
11. Состояние и статус – информация о текущем состоянии элемента (включено/выключено, исправно/неисправно).
12. Программируемые настройки – параметры, задаваемые в системе автоматизации (например, настройки реле защиты, логика контроллера).

ISSN 3030-3907

13. Документация и ссылки на чертежи – привязка к паспорту оборудования, схемам подключения и инструкциям.

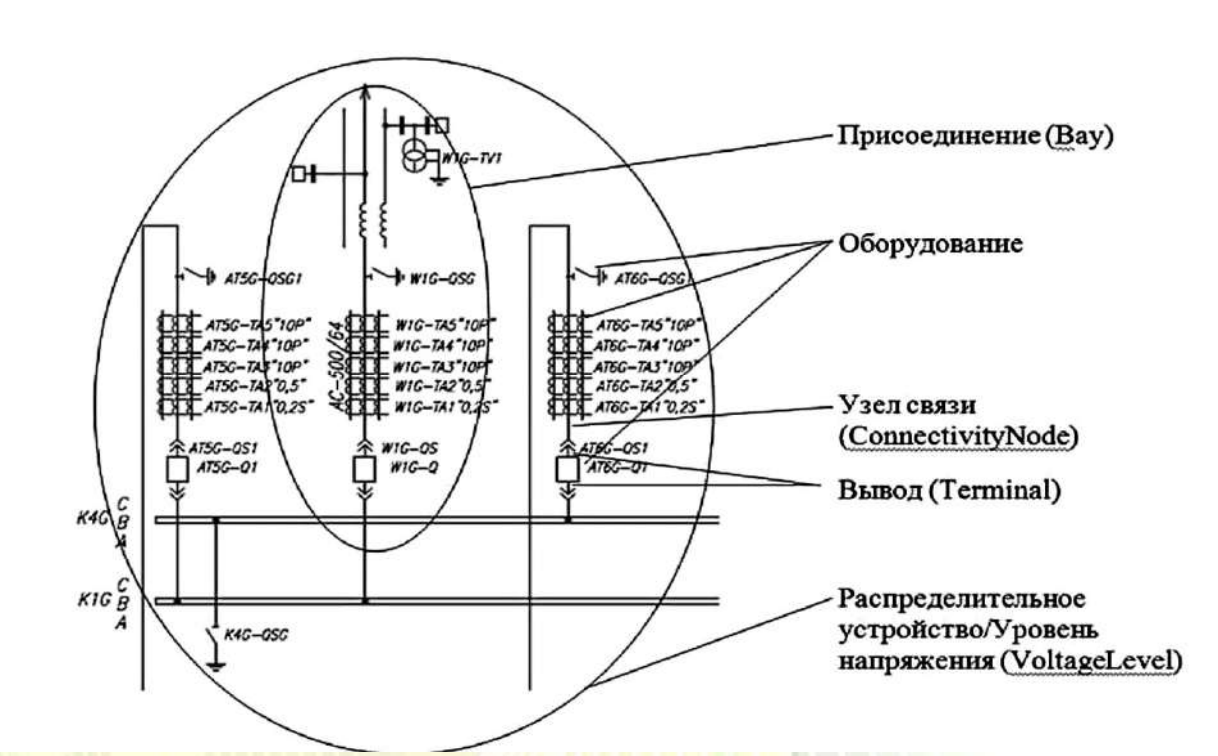


Рис.5. Фрагмент главной схемы с элементами информационной модели.

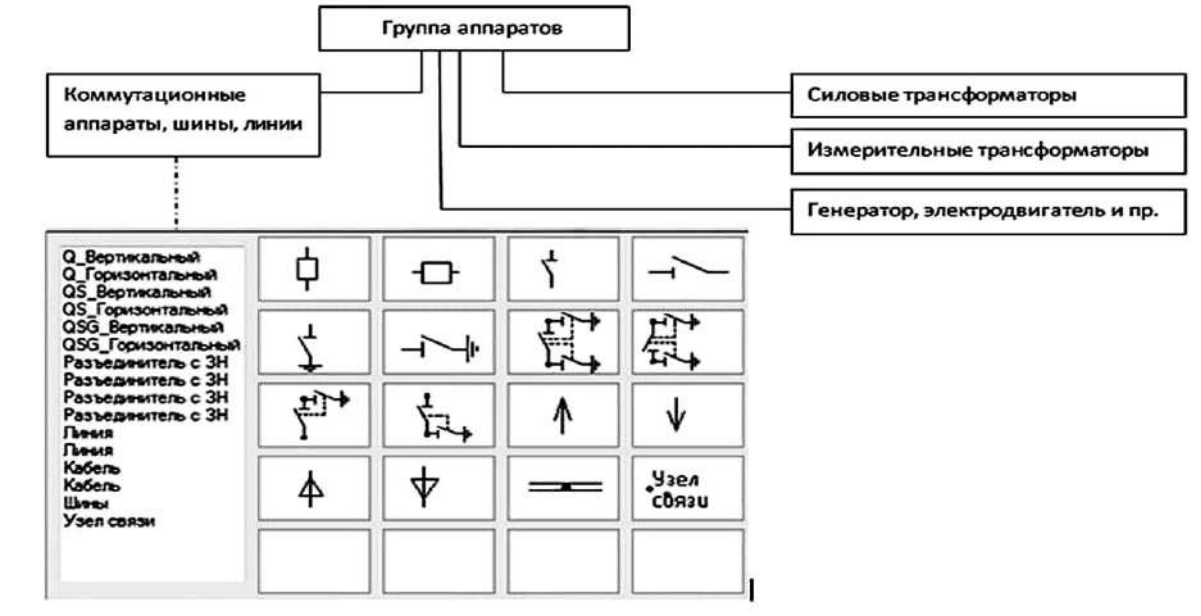


Рис.6. Фрагмент групп аппаратов для подготовки главной электрической схемы

ISSN 3030-3907



Рис.7. Формирование типовых УГО



Рис. 8. Распределение аппаратов по РУ

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко, А.Н. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 2018.

2. Цифровая электроэнергетика – [электронный ресурс] – Режим доступа; https://harb.com/ru/company/technoserv/blog/342268/ (дата обращения: 06.12.2019)

3. Тесленок, А. И. Современные проблемы в сфере цифровых подстанций / А.И. Тесленок // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки. Сб. ст. по мат. LXII междунар. студ. практ. конф. N;2(61) – [электронный ресурс] – Режим доступа; https://sibac.info/archive/techine/2(61).pdf (дата обращения: 06.12.2019)

4. Чернышова, М.В. К вопросу о реализации стратегии внедрения цифровых подстанций // Материалы X Международной студенческой научной конференции (2018)

5. Применение IoT в российской электроэнергетике // WaveAccess – [электронный ресурс] – Режим доступа; https://www.waveaccess.ru/ (дата обращения: 06.12.2019)

ISSN 3030-3907

6. Кондратенко, А.А. Цифровые подстанции и системы автоматизации: учебное пособие. – М.: Энергия, 2020.
7. Иванов, С.В. Информационные технологии в электрических сетях: цифровая трансформация электроэнергетики. – СПб.: Питер, 2019.
8. IEC 61850: Communication networks and systems for power utility automation. – International Electrotechnical Commission, 2018.
9. IEEE Guide for Smart Substation Communication and Automation. – IEEE Std 1686-2013.
10. Петров, В.И., Смирнов, Д.Н. Системы управления и защиты цифровых подстанций: практическое руководство. – М.: Энергоатомиздат, 2021.

ISSN 3030-3907