

**КЛЕМЕНТЬЕВ В. Ю., КОРОТКОВ М. В., БАЛЬЗАМОВ А. Ю.**  
**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**  
**ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПЕЙ**  
**ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности проектирования средств мониторинга и контроля систем резервного электропитания. Реализованный комплекс технической диагностики позволяет проводить измерение и регистрацию электрических параметров системы оперативного постоянного тока в режиме реального времени. Задавать уставки возможно как с панели оператора, так и удаленно с персонального компьютера.

**Ключевые слова:** автоматика, релейная защита, система оперативного тока, микроконтроллерная система управления, автоматизированная система диагностики.

**KLEMENTYEV V. YU., KOROTKOV M. V., BALZAMOV A. YU.**  
**AUTOMATED SYSTEM FOR TECHNICAL DIAGNOSTICS**  
**OF ELECTRICAL PARAMETERS OF OPERATIVE DC CIRCUITS**

**Abstract.** The article considers the design features of automated systems for monitoring and testing backup power supply. The implemented complex of technical diagnostics makes it possible to measure and record the electrical parameters of the operative DC system in real time. Configuration is set up from the operator panel or personal computer.

**Keywords:** automatics, relay protection, operative DC system, microcontroller-based control system, automated system of diagnostics.

Под системой оперативного постоянного тока (СОПТ) на электростанциях и подстанциях чаще всего подразумевается комплект электронного оборудования для обеспечения резервного электропитания аппаратов релейной защиты и автоматики, систем предупредительной сигнализации и аварийного освещения. Типовой состав СОПТ предполагает наличие зарядно-подзарядных преобразователей аккумуляторных батарей, щита постоянного тока, а также электрических шкафов ввода/распределения и блоков предохранителей. Проектирование СОПТ с точки зрения надежности, долговечности и ремонтпригодности предполагает решение вопросов, связанных с организацией системы мониторинга, контролем сопротивления изоляции и ряда других важных проблем [1, с. 119].

Автоматизированные системы технической диагностики предоставляют возможность контролировать состояния электрических параметров системы оперативного постоянного тока в режиме реального времени [2, с. 51]. Применение аппаратно-программных средств

мониторинга значительно повышает надежность системы, сокращает время на восстановление СОПТ. В дополнение к этому, грамотно спроектированная современная система мониторинга должна программно реализовывать «интеллектуальные» алгоритмы прогнозирования возможных неисправностей для своевременного проведения ремонтно-профилактических работ.

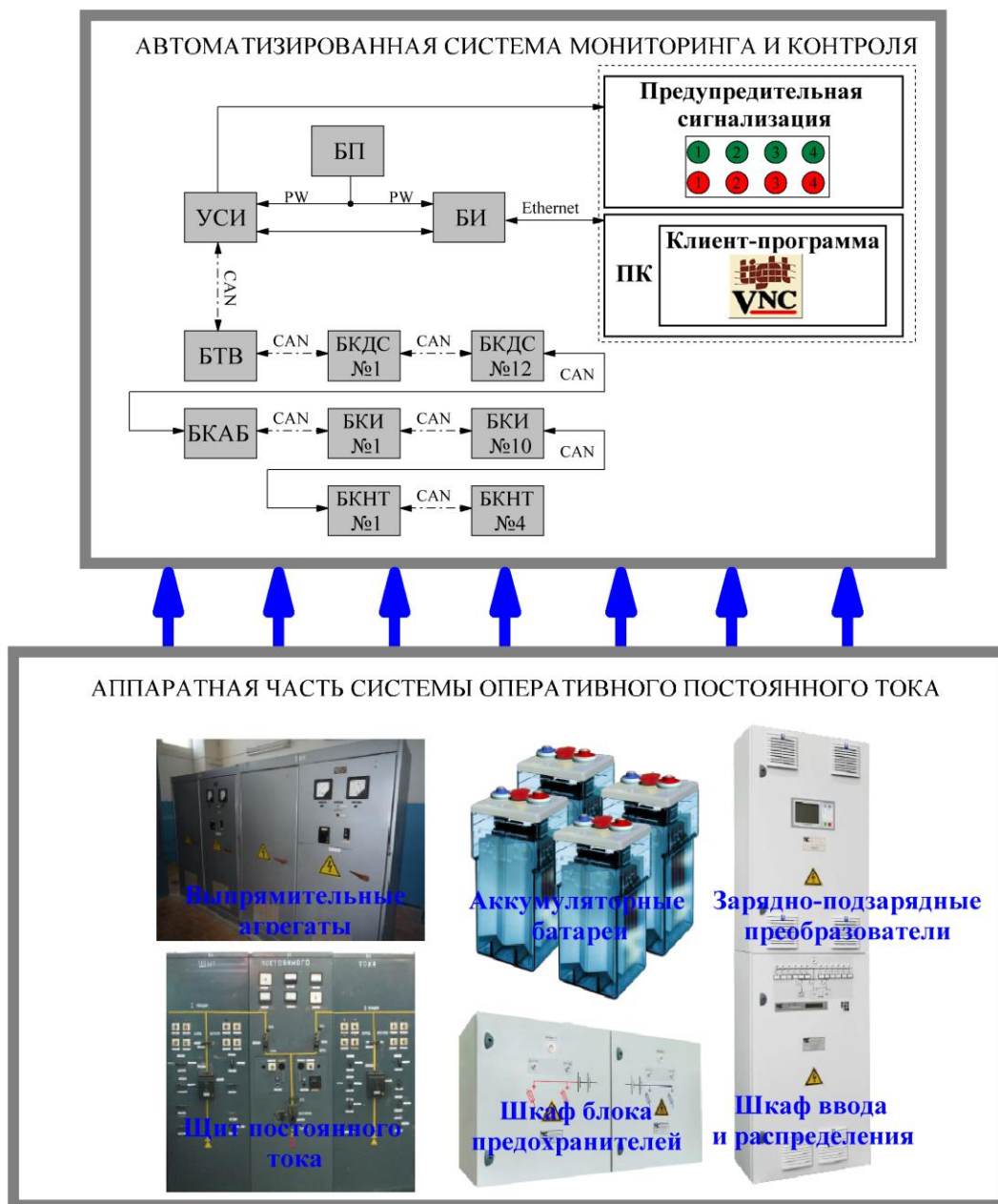


Рис.1. Структура системы мониторинга электрических и технологических параметров системы оперативного постоянного тока: БП – блок питания; УСИ – устройство сбора информации; БИ – блок индикации; БТВ – блок тестового воздействия; БКДС – блок контроля дискретных сигналов; БКАБ – блок контроля аккумуляторной батареи; БКИ – блок контроля изоляции; БКНТ – блок контроля напряжения и тока; ПК – персональный компьютер.

Функции мониторинга и контроля электрических и технологических параметров в структуре системы оперативного тока, предлагаемой на рисунке 1, реализуются в виде отдельного автоматизированного комплекса технической диагностики.

Разработка программного обеспечения для каждого измерительного блока предполагает применение специализированных IDE для конкретной фирмы-производителя микроконтроллера, лежащего в его основе. В рассматриваемой конфигурации вычислительное ядро микропроцессорного блока представляет собой микроконтроллер STM32.

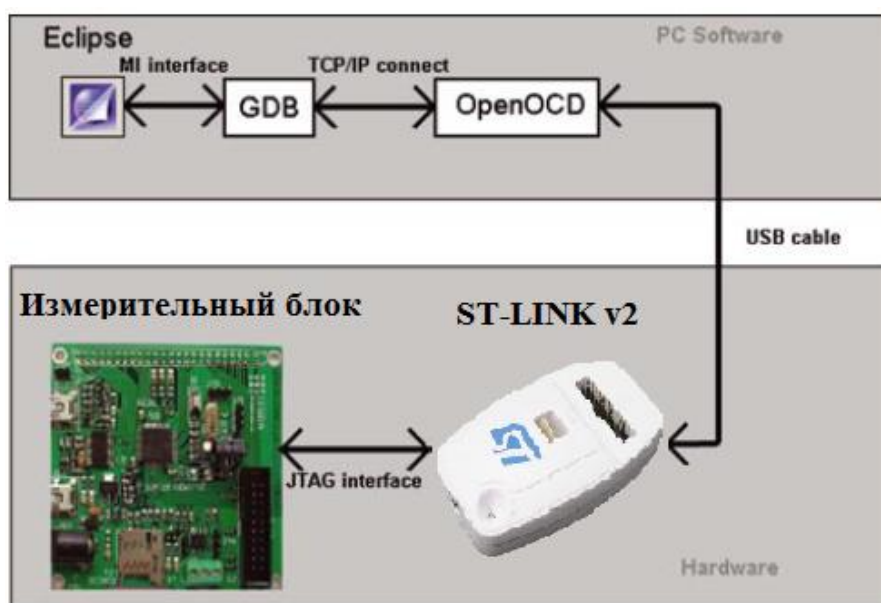


Рис. 2. Схема взаимодействия IDE с целевой платформой.

На рисунке 2 наглядно продемонстрирована схема взаимодействия интегрированной среды разработки Eclipse с целевой платформой микропроцессорного измерительного блока. Связь с микроконтроллером осуществляется через драйвер ST-LINK/V2. При установлении связи OpenOCD (Open On-Chip Debugger) открывает telnet-соединение. Это необходимо для того, чтобы отладочная утилита GDB (GNU Debugger) могла управлять микроконтроллером. Далее, как только telnet-соединение произошло, Eclipse запускает файл GDB с указанием порта, к которому нужно подключиться. После этого в отладочную программу отправляются команды инициализации: стереть flash-память, провести запись файла прошивки, а также установить точку остановки на main.c.

Питание функциональных блоков системы производится от шины питания 24 В, а обмен данными – по интерфейсу CAN [3]. В БИ через УСИ поступают данные от

функциональных блоков. Кроме этого, с панели оператора передаются команды управления реле сигнализации в УСИ, а также в АСУ ТП.

Блок тестового воздействия получает уставки от БИ, в соответствии с которыми выполняет функции измерения и контроля общего сопротивления изоляции СОПТ, сопротивления изоляции полюсов и секций СОПТ, напряжения полюсов относительно «земли» и напряжения главных шин.

Функция микропроцессорного измерительного блока контроля напряжения и тока сводится к измерению тока, напряжения его пульсаций в заданных точках СОПТ. Измерение тока проводится с помощью шунтов и датчиков тока. Похожий на БКНТ по конструктивному исполнению и выполняемым функциям, БКАБ, кроме всего прочего, определяет степень заряда и разряда аккумуляторной батареи. Блок контроля дискретных сигналов, соответственно, осуществляет мониторинг состояния коммутационных аппаратов шкафа ввода и распределения [4].

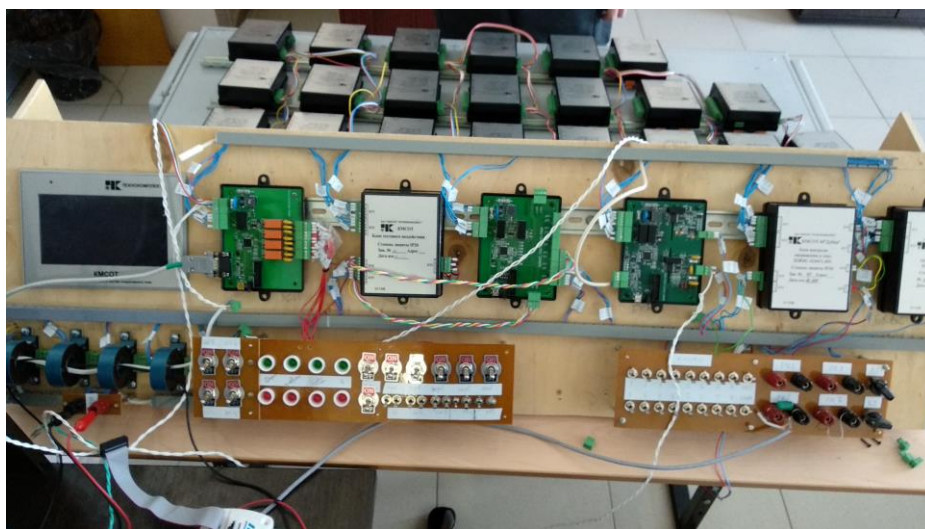


Рис. 3. Макет испытательного стенда системы мониторинга оперативного тока.

Поскольку в условиях учебной лаборатории проведение проверки функционирования комплекса на реальной системе оперативного тока не представляется возможным, был разработан макет испытательного стенда. На рисунке 3 приведен общий вид экспериментального стенда для проверки функционирования, отладки программного обеспечения системы мониторинга и контроля оперативного тока.

Главные шины СОПТ имитируются подачей на входы измерительных блоков постоянного напряжения 0-300 В от двух последовательно соединенных лабораторных блоков питания на 150 В и 1,2 А. Пульсации тока можно задать универсальным генератором сигналов. С помощью ключевых элементов реализуется возможность формирования

дискретных сигналов, а применение схемы магазина сопротивлений позволяет задавать сопротивление изоляции.

Отображение и задание уставок может производиться как с блока индикации, реализованного на платформе операционной системы Linux, так и удаленно с рабочего ПК оператора участка. Для связи панели оператора с ПК устанавливается программное обеспечение удаленного доступа. В разработанной конфигурации используются программа Tight VNC. В блоке индикации запускается сервер-программа, а на ПК – программа-клиент.

Пользовательский интерфейс панели оператора максимально прост и интуитивно понятен. Некоторые оконные формы интерфейса системы мониторинга и контроля оперативного тока представлены на рисунках 4 – 6 соответственно.

Сигнализация осуществляется посредством индикации аварийных и предупредительных цветовых маркеров и сообщений самодиагностики комплекса в окне «Состояние комплекса» панели оператора (рис. 4). При выходе параметров микропроцессорного блока за пределы уставок индикатор окрашивается желтым цветом.

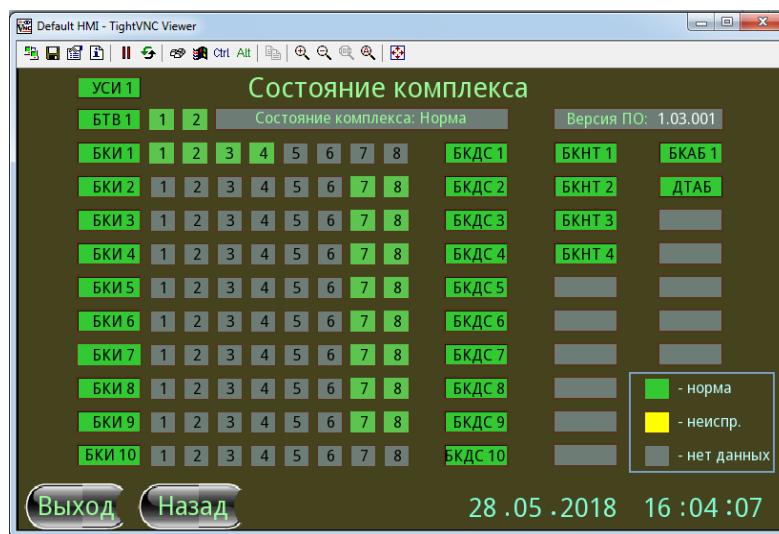


Рис. 4. Вкладка «Состояние комплекса».

Аварийные сообщения для каждого блока регистрируются в журнале с одновременным срабатыванием соответствующего реле сигнализации при первом определении комплексом аварийного состояния. Оконная форма вкладки «Журнал событий» представлена на рисунке 5. Зеленый цвет записи в журнале означает, что параметр возвращается в нормальное состояние. Помимо этого, интерфейс предполагает задание уставок для каждого измерительного блока. Так для блока контроля напряжений и токов задается верхняя и нижняя граница действующих значений пульсаций тока и напряжения, а

из вкладки «Аккумуляторная батарея», показанной на рисунке 6, можно узнать находится ли в нормальном состоянии напряжение асимметрии и температура аккумуляторной батареи.

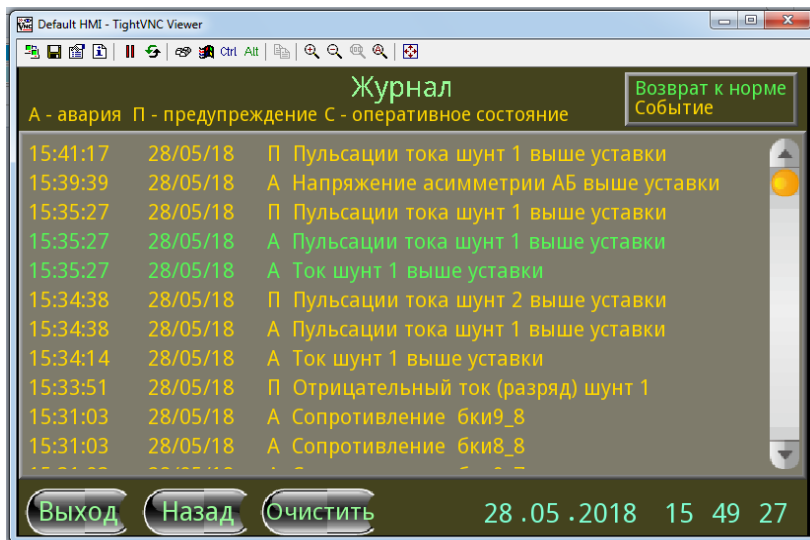


Рис. 5. Вкладка «Журнал событий».

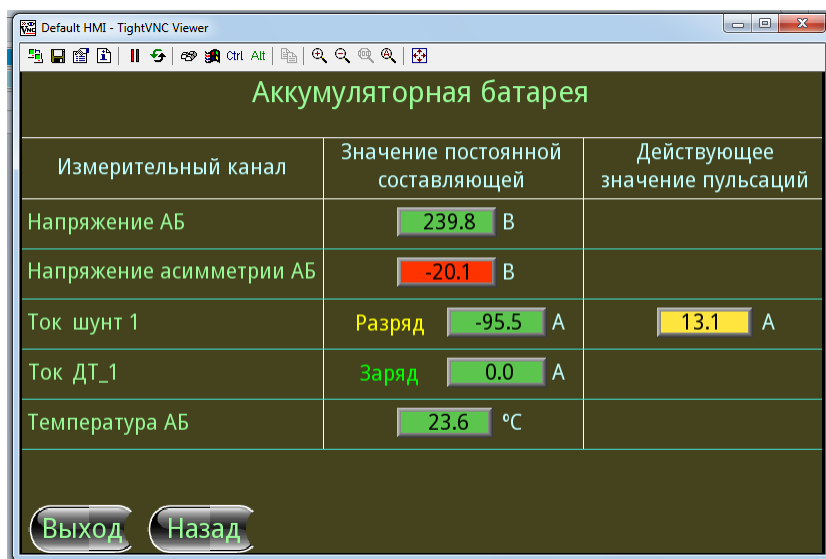


Рис. 6. Вкладка «Аккумуляторная батарея».

Созданная автоматизированная система технической диагностики выгодно отличается от аналогичных средств мониторинга и контроля распределенной организацией микропроцессорных измерительных блоков. Применение операторной панели на платформе операционной системы Linux позволяет оператору анализировать электрические параметры системы оперативного постоянного тока в режиме реального времени и удаленного доступа. Это позволяет значительно повысить надежность СОПТ, сократить время на ее восстановление, а программно реализуемые «интеллектуальные» алгоритмы

прогнозирования неисправностей делают возможным своевременно проводить ремонтно-профилактические работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крючков И. С., Старов М. А., Гусев К. П., Пираморов М. В. Релейная защита электроэнергетических систем: учебник для вузов / под ред. И. П. Кобялко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 416 с.
2. Кобялко И. П. Старова М. А. Реле и элементы промышленной автоматики: учеб. пособие / под ред. И. П. Кобялко. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 416 с.
3. Сайт компании «ТЕХНОКОМПЛЕКТ». Комплекс мониторинга систем оперативного тока серии КМСОТ «Дубна» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.technocomplekt.ru/produktsiya/kmsot-m-dubna.html>.
4. Клементьев В. Ю., Бальзамов А. Ю. Устройство для мониторинга первичных электрических параметров систем оперативного постоянного тока // Роль технических наук в развитии общества: сборник материалов III Международной научно-практической конференции (15 марта 2018 года). – Выпуск 3. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2018. – С. 179–181.