

Платформа ЦДЭС

Технические характеристики

№	Наименование параметра	Значение
1	Назначение оборудования	ПАК ЦДЭС предназначен для численного моделирования в реальном времени и выполнения расчетов электрических, электромагнитных и электромеханических процессов в заданной виртуальной (численной) модели энергосистемы.
2	Исполнение	Программно-аппаратная цифровая система модульной конструкции на базе шкафа типоразмера 19" с возможностью установки не менее 2 вычислительных модулей и в оставшемся свободном пространстве модулей ввода/вывода.
3	Симуляция в жестком реальном времени на основе алгоритма Доммеля	Шаг расчета 2–50 мкс.
4	Симуляция электромагнитных переходных процессов	Диапазон частот от постоянного тока до 3 кГц.
5	Архитектура	Свободно конфигурируемая архитектура, состоящая из модулей: а) вычислительных; б) ввода/вывода; в) вспомогательных; г) конструктивных.
6	Электропитание	230В, 50Гц, электропотребление не более 3500 ВА на шкаф.

№	Наименование параметра	Значение
7	Характеристики вычислительных модулей	<p>а) центральный процессор до 24 ядер с частотой не менее 2,4 ГГц;</p> <p>б) работа не менее с чем 20 модулями ввода/вывода;</p> <p>в) работа не менее чем с 4-мя портами высокоскоростной связи по протоколу Aurora;</p> <p>г) индикация состояния вычислительного модуля и выполняемого на нем задания на графическом дисплее в шкафу;</p> <p>д) интерфейс Ethernet для связи с управляющим компьютером.</p> <p>Вычислительный модуль обеспечивает симуляцию электрической схемы, содержащей до 600 электрических однофазных узлов с шагом расчета 50 мкс.</p> <p>Обеспечивается возможность объединения не менее 100 вычислительных модулей между собой для совместной симуляции общей задачи.</p>
8	Характеристики модулей ввода/вывода (аналоговых сигналов)	<p>Каналов аналогового ввода: 32.</p> <p>Диапазон выходного сигнала по напряжению: +/-10 В.</p> <p>Диапазон выходного сигнала по току: 0...20 мА, 4...20 мА (приемник).</p> <p>Разрядность ЦАП: 16 бит.</p> <p>Точность выходного сигнала: 0.01 % (от измеряемого диапазона).</p> <p>Изоляция аналогового вывода: 2000 В.</p> <p>Каналов аналогового вывода: 16.</p> <p>Дифференциальных каналов: 8.</p> <p>Каналов с общим проводом: 16.</p> <p>Диапазон входного сигнала по напряжению: +/-1.25 В, +/-2.5 В, +/-5 В, +/-10 В, 0...2.5 В, 0...5 В, 0...10 В.</p> <p>Частота выборки АЦП: 5000 кГц.</p> <p>Разрядность АЦП: 16 Бит.</p> <p>Точность измерений: (+/-) 0.008 %</p> <p>Количество подключаемых модулей ввода/вывода не имеет программных ограничений.</p>

№	Наименование параметра	Значение
9	Характеристики модулей ввода/вывода (дискретных сигналов)	<p>Всего каналов дискретного ввода: 64.</p> <p>Тип: Контакт с внешним питанием.</p> <p>Логическая 1 контакта с внешним питанием: 10 ... 30 В.</p> <p>Логический 0 контакта с внешним питанием: 0 ... 3 В.</p> <p>Изоляция дискретного ввода: 2500 В.</p> <p>Дискретный вывод.</p> <p>Всего каналов дискретного вывода: 64.</p> <p>Приемник/источник: Приемник (NPN).</p> <p>Выходное напряжение: 5 ... 40 В.</p> <p>Максимальный выходной ток: 350 мА (макс./канал при 25 °С).</p> <p>Изоляция дискретного вывода: 2500 В.</p>
10	Характеристики модулей ввода/вывода (связи по сети Ethernet)	<p>Модули связи по сети Ethernet обеспечивают ввод и вывод данных в соответствии с протоколами: МЭК 61850 (SV, GOOSE, MMS), IEEE C37.118(PMU), МЭК60870-5-104, Modbus, а также в конфигурируемом пользователем формате UDP, MQTT.</p>
11	Характеристики вспомогательных модулей (синхронизации)	<p>Модуль синхронизации обеспечивает синхронизацию процесса симуляции с источником точного времени по протоколам: PTP, SNTP, 1PPS.</p>
12	Общие характеристики ПО	<p>ПО разработано отечественными производителями. Лицензирование ПО осуществляется по корпоративной лицензии без ограничения числа рабочих мест в рамках одной организации. ПО обеспечивает среду разработки модели и управление в ходе симуляции. Все этапы работы с ЦДЭС, от построения схемы модели, до выполнения процесса симуляции, а также анализ полученных результатов выполняются в едином пользовательском графическом интерфейсе на управляющем ПК на базе отечественной операционной системы.</p>
13	Базовый набор функций пользовательского интерфейса	<p>а) редактор схем – программная среда для построения схемы модели на базе готовых элементов из библиотеки или из пользовательских компонентов. Готовая схема автоматически компилируется для запуска на ЦДЭС. Редактор имеет функции автоматического расчета потока распределения в моделируемой энергосистеме и задания параметров ключевых элементов в соответствии с результатами расчета;</p> <p>б) преобразователь файлов – модуль импорта готовых моделей из сторонних приложений в формате CIM;</p>

№	Наименование параметра	Значение
		<p>в) редактор воздушных и кабельных линий электропередачи – модуль для расчета математических параметров с использованием ПИ-секций. Расчеты параметров производятся по физическим и геометрическим данным линий и кабелей. Имеется возможность альтернативного задания параметров линий по комплексному сопротивлению прямой и нулевой последовательностей для 3 и 6 проводных линий;</p> <p>г) пульт управления ходом симуляции – модуль для запуска ЦДЭС, отображения и сохранения результатов моделирования. Модуль обеспечивает взаимодействие оператора с виртуальной моделью (задание значения уставок, управление выключателями, управления замыканиями пр.), мониторинг состояния модели (действующие значения токов и напряжений и прочих величин). Модуль имеет возможность задания мнемосхемы и динамического отображения на ней состояний элементов и текущих значений переменных. Результаты моделирования сохраняются непосредственно из графического интерфейса в формате png, svg, pdf, а также csv, comtrade, pcar.</p>
14	Функциональные возможности ЦДЭС по моделированию энергосистем	<p>ЦДЭС выполняет моделирование следующих элементов энергосистем: воздушные и кабельные линии с взаимной индукцией; двух- и трехобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы с учетом гистерезиса, насыщения и РПН; синхронный генератор (турбогенератор и гидрогенератор); синхронный двигатель; асинхронный двигатель; источники ЭДС с задаваемым импедансом, амплитудой, частотой и фазой; пассивные элементы: резисторы, индуктивности и емкости; силовые выключатели и элементы формирования замыканий; средства компенсации реактивной мощности: УШР и СТК; измерительные ТТ (с насыщением) и ТН.</p>
15	Функциональные возможности ЦДЭС по моделированию систем управления (начало)	<p>ЦДЭС имеет специальный модуль для моделирования систем РЗА и автоматического управления в виде виртуальных терминалов РЗА и программируемых логических контроллеров, которые обеспечивают: моделирование РЗА и автоматического регулирования с использованием логических узлов по стандарту МЭК 61850; моделирование виртуальных программируемых логических контроллеров с реализацией основных логических и математических операций по стандарту МЭК 61131, а также реализацию пользовательских алгоритмов на языке программирования С и реализацию регуляторов возбуждения и частоты вращения генераторов.</p> <p>Задание констант: целочисленные, вещественные, математические (π, e).</p> <p>Преобразование данных: радианы – градусы, целые – вещественные. Математические функции: multiply, exp, log, ln, sqrt, inverse, abs, sum, divide, max, min.</p> <p>Математические функции для комплексных чисел: multiply, divide, add, subtract Тригонометрические функции: sin, arcsin, cos, arccos, tan, arctan, arctan2.</p> <p>Типовые функциональные блоки: «мертвая зона», генератор импульсов, детектор фронтов, задержка, счетчик, наклонная, наклонная с ограничениями, ограничители, фазовая автоподстройка, триггеры, преобразование Фурье, интегратор, опережения-запаздывания, затухание, поиск по таблице и др.</p>



№	Наименование параметра	Значение
15	Функциональные возможности ЦДЭС по моделированию систем управления (продолжение)	<p>Логические функции: и, или, не, сдвиг, преобразование бит – слово, условия if – then – else.</p> <p>Измерители: активной и реактивной мощности, действующего значения (в одно- и трехфазной цепи, фазовый угол, частота и др.).</p> <p>Обработка сигналов: выборка и хранение, дискретизация данных, скользящее среднее и др.</p>
16	Создание собственных моделей пользователя	<p>Пользователь имеет возможность создавать собственные модели для силовых цепей, которые могут работать в режиме реального времени совместно с библиотечными элементами. Средство разработки пользовательских моделей имеет графический интерфейс, поддерживает программирование на языке С и включает все необходимые компиляторы.</p>
17	Возможность пакетного режима симуляции	<p>ПО ЦДЭС позволяет пользователю программировать последовательность проведения симуляции в автоматическом режиме (пакетном режиме). Пакетный режим имеет возможность использования вложенных циклов (if, for, while), записывать ключевые результаты в БД, выборочно печатать или сохранять результаты моделирования. Обеспечивается возможность экспорта результатов симуляции в форматах png, svg, pdf, а также csv, comtrade и pcap.</p>
18	Доступность модернизации	<p>ЦДЭС имеет возможность модернизации с целью моделирования энергосистем с большим количеством узлов. Возможность модернизации обеспечивается за счет увеличения числа задействованных ядер, добавления новых вычислительных модулей, а также увеличения модулей ввода/вывода.</p>

