

ИКС-30

Промышленная аппаратно-программная платформа
генерации DC-напряжения и электронной нагрузки

INDUSTRIAL DC TEST PLATFORM

DATA SHEET

КЛЮЧЕВЫЕ ПАРАМЕТРЫ

01

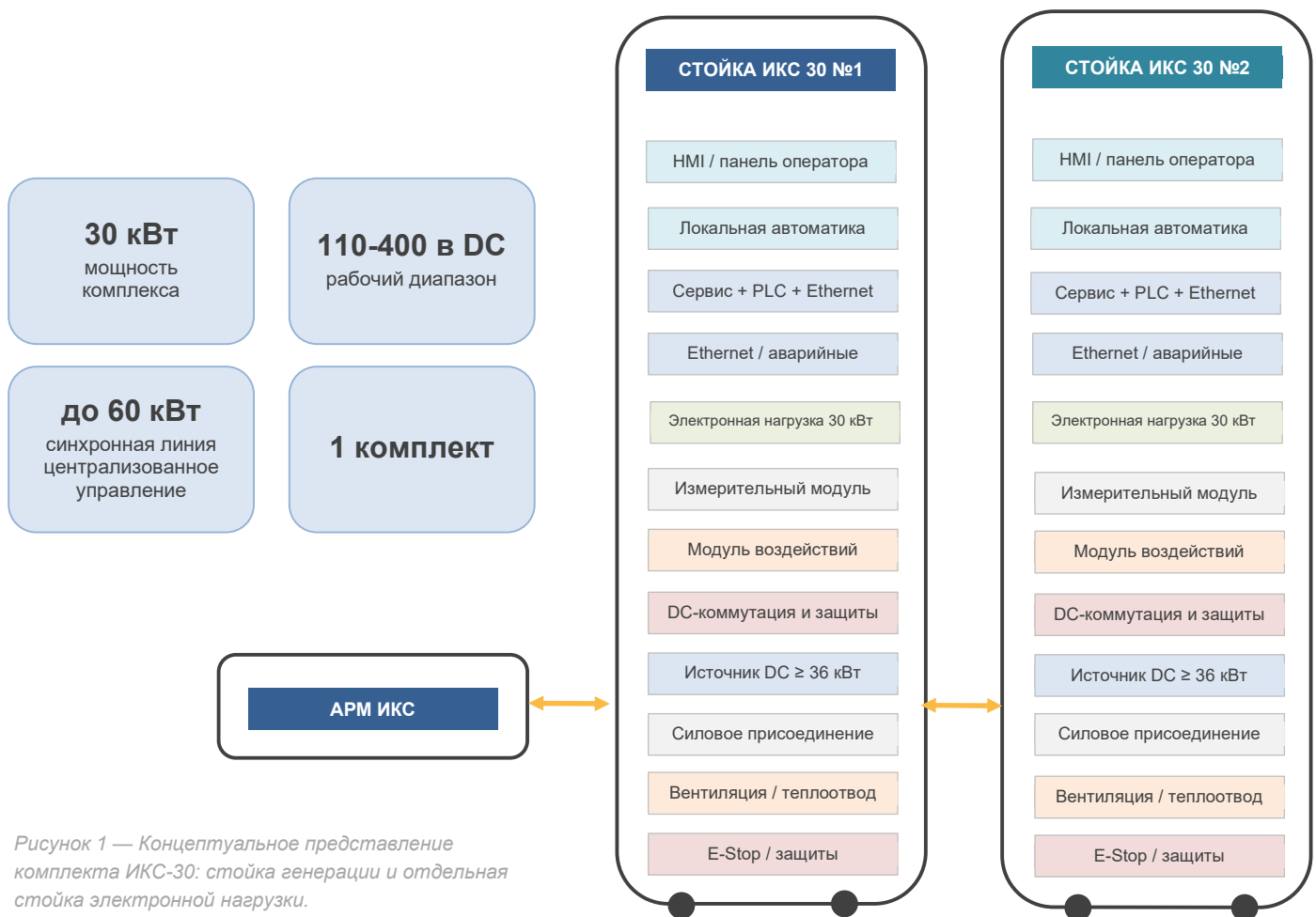


Рисунок 1 — Концептуальное представление комплекта ИКС-30: стойка генерации и отдельная стойка электронной нагрузки.

HIGHLIGHTS

- Один комплект: 30 кВт, две физические стойки.
- Выходной диапазон 110–400 В DC; основной поддиапазон 175–320 В DC.
- Синхронная конфигурация двух комплектов — линия до 60 кВт.
- Аппаратный предел источника: не ниже 500 В, 300 А и 36 кВт.
- Электронная нагрузка 30 кВт, 27–400 В DC, режимы CC/CV/CP/CR.
- HMI, PLC, сервер, Ethernet, аппаратная синхронизация и E-Stop.
- Регистрация U/I/P/T, событий и защит; отчеты PDF и XLSX.
- Выносные проводные датчики и удаленный Sense либо эквивалент.

PRODUCT OVERVIEW

ИКС-30 предназначен для стендовых испытаний аппаратуры постоянного тока, формирования управляемого DC-питания и воспроизведения заданных воздействий качества электроэнергии.

Платформа объединяет программируемый источник, DC-коммутацию, электронную нагрузку, измерительные каналы, локальную автоматику и серверное ПО. Два комплекта могут работать синхронно в составе одной линии до 60 кВт; несколько комплектов управляются централизованно.

Настоящая редакция является проектным Datasheet. Требования ТЗ не приравниваются к паспортно подтвержденным серийным характеристикам.

Статус документа

Параметры «30 кВт», «60 кВт», диапазоны, режимы и состав приведены как проектные требования. Непрерывная полная мощность во всем диапазоне, габариты, масса, шум, IP, климатические параметры и сертификация остаются ТБС/ТБД.

PRODUCT OVERVIEW И ПРОДУКТОВАЯ ЛОГИКА

НАЗНАЧЕНИЕ

Product Overview

ИКС-30 — комплектная аппаратно-программная платформа для питания и испытаний аппаратуры постоянного тока в условиях, требующих имитации DC-сети, управляемых переходных процессов и регистрации параметров испытания. Один комплект имеет расчетную выходную мощность 30 кВт и включает вторую стойку 30кВт, сервер управления, PLC, HMI, измерительные модули, выносные проводные датчики и кабельные связи, АРМ оператора.

Каждая из стоек формирует напряжение 110–400 В DC, поддерживает ограничения по току и мощности, удаленный Sense либо эквивалентный контроль напряжения у нагрузки, а также программируемые режимы стабилизации напряжения, тока и мощности. Платформа предусматривает скачкообразное изменение напряжения, провалы, пропадание 80 мс, пульсации, воздействия полюс–корпус и импульсные коммутационные перенапряжения. Конкретные сочетания воздействий, фронты, длительности и допустимая нагрузка должны фиксироваться в ПМИ.

Электронная нагрузка ИКС-30 рассчитана на 30 кВт, диапазон 27–400 В DC и ток не ниже 300 А. Она работает в режимах CC, CV, CP и CR, передает U/I/P/T, состояние защит, аварии и события профиля на сервер соответствующего комплекта. Два ИКС-30 могут объединяться в синхронную линию до 60 кВт через комплект силовых и информационных связей. Два комплекта допускают четыре автономные линии по 30 кВт либо две независимые линии до 60 кВт каждая.

В этой редакции принята продуктовая логика универсальной аппаратной платформы ИКС-30: значения напряжения рассматриваются как рабочие точки и программные профили, а не как отдельные аппаратные модели. Конфигурация 60 кВт представлена как системная конфигурация из двух ИКС-30, а не как отдельная 60-кВт стойка. Эта логика требует утверждения изготовителем перед выпуском серийного каталога.

Product Family Overview

Product / Configuration	Состав	Мощность	Физический состав	Назначение	Статус
ИКС-30	1 комплект	30 кВт	2 стойки	2 автономных линии; локальное управление и регистрация	Проектное базовое изделие
ИКС-30 × 2 Independent	2 комплекта	2 × 30 кВт	4 стойки	2 автономных линии по 60кВт; локальное управление и регистрация	Системная конфигурация
30 kW Line Configuration	2 комплекта + Pairing Kit	30 кВт	4 стойки	Четыре автономных линии по 30кВт	Системная конфигурация
Four-kit Managed System	4 комплекта	до 120 кВт установленной мощности генерации	8 стоек	Восемь автономных линий либо четыре линии до 60 кВт	Многокомплектная система

Граница публичной версии

Проектные обозначения конкретной поставки, сведения о заказчике, договорные этапы и внутренние номера исключены. Используются нейтральные понятия «комплект», «линия» и «система».

СОСТАВ КОМПЛЕКТА И СИСТЕМНАЯ АРХИТЕКТУРА

АРХИТЕКТУРА

Состав одного комплекта ИКС-30

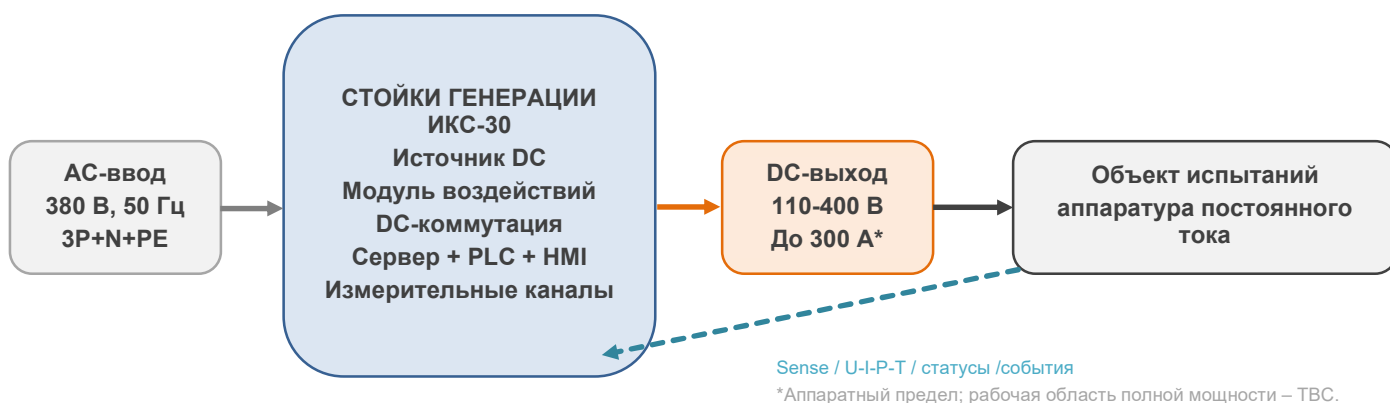


Рисунок 2 — Функциональная архитектура одного комплекта ИКС-30.

Таблица 1 — Состав одного комплекта

Составная часть	Кол-во	Функция	Статус
Стойка генерации ИКС-30 №1	1	Источник DC, модуль специальных воздействий, DC-коммутация, сервер, PLC/I/O, Ethernet-коммутатор, HMI, измерительные модули Программируемая нагрузка 30 кВт, локальная автоматика безопасности, Ethernet, силовые присоединения и вентиляция	Обязательная базовая часть
Стойка электронной нагрузки №2	1	Источник DC, модуль специальных воздействий, DC-коммутация, сервер, PLC/I/O, Ethernet-коммутатор, HMI, измерительные модули Программируемая нагрузка 30 кВт, локальная автоматика безопасности, Ethernet, силовые присоединения и вентиляция	По текущему ТЗ
Сервер управления	1	Локальное управление комплектом, регистрация данных, профили, журнал событий; может быть головным или ведомым	В стойке ИКС-30
Сенсорный HMI	1	Локальное управление, статусы, аварии, блокировки и режимы	На двери или лицевой панели стойки ИКС-30
Комплект выносных датчиков	1 комплект	U, I, T, дискретные состояния и удаленные контрольные точки	Состав и количество каналов — по РКД
Кабельный комплект	1 комплект	AC, DC, Sense, Ethernet, trigger, PE, измерительные и датчиковые кабели	Длины и сечения — по проекту
ПО и документация	По заказу	Исполняемые файлы, конфигурации, руководства, API, восстановление, РЭ, паспорт, ПМИ и протоколы	Состав лицензий и комплект документов — ТВС
АРМ	1	Автоматизированное рабочее место оператора, для работы 2х и более стоек ИКС-30	По текущему ТЗ

Термины в документе

Термин	Определение
Комплект	Один ИКС-30: 2 стойки генерации с программируемой нагрузкой + датчики + кабели + локальные средства управления.
Стойка	Физический шкаф или силовая рама, являющаяся частью комплекта.
Линия	Один автономный комплект 30 кВт либо два синхронизированных комплекта до 60 кВт.
Система	Несколько комплектов, общесистемное ПО, серверная координация и при необходимости комплекты объединения.
Профиль	Сохраняемый набор уставок, временных параметров, нагрузок, воздействий, датчиков и правил регистрации.

КОНФИГУРАЦИЯ ЛИНИИ 60 кВт

МАСШТАБИРОВАНИЕ

Синхронная линия до 60 кВт

Конфигурация линии до 60 кВт

Не отдельная 60-кВт стойка: два серийных комплекса ИКС-30 + комплект объединения.

Ethernet: координация, телеметрия, журналирование



Рисунок 3 — Системная конфигурация линии до 60 кВт из двух комплектов ИКС-30.

Таблица 2 — Сравнение конфигураций 30 и 60 кВт

Параметр	ИКС-30	Конфигурация линии 60 кВт
Количество ИКС-30	1	2
Выходная мощность	до 30 кВт, проектное значение	до 60 кВт, проектное значение
Количество стоек	2	4
Диапазон выхода	110–400 В DC	110–400 В DC при согласованной параллельной работе
Расчетный ток при 110 В	272,8 А	545,5 А
Аппаратный токовый предел	не ниже 300 А на комплект	два источника не ниже 300 А; общая шина не ниже 700 А проектно
Электронная нагрузка	До 30кВт	До 60кВт синхронно либо по согласованному профилю
Управление	АРМ, локальный сервер комплекта	головной/ведомый режим; Ethernet + аппаратная синхронизация
Комплект объединения	обязателен	обязателен
Статус	базовый комплект	системная конфигурация; не отдельная 60-кВт стойка

Критическое ограничение

Параллельная работа допускается только для согласованной пары комплектов с контролем баланса токов, совпадением уставок, исправной связью и аппаратными блокировками. Объединение двух независимых линий по DC-шине не допускается без изменения ТЗ и перерасчета защит.

МНОГОКОМПЛЕКТНАЯ СИСТЕМА

SYSTEM ARCHITECTURE

Централизованное управление четырьмя комплектами

Масштабирование до четырех управляемых

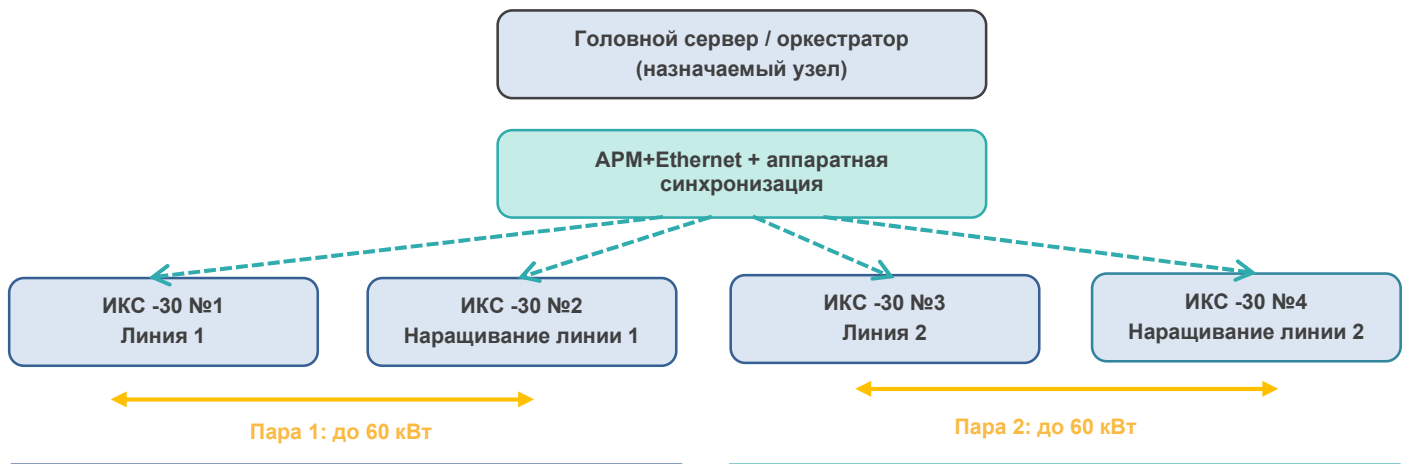


Рисунок 4 — Четырехкомплектная архитектура с двумя независимыми силовыми линиями.

Таблица 3 — Матрица конфигураций

Конфигурация	Мощность	Комплектов	Стоек	Pairing Kit	Управление	Назначение
1 автономный комплект	30 кВт	1	2	нет	Локальный сервер	Одиночные испытания
2 независимых комплекта	2 × 30 кВт	2	1	1	Два локальных сервера либо централизованный мониторинг	Параллельные независимые работы
1 синхронная линия	до 60 кВт	1	2	1	Главной + ведомый	Испытание одной линии повышенной мощности
2 синхронные линии	2 × до 60 кВт	2	4	2	Один головной, три ведомых	Две независимые линии повышенной мощности
4 автономные линии	4 × 30 кВт	2	4	Нет	Централизованное управление четырьмя комплектами	Максимум независимых каналов
Централизованный режим	до 120 кВт установленной мощности генерации	4	4	0-2	Один назначенный головной сервер	Единые профили, БД, отчеты и журнал

В комплексном режиме только один головной сервер имеет право выдавать управляющие команды. Остальные серверы выполняют локальное управление, регистрацию и передачу статусов. Порядок автоматического переключения головного сервера при отказе и критерии допуска переключения во время активного испытания остаются ТВС.

Разделение силовых и информационных функций

Ethernet используется для координации, телеметрии и отчетности. Быстрые события — ИКП, пропадание 80 мс, синхронный старт и регистрация фронтов — требуют отдельной аппаратной линии синхронизации или эквивалентного решения.

ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО ТОКА

POWER SOURCE

DC-выход и рабочая область

Таблица 4 — Характеристики программируемого источника

Параметр	Значение	Статус / условие
Выходной диапазон	110–400 В DC	Проектное требование
Основной рабочий диапазон	175–320 В DC	110–400 В как «основного» диапазона
Аппаратный предел напряжения источника	не ниже 500 В	Подтверждается паспортом выбранного источника
Аппаратный предел тока	не ниже 300 А	Для одного комплекта
Аппаратная мощность источника	не ниже 36 кВт	Выход комплекта программно ограничивается 30 кВт
Режимы стабилизации	напряжение / ток / мощность	CV / CC / CP; терминология уточняется в РҚД
Дискретность задания напряжения	не более 1 В	Проектное требование
Дискретность времени	не более 0,01 с	Для профилей и воздействий
Удаленный контроль	4-проводный Sense либо эквивалент	Контроль напряжения у нагрузки
Телеметрия	U / I / P / состояние защит	Удаленное управление и передача фактических значений

Расчетная рабочая область по формуле $I = P / U$

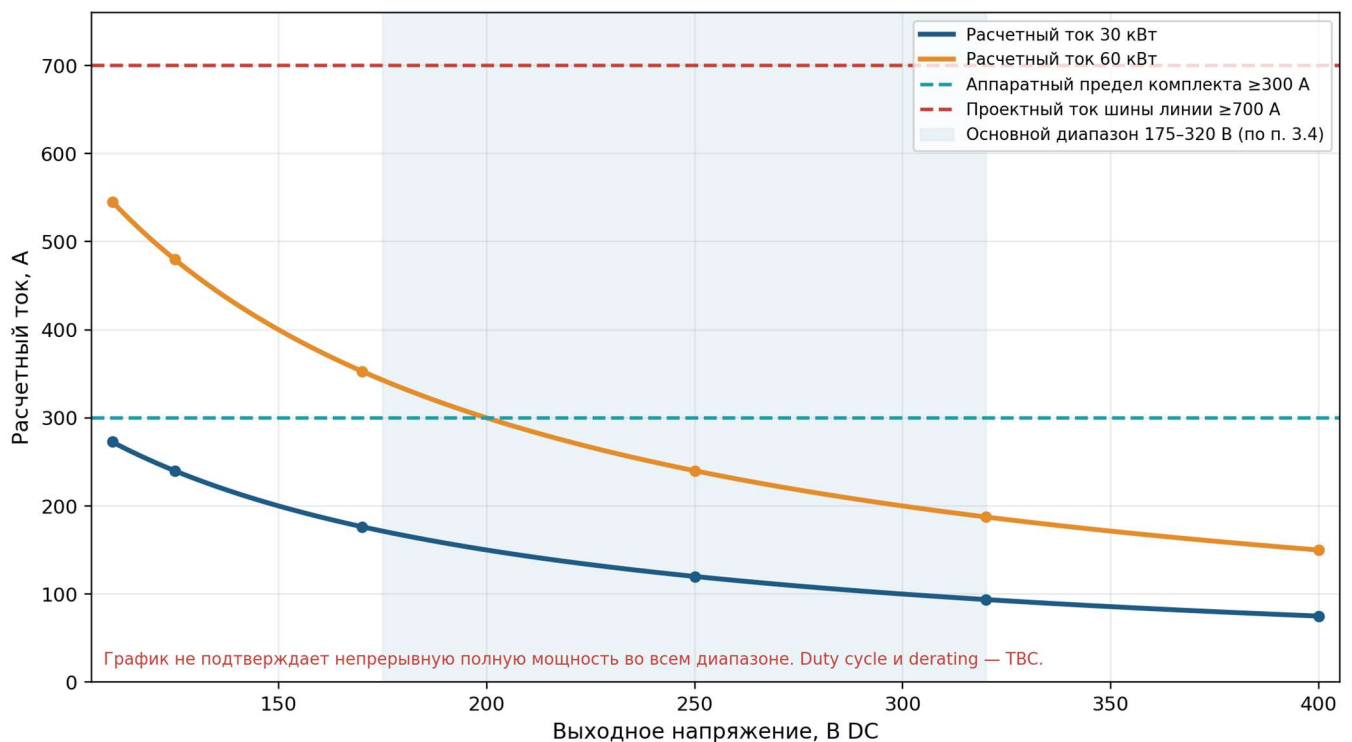


Рисунок 5 — Расчетные токи 30 и 60 кВт по формуле $I = P / U$.

Ограничение публикации

График показывает расчетные токи, но не подтверждает непрерывную доступность полной мощности во всем диапазоне. Duty cycle, derating, температура окружающей среды и предельные температуры шин, контакторов и кабелей должны быть установлены расчетом и испытаниями.

РАБОЧИЕ ТОЧКИ И ТОКИ

ELECTRICAL OPERATING POINTS

Матрица расчетных рабочих точек

Таблица 5 — Расчетные токи

U, В DC	P комплекта, кВт	I комплекта, А	P линии, кВт	I линии, А	Ограничение / статус
110	30	272,8	60	545,5	Максимальный расчетный ток; длительность полной мощности ТВС
125	30	240,0	60	480,0	Расчет по $I=P/U$
170	30	176,5	60	352,9	Точка приведена в ТЗ; конфликтует с нижней границей 175 В
175	30	171,4	60	342,9	Дополнительное расчетное значение для основного диапазона 175–320 В
250	30	120,0	60	240,0	Расчет по $I=P/U$
320	30	93,8	60	187,5	Верхняя граница основного диапазона
400	30	75,0	60	150,0	Верхняя граница общего выходного диапазона

Силовая часть и кабельные ограничения

Таблица 6 — Токковая способность силового тракта

Элемент	Проектное значение	Примечание
Источник одного комплекта	не ниже 300 А	Аппаратный предел; рабочая область полной мощности ТВС
DC-коммутация одного комплекта	не ниже 300 А	Контакты, шины и защита должны быть пригодны для DC
Электронная нагрузка одного комплекта	не ниже 300 А	Минимальное напряжение полной мощности ТВС
Общая шина линии 60 кВт	не ниже 700 А проектно	До выпуска уточненного электротехнического и теплового расчета
Один кабель электронной нагрузки	не ниже 100 А	Количество параллельных кабелей и распределение токов — ТВС
Выходной разъем / клеммы	до 300 А на комплект	Конструкция, тип и защита от прикосновения — по РКД
Разбаланс токов пары	TBD	Порог блокировки должен быть определен в ПМИ/РКД

Расхождение 170/175 В

До утверждения РКД 170 В следует сохранять только как расчетную точку из исходной таблицы, а 175 В — как нижнюю границу основного диапазона по п. 3.4 и 3.7. Создание отдельного коммерческого профиля 170 В или 175 В требует решения изготовителя.

ВОЗДЕЙСТВИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

POWER QUALITY EMULATION

Скачки, провалы, пульсации и ИКП

Примеры программных воздействий (схематично)

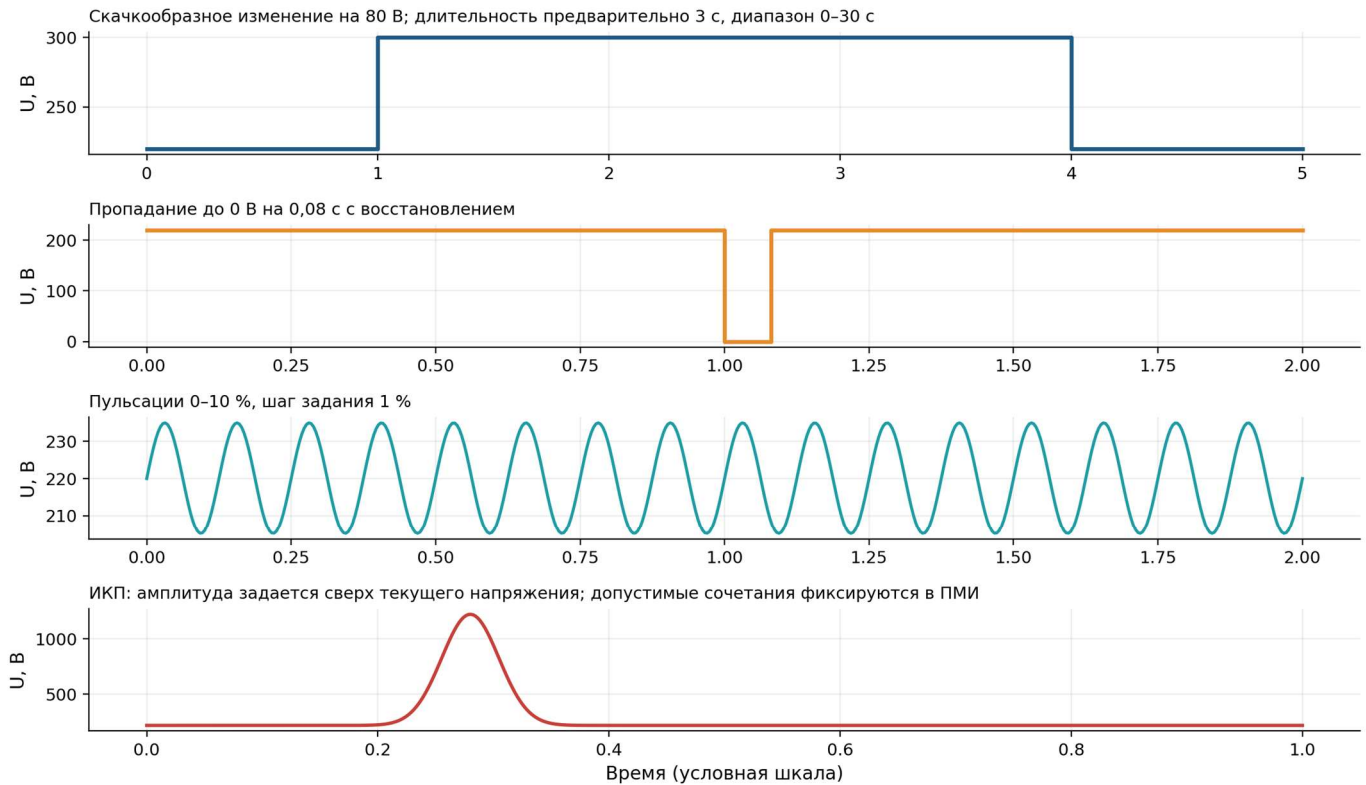


Рисунок 6 — Схематическое представление программных воздействий; форма и временные параметры задаются ПМИ.

Таблица 7 — Режимы специальных воздействий

Режим	Уровень	Время	Регистрация	Ограничение
Провал до 0 В	Снижение до 0 В	Неограниченное время по ТЗ	Тренд U/I, журнал событий	Допустимая нагрузка и безопасное восстановление — по ПМИ
Пропадание 80 мс	Снижение до 0 В	0,08 с	Осциллограмма, отметка времени	Требуется аппаратная синхронизация
Скачок напряжения	Изменение на 80 В	Предварительно 3 с; настройка 0–30 с	Тренд / осциллограмма	Поддиапазон 175–320 В; в другой таблице 170–320 В
Пульсации	Коэффициент 0–10 %	Шаг задания 1 %	Осциллограф / измеритель пульсаций	Форма и полоса частот — TBD
Воздействие полюс–корпус	±50 В	По профилю	Измерение полюс–корпус, регистрация	Схема подключения и защита — по РКД
ИКП 1	1000 В сверх текущего U	2000 мкс на 0,5 U _{max} ; фронт ≤10 мкс	Регистратор / осциллограф	Суммарный измерительный диапазон высоковольтного тракта — TBC
ИКП 2	800 В сверх текущего U	100 мкс; фронт ≤3 мкс	Регистратор / осциллограф	По ПМИ
ИКП 3/4	800 В / 600 В сверх текущего U	10 мкс / 1 мкс; фронт ≤1 / ≤0,1 мкс	Регистратор / осциллограф	По ПМИ

Комбинирование режимов

Допустимые сочетания ИКП, пульсаций, скачка и полной мощности должны быть зафиксированы в ПМИ. Опасные воздействия не запускаются на реальной аппаратуре без отдельного разрешения и проверки готовности защитных цепей.

ЭЛЕКТРОННАЯ НАГРУЗКА

ELECTRONIC LOAD Стойка ИКС-30

Таблица 8 — Характеристики электронной нагрузки

Параметр	Требование	Условие / статус
Номинальная мощность	30 кВт на стойку	Проектное значение
Синхронная мощность пары	до 60 кВт при двух стойках	По согласованному профилю распределения мощности
Рабочий диапазон	27–400 В DC	Минимальное напряжение полной мощности 30 кВт — ТВС
Ток	не ниже 300 А	Не менее 100 А на один кабель
Режимы	CC, CV, CP, CR	Поддержка динамических профилей
Интерфейс	Ethernet	Основной канал управления и телеметрии
Телеметрия	U / I / P / T	Состояние защит, аварий и событий профиля
Безопасность	локальный E-Stop, перегрев, перегрузка, потеря связи	Аварийное отключение и аппаратные цепи готовности
Конструктив	отдельная стойка или силовая рама	Высота, масса и система охлаждения определяются выбранной нагрузкой
Тепловыделение	может быть сопоставимо с 30 кВт	Для рассеивающей нагрузки; расчет HVAC обязателен

Роль ИКС-30 в сценариях испытаний

Таблица 9 — Применение электронной нагрузки

Сценарий	Роль ИКС	Роль электронной нагрузки
Испытание приборов первичного электропитания	ИКС-30 формирует входные DC-режимы и воздействия	ИКС -30 подключается к выходным цепям проверяемого прибора
Испытание системы	ИКС-30 питает реальную аппаратуру и имитирует DC-сеть	ИКС -30 используется как технологическая нагрузка либо отключается
Конфигурация 60 кВт	Два комплекта формируют общую синхронную линию	Две ИКС-30 работают синхронно либо по согласованному распределению мощности

Неустановленная рабочая область

До подтверждения паспортом нагрузки и тепловыми испытаниями нельзя заявлять непрерывные 30 кВт при 110 В или полную мощность от 27 В. В Datasheet используется формулировка «до 30 кВт при условиях, определяемых РКД и ПМИ».

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

MEASUREMENT

Встроенные и выносные измерительные каналы

Измерительная система и выносной контроль

Приемочные измерения выполняются СИ или аттестованными каналами.



Рисунок 7 — Двухуровневая измерительная система: встроенный контроль и удаленные контрольные точки.

Таблица 10 — Измерительные каналы

Канал	Диапазон	Ориентир метрологии	Реализация	Статус
U выхода комплекта	0–500 В DC	не хуже 0,2 % для приемки	Встроенный + выносной канал	Приемочный
I выхода комплекта	0–350 А DC	не хуже 0,5 % для приемки	Шунт / датчик тока с развязкой	Приемочный
U/I линии 60 кВт	0–500 В / 0–700 А	по ПМИ	Узел объединения линии	Приемочный
U у электронной нагрузки	0–500 В DC	0,2–0,5 %	Выносной датчик / Ethernet-модуль	Приемочный
Падение на кабеле	0–50 В DC	ТВС	Две контрольные точки	Диагностический
Температура	–20...+125 °C	±2 °C	Накладные датчики на шинах, кабелях, контакторах	Защитный / диагностический
ИКП	до 1000 В сверх текущего U	по ПМИ	Регистратор / осциллограф	Приемочный
Пусковой ток	до 700 А и выше по ПМИ	по ПМИ	Быстрый датчик тока	Приемочный
Входная емкость	до 0,1 мкФ и выше	по методике	Измеритель емкости	Приемочный
R изоляции	0–10 ГОм	по согласованной методике	Измеритель сопротивления	Защитный / приемочный

Метрологический статус

Для каждого канала должен быть определен статус: приемочное СИ, калибруемый канал, аттестованное испытательное оборудование, защитный, расчетный или индикаторный канал. Индикаторный канал не используется как единственное основание приемки.

ВЫНОСНЫЕ ДАТЧИКИ И КАБЕЛЬНЫЕ СВЯЗИ

SENSORS & CABLING

Контрольные точки, маркировка и подключения

Таблица 11 — Выносные датчики

Тип датчика / канала	Точки установки	Диапазон	Реализация
Напряжение	Удаленные клеммы, выход комплекта, вход ЭН	0–500 В DC	Проводной датчик или локальный Ethernet-модуль
Ток	Выход комплекта, линия 60 кВт, пусковой ток	0–350 А / 0–700 А и выше по ПМИ	Шунт или датчик с гальванической развязкой
Температура	Шины, кабели, контакторы, элементы ЭН	–20...+125 °C	Накладное крепление; маркировка точки
Дискретные состояния	Крышки, E-Stop, контакторы, защитные цепи	0/1	Ключуемые разъемы, номер канала
Быстрые процессы	ИКП, фронты, пусковой ток	По ПМИ	Аналоговый датчик рядом с точкой + регистратор / Ethernet-модуль
Изоляция и емкость	Полюс–корпус, вход проверяемого объекта	По методике	Отдельные приборы или аттестованные каналы

Кабельные комплекты

Таблица 12 — Силовые, измерительные и информационные присоединения

Обозначение	Назначение	Параметры	Примечание
GEN-AC IN	АС-ввод стойки	380 В, 50 Гц, 3P+N+PE	Номинал по расчету; вводной аппарат по проекту
GEN-DC OUT	DC-выход комплекта	110–400 В DC; до 300 А	Защитная крышка и маркировка полярности
LOAD-DC	Стойка генерации — ИКС-30	30 кВт; до 300 А	Один кабель — не менее 100 А; число параллелей TBC
PAIR	Объединение двух комплектов	до 60 кВт; до 700 А проектно	Только согласованная пара; аппаратные блокировки
SENSE	Удаленный контроль напряжения	0–500 В DC	4-проводная схема или эквивалентный датчик
MEAS-EXT	Выносные U/I/T/status	По каналу	Разъемы с ключеванием и номером канала
ETH	Управление и телеметрия	1 Гбит/с или по проекту	Серверы, нагрузки, датчики, PLC
TRIG	Аппаратная синхронизация	Дискрет / оптика по проекту	Быстрые события
PE	Защитное заземление	По расчету	Не используется как рабочий проводник

Длины и маркировка

Для датчиков предварительно предусматриваются типовые длины 5, 10 и 20 м. Окончательные длины, сечения, типы разъемов и трассы определяются РКД. Каждый кабель маркируется с обеих сторон; датчик имеет номер канала, диапазон и направление подключения.

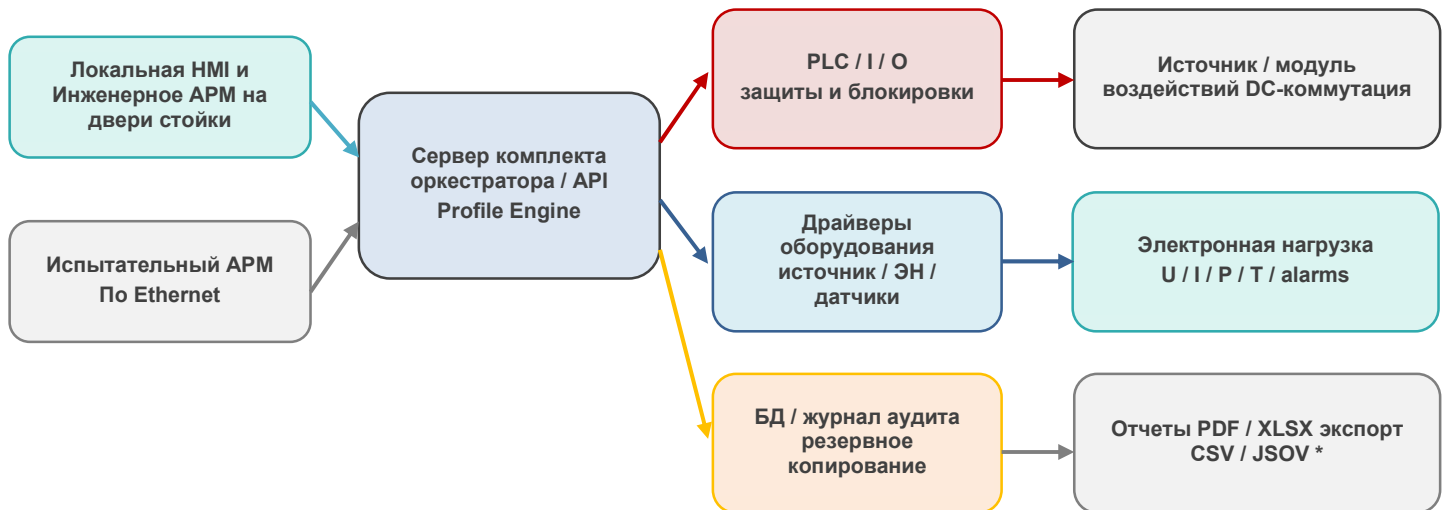
ПО, HMI И СЕРВЕРНАЯ АРХИТЕКТУРА

SOFTWARE & HMI

Управление испытаниями и регистрация данных

Программа и серверная архитектура

Оператор / инженер / администратор / сервис / метролог / наблюдатель



*По согласованию. Исходные тексты ПО – только по отдельному условию договора.

Рисунок 8 — Программная архитектура комплекта и многокомплектной системы.

Таблица 13 — Функции ПО и APM

Компонент	Функции	Статус
Profile Engine	Уставки источника и нагрузки, скачки, провалы, ИКП, пульсации, ± 50 В, датчики	Обязательная функция
Оркестратор	Локальное управление комплектом; координация ведомых узлов в комплексном режиме	Обязательная функция
HMI	Локальный сенсорный интерфейс на стойке генерации	Обязательная функция
База данных	Время, канал, режим, профиль, пользователь, версия ПО, события и аварии	Обязательная функция
Отчеты	PDF и XLSX	Обязательная функция
Экспорт исходных данных	CSV или JSON	По согласованию
API	Описание интерфейса и интеграции	Поставляется в составе ПД; состав команд TBC
Восстановление	Установочные пакеты, конфигурация, инструкция восстановления, резервная копия	Обязательная поставка
Лицензирование	Бессрочная лицензия	Число рабочих мест и границы лицензии TBC
Исходные тексты	Не входят по умолчанию	Передаются только по отдельному условию договора

Таблица 14 — Роли пользователей

Роль	Назначение
Оператор	Запуск разрешенных профилей, мониторинг, штатная остановка
Инженер испытаний	Создание профилей, настройка каналов, анализ результатов
Администратор	Пользователи, конфигурация, резервное копирование и восстановление
Сервис	Диагностика, технические тесты, обслуживание оборудования
Метролог	Статус измерительных каналов, калибровка и контроль сроков
Наблюдатель	Просмотр статусов и отчетов без управляющих команд

ИНТЕРФЕЙСЫ И СИНХРОНИЗАЦИЯ

INTERFACES

Управляющие и информационные связи

Таблица 15 — Интерфейсы и протоколы

Интерфейс	Статус	Подключение	Назначение / ограничение
Ethernet	Основной	Серверы, PLC, ЭН, датчики, инженерное АРМ	Управление, телеметрия, БД и синхронизация верхнего уровня
Аппаратный TRIG	Обязательный для быстрых событий	Комплект—комплект, сервер/PLC—модуль воздействий	ИКП, пропадание 80 мс, синхронный старт, регистрация фронтов
Sense	Обязательный либо эквивалент	Источник—удаленная точка нагрузки	Компенсация падения напряжения и контроль U у объекта
Дискретные I/O	По РКД	E-Stop, крышки, контакторы, ready/fault	Аппаратные блокировки и готовность
USB	Допускается	Сервис / локальное оборудование	Только если требуется выбранным оборудованием
RS-485 / CAN	Допускается	Компоненты и внешние устройства	Состав и протокол определяются проектом
Modbus TCP / OPC UA / SNMP	Допускается	Интеграция и мониторинг	Не заявляются как стандартные до выбора оборудования
Аналоговые входы	Допускаются	Быстродействующие датчики	Через развязанные модули или локальные регистраторы

Режимы серверов

Таблица 16 — Режимы серверной координации

Режим	Функция	Ограничение
Локальный	Сервер управляет своим источником, воздействиями, измерениями, датчиками и стойками с ИКС-30	Штатный режим одного комплекта
Головной	Координирует остальные серверы, выдает разрешенные команды, собирает статусы	Головной сервер в комплексном режиме выбирается в зависимости от схемы подключения и режима работы
Ведомый	Локально управляет своим комплектом, регистрирует данные, передает статусы	Не должен принимать конкурирующие команды
Переключение головного	ТВС	Алгоритм, критерии и поведение при активном испытании должны быть определены

Запрет двойного управления

В комплексном режиме должен действовать единый владелец управляющих команд. Потеря связи, несовпадение уставок, отказ одного комплекта или превышение допустимого разбаланса должны блокировать парную работу.

Состав сигналов, адресация, временные характеристики, протоколы и диагностические коды фиксируются в протоколе информационно-технического сопряжения и в проектной документации.

БЕЗОПАСНОСТЬ И БЛОКИРОВКИ

SAFETY

Аппаратные защиты и разрешение опасных режимов

Таблица 17 — Функции безопасности и блокировки

Функция	Реализация	Поведение	Статус
E-Stop	На каждой стойке генерации и каждой стойке ИКС-30	Немедленное безопасное отключение по согласованной цепи	Обязательная функция
Доступ к опасным частям	Блокировка дверей/крышек и контроль остаточного напряжения	Запрет доступа до разряда цепей	Конструкция — по РКД
Разряд выходных цепей	Разрядная цепь + индикация остаточного напряжения	Безопасное состояние после отключения	Время разряда TBC
Контроль уставок пары	Сравнение напряжения, режима и разрешений	Запрет параллельной работы при несовпадении	Обязательная функция
Потеря связи	Ethernet / аппаратные сигналы	Переход в безопасное состояние	Алгоритм TBC
Разбаланс токов	Контроль токов двух комплектов	Блокировка / аварийное отключение	Порог и задержка TBD
Перегрев и перегрузка	Источник, коммутация, кабели	Ограничение или отключение	Порог по паспортам и тепловому расчету
Опасные воздействия	ИКП, пульсации, предельные режимы	Только после проверки готовности и разрешения оператора	Отдельное разрешение для реальной аппаратуры
Журналирование	Все аварии, блокировки и действия оператора	Отметка времени, пользователь, профиль, версия ПО	Обязательная функция
Предупреждающая маркировка	Опасное напряжение, полярность, остаточный заряд, E-Stop	Читаемые надписи и идентификаторы	По РКД и ЭД

Условия запуска профиля

- готовность источника, электронной нагрузки и DC-коммутации;
- исправность датчиков, измерительных каналов и аппаратной синхронизации;
- закрытые защитные крышки и исправная цепь E-Stop;
- готовность разрядных цепей, контакторов и системы охлаждения;
- совпадение уставок и разрешений для парной линии;
- подтверждение оператора для режимов повышенного риска.

Принцип независимой защиты

Быстрые защитные функции должны выполняться аппаратно или на уровне PLC и не зависеть только от серверного ПО. Серверное приложение не является единственным уровнем безопасности.

ВХОДНОЕ ПИТАНИЕ И ИНФРАСТРУКТУРА

POWER & FACILITY

Электропитание, потребление и тепловая нагрузка

Таблица 18 — Входное электропитание и энергопотребление

Конфигурация	Выход / нагрузка	Ориентир входной мощности	Примечание
Один ИКС-30	30 кВт	около 32,6 кВт при расчетном КПД 92 %	Ориентир 100–125 А на стойку генерации требует пояснения; вводной аппарат по расчету
Одна линия до 60 кВт	60 кВт (2 стойки ИКС-30)	около 65,2 кВт без учета нагрузок	Два независимых ввода либо общий распределительный щит по проекту
Четыре комплекта	120 кВт установленной мощности генерации	около 130,4 кВт без учета нагрузок	Проект электроснабжения обязателен
Одна ИКС-30	до 30 кВт поглощаемой мощности	отдельное питание	Тепловыделение рассеивающей нагрузки может быть сопоставимо с 30 кВт
Две ИКС-30 линии	до 60 кВт поглощаемой мощности	два отдельных ввода или проектное решение	Синхронная работа либо распределение мощности по профилю

Базовые требования к площадке

Таблица 19 — Требования к площадке

Инфраструктура	Требование	Статус
Сеть питания	3-фазная 380 В, 50 Гц, 3P+N+PE	Если иное не установлено проектом площадки
Вводные аппараты	По паспорту оборудования, тепловому режиму и условиям эксплуатации	Номиналы TBC
Заземление	Отдельный РЕ; не используется как рабочий проводник	Сечение и схема — по расчету
Распределение питания	Стойки генерации и ЭН имеют отдельные вводы и тепловые режимы	Однолинейная схема — по проекту
Вентиляция / HVAC	Расчет теплопритоков, расхода воздуха и температуры	Обязателен до размещения оборудования
Акустика	Уровень шума и режимы вентиляторов TBD	Оцениваются для помещения и рабочих мест
Масса и пол	Нагрузка на пол, центр тяжести и перемещение TBD	Указываются в паспорте и проекте размещения
Кабельные трассы	Разделение силовых, измерительных и информационных линий	С учетом ЭМС и сервисного доступа

Ток ввода 100–125 А

В ТЗ этот диапазон указан как ориентир, но без коэффициента мощности и без пояснения, является ли это рабочим током или номиналом аппарата. В серийном Datasheet ток ввода должен быть определен расчетом и подтвержден паспортами выбранных компонентов.

КОНСТРУКТИВ, МЕХАНИКА И ТЕПЛО

MECHANICAL & THERMAL

Стойечное исполнение и сервисный доступ

Таблица 20 — Механические и тепловые параметры

Параметр	Проектное решение	Значение	Статус / условие
Стойка генерации	19-дюймовый шкафной или стойечный конструктив	не более 37U	Размещение всех узлов в 37U требует подтверждения компоновкой
Перемещение	Встроенные колеса с блокировкой	Обязательное требование	Точки фиксации и безопасное перемещение — по паспорту
HMI	На двери или в вырезе лицевой панели	Обязательное требование	Не должен ухудшать доступ к силовым элементам
Стойка ИКС-30	Отдельная стойка или силовая рама	TBC	Определяется выбранной электронной нагрузкой
Охлаждение генерации	Принудительное / по выбранным модулям	TBD	Расход воздуха и направление потока — по тепловому расчету
Охлаждение ЭН	По выбранной нагрузке	TBD	Тепловыделение может быть сопоставимо с 30 кВт
Габариты	TBD	—	Кроме ограничения стойки генерации не более 37U
Масса	TBD	—	Для обеих стоек и комплекта объединения
Центр тяжести / нагрузка на пол	TBD	—	Для перемещения и проекта помещения
Уровень шума	TBD	дБ(А)	Зависит от режима и температуры
Степень защиты	TBD	IP	Не установлена исходным ТЗ
Сервисные расстояния	TBD	мм	Для вентиляции, открытия дверей и замены модулей

Состав стойки генерации

- программируемый источник постоянного тока;
- модуль скачков и специальных воздействий;
- DC-коммутация, контакторы, защиты и разрядные цепи;
- сервер управления, PLC/I/O и Ethernet-коммутатор;
- ИБП цепей управления, измерительные модули и кабельные вводы;
- HMI, индикация режимов, аварий и остаточного напряжения.

Проверка компоновки

Ограничение 26U является требованием к стойке генерации, а не подтвержденным габаритом готового серийного изделия. Компоновка должна подтвердить вентиляцию, безопасные расстояния, доступ к клеммам и заменяемым модулям.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, НАДЕЖНОСТЬ И СЕРВИС

17

ENVIRONMENTAL & SERVICE

Условия эксплуатации и жизненный цикл

Таблица 21 — Условия эксплуатации, надежность и гарантия

Параметр	Значение / требование	Статус
Рабочая температура	TBD	Подтверждается паспортами компонентов и испытаниями комплекса
Относительная влажность	TBD	Условия конденсации не установлены
Высота над уровнем моря	TBD	Возможный derating источника и охлаждения — TBC
Хранение	TBD	Температура, влажность, срок и консервация — по ЭД
Транспортирование	В упаковке изготовителя	Фиксация, защита от влаги, ударов и наклонов; числовые уровни TBD
Стойкость к нагреву	Должна быть подтверждена для режимов 30/60 кВт	Испытания и тепловой расчет
Срок службы	не менее 10 лет — предварительное требование	Метод подтверждения и условия эксплуатации TBC
Гарантия	не менее 12 месяцев — предварительное требование	С момента ввода в эксплуатацию; окончательные условия TBC
Расчетная наработка	не менее 20 000 ч — предварительное требование	Показатель комплекса; метод расчета TBC
ЭМС	Проектирование с учетом помехоустойчивости, экранирования и разделения трасс	Фактические испытания и сертификаты TBC

Техническое обслуживание

- осмотр стоек, защитных крышек, клемм и маркировки;
- проверка кабельных связей, вентиляторов и фильтров;
- контроль журналов аварий, блокировок и превышений температуры;
- проверка уставок, версий ПО и резервного копирования БД;
- контроль измерительных каналов и сроков калибровки;
- проверка E-Stop, разрядных цепей и индикации остаточного напряжения;
- замена модулей стандартным инструментом, если иное не обосновано.

Маркировка и упаковка

Каждая стойка, датчик, кабель, ЗИП и носитель ПО должны иметь маркировку. Масса, центр тяжести, точки крепления и условия транспортирования указываются в паспорте и упаковочной документации.

КОМПЛЕКТНОСТЬ ПОСТАВКИ

STANDARD CONFIGURATION

Стандартный комплект и системная поставка

Таблица 22 — Классы комплектности

Класс	Состав	Правило
1. Обязательная базовая часть	Стойка ИКС-30, локальный сервер, PLC, HMI, DC-коммутиация, защиты	Без этих компонентов текущая конфигурация ТЗ не выполняет заявленное назначение
2. Стандартная комплектность	Выносные датчики, кабельные связи, ПО, восстановление, документация и ЗИП	Точный состав и количество определяются заказом и РКД
3. Выбираемая конфигурация	Длины кабелей, состав каналов, профили, язык интерфейса, интеграционные протоколы	Customer-defined / Project-defined
4. Опции	Только функции, не являющиеся обязательными по ТЗ	Перечень не утвержден; обязательные воздействия не переводятся в опции
5. Аксессуары и ЗИП	Дополнительные датчики, кабели, запасные модули, восстановительные носители	Номенклатура и Part Number — TBC

Один комплект ИКС-30

Таблица 23 — Рекомендуемая стандартная комплектность ИКС-30

Позиция	Количество	Состав / примечание
Стойка генерации ИКС-30	2	не более 37U; источник, воздействия, коммутация, сервер, PLC, HMI, измерения, 30 кВт; 27–400 В DC; CC/CV/CP/CR
АРМ (сопряжение и испытаний)	1	Ноутбук с программным обеспечением
Комплект выносных датчиков	1 комплект	U/I/T/status; состав каналов TBC
Кабельный комплект	1 комплект	AC, DC, Sense, Ethernet, trigger, PE, измерительные связи
ПО локального комплекта стойки ИКС-30	1 комплект	исполняемые файлы, конфигурации, HMI, профили, БД, восстановление; лицензия бессрочная
Документация и ЗИП	1 комплект	состав по договору и РКД

Референсная система из четырех комплектов

Таблица 24 — Референсная четырехкомплектная поставка

Позиция	Количество	Примечание
ИКС-30	8	Каждый: стойка генерации + датчики + кабели
Комплект объединения 60 кВт	4	Для двух независимых синхронных пар
Сервер управления	8	По одному в каждой стойке генерации
HMI	8	Локальное управление каждого комплекта
Общесистемное ПО / АРМ	1 комплект	Центральная координация, БД, отчеты, роли и синхронизация
Документация	1 системный комплект	КД, ТД, ЭД, ПД, ПМИ и протоколы — по статусу поставки

Отдельная поставка стоек

Текущий источник определяет ИКС-30 как комплект из двух стоек. Возможность заказа только стойки генерации или только ЭН-30 не подтверждена и должна быть утверждена изготовителем.

ОПЦИИ, АКСЕССУАРЫ И РАЗВИТИЕ СЕРИИ

OPTIONS & ACCESSORIES

Дополнительные позиции без подмены базовых функций

Таблица 25 — Возможные дополнительные позиции

Позиция	Назначение	Статус	Ограничение
Дополнительный комплект датчиков	Расширение количества контрольных точек U/I/T/status	Project-defined	Совместимость и диапазоны по измерительным модулям
Датчиковые кабели 5 / 10 / 20 м	Типовые предварительные длины	Project-defined	Окончательные длины и разъемы по РКД
Дополнительный инженерный АРМ	Удаленная работа по Ethernet	TBC	Число лицензий и права доступа должны быть определены
Дополнительные интерфейсы	RS-485, CAN, Modbus TCP, OPC UA, SNMP	TBC	Только если поддерживаются выбранным оборудованием
Комплект метрологического сопровождения	Калибровка, методики, свидетельства и график контроля	TBC	Статус каналов должен быть утвержден
Расширенный ЗИП	Вентиляторы, контакторы, предохранители, датчики, интерфейсные модули	TBC	Номенклатура зависит от финальной спецификации
Носитель аварийного восстановления	Резервная конфигурация и установочные пакеты	Стандарт / количество TBC	Не заменяет регламент резервного копирования
Сервисный пакет	Пусконаладка, обучение, диагностика, регламентные работы	Project-defined	Условия и сроки по договору

Матрица совместимости верхнего уровня

Таблица 26 — Совместимость и запрещенные сочетания

Опция / сочетание	База	Совместима	Обязательна	Ограничение
Pairing Kit 60 кВт	ИКС-30	Да	Да для линии 60 кВт	Только согласованная пара; аппаратная синхронизация и блокировки
ИКС-30	ИКС-30	Да	Да по текущему ТЗ	Поставка генерации без ЭН — TBC
Стандартный комплект датчиков	ИКС-30	Да	Да	Количество каналов и длины — по заказу
Дополнительные датчики	ИКС-30 / 60 кВт	TBC	Нет	Ограничены входами и измерительными модулями
Общесистемное ПО	2–4 комплекта	Да	Да для централизованного режима	Только один головной сервер
Дополнительный АРМ	Любая система	TBC	Нет	Лицензия и роли — по заказу
Смещение независимых линий	Линия 1 + линия 2	Нет	Запрещено	Требуется изменения ТЗ и перерасчета защит

Возможные направления развития продуктовой серии

- исполнение без электронной нагрузки — только после выделения самостоятельного назначения и комплекта защит;
- метрологическое исполнение с утвержденным статусом каналов и расширенной калибровкой;
- рекуперативная электронная нагрузка и иной тепловой баланс помещения;
- другие мощности и классы напряжения при наличии отдельного силового расчета и РКД;
- расширенные датчиковые комплекты и дополнительные интеграционные интерфейсы.

Статус раздела

Перечисленные направления не являются существующими серийными моделями и не включаются в заказ без отдельного подтверждения изготовителя.

ORDERING INFORMATION — БАЗОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ И СИСТЕМЫ

20

ПРОЕКТНАЯ СТРУКТУРА ЗАКАЗА

Ordering Information

Утвержденные Part Number отсутствуют в исходных данных. В таблице используется «TBD»; наименования описывают состав заказной позиции и не являются утвержденными артикулами. Перед заказом требуется конфигурационная спецификация с перечнем стоек, кабелей, датчиков, ПО, документации и проектных ограничений.

Таблица 27 — Базовые изделия и комплектные системы

Part Number	Product Name	Product Description	Standard / Optional	Compatibility	Notes
TBD	ИКС-30 Complete Set	Один комплект 30 кВт: 2 стойки генерации, ИКС-30, сервер, HMI, PLC, стандартные измерительные каналы, датчики и кабели; диапазон 110–400 В DC	Standard	Базовая позиция	Состав ПО и документации уточняется
TBD	ЭН-30 Electronic Load Rack	Отдельная стойка нагрузки 30 кВт, 27–400 В DC, CC/CV/CP/CR, Ethernet, U/I/P/T и защиты	TBC / System component	ИКС-30	Отдельная поставка не утверждена
TBD	60 kW Line Configuration	Два полных ИКС-30 + комплект объединения + аппаратная синхронизация + системная конфигурация ПО	System bundle	2 × ИКС-30	Не отдельная 60-кВт стойка
TBD	Four-kit Managed System	Четыре ИКС-30, общесистемное ПО/АРМ, серверная координация; до двух комплектов объединения	System bundle	4 × ИКС-30	Фактическая конфигурация определяется заказом
TBD	Pairing Kit 60 kW	Силовые и информационные связи, контроль баланса токов, аппаратные блокировки и синхронизация	Required for 60 kW	4 × ИКС-30	Проектный ток общей шины не ниже 700 А до уточнения
TBD	System Software / ARM	Оркестратор, Profile Engine, HMI, БД, отчеты, роли, журнал аудита и восстановление	Required for managed system	1–4 комплекта	Лицензия бессрочная; число АРМ ТВС

Правило выбора

Для линии 60 кВт заказываются два полных ИКС-30 и один Pairing Kit. Для двух независимых линий до 60 кВт — четыре ИКС-30 и два Pairing Kit. Состав силовых кабелей, вводов питания, измерений и ПО фиксируется в конфигурационной ведомости.

Минимальные данные заказа

- количество автономных линий 30 кВт и синхронных линий до 60 кВт;
- рабочий диапазон и требуемые программные профили напряжения;
- сценарий испытаний: первичное электропитание, система или смешанный режим;
- длины и трассы AC/DC/Sense/trigger/Ethernet и датчиковых кабелей;
- число измерительных каналов, контрольных точек и требуемый метрологический статус;
- число АРМ, роли, интеграционные протоколы и требования к API;
- условия помещения, электроснабжение, HVAC, ограничения по массе и шуму.

ORDERING INFORMATION — ДАТЧИКИ, КАБЕЛИ, ЗИП И СЕРВИС

21

ORDERING INFORMATION

Дополнительные заказные позиции

Таблица 28 — Датчики, кабели, ПО, ЗИП и сервис

Part Number	Product Name	Product Description	Standard / Optional	Compatibility	Notes
TBD	Sensor Kit — Standard	Проводные каналы U/I/T/status для одного комплекта; состав по РКД	Standard	ИКС-30	Количество и диапазоны TBC
TBD	Sensor Kit — Extended	Дополнительные датчики и локальные Ethernet-модули	Optional / TBC	ИКС-30 / 60 кВт	Совместимость по числу входов
TBD	Sensor Cable Set 5 m	Датчиковые кабели типовой длины 5 м с маркировкой	Selectable	Sensor Kit	Разъемы по РКД
TBD	Sensor Cable Set 10 m	Датчиковые кабели типовой длины 10 м с маркировкой	Selectable	Sensor Kit	Разъемы по РКД
TBD	Sensor Cable Set 20 m	Датчиковые кабели типовой длины 20 м с маркировкой	Selectable	Sensor Kit	Разъемы по РКД
TBD	Power & Control Cable Set	AC, DC, Sense, Ethernet, trigger, PE и измерительные кабели	Standard / project-defined	ИКС-30	Сечения, параллели и длины по расчету
TBD	Additional Engineering ARM	Дополнительное рабочее место с разрешенными ролями	Optional / TBC	System Software	Число лицензий TBC
TBD	Recovery Media Set	Установочные пакеты, резервная конфигурация и инструкция восстановления	Standard / quantity TBC	ПО/АРМ	Не заменяет резервное копирование БД
TBD	Spare Parts Kit	Согласованный комплект вентиляторов, контакторов, датчиков, предохранителей и интерфейсных модулей	Optional / TBC	По спецификации	Состав после выбора компонентов
TBD	Documentation Package	РЭ, паспорт, ТО, ведомость ЗИП, ПД, API, ПМИ и протоколы по статусу поставки	Standard / project-defined	Изделие / система	Состав документов фиксируется договором
TBD	Commissioning & Training	Пусконаладка, обучение, демонстрационные профили и безопасные сценарии	Service	По месту эксплуатации	Объем и сроки по заказу
TBD	Metrology Support	Методики, калибровка, аттестация каналов и график контроля	Service / TBC	Измерительная система	Зависит от статуса каждого канала

Проверка совместимости перед выпуском заказа

Таблица 29 — Checklist формирования заказа

Контроль	Критерий	Статус
Количество стоек	Совпадает с выбранной конфигурацией 30/60 кВт	Обязательно
Pairing Kit	Один на каждую синхронную пару	Для 60 кВт
Силовые кабели	Ток, длина, число параллелей, падение напряжения и DC-пригодность проверены	Обязательно
Sense и датчики	Диапазоны и точки контроля соответствуют схеме испытания	Обязательно
ПО и лицензии	Число серверов/АРМ, роли, API и форматы экспорта определены	Обязательно
Площадка	Электропитание, HVAC, масса, шум и сервисные расстояния подтверждены	Обязательно
Опасные воздействия	ПМИ определяет фронты, длительности, нагрузку и разрешения	Обязательно

Запрещенное сочетание

Нельзя формировать общий DC-выход из двух независимых 60-кВт линий или объединять произвольные комплекты без согласованного Pairing Kit, аппаратных блокировок, проверки полярности, уставок и перерасчета защит.

ОГРАНИЧЕНИЯ, ПОДТВЕРЖДЕНИЕ И ВЫПУСК

TBC / TBD REGISTER

Данные, требующие подтверждения перед серийным выпуском

Таблица 30 — Ключевые TBC/TBD

Раздел	Требуемое подтверждение
Статус изделия	Стадия проекта, объем завершенных испытаний, наличие утвержденной РКД и паспорта
Рабочая область	Непрерывная мощность 30/60 кВт во всем диапазоне; duty cycle и derating
170/175 В	Единая нижняя граница основного диапазона и статус расчетной точки
Электронная нагрузка	Минимальное напряжение полной мощности и длительность 30 кВт при 110 В
Силовая часть	Число кабелей, сечения, разъемы, контакторы, предельный разбаланс и времена защит
Метрология	Погрешности, полоса, дискретизация, неопределенность и статус каждого канала
ИКП и быстрые процессы	Полный диапазон измерительного тракта, фронты, допустимая нагрузка и повторяемость
Входное питание	Номиналы вводных аппаратов, коэффициент мощности, токи и однолинейная схема
Механика	Габариты, масса, центр тяжести, нагрузка на пол и сервисные расстояния
Тепло и акустика	Тепловыделение, расход воздуха, HVAC и уровень шума
Эксплуатация	Температура, влажность, высота, IP, хранение и транспортирование
Надежность и гарантия	Метод подтверждения срока службы, наработки и окончательные гарантийные условия
ЭМС и сертификация	Применимые стандарты, протоколы испытаний и фактические сертификаты
Ordering Information	Утвержденные обозначения моделей, Part Number, лицензии, ЗИП и сервисные позиции

Основание и статус публикации

Документ разработан на основании проекта технического задания редакции 3.1 от 2026-06-29. Референсные Datasheet использованы только для структуры, визуальной логики, таблиц и Ordering Information. Характеристики, стандарты, гарантии, сертификаты, технологии и артикулы референсных сетевых изделий в ИКС-30 не переносились.

Этот Datasheet предназначен для предварительного технического выбора и формирования конфигурации. Он не заменяет технические условия, паспорт, руководство по эксплуатации, ПМИ, электрические схемы, кабельный журнал, протоколы испытаний и договорную спецификацию.

Условие выпуска финальной редакции

Финальный серийный Datasheet должен быть выпущен после утверждения продуктовой архитектуры, обозначений и Part Number, выбора компонентов, завершения расчетов, выпуска РКД и подтверждения заявляемых характеристик испытаниями.

Контакты производителя

Производитель	Общество с ограниченной ответственностью «Техэкспо Инжиниринг»
Адрес	191036, г. Санкт-Петербург, 4-я Советская улица, д. 16/10, лит. А, пом.15-Н, офис К6-1
E-mail / Web	tee.info@tech-expo.ru / https://tech-expo.ru/
Документ	ТУ 26.51.53-001-90768905-2026