



MEDIUM VOLTAGE DRIVES · EST. 2014

Преобразователь частоты **среднего** напряжения

● ES9000 · 3-11 KV · 250 KBT — 20 000 KBT



ES9000A/S / ES9000B/D / ES9000F/G / ES9000P/Q

• ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ СРЕДНЕГО НАПЯЖЕНИЯ

ES-9000

3 — 11 кВ

250 кВт — 20 000 кВт



01 — ПРЯМОЙ ПРИВОД С Н

02 — МОДУЛЬНЫЕ ЯЧЕЙКИ

03 — АВТОБАЙПАС ЯЧЕЕК

04 — СЕНСОРНЫЙ ИНТЕРФЕЙС

КПД ИНВЕРТОРА > 98,5 %

ВХОДНОЙ COS Φ ≈ 1,0

THD ВЫХОДА < 4 %

MTBF > 100 000 Ч

Содержание каталога.

Преобразователь частоты среднего напряжения ES9000. A4 · 33 стр. · ISO 216 · 210 × 297 мм

ФОРМАТ A4 PORTRAIT

ИЗДАНИЕ 2026 · REV. A

ЯЗЫК RU

ЧАСТЬ 01 · ОБЗОР ПРОДУКТА	05
1.1 Обзор и позиционирование	05
1.2 Технические параметры	06
ЧАСТЬ 02 · ПРИНЦИП РАБОТЫ	07
2.1 Структура главной цепи	07
2.2 Фазосдвигающий трансформатор	08
2.3 Суперпозиция на выходе	09
2.3 Осциллограммы: вход и выход	10
2.4 Силовая ячейка	11
2.4 Силовая ячейка · варианты	12
2.5 Структура управления	13
2.6 Внешние интерфейсы	14
ЧАСТЬ 03 · ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРАВЛЕНИЯ	15
3.1 Характеристики управления	15
3.2 Пуск и специальные функции	16
3.2 Подхват на лету · осциллограмма	17
3.3 Предзаряд звена постоянного тока	18
3.4 Надёжность и защиты	19
3.5 Режимы силового байпаса	20
ЧАСТЬ 04 · ВЫБОР И ПОДБОР	21
4.1 Структура изделия · код модели	21
4.2 Подбор моделей · 10 кВ	22
4.3 Подбор моделей · 6 кВ	23
4.4 Шкафы байпаса	24
4.5 Мультидрайв «1 → 2»	25
ЧАСТЬ 05 · СЕРИИ ПРОДУКЦИИ	26
5.1 Общая серия · асинхронная (A)	26
5.2 Общая серия · синхронная (S)	27
5.3 Конвейерная серия (B/D)	28
5.3 Конвейер: реальный проект	29
5.4 Четырёхквadrантная серия (F/G)	30
5.5 Софт-старт и синхронный переход (P/Q)	31
5.6 Схема синхронного перехода	32
ЧАСТЬ 06 · МОНТАЖ И СЕРВИС	33
6.1 Типовая схема подключения	33
6.2 Монтаж, охлаждение, условия	34
6.3 Применения и реализованные проекты	35
· Контакты	36

00 — ПЛАТФОРМА ES9000

Привод среднего напряжения прямого включения.

ES9000 — линейка высоковольтных преобразователей частоты для регулирования скорости и энергосбережения на двигателях среднего напряжения. Прямой выход высокого напряжения на двигатель без выходного трансформатора, построение на основе последовательного соединения силовых ячеек и принципа суперпозиции напряжений.

В основе — технология оптимизации магнитного потока и пространственно-векторной синусоидальной ШИМ, промышленный сигнальный микропроцессор и IGBT-модули нового поколения. Многоуровневый выход формирует ток и напряжение, близкие к идеальной синусоиде.

**3–11 кВ**

КЛАСС НАПРЯЖЕНИЯ

20 МВт

МАКС. МОЩНОСТЬ

98,5 %

КПД ИНВЕРТОРА

100 тыс. ч

MTBF

20 лет

РАСЧЁТНЫЙ РЕСУРС

■ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ

ЭНЕРГЕТИКА

Питательные насосы, дутьевые и дымососные вентиляторы

МЕТАЛЛУРГИЯ

Дымососы, вентиляторы, шламовые и питательные насосы

НЕФТЕХИМИЯ

Нагнетательные, погружные и магистральные насосы

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Насосы очистки, повышения давления, канализации

ЦЕМЕНТ

Высокотемпературные и циркуляционные вентиляторы

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Дымососы, насосы пульпы, нагнетатели Рутса

УГЛЕХИМИЯ

Котельные нагнетатели, конденсатные насосы

ГОРНОЕ ДЕЛО

Главные вентиляторы, водоотлив, дробилки, мельницы

Надёжность, энергосбережение, адаптивность.

Линейка ES9000 охватывает классы напряжения 3 / 3,3 / 4,16 / 6 / 6,6 / 10 / 11 кВ и применяется на вентиляторах, насосах, компрессорах, смесителях, конвейерах и подъёмных механизмах. Серии: общая (A/S), конвейерная (B/D), четырёхквadrантная (F/G), софт-старт с синхронным безударным переходом (P/Q).

01 • УПРАВЛЕНИЕ

Оптимизация потока

Оптимизация магнитного потока и пространственно-векторная ШИМ повышают КПД системы на 1–10 % относительно аналогов и снижают рабочий ток двигателя.

02 • НАДЁЖНОСТЬ

Модульные ячейки

Зрелая схемотехника последовательных ячеек, модульная конструкция, автоматический байпас ячейки — отказ одной ячейки не останавливает привод.

03 • СЕТЬ

Чистый вход

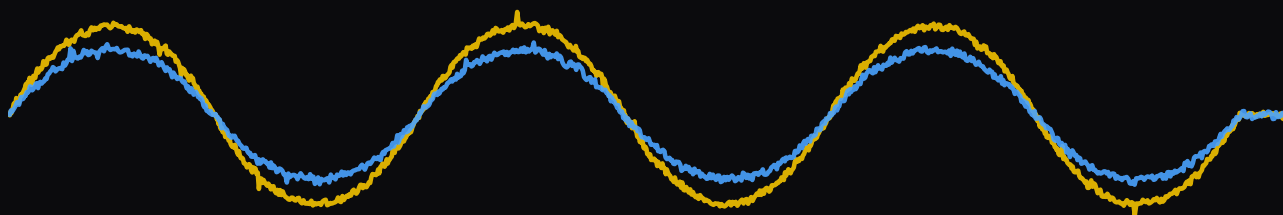
Многопульсный вход (30/36 для 6 кВ, 48/54 для 10 кВ), форма близка к синусоиде, $\cos \phi \approx 1,0$; соответствует IEEE 519 и ГОСТ Р.

04 • ПУСК

Высокий момент

Устойчивая работа от $\approx 0,1$ Гц с большим пусковым моментом; перезапуск с подхватом скорости; пуск двигателя, вращающегося в обратную сторону.

• ВХОДНОЙ ТОК И НАПРЯЖЕНИЕ • МНОГОПУЛЬСНЫЙ ВХОД



ЖЁЛТАЯ — НАПРЯЖЕНИЕ • СИНЯЯ — ТОК • ИСКАЖЕНИЯ ПРЕНЕБРЕЖИМО МАЛЫ

1.2 — ПАРАМЕТРЫ

Технические характеристики.

Полная спецификация преобразователя ES9000 — вход и выход среднего напряжения, рабочие характеристики, управление, возбуждение синхронного двигателя и условия эксплуатации.

● ВХОД СРЕДНЕГО НАПЯЖЕНИЯ

ДИАПАЗОН U	3 / 3,3 / 4,16 / 6 / 6,6 / 10 / 11 кВ (-20 ... +15 %)
ЧАСТОТА	50 / 60 Гц ±10 %

● ВЫХОД СРЕДНЕГО НАПЯЖЕНИЯ

ВЫХОДНОЕ U	0 ... номинальное
ЧАСТОТА / ТОЧН.	0 ... 50/60 Гц · 0,01 Гц
ФОРМА	Многоуровневая ШИМ-синусоида, THD < 4 %

● РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

КПД	Инвертор > 98,5 %, с трансформатором > 97 %
COS Φ	> 0,95 в диапазоне рег., > 0,97 при номинале
ПЕРЕГРУЗКА	110 % длит. · 120 % / 1 мин · 150 % / 2 с · 160 % защита
ПРОВАЛ СЕТИ	200 мс (дольше при малой нагрузке)
MTBF	> 100 000 ч

● УПРАВЛЕНИЕ

МЕТОД	Оптимизация потока + векторная ШИМ
РАЗГОН / ТОРМ.	1 ... 3600 с
ДИСКР. ВХ/ВЫХ	11 / 10 каналов
АНАЛОГ. ВХОД	4 канала (0–5 В / 4–20 мА)
АНАЛОГ. ВЫХОД	3 канала (0–10 В / 4–20 мА)
СВЯЗЬ	RS-485 Modbus (опц. Profibus-DP, Ethernet)
ПИТ. УПР.	1Ф 220 В AC, 5 кВА

● ВОЗБУЖДЕНИЕ (СИНХР. ДВИГАТЕЛЬ)

РЕЖИМЫ	Авто, ручное, многоступенчатое, внешнее
--------	---

● УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

СРЕДА	В помещении, без взрыво/коррозионных газов, пыли, тумана
ТЕМП. РАБОТЫ	0 ... +40 °C
ТЕМП. ХРАН.	–40 ... +70 °C
ВЛАЖНОСТЬ	< 90 %, без конденсата
ВЫСОТА	> 1000 м — снижение номинала
ОХЛАЖДЕНИЕ	Принудительное воздушное
ЗАЩИТА / ШУМ	IP31 · < 75 дБ(А)

ЗАЩИТЫ: свертток, перегрузка, КЗ, небаланс фаз, мгновенное отключение, потеря фазы вход/выход, перенапряжение, пониженное напряжение, перегрев корпуса и трансформатора, останов по внешней аварии, автоматический байпас силовой ячейки.

Структура главной цепи

МНОГООБМОТОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР · 6 кВ
5 ЯЧЕЕК НА ФАЗУ · 30-ПУЛЬСНЫЙ ВХОД

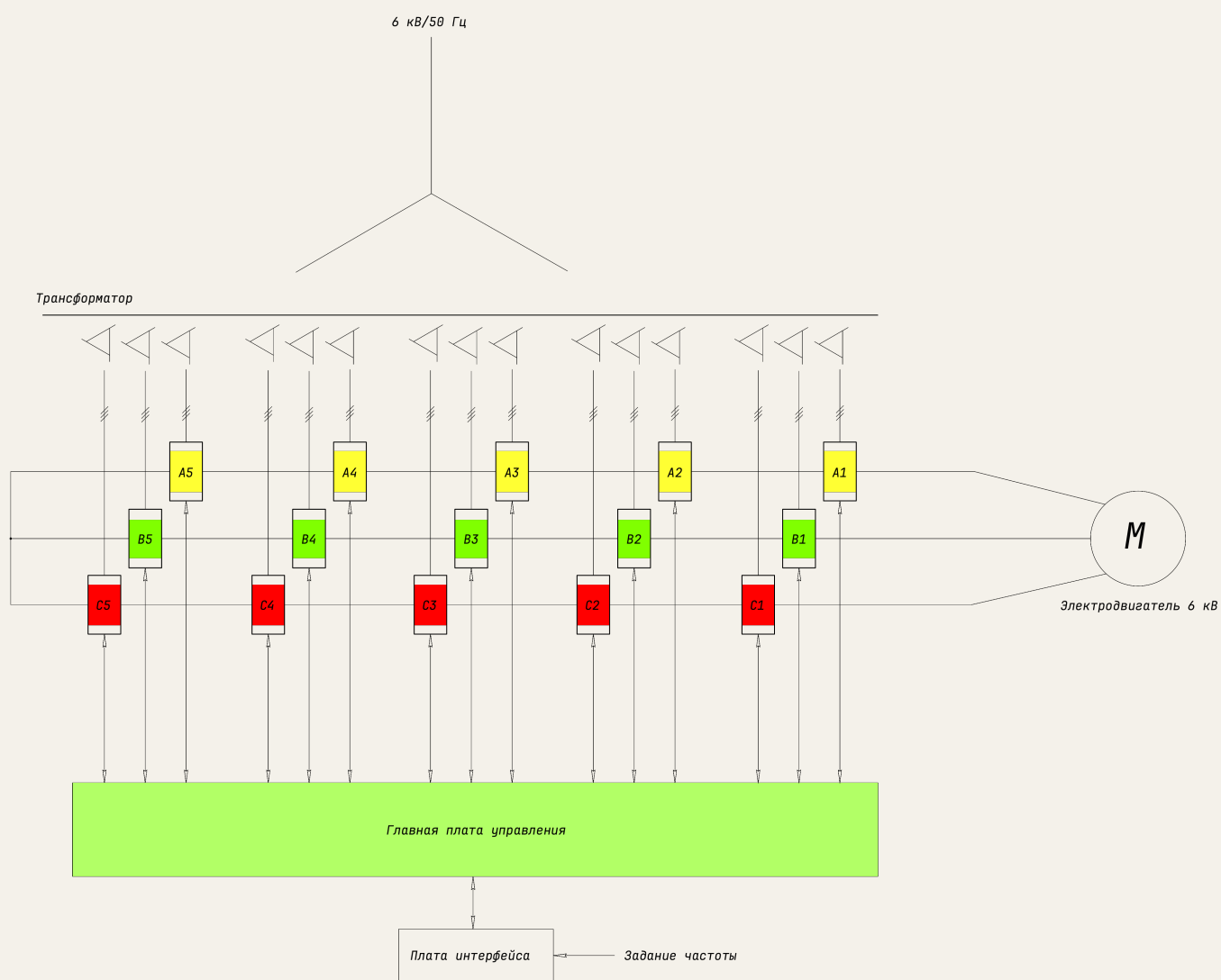


РИС. 2.1 — СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ГЛАВНОЙ ЦЕПИ А — ТРАНСФОРМАТОР · В — ЯЧЕЙКИ А/В/С · С — УПРАВЛЕНИЕ ПО ОПТОВОЛОКНУ

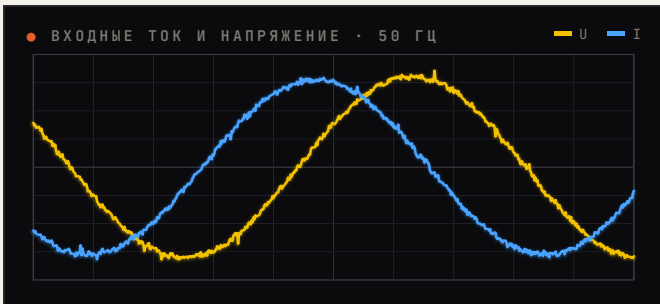
2.2 — ВХОДНОЙ ТРАНСФОРМАТОР

Многопульсный вход, чистая сеть.

Вторичные обмотки трансформатора сдвинуты по фазе на одинаковые углы. За счёт многопульсного выпрямления гармоники низших порядков взаимно компенсируются, и входной ток приближается к синусоиде.

6 КВ · ЯЧЕЕК	5 на фазу · 30-пульсное выпрямление
6 КВ · ВАРИАНТ	6 на фазу · 36-пульсное
10 КВ · ЯЧЕЕК	8 на фазу · 48-пульсное
10 КВ · ВАРИАНТ	9 на фазу · 54-пульсное
THDI ВХОДА	< 3 % — соответствие IEEE 519
ВХОДНОЙ COS Φ	≈ 1,0 без компенсации
ИСПОЛНЕНИЕ	Сухой, класс изоляции H, термоконтроль обмоток

ЧИСТАЯ СЕТЬ — ВРЕМЕННАЯ И ЧАСТОТНАЯ ОБЛАСТИ



Слева — форма входного тока (синяя) и напряжения сети (жёлтая) за один период: ток повторяет синусоиду. Справа — спектр того же тока: доминирует основная гармоника 50/60 Гц (оранжевая), низшие порядки (5, 7, 11, 13...) подавлены многопульсной схемой — остаются лишь высшие $11n \pm 1$ / $13n \pm 1$ малой амплитуды.

■ 2.3 – ФОРМИРОВАНИЕ ВЫХОДА

Сложение ступеней в синусоиду.

Каждая ячейка формирует ступенчатое напряжение. Последовательное соединение нескольких ячеек на фазу суммирует ступени: результирующее фазное напряжение приближается к синусоиде, а число уровней растёт с числом ячеек.



— A1 / A2 / A3 · ЯЧЕЙКИ — Σ ФАЗНОЕ U



ОСЦИЛЛОГРАФ · ФАЗНОЕ U · МНОГУРОВНЕВЫЙ ШИМ

11

УРОВНЕЙ · 6 кВ / 5 ЯЧЕЕК

13

УРОВНЕЙ · 6 кВ / 6 ЯЧЕЕК

17

УРОВНЕЙ · 10 кВ / 8 ЯЧЕЕК

19

УРОВНЕЙ · 10 кВ / 9 ЯЧЕЕК

Чем больше уровней, тем ниже коэффициент гармоник на выходе и тем меньше пульсации момента двигателя. Привод не создаёт дополнительного нагрева и не требует выходных фильтров; допускает работу на стандартных двигателях и большие расстояния до двигателя без dv/dt-фильтра.

Реальный замер — ВХОД И ВЫХОД

2.3 • ОСЦИЛЛОГРАФ • ОДНА ФАЗА
СЕТЬ • ПЧ • ДВИГАТЕЛЬ

Синяя кривая — напряжение на выходе привода: многоуровневая ступенчатая ШИМ, формируемая суперпозицией ячеек. Красная — напряжение на входе привода, близкое к синусоиде благодаря многопульсной схеме выпрямления через фазосдвигающий трансформатор.

**ВЫХОД****Многоуровневая ШИМ**

Ступенчатая кривая близка к синусоиде — низкие гармоники, без выходных фильтров и dv/dt -нагрузки на изоляцию.

ВХОД**Ток $\approx$ синусоида**

Многопульсное выпрямление обеспечивает высокий коэффициент мощности и низкие гармоники сети.

ЭФФЕКТ**Чистая сеть**

Соответствие требованиям по гармоникам без дополнительных фильтрокомпенсирующих устройств.

Замер выполнен на одной фазе. Форма выходного напряжения определяется числом ячеек на фазу; форма входного тока — числом импульсов выпрямления.

Силовая ячейка

ВЫПРЯМИТЕЛЬ → ЗВЕНО ПОСТ. ТОКА → Н-МОСТ
IGBT • ВСТРОЕННЫЙ АВТОБАЙПАС • ГОРЯЧАЯ ЗАМЕНА

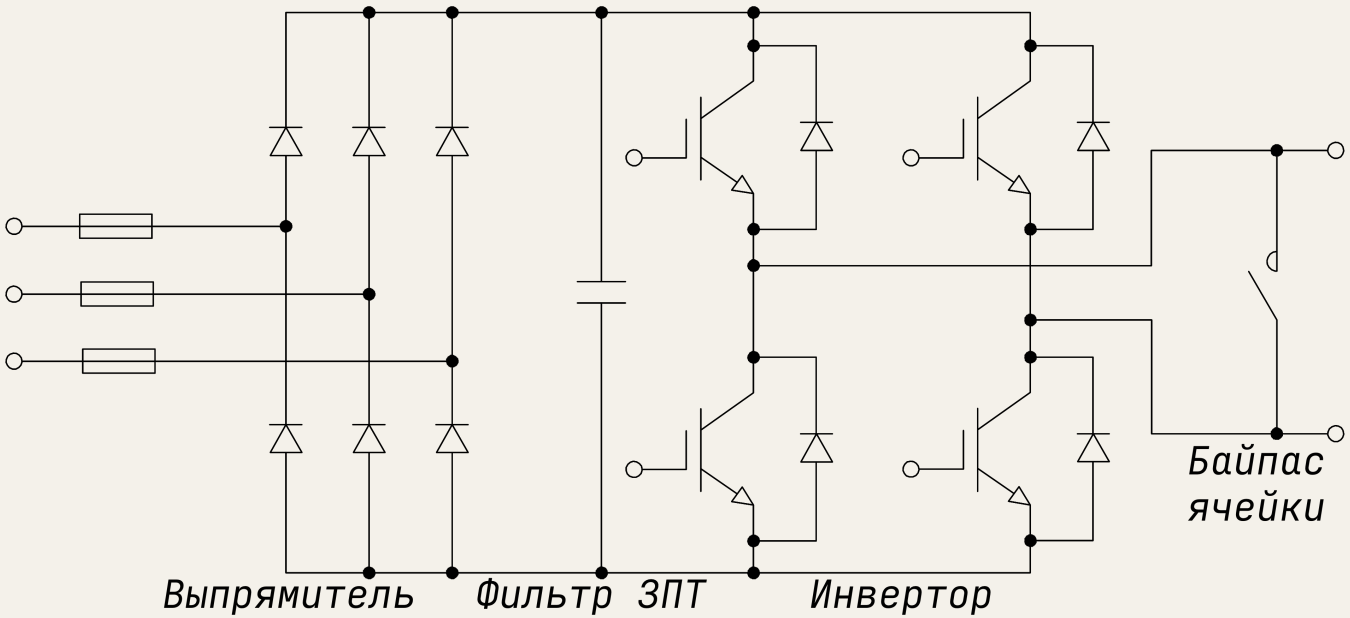


РИС. 2.4 — СХЕМА СИЛОВОЙ ЯЧЕЙКИ • ВЫПРЯМИТЕЛЬ → ЗВЕНО ПОСТОЯННОГО ТОКА → ОДНОФАЗНЫЙ Н-МОСТ

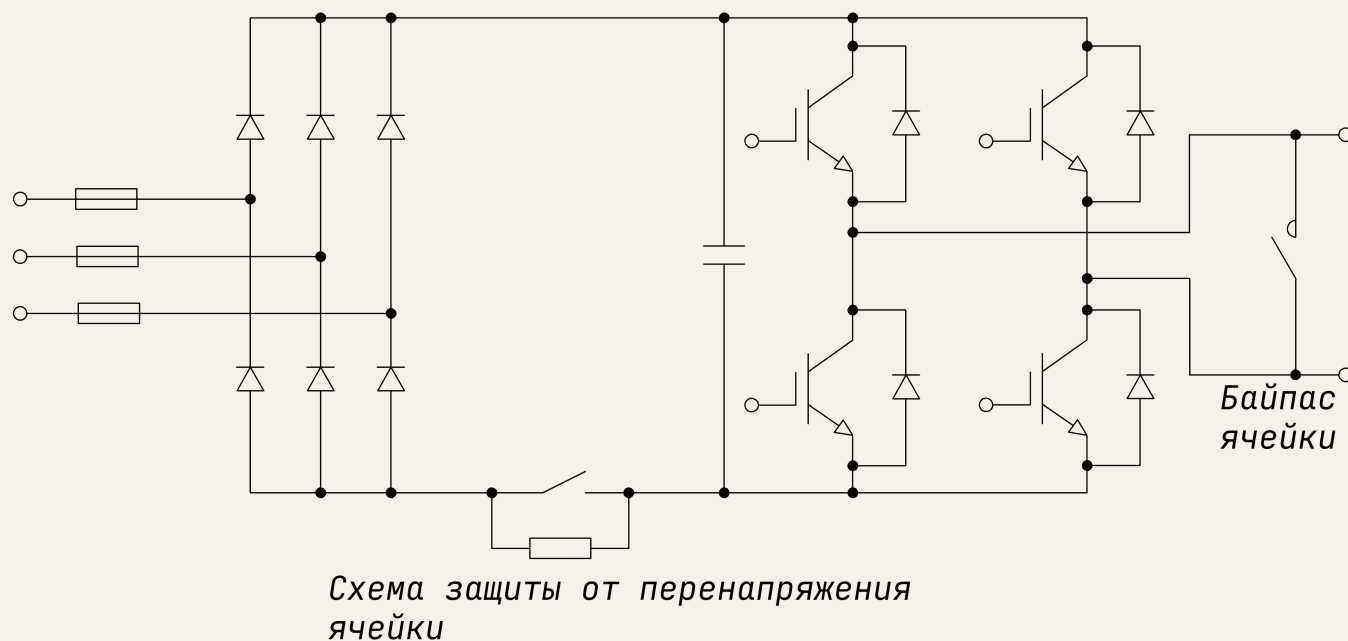
ВЫПРЯМИТЕЛЬ	3-фазный диодный мост	ИНВЕРТОР	Однофазный Н-мост, IGBT	БАЙПАС	Встроенный, автоматический
ЗВЕНО DC	Батарея конденсаторов	ОХЛАЖДЕНИЕ	Принудительное воздушное	МОНТАЖ	Выкатной модуль

Все ячейки идентичны и взаимозаменяемы. Варианты исполнения ячейки — с встроенной защитой и с обратной связью по напряжению звена постоянного тока — на следующей странице.

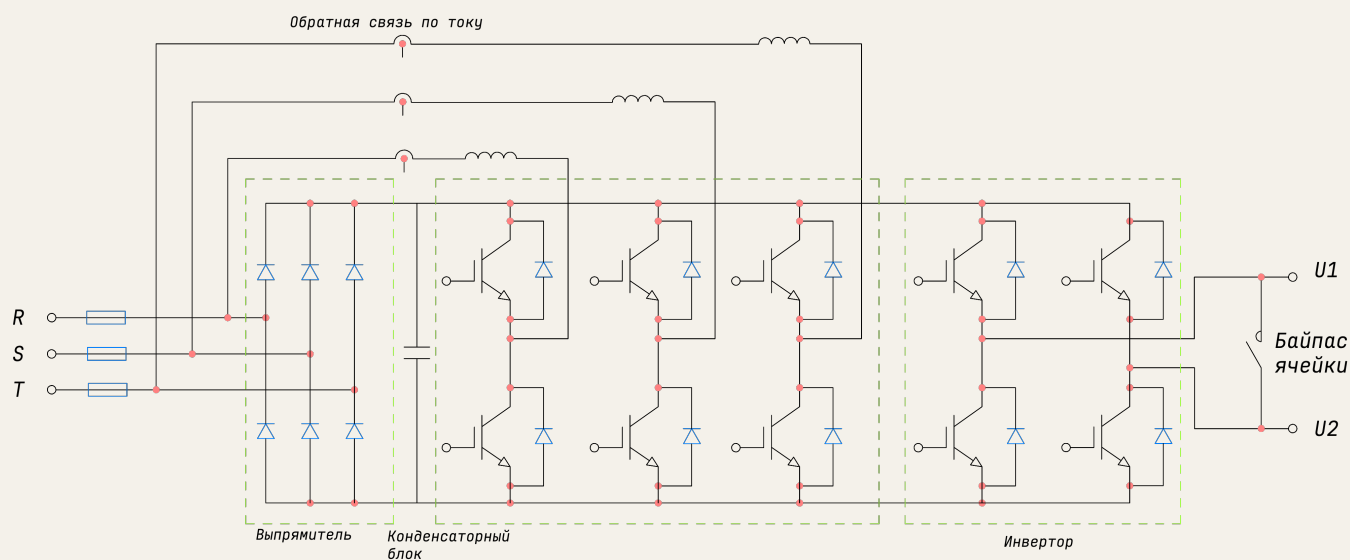
Варианты исполнения ячейки

С ВСТРОЕННОЙ ЗАЩИТОЙ • С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫЕ ВЫКАТНЫЕ МОДУЛИ

• ЯЧЕЙКА С ВСТРОЕННОЙ ЗАЩИТОЙ И БАЙПАСНЫМ КОНТАКТОРОМ



• ЯЧЕЙКА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО НАПРЯЖЕНИЮ ЗВЕНА ПОСТОЯННОГО ТОКА



Байпасный контактор обеспечивает повышенную помехозащищённость и безопасность; цепь байпаса и инвертор работают независимо. Контроль напряжения звена постоянного тока каждой ячейки используется системой защиты и автоматического байпаса.

Структура управления

ПРОМЫШЛЕННЫЙ DSP · ОПТОВОЛОКНО К ЯЧЕЙКАМ
СЕНСОРНЫЙ HMI · ДИАГНОСТИКА И ЖУРНАЛ

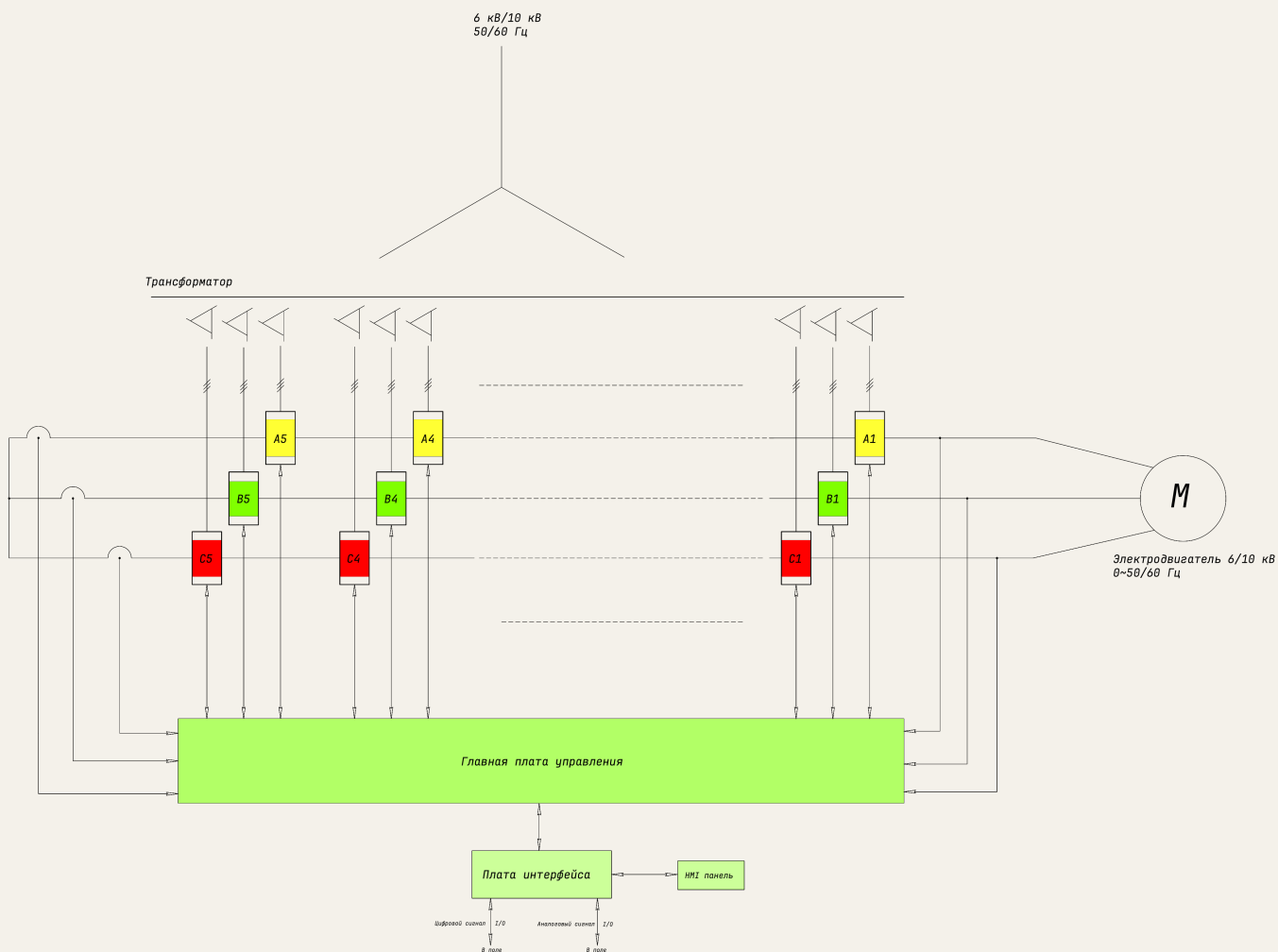


РИС. 2.5 — СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ · ГЛАВНАЯ ПЛАТА · КОНТРОЛЛЕР ИНТЕРФЕЙСА · СЕНСОРНЫЙ ЭКРАН

ВЫЧИСЛИТЕЛЬ

Промышленный сигнальный микропроцессор, главная плата и плата контроллера интерфейса.

СВЯЗЬ С ЯЧЕЙКАМИ

Оптоволокно к каждой ячейке — полная гальваническая развязка и помехозащищенность.

ОПЕРАТОР

Цветной сенсорный HMI, диагностика, журнал аварий, многоуровневый доступ.

Внешние интерфейсы

ПЛАТА КОНТРОЛЛЕРА ИНТЕРФЕЙСА · I/O
RS-485 MODBUS · PID · ЛОКАЛЬНО / УДАЛЁННО

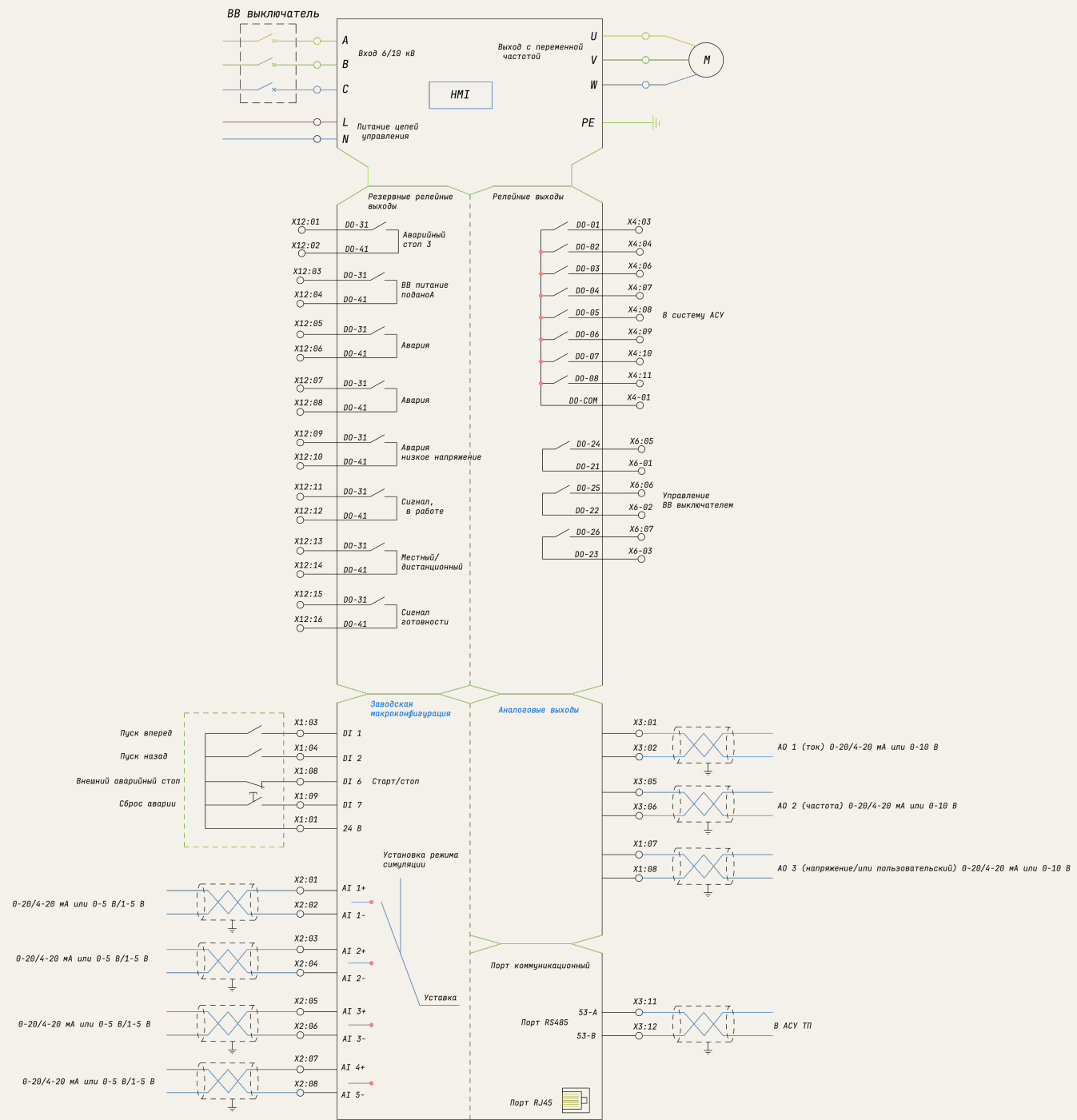


РИС. 2.6 — СХЕМА ВНЕШНИХ ПОДКЛЮЧЕНИЙ ПЛАТЫ КОНТРОЛЛЕРА ИНТЕРФЕЙСА

● ВХОДЫ / ВЫХОДЫ		● СВЯЗЬ		● УПРАВЛЕНИЕ	
DI	11 · «сухой контакт»	СТАНДАРТ	RS-485 Modbus	■	Локальное и удалённое
DO	10 · 250 В / 1 А	ОПЦИИ	Profibus-DP · Ethernet · GPRS	■	ПИД-регулятор процесса
AI	4 · 4–20 mA	ПО	Удалённый мониторинг	■	Макросы DI/DO под задачу
AO	3 · 4–20 mA				

Аналоговые входы принимают сигналы расхода, давления, температуры и уровня; выходы передают частоту, ток, напряжение и ток возбуждения. Функции DI/DO заданы прикладным макросом и переназначаются под объект до поставки.

Точное управление, выше **КПД**.

Алгоритм оптимизации магнитного потока подбирает возбуждение двигателя под текущую нагрузку, снижая ток и потери. Совместно с пространственно-векторной ШИМ это даёт плавный момент, низкие гармоники и высокий КПД во всём диапазоне частот.

01 • ПОТОК

Оптимизация магнитного потока

Динамическая подстройка потока под нагрузку: меньше ток намагничивания на частичных режимах, рост КПД системы до 1–10 %.

02 • ШИМ

Векторная синусоидальная ШИМ

Пространственно-векторная модуляция формирует выход, близкий к синусоиде; пульсации момента и шум двигателя минимальны.

03 • ДИАПАЗОН

Работа от $\approx 0,1$ Гц

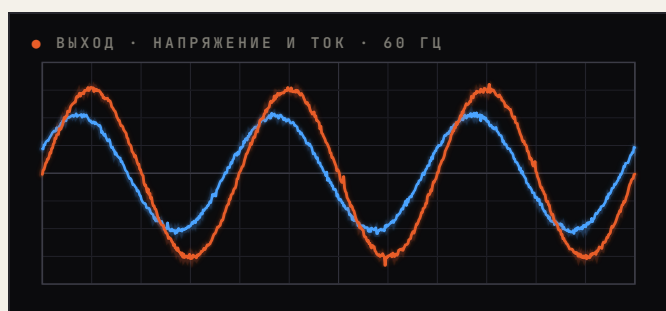
Устойчивое вращение и высокий пусковой момент на сверхнизких частотах — подходит для тяжёлых пусков.

04 • РЕГУЛИРОВАНИЕ

U/f и векторное

Поддержка скалярного U/f и бездатчикового векторного управления; ПИД-регулятор технологического параметра.

• УПРАВЛЕНИЕ В РАБОТЕ: ВЫХОД И ТОКООГРАНИЧЕНИЕ



— НАПРЯЖЕНИЕ U — ТОК I



— СКОРОСТЬ — ТОК — МОМЕНТ

Слева — реальный замер выхода при 60 Гц: напряжение и ток двигателя близки к синусоиде — низкие гармоники и плавный момент. Справа — при кратковременной аномальной нагрузке привод автоматически снижает частоту, ограничивая ток и предотвращая отключение по сверхтоку; после возмущения скорость восстанавливается без останова.

■ 3.2 – ФУНКЦИИ ПУСКА

Пуск в любых условиях.

Набор функций для тяжёлых и непрерывных процессов: подхват вращающегося двигателя, автоматический перезапуск, мгновенное восстановление после кратковременного провала сети.

ПОДХВАТ СКОРОСТИ

Перезапуск с хода

Определение скорости и направления вращающегося двигателя и плавное подхватывание без рывка — в т.ч. при вращении в обратную сторону.

ПРОВАЛ СЕТИ

Проброс провала ≥ 200 мс

Удержание работы при кратковременной просадке питания; при глубокой нагрузке время удержания больше.

АВТОПЕРЕЗАПУСК

Автостарт после сбоя

Программируемое число попыток автоматического перезапуска по снятии аварии — для необслуживаемых объектов.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Спящий режим / ПИД

Останов при низком расходе и автозапуск по уставке; встроенный ПИД-регулятор давления/расхода/уровня.

● ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПУСКА

01

Предзаряд звена постоянного тока, контроль напряжения ячеек

02

Подхват скорости — определение оборотов и направления

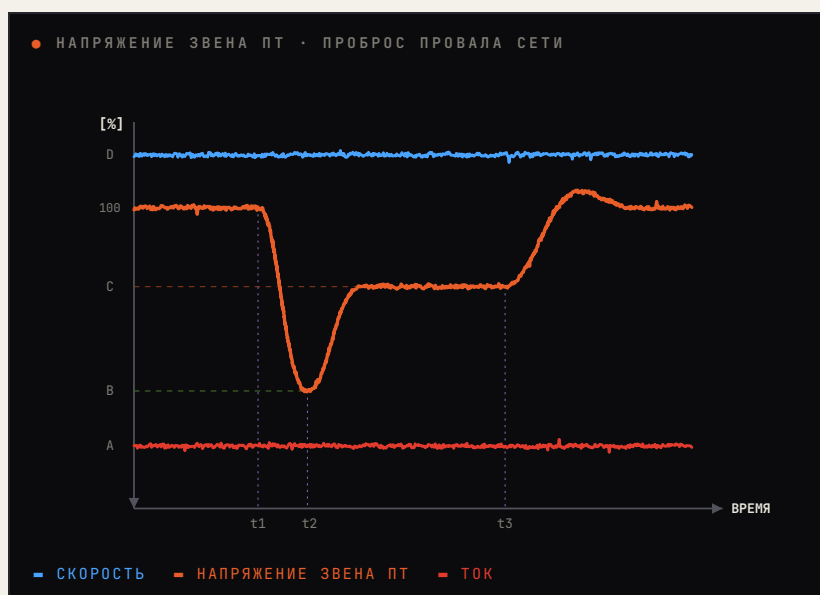
03

Плавный разгон по рампе 1...3600 с с большим моментом

04

Выход на уставку, ПИД-стабилизация технологического параметра

● НАПРЯЖЕНИЕ ЗВЕНА ПТ · ПРОБОС ПРОВАЛА СЕТИ



● ПРОБОС ПРОВАЛА СЕТИ

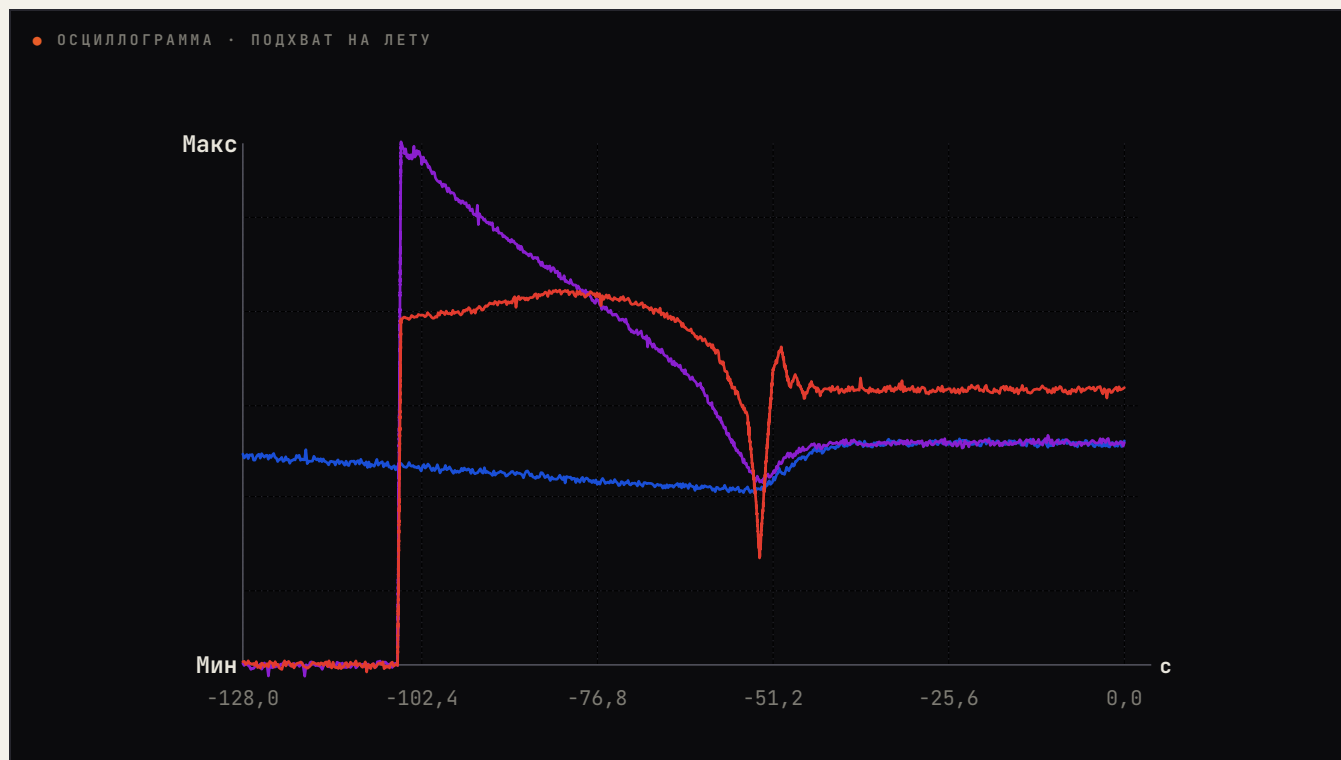
При кратковременной просадке питания (t_1) напряжение звена постоянного тока проседает до порога В (t_2), затем привод удерживает работу на уровне С. После восстановления сети (t_3) напряжение плавно возвращается к номиналу без отключения двигателя — скорость и ток сохраняются непрерывными.

A · B · C · D — ПОРОГИ НАПРЯЖЕНИЯ · t_1 – t_3 — ФАЗЫ ПРОВАЛА

Подхват вращающегося двигателя

3.2 • FLYING RESTART
ТОК • СКОРОСТЬ • ЧАСТОТА

Привод определяет фактическую скорость и направление свободно вращающегося двигателя и плавно подхватывает его без рывка и без остановки механизма. Осциллограмма показывает поиск частоты, синхронизацию и выход на рабочий режим.



— ТОК ДВИГАТЕЛЯ — СКОРОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ — РАБОЧАЯ ЧАСТОТА

ПОИСК

Сканирование частоты

Рабочая частота снижается от максимума, пока не совпадёт с фактическими оборотами вала.

СИНХРОНИЗАЦИЯ

Захват скорости

В момент совпадения ток кратковременно проседает, затем привод подхватывает двигатель.

РЕЖИМ

Плавный разгон

Частота и скорость выходят на уставку, ток стабилизируется — без рывка на механизме.

Предзаряд звена

ОГРАНИЧЕНИЕ ПУСКОВОГО ТОКА
КОНТРОЛЬ DC ВСЕХ ЯЧЕЕК

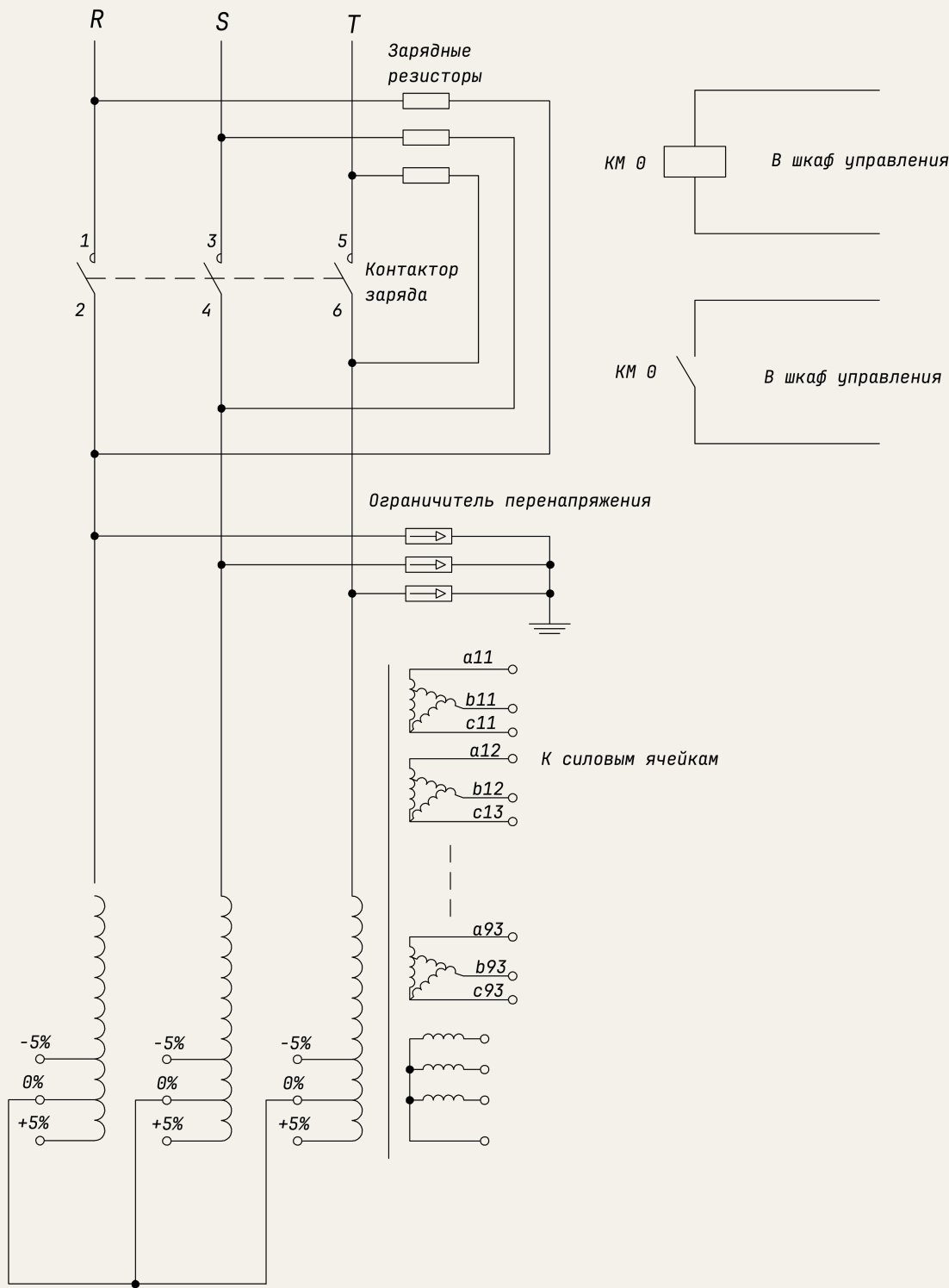


Схема системы предзаряда

РИС. 3.3 — СХЕМА ЦЕПИ ПРЕДЗАРЯДА · РЕЗИСТОРЫ ОГРАНИЧЕНИЯ · ГЛАВНЫЙ КОНТАКТОР · КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

ФУНКЦИЯ Заряд конденсаторов звена постоянного тока через резисторы предзаряда, ограничивающие бросок тока при включении.	КОНТРОЛЬ Система отслеживает напряжение DC каждой ячейки; по выходу на номинал главный контактор шунтирует резисторы.	ЗАЩИТА Блокировка пуска при незаряженном или несимметрично заряженном звене — защита силовых ключей.
---	--	---

■ 3.4 – ЗАЩИТА И ДИАГНОСТИКА

Комплексная защита привода.

Многоуровневая система защит контролирует сеть, привод и двигатель и при отклонениях формирует предупреждение или защитное отключение с записью в журнал событий.

ТОК Сверхток, КЗ, мгновенное отключение, перегрузка по тепловой модели	НАПРЯЖЕНИЕ Перенапряжение, пониженное напряжение, небаланс и потеря фазы	ВХОД / ВЫХОД Потеря входной/выходной фазы, замыкание на землю выхода
ТЕМПЕРАТУРА Перегрев корпуса, ячеек и трансформатора, отказ вентиляции	ЯЧЕЙКА Контроль DC, авто-байпас неисправной ячейки, продолжение работы	ВНЕШНИЕ Аварийный стоп, блокировки, сигналы технологической защиты

> 100

тыс. ч

СРЕДНЯЯ НАРАБОТКА НА ОТКАЗ (MTBF)

N – 1

РАБОТА ПРИ ОТКАЗЕ ОДНОЙ ЯЧЕЙКИ (С БАЙПАСОМ)

● АВТОМАТИЧЕСКИЙ БАЙПАС ЯЧЕЙКИ

При отказе ячейки её встроенный байпасный контактор шунтирует модуль, а система перестраивает фазовые углы оставшихся ячеек, сохраняя симметрию выходного напряжения. Привод продолжает работу с автоматически сниженным выходным напряжением — без внеплановой остановки процесса.

РЕАКЦИЯ	Автоматический байпас без останова
ИНДИКАЦИЯ	Тревога на HMI + запись в журнал
ЗАМЕНА	Выкатной модуль, горячая замена

Режимы силового байпаса

РУЧНОЙ И АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМЫ
БЛОКИРОВКИ ОТ ОДНОВРЕМЕННОГО ВКЛЮЧЕНИЯ

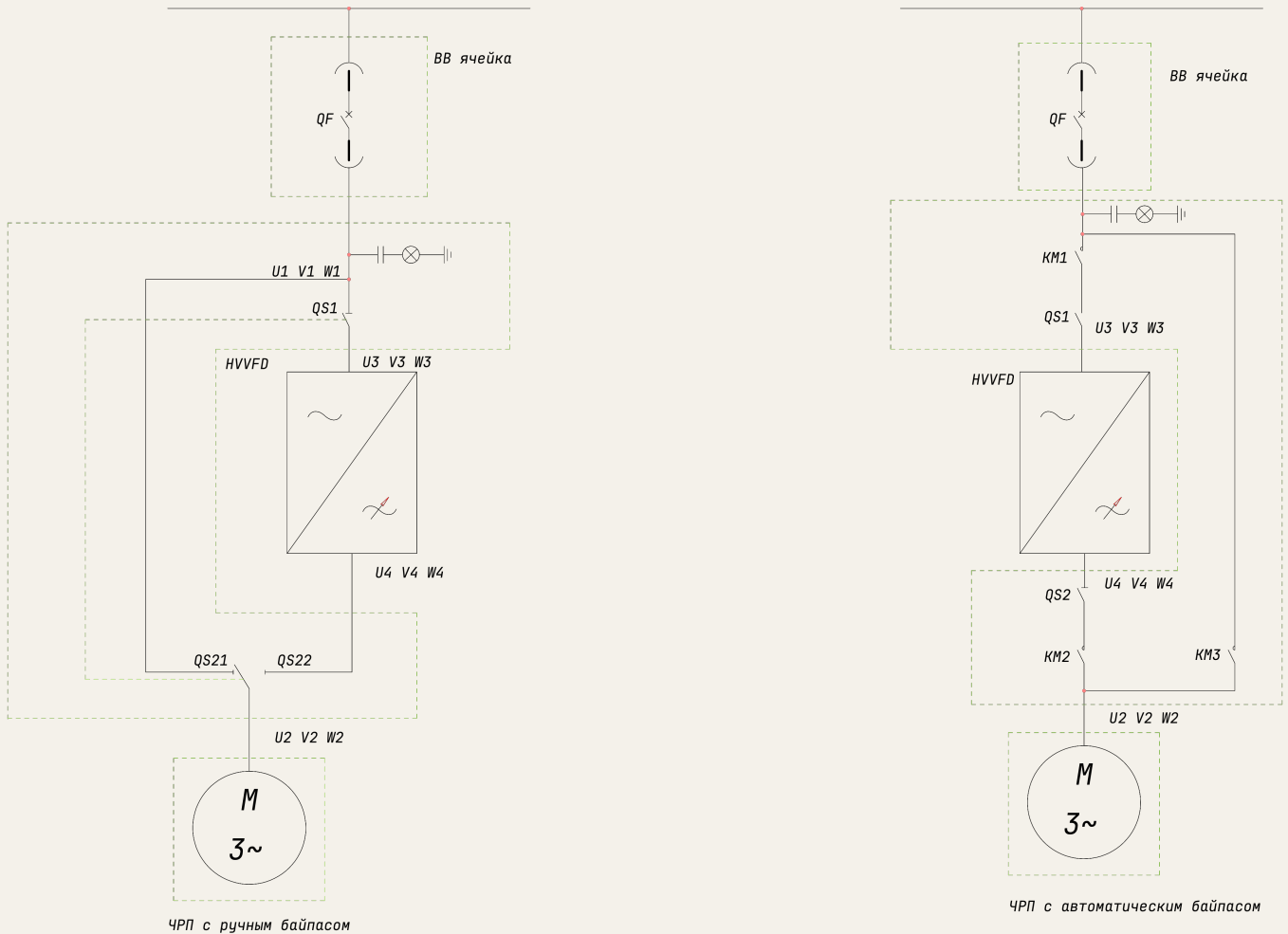


РИС. 3.4 — СХЕМЫ СИЛОВОГО БАЙПАСА • СЛЕВА РУЧНОЙ РЕЖИМ • СПРАВА АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

РЕЖИМ А • РУЧНОЙ

Оператор переключает двигатель на сеть разъединителями с механической блокировкой, исключающей одновременное включение привода и сети.

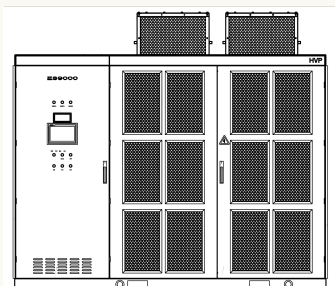
РЕЖИМ В • АВТО

Контакты под управлением системы переводят двигатель на сеть по команде или аварии привода; возможен синхронный безударный переход (серия P/Q).

Исполнение и обозначение модели.

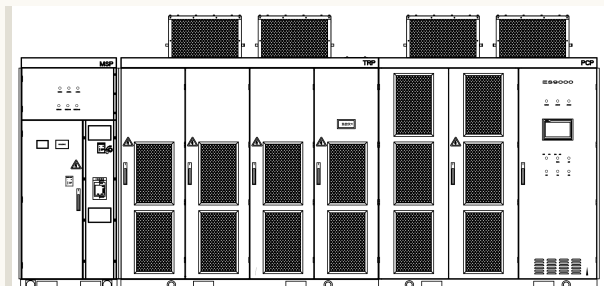
По мощности преобразователь выпускается в моноблочном и раздельном исполнении. Моноблок компактен: трансформатор, ячейки, управление и байпас размещены в одном шкафу с функциональным зонированием. В раздельном исполнении эти узлы — в отдельных шкафах, собираемых на объекте.

МОНОБЛОЧНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ



Трансформатор + ячейки + управление + байпас в одном корпусе. Малая мощность, минимум места и монтажа.

РАЗДЕЛЬНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ



Отдельные шкафы: трансформаторный · ячеек и управления · байпаса. Большая мощность, гибкая компоновка зала.

РАСШИФРОВКА КОДА МОДЕЛИ

ES9000S-1000-06K-MS+UPS

S — СЕРИЯ

A асинхр. · S синхр. · B/D конвейер · F/G 4-кв. · P/Q софт-старт

1000 — кВА

Номинальная мощность по таблице подбора

06K — U

Выходное напряжение: 06K = 6 кВ, 10K = 10 кВ

MS — ИСПОЛН.

M моноблок без байпаса · MS с байпасом · «...» раздельное

+UPS — ОПЦИИ

UPS · PBDP/ETH/GPRS · MTXX (ПО мониторинга)

Пример: **ES9000S-1000-06K+UPS** — преобразователь для синхронного двигателя, выход 6 кВ, мощность 1000 кВА, укомплектован источником бесперебойного питания.

ЧАСТЬ 04 · ВЫБОР И ПОДБОР

Модельный ряд · 10 кВ

МОНОБЛОК · М 2480×2580×1600
MS 3200×2580×1600 (Ш×В×Г, мм)

● МОНОБЛОЧНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ (М / MS)

МОДЕЛЬ ES9000X-...-10K	КВА	КВТ	А	М КГ	MS КГ
-0315-10K	315	250	18	2 780	3 700
-0350-10K	350	280	20	2 830	3 780
-0375-10K	375	300	22	2 830	3 780
-0400-10K	400	315	23	2 830	3 800
-0425-10K	425	335	24	2 830	3 800
-0450-10K	450	355	26	2 900	3 830
-0475-10K	475	375	27	2 900	3 900
-0500-10K	500	400	29	2 970	3 900
-0530-10K	530	425	31	2 970	3 920
-0560-10K	560	450	32	3 050	3 970
-0600-10K	600	475	34	3 050	4 000
-0630-10K	630	500	36	3 120	4 050
-0680-10K	680	530	38	3 120	4 100
-0700-10K	700	560	40	3 230	4 120
-0750-10K	750	600	43	3 230	4 200
-0800-10K	800	630	45	3 310	4 230
-0850-10K	850	670	48	3 310	4 270
-0900-10K	900	710	51	3 310	4 310
-0950-10K	950	750	54	3 310	4 350
-1000-10K	1 000	800	58	3 650	4 500
-1050-10K	1 050	850	61	3 650	4 600
-1120-10K	1 120	900	65	3 650	4 650
-1200-10K	1 200	950	68	3 650	4 750
-1250-10K	1 250	1 000	72	3 930	4 850
-1400-10K	1 400	1 120	81	4 160	4 930

● РАЗДЕЛЬНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

МОДЕЛЬ ES9000X-...-10K	КВА	КВТ	А	МАССА КГ
-1600-10K	1 600	1 250	90	6 050
-1750-10K	1 750	1 400	101	6 155
-2000-10K	2 000	1 600	115	6 350
-2250-10K	2 250	1 800	130	6 750
-2500-10K	2 500	2 000	144	7 080
-2800-10K	2 800	2 250	162	7 350
-3150-10K	3 150	2 500	180	8 550
-3500-10K	3 500	2 800	202	8 950
-4000-10K	4 000	3 150	227	9 400
-4500-10K	4 500	3 550	256	9 950
-4650-10K	4 650	3 700	267	11 200
-5000-10K	5 000	4 000	289	13 050
-5600-10K	5 600	4 500	325	13 550
-6300-10K	6 300	5 000	361	14 050
-7000-10K	7 000	5 600	404	14 850
-8000-10K	8 000	6 300	455	14 950
-9000-10K	9 000	7 100	512	20 050
-10000-10K	10 000	8 000	577	20 750
-11500-10K	11 500	9 100	649	22 050
-12500-10K	12 500	10 000	722	24 500
-16000-10K	16 000	12 500	920	по запросу
-19000-10K	19 000	15 000	1100	по запросу
-22500-10K	22 500	18 000	1300	по запросу
-25000-10K	25 000	20 000	1450	по запросу

Габариты и масса приведены для справки и могут быть изменены без уведомления. Ток двигателя указан ориентировочно для типового КПД и cos φ. Модель: ES9000X-####-10K, где X — буква серии.

ЧАСТЬ 04 • ВЫБОР И ПОДБОР

Модельный ряд · 6 кВ

МОНОБЛОК • М 1950×2580×1600
MS 2800×2580×1600 (Ш×В×Г, мм)

● МОНОБЛОЧНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ (М / MS)

МОДЕЛЬ ES9000X-...-06K	КВА	КВТ	А	М КГ	MS КГ
-0315-06K	315	250	30	2 040	3 150
-0350-06K	350	280	34	2 060	3 180
-0375-06K	375	300	36	2 080	3 200
-0400-06K	400	315	38	2 100	3 230
-0425-06K	425	335	40	2 120	3 240
-0450-06K	450	355	43	2 150	3 250
-0475-06K	475	375	45	2 190	3 330
-0500-06K	500	400	48	2 230	3 350
-0530-06K	530	425	51	2 250	3 360
-0560-06K	560	450	54	2 280	3 380
-0600-06K	600	475	57	2 300	3 400
-0630-06K	630	500	60	2 320	3 430
-0680-06K	680	530	64	2 350	3 460
-0700-06K	700	560	67	2 390	3 490
-0750-06K	750	600	72	2 430	3 500
-0800-06K	800	630	76	2 460	3 540
-0850-06K	850	670	81	2 500	3 580

● РАЗДЕЛЬНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

МОДЕЛЬ ES9000X-...-06K	КВА	КВТ	А	МАССА КГ
-0900-06K	900	710	85	4 950
-0950-06K	950	750	90	4 950
-1000-06K	1 000	800	96	5 000
-1050-06K	1 050	850	102	5 150
-1120-06K	1 120	900	108	5 200
-1200-06K	1 200	950	114	5 250
-1250-06K	1 250	1 000	120	5 250
-1400-06K	1 400	1 120	135	5 550
-1600-06K	1 600	1 250	150	5 650
-1750-06K	1 750	1 400	168	5 950
-2000-06K	2 000	1 600	192	8 200
-2250-06K	2 250	1 800	217	8 400
-2500-06K	2 500	2 000	241	8 650
-2800-06K	2 800	2 250	270	8 950
-3150-06K	3 150	2 500	301	10 600
-3500-06K	3 500	2 800	337	11 000
-4000-06K	4 000	3 150	379	11 700
-4500-06K	4 500	3 550	427	12 200
-4650-06K	4 650	3 700	445	12 700
-5000-06K	5 000	4 000	481	13 800
-5600-06K	5 600	4 500	541	14 300
-6300-06K	6 300	5 000	601	14 900
-7000-06K	7 000	5 600	674	15 580
-8000-06K	8 000	6 300	760	по запросу
-9000-06K	9 000	7 100	860	по запросу
-10000-06K	10 000	8 000	965	по запросу
-11500-06K	11 500	9 100	1110	по запросу
-12500-06K	12 500	10 000	1200	по запросу

Диапазон 3 / 3,3 / 4,16 / 6,6 / 11 кВ — комплектуется по запросу на базе соответствующих типоразмеров. Для мощностей свыше указанных в таблице — по согласованию.

■ 4.4 – ПОДБОР ШКАФОВ БАЙПАСА

Шкафы силового байпаса.

Шкаф байпаса подбирается по току двигателя, напряжению и схеме коммутации: ручной или автоматический, «один привод — один двигатель» или «один привод — два двигателя» (мультидрайв).

ТИП ШКАФА	МОДЕЛЬ	ТОК А	ГАБАРИТЫ Ш×В×Г	U, КВ	МАССА КГ
Ручной «1 привод → 1 двигатель»	ES9000-MSP0400-A-□	400	1000×2200×1300	6 / 10	800
Ручной «1 привод → 1 двигатель»	ES9000-MSP0630-A-□	630	1000×2200×1300	6 / 10	850
Ручной «1 привод → 2 двигателя»	ES9000-MSP0400-AB-□	400	2000×2200×1300	6 / 10	1600
Ручной «1 привод → 2 двигателя»	ES9000-MSP0630-AB-□	630	2000×2200×1300	6 / 10	1700
Автоматический «1 → 1»	ES9000-ASP0250-A-□	250	1300×2200×1300	6 / 10	1650
Автоматический «1 → 1»	ES9000-ASP0400-A-□	400	1300×2200×1300	6 / 10	1650
Автоматический «1 → 1»	ES9000-ASP0630-A-□	630	1300×2200×1300	6 / 10	1750
Автоматический «1 → 2»	ES9000-ASP0250-AB-□	250	2600×2200×1300	6 / 10	3300
Автоматический «1 → 2»	ES9000-ASP0400-AB-□	400	2600×2200×1300	6 / 10	3300
Автоматический «1 → 2»	ES9000-ASP0630-AB-□	630	2600×2200×1300	6 / 10	3500

Габариты и масса приведены для справки. Точная конфигурация шкафа байпаса определяется проектом. Схема и принцип мультидрайва «один привод → два двигателя» — на следующей странице (4.5).

Мультидрайв «1 → 2» с байпасом

ОДИН ПРИВОД ОБСЛУЖИВАЕТ ДВА ДВИГАТЕЛЯ
ПЕРЕВОД КАЖДОГО НА СЕТЬ · БЛОКИРОВКИ

В конфигурации «один привод — два двигателя» преобразователь поочерёдно обслуживает два двигателя, а во время обслуживания привода каждый из них может быть переведён напрямую на сеть. Решение снижает капитальные затраты на объектах с резервируемыми агрегатами при сохранении функции плавного пуска.

ПАРАМЕТРЫ КОНФИГУРАЦИИ

СУФФИКС	I — ручной · II — автоматический
НАПРЯЖЕНИЕ	6 кВ / 10 кВ
БЛОКИРОВКИ	Механические + электрические
ШКАФ	ES9000-□SP####-AB-##K

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Экономия на втором преобразователе
- Плавный пуск обоих двигателей
- Резервирование питанием от сети
- Обслуживание привода без останова линии

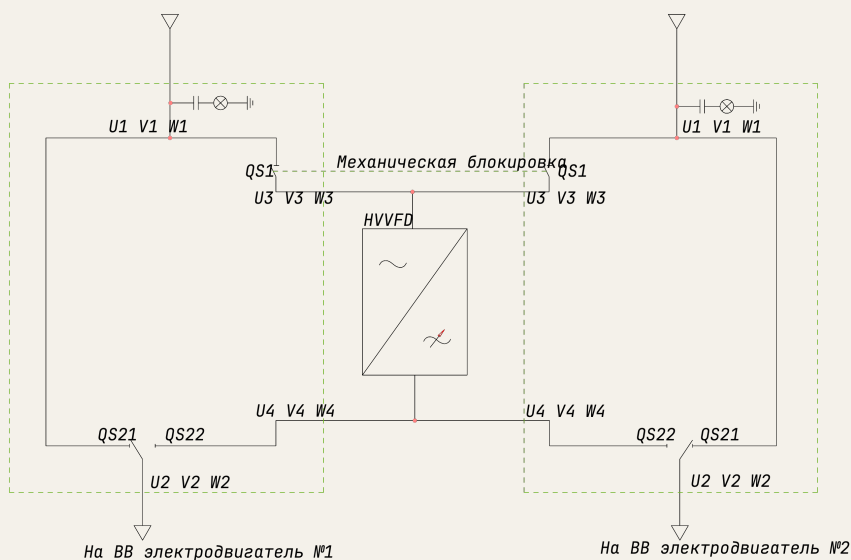


Схема мультидрайв один ЧРП - два электродвигателя, с ручным байпасом

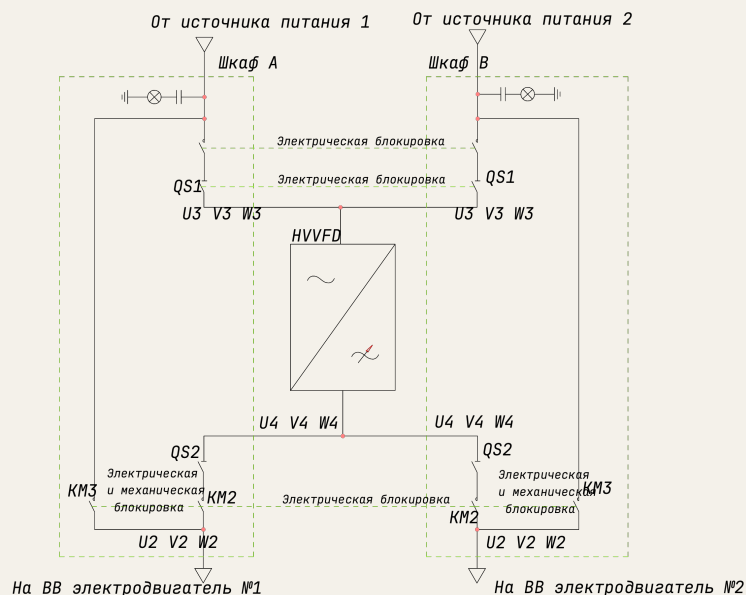


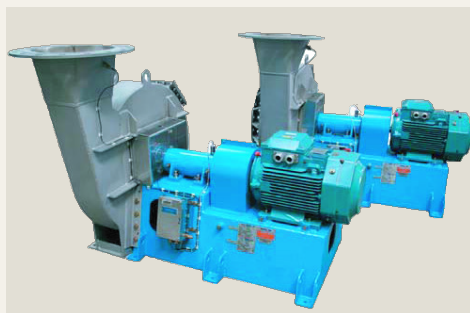
Схема мультидрайв один ЧРП - два электродвигателя, с автоматическим байпасом

Подбор шкафа байпаса для мультидрайва — по таблице раздела 4.4 (модели «1 → 2»). Возможны конфигурации с автоматическим байпасом и синхронным безударным переходом (серия P/Q).

ES9000A

Общая серия — асинхронные двигатели.

ES9000A — преобразователь для асинхронных двигателей: вентиляторы, насосы, компрессоры. Большая установленная мощность, прямой привод, ключевая роль в технологическом процессе. Высокая надёжность, адаптивность к сети, плавный последовательный пуск и энергосбережение.



• ТИПОВЫЕ НАГРУЗКИ

- Дутьевые и дымососные вентиляторы
- Питательные и циркуляционные насосы
- Воздушные и технологические компрессоры
- Нагнетатели, мельницы, дробилки

ПУСК

Последовательный плавный пуск группы агрегатов, большой пусковой момент от $\approx 0,1$ Гц.

СЕТЬ

Широкая адаптация к качеству сети, многопульсный вход, $\cos \phi \approx 1,0$.

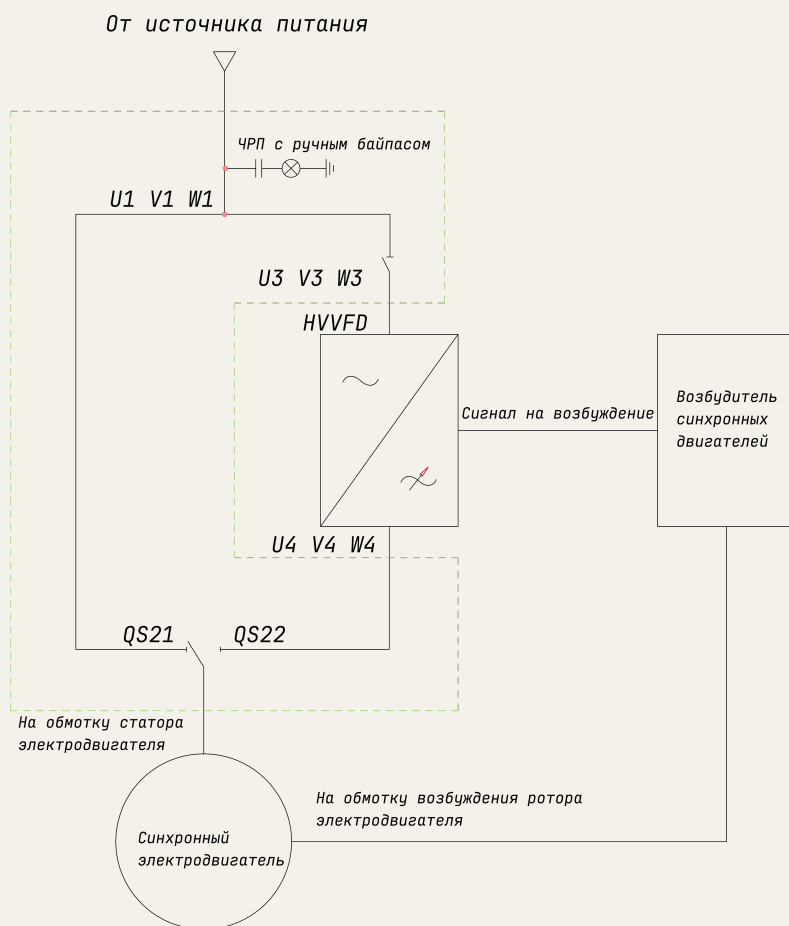
ЭКОНОМИЯ

Регулирование скорости вместо дросселирования — экономия 20–40 % энергии.

ES9000S

Серия для синхронных двигателей.

Синхронные двигатели выигрывают по КПД, коэффициенту мощности и удельной мощности и применяются на мощных компрессорах, вентиляторах, насосах и прокатных станах. Специальный алгоритм оптимизации потока с SVPWM устраняет высокий пусковой ток и колебания при пуске и регулировании под тяжёлой нагрузкой, обеспечивая точное управление скоростью, моментом и возбуждением.



● ТИПЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

- Синхронные с постоянными магнитами
- С щёточным возбудителем
- С бесщёточным возбудителем

● УПРАВЛЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

РЕЖИМЫ	Авто · ручное · многоступенчатое · внешнее
СИГНАЛ	Управление током возбуждения двигателя

Применение в мощных синхронных приводах достигает мирового уровня; реализованы десятки проектов на двигателях мощностью свыше 5000 кВт.

ES9000B / D

Конвейерная серия — ленты.

Преобразователь для ленточных конвейеров с одним, двумя, тремя и четырьмя приводами. Главная цепь как у общей серии A/S, но с усиленной аппаратной частью и специальным ПО под требования конвейеров. B — для асинхронных, D — для синхронных приводов конвейера.

ТЯЖЁЛЫЙ ПУСК

Момент $\geq 160\%$

Тяжёлая компонентная база: 1,6× номинального тока в течение 1 мин; пусковой момент $\geq 160\%$ на низкой скорости.

КРИВАЯ ХАРРИСОНА

Плавный разгон

Управление по кривой Харрисона при пуске/останове и разгоне/торможении снижает динамические нагрузки на ленту.

MASTER-SLAVE

Балансировка приводов

Синхронизация по оптоволокну выравнивает момент, мощность, ток и скорость в многоприводной системе.

РЕВЕРС МОЩНОСТИ

Опция 4 квадрантов

Для наклонных конвейеров «вниз» добавляется комплект четырёх квадрантов — рекуперация в сеть.



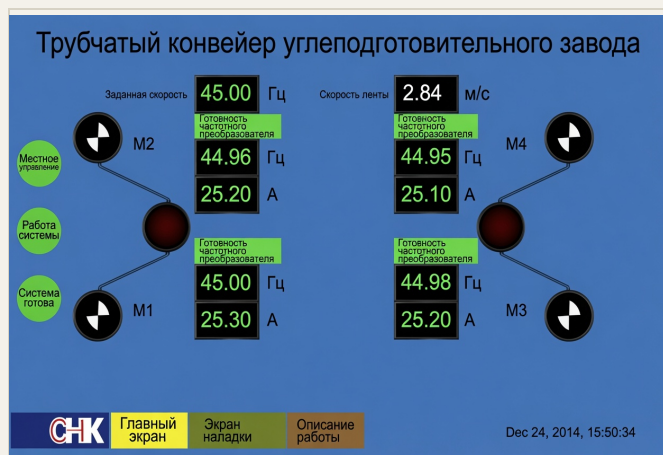
● СИСТЕМА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ (ОПЦ.)

- Взаимная блокировка пуска/останова двигателей
- Последовательности по голове и хвосту конвейера
- Сигнализация, верхний уровень мониторинга, защита ленты

Конвейер — реальный проект

5.3 • МНОГОПРИВОДНАЯ СИСТЕМА
УГЛЕПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

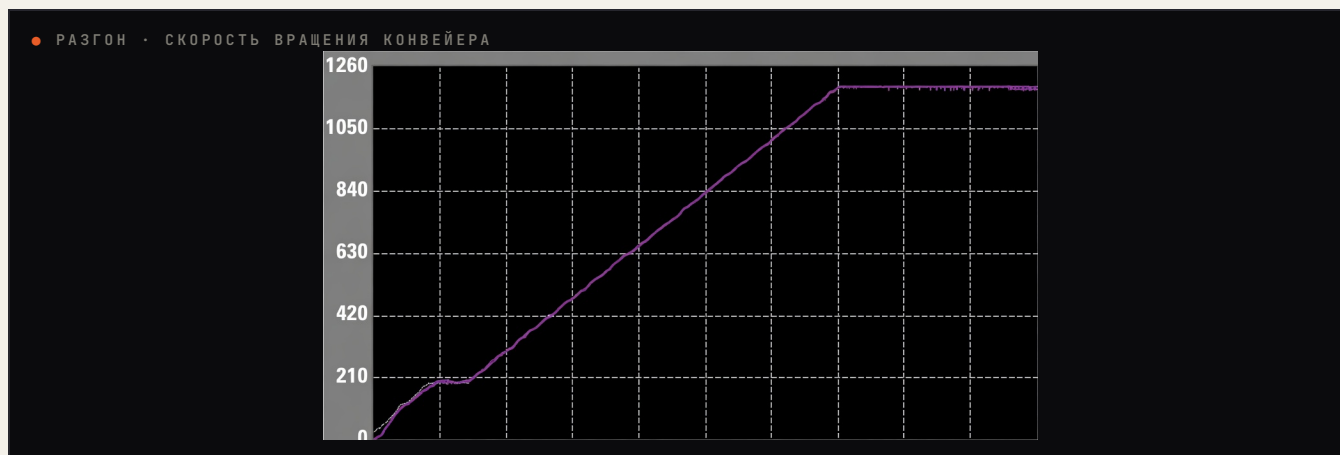
Трубчатый конвейер с несколькими приводами под управлением ES9000 и централизованной системы. Балансировка момента между головным и хвостовым двигателями, плавный разгон по кривой Харрисона и единый мониторинг на верхнем уровне.



SCADA • ГЛАВНЫЙ ЭКРАН • 4 ПРИВОДА • ГОТОВНОСТЬ ПЧ



ГОЛОВНОЙ И ХВОСТОВОЙ ДВИГАТЕЛИ • БАЛАНСИРОВКА

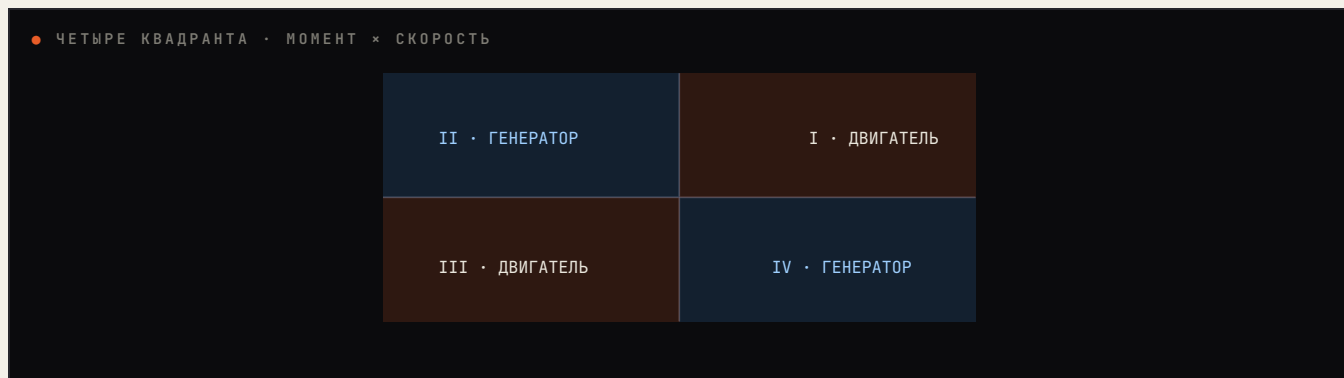


РАЗГОН ПО КРИВОЙ ХАРРИСОНА • СКОРОСТЬ ГОЛОВНОЙ И ХВОСТОВОЙ ЧАСТЕЙ КОНВЕЙЕРА

ES9000F / G

Четыре квадранта — рекуперация.

Серия с активным выпрямителем и двусторонним потоком энергии: привод не только разгоняет, но и тормозит двигатель с возвратом энергии в сеть. F — для асинхронных, G — для синхронных машин. Для нагрузок с частым реверсом, торможением и спуском.



РЕКУПЕРАЦИЯ

Возврат энергии торможения в сеть вместо рассеяния на тормозных резисторах.

ДИНАМИКА

Быстрый реверс и точное управление моментом в обоих направлениях.

НАГРУЗКИ

Спускные конвейеры, подъёмники, центрифуги, прокатные станы, испытательные стенды.

ES9000P / Q

Софт-старт и безударный переход.

Система плавного пуска с синхронным безударным переводом двигателя на сеть. На базе ES9000A/S с расширенным ПО и периферией: реактор, шкаф коммутации, система синхронного контроля и перехода. P — для асинхронных, Q — для синхронных машин.

СОСТАВ СИСТЕМЫ

01 • БАЗА	Преобразователь ES9000 A/S
02 • ПЕРЕХОД	Плата синхронного перехода СМК-TQ
03 • РЕАКТОР	ВВ реакторный шкаф GTA2-II
04 • КОНТРОЛЬ	Система контроля и перехода СМК-PLG-AQ
05 • КОММУТАЦИЯ	Шкаф сетевой коммутации СМК-GP

ЭФФЕКТ

Безударный перевод на сеть

Двигатель переходит на сеть без броска тока и провала момента.

Один ПЧ — много двигателей

После перевода привод освобождается для пуска следующего двигателя.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

Преобразователь разгоняет двигатель от 0 до 50 Гц, поднимая напряжение от 0 до 6/10 кВ. По достижении 50 Гц и команды синхронизации выход ПЧ подстраивается под сеть; при совпадении частоты, фазы и амплитуды включается сетевой выключатель — двигатель временно питается от ПЧ и сети одновременно, затем переводится на сеть, а преобразователь отключается и освобождается для следующего пуска. Подробная схема перехода — на следующей странице (5.6).

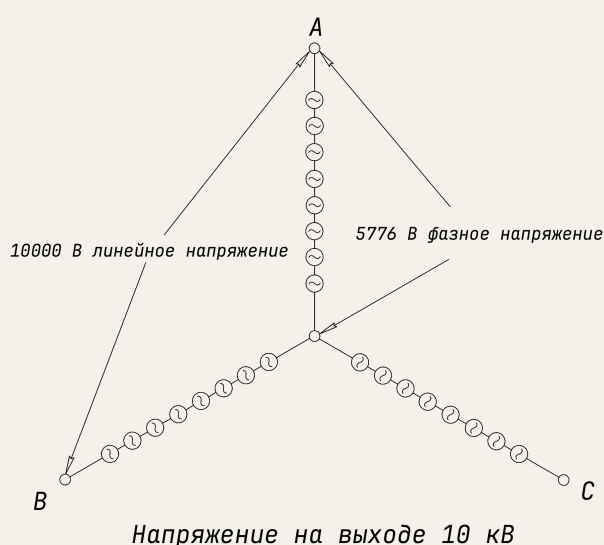
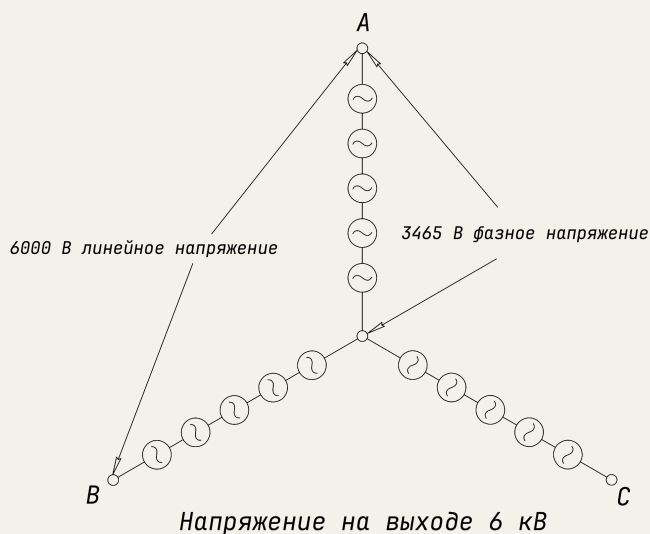
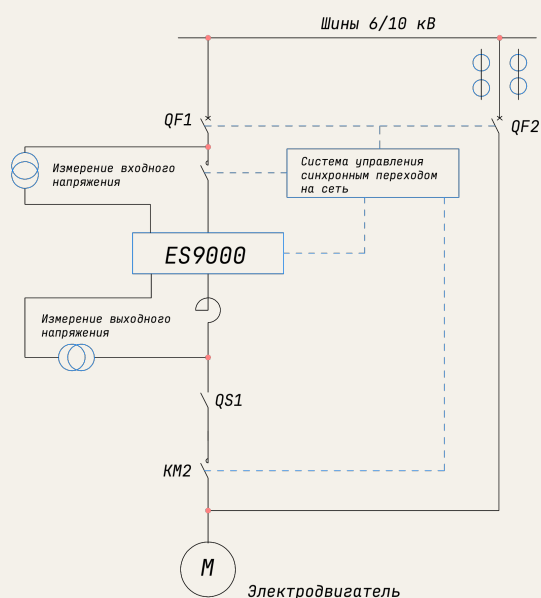
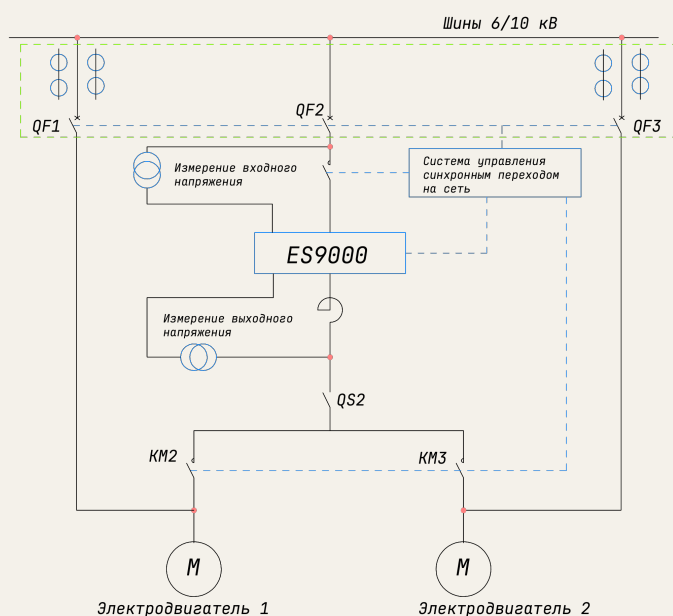


РИС. 5.5 — СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ «ЗВЕЗДА» ВЫХОДНЫХ ГРУПП

Синхронный безударный переход

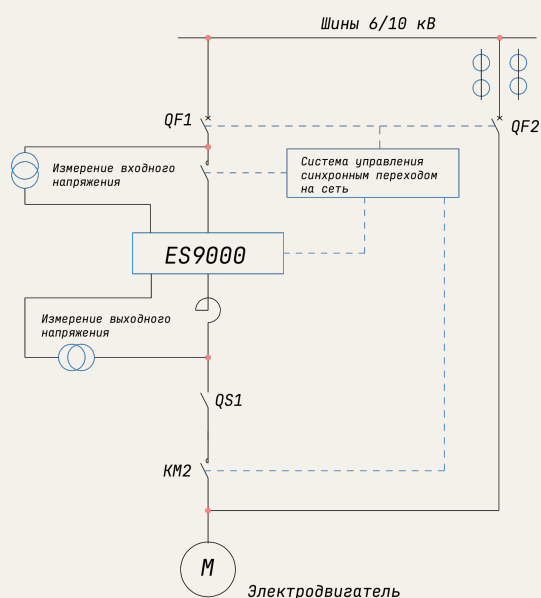
P/Q · СОФТ-СТАРТ С ПЕРЕВОДОМ НА СЕТЬ
«1→1» И «1→2» КОНФИГУРАЦИИ

ЧРП с системой синхронного перехода на сеть
для одного электродвигателя

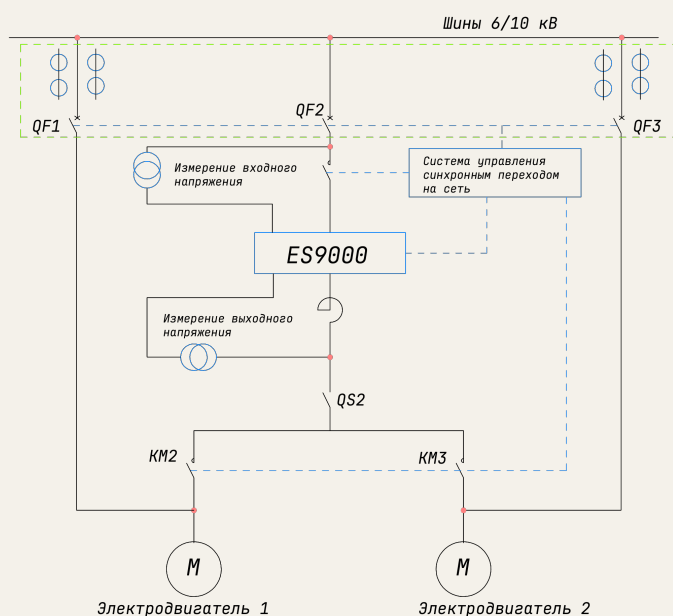


ЧРП с системой синхронного перехода на сеть
для двух электродвигателей (мультидрайв)

Типовая схема подключения

ВВОД · ПЧ · ШКАФ БАЙПАСА «1→1» · ДВИГАТЕЛЬ
БЛОКИРОВКИ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

ЧРП с системой синхронного перехода на сеть
для одного электродвигателя



ЧРП с системой синхронного перехода на сеть
для двух электродвигателей (мультидрайв)

■ 6.2 – ТРЕБОВАНИЯ К ПОМЕЩЕНИЮ

Размещение и охлаждение.

● УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

РАЗМЕЩЕНИЕ	В помещении, без взрыво/коррозионных газов, пыли и тумана
ТЕМПЕРАТУРА	0 ... +40 °C (работа) · –40 ... +70 °C (хранение)
ВЛАЖНОСТЬ	< 90 %, без конденсата
ВЫСОТА	До 1000 м без снижения номинала
ЗАЩИТА / ШУМ	IP31 · < 75 дБ(А)

● ПИТАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ

ОСНОВНОЕ	Двухконтурное 220 В AC (внутр. + внешн.)
ОПЦИИ	220/110 В DC от щита · UPS для резерва

● РАСЧЁТ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ

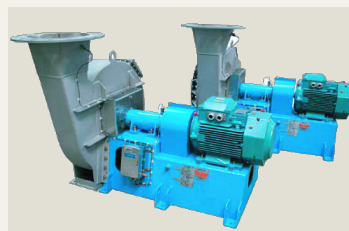
≈ 4%

ПОТЕРИ ОТ НОМИН. МОЩНОСТИ ПЧ – ЗАКЛАДЫВАТЬ В ТЕПЛООБМЕН

ВЕНТИЛЯЦИЯ	≥ 1 м³/с воздуха на каждые 10 кВт потерь
КОНДИЦИОНЕР	≥ 4 кВт холода на каждые 10 кВт потерь
ОХЛАЖДЕНИЕ ПЧ	Принудительное воздушное, вентиляторы сверху шкафов
ЗАПАС	Учитывать климат, размер и герметичность зала

● ОБСЛУЖИВАНИЕ

MTTR	< 10 мин · выкатные модули ячеек
РЕСУРС	Расчётный срок службы 20 лет



■ 6.3 – ОТРАСЛИ И РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ

Где работает ES9000.

20 МВт

МАКС. МОЩНОСТЬ 10 КВ

12 МВт

МАКС. МОЩНОСТЬ 6 КВ

> 5 МВт

ДЕСЯТКИ ПРОЕКТОВ

20–40%

ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГИИ

ЭНЕРГЕТИКА И ТЭЦ

Питательные насосы, дутьевые и дымососные вентиляторы котлов, циркуляционные насосы.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Дымососы, нагнетатели Рутса, шламовые насосы, прокатные станы.

НЕФТЬ, ГАЗ, ХИМИЯ

Магистральные и нагнетательные насосы, компрессоры, экструдеры, смесители.

ГОРНОЕ ДЕЛО И ЦЕМЕНТ

Главные вентиляторы, водоотлив, конвейеры, дробилки, мельницы, печи.

● ГАЛЕРЕЯ ОБЪЕКТОВ



ЭНЕРГЕТИКА • ТЭЦ



МЕТАЛЛУРГИЯ



НЕФТЬ • ГАЗ • ХИМИЯ



ВОДА • ОЧИСТКА



ЦЕМЕНТ



ГОРНОЕ ДЕЛО



MEDIUM VOLTAGE DRIVES

Спроектируем привод под вашу задачу.

Подбор типоразмера, напряжения и серии ES9000, расчёт энергосбережения и помещения, шефмонтаж и сервис. Обратитесь к нам для конфигураций особой мощности и напряжений 3 / 4,16 кВ.

САЙТ

vectron.kz

ТЕЛЕФОН

+7 777 9 855 855

ПОЧТА

info@vectron.kz