



РЕКУПЕРАТОРЫ СЕРИИ И-ПТЕ

■ МЕТРОПОЛИТЕН ■

РЕКУПЕРАТОРЫ И-ПТЕ

В качестве рекуператоров для тяговых подстанций метрополитенов применяются комплекты из преобразовательных секций серии И-ПТЕ, производства ЧАО «Плутон», и сухих трансформаторов, изготавливаемых по технологии RESIBLOC®.

Преимущества использования рекуперации

Использование рекуператоров позволяет:

- повысить энергетические показатели метрополитена путем возврата в сеть энергии, выделяемой при торможении поезда (при наличии режима рекуперативного торможения в электроподвижном составе);
- снизить уровень перенапряжений, возникающих при рекуперативном торможении;
- облегчить режимы вентиляции метрополитена (как показывают исследования, использование динамического торможения с рассеиванием тормозной энергии в виде тепла на резисторах ведет к заметному росту мощности, необходимой для вентиляции метро);
- в зависимости от рельефа местности, сэкономить до 30%, потребляемой подвижным составом электроэнергии.

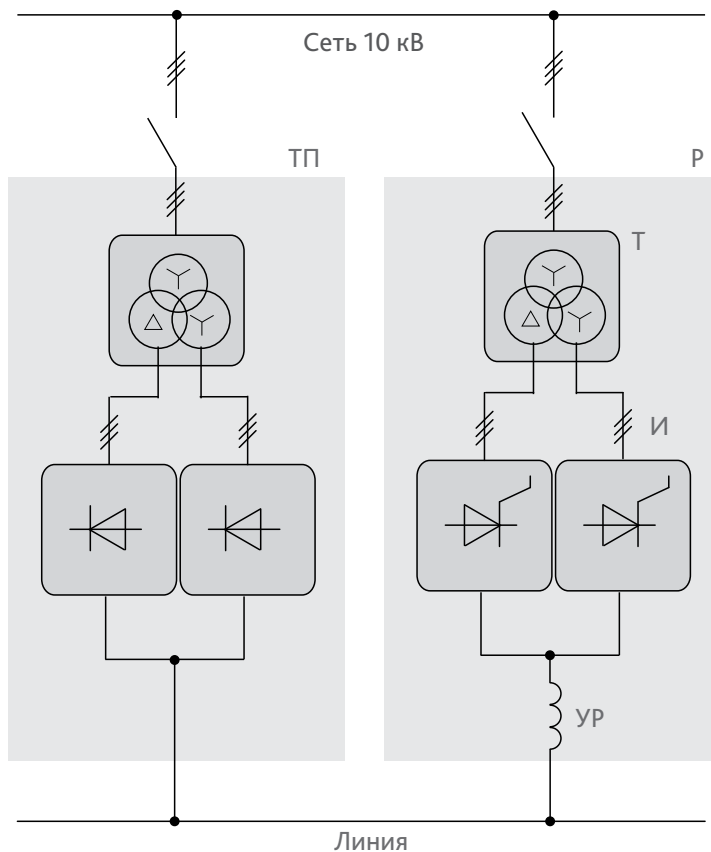
Таким образом, применение рекуператоров позволяет вернуть в сеть энергию торможения и снизить мощность, потребляемую системой вентиляции, что снижает энергопотребление метрополитена в целом.

Рекуперация может быть осуществлена посредством включения дополнительного преобразователя, возвращающего энергию в сеть.

В этом случае, к существующим тяговым подстанциям (ТП), дополнительно включается рекуператор (Р) - зависимый инвертор (И) со своим преобразовательным трансформатором (Т). Для исключения возникновения уравнивающих токов на стороне постоянного тока может включаться уравнивающий реактор (УР), либо увеличиваться мощность преобразовательного трансформатора.

Преимущества данного варианта:

- возможность наращиванием числа рекуператоров возвращать в сеть любую мощность;
- отсутствие загрузки тяговых трансформаторов токами рекуперации;
- гибкость технических решений, связанных с выбором мест установки и выбором мощностей оборудования для рекуперации.



▲ Упрощенная схема подключения рекуператора



▲ Преобразовательная секция рекуператора

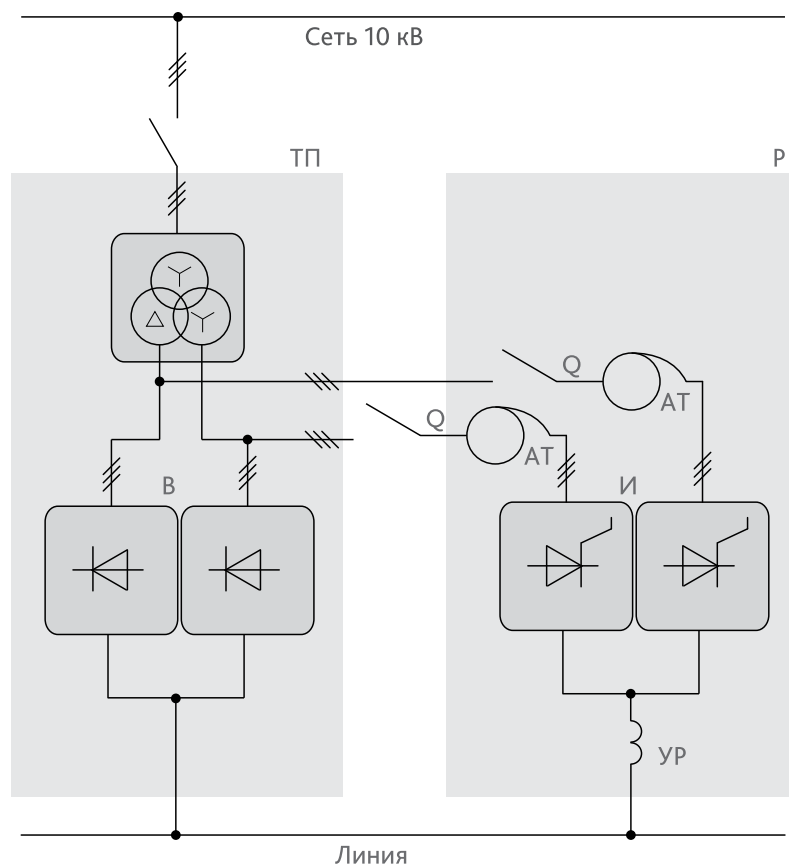
Другим вариантом включения дополнительного преобразователя может стать автотрансформаторная схема. В этом случае к существующему тяговому трансформатору подключается инвертор (И) через автотрансформатор АТ. Разъединитель (Q) позволяет при необходимости вывести из работы рекуператор без отключения выпрямителя (В). Для двенадцатипульсного варианта число разъединителей и автотрансформаторов должно быть удвоено. Данный вариант может быть рекомендован при доработке существующей подстанции в условиях дефицита места.

Преимущества данного варианта:

- Отсутствие отдельного распределительного устройства среднего напряжения;
- Экономия на трансформаторе.

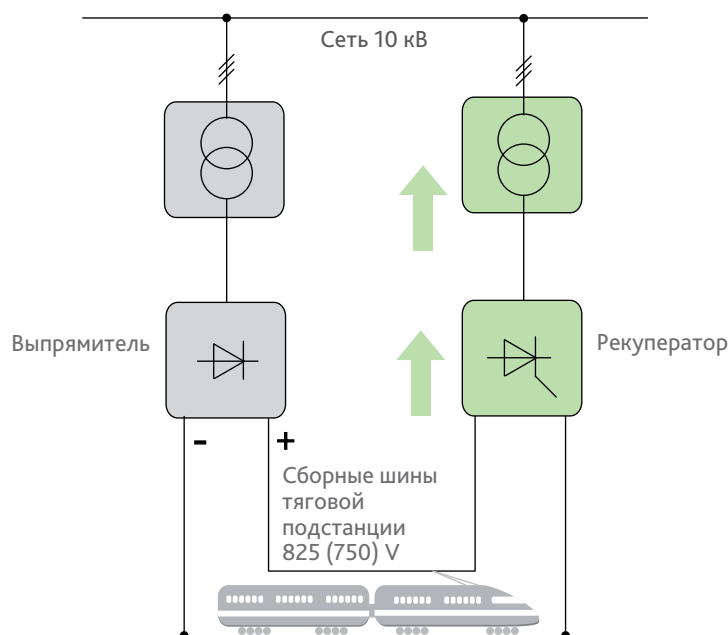
Недостатки:

- Мощность рекуператора ограничена мощностью тягового трансформатора;
- Нет возможности вывести в резерв тяговый выпрямитель, к трансформатору которого подключен инвертор.



▲ Автотрансформаторная схема подключения рекуператора





▲ Потоки энергии при работе рекуператора

На рисунке слева показано включение и пути рекуперации энергии. Тормозная энергия в любой момент времени может быть отдана через рекуператор в сеть среднего напряжения, передана на значительные расстояния и использована различными потребителями, как собственными (эскаляторы, освещение, вентиляция), так и сторонними.

При разработке и изготовлении рекуператоров серии И-ПТЕ использовались новейшие достижения в области технологий построения преобразовательной техники. Это касается как конструкции шкафа, силовой части преобразователя, так и электрического монтажа, схемных и технологических решений систем защиты, диагностики и управления рекуператором, а также технологии обслуживания и ремонта.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СЕКЦИЯ

Преобразовательная секция представляет собой тиристорный шестивентильный мост на номинальный ток 800 А. Традиционно применяется 12-пульсная схема инвертирования, то есть две секции по 800 А каждая, включенные со сдвигом на 30 электрических градусов. Суммарный ток двух секций при этом составляет 1600 А.

Такое включение имеет неоспоримое преимущество над традиционной 6-пульсной схемой инвертирования в части гармонического состава инвертируемого тока и напряжения. Для 12-пульсной схемы ($m=12$) гармоники будут следующими: $n=1$, 11 (9 % от первой), 13 (7,6 % от первой) и так далее. По сравнению с 6-типульсной схемой отсутствуют 5-ая и 7-ая гармоники.

Известно, что наличие сетевого трансформатора дополнительно улучшает (за счет процессов коммутации) спектр тока, потребляемого из сети. Содержание 11-й и 13-й гармоник уменьшается не менее чем на 2 %. В итоге на входе преобразовательного трансформатора значения

гармоник тока будут следующими:

- для 11-й гармоники – 7 % от первой;
- для 13-й гармоники – 5,6 % от первой.

Нелинейные искажения инвертируемого тока при этом не превышают допустимые значения для сетей среднего напряжения согласно международному стандарту IEEE STD 519-1992 HARMONIC LIMITS, а также не превышают искажений, с которыми работают 6-пульсные диодные выпрямители. Следовательно, нет необходимости применять дополнительные сетевые фильтро-компенсирующие устройства, вполне достаточно существующих устройств для 6-типульсных выпрямителей, если они установлены.

Наращивание мощности рекуператора возможно включением двух дополнительных секций к двум существующим, что обеспечивает номинальный ток 3200 А.

Дальнейшее наращивание мощности нецелесообразно, так как для современных подстанций метрополитенов нет необходимости в более мощных рекуперирующих установках.

При разработке и изготовлении преобразовательных секций (в дальнейшем «ПС») серии И-ПТЕ были применены самые современные технологии, материалы и комплектующие ведущих мировых производителей. ПС построены на силовых таблеточных тиристорах 2760 А, 28-го класса, производства компании Duxet. Охлаждение ПС – воздушное принудительное или естественное, в зависимости от условий работы ПС.

Силовая часть ПС выполнена с применением технологии необслуживаемых контактных соединений. Используются специальные компенсирующие устройства производства ФРГ, которые стабилизируют прижим на контактных соединениях, независимо от температуры и тепловых суточных и сезонных колебаний. В ПС реализована защита силовых полупроводниковых приборов от внутренних и внешних коммутационных перенапряжений. От внутренних коммутационных перенапряжений защита обеспечивается RC-цепями, от внешних – комбинированно: RC-цепями и варисторами (панель защиты от перенапряжений).

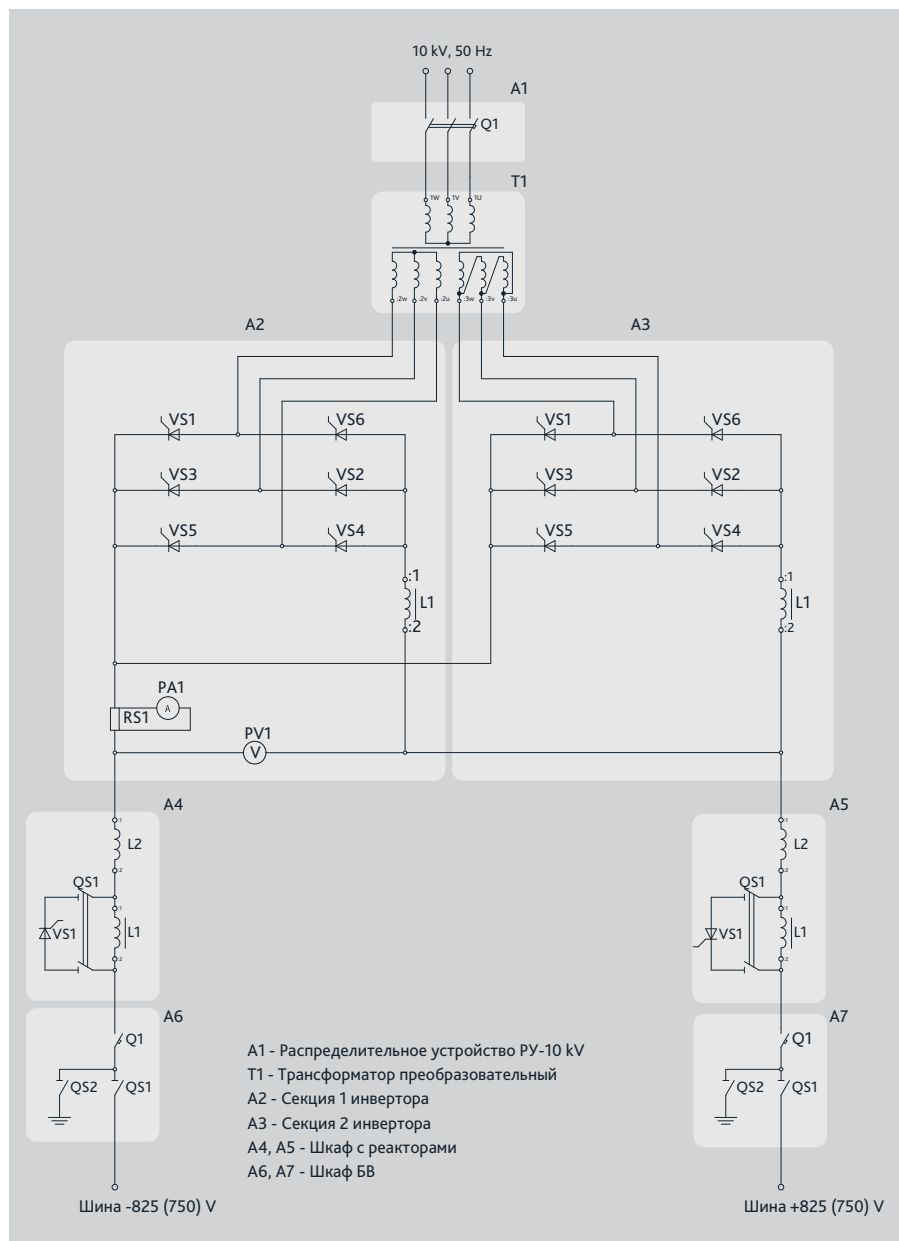
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Система управления выполнена на базе микропроцессорного модуля собственной разработки ЧАО «Плутон» - МС-40, который осуществляет управляющие, диагностические и защитные функции рекуператора.

Каждая ПС имеет следующие виды защит:

- от внутренних коротких замыканий;
- от внешних коротких замыканий;
- токоограничение входного тока на уровне дискретно-изменяемой уставки;
- защиту ток-время;
- от опрокидывания инвертора;
- от просадки сетевого напряжения;
- от перегрева силовых тиристоров;
- от перенапряжений на силовых тиристорах;
- от неправильного чередования фаз сетевого напряжения;
- от исчезновения управляющих импульсов;
- от превышения входного напряжения;
- от перегрева трансформатора.

ПС имеет приборы измерения входного напряжения U_d , входного тока I_d и счетчика энергии рекуперации.



▲ Упрощенная схема рекуператора

ТРАНСФОРМАТОР RESIBLOC®

В качестве преобразовательного трансформатора поставляются современные сухие трансформаторы, изготавливаемые по технологии RESIBLOC®, с различными сочетаниями напряжений ВН и НН (до 45 кВ). Трансформаторы RESIBLOC® сертифицированы в Европе и большинстве стран СНГ, а так же во многих других странах. Трансформаторы имеют оригинальную конструкцию первичной и вторичных обмоток, выполняемых из медного провода и алюминиевой фольги.

Трансформаторы RESIBLOC® способны выдерживать максимальные колебания температурных расширений без повреждения поверхности компаунда и без образования микротрещин.

Трансформаторы работают в условиях 100 % влажности и в условиях конденсации водяных паров, а также в условиях химического загрязнения. Степень защиты трансформаторов - IP00, IP21, IP23, IP54.

При строительстве новых подстанций рекомендуется к одному трансформатору подключать выпрямительные и инверторные секции, при этом выпрямительные секции подключаются к отпайкам вторичных обмоток трансформатора.

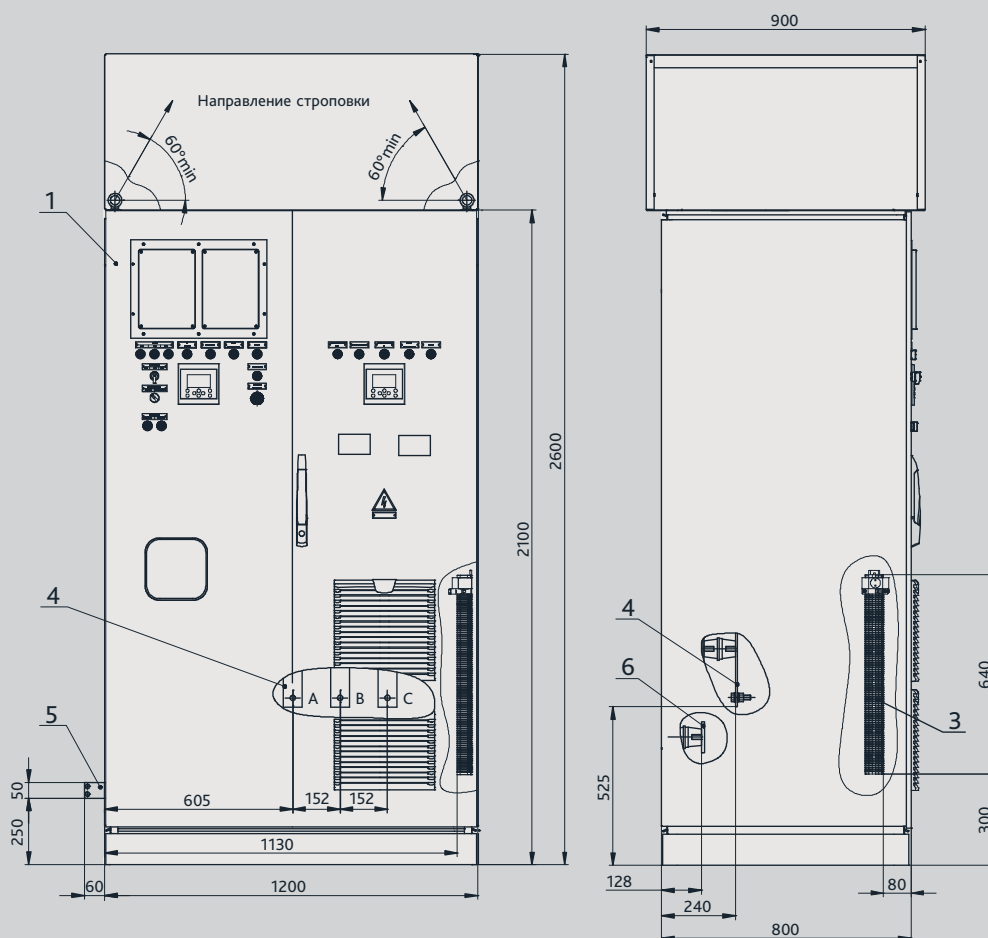
Это дает существенную экономию базовых затрат и более короткий срок окупаемости затрат на устройства рекуперации энергии торможения в питающую сеть.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕКУПЕРАТОРОВ

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение		
Тип рекуператора	-	И-ПТЕ-800-825-50-6	И-ПТЕ-1,6к-825-50-12	И-ПТЕ-3,2к-825-50-12
Номинальное выходное напряжение	kV	6,3 , 10 , 35(±10 %)		
Частота выходного напряжения	Hz	50 (60) ±1		
Число фаз выходного напряжения	-	3		
Количество вводов	-	1		
Режим работы	-	Повторно-кратковременный S3, ПВ = 40 %		
Номинальное входное напряжение	V	825 (750)		
Диапазон регулирования уставки рекуперации	V	810...950 (725...850)		
Номинальный инвертируемый ток	A	800	1600	3200
Максимальная кратность перегрузки по току	-	1,5		
Длительность перегрузки	s	30		
		1 раз в 10 min, при этом среднеквадратичное значение тока за каждые 15 min не должно превышать номинальное значение тока		
Вид охлаждения		Естественное или воздушное комбинированное*		
Коэффициент полезного действия, не менее	%	96		

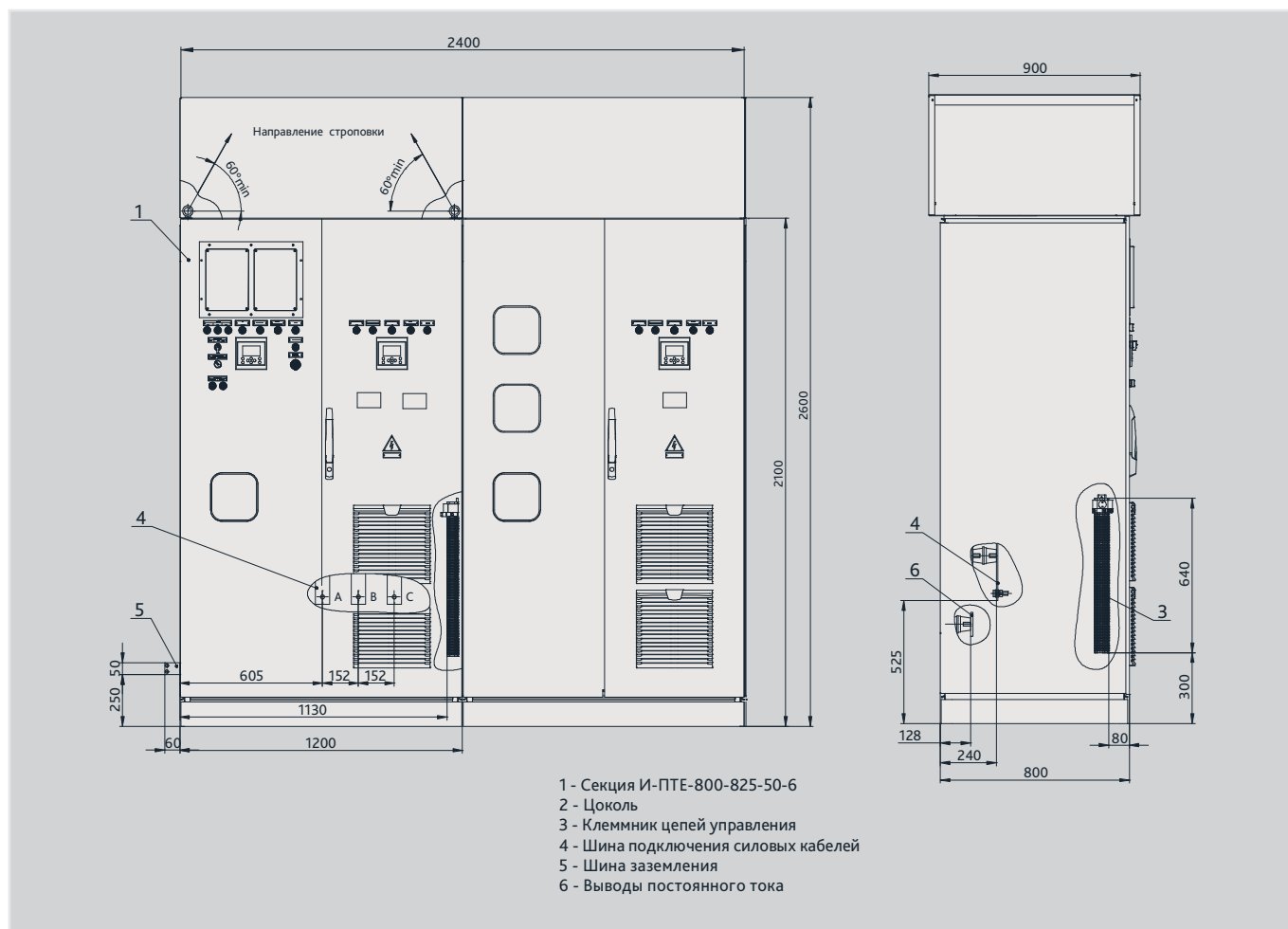
* - способ охлаждения, при котором используется естественное воздушное охлаждение тиристоров, а установленные в секциях вентиляторы включаются автоматически, кратковременно, при повышении температуры контрольных точек до установленного уровня, и отключаются при снижении температуры.

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ ПС И-ПТЕ-800-825-50-6-УХЛ4

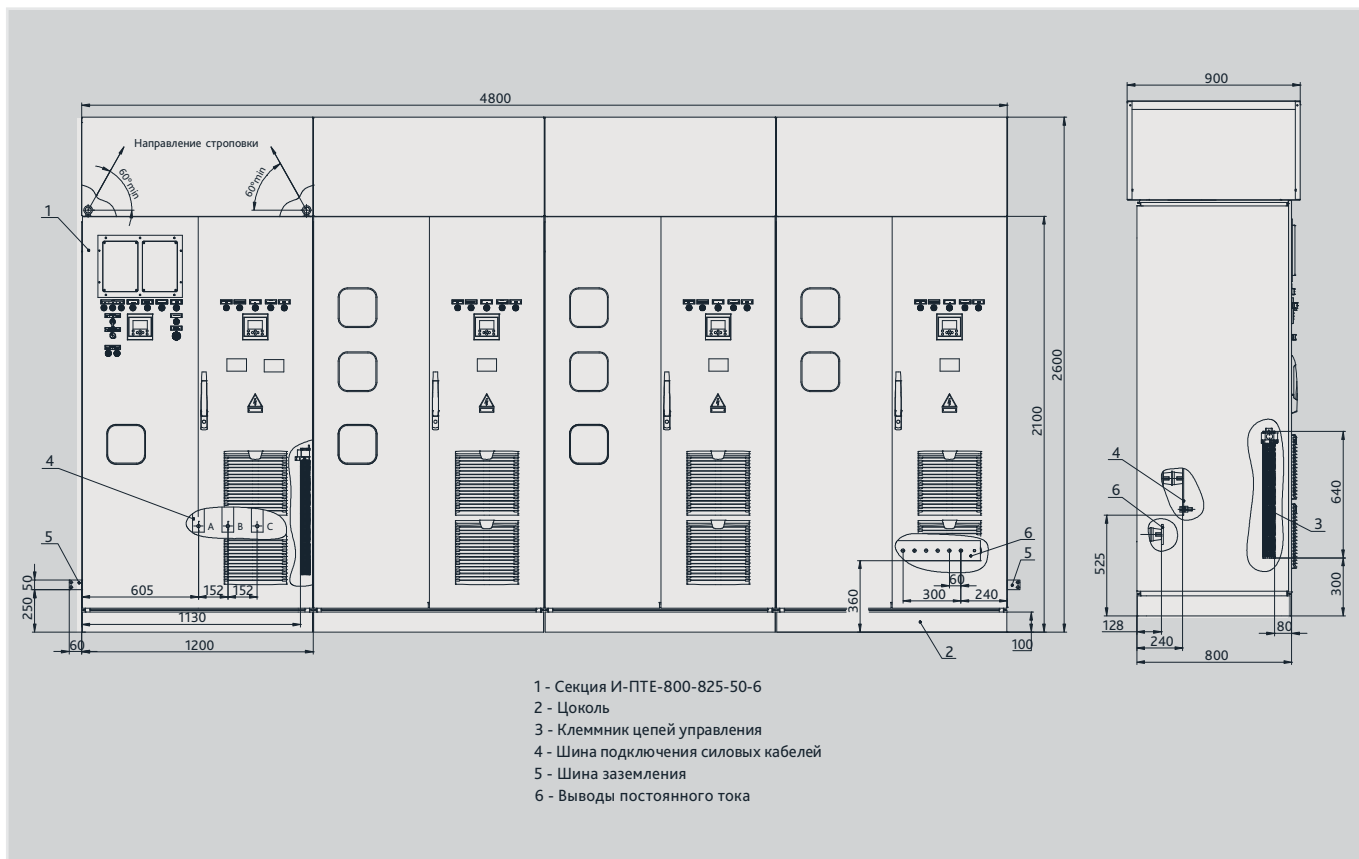


- 1 - Секция И-ПТЕ-800-825-50-6.
- 2 - Цоколь.
- 3 - Клеммник цепей управления
- 4 - Шина подключения силовых кабелей
- 5 - Шина заземления
- 6 - Выводы постоянного тока

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ ПС И-ПТЕ-1,6К-825-50-12-УХЛ4



ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ ПС И-ПТЕ-3,2К-825-50-12-УХЛ4



Частное акционерное общество
«Плутон»

ул. Новостроек, 5
Запорожье 69076, Украина

Телефон/факс:
+380 (61) 239-7900
+380 (61) 239-7901

E-mail: info@pluton.ua

www.pluton.ua

ЧАО «Плутон». Все права защищены

И-ПТЕ 1.0-19-rus