

ТОО
"АСТАНАЭНЕРГОПРОЕКТ"

«Строительство СЭС ЛУКОЙЛ, функционирующей на основе использования фотоэлектрического преобразования энергии Солнца с установленной электрической мощностью 4,95 МВт. 1я очередь 2 МВт»

Основные технические решения

(1я часть - СЭС)

2401–АЛМ–СЭС–ОТР.1 Изм1

Согласовано			
Инв. N подл.			
Подп. и дата			
Взам. инв. N			

г. Астана, 2024 год

Формат

Оглавление

1. Термины и сокращения.....	2
2. Основные параметры СЭС	2
2.1. Назначение и состав СЭС	2
2.2. Краткая климатическая справка	3
2.3. Фотоэлектрические модули.....	4
2.4. Опорные конструкции ФЭМ.....	6
2.4.1. Общее описание	6
2.4.2. Система механического привода	8
2.4.3. Система электропитания.	10
2.4.4. Система управления.....	10
2.5. Инверторное оборудование.....	12
2.5.1. Общее описание	12
2.5.2. Управление активной и реактивной мощностью	13
2.5.3. Связь и интеграция в систему управления СЭС	14
2.5.4. Решения по монтажу инвертора	15
2.5.5. Основные характеристические кривые для инвертора.....	15
Ведомость выполнения технических требований заказчика:	16
2.6. Комплектная трансформаторная подстанция сбора мощности (КТП)	32
3. Электротехнические решения СЭС.....	34
3.1. Организация сбора мощности.....	34
3.1.1. Цепи постоянного тока	34
3.1.2. Цепи переменного тока от инверторов до КТП	36
3.2. Организация выдачи мощности.....	36
4. Планировочные решения.....	36
5. Ограждение.....	37
6. Ведомость приложений	40

1. Термины и сокращения

В ОТР приняты следующие термины и сокращения:

Сокращение	Значение
КТП	Комплектная трансформаторная подстанция
КИУМ	Коэффициент использования установленной мощности
ОК	Опорные конструкции фотоэлектрических модулей
ОТР	Общие технические решения
РД	Рабочая документация
СЭС	Солнечная электростанция
ТЗ	Техническое задание
ФЭМ	Фотоэлектрические модули

2. Основные параметры СЭС

2.1. Назначение и состав СЭС

В соответствии с техническим заданием предусматривается строительство солнечной электростанции (СЭС), расположенной вблизи завода по производству масел ТОО «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Центральная Азия».

СЭС имеет установленную мощность не менее 4,95 МВт и не более 5 МВт (1я очередь 2 МВт, 2я очередь 2,95 МВт), предназначена для производства электроэнергии в светлое время суток и ее передачи в электрическую сеть для питания собственных нужд предприятия.

Настоящая работа охватывает технические решения только по 1й очереди - основные решения по полю генерации СЭС и линии выдачи мощности.

Основные технические решения по системе охраны, АСДУ и выполнению дополнительных требований Заказчика в части подключения СЭС будут рассмотрены в отдельной работе.

Генерирующим оборудованием для солнечной электростанции являются кремниевые фотоэлектрические монокристаллические модули (ФЭМ), преобразующие энергию электромагнитного излучения (света) Солнца в электрическую.

Для увеличения выработки на СЭС применяются динамические опорные конструкции в виде одноосных трекеров, осуществляющие в автоматическом режиме поворот установленных на них ФЭМ для достижения максимальной выработки с учётом положения солнца и взаимного затенения.

Электрическая энергия, вырабатываемая ФЭМ, передаётся в инверторы, где из формы постоянного тока преобразуется в трёхфазный переменный. Производимая солнечной электростанцией электроэнергия в светлое время суток компенсирует часть потребления на собственные нужды предприятия.

Режим работы СЭС периодический – преобразование световой энергии Солнца в электрическую энергию будет производиться только в дневное время суток. Работа оборудования СЭС осуществляется в автоматическом режиме.

Контроль за работой оборудования СЭС осуществляется дежурным персоналом в дневное (рабочее) время. Основные технико-экономические параметры работы СЭС представлены в таблице 2.

Таблица 2 «Основные технико-экономические параметры работы 1й очереди СЭС»

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
Установленная мощность СЭС (суммарная номинальная мощность ФЭМ)	МВт	Не менее 2 МВт
Максимальная мощность СЭС (суммарная максимальная мощность инверторного оборудования)	МВт	Не менее 1,98 при 30С
Занимаемая площадь (в пределах ограждения)	Га	5 предварительно, уточняется на этапе РД
Мощность ФЭМ	Вт	570
Тип ФЭМ	-	Двухсторонние
Количество ФЭМ	шт	3536 (предварительно, подлежит уточнению на этапе контактации и РД)
Годовая выработка электроэнергии (P90)*	МВт*ч	3381
КИУМ (P90)*	%	19,1
Годовая выработка электроэнергии (P50)**	МВт*ч	3743
КИУМ (P50)**	%	21,1

Примечания:

* - Не является гарантированным показателем, данные по результатам моделирования в ПВК PVSyst для обеспеченности 90%;

** - Не является гарантированным показателем, данные по результатам моделирования в ПВК PVSyst для обеспеченности 50%;

Показатели выработки представлены для первого года эксплуатации СЭС без учёта деградации ФЭМ.

2.2. Краткая климатическая справка

В таблице 3 представлена краткая климатическая справка по площадке размещения СЭС на основе СП РК 2.04-01-2017 «Строительная климатология»

Таблица 3 «Климатическая справка»

Показатель	Ссылка на НТД	Единицы измерения	Значение
Ветер			
Базовая скорость ветра	Согласно карте А.3	м/с	25
Давление ветра	СП РК 2.04-01-2017	кПа	0,39

Снежный покров			
Высота снежного покрова (максимальная из наибольших декадных)	Согласно Таб. 3.9 СП РК 2.04-01-2017	см	43
Высота снежного покрова (средняя из наибольших декадных за зиму)		см	22,5
Глубина нулевой изотермы в грунте (обеспеченностью 0,98)	Согласно Таб. 3.7 СП РК 2.04-01-2017	см	76
Температура			
Абсолютная максимальная	Согласно Таб. 3.2 СП РК 2.04-01-2017	С	43,4
Средняя максимальная наиболее теплого месяца года		С	30
Абсолютная минимальная	Согласно Таб. 3.1 СП РК 2.04-01-2017	С	-37,7
Наиболее холодных суток (обеспеченность 0,98)		С	-26,9

2.3. Фотоэлектрические модули

Для выработки требуемой электрической мощности предусматривается применение двухсторонних ФЭМ Longi Solar LR5-72HGD (N-type) мощностью 560-580 Вт.

Мощность и количество ФЭМ подлежит уточнению на стадии разработки РД, также возможно применение модулей аналогичных по техническим характеристикам других производителей уровня не ниже Tier-1 (согласовывается с заказчиком).

Основные технические характеристики ФЭМ представлены в таблице 4.

Полный лист данных от поставщика ФЭМ и перевод, сертификат TUV на соответствие стандартам IEC/EN, письмо подтверждения нахождения Longi Solar в рейтинге Tier-1 BloombergNEF, информационное письмо о показателях деградации в т.ч. незначительности PID и LID эффектов, а также подтверждение применения ячеек N-type представлены в приложениях 1-5.

Таблица 4 «Основные тех. характеристики ФЭМ»

Показатель	Единицы измерения	Значение
Максимальная мощность (P _{max})*	Вт	570
Напряжение при максимальной мощности (V _{mp})*	В	43
Ток при максимальной мощности (I _{mp})*	А	13,26
Напряжение холостого хода (V _{oc})*	В	51,19
Ток короткого замыкания (I _{sc})*	А	14,05
Максимальное напряжение фотоэлектрической системы (Maximum system Voltage)	В	1500
Коэффициент двусторонности (Bifaciality)	%	80+-5%
Тип ячейки ФЭМ		Монокристаллическая, N-тип

Показатели деградации	%/год	На конец первого года эксплуатации – не более 1 2-30 год эксплуатации - не более 0,4
Габариты	мм	2278x1134x30
Масса	кг	32

Примечание: * - при стандартных условиях испытаний (STC – инсоляция 1000Вт/м2, температура ячейки 25С, масса атмосферы АМ 1,5)

Габаритные чертежи ФЭМ представлены на рисунках 1 и 2.

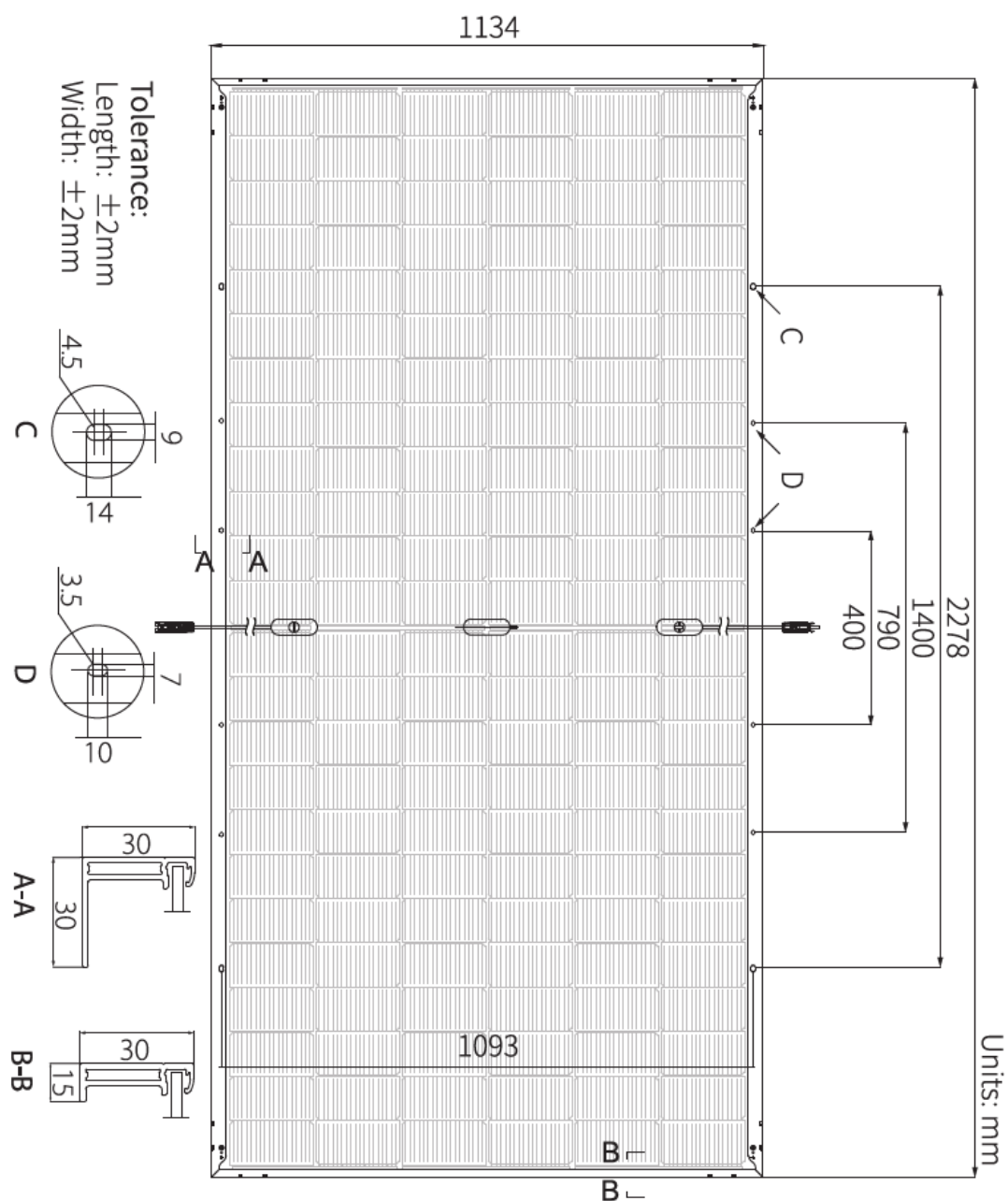


Рис. 1 «Габаритные чертежи ФЭМ»

Ведомость выполнения технических требований заказчика:

№	Характеристика	Требование Заказчика	Поставляемое
	Уровень производителя ФЭМ	Не ниже Tier 1 согласно Bloomberg New Energy Finance (BNEF) на дату подписания договора	Соответствует. В приложении 3. представлено письмо о нахождении поставщика в листе Tier-1 в 2023 году и 1м квартале 2024г
	Тип ФЭМ	Двухсторонние	Соответствует. См. лист данных, приложение 1
	Коэффициент двухсторонности ФЭМ	Не ниже 80%	Соответствует. См. лист данных, приложение 1. (Bifaciality) 80+-5%
	Технология ячейки	N-type	Соответствует. См. приложение 5. (Type of photovoltaic cells used in the Hi-Mo 7 series module are Monocrystalline N-type)
	Противодействие деградации ФЭМ	Применение в конструкции ФЭМ материалов снижающих PID и LID эффекты	Соответствует. См.приложение 4. (Please note that the degradation commitment of 1% for first year and 0.4% for the remaining years for our LR5-72HGD series is inclusive of the PID and LID degradation.)
	Гарантии от производителя	Не менее 12 лет гарантии от производителя (Product warranty); Не менее 30 лет гарантии на производительность ФЭМ с коэффициентом деградации не более 0,4%/год	Соответствует. См. лист данных, приложение 1. (12 Year warranty for materials and processing, 30 Year warranty for Extra power output)
	Соответствие международным стандартам (наличие сертификатов)	IEC61215(2016) IEC61730(2016)	Соответствует. См. лист данных, приложение 1.и сертификат приложение 2

2.4.Опорные конструкции ФЭМ

2.4.1. Общее описание

В качестве опорных конструкций ФЭМ используются одноосные системы слежения за солнцем - трекеры.

Трекер представляет из себя электромеханический комплекс, состоящий из опорной металлоконструкции, системы механического привода, системы управления и системы метеодатчиков.

Динамическая опорная конструкция (трекер) предназначена для увеличения выработки электроэнергии за счёт поворота плоскостей ФЭМ под оптимальным углом по отношению к потоку солнечного излучения и смежным трекерам (снижение эффекта взаимного затенения).

Предполагается применение трекеров производства компании Arctech Solar, модель SkySmart-II, указанная модель успешно прошла следующий ряд аэродинамических испытаний в независимой лаборатории, в том числе натурных (**см. Приложение 6**):

- Сбор данных для конструирования (статические и динамические испытания);
- Натурные 2D испытания;
- Натурные аэродинамические испытания.

Подтверждено выполнение требований стандарта IEC 62817:2014 (сертификат см. в **приложении 7**).

Внешний вид трекера представлен на рисунках 3 и 4, лист данных на трекеры и перевод представлены в приложении 8.

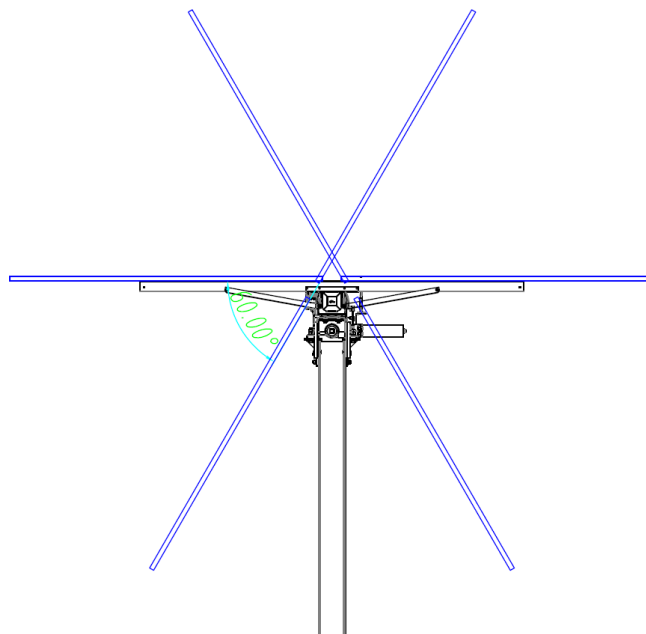


Рис. 3 «Вид сбоку с указанием диапазона поворота панелей»

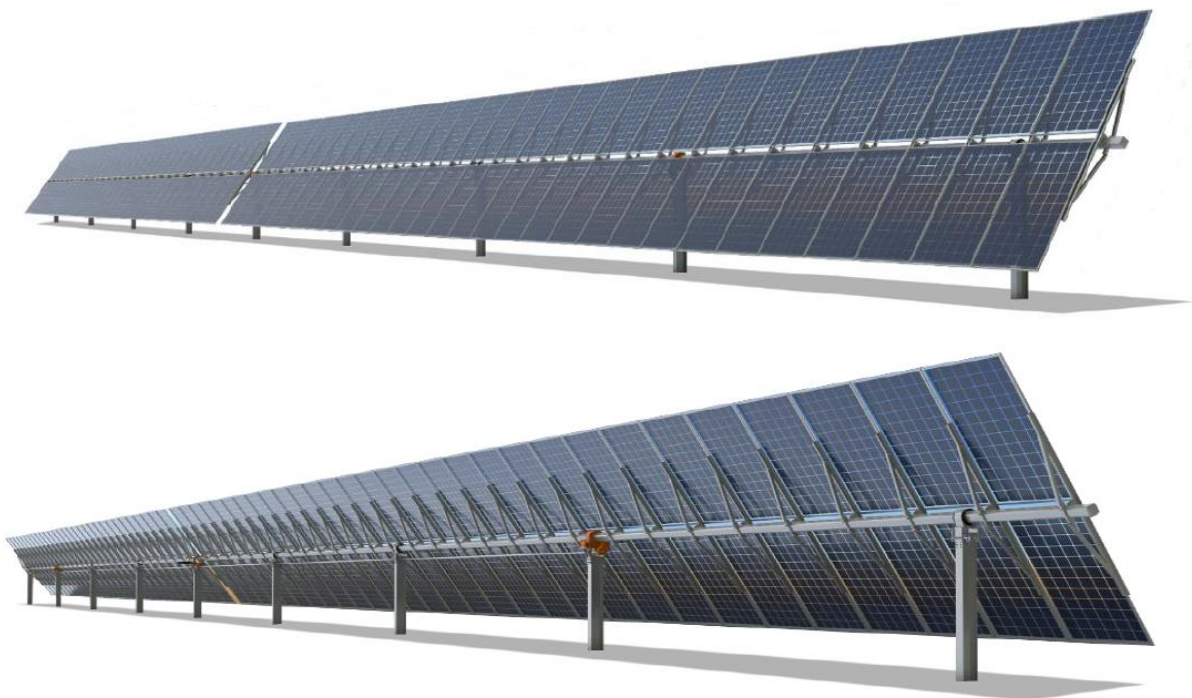


Рис. 4 «Общий вид трекера»

Конструкция трекера обеспечивает угол поворота плоскостей ФЭМ в диапазоне от -60 до +60 градусов по отношению к линии горизонта.

Все металлические элементы, включая элементы крепления, имеют антикоррозионную защиту, выполненную методом горячего цинкования.

ФЭМ устанавливаются на трекер в конфигурации 2 ряда в портретной ориентации (2Р конфигурация).

На каждый трекер монтируется 4 цепочки ФЭМ, финальное количество цепочек определяется на этапе разработки рабочей документации.

В настоящей работе рассматривается типовый случай с размещением 4х цепочек ФЭМ на один трекер.

В качестве фундаментов используются металлические стойки, входящие в состав трекера. Глубина погружения и профиль стоек определяется на этапе рабочего проектирования по результатам натурных испытаний грунтов и инженерно-геологических изысканий.

2.4.2. Система механического привода

Система механического привода выполнена на основе двигателя постоянного тока и системы связанных с ним валов и редукторов-сателлитов, обеспечивающих передачу вращающего момента в несколько точек трекера, указанное формирует систему распределенного многоточечного механического привода (не менее одного главного привода и двух связанных с ним ведомых редукторов), так же редукторы за счёт использования передачи червячного типа обеспечивают фиксацию положения трекера.

На рисунке 5 показан чертёж общего вида трекера, с указанием типового распределения редукторов. Указанный чертёж подлежит уточнению поставщиком на этапе разработки РД.

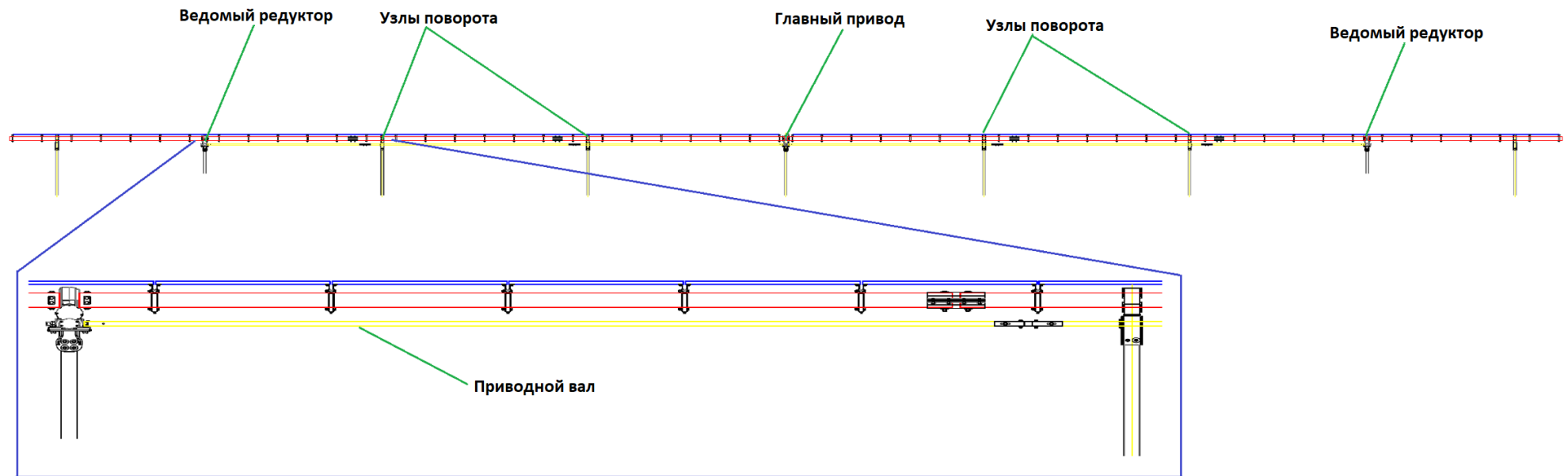


Рис. 5 «Чертёж общего вида трекера»

2.4.3. Система электропитания.

Питание главного привода трекера осуществляется постоянным током от индивидуального блока управления трекера (Control Box).

Питание индивидуального блока управления трекера осуществляется отпайкой от одной из цепочек ФЭМ, размещённых на данном трекере. Для выполнения отпайки в комплект поставки трекеров входят Y-коннекторы и комплект проводки. В блок управления трекера интегрирован АКБ, система непрерывного контроля её состояния и подогрева.

Питание блока управления группой трекеров (Communication Box) осуществляется от ТСН КТП выдачи мощности на напряжении 220VAC.

2.4.4. Система управления

Система управления трекерами строится по иерархическому принципу (схема показана на рисунке б):

Нижний уровень – индивидуальные блоки управления трекеров (Control Box). Реализуют базовые алгоритмы контроля и управления, в том числе автоматический поворот - слежение за солнцем.

Средний уровень – блок управления группой трекеров (Communication Box). Реализует выполнение алгоритма перехода трекеров в ветрозащитное положение при усилении ветра, снегоочистки, служит для связи трекеров с верхним уровнем управления.

Верхний уровень – АСУ ТП станции, обеспечивает контроль состояния локальных блоков управления трекеров, блока управления группой трекеров, данных от метеодатчиков с учётом сигналов самодиагностики. В том числе реализует поворот для выбранных трекеров на заданный оператором угол, принудительную активацию ветрозащитного режима и снегоочистки.

Связь между устройствами нижнего уровня и средним выполняется по беспроводной технологии связи LoRa.

Связь между средним и верхним уровнем выполняется по протоколу ModBus RTU, интерфейс RS-485.

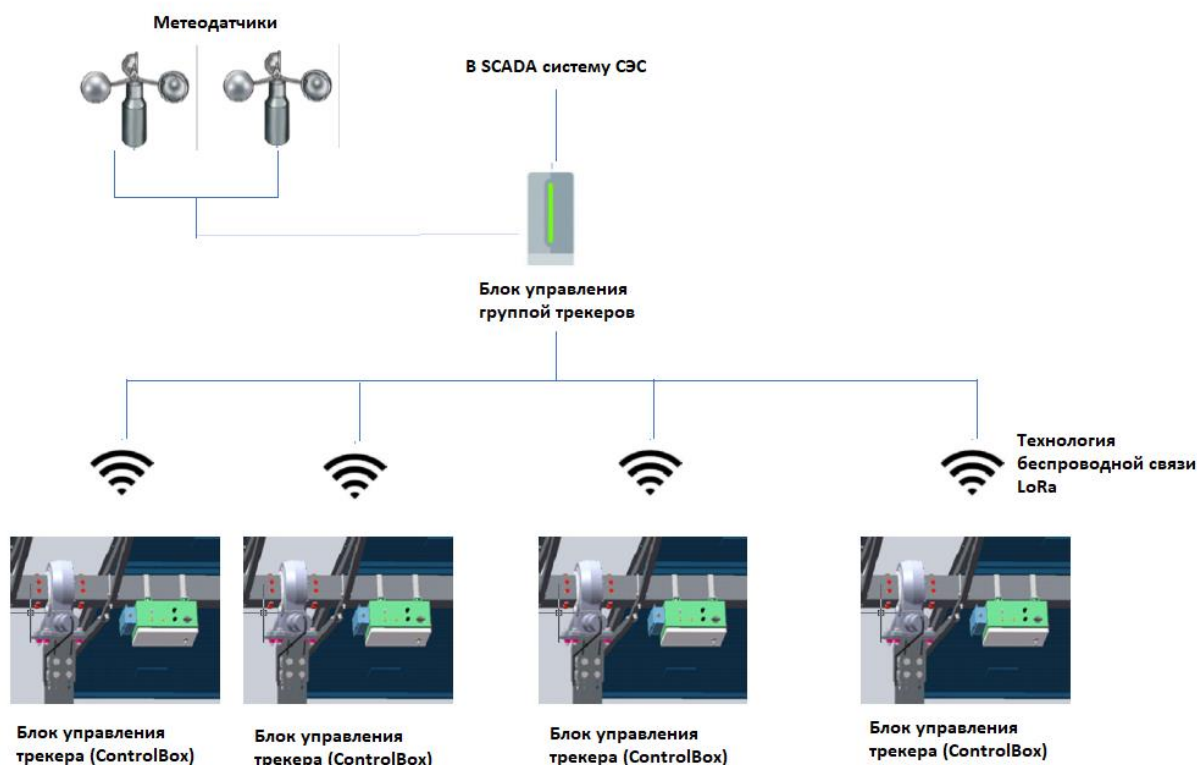


Рис. 6 «Схема системы управления трекеров»

Блок управления, метеодатчики антенны поставляются комплектно с трекерами и монтируются на комплектную мачту. Общий вид мачты представлен на рисунке 7.

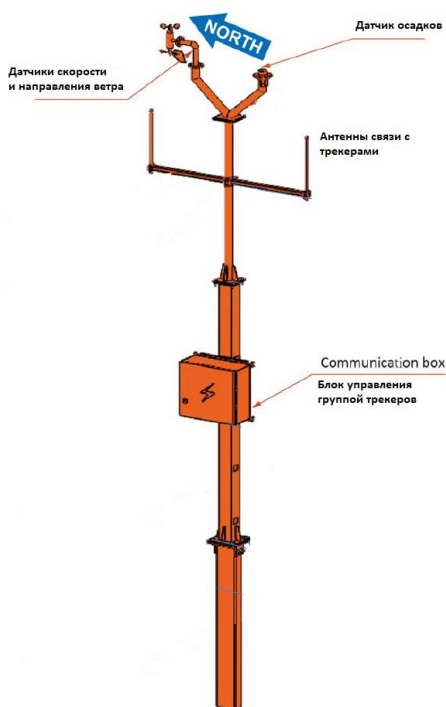


Рис. 7 «Мачта с датчиками и блоком управления группой трекеров»

Ведомость выполнения технических требований заказчика:

Характеристика	Требование Заказчика	Поставляемое
Наличие положительного опыта поставок и эксплуатации	Да, положительный опыт поставок и эксплуатации на территории СНГ	Соответствует
Тип трекера	Одноосный	Соответствует
Диапазон поворота	От +60° до -60°	Соответствует
Кол-во ФЭМ в ряд и ориентация	2 ФЭМ в ряд, портретно	Соответствует
Система привода	Многоточечная с одним главным приводом и не менее двух ведомых вторичных	Соответствует
Допустимый максимальный уклон местности в направлении север-юг	Не более 20%	Соответствует
Питание привода и системы управления	Автономное от цепочки ФЭМ, с резервным встроенным аккумулятором (допускается система внешнего питания)	Соответствует
Встроенные алгоритмы управления	Режим слежения за солнцем с отслеживанием обратного затенения (backtracking); Автоматический переход в ветрозащитное положение; Режим очистки от снега;	Соответствует
Интерфейс связи	Беспроводной	Соответствует
Метеостанция в составе системы управления	Да	Соответствует
Датчики в объёме поставки, участвующие в алгоритмах управления	Ветра, дождя, высоты снежного покрова	Соответствует
Прохождение натурных испытаний в аэротрубе в следующем объёме (с предоставлением подтверждающих документов), не менее	1. Сбор данных для конструирования (статические и динамические испытания); 2. Натурные 2D испытания; 3. Натурные аэродинамические испытания.	Соответствует
Соответствие международным стандартам (наличие сертификатов)	IEC62817:2014	Соответствие

Лист данных на трекер представлен в **приложении 8**.

2.5. Инверторное оборудование

2.5.1. Общее описание

Для преобразования энергии из формы постоянного тока, вырабатываемой ФЭМ, в форму переменного трёхфазного тока применяются децентрализованные (стринговые) инверторы.

Основные технические характеристики представлены в таблице 5.

В **приложении 9** представлен лист данных инвертора от поставщика.

Таблица 5 «Основные технические характеристики инверторов»

Параметр	Значение
Общие параметры	
Габариты	1048x732x395мм

Вес	Не более 112 кг
Степень защиты оболочки	IP66
Диапазон рабочих температур	От -30 до +60, так же поставщиком предоставлено письмо с подтверждением работы оборудования в условиях низких температур
Охлаждение	Принудительное, вентиляторы
Интерфейс связи	PLC
Сторона постоянного тока	
Максимальное напряжение DC	1500В
Стартовое напряжение DC	550В
Номинальное напряжение DC	1080В
Диапазон работы алгоритма MPPT (отслеживание точки максимальной мощности ФЭМ)	500-1500В
Количество блоков MPPT	6 шт.
Максимально допустимый ток DC на блок MPPT	65А
Максимальный ток КЗ на MPPT	115А
Коммутационная аппаратура	Защитные автоматы по стороне DC и AC
Сторона переменного тока	
Выходная мощность	330кВА при 30С, 300кВА при 40С, 275кВА при 50С
Максимальный фазный ток	240А
Номинальное напряжение	800В
Диапазон регулирования cosφ	+,-0,8
КПД (европейский)	98,8%
Защиты	
Защита от обратной полярности на стороне DC	Да
Защита при КЗ на стороне переменного тока	Да
Защита от тока утечки	Да
Контроль замыканий на землю	Да
Контроль тока в цепочках ФЭМ	Да

2.5.2. Управление активной и реактивной мощностью

Инвертор позволяет регулировать потоки активной и реактивной мощности согласно PQ-диаграмме.

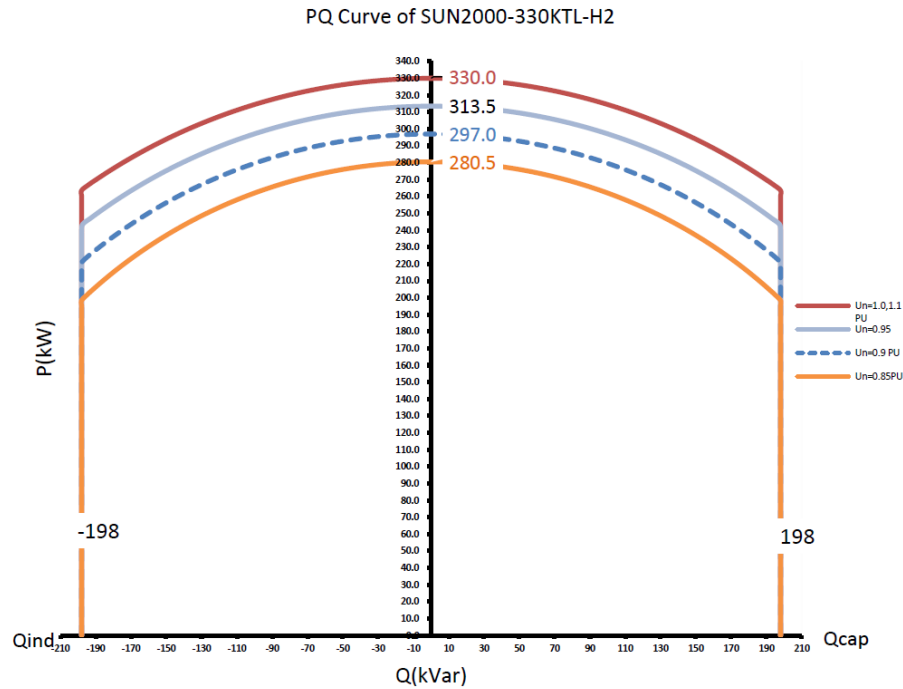


Рисунок 8 «PQ-диаграмма»

2.5.3. Связь и интеграция в систему управления СЭС

Интеграция в АСУ ТП станции осуществляется при помощи технологии PLC – ВЧ связь по кабелям передачи мощности на стороне переменного тока, **указанное выполняется при помощи блока SmartLogger3000 поставляемого совместно с инверторами. Для удобства обслуживания блок размещается внутри КТП 10/0,8 кВ**

2.5.4. Решения по монтажу инвертора

Инверторы монтируются при помощи комплектной рамки на одну из стоек трекеров и дополнительную сваю. Указанный способ монтажа позволяет инверту

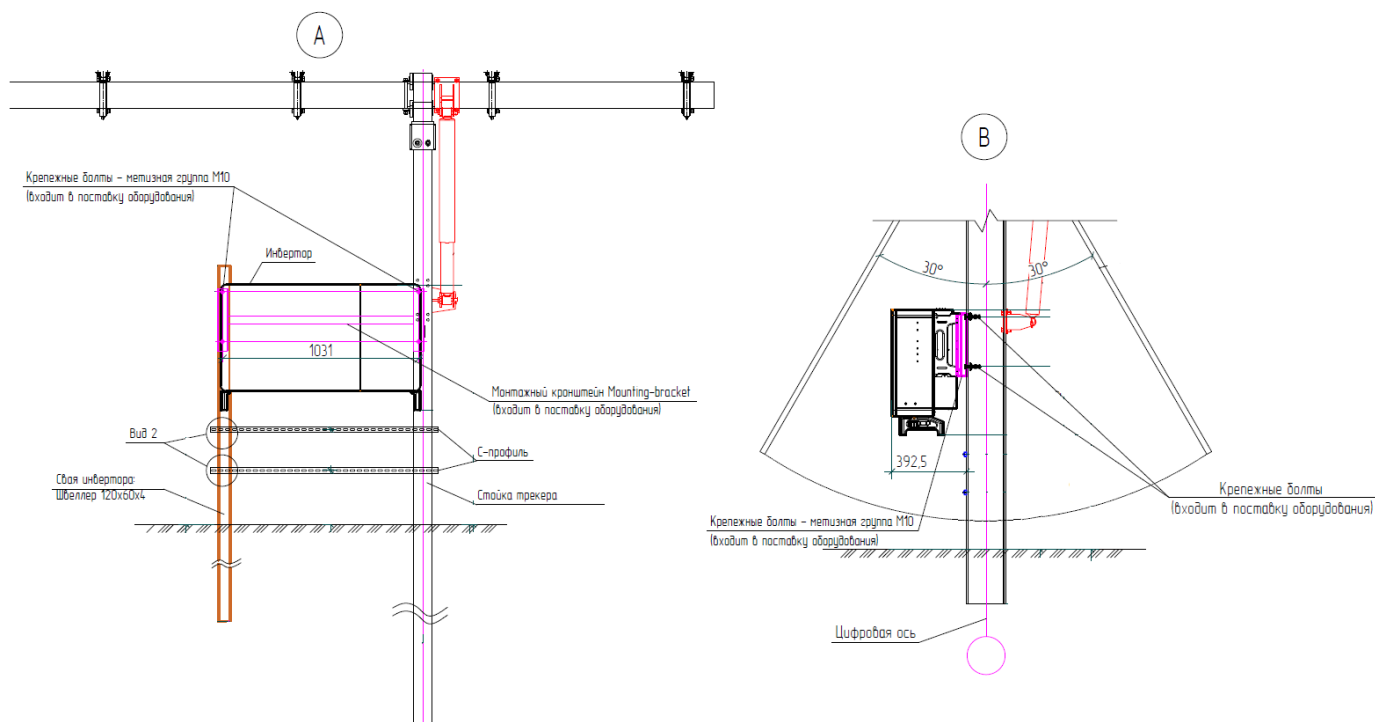


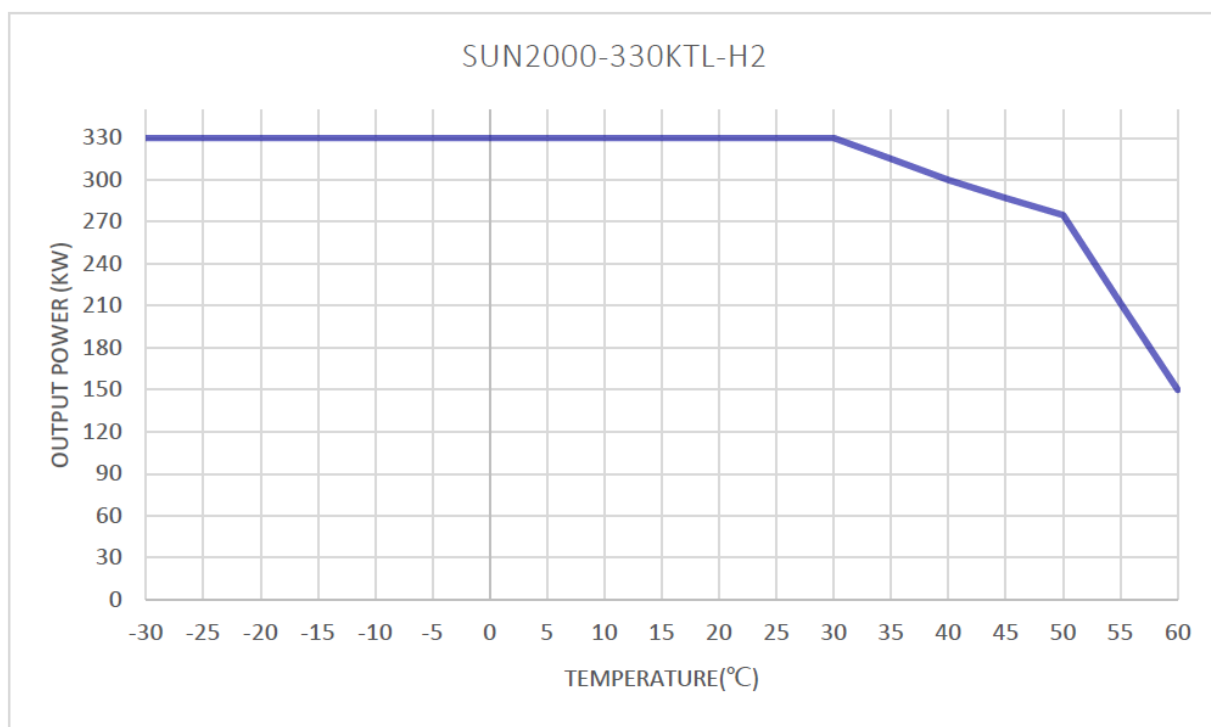
Рис. 8 «Типовой узел монтажа инвертора»

естественным образом находиться в зоне затенения от ФЭМ, что положительно сказывается на его производительности. Данный узел подлежит детализации на этапе разработки рабочей документации.

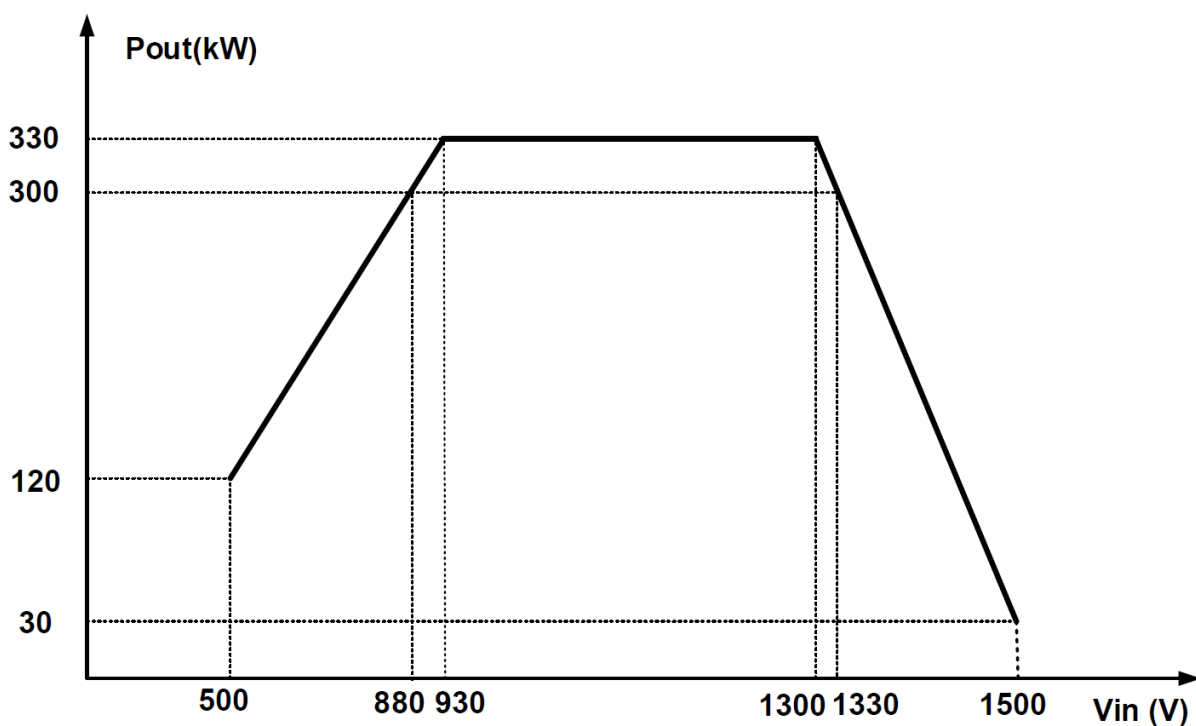
2.5.5. Основные характеристические кривые для инвертора

Кривая зависимости выходной мощности инвертора от температуры

Рис. 9 «Зависимость КПД инвертора от нагрузки»



Кривая зависимости выходной мощности инвертора от напряжения постоянного тока от ФЭМ



Ведомость выполнения технических требований заказчика:

Параметр	Требование	Отметка о выполнении требования поставщиком, ссылка на подтверждающие материалы
----------	------------	---

Климатические условия	Инвертор должен эксплуатироваться при максимальных и минимальных абсолютных значениях температур воздуха для места размещения Объекта. Абсолютная максимальная температура воздуха: Согласно инженерным изысканиям, но не менее +50°C; Абсолютная минимальная температура воздуха: Согласно инженерным изысканиям, но не более минус -38°C. Инвертор должен выдерживать снеговые и ветровые нагрузки согласно существующим нормам для места установки. Инвертор должен быть оптимально адаптирован к температурным и влажностным нагрузкам, которые могут вызывать в конструкции динамические усилия или деформации.	Температурный режим работы инвертора от -40С до +70С (см. приложение 10) Относительная влажность от 0 до 100%
Степень защиты	не ниже IP65 (IEC 60529:2013)	Соответствует. IP66
Климатическое исполнение	ХЛ1 или УХЛ1 Допускается изменение по согласованию с Заказчиком.	Соответствует. Температурный режим эксплуатации указан в первом пункте.
Допустимая высота над уровнем моря, м	до 1000 м	До 4000 м. без снижения мощности
Сейсмостойкость	Инвертор должен соответствовать сейсмическому району строительства СЭС (9 баллов по ОСЗ-2(475)).	Соответствует. SUN2000 прошел механические испытания, предусмотренные стандартом IEC 60068 (испытание на удар по голому металлу, испытание на синусоидальную вибрацию и испытание на вибрацию с размашистым шагом.) См. SUN2000-250H1_330H1_330H2 IEC60068 Cert_intertek_20240111.pdf
Категория размещения	1	Соответствует

Крепление инвертора	Инвертор при помощи стопорных фиксаторов (входят в комплект поставки) для настенной установки должны крепиться к двум стойкам-сваям. Для крепления должны применяться: стойка свая опорной конструкции ФЭМ и стойка свая крепления инвертора (швеллер 120х60х4 или иного профиля согласно решениям рабочей документации). Стойки-сваи жёстко размещаются в грунте посредством забивания её на необходимую глубину или при помощи конструктивных пригрузов (финальное решение определяется в рабочей документации). В комплекте с инвертором должны быть поставлены метизы (нержавеющая сталь) для крепления к Стойке-свае. Крепление должно обеспечивать жёсткое и неподвижное размещение инвертора на стойках-сваях.	Соответствует, см. раздел 4.2. «Installation Requirements» SUN2000-(250KTL, 280KTL, 300KTL, 330KTL) Series User Manual.pdf и/или SUN2000-(250KTL, 280KTL, 300KTL, 330KTL) Series Quick Guide.pdf
Коррозионная стойкость	Элементы инвертора должны иметь коррозионную стойкость в атмосферных условиях.	Соответствует
Корпус	Элементы корпуса инвертора должны быть оцинкованы и/или окрашены полимерной краской.	Соответствует, антикоррозийная защита: C5
Сборка и монтаж	Монтаж инвертора должен осуществляться непосредственно на месте установки с применением болтовых соединений без применения сварочной техники и сверлильного оборудования. Все необходимые отверстия и соединительные элементы инвертора должны	Соответствует, см. SUN2000-(250KTL, 280KTL, 300KTL, 330KTL) Series User Manual.pdf и/или SUN2000-(250KTL, 280KTL, 300KTL, 330KTL) Series Quick Guide.pdf

	подготавливаться в процессе изготовления в заводских условиях. Элементы и детали инвертора должны надёжно крепиться между собой с применением болтовых соединений, исключая люфты, зазоры и движения одних элементов относительно других. Применяемые метизы должны быть изготовлены из нержавеющей стали.	
Подключение инвертора	Инверторы должны быть включены: в систему постоянного тока СЭС в составе ФЭМ-инверторы в электрическую сеть 0,4/0,63/0,8 кВ для выдачи мощности СЭС (в зависимости от технических характеристик инвертора): в электрическую сеть СН 0,4 кВ питания инвертора (при необходимости); в сети связи СЭС (связь КТП – инверторы) для мониторинга и управления инвертора со стороны АСУ ТП (допускается реализация канала связи КТП-инвертор по силовому кабелю с применением технологии PLC). Кроме того, к инверторам могут подключаться кабели для подключения пиранометров и погодных модулей, размещаемых на стойках-сваях для крепления инвертора, количество уточняется в ходе проектирования.	Соответствует. Инвертор может быть подключен по стороне переменного тока в сеть 0.8 кВ, напряжения 0.4/0.63 кВ недопустимы. Связь, мониторинг и управление инверторами осуществляется при помощи SmartLogger 3000. Информационное соединение инвертора и SmartLogger 3000 осуществляется по технологии PLC (передача данных по силовому кабелю, информационный кабель не требуется). К инверторам не могут быть подключены сторонние устройства. Метеостанция может быть подключения к SmartLogger 3000 по RS-485.
Комплектность инвертора	Трёхфазный мостовой инвертор на базе IGBT транзисторов, предназначен для генерации трёхфазного напряжения переменного тока, совпадающего по фазе, форме, амплитуде с напряжением сети с учётом схемы и группы	Соответствует. Инвертор поставляется с коннекторами цепей постоянного тока и рамкой крепления. ЗИП подлежит отдельному согласованию с Заказчиком на

	соединения силовых трансформаторов должен быть в составе: • Инвертор; • ЗИП (перечень ЗИП согласовать с Заказчиком); • Другое оборудование, системы и материалы, необходимые для монтажа и подключения инвертора, а также для выполнения настоящих технических требований и требований НТД.	дальнейших фазах реализации проект. Иные материалы, необходимые для надёжного монтажа инвертора, учитываются на этапе разработки РД.
Мощность	Инверторное оборудование должно быть рассчитано на подключение полного объёма ФЭМ (в соответствии с установленной мощностью СЭС). Суммарная номинальная (<u>выходная</u>) мощность инвертора (при $\cos(\varphi_i)=1$) должна быть не менее 85% от установленной мощности ФЭМ во всем диапазоне рабочих температур (Заказчик готов рассмотреть обоснованные отклонения от указанного параметра при условии не ухудшения прогнозного объёма выработки СЭС, моделирование осуществляется в ПВК PVSyst).	Соответствует. В рамках первой очереди предполагается установка 6 инверторов. Распределение максимальной выходной мощности следующее: При 30С 330кВт*6=1980 кВт (0,99Рсэс) При 50С 275кВт*6=1650 кВт (0,825Рсэс). Отчёты PVSyst для вариантов с 6 и 7 инверторами прилагаются (Приложение 11), разница в выработке 0,13%, на уровне стат. погрешности.
Частота сети	50 Гц	Соответствует
Электромагнитная совместимость	Обеспечить выполнение требований электромагнитной совместимости устройств силовой электроники и другого промышленного электрооборудования с током свыше 75А	Соответствует. См. SUN2000-330H2 EMC Cert_intertek_20221130.pdf
Требования к оборудованию и материалам	Оборудование и материалы, применяемые	Соответствует

	при изготовлении инвертора, должны быть новыми, неиспользованными ранее, иметь положительный опыт эксплуатации.	
Технические таблички	Оборудование и комплектующие изделия должны иметь фирменные таблички (или товарные знаки) установленной на заводе формы. Информация должна быть указана на казахском, русском и английском языке. Инвертор должен иметь таблички с маркировкой в соответствии с рабочей документацией (номера инвертора). Размеры и вид табличек должны быть согласованы с Заказчиком. Таблички должны представлять собой фрезерованную композитную панель с надписью фрезерованием (иные варианты по согласованию с Заказчиком).	Заводские маркировочные таблички выполняются на английском языке. Дополнительные информационные таблички с информацией на казахском и русском языках будут предусмотрены и смонтированы подрядчиком.
Упаковка, транспортировка, условия хранения	При транспортировке инвертора должны быть исключены механические повреждения инвертора, обеспечена защита изоляционных частей от воздействия внешней среды при транспортировании и хранении. Исключить попадание воды, снега, пыли, насекомых, животных и других посторонних предметов в инверторе. Для этого должна быть предусмотрена упаковка инвертора. Транспортная упаковка инвертора должна обеспечить защиту инвертора от загрязнений. Условия транспортирования и хранения должны	Оборудование поставляется в защитной упаковке, температура хранения от -40С до +70С, относительная влажность 5-95%

	соответствовать Правилам перевозок грузов автомобильным транспортом. Оборудование должно быть приспособлено для транспортирования и хранения при температуре окружающего воздуха от минус 50 до 50°C.	
Защита от несанкционированного доступа	Для подключения к контроллеру Инвертора через инженерную станцию (laptop) должны применяться логин и пароль.	Соответствует
Подключение ФЭМ	Конструкция Инверторов и их мощность должны обеспечить подключение полного объёма ФЭМ СЭС.	Соответствует
Активная мощность	Суммарная номинальная (<u>выходная</u>) мощность инверторов (при $\cos(\varphi)=1$) должна быть не менее 85% от установленной мощности ФЭМ во всем диапазоне рабочих температур (Заказчик готов рассмотреть обоснованные отклонения от указанного параметра при условии не ухудшения прогнозного объёма выработки СЭС, моделирование осуществляется в ПБК PVSyst).	Соответствует, отчёт PVSyst прилагается (Приложение 11)
Перегрузочная способность	Перегрузочную способность инверторов указать при проектировании.	«Перегрузка» инвертора (DC/AC ratio) может быть 1.4-1.6. 6 инверторов обеспечивают отсутствие потерь от перегрузки, см. отчёт PVSyst.
Соотношение реактивной и активной мощности инвертора	от 0 до 1	Соответствует. См. PQ-диаграмму в SUN2000-330KTL-H2 Output Characteristics Curve-preliminary-0930.pdf
Моделирование СЭС	Для моделирования СЭС Инверторы должны входить в базу данных программы расчётов параметров солнечных электростанций PVSyst или должен быть предоставлен	Соответствует. .ond файл предоставлен. (Приложение 12)

	.ond-файл от поставщика инверторов	
Требования к материалам для подключения внешних кабельных линий (клеммники, автоматические выключатели, предохранители и т.д.)	Размеры клеммников, предохранителей и т.д. должны соответствовать размерам подключаемых кабелей. Все защитные аппараты и клеммы должны иметь сертификаты соответствия международным нормам. Применить клеммы с винтовыми зажимами, не допускается зажим под один винт более одного проводника. Все многожильные проводники должны иметь концевые наконечники.	Соответствует. Требования к подключаемым кабелям по стороне постоянного и переменного тока указаны в SUN2000-(250KTL, 280KTL, 300KTL, 330KTL) Series User Manual.pdf
Номинальное выходная мощность инвертора	Не ниже 275 кВт (во всём диапазоне рабочих температур)	От -40 до +50 инвертор сможет генерировать не ниже 275 кВт См. SUN2000-330KTL-H2 Output Characteristics Curve-preliminary-0930.pdf
Диапазон входного напряжения, В	Определить с учётом типа применяемых ФЭМ.	500-1500В (См. Приложение 9)
Требования к эффективности преобразования	не менее 98,8% (Европейский показатель)	Соответствует, см. строку «European Efficiency» в листе данных (Приложение 9).pdf
Система заземления по постоянному току	Должна быть выполнена система заземления отрицательного полюса для исключения PID-эффекта (защитные модули/платы) или применены технические решения для компенсации PID-эффекта, в том числе встроенные в инверторы	Решение о заземлении отрицательного полюса и технических мерах по исключению PID принимается на этапе разработки рабочей документации. Согласно информации от поставщика ФЭМ (Приложение 4) использование техник antiPID и компенсации PID не оказывают влияние на гарантированные показатели деградации ФЭМ
Контроллер Инвертора	Инвертор должен быть оборудован датчиками тока, напряжения для передачи аналоговых измерений в контроллер Инвертора.	Соответствует. Все необходимые датчики встроены в инвертор и интегрированы в его микроконтроллер

	Контроллер инвертора должен иметь возможность конфигурирования дополнительных защит.	
Защиты Инвертора	Инверторное оборудование должно иметь встроенный комплект защит от аварийных и недопустимых режимов работы.	Соответствует
Перечень технологических защит	Инвертор должен иметь технологические защиты:	
	защита от секционирования (функция обеспечивающая отключение при выделении на изолированную работу)	Соответствует. Реализована функция стандартная функция Anti Islanding
	защита от снижения входной мощности	Соответствует
	защита от КЗ внутренней шины постоянного напряжения	Соответствует. В инверторе реализована технология SSLD (Smart String-level Disconnection)
	защита от превышения входного тока	Соответствует. Определяется проектными решениями по подключению цепей постоянного тока. Ток к.з. ФЭМ должен быть меньше тока к.з. МРРТ (115А). Максимальное кол-во цепочек на МРРТ 5 шт, т.е. ТКЗ цепочки не более $115/5=23А$. Согласно листу данных ФЭМ максимальный ТКЗ с учётом обратной стороны $17,67А < 23А$
	защита от падения напряжения ФЭМ	Соответствует. Инвертор автоматически отключается от генерации при снижении входного напряжения цепочек ФЭМ ниже 500В (стартовое напряжение)
	защита от обратной полярности постоянного тока	Соответствует
	защита от выхода напряжения сети за разрешенный диапазон	Соответствует
	защита от выхода частоты сети за разрешенный диапазон	Соответствует

	защита от нарушения чередования фаз	Соответствует
	защита от обрыва фазы	Соответствует
	защита от короткого замыкания	Соответствует. В инверторе реализована технология SSLD (Smart String-level Disconnection)
	защита от сверхтоков	Соответствует. Присутствует защита от сверхтоков на стороне переменного тока
	защита от перегрузки	Соответствует. Выполняется на уровне проектных решений. (DC/AC ratio)
	защита от перегрева	Соответствует
	защита от короткого замыкания питающей линии	Соответствует
	максимальная токовая защита IGBT	Максимальный ток к.з. MPPT составляет 115А
	защита вспомогательного источника питания от замыканий	Вспомогательный источник не применяется.
	защита от разрушения изоляции,	Соответствует. Инвертор выполняет постоянный мониторинг сопротивления изоляции на стороне постоянного тока
	делительная защита,	Соответствует. Реализована функция Anti-Islanding
	молниезащита	Ограничитель перенапряжения переменного и постоянного тока – тип II
	Блокировка от включения при недопустимо низкой температуре окружающей среды	Соответствует. Станции на базе инверторов Huawei эксплуатируются в условиях экстремально низких температур, например в Астане без нареканий в течение 4 лет.
Контроль замыкания на землю	В Инверторах должна быть реализована функция контроля замыкания на землю в сети постоянного и переменного тока.	Соответствует.
Перечень защитных аппаратов	Указать тип (класс) применяемых внутри Инвертора (если	Соответствует. Применены проприетарные

	предусмотрены конструкцией): УЗИП, плавких вставок, автоматических выключателей.	технологии: SSLD (Smart String-level Disconnection), SCLD (Smart Connector-level Detection)
Время срабатывания ступени защиты	Время срабатывания ступени защиты с выдержкой времени на выводах переменного тока инвертора не должно превышать 0,4 с.	См. SUN2000-330H2_EN50549-2_Report.pdf
Требования по включению в сеть		
Защита от изолирования	Система управления Инвертором должна включать в себя защиту от изолирования (секционирования), защиту исключающее несинхронное включение СЭС в сеть. Данные функции должны быть активированы по умолчанию. Инверторное оборудование должно обеспечивать синхронизацию по частоте и фазе с энергосистемой с учетом схемы и группы соединения силовых трансформаторов	Соответствует
Исключение подпитки КЗ	Инверторы не должны подпитывать место короткого замыкания и при тяжёлых повреждениях – межфазных КЗ, при повреждениях на отходящих линиях СЭС, при больших просадках напряжения (более 50%) должно быть выполнено отключение генерации за максимально короткое время.	Соответствует
Качество электроэнергии	Комплект оборудования инверторного модуля должен обеспечивать качество электроэнергии на выходе для возможности совместной работы с энергосистемой. Параметры качества электрической энергии должны быть подтверждены Протоколом	Соответствует. См. SUN2000-330H2_EN50549-2_Report.pdf

	проверки состава гармонических составляющих выходного напряжения инверторов при стендовых испытаниях при работе инверторов на активную нагрузку для режимов работы с номинальным напряжением выхода и нагрузке (10-20-30-40-50-60-70-80-90-100) % от номинальной	
Пропадание опорного напряжения	Обеспечить отключение Инверторов при пропадании опорного сетевого напряжения за время не более 120 мс.	Соответствует. См. SUN2000-330H2_EN50549-2_Report.pdf
Изменения параметров сети	Инверторные установки должны сохранять заданные параметры функционирования:	Соответствует
Изменения напряжения сети	Длительно при изменении напряжения в диапазоне $\pm 15\%$ от номинального	Соответствует
Изменения частоты сети	Длительно при изменении частоты электрического тока в диапазоне значений 49,0 – 51,0 Гц включая верхнюю границу диапазона по частоте. Кратковременно в диапазоне частот электрического тока (включая верхнюю границу указанных диапазонов по частоте): 45 Гц – не менее 1с; 46 Гц – не менее 2с; 47-49 Гц – не менее 120 мин; 49-51 – без ограничений; 51-51,5 Гц – не менее 90 мин.	Соответствует
Требования к эффективности преобразования	Не менее 98,8% (Европейский показатель)	Соответствует
Система мониторинга и управления Инвертором		
Функции	Контроллер Инвертора должен обеспечивать оперативный мониторинг (контроль состояния) и управление Инвертором. Должно обеспечиваться удалённое управление работой Инверторов во всех режимах, включая	Соответствует

	пуск, останов, работу в регулировочном диапазоне, выполнение функций защит. Обеспечить возможность реализации управляющих воздействий от противоаварийной автоматики (регулирование по активной/реактивной мощности и отключение Инверторов) на снижение объема выдачи мощности и отключения Инверторов.	
Журнал событий	В контроллере должен вестись журнал событий с фиксацией времени	Соответствует
МРРТ	Каждый инвертор должен быть оснащен функцией выбора точки максимальной мощности (МРРТ-функция).	Соответствует
Перечень сигналов	Контроллер Инвертора должен выдавать и принимать сигналы ТИ, ТС и ТУ в соответствии с перечнем, согласованным с Заказчиком.	Перечень передаваемых сигналов инвертора определен в Modbus-карте, см. Solar Inverter Modbus Interface Definitions (V3.0).pdf
Параметрирование Инвертора	Обеспечить возможность параметрирования Инвертора персоналом СЭС в удалённом режиме (через АСУТП СЭС), с применением инженерной станции (laptop) путём подключения непосредственно к контроллеру Инвертора. В объём поставки инверторов включить кабели, адаптеры и программное обеспечение, необходимые для подключения инженерных станций к контроллерам инверторов	Соответствует. Возможно параметрирование в удалённом режиме через PLC-интерфейс и блок управления SmartLogger и через локальное подключение непосредственно к инвертору
Регулирование активной мощности при изменении частоты сети	Регулирование активной мощности при изменении частоты сети $P(f)$ с возможностью выбора характеристики: 1. Дискретная (инкрементная) кривая;	Соответствует, см. Solar Inverter Modbus Interface Definitions (V3.0).pdf

	2. Перманентная кривая; 3. Заданная кривая; 4. Кривая с заданным статизмом. Функция $P(f)$ с выбранной характеристикой должна свободно параметрироваться (должна быть реализована возможность изменения уставок в расширенном диапазоне). Должна быть реализована возможность передачи параметров на АРМ дежурного.	
Ограничение активной мощности	Ограничение активной мощности из-за повышения напряжения $P(U)$. Ограничение нарастания активной мощности	Соответствует
Регулирование реактивной мощности	Удалённое управление. Возможность установки автоматического приоритета.	Соответствует
Компенсация реактивной мощности	1. По функции $Q(U)$ 2. По функции $\cos(\varphi)(P)$ 3. Режим поддержания коэффициента мощности Данные функции должны свободно параметрироваться (должна быть реализована возможность изменения уставок в расширенном диапазоне). Должна быть реализована возможность передачи параметров на АРМ дежурного.	Соответствует, см. Solar Inverter Modbus Interface Definitions (V3.0).pdf
Функции при ненормальных режимах работы	Указанные далее функции должны свободно параметрироваться (должна быть реализована возможность изменения уставок (по времени, по напряжению и другим параметрам) в расширенном диапазоне). Для данных функций должна быть реализована возможность передачи параметров на АРМ	

	дежурного и возможность изменения параметров с АРМ.	
	Функция подхвата при низком напряжении (ПНН (LVRT- low voltage ride-through))	Соответствует
	Функция подхвата при высоком напряжении (ПВН (HVRT- high voltage ride-through))	Соответствует
	Подхват при низкой и высокой частоте (ПЧ (FRT- Frequency Ride Through));	Соответствует
	Поддержка системы реактивной мощностью при работе функции ПНН/ПВН.	Соответствует
Мгновенный сброс/набор нагрузки	Минимальная скорость: 100% мощности / мин	Соответствует [0.100~5000.000] %/s - может быть выставлено любое значение в данном диапазоне
Нижний предел регулировочного диапазона	0% (от номинальной мощности инвертора)	Соответствует
Величина регулировочного диапазона	от 0% до 100 % номинальной мощности инвертора	Соответствует
Система защиты оборудования инвертора	Для надежной работы оборудования инвертора необходимо предусмотреть защиты, не ограничиваясь следующим перечнем: – От внутренних коротких замыканий; – От внешних коротких замыканий; – Защита от замыканий на «землю» входных линий постоянного тока; – Защита входных линий постоянного тока от перегрузки и при КЗ; – От перенапряжений; – От недопустимых по величине и длительности перегрузок по току;	См. комментарии выше

	– От токов при неисправности силовых ключей – От недопустимых напряжений на входе и выходе инверторов; – От перегрева силовых модулей; – Технологические и электрические защиты трансформатора; – Защита от секционирования (функция обеспечивающая отключение инверторов при выделении на изолированную работу); – Защита при инверсии тока входных цепей; – Защита при недопустимых отклонениях частоты; – Защита от неполнофазных режимов (обрыв фазы/фаз); – Максимальная токовая защита силовых модулей; – Технологические защиты инвертора; – Другие защиты, предусмотренные заводом-изготовителем.	
Влияние на КПД инверторов	Для инверторов привести значение КПД при максимально и минимально допустимой температуре в соответствии с п.4.3.1. Для инверторов предоставить график зависимости мощности от температуры окружающей среды.	См. SUN2000-330KTL-H2 Output Characteristics Curve-preliminary-0930.pdf
Дистанционное управление	Предусмотреть возможность	Соответствует

	дистанционного включения и выключения инверторов, регулирования выходной мощности, соотношения активной и реактивной мощности от АСУ ТП, включения/отключения коммутационных аппаратов (при наличии в инверторах коммутационных аппаратов и технической возможности их дистанционного управления).Предусмотреть возможность реализации функции ОПРЧ на инверторе;	
--	---	--

2.6. Комплектная трансформаторная подстанция сбора мощности (КТП)

КТП сбора мощности выполнена поставляется как изделие заводской готовности.

Служит для сбора мощности от инверторов на напряжении 0,8 кВ и преобразования её к ступени напряжения 10кВ, обеспечивая тем самым возможность технического присоединения СЭС к системе электроснабжения завода ЛЛЦА.

В состав КТП входят следующие узлы и подсистемы:

- КРУ 10кВ;
- Основной силовой трансформатор 10/0,8кВ;
- Распределительное устройство 0,8 кВ;
- Система питания собственных нужд КТП с отбором мощности по стороне 0,8 кВ основного силового трансформатора;

Вторичные подсистемы:

- Микропроцессорная РЗА;
- Телемеханизация и телеизмерения;
- Телекоммуникация;
- Пожарная сигнализация;
- Управление и связь с инверторами по технологии PLC (по силовым кабелям 0,8 кВ).

КТП устанавливается на свайно-ростверковый фундамент, организуются площадки обслуживания, кабеленесущие системы, лестницы.

Лесницы, площадки обслуживания и их ограждения, а также металлические стойки защищены от коррозии методом горячего цинкования.

Цвет БМЗ принят **RAL9016, акцентные элементы выполнены цветом RAL3020 в соответствии с корпоративным стилем, решения по цветовому оформлению фасадов представлено в приложении №13.1. Зашивка цоколя будет выполнена профилированным листом цвета RAL3020.**

Для предотвращения разлива трансформаторного масла на почву обустраивается маслосборник согласно требований ПУЭ РК.

Компоновочные решения КТП представлены в приложении 13.

Детальные финальные решения по фундаментам, площадкам обслуживания, кабеленесущим системам разрабатываются на этапе рабочей документации.

Основные технические характеристики КТП представлены в таблице 6

Таблица 6 «Основные технические характеристики КТП»

Объект	Элемент	Характеристика
Габариты		Блочно-модульное здание (БМЗ) 7500/2500/2500 (подлежит уточнению на этапе проработки КД)
Силовой трансформатор	Тип	Масляный
	Система охлаждения	М
	Номинальная мощность	Не менее 2МВА (возможно использование 2,5 МВА)
	Схема и группа соединения обмоток	Y/Д-11
	Номинальные напряжения обмоток	10/0,8 кВ
	Напряжение КЗ	8% (подлежит уточнению на этапе проработки КД)
	Материал обмоток	Алюминий/Алюминий
	Регулирование коэффициента трансформации	Да, ПБВ $\pm 2 \times 2,5\%$ на стороне ВН
КРУ (см. приложение 15)	Конфигурация КРУ	Ячейка с вакуумным выключателем в сторону тр-ра, 2 ячейки с выключателем нагрузки
	Тип изоляции	Воздушная
	Номинальное напряжение	10кВ
	Номинальный ток	630А
	Номинальная частота	50Гц
	Ток термической стойкости	20 кА, 3с
	Ток отключения вакуумного выключателя	20 кА
РУ 0,8 кВ (см. приложение 14)	Тип вводного коммутационного аппарата	Автоматический выключатель с электронным расцепителем
	Номинальный ток вводного автомата	2500А
	Номинальное напряжение вводного автомата	800В
	Тип коммутационного аппарата линий к инверторам	Автоматический выключатель с термомагнитным расцепителем (TMF)

	Номинальный ток предохранителя	250 А
Вторичные подсистемы	Блок сбора телесигнализации	Да, см. предварительный список сигналов (приложение 16)
	Блок сбора телеизмерений	Да, см. предварительный список сигналов, подлежит уточнению на последующих фазах реализации проекта
	Терминал РЗА силового трансформатора	Да, состав защит в соответствии с ПУЭ
	Блок связи с инверторами	Да, совместимый с инверторами модуль PLC связи (smartlogger3000)

3. Электротехнические решения СЭС

3.1. Организация сбора мощности

3.1.1. Цепи постоянного тока

ФЭМ при помощи штатных коннекторов собираются в цепочки по 26 ФЭМ в цепочке.

Каждая сформированная цепочка при помощи кабелей постоянного тока (солар-кабель) и коннекторов индивидуально подключается ко входам постоянного тока инвертора, принципиальное решение показано на рисунке 8.

Каждый кабель маркируется биркой в соответствии с кабельным журналом, разрабатываемым на этапе рабочей документации.

Прокладка солар кабеля в грунте выполняется в гофротрубах.

На узлах подъёмов и иных местах подверженных УФ-излучению применяется УФ стойкая гофротруба.

Для каждого солар кабеля вблизи инвертора предусматривается запас в виде полупетли. Решения показаны на рисунке 9.

Ввод кабелей в инвертор из траншеи

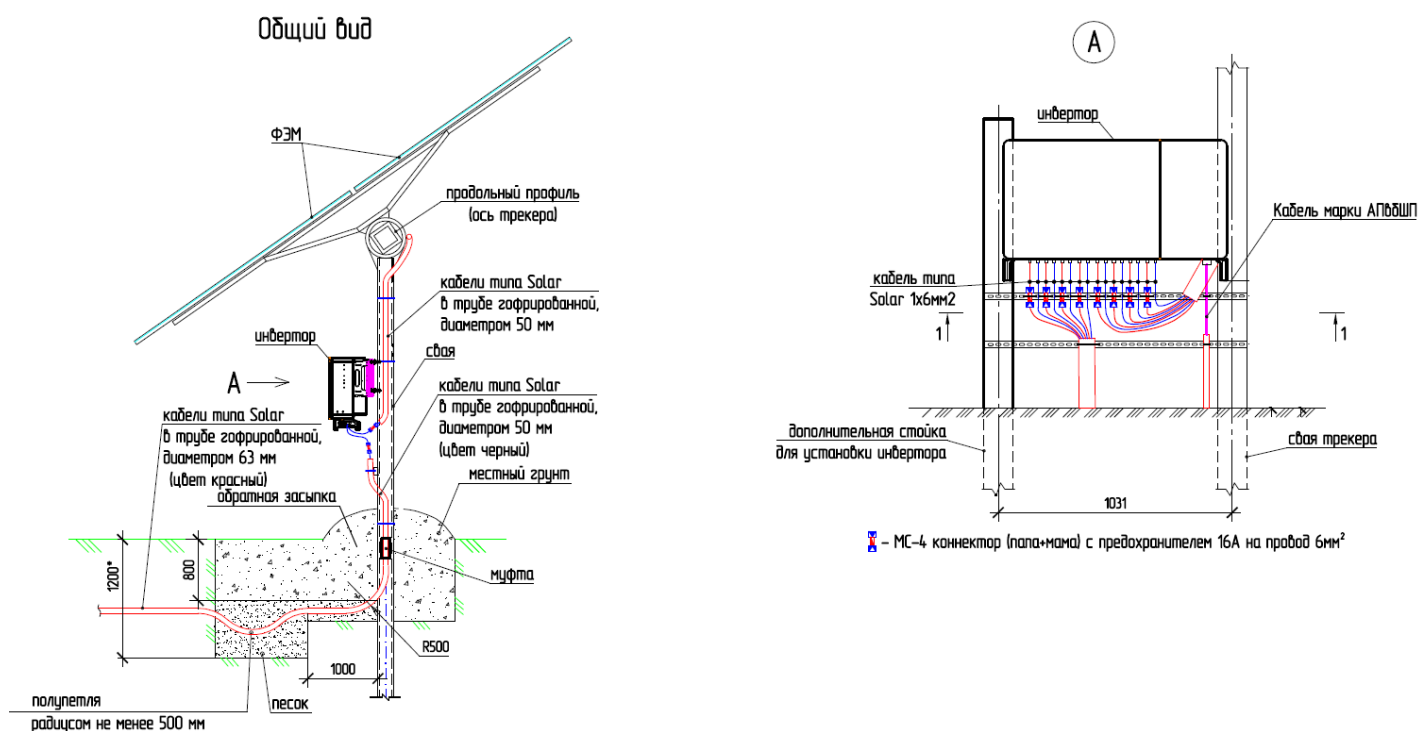


Рис. 9 «Ввод кабеля в инвертор»

Для монтажа солар кабеля вдоль оси трекера используются металлические хомуты с ПВХ покрытием.

Схема сборки цепей постоянного тока представлена на рис.8

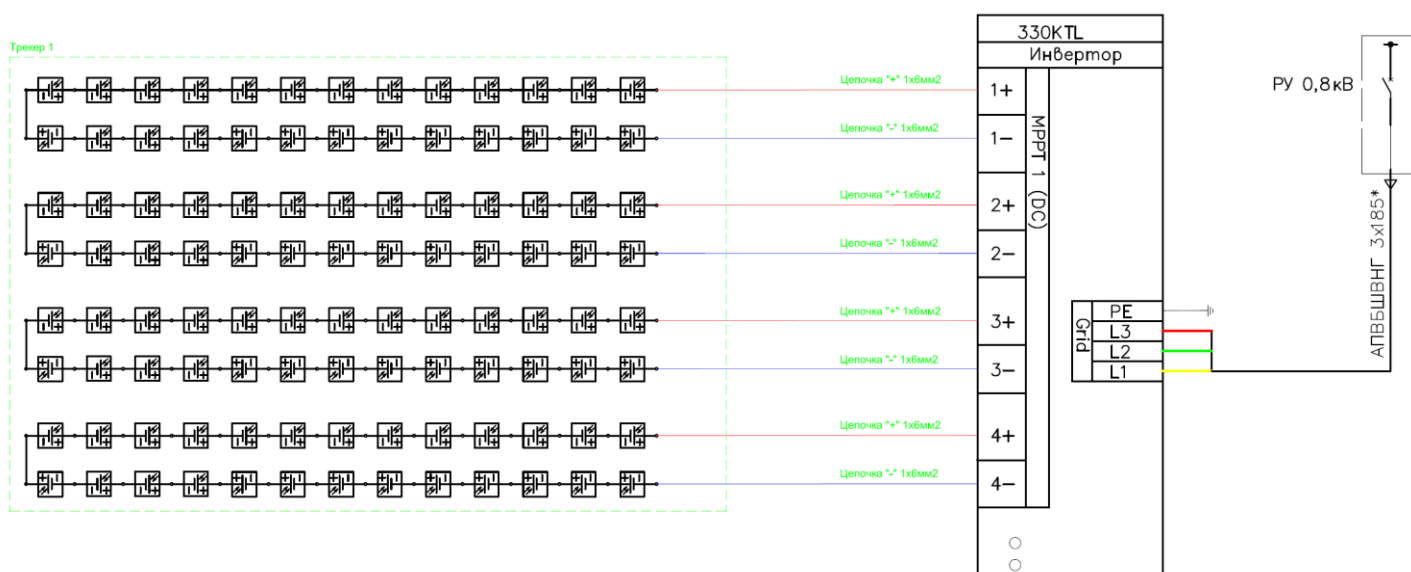


Рис. 8 «Сборка ФЭМ в цепочку»

3.1.2. Цепи переменного тока от инверторов до КТП

Подключение инверторов к КТП осуществляется индивидуально.

Используется трёхжильный бронированный кабель типа АПвБШВнг. Сечение жилы кабеля подлежит выбору на этапе разработки рабочей документации.

По обеим концам кабеля выполняется его разделка и монтаж комплектов муфт, типы наконечников и муфт выбираются на этапе разработки рабочей документации.

На каждую жилу наносится индивидуальная цветовая маркировка фаз по схеме Ж/З/К.

Выбор и подключение кабельных наконечников выполняется с учётом требований ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования».

Схема подключения инвертора по стороне переменного тока представлена на рис.8

3.2. Организация выдачи мощности

Выдача мощности осуществляется через кабельную линию 10 кВ до существующей РП-1 на территории завода.

Однолинейная схема представлена в приложении 17.

Для выдачи мощности предполагается использование кабеля АПвПу2г-3х240/35-10 (конструкция кабеля аналогична существующим кабелям электроснабжения ТОО «ЛЛЦА», материал жил алюминий). Пропускная способность составляет 390А, что соответствует 6,7 МВт при напряжении 10 кВ. Указанное решение позволит использовать данную КЛ при вводе 2й очереди СЭС (3МВт).

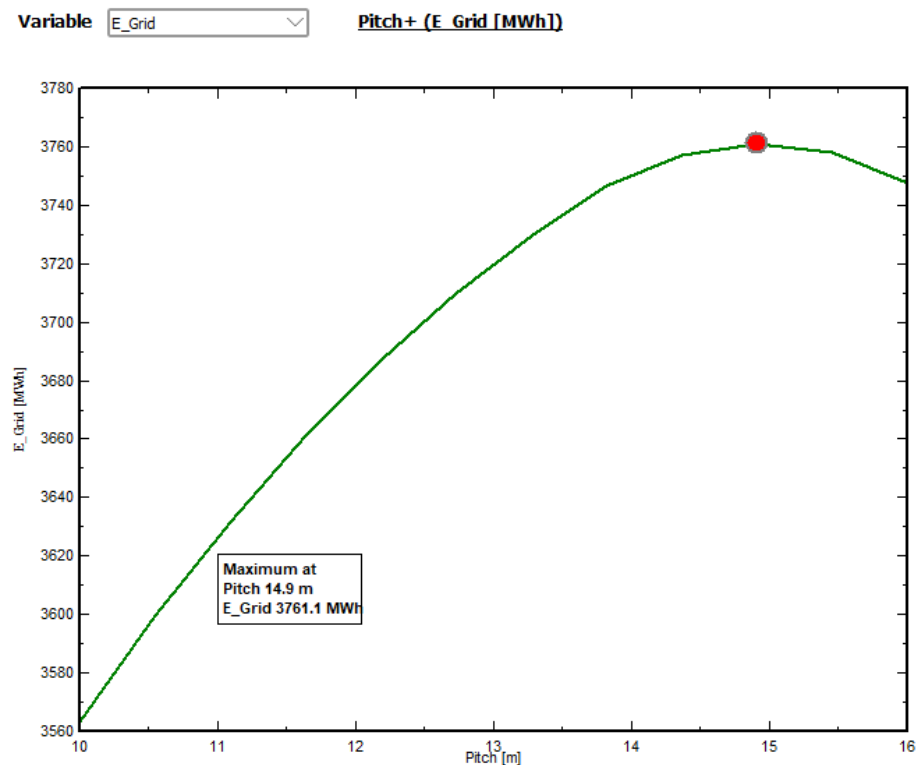
Кабельная линия организуется в траншее, трасса показана в приложении 17.1

4. Планировочные решения

Предварительный план СЭС представлен в приложении 18.

Ниже представлен анализ зависимости выработки СЭС от расстояния между осями трекеров (Pitch).

Зависимость показывает экстремум выработки 3761 МВт*ч/год при 15м, при 14м 3750 МВт*ч/год, учитывая незначительную разницу в выработке (0,3%) и ограничения площадки (холм на восточной стороне) целесообразно использовать расстояние между осями 14м.

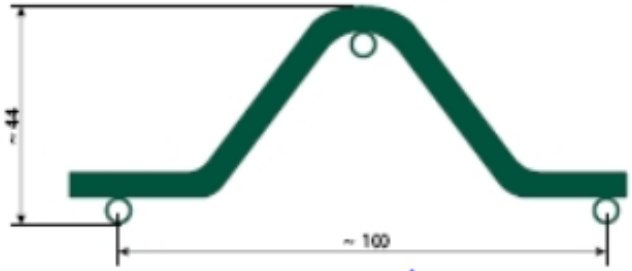


5. Ограждение

Ограждение периметра СЭС выполняется модульной конструкции (3D панели), все применяемые элементы ограждения заводского изготовления.

Основные характеристики ограждения представлены в таблице

Элемент	Основные характеристики
Ворота	Количество ворот 2 шт. Ширина ворот - 6 м. В комплект ворот входят столбы, каркас с заполнением панелями, замки, ручки, притворные планки, метизы, петли с защитой от несанкционированного демонтажа, фиксаторы створок и ригелей. Петли ворот, кронштейны для навесного замка располагаются с внутренней стороны СЭС. Над воротами предусматривается плоский барьер безопасности (ПББ). Ворота открываются наружу.
Калитка	Количество калиток 1 шт. Ширина - 1 м. В комплект калитки входят столбы, каркас калиток с заполнением панелями, петли с защитой от несанкционированного демонтажа, замок, ручка, притворная планка, метизы, фиксатор калитки. Петли калитки, расположены с внутренней стороны СЭС. Над калиткой предусматривается плоский барьер безопасности (ПББ). Калитка открывается наружу.
Высота ограждения с учётом СББ, м	Не менее 2,5

Панели	Высота панелей 2,03 м. Панели полностью оцинкованные. Цинкование выполняется по ГОСТ 3282 и ГОСТ 52246, с последующим покрытием полимерной краской. Толщина стальных прутков без учёта цинкового покрытия и покрытия полимерной краской не менее 5 мм. Ребро жесткости размерами не менее 44х100 мм.  Размер ячейки не более 200х55 мм. Ширина панели 2,505м (может незначительно отличаться) Крепление к столбу скобой через виброгасящую вставку. Количество ребер жесткости не менее 4 штук
Столбы	Квадратные сечением 60х60 мм толщиной стали 2 мм, оцинкованы методом горячего цинкования, покрыты полимерной краской. Предусматривают возможность крепления элементов системы охраны и освещения периметра. Каждые 25 м ограждения устанавливаются усиленные столбы сечением 80х80 мм с возможностью крепления видеокамеры и светильника. На всех столбах предусматриваются заводские отверстия для крепления панелей ограждения. Предусматривается возможность прокладки информационных и силовых кабелей внутри столбов. Чертежи узлов см. в приложении 19
Спиральный барьер безопасности (СББ)	Заводского изготовления, оцинкованный. Кол-во витков - не менее 6 на 1 п/м, диаметр СББ 600мм. Поставляется полный комплект для монтажа СББ, в т.ч. V-образный наконечник, фиксатор струны, струна для крепления оцинкованная 2,5 мм, зажимные скобы для крепления СББ.
Плоский барьер безопасности	Высота ПББ не менее 500 мм. Количество витков на погонный метр – не менее 4 витков. Комплект для монтажа ПББ, в т.ч. скобы для крепления витков с цинковым покрытием. ПББ поставляется в комплекте с воротами и калиткой.
Окраска	Полимерное порошковое покрытие. Цвет столбов и V-образных наконечников для крепления СББ RAL 3020; Цвет заглушек для столбов RAL 9005; Цвет панелей, ворот и калитки RAL 9016.
Стойкость к снеговым и ветровым нагрузкам	Ограждение обустраивается таким образом, чтобы выдерживать снеговые и ветровые нагрузки согласно существующим нормам для места установки.

Стойкость к атмосферным нагрузкам	Ограждение адаптировано к температурным и влажностным нагрузкам, которые могут вызывать в конструкции динамические усилия или деформации.
Коррозионная стойкость	Элементы ограждения выполняются из нержавеющей стали или стали с цинковым покрытием.
Монтаж ограждения	Модульное ограждение монтируется без применения сварки. В объём поставки входят все элементы, необходимые для монтажа ограждения (включая специализированный инструмент для монтажа зажимных скоб для крепления СББ).
Обслуживание и эксплуатация	Модульное ограждение не требует дополнительных вложений в ходе эксплуатации, окраски и дополнительной защиты от коррозии.
Соответствие НТД	Ограждение соответствует требованиям действующей нормативно-технической документации Республики Казахстан

Ведомость выполнения технического задания Заказчика:

Требование Заказчика	Подтверждение выполнения
Изготавливается из сплошной металлической (стальной) сетки или решетки, с прутками диаметром не менее 5 мм, имеющим антикоррозионную защиту. Расстояние между прутками составляет не более 15 см, высота ограждения не менее 2,5 метра;	Выполняется. Применяется модульное ограждение, толщина прутка не менее 5мм (без учёта толщины полимерной краски). Расстояние между вертикальными прутками 50мм. Высота ограждения с учётом СББ не менее 2,5м
Поверх ограждения монтируется спиральный барьер безопасности (СББ) «Егоза» (армированная скрученная колючая проволока), диаметр витка не менее 600 мм, количество витков на погонный метр не менее 6-8.	Выполняется.
Дежурное освещение: должно обеспечивать гарантированную освещенность не менее 10 лк во всех контролируемых зонах, световая эффективность не менее 100 люмен /ватт, расстояние от светильника до светильника не более 30 метров	Выполняется. Будет обеспечено расстояние между светильниками не более 30м

6. Ведомость приложений

№ Приложения	Название
Приложения по ФЭМ	
1	ФЭМ Лист данных (оригинал и перевод)
2	Сертификат TUV SUD на ФЭМ
3	Список производителей поставщиков_Tier1 (BNEF 2023г и 2024г)
4	Касаемо PID LID и деградации ФЭМ
5	Подтверждение ячейки N-type ФЭМ
Приложения по трекерам	
6	По аэродинамическим испытаниям трекеров
7	Сертификат IEC 62817 Трекеры
8	Лист данных на трекер (оригинал и перевод)
Приложения по инверторам	
9	Инвертор лист данных (оригинал и перевод)
10	Письмо-подтверждение изготовителя о работе инвертора при низких температурах
11	Отчёты PVSyst для варианта с 6 и 7 инверторами
12	.ond файл инвертора SUN2000-330KTL-H2
Приложения по КТП	
13	Компоновка КТП_изм1
13.1	Решения по цветовому оформлению фасадов КТП
14	Спецификация РУ 0,8 КТП
15	Спецификация РУ 10
16	Сигналы ТМ
Общие решения по СЭС	
17	Однолинейная схема
17.1	Трасса КЛ 10 кВ
18	Планировка СЭС
Ограждение	
19	Узлы ограждения