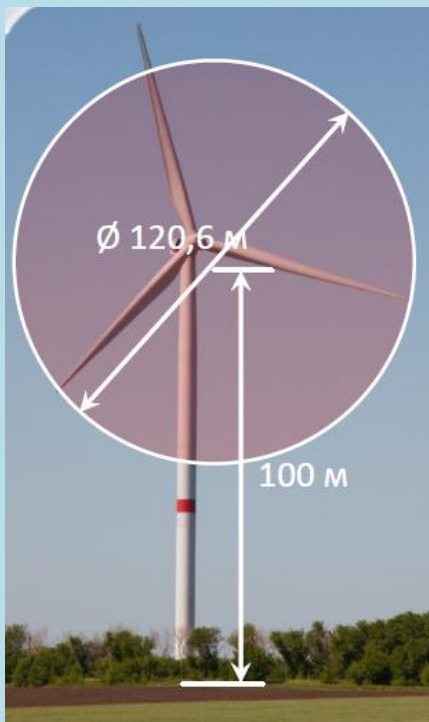
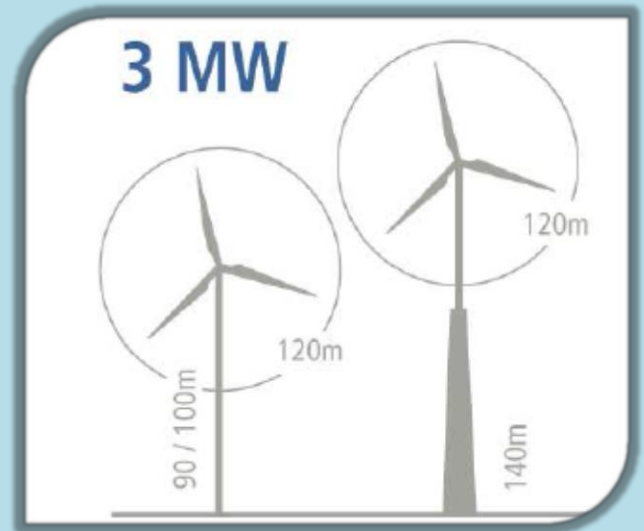


Техническое описание ВЭУ WTU 3,2 мощностью 3,2 МВт

ВЭУ WTU 3,2 соответствует IEC 61400 для класса ветра 2а. Технология LARUS Compact® drivetrain была усовершенствована новой концепцией гибридного компактного привода и использована в данном типе ВЭУ, что гарантирует значительную экономическую эффективность ВЭУ мощностью 3,2 Мвт.



1. Номинальная мощность - 3200 кВт.
2. Высота до оси ротора – 90 / 100 / 120 / 140 м.
3. Диаметр ротора – 120,6 м.
4. Пусковая скорость ветра - 3,0 м/с.
5. Номинальная скорость ветра – 13,0 м/с.
6. Максимальная скорость ветра – 25 м/с.
7. Эксплуатация при t °от -20°C до +40°C.
8. Диапазон числа оборотов – 6,0 - 16,0 об/мин.
9. Ном. число оборотов ротора – 12,9 об/мин.

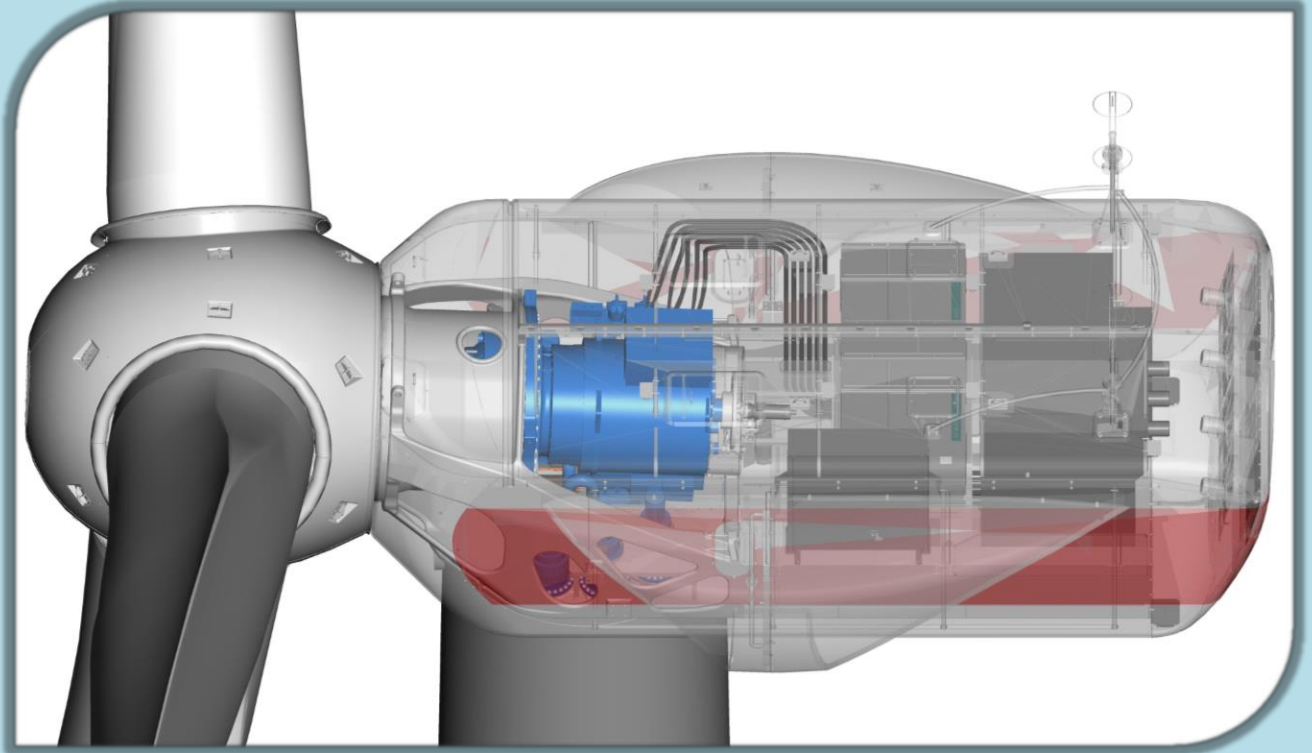


Рис. 1 – Гондола WTU 3,2

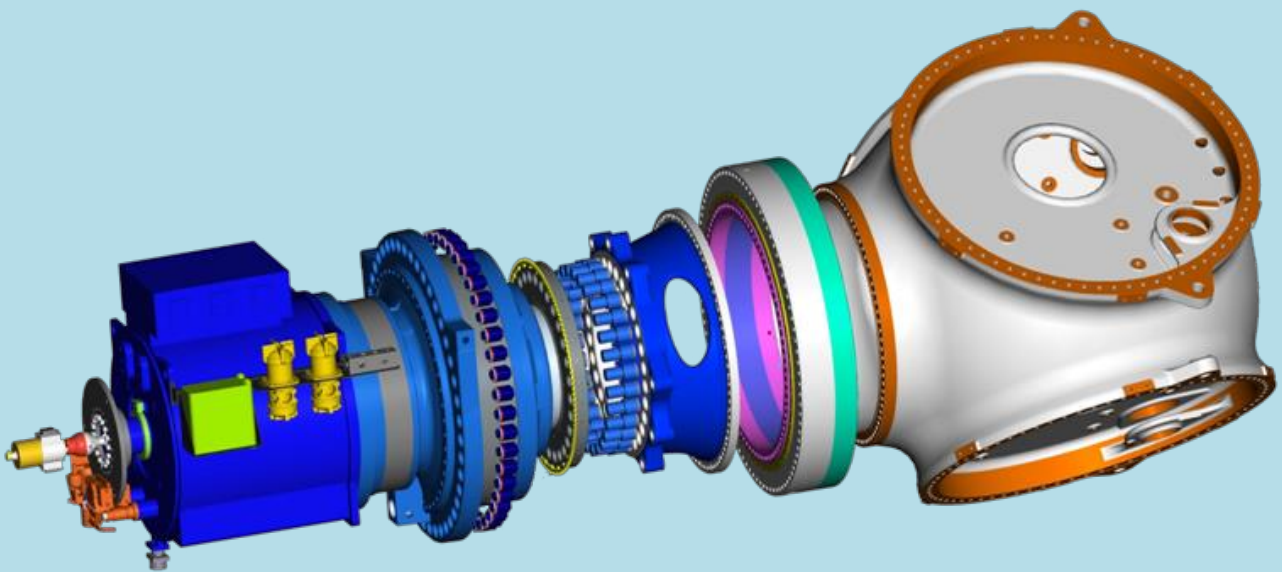


Рис. 2 – Гибридный привод WTU 3,2

Технические данные

Основные характеристики	Ротор 120 м
Ротор	ротор, состоящий из трех лопастей, направленных против ветра
Ось ротора	Угол наклона 5°
Контроль скорости	Электрическая система контроля угла атаки лопасти с тройным резервированием
Номинальная мощность, МВт	3.2
Минимальная скорость ветра, м/с	3.0
Номинальная скорость ветра, м/с	13
Максимально допустимая скорость ветра, м/с	25
Срок службы, лет	20
Сертификация гондолы и ротора	IEC 61400 2a
Рабочий температурный диапазон, °С	От -20 до +40

Ротор

Ротор состоит из 3 лопастей, ступицы, трех подшипников с зубчатыми венцами и трехфазных приводов, при помощи которых система контроля угла атаки лопастей производит поворот лопастей на оптимальный угол. Лопасти изготовлены из высококачественного стеклопластика. Система контроля угла атаки лопастей, которая встроена в ступицу, спроектирована с тройным резервированием. На лопасти устанавливается молниеотвод, который подключен к ступице.

Ротор	
Диаметр ротора, м	120.6
Площадь лопастей, м ²	11.423
Удельная мощность / площадь ротора, Вт/м ²	263
Скорость ротора, об/мин	от 6 до 16
Угол наклона	3°
Угол конусности	-5°
Общая масса, т	около 92

Ступица	
Материал	Модифицированный чугун с шаровидным графитом EN-GJS-400-18U-LT (GGG 40.3)
Масса, т	около 19.3

Лопастей ротора	
Материал	Полиэстер (стеклопластик)
Длина, м	58.8
Масса 1 лопасти, т	около 14.6

Система контроля угла атаки лопасти	
Двигатель	трехфазный двигатель, 6 полюсный
Макс. скорость системы контроля шага лопасти	12°/с
Контроль скорости ротора	IGBT-инвертор

Привод

Привод имеет подшипник, поглощающий нагрузки и изгибающий момент, воздействующий на ротор. Подшипник присоединен к раме и через него изгибающий момент ротора передается на башню.



Рис.3 Гибридный привод

Крутящий момент ротора передается на вал гибридного привода через муфту вала. Она непосредственно соединяется с редуктором через виброизолированное болтовое соединение. Реактивный изгибающий момент редуктора рассредоточивается по раме машины через круглую опору, которая демпфируется с помощью эластомерных опор, установленных по всей окружности гибридного привода.

Муфта ступицы	
Материал	Модифицированный чугун с шаровидным графитом EN-GJS-400-18U-LT
Масса, т	около 2.2

Редуктор	
Тип	Одноступенчатый планетарный редуктор с цилиндрическим зубчатым зацеплением
Номинальная мощность, МВт	3.56
Передаточное число для частоты 50 Гц	1 : 35.52
Система смазки	Электрический масляный насос (принудительная подача масла)
Объем масла, л	около 600
Замена масла	Ежегодно согласно требованиям
Масса, включая масло и доп. приспособления, т	около 22

Генератор

Среднескоростной генератор с постоянным магнитом (ГПМ) низкого напряжения с кожухом водяного охлаждения. Фланец ГПМ напрямую присоединен к редуктору. Генератор оснащен тремя отдельными трехфазными обмотками. Таким образом, можно использовать три отдельных преобразователя. В случае отказа преобразователя – возможна эксплуатация с частичной нагрузкой.

Выделяемое тепло рассеивается в циклическом процессе охлаждающей жидкости. Система контактных колец не требуется, за исключением заземления контактной планки в соответствии с концепцией ЭМС (электромагнитная совместимость).

Генератор	
Тип	Синхронный генератор с постоянными магнитами
Класс защиты	IP 54
Номинальная мощность, МВт	3.300
Номинальное напряжение, В 3~	720
Частота, Гц	42.6 – 113.7
Диапазон скоростей или числа оборотов, об/мин	213 - 568 об/мин
Масса, т	около 13 т
IEC размер	900
Датчик скорости	инкрементальный датчик 2048 имп./ об
Система охлаждения	водяной кожух с внутренней циркуляцией

Преобразователь частоты

Конвертер предназначен для низкого напряжения и располагается в гондоле. Три отдельных частотных преобразователя установлены параллельно между линией и статором синхронного генератора с постоянными магнитами. Сетевая сторона и генераторная сторона преобразователей оснащена модулями IGBT, в качестве силовой электроники. Данная технология приводит к высокой динамике приводной системы с высшими характеристиками линии.

Преобразователь частоты	
Количество шкафов	3
Размеры шкафа, мм	1600 x 2200 x 600
Класс защиты	IP 54
Номинальное напряжение	690 V 3~
Частота (на стороне трансформатора)	50 Гц
Масса, т	около 3 x 1.8т
Система охлаждения	Водяная
Интерфейс	CANopen, Ethernet, Profibus, USB

Трансформатор

Трансформатор, преобразующий производимую 690 В электроэнергию в среднее напряжение, расположен внутри гондолы. Трансформатор покрыт металлическим корпусом (система безопасности) для его изоляции от внешней атмосферы, действий оператора и противопожарной защиты. Внутренний воздух циркулирует при помощи вентиляторов. Нагретый воздух охлаждается водно-воздушным теплообменником. Конструкция трансформатора представляет собой двухобмоточный трансформатор с группой соединений Dyn5 в соответствии с руководством *IEC 60076*.

Трансформатор	
Номинальная мощность, МВА	3.5
Номинальное напряжение на низкой стороне, В 3~	690
Номинальное напряжение на высокой стороне, кВ 3~	35
Векторная группа	Dyn 5
Номинальное напряжение короткого замыкания	7.5%
Частота, Гц	50
Масса, т	около 8
Размеры, включая подачу (длина x высота x ширина)	около 1,770 мм x 2,000 мм x 1,250 мм
Система охлаждения	KNAN / KNAF

Распределительное устройство среднего напряжения

Распределительное устройство среднего напряжения располагается в основании башни. Устройство размещается в газо-изолированной металлической капсуле и оборудовано вакуумным переключателем цепи по стандарту IEC 298 или ANSI/IEEE C37. Устройство среднего напряжения в трубчатых башнях состоит из двух ячеек ввода кабеля и одной трансформаторной ячейки с переключателем сети и защитой от перегрузки по току.

Устройство среднего напряжения	
Изоляция	SF6
Номинальное напряжение	35 кВ
Номинальный ток переключателя	630 А
Номинальный импульсный ток	40 кА
Номинальный кратковременный ток	1 с/ 16 кА
Вес	около 400 кг
Размеры, включая подачу (длина x высота x ширина)	680 мм x 1,380 мм x 720 мм
Защитное реле	Защита от перегрузки с характеристиками DEFT

Заказчик должен сообщить об изменениях в указанных выше технических характеристиках и предоставить новые данные на утверждение ООО «Фурлендер виндтехнологджи». Изменения стандартной конфигурации электрического оборудования может повлечь за собой дополнительные затраты.

Система охлаждения и фильтрации

Редуктор, генератор и трансформатор имеют одну общую активную систему охлаждения. Водяной насос качает охлаждающее средство через параллельно-расположенные кожух водяного охлаждения генератора и водно-воздушный теплообменник трансформатора. Затем, охлаждающее средство проходит через масляно-водяной участок теплообменника редуктора. Охлаждающее средство охлаждается двумя параллельными водно-воздушными теплообменниками, которые располагаются снаружи и обдуваются ветром. В условиях низких температур включается термостат, пускающий жидкость в обход водно-воздушного теплообменника. Конвертер так же охлаждается жидкостью. Он оснащен независимой активной системой охлаждения.

Все системы сконструированы таким образом, чтобы поддерживать оптимальные для эксплуатации температуры даже при повышенных внешних температурах.

Для предотвращения замерзания, в охлаждающую воду добавляется 50% гликоли.

Система охлаждения и фильтрации редуктора:

Тепло редуктора рассеивается в масло-водяном участке теплообменника при помощи насосной системы с электрическим приводом. Посредством системы труб, расположенных внутри и вокруг редуктора, охлажденное масло достигает компонентов, подвергающихся высокому термическому напряжению. Постоянной фильтрацией, с фильтрующим элементом с 50 μm / 10 μm , достигается надлежащий уровень чистоты масла, а именно 17/15/12 согласно *ISO 4406* или лучше. Ресурс эксплуатации фильтра – 12 месяцев.

Система охлаждения генератора:

Тепло рассеивается непосредственно благодаря водяному кожуху генератора по водяному циклу.

Система охлаждения преобразователя:

Конвертер имеет систему водяного охлаждения для силовой электроники. Вода, нагретая в конвертере, охлаждается окружающим воздухом, прошедший через водно-воздушный охладитель. Перед включением конвертера, холодная охлаждающая вода нагревается.

Система охлаждения трансформатора:

Трансформатор покрыт металлическим корпусом для отделения обмоток от любого внешнего воздуха. Трансформатор охлаждается циркулирующим воздухом. Тепло рассеивается за пределами металлического корпуса по водяному циклу, посредством водно-воздушного теплообменника, который располагается вблизи трансформатора и жестко присоединен к металлическому корпусу.

Подшипники генератора и редуктора, трансмиссионное масло, обмотка генератора, модуль инвертора мощности и охлаждающее средство

терморегулируются автоматически. Режимы охлаждения управляются в соответствии с эксплуатационными показателями и режимами – это означает, что, по возможности, поддерживается оптимальный температурный диапазон.

При ограниченной скорости ветра и слишком высокой температуре окружающей среды, мощность на выходе уменьшается автоматически. Цель – продолжение функционирования.

Тормозная система

Аэродинамические тормоза установлены на три лопасти, которые настраиваются независимо друг от друга, лопасти ротора могут поворачиваться от 0° до 90°.

Дополнительно в ВЭУ на роторе устанавливается тормозной диск с электромеханическим тормозным суппортом. Тормоз используется для обеспечения безопасности работы оператора во время сервисного обслуживания ВЭУ.

Тормоз обеспечивает аэродинамическое торможение во время активации системы безопасности. Крутящий момент механического тормоза составляет 0,7 от номинального крутящего момента. После остановки ротор может быть заблокирован при помощи 3-х механических фиксаторов ротора.

Гидравлическая система

Децентрализованная гидравлическая система состоит из двух узлов. Она используется для привода механического тормоза ротора и для тормоза механизма ориентации.

Гондола

Гондола состоит из рамы, кабины и нижней части корпуса, которая служит в качестве сборника для охлаждающей жидкости и масла во время протечек. Крыша, изготовленная из высококачественного стеклопластика, может гидравлически раскрываться. Форма гондолы с установленным вентилятором

позволяет использовать природный поток воздуха для охлаждения.

Гондола	
Тип рамы гондолы	Стальная конструкция
Материал	EN-GJS-400-18U-LT
Масса, т	25,9

Система ориентации

Направление ветра постоянно измеряется на высоте ступицы при помощи двух датчиков измерения ветра. Если показатели направления ветра выходят за рамки допустимых значений включается механизм ориентации, который осуществляет поворот гондолы. Диапазон допустимых значений между направлением ветра и позиционированием гондолы зависит от скорости ветра. Ориентирование осуществляется 6 приводами (редуктор-электродвигатель), которые ориентируют опорно-поворотный подшипник. Во время остановки гондолы гидравлический тормоз на опорно-поворотном подшипнике и тормоза двигателей, приведенные в действие электромагнитом, срабатывают.

Система ориентации автоматически разворачивает гондолу, когда скручивание кабелей между гондолой и башней достигает критического значения.

Два датчика для измерения направления ветра и два анемометра увеличивают степень безопасности системы. Подшипник азимута	
Материал	42 Cr Mo4
Масса, т	около 3

Привод азимута	
Двигатель	трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором
Редуктор	4-х ступенчатый планетарный редуктор

Кол-во приводов	6
Система смазки	Масло
Скорость вращения	около 0.5 °/с

Тормоз азимута	
Тип	гидравлический тормозной диск
Материал тормозных накладок	органический
Кол-во тормозных суппортов	6

Башня

Ветровые турбины устанавливаются на трубчатые башни с высотой ступицы 90 м, 100 м, 120 м или на гибридные башни с высотой ступицы 120 м, 140 м, 160 м. Лестницы с защитными приспособлениями, местами отдыха и рабочими платформами располагаются внутри башни. Башни всегда оснащаются лифтовой системой.

Защита от коррозии трубчатой башни достигается путем пескоструйной обработки и покрытием эпоксидной смолой в соответствии с *ISO 12944*. Конструкция фундамента для турбины зависит от почвенных условий на предлагаемом месте.

Трубчатая башня	
Материал	S235 JR, S235J2+N, S355 J2+N
Антикоррозийная защита	эпоксидная смола
Крепление основания башни	анкерная корзина, забетонированная в фундамент.

Высота до оси ступицы	90 м	100 м	120 м
Класс	IEC 2a, 3a DIBt III	IEC 2a, 3aDIBt III	IEC 2a, 3a DIBt III
Масса без встроенных компонентов, т	236	298	326

Система безопасности

Система безопасности ВЭУ спроектирована согласно требованиям Агентства сертификации GermanischerLloyd. Система безопасности обеспечивает безопасную работу ВЭУ в различных условиях, таких как отказ системы контроля, поломка компонентов или систем. Система безопасности соответствует 3 классу Европейских технических норм. Она состоит из устройств контроля, защиты от перегрузки по току, многочисленных кнопок экстренной остановки, ограничителей скорости ротора и генератора, устройства защиты системы контроля, ограничителей скручивания кабеля, защиты от увеличения давления масла и герметической защиты трансформатора среднего напряжения, ограничителя ускорения гондолы (так называемый вибровыключатель). На каждом валу системы контроля шага установлен датчик, который активируется в случае выхода из строя инвертора, в случае недопустимых отклонений между показателями датчиков угла поворота лопасти или в случае потери связи с системой контроля.

Контроль состояния

В качестве опции на ВЭУ может быть установлена система контроля состояния CMS. При помощи датчиков акустических колебаний, установленных на основном подшипнике, редукторе и генераторе, система регистрирует показатели широкополосной вибрации. Методы, которые используются для оценки: огибающая спектра, амплитудная спектра, метод корреляции, вычисление средних величин и анализ наилучших случаев, определение скорости ротора, эффективной мощности и скорости ветра. Принцип работы системы мониторинга основан на многолетнем опыте и постоянных инновациях. При ее разработке учитывались рекомендации AllianzZentrumfurTechnikGmbH и GermanischerLloyd.

Оперативный и диспетчерский контроль

Работа ВЭУ контролируется посредством программируемого логического

контроллера (PLC), который связан с датчиками и системами ВЭУ, проводит анализ данных согласно заложенным алгоритмам и выдает сигналы на преобразователи и системы в соответствии с установленными параметрами. Процесс управления определяется статусным и переходным состоянием (Petri-net). Сотни установленных параметров облегчают точную настройку и оптимизацию системы контроля. Контроль статусного состояния и системы аварийной сигнализации заложен в базу. Постоянная проверка статусов обеспечивает оптимальное функционирование ВЭУ при выработке электроэнергии и в условиях выше или ниже оптимальных.

Устройство для контроля и мониторинга – контроллер M1, производства Bachmann electric GmbH. Устройство не требует установки специальных PC технологий и системы Windows, обновления запчастей, было разработано для эксплуатации в неблагоприятных природных условиях и хорошо адаптировано к работе в сложных условиях согласно требованиям коэффициента готовности ВЭУ и ее техническим характеристикам. Контроллер M1 служит платформой для наращиваемых модулей. Кроме действующих контроллеров к модулям можно подключить все аналоговые цифровые входы и выходы, включая многочисленные протоколы шин.

Дополнительные модули могут быть установлены для проведения замеров, показатели будут записаны без внесения изменений в программу. Связь между отдельными модулями установлена при помощи ошибкоустойчивой локальной сети Fastbus. Управление ВЭУ осуществляется через панель управления, установленную в гондоле и в основании башни. При помощи ПК или ноутбука можно осуществлять удаленный контроль, через телекоммуникационную связь ветропарка и внутри ВЭУ, подключив ее к Ethernet. Таким образом можно проследить общую тенденцию и данные производительности ВЭУ.

Связь между отдельными установками внутри ветропарка также осуществляется посредством Ethernet. Однако сеть ветропарка устанавливается отдельно от линий коммуникаций каждой отдельно взятой установки. Связь между сетью ветропарка

и компьютерами заказчика или сервисной службы устанавливается через линию SDSL. Благодаря технологии Ethernet возможно установить любые стандартные технологии и устройства на ВЭУ, включая временно используемые устройства измерения, компьютеры, веб-камеры и микрофоны.

Контроллер M1 имеет SMTP и HTML протоколы, которые позволяют отправлять сигналы тревоги на E-mail и подключать веб-камеру. Контроллер M1 имеет собственную память 64 MB, которая поддерживается конденсатором при перебоих в напряжении питания. В случае если перебои напряжения питания происходят в течение длительного периода времени, содержимое памяти передается на энергонезависимую память. В памяти может храниться большое количество информации, включая статусные коды, оповещения о тревоге и тренды.

Управление	
Тип	M1
Температура окружающей среды	-20° C to 60° C
Связь между линиями ВП	Fastbus (near), Fastbus (remote)
Интерфейс	RS 232, RS 422/485, Ethernet, USB
Протоколы	FTP, SMTP, HTTP
Шина	CAN, Profibus

Система молниезащиты

При разработке ВЭУ большое внимание уделялось разработке системы молниезащиты. Для всех компонентов была создана максимальная защита.

Молниезащита и защита от перенапряжений соответствует требованиям Концепции Молниезащиты класса I (Class I LightningProtectionConcept) и следующим стандартам IEC 61024/1, IEC 61312-1, DIN VDE 0185 часть 103 и DIN VDE 0100 часть 534.

Кривая мощности

Кривая мощности рассчитана для следующих условий:

Условия вычисления	120 м ротор
Моделирующая программа	Flex 5
Диаметр ротора	120 м
Тип лопастей	EU 120
Номинальная скорость ротора	12.9 об/ мин
Плотность воздуха	1.225 кг/ м ³
Интенсивность турбулентности	10%
Угол наклона при направлении ветра	0,16
Расчеты согласно	IEC 61400-12
Скорость ветра на высоте оси ступицы, м/с	Электрическая мощность при лопастях EU120, кВт
3.0	46.9
3.5	101.5
4	174.5
5	373.1
6	671.4
7	1073.5
8	1609.3
9	2244.0
10	2793.3
11	3105.3
12	3190.5
13	3200.0
14	3200.0
15	3200.0
16	3200.0
17	3200.0
18	3200.0

19	3200.0
20	3200.0
21	3200.0
22	3200.0
23	3200.0
24	3200.0
25	3200.0

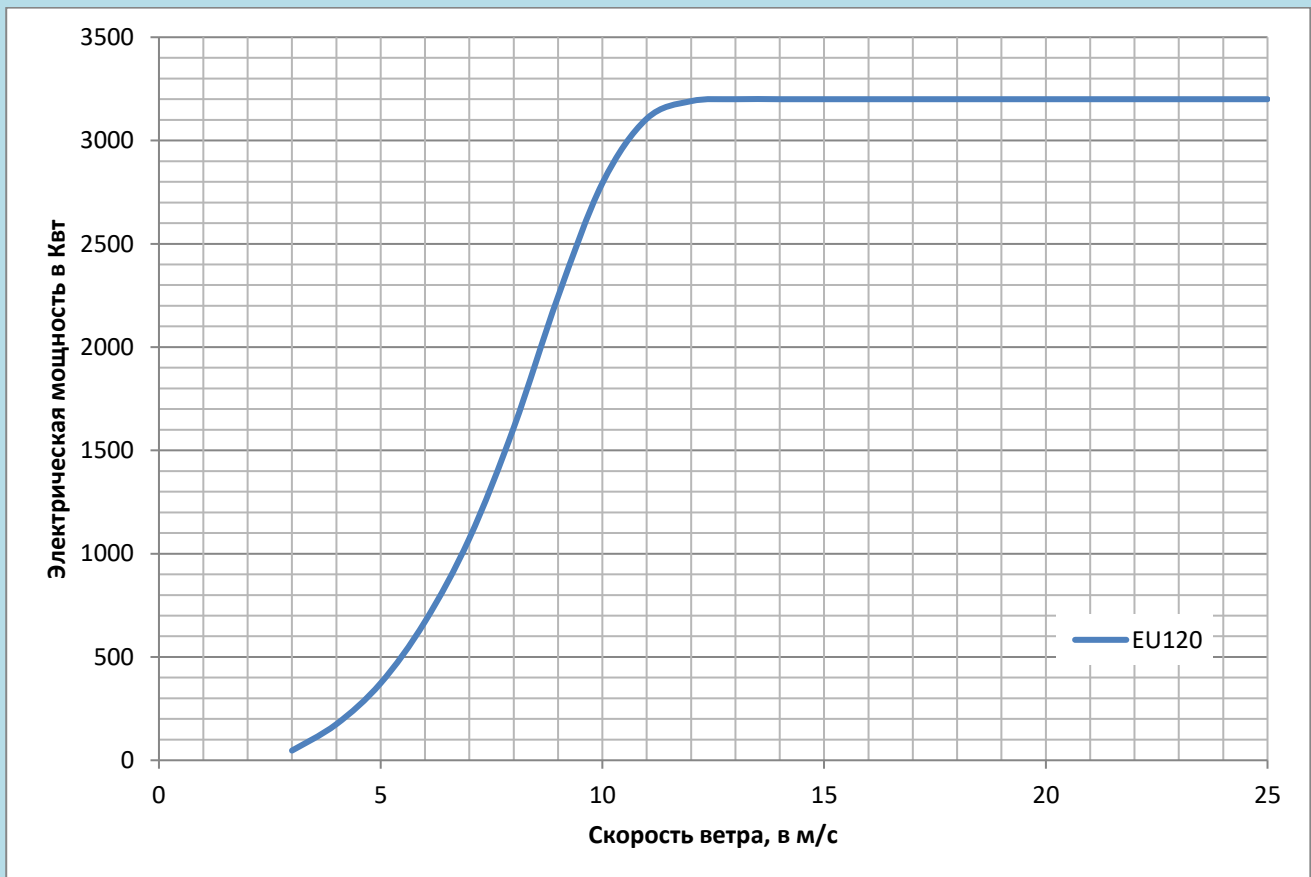


Рис. 3 – Кривая мощности WTU 3,2

Расчет годовой выработки энергии

Годовая выработка энергии рассчитывается согласно стандарту IEC 61400-12 для нормальных условий и при теоретическом коэффициенте готовности 100%. Расчетная годовая выработка энергии определяется согласно пункту 20, стандарта и не может учитывать специфические погодные условия местности.

Среднегодовое значение скорости ветра на высоте оси ступицы, м/с	Расчетная годовая выработка энергии при лопастях EU120, МВт/ч
5.0	5,864
5.5	7,247
6.0	8,621
6.5	9,949
7.0	11,209
7.5	12,386
8.0	13,648
8.5	14,705

Справочные данные согласно Закону о возобновляемых источниках энергии

Справочные данные по базовому производству согласно Закону о возобновляемых источниках энергии рассчитывается исходя из следующих данных:

Справочные данные по базовой площадке согласно Закону о возобновляемых источниках энергии	
Годовая скорость ветра на высоте 30 м	5,5 м/с
Плотность воздуха	1.225 кг/м ³
Коэффициент шероховатости	0,1 м
Распределение Релея	K=2