

НТЦ ЕЭС
Московское отделение

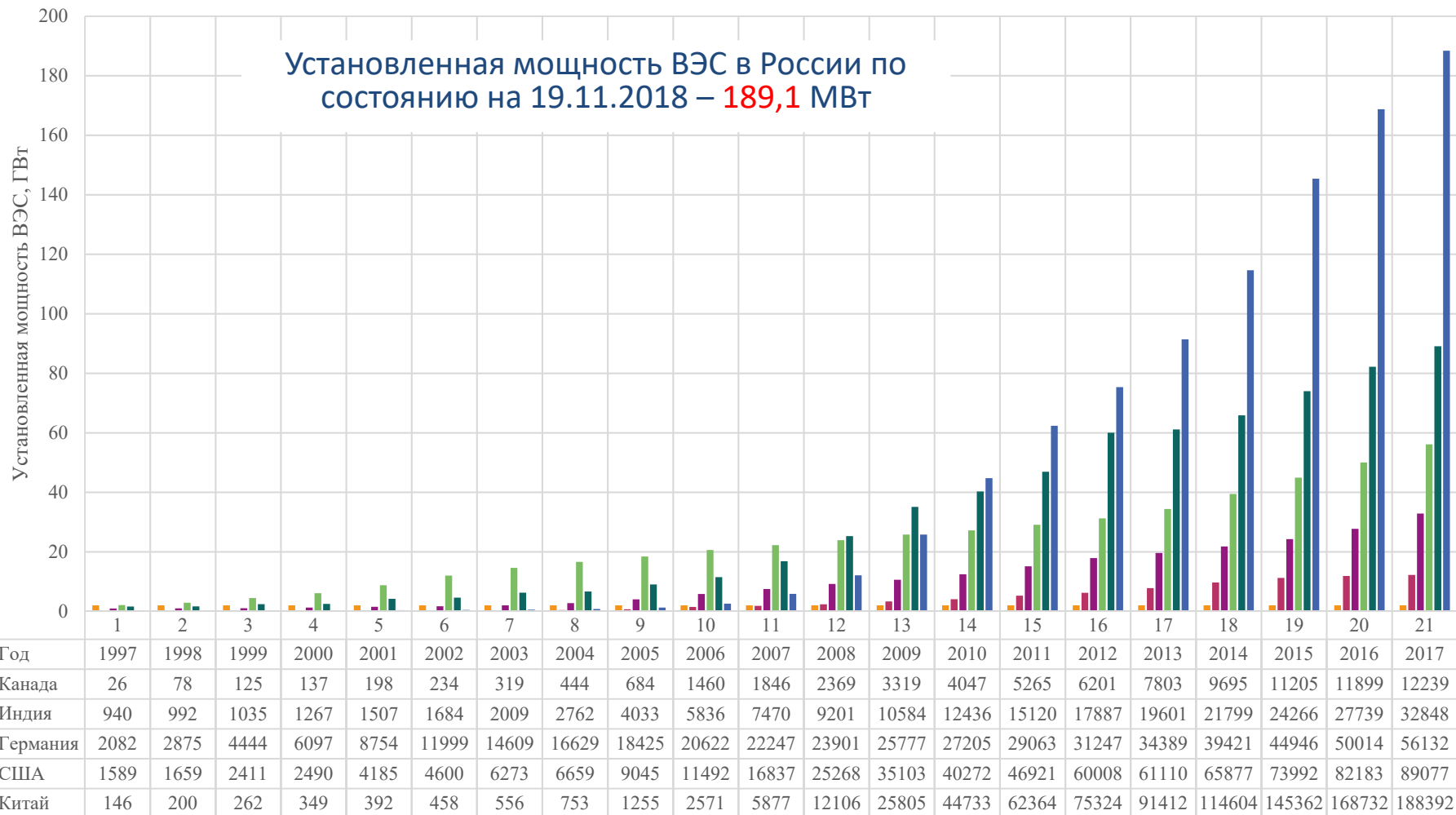
Заседание секции
«Стандартизация в электроэнергетике» НП «НТЦ ЕЭС»
«Актуальные вопросы обновления стандартов в
электроэнергетике, с учетом зарубежного опыта (МЭК)»

**Практика применения стандартов при разработке схем выдачи
мощности ветроэлектрических и солнечных электростанций**

Волков Максим Сергеевич
Заместитель главного инженера, к.т.н.

19 ноября 2019 г., Москва

Динамика изменения установленной мощности ВЭС в мире



Нормативная основа создания и развития ВИЭ на территории Российской Федерации

Федеральный закон от 26.03.2006 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»

Распоряжение
Правительства
РФ от 08.01.2009
№ 1-р

+

Постановление
Правительства РФ
от 20.10.2010
№ 850

+

Постановление
Правительства РФ
от 28.05.2013
№449

+

Постановление
Правительства РФ
от 10.11.2015
№1210

+

План мероприятий
(дорожная карта)
от 28.12.2017
№ 9968п-П9

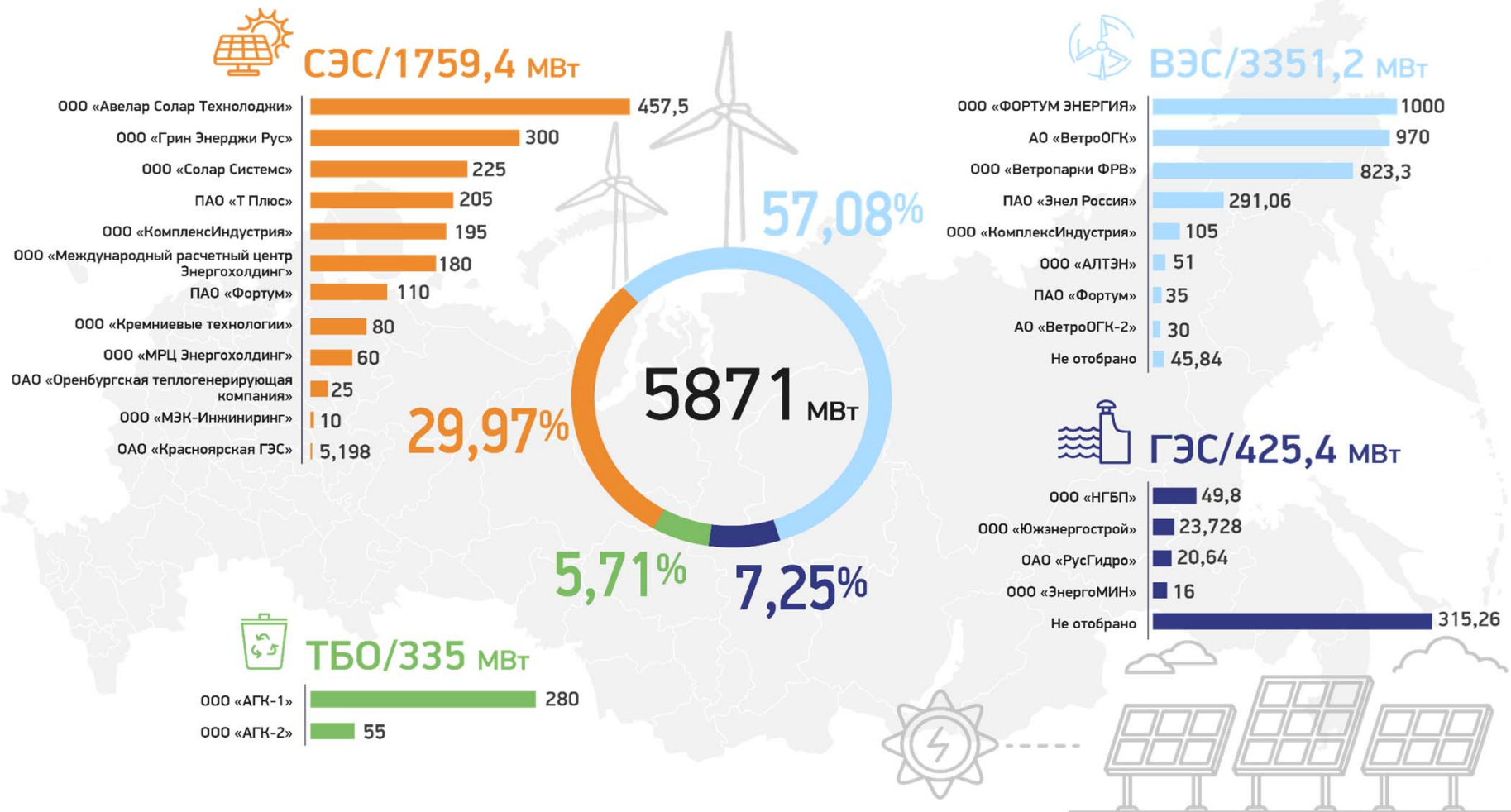
- ✓ Установлены целевые показатели развития ВИЭ по видам до 2024 года

Виды генерирующих объектов	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	2024 год	ВСЕГО
Энергия ветра	-	51	50	200	400	500	500	500	500	500	182,6	3383,6
Энергия солнца	35,2	140	199	250	270	270	270	162,6	162,6	95,5	95,5	1958,4
Энергия воды	-	-	-	20,7	-	49,8	16	24,9	34,9	48,7	15	210
ИТОГО	35,2	191	249	470,7	670	819,8	786	678,5	697,5	648,2	297,1	5552

- ✓ Установлены целевые показатели степени локализации производства основного и/или вспомогательного генерирующего оборудования
- ✓ Определены механизмы поддержки ВИЭ (ДПМ ВИЭ, КОМ ВИЭ, субсидии)
- ✓ Разработаны мероприятия для исключения избыточных требований к проектированию, строительству и эксплуатации объектов ВИЭ

(!) Принятые государством меры поддержки дали импульс процессу развития ВИЭ

РЕЗУЛЬТАТЫ ОТБОРОВ ПРОЕКТОВ





Утвержденные в 2018-2019 годах и разрабатываемые нормативно-правовые акты

Утверждены:

- Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ» от 13.08.2018 №937
- Приказ Минэнерго России «Об утверждении Методических указаний по устойчивости энергосистем» от 03.08.2018 № 630
- Приказ Министерства энергетики РФ «Об утверждении требований к участию генерирующего оборудования в общем первичном регулировании частоты ...» от 09.01.2019 г. № 2
- Приказ Министерства энергетики РФ « Об утверждении требований к оснащению линий электропередачи и оборудования объектов электроэнергетики классом напряжения 110 кВ и выше устройствами и комплексами релейной защиты и автоматики, а также к принципам функционирования устройств и комплексов релейной защиты и автоматики» от 13.02.2019 N 101
- Приказ Министерства энергетики РФ « Об утверждении требований к каналам связи для функционирования релейной защиты и автоматики» от 13.02.2019 N 97
- Приказ Министерства энергетики РФ «Об утверждении Правил проведения испытаний и определения общесистемных технических параметров и характеристик генерирующего оборудования..» от 11.02.2019 г. № 90

В процессе разработки и утверждения:

- Методические указания по проектированию развития энергосистем
- Методические указания по технологическому проектированию линий электропередачи классом напряжения 35 - 750 кВ
- Методические указания по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35 - 750 кВ
- Правила разработки и согласования схем выдачи мощности объектов по производству электрической энергии и схем внешнего электроснабжения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии



Недостатки действующих НТД. Термины и определения

Ветроэлектрическая станция – это:

- ГОСТ Р 51237-98,
ГОСТ Р 54531-2011 – электростанция, состоящая из двух и более ветроэлектрических установок, предназначенная для преобразования энергии ветра и передачи ее потребителю
- ГОСТ Р 54418.1-2012 – группа или группы ВЭУ, обычно называемые ветропарком
- ГОСТ Р 54433-2001 – группа или группы ВЭУ в комплексе с устройствами управления и распределения электрической энергии и оборудованием, необходимым для обеспечения автономной работы на изолированную нагрузку потребителей или параллельной работы с другими электростанциями в составе энергетических систем
- ГОСТ Р 54435-2011 – группа или группы ВЭУ с устройствами управления и распределения электрической энергии и оборудованием, необходимым для обеспечения автономной работы или для электроснабжения сети в зависимости от назначения электростанции, объединенные в единое целое электрической принимающей системой и имеющие общие точки подключения к сети электроснабжения

США

- ✓ US FERC
- ✓ ERCOT
- ✓ ISO New England
- ✓ NERC
- ✓ IEEE
- ✓ PRC
- ✓ И др.

Канада

- ✓ PLUS
- ✓ Canadian electrical code
- ✓ Manitoba Hydro
- ✓ BC Hydro
- ✓ CAN/CSA
- ✓ И др.

Германия

- ✓ ENTSO-E
- ✓ VDE
- ✓ VDN
- ✓ BDEW
- ✓ Tennet TSO
- ✓ DIN
- ✓ И др.

Индия

- ✓ CERC
- ✓ Central Electricity Authority
- ✓ Southern Regional Power Committee
- ✓ Ministry of Non-conventional Energy Sources
- ✓ Indian Centre for Wind Energy Technology
- ✓ Bureau of Indian Standards
- ✓ И др.

Китай

- ✓ China Electric Power Research Institute
- ✓ Beijing State Grid Corporation
- ✓ National Energy Administration
- ✓ AQSIQ
- ✓ State Grid Corporation
- ✓ И др.

Проведен анализ более 400 документов, регламентирующих вопросы работы ВЭС в составе энергосистем за рубежом и в Российской Федерации



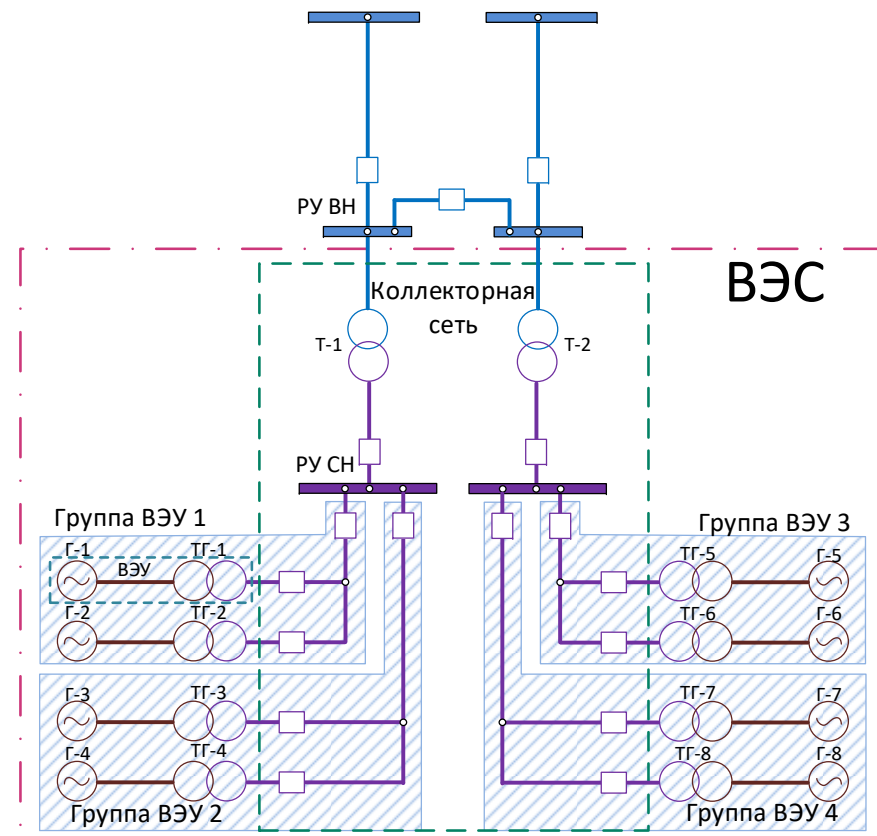
ГОСТ Р 58491-2019 «Электроэнергетика. Распределенная генерация. Технические требования к объектам генерации на базе ветроэнергетических установок»

- Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах частот
- Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах напряжения
- Требования к участию ВЭС в ОПРЧ
- Требования к участию ВЭС в регулировании активной и реактивной мощности
- Требования к автоматизированной системе управления технологическим процессом на ВЭС
- Требования к схеме выдачи мощности ВЭС
- Требования к обеспечению устойчивости ВЭУ
- Требования условиям включения и/или синхронизации ВЭУ

Ветроэлектрическая станция – группа или совокупность групп ветроэнергетических установок, находящаяся у одного лица на праве собственности или на ином законном основании, присоединенная к одному или нескольким соединенным (авто-)трансформаторной связью распределительным устройствам и (или) объединенная единой коллекторной сетью, представляющая собой единый технологический комплекс, имеющий общую локально внедренную автоматизированную систему управления

Группа ветроэнергетических установок – одна ветроэнергетическая установка и более, связанные между собой совокупностью электросетевого оборудования и электрических связей, подключаемые к электрической сети посредством общего выключателя

Коллекторная сеть – совокупность элементов электрической сети, включающая в себя ЛЭП и электросетевое оборудование, расположенное между выводными клеммами ветроэлектрической установки и распределительным устройством высшего напряжения, через которое осуществляется выдача мощности электростанции в сеть



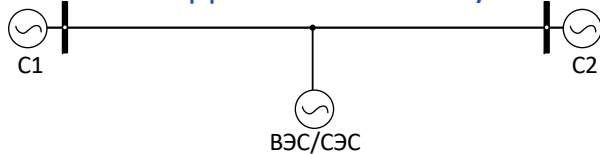


ГОСТ Р 58491-2019. Требования к схеме выдачи мощности ВЭС

- Выдача всей максимальной располагаемой мощности ВЭС должна обеспечиваться в нормальной схеме электрической сети
- В нормальной схеме электрической сети допускается воздействие противоаварийной автоматики на отключение или снижение выработки активной мощности группы ВЭУ при возникновении одного нормативного возмущения, приводящего к недопустимым перегрузкам ЛЭП или электросетевого оборудования и/или нарушению статической устойчивости энергосистемы
- Схемы РУ напряжением 330 кВ и выше, через которые осуществляется выдача мощности ВЭС, должны позволять отдельно отключать любое основное электротехническое оборудование без необходимости дополнительного отключения другого основного оборудования, за исключением схем с присоединением трансформаторов (автотрансформаторов) к системам (секциям) шин без выключателей.
- При разработке схемы выдачи мощности должен быть учтен регулировочный диапазон по реактивной мощности ВЭС. В случае недостаточности регулировочного диапазона по реактивной мощности ВЭС для обеспечения допустимых параметров электроэнергетического режима требуется рассматривать необходимость установки дополнительных средств компенсации реактивной мощности.

ГОСТ Р 58491-2019. Требования к схеме выдачи мощности ВЭС

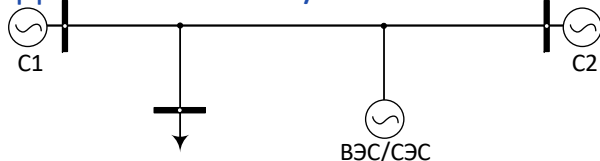
Подключение ВЭС/СЭС к электрической сети отпайкой



Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✓*	✗

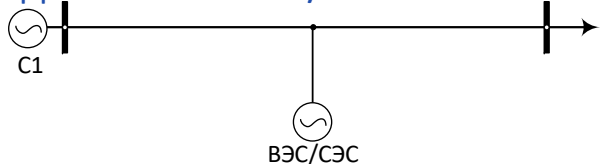
*-допускается при наличии специального обоснования технической невозможности других вариантов подключения

Подключение ВЭС/СЭС отпайкой к ЛЭП с существующими отпайками



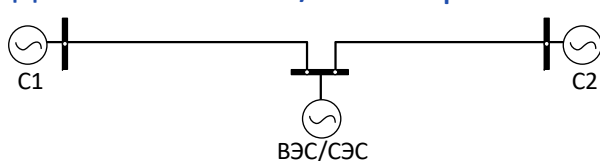
Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✗	✗

Подключение ВЭС/СЭС отпайкой к ЛЭП с односторонним питанием



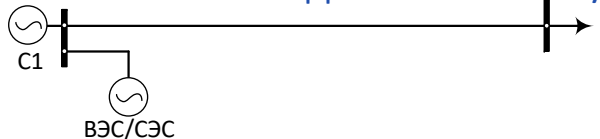
Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✓	✗

Подключение ВЭС/СЭС к транзитной линии по схеме «заход-выход»



Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✓	✓

Подключение ВЭС/СЭС по одной ЛЭП



Класс напряжения	110 кВ	220 кВ	330 кВ
Возможность подключения	✓	✓	✗

Зарубежный опыт. Требования к схеме выдачи мощности ВЭС

Германия

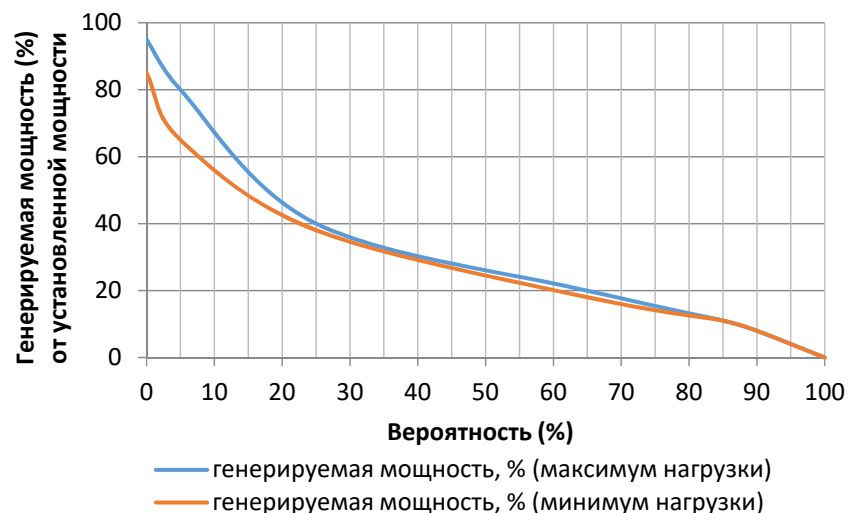
- Проектирование линии, соединяющей установку с точкой подключения к сети, осуществляется без учета критерия N-1.
- Для оценки надежности энергосистемы выполняются расчеты по критерию N-1.
- Критерий N-1 является основой для планирования сетей высокого и сверхвысокого напряжения

Индия

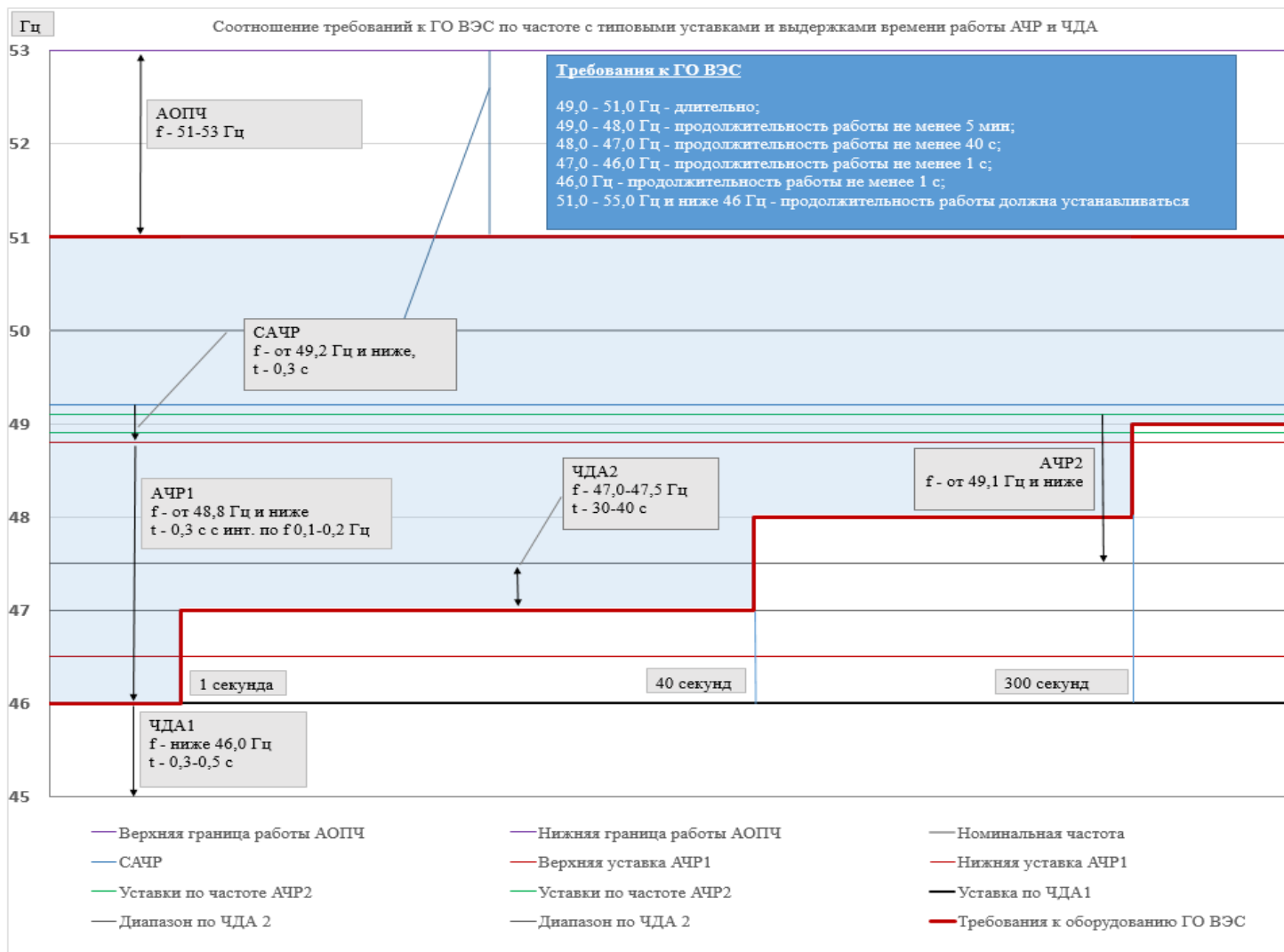
- Технические решения в части линий электропередачи, отходящих от ВЭС, подключенных на напряжении 220 кВ и выше, должны быть основаны по критерию N-1.
- Допускается не применять критерий N-1 для ВЭС, подключенных на напряжении ниже 220 кВ, и ВЭС установленной мощностью менее 100 МВт, подключенных на напряжении 220 кВ.
- Критерий N-1 допускается не применять при подключении ВЭС непосредственно к магистральным сетям внутри штата/магистральным сетям, связывающим энергосистемы штатов, т.е. не применяться к ЛЭП, связывающей станцию с сетью, и к повышающему трансформатору на узловой подстанции.

КНР

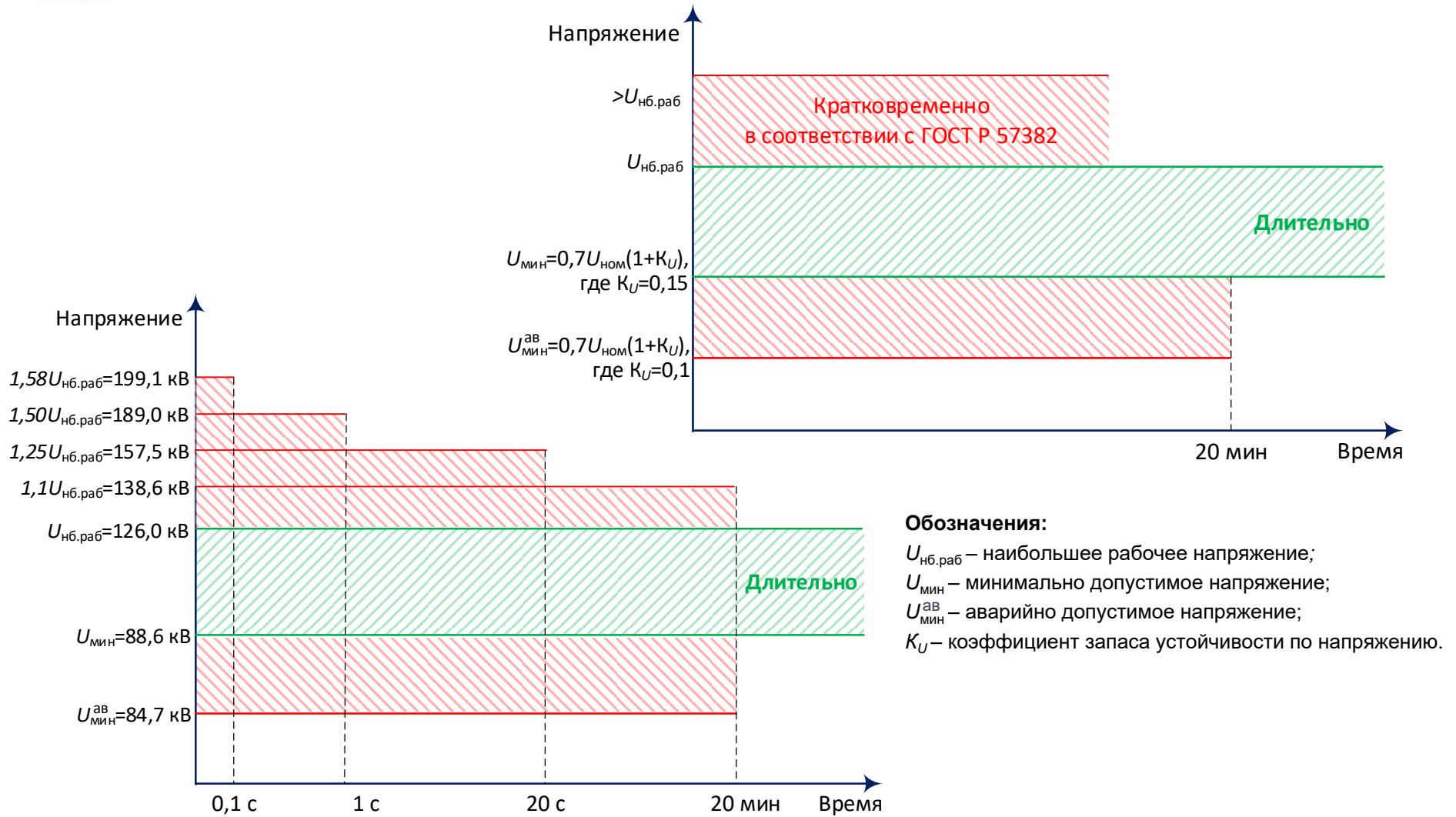
- ВЭС может быть присоединена к энергосистеме посредством одноцепной линии электропередачи.
- Выбор сечения проводов ЛЭП и трансформаторного оборудования осуществляется на основании эффективной мощности ВЭС, которая рассчитывается исходя из вероятностной характеристики выработки мощности ВЭС в различные периоды (либо статистических данных). При выборе пропускной способности рекомендуется использовать значения вероятности 95-99 % (см. рисунок). Эффективная мощность ВЭС может составить от 60 до 95 % от установленной мощности).



ГОСТ Р 58491-2019. Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах частоты



ГОСТ Р 58491-2019. Требования к ВЭУ по допустимой длительности работы в различных диапазонах напряжения



Зарубежная практика. Требования к ВЭУ/ВЭС по допустимой длительности работы в различных диапазонах напряжения

США	Германия				Индия		
<p>Длительно ±5%</p> <p>Послеаварийный режим ±10%</p>		Tennet		VDE 4120	Уном, кВ	Предельные отклонения, %	
		–	220	110	400	от +5% до -10%	
		Длительность, мин			220	от +11% до -9%	
	Повышение, % от Уном	≤15,8	30	30	–	132	от +10% до -9%
		≤15	30	30	30	110	от +10% до -12,5%
		≤11,8	30	30	Д	66	от +10% до -9%
		≤11,4	30	Д	Д	33	от +5% до -10%
		≤10,5	Д	Д	Д	КНР	
		≤5	Д	Д	Д		
	Снижение, % от Уном	≤5	Д	Д	Д	ВЭС: в точке подключения ±10%	
≤7,9		Д	Д	Д			
≤12,3		–	Д	Д			
≤12,7		–	–	Д			
≤15		–	–	3			
Канада							
<p>Длительно ±5%</p> <p>Послеаварийный режим ±10% в течение 30 минут.</p> <p>Все отдельные ВЭУ: в точке подключения ±10%</p>							

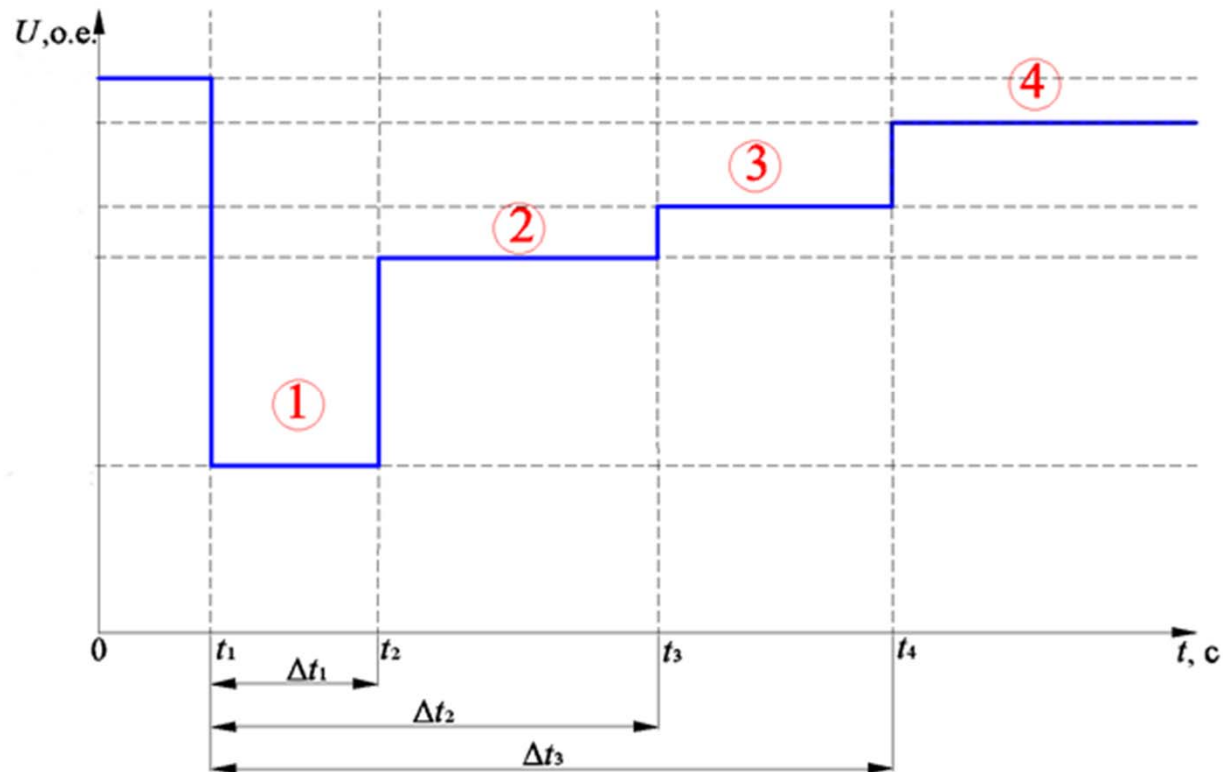
ГОСТ Р 58491-2019. Требования к участию ВЭС в регулировании активной и реактивной мощности



Зарубежный опыт. Требования к участию ВЭС в регулировании активной и реактивной мощности

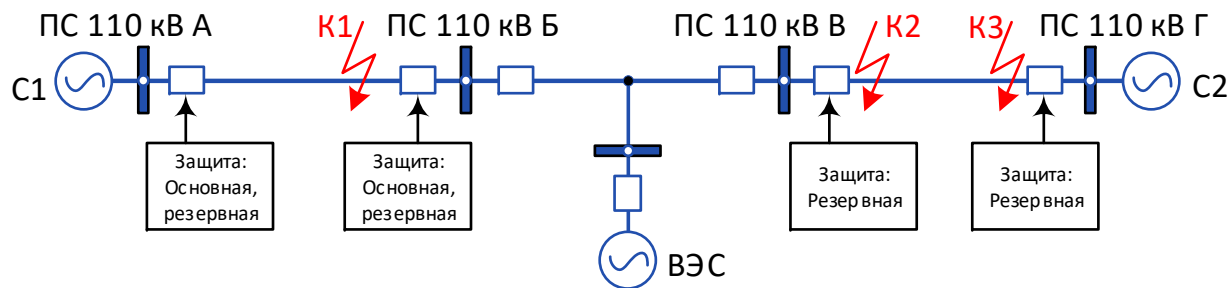


ГОСТ Р 58491-2019. Требования к устойчивости ВЭУ при нормативных возмущениях в электрической сети

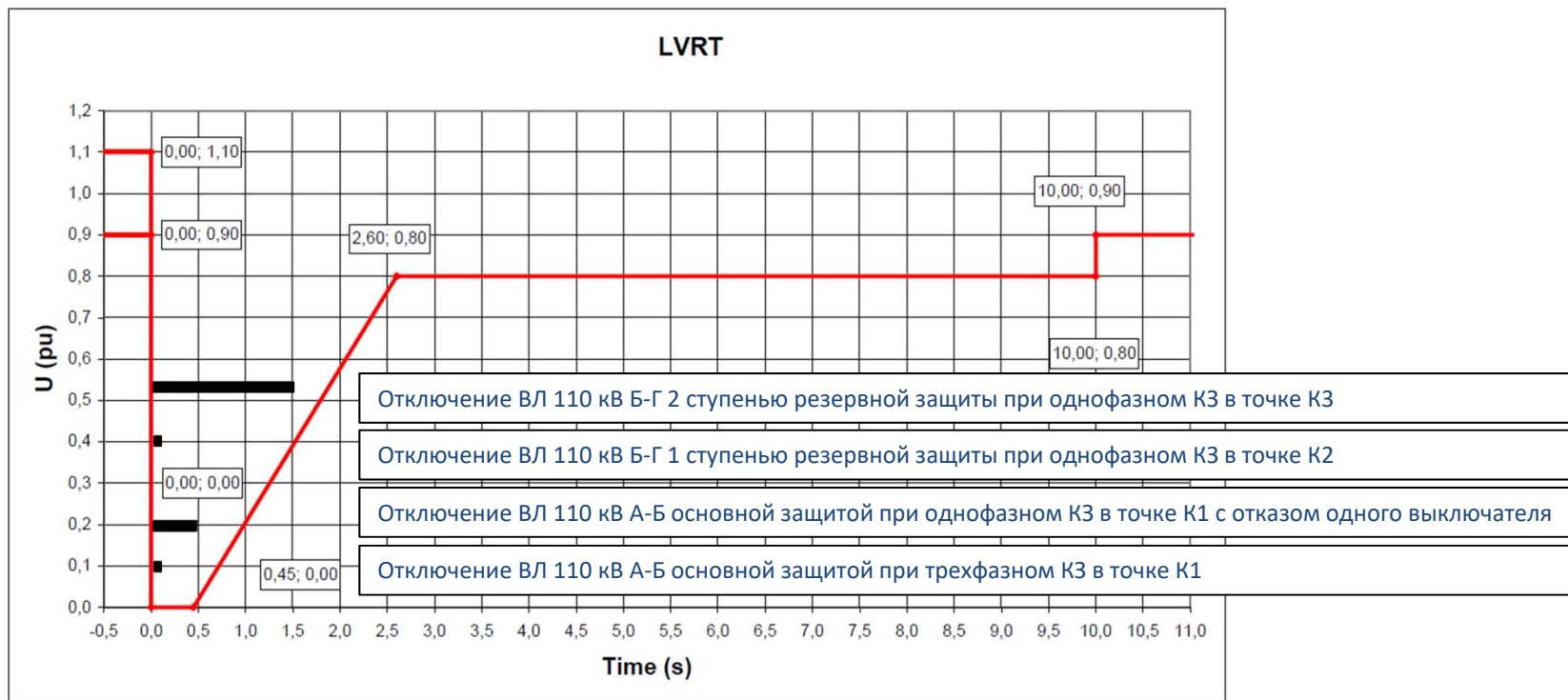


- Зона № 1: параметры ВСХ определяются наибольшим снижением напряжения в точке подключения группы ВЭУ к электрической сети при трехфазном КЗ в прилегающей сети 110–220 кВ или двухфазном КЗ на землю в прилегающей сети 330 кВ и выше с отключением сетевого элемента основной защитой.
- Зона № 2: параметры ВСХ определяются снижением напряжения в точке подключения группы ВЭУ к электрической сети при однофазном КЗ в прилегающей к группе ветроэлектрических установок сети 110 кВ и выше.
- Зона № 3: параметры ВСХ определяются аварийно допустимым напряжением продолжительностью не менее 20 минут.
- Зона № 4: параметры ВСХ определяются длительно допустимым отклонением напряжения.

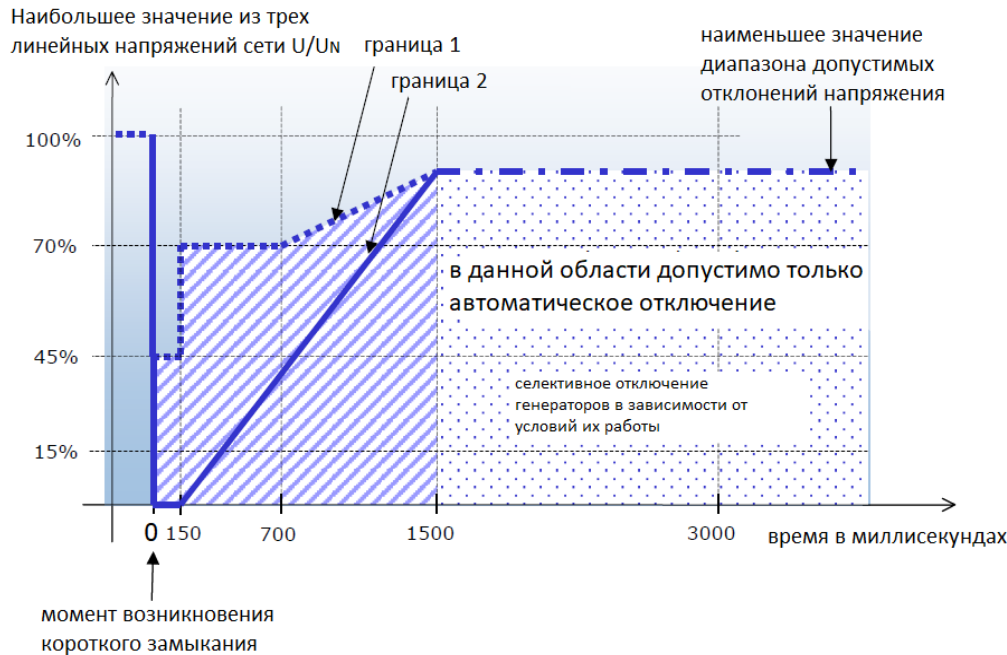
Пример проверки устойчивости ВЭУ в соответствии с ГОСТ Р 58491-2019



Функция LVRT (Low Voltage Ride Through) контролирует междуфазное напряжение на выходе инвертора ВЭУ и действует на отключение выключателя ВЭУ

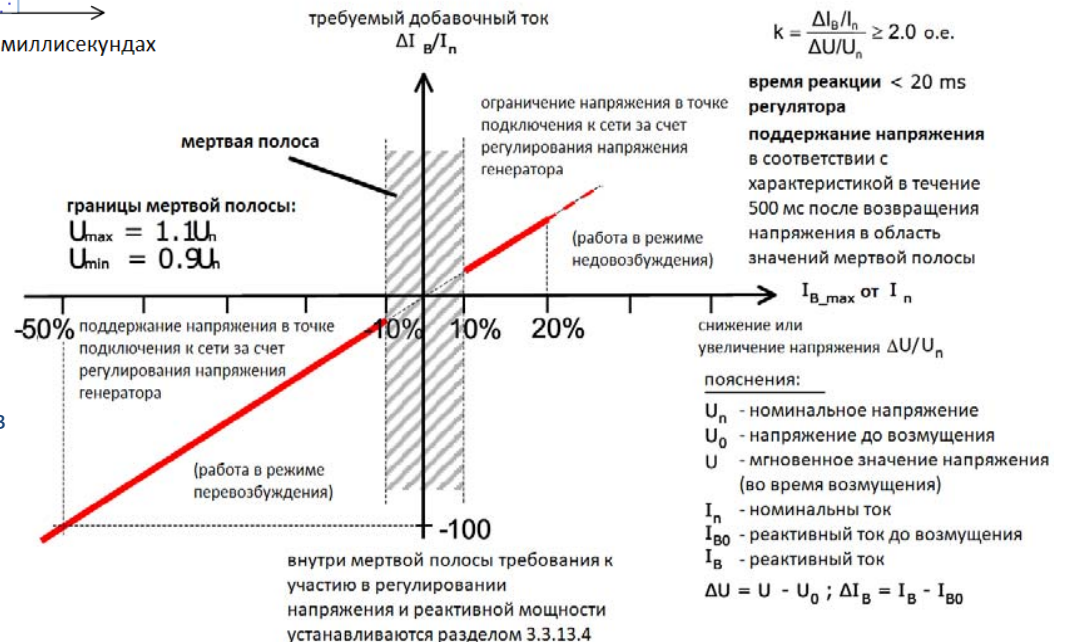


Зарубежный опыт (Германия). Требования к устойчивости ВЭУ



- В случае падения напряжения более, чем на 10% от действующего напряжения на шинах генератора должна быть активирована функция регулирования напряжения
- Должна быть обеспечена генерация реактивного тока на стороне низкого напряжения блочного трансформатора в объеме не менее 2% от номинального тока на каждый процент падения напряжения
- ВЭУ должна выдавать в сеть требуемый реактивный ток спустя 20 мс

- Выше Границы 1 – все ВЭУ не должны отключаться от сети при всех возмущениях в сети
- Между Границами 1 и 2 – возможно кратковременное отключение отдельных ВЭУ по согласованию с СО
- Синхронизация отключенных ВЭУ должна обеспечиваться в течение 2 секунд с момента отключения, выработка активной мощности должна быть увеличена со скоростью набора мощности 10% от номинальной мощности ВЭУ в секунду до исходных значений
- Ниже границы 2 – допустимо кратковременное отключение генерирующей установки от сети





БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

**АО «Научно-технический центр
Единой энергетической системы (Московское отделение)»
(АО «НТЦ ЕЭС (Московское отделение)»)**

Волков Максим Сергеевич
Заместитель главного инженера, к.т.н.
Телефон: +7 (499) 788-17-64
+7 (926) 560-15-60
E-mail: volkov-ms@so-ups.ru

Адрес: Россия, 109074, г. Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3
Телефон: +7 (499) 788-18-49
E-mail: ntc-msk@so-ups.ru
Web: www.ntc-msk.ru