

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ LVRT ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ СЕТИ

М.В. Хромов

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, ОЭЭ, гр. 5А03*

Научный руководитель: Н.Ю. Рубан, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

За последние несколько лет развитие возобновляемых источников энергии внесло большой вклад в составление энергетической сети России. На момент октября 2022 года доля генерации возобновляемых источников энергии составляет 2,2 % по России. По данным ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), совокупная мощность объектов ВИЭ-генерации в России составила 5,51 ГВт [1]. После 2020 года наблюдается активный прирост использования возобновляемых источников энергии. Это связано развитием новых возможности добычи электроэнергии без затрат и так истощаемых запасов ископаемого топлива, роста спроса на энергию и экологические проблемы. Исходя из постановления Правительства РФ от 29 августа 2020 г. N 1298 «О вопросах стимулирования использования возобновляемых источников энергии, внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации» можно утверждать, что развитие ВИЭ занимает определенные участки генерации в энергосистеме [2]. В числе Российских регионов наибольший прирост замечен в Ставропольском крае. «С постоянным увеличением объемов подключения энергии ВИЭ к электрическим сетям, точность управления параметрами фотоэлектрических систем генерации становится залогом стабильной работы энергосистемы. В приказе министерства энергетики РФ от 12 июля 2018 г. N 548 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем и объектов электроэнергетики» акцентируется внимание на том, что с появлениями новых методов генерации требуют новые методы защиты для поддержания устойчивости энергосети [3]. Одним из таких методов контроля изменения характеристики поведения напряжения является LVRT характеристика.

До применения LVRT характеристик в случае возникновения неисправностей в сети, генерация ВИЭ полностью прекращалась, и энергетическая сеть теряла больше количество генерации в моменте, что пагубно сказывалось на устойчивости и качество электроэнергии.

LVRT (Low voltage ride through) – это способность инвертора отслеживать снижение напряжения и в зависимости от продолжительности снижения напряжения отключать или же удерживать в работе альтернативные источники энергии и выдавать мощность в систему.

Схема работы LVRT характеристики обычно включает следующие этапы:

1. Обнаружение снижения напряжения: Инвертор постоянно анализирует напряжение в электрической сети в РРС. Когда происходит снижение напряжения ниже определенного порогового значения, срабатывает функция LVRT.

2. Анализ условий: После обнаружения снижения напряжения, инвертор анализирует текущие условия в сети и определяет, какие меры должны быть приняты для поддержания нормальной работы.

3. Динамическое регулирование мощности: Инвертор с помощью широтно-импульсной модуляции может динамически регулировать выходную мощность, чтобы удерживать ее на оптимальном уровне при снижении напряжения.

4. Поддержание сетевой стабильности: Одной из главных целей LVRT является поддержание стабильности электрической сети во время снижения напряжения. Инвертор может принимать меры, такие как управление реактивной мощностью или внедрение дополнительных устройств, чтобы удерживать стабильность и предотвращать возможные проблемы сети.

5. Восстановление работы: Когда напряжение в сети восстанавливается до нормального уровня, инвертор возвращается от режима характеристик LVRT к нормальному режиму работы и продолжает генерировать электрическую энергию.

Кривая LVRT характеристика представлена на рис. 1.

Характеристику можно разделить на четыре основных зоны зависимости напряжения от времени работы системы.

Для системных неисправностей (падения напряжения), длящихся от 0 до t_{min} при условии, что напряжение находится в промежутке от V_{min} до V_{nom} ВИЭ-генерация должна быть подключена к сети.

К области 2 относится линейный рост напряжения от V_{min} до V_{rem1} на промежутке от t_{min} до t_1 . Данная настройка обеспечивает устойчивость выработки генерации в сеть, но большинство реле

предоставляет возможность работы только с дискретными временными интервалами времени, а не с линейным и непрерывным ростом, как в данной характеристике.

Данная область предназначена для восстановления системы, при этом просадка напряжения разрешена от V_{rem2} до V_{rem1} на промежутке времени от t_1 до t_2 .

Четвертая область предназначена для полного восстановления режима работы сети и ВИЭ-генерации. Возможно минимальное снижение напряжения от V_{nom} до V_{rem2} , в данном случае защита не должна сработать.

Для изменения характеристик требуется подача реактивной мощности для поддержания напряжения в зависимости от падения напряжения.

Значительное снижение напряжения особенно пагубно сказывается на IGBT контроллере, в следствие которого увеличивается ток, приводящий к перегоранию ключей в нем. Для контроля отключения генерации от сети используется защитное цифровое реле, оно защищает

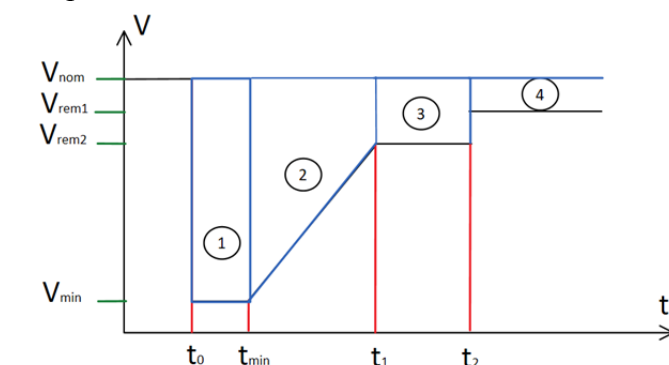


Рис. 1. Требуемая проходная способность по напряжению

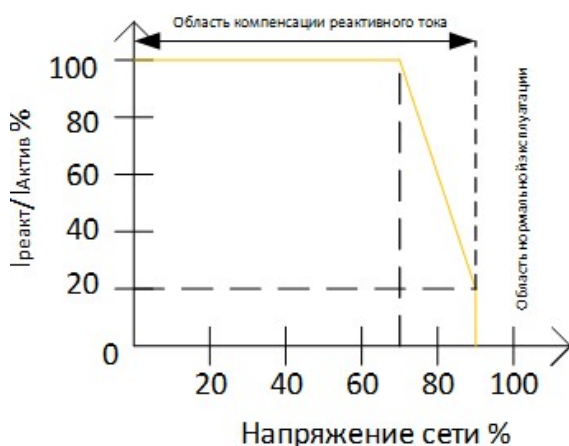


Рис. 2. Настройка выдачи реактивной мощности во время работы LVRT

от падения или скачков напряжения в сети. Данные по напряжению берутся с точки общего соединения (РПС). Если напряжение в точке общей связи находится выше кривой LVRT, станция остается подключенной и должна быть отключена только в том случае, если напряжение принимает значения ниже кривой. Во время сбоев и провалов напряжения станция должна обеспечивать максимальный реактивный ток в сети, не превышая переходного номинала станции. Базовые значения напряжения, определенные системным оператором [4].

Исследования и моделирование LVRT характеристик могут помочь в оптимизации проектирования и эксплуатации энергетических систем, а также в разработке новых методов и технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Зеленые» кадры решают все. – URL: <https://xn----glcfcctdci4bhow0as6psb.xn--p1ai/novosti/zelenye-kadry-reshayut-vse/> (дата обращения 01.11.2023).
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.08.2020 г. № 1298
3. «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок “Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем и объектов электроэнергетики”». Приказ Министерства энергетики РФ от 12 июля 2018 г. N 548
4. Hannan A.M., Ammar A.A., Pin J.K. Power Quality Assessment of Grid-Connected PV System in Compliance with the Recent Integration Requirements, 2020.

ВЛИЯНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ВИЭ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЭС

А.В. Десятов

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, ОЭЭ, гр. 5А03*

Научный руководитель: Ю.Д. Бай, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

В соответствии с мировым технологическим прогрессом в области возобновляемых источников энергии интеграция производства электроэнергии с использованием энергии солнца и ветра в национальную энергосистему очень важна, поскольку это будет способствовать снижению зависимости от внешних источников энергии и созданию экономически оправданных альтернатив, позволяющих сократить общие расходы на электроэнергию без каких-либо негативных последствий для энергоэффективности и местного населения.

Актуальность для России

Значительная часть территорий России, в особенности районы Дальнего Востока, Арктики и Крайнего Севера, а также малые поселения и районы с низкой плотностью населения, не имеют централизованного энергоснабжения. Главной причиной является невыгодность экономической стороны постройки линий электропередач, это вызвало проблемы с энергетическим обеспечением этих районов. Развитие возобновляемой энергетики, в том числе использование солнечной энергии, является одним из способов решения этой проблемы.

Темпы внедрения

В РФ был принят федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов», а также утверждена Стратегия социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, согласно которой реализация целевого сценария позволит Российской Федерации достичь баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением не позднее 2060 года.

В 2021 году Правительством РФ принято решение о продлении программы поддержки возобновляемой энергетики (ДПМ ВИЭ 2.0). Целевой объем ввода СЭС составляет 3,5 ГВт, который планируется достичь уже к 2035 году.

Постановка задачи

По сравнению с традиционными турбинными установками, солнечные имеют иные технические характеристики. При их подключении они создают дополнительные проблемы