

УДК 621.316.9:620.92

АКТУАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Бурдуков И.Д. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Демидова Г.Л.
(Университет ИТМО)

Введение. Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2035 года требует активного внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для повышения эффективности энергоснабжения удалённых и изолированных территорий [1]. В этом контексте интеграция систем с ВИЭ в существующую энергосистему предъявляет новые требования к системам релейной защиты и автоматики (РЗА). Традиционные нормативно-правовые документы, разработанные для объектов с относительно стабильными режимами работы, не всегда адекватно отражают динамические условия современной эксплуатации ВИЭ, что приводит к рассогласованию настроек РЗА устройств на разных уровнях сети.

Основная часть. Традиционная компоновка систем с ВИЭ в части среднего напряжения обычно одинакова как для ветроэлектростанций, так и для фотоэлектростанций. Ранее в высоковольтной части силовых трансформаторов коллекторной сети применялись предохранители, что ограничивало возможность гибкой настройки параметров РЗА. Сегодня вместо предохранителей всё чаще устанавливаются микропроцессорные устройства РЗА, способные реализовывать широкий спектр защитных функций. Однако при переходе на современные устройства крайне важно обеспечить их соответствие нормативно-правовой документации. Например, согласно п. 3.2.54 Правил устройства электроустановок, для защиты от повреждений на выводах и внутренних дефектов трансформаторов мощностью 6,3 МВА и более должна применяться продольная дифференциальная токовая защита без выдержки времени [2]. На данный момент это требование не учитывается, возможно, из-за исторически сложившейся практики применения предохранителей, что затруднило переход к новым, более гибким решениям в области РЗА.

Кроме того, современные ветроэлектроустановки с номинальным напряжением более 1 кВ (например, 1,14 кВ) и мощностью свыше 1 МВт предъявляют дополнительные требования к РЗА. При использовании генераторов свыше 1 МВА с напряжением выше 1 кВ нормативы требуют организации защиты от различных ненормальных и аварийных режимов, таких как однофазные замыкания на землю в обмотке статора, многофазные замыкания, двойные замыкания на землю (одновременно в обмотке статора и во внешней сети), внешние короткие замыкания и симметричная перегрузка обмотки статора [2]. В то время как некоторые нормативные документы задают базовый перечень защитных функций (например, превышение скорости, перегрузка генератора или отказ, чрезмерная вибрация, аварийное закручивание кабеля) [3], реальные эксплуатационные режимы требуют более детального согласования защитных алгоритмов.

На стороне среднего напряжения в системах ВИЭ традиционно применяется нейтралеобразующий трансформатор, который обеспечивает создание резистивного заземления нейтрали. Такое решение снижает несимметрию напряжения и повышает чувствительность защиты от замыкания на землю. Согласно п. 1.2.16 [2] обязательно следует выполнять расчёт емкостных токов сети. Для систем ВИЭ, выполненных с напряжением 35 кВ, если рассчитанное значение емкостного тока превышает 10 А, нормативные требования предписывают обязательную установку устройства компенсации. При этом нейтралеобразующий трансформатор не обеспечивает компенсацию емкостных токов. В данной ситуации целесообразно либо пересмотреть нормативное требование для систем с ВИЭ, либо применять комбинированные устройства, например, дугогасящий реактор в сочетании с шунтирующим резистором, которые позволяют эффективно компенсировать

емкостные токи и, при необходимости, увеличивать однофазные токи короткого замыкания для корректной работы защитных систем.

В [4] приведены требования к параметрам частоты и Low Voltage Ride Through (LVRT)-характеристики для отключения объектов генерации ВИЭ от энергосистемы при снижении напряжения, при этом устанавливаются пороговые значения напряжения и временные интервалы, в течение которых объект должен сохранять подключение к сети. Функция измерения параметров и инициирования отключения производится на стороне высокого напряжения, в то время как настройки РЗА на стороне среднего напряжения могут не согласованы, что может привести к преждевременному отключению генераторов и, как следствие, к существенному влиянию на устойчивость и надежность работы энергосистемы [5]. Дополнительно, примечание к п. 7.4.3.4 [6] указывает, что случаи LVRT должны определяться отдельными электротехническими компаниями, а настройки функции LVRT в инверторах могут различаться в зависимости от страны, что стимулирует разработку методик согласования параметров [7]. В итоге, для обеспечения согласованности защитных функций ВИЭ, а также сетей среднего и высокого напряжения, необходимо установить четкие мероприятия по согласованию настроек РЗА.

Вывод. Можно с уверенностью утверждать, что для успешного развития систем с ВИЭ необходимо найти компромисс между традиционными требованиями к функционалу РЗА и реальными эксплуатационными условиями. Важно разрабатывать решения, способные оперативно адаптироваться к быстро меняющимся реалиям, что требует активного изучения уже введенных объектов с системами ВИЭ. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость сбора детальной информации о нормальных режимах эксплуатации и аварийных ситуациях. Комплексный подход, основанный на анализе реальных условий работы, создаст все необходимые предпосылки для успешного внедрения систем с ВИЭ и достижения целей энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года.

Список использованных источников:

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. – Москва, 2020. – 54 с.
2. Правила устройства электроустановок. Издание 7. Утверждены Приказом Минэнерго России от 20.05.2003 № 187.
3. ГОСТ Р 54418.1—2012 (МЭК 61400-1:2005) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 1. Технические требования. – Москва: Стандартинформ, 2016.
4. Основные технические требования к объектам генерации, функционирующим на основе возобновляемых источников энергии, работающим в составе энергосистем (в части солнечной и ветровой генерации) // Утверждены Решением Координационного совета при Электроэнергетическом Совете СНГ, Протокол № 7 от 11.12.2023; Согласованы Решением КОТК, Протокол № 43 от 19–20.09.2023.
5. Воробьев В.С., Герасимов А.С., Жуков А.В., Лисицын А.А., Смирнов А.Н., Суворов Е.С., Шескин Е.Б. Особенности организации релейной защиты в схемах подключения ветряных и солнечных электростанций к ЕЭС России // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2017. – № (1) 76. – С. 28–35.
6. ГОСТ Р 54418.1—2023 (МЭК 61400-1:2019) Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 1. Технические требования. – Москва: Российский институт стандартизации, 2024.
7. Симонов А. В., Илюшин П. В. Методика и алгоритм проверки параметров настройки функции LVRT ветроэнергетических установок ветровых электростанций при их интеграции в ЕЭС России // Релейная защита и автоматизация. – 2022. – № 1. – С. 72–81.