

Tri-County Electric находит решения в области интеграции ветряных электростанций в сети среднего напряжения

Mike Swearingen, *электротехническая ассоциация Tri-County*

Основной задачей электроэнергетики является удовлетворение растущего спроса на электроэнергию. В последнее время основным яблоком раздора между правительством, потребителями и природоохранными организациями стали электростанции, работающие на каменном угле. Одним из решений проблемы перехода к более чистой электроэнергетике являются так называемые возобновляемые источники электроэнергии.

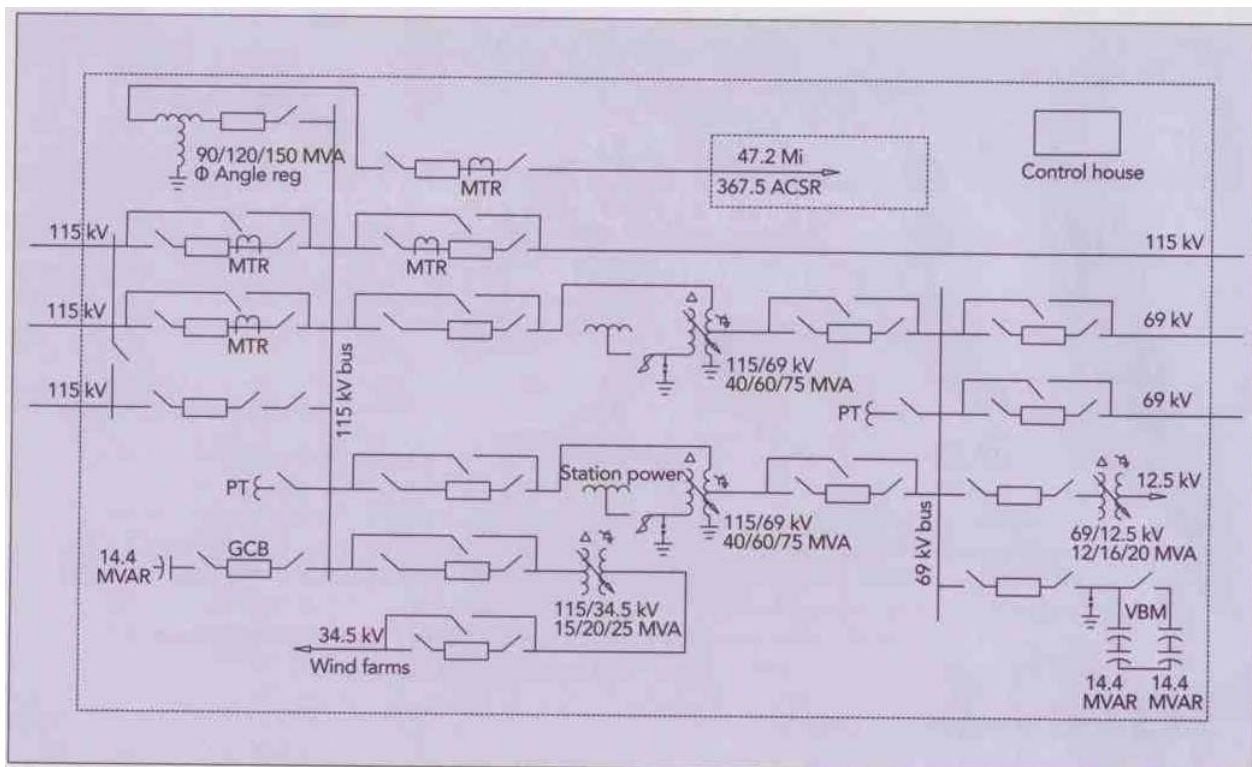
Начиная с 80-х годов начала обсуждаться возможность использования возобновляемых источников электроэнергии в качестве дополнительных или, в некоторых случаях, основных генерирующих мощностей. Однако ранние ветряные и солнечные электростанции имели мощности, не позволявшие рассматривать их в качестве значимой части энергосистемы. Еще одной проблемой являлось влияние возобновляемых источников на надежность электроснабжения и качество электроэнергии.

Ветряные электростанции в составе энергосистемы

Ветер является наиболее используемым возобновляемым источником энергии. Ветряные генераторы в настоящее время позволяют вырабатывать достаточное количество электроэнергии для того, чтобы их интеграция в энергосистему имела смысл. В 80-е ветряные генераторы имели мощности от 50 до 100 кВт на одну мачту. К началу 90-х мощность увеличилась до величины порядка 300-500 кВт на мачту. В настоящее время ветряные турбины позволяют получать от 1.5 до 3.5 МВт на мачту.

Одной из основных проблем, связанных с использованием энергии ветра, является проблема стабильности генерации мощности. Под стабильностью генерации понимается способность обеспечивать непрерывный поток мощности. Стабильные источники электроэнергии, такие как уголь, природный газ или атомная энергия, позволяют получать относительно дешевую электроэнергию. Возобновляемые же источники энергии, типа ветра или солнца, для получения конкурентоспособной стоимости электроэнергии требуют привлечения дотаций. Производители ветряных генераторов стараются расширить рабочий диапазон скоростей ветра, чтобы обеспечить их работоспособность в самых различных погодных условиях. Кроме того, усилия разработчиков направлены на решение проблемы стабильности отдачи мощности в энергосистему за счет использования тех или иных накопителей энергии для восполнения дефицита мощности. Кроме того, предпринимаются попытки «разносить» ветряные фермы по различным местам и регионам, что в известной мере позволяет компенсировать дефицит мощности в случае простоя части мощностей из-за неподходящих погодных условий или технического обслуживания.

По мере развития технологий использования энергии ветра одним из основных вопросов остается влияние ветряных электростанций на качество электроэнергии в энергосистеме



Однолинейная схема промежуточной подстанции, описанной в статье

Wind farms	Ветряные фермы	Control house	Диспетчерская
Station power	Силовой трансформатор	Angle reg.	Регулирование фазы
115 kV bus	Шина 115 кВ		

и подключенных к ней установках. В большинстве случаев ветряные фермы имеют значительные размеры и подключаются к энергосистеме через подстанцию, которая обеспечивает сбор энергии со всех ветрогенераторов и преобразование соответствующего напряжения к высокому напряжению энергосистемы. Это позволяет использовать оборудование, средства РЗА и автоматику подстанции для защиты энергосистемы от колебаний частоты и напряжения, а также получить стабильную отдачу мощности при совпадении частоты и фазы. Тем не менее, существует тенденция к проектированию небольших ветряных ферм, которые могут подключаться к большинству распределительных сетей.

Пример типичной установки

Некоторые штаты позволяют небольшим ветряным фермам, мощность которых не превышает определенного уровня, подключаться непосредственно к распределительным сетям. Примером такого подхода является Постановление Общественной Палаты штата Техас №25.211 о совместной распределенной генерации электроэнергии, которое разрешает ветряным фермам с мощностью до 10 МВт подключаться к энергосистемам с напряжением менее 60 кВ. Подключение ветроэлектростанций к распределительным системам с таким напряжением может привести к проблемам с качеством электроэнергии, как для электросети, так и для подключенных к ней потребителей. Сюда можно отнести фликер («мерцания»), возможность качаний реактивной мощности и колебания напряжения.



Часть промежуточной подстанции 115/34.5/110 кВ, соответствующая однолинейной схеме

Рассмотрим пример подобной ситуации. Две одинаковых ветряных фермы мощностью 10 МВт каждая соединены фидером 34.5 кВ протяженностью в 1 милю (1.6 км) и находятся на расстоянии 11.38 миль (18.31 км) от подстанции. Подстанция является связующим звеном между ветряными фермами и высоковольтной шиной 115 кВ, получающей питание от двух линий. При этом подстанция содержит два включенных в параллель трансформатора 115 кВ/69 кВ, а также трансформатор 115 кВ/34.5 кВ. Последний обеспечивает привязку обеих ветряных ферм (по 10 МВт) к энергосистеме. Переключатель отпаек трансформатора запрограммирован на компенсацию падения напряжения в линии, исходя из нагрузки в летнее время. Обе ветряные фермы подключены к одной и той же точке и выдают на фидер от 15 до 20 МВт. Этот же фидер питает три промышленных нагрузки, ирригационную установку, жилой сектор и еще одну подстанцию. Пиковая нагрузка составляет 8 МВт при средней нагрузке 5 МВт.

Общая шина 34.5 кВ ветроэлектростанции подключена к распределительной сети через устройство АПВ на базе вакуумного выключателя, имеющего реле, обеспечивающее максимально-токовую защиту. АСУ ветряной электростанции обеспечивает ее отключение от сети в случае обесточивания последней из-за прекращения питания или иных аварий в энергосистеме. Ветрогенераторы имеют средства РЗА, в которых предусмотрена возможность компенсации провалов напряжения, управления реактивной мощностью и синхронизации с сетью.

Проблемы, связанные с качеством электроэнергии

Одной из первых проблем, с которыми пришлось столкнуться при использовании ветрогенераторов, было их влияние на включенные в параллель трансформаторы 115 кВ/69 кВ на промежуточной подстанции. Перетоки реактивной мощности на шине 115 кВ вызывали нарушение работы схемы переключения отпаек трансформаторов, приводя к ошибкам более чем в 3 шага. При параллельной работе трансформаторов (т.е. в схеме с уравнительными токами) АСУ блокирует работу переключателей отпаек при их рассогласовании более чем на 4 шага. При этом срабатывания указанной блокировки наблюдались еженедельно. При изучении работы переключателей отпаек было обнаружено, что между трансформаторами по шине циркулирует реактивная мощность. При этом реактивное сопротивление оказывается достаточным для влияния на работу переключателей отпаек. После дальнейшего изучения вопроса было принято решение перейти к схеме ведущий/ведомый (master/slave), известной также как «схема с фиксацией шагов» (lock-step scheme). Таким образом, «ведущий» трансформатор имел возможность реагировать на колебания напряжения на шине и выдавать команды на

переключение отпаек второго трансформатора. После перехода к указанной схеме проблема блокировки переключателей отпаек при работе трансформаторов в параллель была решена.



Часть промежуточной подстанции 115/34.5/110 кВ к которой ветряные фермы подключаются через линию 34.5 кВ

Еще одной проблемой, связанной с ветрогенераторами, было влияние на потребителей, подключенных к той же цепи. Двое из промышленных потребителей страдали от бросков напряжения и фликера, что вызывало срабатывание релейной защиты. Для изучения ситуации на общей шине ветроэлектростанций и у потребителей были установлены анализаторы качества электроэнергии (самописцы). Анализ полученных записей, что при малой нагрузке и наличии ветра в системе возникали перенапряжения, которые приводили к срабатыванию защит от повышения напряжения некоторых промышленных установок. Это происходило практически постоянно, что вынудило одно из предприятий питать часть своих электроустановок преимущественно от собственных генераторов, а не от энергосистемы.

Результаты проведенных исследований позволили эффективно решить проблемы на стороне потребителей. Одной из мер являлась более жесткая настройка схемы управления реактивной мощностью, что обеспечило стабильную работу ветрогенераторов с коэффициентом мощности, близким к единице. Еще одна мера заключалась в настройке схемы управления переключателем отпаек трансформатора 115 кВ/34.5 кВ. При этом были изменены уставки, относящиеся компенсации падения напряжения в линии, а также постоянные времени. Последующие замеры показали, что напряжение находится в пределах, установленных стандартом ANSI. Промышленные потребители при этом сообщили о существенном повышении качества электроснабжения, позволившем им полностью перейти к питанию от сети.

Мир энергетики меняется

Технологии использования энергии ветра и других возобновляемых источников энергии постоянно совершенствуются и на сегодняшний день возможно интегрирование альтернативных генерирующих мощностей в распределительные сети. Они являются дополнительным источником энергии, которые позволяют облегчить пиковые режимы энергосистемы. Тем не менее принципиально важно, чтобы учет подобных мощностей в

сетях производился на этапе их проектирования, и тенденции развития альтернативной энергетики в будущем также принимались во внимание. Энергосистемы становятся все сложнее, и это требует переосмысления типовых методик проектирования, которые применялись в течение многих лет, и использования новых возможностей альтернативной энергетики и интеллектуальных энергосистем (smart grid).

Футуролог и автор ряда книг Джоэл Артур Баркер пишет: «Мечты без действий - это всего лишь фантазии, действия без мечты – способ убить время, и только сочетание мечты и действия способно изменить мир».

Мир изменяется, как и наши сети, но именно это дает нам возможность улучшать способы снабжения потребителей электроэнергией и качество этой электроэнергии. В течение длительного времени энергосистемы мало изменялись, однако сейчас есть возможность совершить качественный скачок в их развитии, который можно сравнить лишь с тем прорывом, который совершили Никола Тесла и Джордж Вестингауз, создав первые энергосистемы.