

## ОСОБЕННОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Манусов В.З., Ядагаев Э.Г.

научный руководитель д-р техн. наук проф. Манусов В.З.

*ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»*

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) в настоящее время классифицируются по разным параметрам, одним из которых является возможность работы параллельно с электроэнергетической системой (ЭЭС). В этом случае требование выработки электроэнергии заданного качества для выдачи в ЭЭС выполняется механическими и электрическими способами. Механическими способами является поддержание определенной скорости вращения ротора, которое достигается работой ВЭУ в зоне ограничения мощности. Очевидно, что большую часть времени ВЭУ простаивает в ожидании ветров выше номинального значения. В таком режиме работали ВЭУ, введенные в эксплуатацию после энергетического кризиса семидесятых годов двадцатого века. В настоящее время используется электрический способ, который заключается в использовании машино - вентильных систем с асинхронизированными синхронными генераторами (рис.1) или подключения статического преобразователя частоты (СПЧ) в цепь статора ВЭУ

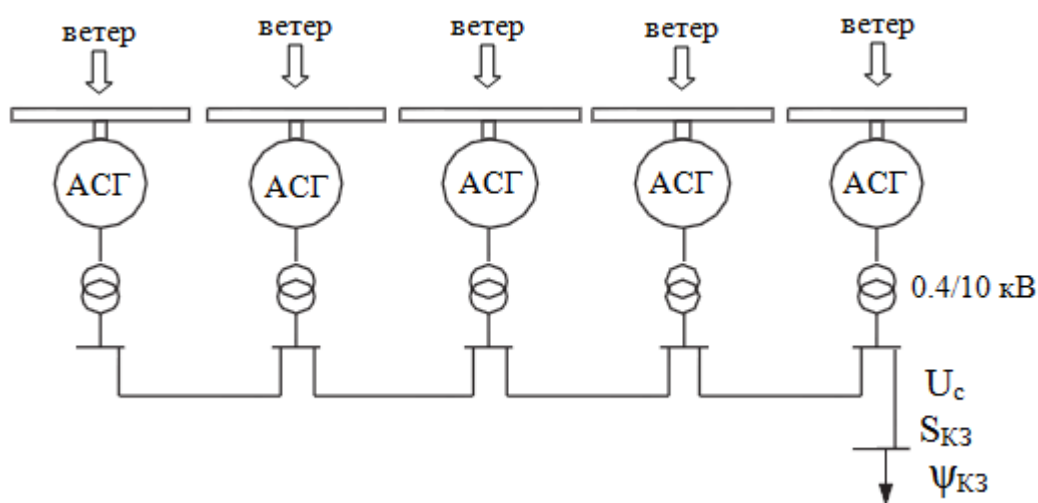


Рис.1. Схема подключения ВЭС к сети

При работе группы ветроэнергетических установок в составе ветроэлектрической станции (ВЭС) параллельно с сетью возможны взаимные колебания ВЭУ при использовании синхронных генераторов. Так же труднореализуемой задачей является точная синхронизация ВЭУ с сетью, учитывая переменный характер ветра и большие массы ветроколеса.

Основные технические требования, предъявляемые к системе управления ВЭУ при параллельной работе с сетью, представлены ниже:

- работоспособность при заданных эксплуатационных условиях;
- автоматический пуск и последующая синхронизация;
- регулирование мощности и частоты вращения ротора;
- контроль собственных подсистем и оборудования ВЭУ, периодический самоконтроль и диагностика систем и оборудования ВЭУ с определением места неисправности;

- формирование и выдача команд для управления элементными системами ВЭУ.

В случае работы ВЭУ на шины бесконечной мощности каждый ветрогенератор ВЭС можно рассматривать как одиночную установку, работающую параллельно с сетью. При соизмеримой мощности ЭЭС и ВЭС требуется использование точного группового регулирования для поддержания заданного напряжения на шинах ВЭС. Параллельная работа с сетью ВЭУ с асинхронными генераторами осуществляется довольно просто.

В современных ВЭУ применяется, в основном, машино – вентильные системы с использованием асинхронизированных синхронных генераторов (АСГ). Следует отметить, что асинхронизированная машина в общем случае является электромеханическим комплексом, который состоит из электрической машины и системы возбуждения. Статор генератора с трехфазной симметричной обмоткой подключается непосредственно к сети, а к обмотке ротора подключается система возбуждения (рис.2). Частота подаваемого к обмотке ротора напряжения изменяется по заданному закону и равна в установившемся режиме разности круговых частот вращения поля статора и ротора (частоте скольжения) машины. Можно утверждать, что возбудитель такой машины является в общем случае преобразователем частоты напряжения источника питания в частоту скольжения.

Асинхронизированная машина позволяет регулировать реактивную мощность и может работать в нормальном установившемся режиме с различной частотой вращения ротора. Она сохраняет устойчивость в тех аварийных режимах, которые недопустимы для обычной синхронной машины.

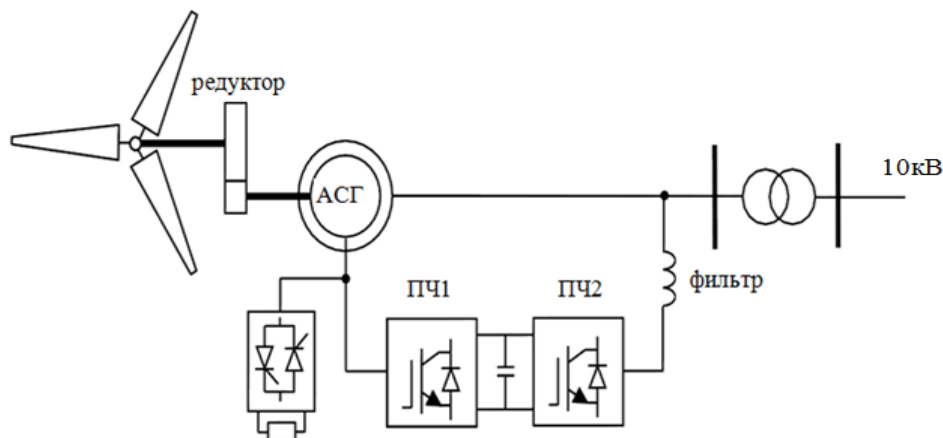


Рис.2. Структурная схема асинхронизированного синхронного генератора

Мировой опыт показал, что при параллельной работе ВЭС и ЭЭС необходимо уделять внимание следующим вопросам:

- поддержание качества электрической энергии;
- снижение потерь в сетях, содержащих ВЭС;
- решение вопроса компенсации реактивной мощности, если в состав ВЭУ входят асинхронные генераторы;
- устранение гармоник, генерируемых инверторами, если ВЭУ содержит преобразователи частоты (ПЧ);
- устранение радиопомех;
- наличие интеллектуальной системы управления.
- защита ВЭУ от нештатных ситуаций (короткое замыкание, отключение ПЧ и т.д.).

Достаточно серьезным сдерживающим фактором развития ветроэнергетики в России является отсутствие нормативных документов, регламентирующих порядок

подключения ВЭС к существующим распределительным сетям. На данный момент в России действуют три ГОСТ в области ветроэнергетики, в которых даются общие термины и определения ВЭУ (ГОСТ Р 51237-98), классификация видов ВЭУ (ГОСТ Р 51990-2002), общие технические требования (ГОСТ Р 51991-2002).

Первый сетевой кодекс (Grid Code) в мире, регламентирующий порядок подключения ВЭС в сеть, начал действовать в Германии 2003 году. Основные положения данного документа следующие:

- нахождение ВЭС в сети во время КЗ;
- создание интеллектуальной системы для возможности разделения групп ВЭУ внутри ВЭС на отдельную нагрузку (операция «образование островков»);
- обратное включение в единую ВЭС с минимальными отклонениями напряжения и частоты;
- минимизации потерь мощности ВЭС.

На данный момент в каждой европейской энергосистеме (UCTE, Nordel, UK, Ireland) существуют отдельные технические требования по подключению ВЭС в сеть. Единых требований по оценке возможности параллельной работы ВЭС и ЭЭС не выработано, но при этом в каждом документе есть определенные общие требования. Данные документы обычно классифицируют по напряжению сетей, к которым подключаются ВЭС. К первой группе относят документы, регламентирующие подключение ВЭС к сетям напряжением менее 100 кВ, ко второй группе – напряжением более 100 кВ.

Ниже приведены основные требования:

- поддержание частоты (активная мощность);
- поддержание напряжения (реактивная мощность);
- показатели качества электрической энергии;
- защита и автоматика ВЭС.

При рассмотрении вышеперечисленных требований необходимо учитывать, что ветер характеризуется непостоянством величины и направления, поэтому пульсации мощности единичной ВЭУ (рис.3) должны сглаживаться большим количеством агрегатов.

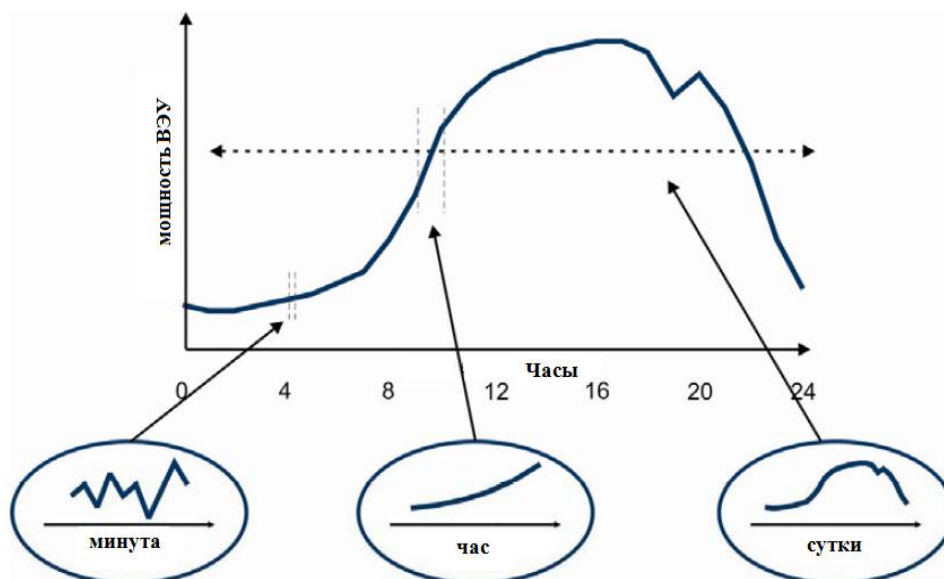


Рис.3. Колебания мощности ВЭУ

Основным требованием по выработке мощности ВЭС является организация более или менее равномерной мощности. В общем случае, мощность ВЭС является

равномерной, склонной к колебаниям только при сезонных изменениях ветра. Сезонные же колебания мощности ВЭС практически неустранимы.

Если доля ВЭС в выработке мощности достигает 15-20% установленной мощности энергосистемы, то колебания мощности ВЭС способны влиять на динамическую устойчивость ЭЭС. В некоторых странах Европы доля ВЭС превышает 30% мощности ЭЭС (Дания), поэтому вопросам поддержания частоты при колебаниях мощности ВЭС уделяется большое значение. Основные требования к ВЭС по частоте заключается в поддержании частоты в пределах  $f=50\pm 0,5$  Гц в течение 97% времени.

Исследование динамической устойчивости ЭЭС с высокой долей ВЭС показало необходимость наличия резерв мощности на традиционных электростанциях, соизмеримой с полной мощностью ВЭС. Традиционные электростанции должны быть в состоянии оперативно набирать мощность, для этих целей предполагается использовать ГЭС. Таким образом, гарантируемая мощность ВЭС считается равной нулю.

Напряжение в ЭЭС характеризуется колебаниями, вызванные неравномерностью выработки и потребления реактивной мощности. Напряжение в узлах сети зависит от баланса реактивной мощности. Необходимо отметить, что ВЭУ на базе асинхронизированного синхронного генератора (АСГ) и синхронного генератора (СГ) вырабатывают реактивную мощность, тем самым регулируя напряжение в точке подключения к сети. Асинхронные генераторы реактивную мощность потребляют, поэтому требуют установки на выходе ВЭУ статических батарей конденсаторов. Технические документы по параллельной работе ВЭС с сетью регламентируют возможность регулирования напряжения на выходе ВЭУ в пределах  $\pm 10\%$  от номинального значения. Регулирование напряжения возможно трансформаторами, оснащенными устройствами РПН.

Регламентирование показателей качества электрической энергии (ПКЭЭ) включает в себя определение предельной дозы фликера, наличия гармоник и посадок напряжения.

Согласно техническим документам европейских энергосистем, доза фликера, наличие гармоник и несимметричность напряжения регламентируется европейским стандартом EN 50160. Предельные посадки напряжения в сети также определяются исходя из стандарта EN50160.

В результате исследования российских и европейских технических документов можно сделать вывод о том, что нет единых требований по подключению ВЭС в сеть. Данный факт объясняется неравномерностью развития ветроэнергетики по странам: доля ВЭС в ЭЭС, виды ВЭУ и т.д. Тем не менее, во всех технических документах есть одинаковые требования:

- обеспечение работы ВЭУ при заданных условиях;
- регулирование мощности и частоты вращения ротора;
- регулирование активной и реактивной мощности в определенных диапазонах.

В результате можно сделать вывод о необходимости создания документов, регламентирующих порядок подключения и параллельной работы ВЭС с сетью. Учитывая, что около 70% территории России относится к зонам децентрализованного электроснабжения с высокой себестоимостью электроэнергии, можно говорить о возможности строительства совместных ветро-дизельных станций на данных территориях. Особенно важной частью данного строительства будет, вероятно, организация параллельной работы ветроэлектростанции и дизельных генераторов соизмеримой мощности.