

количества тепловой энергии летом, которое не найдет эффективного применения. Следствием такого нерационального расчета будет являться завышенная стоимость системы и неприемлемые показатели окупаемости. Ориентировочная стоимость одной вакуумной трубки составляет около 300€, а коллектора в расчете на 1 м<sup>2</sup> – 3500 €. Срок окупаемости солнечного вакуумного коллектора находится в пределах от 3 до 6 лет.

Значительные потребности в площадях и тепловые потери при транспортировке энергии не дают развиваться большим проектам теплоснабжения. Сегодня большинство систем солнечной энергетики все еще состоят из небольших установок поставляющих горячую воду для отдельных зданий. Крупные солнечные тепловые станции, которые способны обеспечить горячее водоснабжение небольших городов, в настоящее время убеждают скептиков в том, что за счет солнечной энергии могут быть получены значительные экономические и экологические выгоды.

УДК 621.311

## **ТЕХНОЛОГИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ**

Копосова Н.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук,  
доцент Червинский В.Л., БНТУ

В Республике Беларусь имеются существенные предпосылки для развития ветроэнергетики. На рынке предлагаются различные концепции ветроустановок. Рассмотрим технологии с точки зрения их надежности, сложности и энергоэффективности.

**Ветрогенератор, работающий с постоянной скоростью** представлен на рисунке 1. Система типа «турбина-редуктор-асинхронный генератор-электрическая сеть», генератор представлен в виде электрической машины с ротором типа «беличья клетка». Асинхронная машина подключена через трансформатор к сети, в целях ограничения токов и крутящего момента во время пуска необходимо устройство плавного пуска

(Soft starter). Далее располагаются компенсирующие конденсаторы реактивной мощности, чтобы вырабатывать мощность на месте, не потребляя ее из сети, что значительно снижает потери в сети. Сетевой трансформатор обеспечивает повышение генерируемого напряжения до напряжения питающей или распределительной ЛЭП.

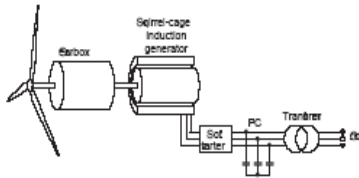


Рисунок 1

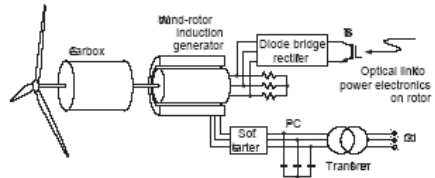


Рисунок 2

**Ветрогенератор переменного скольжения.** Позволяет динамически управлять сопротивлением в цепи ротора синхронно с порывами ветра, рисунок 2. Во время порыва ветра сопротивление в цепи ротора увеличивается, что позволяет увеличить скольжение (по модулю), угловая скорость увеличивается несущественно и энергия поглощается инерцией. После порыва, сопротивление в цепи ротора снижается, что приводит к снижению скольжения и передаче энергии в энергетическую сеть в течение более длительного периода времени. Это обеспечивает высокое качество электрической энергии на высоких скоростях ветра без создания высокочастотных гармоник. Не увеличивает выработки энергии, но снижает нагрузки в трансмиссии ветрогенератора в случае резких колебаний скорости ветра.

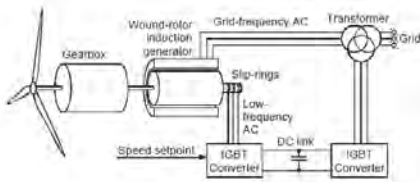


Рисунок 3

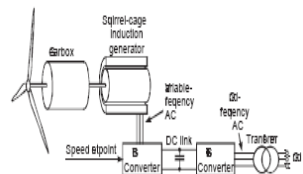


Рисунок 4

**АМДП ветрогенератор** на рисунке 3 - асинхронная машина двойного питания. Упрощенная схема ветротурбины, подключенна к асинхронному генератору двойного питания. Преобразователь на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT), подключенный к ротору источника напряжения, связан с подключенным к главной линии преобразователем на IGBT через

цепь постоянного тока, содержащую конденсатор. Преобразователями управляется передача активной и реактивной мощности в любом направлении. Роторный преобразователь управляет скоростью ветровых турбин, поэтому получение энергии максимально. Управление асинхронным генератором осуществлено на основе принципа векторного управления, что позволяет гибко управлять им и иметь низкое время запаздывания. Увеличивает получение энергии при порывах ветра и снижает механические перегрузки трансмиссии. Преобразователь главной линии, передает необходимую активную мощность от цепи постоянного тока в энергетическую систему или наоборот. Это осуществляется через цепь управления напряжением, которая напряжение постоянного тока поддерживается фиксировано. Управление преобразователей через широтно-импульсный модулятор, обеспечивает минимум гармоник в сети.

**Ветрогенератор с полным преобразователем** изображенный на рисунке 4, использует два полных преобразователя. Это означает, что любая мощность проходит через преобразователи. Преобразователи позволяют стандартным асинхронным машинам с ротором типа «беличья клетка» работать на переменной частоте и с переменной скоростью. Активная мощность от асинхронного генератора выпрямляется преобразователем со стороны машины и подается в цепь постоянного тока. Преобразователь на стороне энергосистемы действует как инвертор, берущий мощность от цепи постоянного тока и подающий его в энергосистему. Преобразователи, в этой схеме, являются стандартными промышленными приводами, используемыми для двигателей переменной скорости. Основным недостатком схемы является стоимость преобразователей IGBT, рассчитанных на полную мощность ветровой турбины.

**Бесприводной (безредукторный) ветрогенератор.** Использование синхронного генератора через полный преобразователь открывает возможность исключения редуктора. Первым фактором для разработки безредукторных ветрогенераторов является то, что номинал любой электрической машины примерно пропорционален объему ее ротора. Редуктор в типичном 1 МВт ветрогенераторе имеет передаточное число около 79. Исключение редуктора увеличивает крутящий момент и,

следовательно, объем необходимого ротора генератора примерно в столько же раз. Как показано на рисунке 5, преобразователь на стороне машины может быть простым диодным выпрямителем тока, что является типичным для малых ветрогенераторов. Преобразователь на стороне энергосети, вероятно, будет инвертором на базе IGBT, что основано на необходимости передачи активной мощности однонаправлено, но, в то же время, способен передавать или извлекать реактивную мощность из сети.

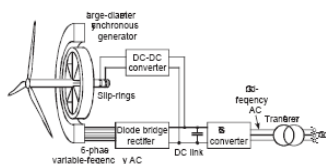


Рисунок 5

\* Частично использованы материалы книги :L.Freris, D.Infield Renewable Energy in power systems,2008, John Wiley & Sons, Ltd.

УДК 538.4

## СТАТИКА КАПЛИ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ

Моцар А.А., Любчик О.А

Научные руководители: профессор, д-р физ.-мат. наук  
Баштовой В.Г., профессор д.ф.-м.н. Рекс А.Г.,  
ст. преподаватель Климович С.В., БНТУ

Целью работы является изучение статики капли магнитной жидкости и магнитной суспензии, помещенной в цилиндрический канал.

При нелинейном распределении напряженности магнитного поля в жидкости магнитные частицы концентрируются в тех областях, где напряженность магнитного поля  $H$  больше. Это приводит к нелинейному росту величины объемной магнитной силы со временем  $t$ . Наличие немагнитных включений в суспензии должно привести к более быстрой переконцентрации частиц и к более быстрому росту величины объемной силы, действующей на