

УДК 621.313

Анализ электрических схем ветроэнергетических установок.

Д. А. Гаврилович, О. Н. Перемотова

Научный руководитель: М. М. Олешкевич, к. т. н., доцент.

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) преобразует кинетическую энергию ветра в механическую или электрическую энергию, удобную для практического использования. Механическая энергия, главным образом, используется для подъема воды в сельских или удаленных местностях. Ветроэнергетические установки производят электрическую энергию для бытовых или промышленных нужд, работают в общей электрической сети или автономно, или совместно с другими автономными электростанциями. Существует два основных вида установок: ветроустановки с горизонтальной осью вращения (рис. 1) и ветроустановки с вертикальной осью вращения. Ветроустановки с горизонтальной осью составляют около 98% всех ветроустановок, подключенных к сетям энергосистем.

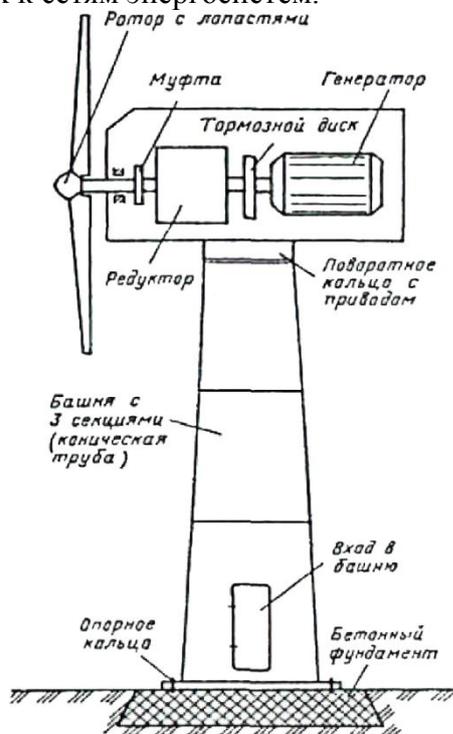


Рис. 1 Ветроустановка с горизонтальной осью вращения.

Ветроустановка включает следующие основные элементы и узлы: ротор или ветроколесо, которое преобразует энергию ветра в энергию вращения вала; кабину или гондолу, в которой обычно расположен редуктор (некоторые турбины работают без редуктора), генератор и другое механическое и электрическое оборудование; башню, которая поддерживает ротор и кабину; электрическое и электронное оборудование: панели управления, электрические кабели, систему заземления, оборудование для подключения к сети, система молниезащиты и др.; фундамент, определяющий устойчивость ветроустановки при воздействии нагрузки [2].

Целью данной работы является рассмотрение главных силовых цепей, по которым происходит электроснабжение потребителей, питание электродвигателей исполняющих механизмов ВЭУ (ветроэнергетических установок), цепей системы

возбуждения, систем защиты и сигнализации, а также видов электрогенераторов, которые могут использоваться в ветроэнергетических установках.

Рассмотрим один из вариантов силовой схемы электрических соединений современных ВЭУ, подключенной к сетям общего пользования (рис. 2).

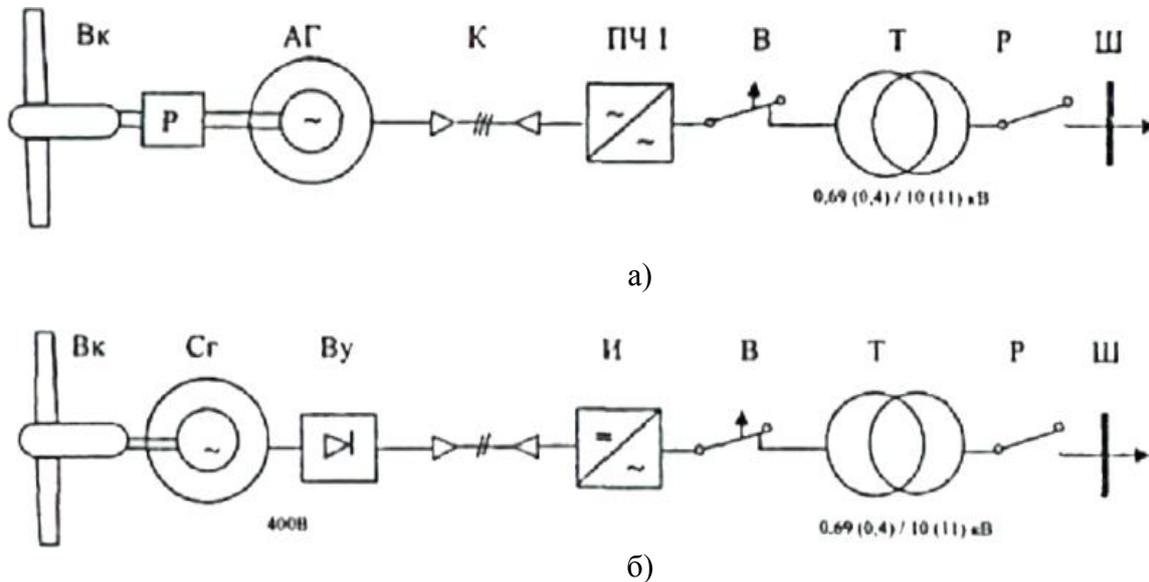


Рис. 2 Схемы электрических соединений ветроустановки.

Общим для всех схем является наличие ветроколеса (ВК), вал которого через редуктор (Р) жестко соединен с ротором генератора, за исключением схемы б, где редуктор отсутствует, и вал ветроколеса непосредственно соединен с ротором генератора. Общим для всех схем является также наличие генераторного выключателя или автомата (В), имеющего внутренние или внешние защитные устройства от длительной перегрузки (тепловая защита) и коротких замыканий (защита мгновенного действия).

Непременным элементом всех схем является трансформатор, повышающий напряжение генератора с 690 или 400 В до 10 или 11 кВ. У некоторых генераторов самых мощных ВЭУ напряжение составляет 1000 В и выше. Трансформаторы в мощных ВЭУ, как правило, располагаются внутри башни, места в которой достаточно, т.к. диаметр конических башен у основания достигает 4-5 м. У ВЭУ средней мощности трансформатор располагается около башни в специальном комплектном устройстве. Разъединитель (Р) служит для обеспечения безопасности работ при остановленном генераторе. Отходящие и подводящие кабели внешней сети подключаются к шинам (Ш) через коммутационные аппараты (на схеме не показаны). Передача электрической энергии от генератора, находящегося в кабине наверху, к оборудованию внизу башни осуществляется силовым гибким кабелем (К). Как сказано выше, гибкий кабель применяется потому, что он должен допускать несколько поворотов кабины в одну сторону с последующей раскруткой в обратную сторону.

Основные отличия приведенных схем состоят в конструкции и типе генераторов, наличии и типе преобразовательных устройств [1].

Генераторы ветроэнергетических установок работают в тяжёлых климатических и технических условиях: на открытом воздухе, при значительных колебаниях температуры, влажности, действии дождя. Конструктивное размещение и условия эксплуатации делают их недоступными для регулярного технического обслуживания и ремонта. Они работают в условиях повышенных вибраций,

нестабильной скорости и силы ветра. Срок службы генераторов в этих условиях должен быть не менее 20-25 лет.

В качестве генераторов ветроэнергетических установок оказывается нецелесообразным применение коллекторных генераторов постоянного тока из-за низкой надёжности щеточно-коллекторного узла в описанных условиях.

Наиболее широкое применение имеют синхронные и асинхронные генераторы. Реже применяются асинхронизированные генераторы. Обсуждаются проблемы применения безредукторных низкоскоростных генераторов, например, индукторных.

Синхронные генераторы наиболее широко применяются на электрических станциях, в том числе и ветроэнергетических, благодаря способности генерировать активную и реактивную мощность, высокому КПД и высокой надёжности. Нецелесообразно применение синхронных генераторов с возбудителями постоянного тока из-за низкой надёжности коллекторной машины постоянного тока. Перспективны схемы с бесконтактным электромагнитным возбуждением и с магнитоэлектрическим возбуждением с использованием современных высококоэрцитивных постоянных магнитов из редкоземельных элементов.

Рассмотрим асинхронный генератор при использовании в ветроустановках. АГ (асинхронный генератор) проще синхронного по конструкции, дешевле и значительно надежнее, если в качестве асинхронного генератора использовать асинхронную машину с короткозамкнутым ротором. Он позволяет в некоторых пределах регулировать частоту вращения, но нуждается в реактивной мощности для возбуждения и всегда работает с отстающим током. Асинхронная машина в генераторном режиме работает при отрицательном скольжении. Частота вращения ротора превышает частоту вращения магнитного поля. При параллельной работе с системой асинхронный генератор, также как и двигатель потребляет из сети реактивную мощность для создания магнитного потока. Потребляемая реактивная мощность АГ может достигать 25-50% его полной мощности, так как потребляемый намагничивающий ток равен 25-50% номинального при напряжении, равном напряжению сети, поскольку именно из сети асинхронный генератор потребляет реактивную мощность. При нормальной скорости и силе ветра генератор работает с отрицательным скольжением и отдаёт в сеть активную мощность. При снижении скорости ветра и частоты вращения ветродвигателя частота вращения снижается до частоты вращения холостого хода генератора и машина переходит в режим холостого хода. При дальнейшем снижении скорости ветра и частоты вращения ротора машина переходит в двигательный режим и потребляет из сети активную мощность. Частота тока статора f_1 остаётся постоянной и устойчивая работа генератора с сетью сохраняется при любых значениях частоты вращения ротора и частоты ЭДС ротора и скольжения, так как

$$f_1 = \frac{f_2}{s}.$$

При переходе генератора в двигательный режим он должен быть отключён от системы или от ветродвигателя. В последнем случае ветроустановка должна иметь между ветродвигателем и генератором электромагнитную или механическую муфту. При её отключении генератор переходит в двигательный режим без нагрузки. При использовании асинхронного генератора с фазным ротором эту задачу можно выполнить размыканием цепи ротора и переводом в режим холостого хода с разомкнутым ротором.

При автономной работе асинхронного генератора должны быть обеспечены условия самовозбуждения. В качестве источника реактивной мощности используется

батарея конденсаторов. Условия самовозбуждения для АГ: наличие остаточного магнитного потока, частота вращения выше критической. При этом частота индуцируемой ЭДС обмотки статора f_1 равна резонансной частоте системы, содержащей индуктивность и ёмкость. Индуктивность асинхронной машины зависит от её насыщения и нагрузки и не постоянна. Одно из преимуществ асинхронной машины – повышенная устойчивость при параллельной работе с системой и постоянство частоты f_1 здесь не используется [2].

Литература:

1. Олешкевич М. М. Нетрадиционные источники энергии. – Минск: «БНТУ», 2007 – 144 с.
2. Безруких П. П. Использование энергии ветра. – Москва: «КОЛОС», 2007 – 193 с.