

УДК 621.313

Т.О.Мараева (6 курс, каф. ЭМ), Б.В.Сидельников, д.т.н., проф.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

В условиях дефицита энергоресурсов всё более актуальной становится проблема использования возобновляемых источников энергии, среди которых на первом месте стоит энергия ветра. Для выработки электроэнергии на ветроэнергоустановках в основном используются асинхронные генераторы. Однако существенные недостатки этих машин привели к разработке и созданию альтернативных генераторов. Вместе с тем, на сегодняшний день нет единого мнения относительно использования тех или иных типов машин.

Целью доклада является сравнительный анализ ветрогенераторов различных типов, выбор наиболее рациональных конструкций, обладающих улучшенными эксплуатационными показателями.

Рассматривая динамику роста мощности ветрогенераторов, можно констатировать, что на 1991 год лидирующее положение в ветроэнергетике занимали США, где к тому времени был налажен серийный выпуск относительно дешевых ветрогенераторов на единую мощность $P_c=2500$ кВт. Германия в 1995 году вышла на второе место по установленной мощности. Суммарная ее величина составила $P_c=1120$ МВт, причем прогноз развития отрасли, сделанный в 1995 году, дает заниженные относительно реальных показатели на 2001 год. По оценкам экспертов к 2020 году возможно достигнуть суммарную установленную мощность $P_c=4,5 \cdot 10^{10}$ МВт, что обеспечит 3,5% прогнозируемого общего потребления энергии. Площадь, занимаемая ветростанциями, будет порядка 5400 км², причем только на одном её проценте разместятся ветротурбины.

Современные материалы и технологии позволяют существенно снизить стоимости выработки электроэнергии с помощью ветрогенераторов, которая сегодня составила 4-8 американских центов за киловатт в час, в зависимости от места установки, скорости и устойчивости ветра. Эта цифра приблизительно соответствует цене кВт/час тепловой электростанции, использующей в качестве топлива уголь.

Так как ветер нестабилен, то нестабилен и момент, создаваемый на валу ротора, а следовательно, возникают пульсации частоты вращения, напряжения, тока, электромагнитного момента генератора. При порывах ветра его скорость может в несколько раз превышать среднее значение. В зависимости от условий работы, метеорологических факторов в каждом конкретном случае ориентируются на определенный наиболее рациональный тип преобразователя.

Асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором имеют наиболее простую конструкцию, относительно низкую стоимость и надёжность, хорошие массогабаритные показатели при частотах вращения больше 500 об/мин. Номинальная частота вращения турбины средней мощности составляет 20...40 об/мин. Поэтому для улучшения массогабаритных и

энергетических показателей привод генератора осуществляется через мультипликатор с коэффициентом редукции $K_{\text{д}}=50\dots75$. Последний требует периодического обслуживания, является дополнительным источником шума, снижает надежность системы в целом, особенно при больших мощностях.

Синхронными генераторами оснащаются либо установки небольшой мощности, предназначенные для автономной работы, либо мощные ветроэнергетические блоки. Положительные свойства подобных машин проявляются благодаря отработанной конструкции, её простоте, широкому диапазону регулирования напряжения при относительно малых потерях в цепи и хороших массогабаритных показателях. Именно поэтому синхронный генератор можно применять без редукторов. При этом из-за низкой скорости вращения вала при мощности $P_{\text{с}}=100$ кВт генератор имеет большой внешний диаметр D , превосходящий 2 м, и малую длину L . Одним из основных недостатков конструкции является наличие контактных колец. Разработанные бесконтактные системы недостаточно хороши из-за увеличения размеров и массы агрегата.

Другим серьёзным недостатком синхронных машин для ветрогенераторов является жесткая зависимость частоты генерируемого напряжения от скорости вала. При сильных порывах и ограниченной мощности сети параллельная работа становится невозможной.

Асинхронизированный синхронный генератор (АСГ) на роторе имеет двух- или трехфазную обмотку возбуждения, питаемую напряжением, пропорциональным скольжению. Поэтому он может работать при несинхронном вращении. Здесь, помимо регулирования величины потока возбуждения можно изменять его положение относительно ротора.

В последние годы в России и на Украине рядом конверсионных предприятий начаты разработки асинхронизированных ветроэлектрических установок мощностью 250 и 1000 кВт. Применение АСГ позволяет работать с переменной частотой вращения в диапазоне $\pm 30\%$ синхронной, что позволит увеличить выработку электроэнергии на 15...25 %; уменьшить толчки и колебания мощности в сети, вызываемые изменением параметров ветра; значительно упростить гидравлическую систему регулирования лопастей ветродвигателя, сделать её достаточно медленно действующей, возложив на АСГ все "быстрое" регулирование мощности; уменьшить уровень механических воздействий на элементы конструкции ветроустановки, что в конечном итоге снижает стоимость в целом.

Как и синхронные машины АСГ имеет контактные кольца, что значительно снижает вероятность применения таких машин для ветроустановок. Также трудно сделать машину, быстро реагирующей на изменение ветра, так как любая система инерционна.

В настоящее время авторами производятся исследования режимов работы АСГ, направленные на оптимизацию их параметров с целью улучшения эксплуатационных свойств и разработку конструкции, наиболее отвечающей требованиям, предъявляемым к ветрогенераторам.

Выводы. Проведен обзор и сравнительный анализ ветрогенераторов различных конструктивных исполнений. Показано, что определенные преимущества в этой области могут иметь асинхронизированные синхронные генераторы при условии рационального проектирования, выбора параметров и эффективности регулирования возбуждения.