

УДК 621.548

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКТОРНЫХ ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ В ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Каланчин И.Ю. аспирант гр.АСП-15, 2 год обучения
Научный руководитель: Иванов А.С., к.т.н., доцент
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

Растущие с каждым годом затраты на выработку электроэнергии и исчерпываемые запасы традиционного углеродного топлива все чаще заставляют задумываться об освоении альтернативных источников энергии. Альтернативная энергетика нацелена на получение необходимого вида энергии за счёт природных возобновляемых и неисчерпаемых явлений и ресурсов. Следует отметить, что альтернативная энергетика не выделяет парниковых газов и является экологически чистой.

Одним из основных направлений альтернативной энергетики является ветроэнергетика – это отрасль энергетики, основанная на разработке алгоритмов, средств и методов преобразования энергии ветра в другие виды энергии, например, тепловую или механическую. Кинетическая энергия потока воздушных масс – одна из форм солнечной энергии, так как ветер образуется из-за неравномерности нагрева земных поверхностей. Перепад давлений, образованный разностью плотностей теплых и холодных воздушных масс, вызывает их циркуляцию: тёплый воздух поднимается вверх и его место занимает холодный более плотный и тяжелый воздух.

Энергетический потенциал энергии ветра Всемирной метеорологической организацией оценивается в 150 триллионов кВт·ч в год, что дает возможность вырабатывать ветроэлектростанциями электрическую энергию в десятки раз превышающую мировое потребление энергии.

Ветряная электростанция – промышленный объект, предназначенный для выработки электроэнергии посредством преобразования энергии ветра, соединенный с единой сетью и состоящий из одной или нескольких ветроустановок, расположенных друг от друга на определенном расстоянии, комплектных трансформаторных подстанций и центрального пульта управления.

Основным элементом ветряной электростанции является ветрогенератор – комплекс механических и электрических устройств, предназначенных для преобразования кинетической энергии воздушных масс в механическую энергию вращения ротора, которая в свою очередь преобразуется в электрическую энергию. Ветроагрегаты классифицируются на ветрогенераторы с вертикальной осью вращения и с горизонтальной осью вращения.

На рисунке 1 приведена гистограмма роста выработки электроэнергии ветряными электростанциями за 2015г по континентам, составленная всемир-

ным советом ветряной энергетики «Global Wind Energy Council». Во всем мире ветряными станциями было выработано 432419 МВт электрической энергии, в то время как в 2000 году этот показатель был равен всего 17400 МВт. Абсолютным лидером по установленным мощностям ветроэлектростанций является Китай, они составляют 33% от общих запасов мощности. Второе место занимает США, установленная мощность ветроэлектростанций этой страны составляет 17,2%, на третьем месте находится Германия, ее генерация составляет 10,4%. Наиболее развитая ветроэнергетика наблюдается в азиатских странах, за 2015 г. в Азии установленная мощность ветроэлектростанций составляет около 35000 МВт.

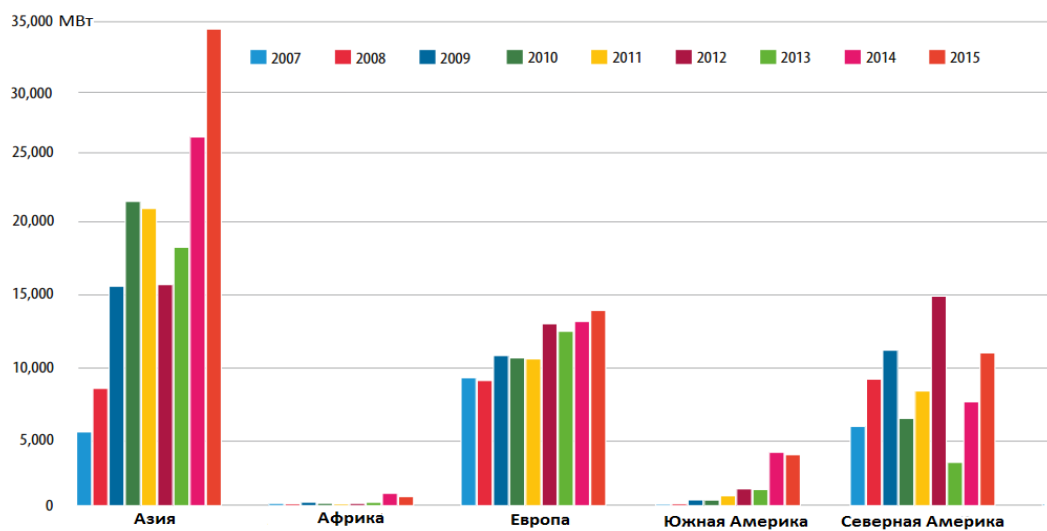


Рисунок 1 - Рост выработки электроэнергии ветроэлектростанциями по данным "Global Wind Energy Council"

Несмотря на присущие ветроэнергетике достоинства, присутствует ряд недостатков, таких как: вырабатываемая электроэнергия не регулируемая и непостоянная, высокая себестоимость вырабатываемой энергии, а также генерация сопровождается звуковым, визуальным и электромагнитным воздействием. Высокая себестоимость обусловлена капитальными затратами на производство, транспортировку и установку ветроэнергоустановок, помимо этого существует необходимость развития сетевой инфраструктуры, в частности это относится к морским (оффшорным) ветроэлектростанциям.

Основным и наиболее дорогостоящим элементом ветроэнергоустановки является генератор, который служит для преобразования механической энергии вращения ротора ветрогенератора в электрическую. В настоящее время применяются несколько различных видов ветрогенераторов. Наиболее распространенные ветряные турбины для работы при низких скоростях основаны на применении машин постоянного тока с постоянными магнитами (permanent magnet machines). Такие генераторы имеют ряд достоинств, таких как высокая эффективность и надежность, отсутствие внешнего возбуждения, а также у этих машин отсутствуют потери проводимости ротора. Помимо генераторов на постоянных магнитах в ветроэнергетике применяются асинхронные генераторы двойного питания (double fed induction generator) и асинхрон-

ные генераторы трехфазного тока с короткозамкнутым ротором типа «беличья клетка» (squirrel cage).

Последнее время в ветроэнергетике находит применение и относительно новый тип ветрогенератора, основанный на использовании индукторной вентильно-реактивной машины. Применение такого рода машин позволит значительно снизить затраты на производство ветрогенераторов. Это обусловлено тем, что вентильно-реактивные машины не имеют щеточно-коллекторного аппарата, ротор не имеет ни обмоток, ни постоянных магнитов и состоит только из набранных листов электротехнической стали. Обмотки возбуждения находятся только на статоре, одноименные фазы расположены диаметрально напротив друг друга и соединены последовательно. Существуют различные конфигурации вентильно-реактивных машин, они зависят от числа зубцов статора и ротора и могут быть 6/4, где 6 число полюсов статора и 4 ротора, также конфигурация может быть 8/6 и 10/8. Внешний вид реактивной вентильно-индукторной машины 8/6 представлен на рисунке 2.

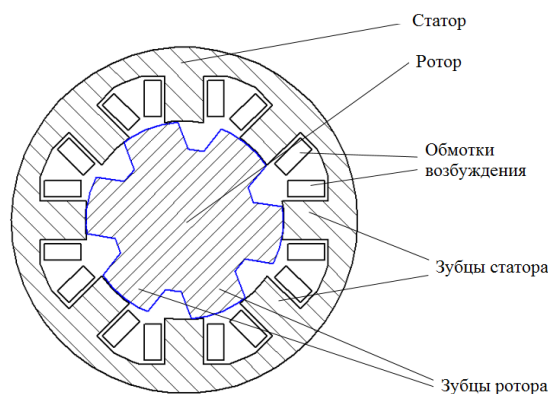


Рисунок 2 – Поперечное сечение четырехфазной реактивной вентильно-индукторной машины 8/6

Реактивные вентильно-индукторные машины заинтересовали исследователей со всего мира своими преимуществами, такими как:

- простота конструкции, где ротор состоит только из шихтованной стали;
- наличие сконцентрированных обмоток фаз только на зубьях статора;
- отсутствие постоянных магнитов, позволяющих снизить стоимость производства;
- возможность работы при высоких скоростях и температурах, поскольку ротор может использоваться как источник охлаждения статора;
- высокая надежность, поскольку каждая фаза электрически и магнитно независимы;
- низкая инерция ротора, за счет малого веса, а как следствие машина может работать при низких скоростях ветра и реагировать на быстрое изменение нагрузки.

Применение такого рода генераторов в ветроэнергоустановках значительно снизит себестоимость вырабатываемой электроэнергии. Низкая инерция ротора, обусловленная отсутствием обмоток и постоянных магнитов на

вращающейся части генератора, позволяет генерировать электроэнергию при малых скоростях ветра. Схема ветрогенератора с использованием вентильно-реактивной электрической машины представлена на рисунке 3.

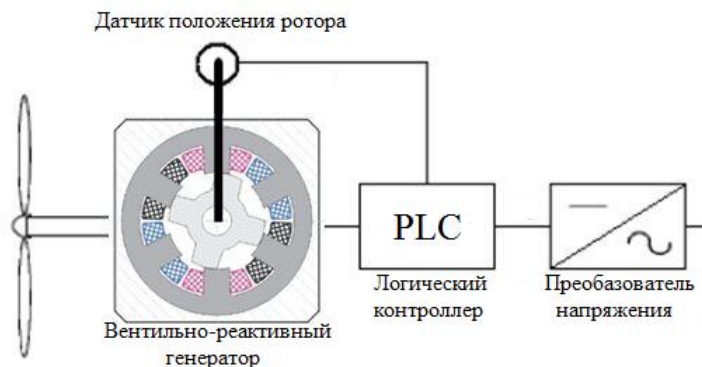


Рисунок 3 - Схема основных элементов ветроэнергетической установки с использованием реактивной вентильно-индукторной электрической машины

При движении зубьев ротора относительно возбуждаемых фаз статора, меняется индукция машины периодически от минимума к максимуму, положение выровненных полюсов ротора и статора соответствуют максимальному значению индукции, а минимальному – положение с не выровненными зубцами статора и ротора. Датчик положения ротора определяет положение зуба ротора относительно полюса статора и в момент рассогласования зубьев контроллер осуществляет возбуждение фазы статора, тем самым создается отрицательный электромагнитный момент, который влечет за собой выработку электрической энергии.

В настоящее время различные режимы работы вентильно-реактивной электрической машины исследуются на опытном образце электрической машины. Построенная машина мощностью 2,2кВт имеет конфигурацию 12/10 и 3 питающие фазы. Внешний вид реактивной вентильно-индукторной машины, а также внешний вид ротора и статора представлены на рисунках 4 и 5 соответственно. Исследуемая электрическая машина функционирует как в режиме двигателя, так и в режиме генератора.



Рисунок 4 - Внешний вид вентильно-реактивной машины

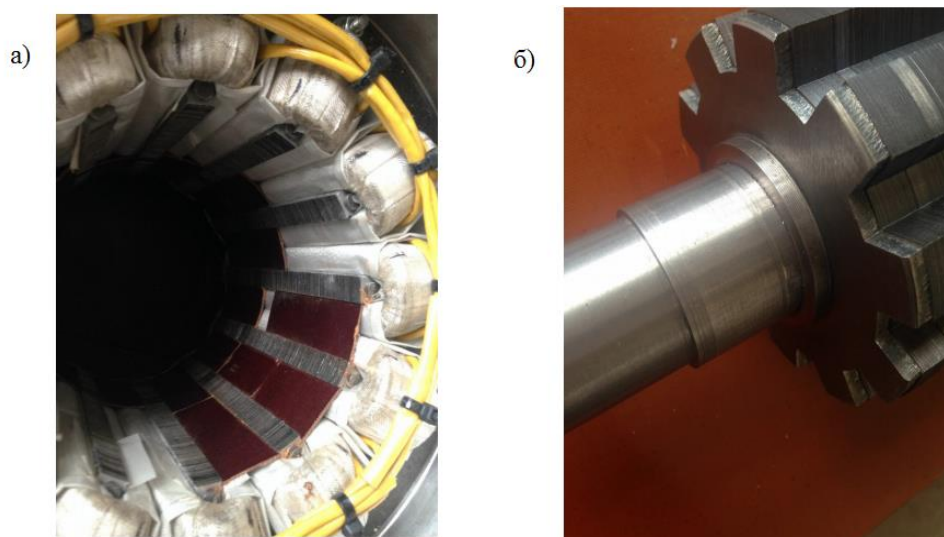


Рисунок 5 - а) внешний вид статора, б) внешний вид ротора вентильно-индукторной машины

Несмотря на все вышеперечисленные преимущества вентильно-реактивных машин также существуют и недостатки. К ним относятся: высокие пульсации электромагнитного момента и магнитного потока. До настоящего времени еще не было предложено однозначного метода для предотвращения этих проблем.

Реактивные вентильно-индукторные электрические машины способны сократить себестоимость выработки электрической энергии посредством ветроэлектростанций, а также снизить затраты на обслуживание ветрогенераторов за счет своей простой и надежной конструкции. Существующие недостатки этих электрических машин препятствуют их широкому распространению и требуют оперативного устранения.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 51237-98 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения
2. Гарипов М. Г. Ветроэнергетика/ Гарипов М. Г. // Вестник Казанского технологического университета Выпуск № 2 – 16 – 2013 – С.64-66.
3. Степанов В.М. Анализ основных характеристик вентильно-реактивного электродвигателя, работающего в режиме генератора/ Степанов В.М., Авдошин В.С. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки выпуск №8 – 2014 – С.181-183
4. Anekunu A.Y. Control of Switched Reluctance Generator for Wind Energy Applications/ Anekunu A.Y. // International Journal of Advanced Engineering Research and Technology Volume 3 – 9 – 2015 – P. 290-295