

УДК 620.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ АКСИАЛЬНОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА С ТОРОИДАЛЬНЫМ СЕРДЕЧНИКОМ

Червинский В.Л., Эктор Эдуардо Роа, Ли Цзяцзюнь, Трацевский Н. А.
Белорусский национальный технический университет

В последнее время машины на постоянных магнитах находят все более широкое применение во многих местах, в частности в электрогенерации. Преимущества современных постоянных магнитов – это их высокая энергетическая плотность, а у новых материалов для постоянных магнитов – меньшая зависимость от температурных изменений. Эти качества являются решающими при выборе конструкций ветрогенераторов. Основные требования для их конструирования можно определить, как:

- простая конструкция;
- легкий вес;
- применение без редукторных конструкций, т.е. прямого привода;
- обеспечение генерации энергии при высоком к.п.д для заданного диапазона скоростей вращения ротора, обусловленных техническими характеристиками применяемой ветротурбины;
- низкая стоимость.

В настоящем исследовании было рассмотрен аксиальный генератор на постоянных магнитах с тороидальным безпазовым сердечником статора и с намоткой катушек типа «gramme –ring type winding» [1]. Основные требования для нового технического решения генератора это: простота конструкции и изготовления и возможность работы в ветрогенераторе прямого привода. Также, желательным было бы генерирование напряжения синусоидальной формы напряжения [2].

Для первого опыта был изготовлен аксиальный генератор со статором с тороидальным цепным сердечником, на котором должно быть намотано три фазы, каждая должна содержать 12 катушек. При изготовлении одной фазы было подсчитана длина провода в одной катушке, которая составила 658 см. Таким образом, общая длина провода в 12 катушках одной фазы составила 78,96 м. (Рис.1). Расчетное сопротивление медного провода одной фазы, учитывая его сечение, равное $0,5 \text{ мм}^2$, составило 2,68 Ом. Фактическое сопротивление, замеренное прибором, составило 3,1 Ом. Здесь сказывается дополнительное сопротивление из-за соединения скруткой катушек фазы. На роторе было установлено 12 постоянных магнитов диаметром 3 см и толщиной 1 см (Рис.2). Поверхностная намагниченность составила 350 мТ. Размеры тороидального стального сердечника прямоугольного сечения составили $7 \times 25,5 \text{ мм}$. Его

особенностью явилось то, что он был изготовлен из трех витков пластинчато-роlikовой цепи размерами 7x8.5 мм. Преимуществом генераторов с тороидальными сердечниками является их простая конструкция и, вследствие этого, простота намотки катушек.



Рис. 1 – Общий вид готового статора с намотанной одной фазой из 12 катушек.

Для проверки зависимости напряжения генерации от числа оборотов ротора были проведены испытания на специально изготовленном стенде.

График этой зависимости для одной фазы показан на рис. 3. Для трехфазной системы напряжений линейное напряжение будет больше в 1,73 раза. Величина же выпрямленного напряжения будет еще примерно в 2 раза больше линейного напряжения. Таким образом, диапазон рабочих оборотов ветрогенератора, при котором уже будет происходить зарядка аккумулятора, будет начинаться примерно со 150 оборотов в минуту.

С целью проверки согласования этого значения с максимальным током, который можно получить от одной фазы – током короткого замыкания, были проведены соответствующие исследования (рис.4). Для провода сечением 0,5 мм² максимально допустимый ток составляет 11 А.



Рис. 2 – Общий вид ротора с магнитами

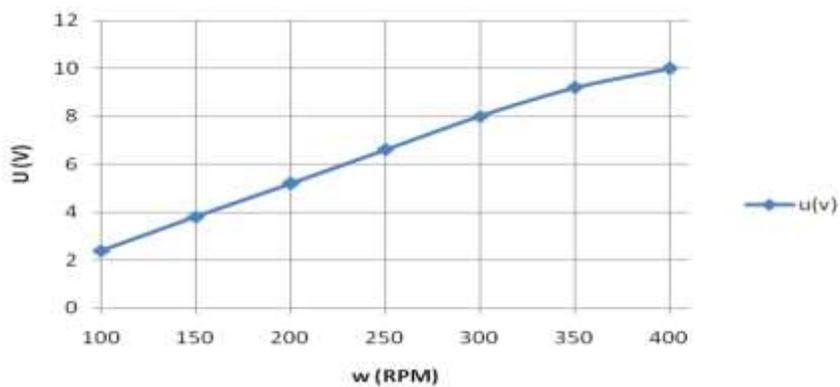


Рис. 3 - График зависимости напряжения от числа оборотов для одной фазы (12 катушек по 70 витков)

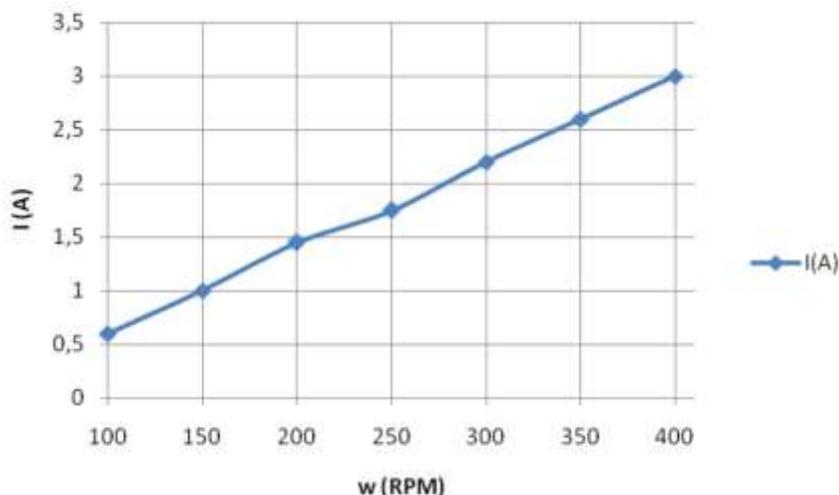


Рис. 4 - График зависимости тока короткого замыкания от числа оборотов для одной фазы (12 катушек по 70 витков)

Из графика на рис.4 видно, что максимальное значение тока короткого замыкания для предельного числа оборотов не превышает значения максимально допустимого тока по сечению провода. Из этого можно сделать вывод, что сечение провода и число витков в катушке подобраны правильно. В дальнейших исследованиях планируется исследование осциллограмм генерируемого напряжения на предмет оценки синусоидальности формы кривой напряжения.

Литература

1. Serdal Arslan, Erol Kurt, Ortzi Akizu, Jose Manuel Lopez-Guede. Design optimization study of a torus type axial flux machine. Journal of Energy System, Volume 2, Issue 2, p. 43-56
2. E. Muljadi, C. P. Butterfield, Yih-Huei Wan. Axial Flux, Modular, Permanent-Magnet Generator with a Toroidal Winding for Wind Turbine Applications. National Renewable Energy Laboratory - NREL/CP-500-24996 ü UC Category: 1213