

А.М. МАСЛЕННИКОВ,

А.Н. ПЕТРЕНКО,

Н.Я. ПЕТРЕНКО, канд. техн. наук

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ АВТОТРАКТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Вирішуються питання ефективного використання активних матеріалів і магнітного потоку автотракторного генератора. Дослідження режиму роботи з обмоткою збудження на статорі, а як наслідок з радіальним робочим потоком.

Решаются вопросы эффективного использования активных материалов и магнитного потока автотракторного генератора. Исследование режима работы с обмоткой возбуждения на статоре, а как следствие с радиальным рабочим потоком.

Проблема повышения надежности систем автотракторного электрооборудования решается путем создания бесконтактных синхронных генераторов. Отказ от скользящего контакта в таких генераторах повышает надежность и долговечность, а также упрощает их обслуживание. Генераторы с электромагнитным возбуждением обладают недостатком с точки зрения невозможности самовозбуждения при отсутствии аккумуляторной батареи или при ее разряде. Использование в генераторах только постоянных магнитов усложнит устройство регулятора напряжения ввиду широкого изменения частоты вращения и выходного напряжения.

Перспективным следует признать применение в автотракторной технике синхронных индукторных генераторов с комбинированным возбуждением. У таких генераторов постоянные магниты располагаются на роторе и служат

для обеспечения самовозбуждения генератора, а обмотка возбуждения позволяет поддерживать выходное напряжение на требуемом уровне [1].

Сложные условия эксплуатации автотракторных генераторных

установок, связанных с повышенными вибрациями, значительными перепадами температуры, запыленностью и влажностью окружающей среды, предъявляют ряд специфических требований, которые позволят обеспечить необходимые характеристики. Проблема снижения массогабаритных показателей

при относительно высоких единичных мощностях в отличие от традиционных конструкций индукторных генераторов комбинированного возбуждения, у которых постоянные магниты расположены на статоре, делает перспективным размещение постоянных магнитов на вращающемся индукторе. Такое конструктивное решение позволяет за счет совмещения функций индуктора улучшить массогабаритные показатели. У таких генераторов обмотка возбуждения расположена на магнитопроводящем фланце см. рис.1, таким образом используется осевой поток создаваемый обмоткой, а масса генератора значительно за счет дополнительных участков магнитопровода обеспечивающих прохождение потока [2].

С целью снижения массогабаритных показателей предложено обмотку возбуждения расположить на зубцах сердечника статора вместе с обмоткой статора. Размещение обмотки возбуждения на статоре (таким образом использовать радиальный магнитный поток) позволило уменьшить длину активной части генератора до 85 мм, упростить конструкцию за счет отказа от дополнительных участков магнитопровода. Для уменьшения массы генератора предложено применить полый вал или крестовидную втулку.

Размеры постоянных магнитов определяются геометрией зубцового слоя индуктора и требованиями к самовозбуждению генератора. Объем постоянных магнитов определяется из выражения:

$$V_M = \frac{0,9P_c \alpha_1 \sigma_0 k_{ad} k_{уд} k \times 10^6}{4k_\phi f B_{M0} H_{MK} \sqrt{1 - \frac{1}{k^2}}},$$

где V_M – объем постоянных магнитов, м³; P_c – мощность генератора, обеспечивающая самовозбуждение, Вт; α_1 – коэффициент, учитывающий падение магнитного напряжения в долях МДС реакции якоря (предварительно принимается $\alpha_1 = 1,15$); σ_0 – коэффициент рассеяния в режиме холостого хода (предварительно принимается $\sigma_0 = 1,1$); k_{ad} – коэффициент приведения МДС реакции якоря по оси к МДС возбуждения (предварительно принимается $k_{ad} = 0,85$); $k_{уд}$ – коэффициент ударности (предварительно принимается $k_{уд} = 1,2$); k – кратность тока короткого замыкания (при $\cos \varphi = 1$, $k = \sqrt{2}$); k_ϕ – коэффициент формы кривой напряжения (при синусоидальной принимается форме $k_\phi = 1,11$); B_{M0} – индукция в нейтральном сечении магнита при холостом ходе; H_{MK} – определяется по кривой намагничивания из условия соответствия максимальной удельной энергии магнита или несколько ниже этой точки.

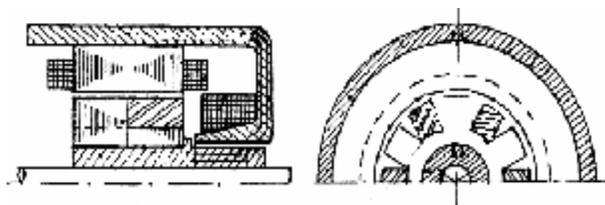


Рис.1. Одностороннее возбуждение

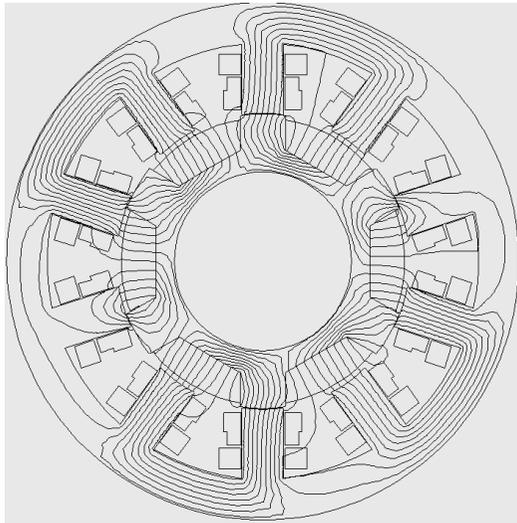


Рис.2. Распределение магнитного поля от постоянных магнитов и обмотки возбуждения

$A = \frac{mW_{\phi}I_c}{\pi D}$ – линейная нагрузка якоря, А/м; $B_{\delta_{cp}}$ – средняя индукция по длине воздушного зазора,

$$B_{d \text{ ср}} = B_M \frac{(1+d^*)^{2p} - 1}{(1+d^*)^{2p} + 1} \cdot \frac{1}{pd^*};$$

B_M – индукция на поверхности постоянного магнита, равная 0,3 Тл; $\delta^* = \frac{2\delta}{D_M}$ – относительный воздушный зазор; δ – воздушный зазор от поверхности магнита до полюсов статора, мм; D_M – диаметр наружной поверхности магнитов, мм.

Распределение магнитного поля в режиме холостого хода см. рис.2. Графическая модель генератора создается в программе *AutoCad 2006* с последующим импортированием файла в формате *dxf* в среду программы *FEMM*. Эта программа реализует на основе метода конечных элементов уравнение, описывающее магнитное поле системы.

С целью обеспечения надежного крепления постоянных магнитов на роторе впервые предлагается технология заливки постоянных магнитов стеклонаполненным полиамидом марки «ИМПЭТ». В отличие от силуминового наполнителя, который применяется в существующих генераторах, такой диэлек-

Значения B_{M0} и H_{MK} предварительно могут быть приняты:

$$B_{M0} = (0,6...0,8)B_r$$

$$H_{MK} = (0,6...0,8)H_c,$$

где B_r и H_c – данные кривой размагничивания магнита.

Необходимая высота магнита определяется по выражению, м:

$$h_M = \frac{0,45k_{об}k_{ад}k\alpha_1\tau A}{H_{MK}},$$

где $k_{об}$ – обмоточный коэффициент обмотки якоря, при сосредоточенной обмотке якоря $k_{об}=1$; t – полюсное деление якоря;

трик более пластичен, соответствует тепловым режимам работы и не создает паразитных индукционных токов влияющих на основное магнитное поле. Использование метода заливки магнитов полиамидом позволит увеличить мощность за счет уменьшения паразитных зазоров и снижения потерь от вихревых токов, а также уменьшить массу генератора. Общий вид генератора см. рис.3. Данный генератор имеет такие габаритные размеры: 165 мм по внешнему диаметру статора и длиной пакета 85 мм.

По предложенным разработкам в АО «СКБ Укрэлектромаш» изготавливается опытный образец автотракторного генератора с комбинированным возбуждением и радиальным распределением потока обмотки возбуждения мощностью 1 кВт, напряжением 14 частотой вращения 4000 ± 500 об/мин. При работе с аккумуляторной батареей, ток нагрузки должен быть не менее 72 А.

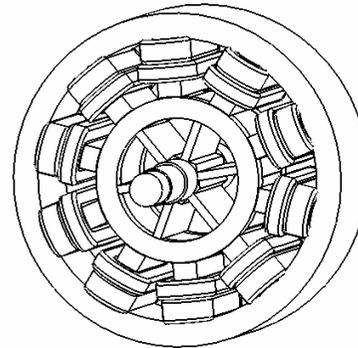


Рис.3. Общий вид генератора

Список литературы: 1. *Петренко А.Н.* и др. методика расчета геометрии и параметров активной зоны одноименнополюсных индукторных автотракторных генераторов //Вестник НТУ "ХПИ". – Харьков: НТУ

"ХПИ". – 2005. – №5. 2. *Дамбур Л.Э* Магнитное поле в воздушном зазоре аксиальной индукторной машины при холостом ходе с учетом зубчатости якоря. Бесконтактные электрические машины. – Рига: Зинатне, 1965. – Т. 4. 3. *Кузнецов В.А.* и др. Особенности расчета индукторных двигателей для вентильного электропривода // Электротехника. –1998. – №6. 4. *Важков А.И.* Переходные процессы в машинах переменного тока – Л: Энергия, 1980. 5. *Meeker D.* Finite Element Method Magnetics. Version 4.0. User's Manual, January 26, 2004 // <http://femm.berlios.de>, 2003.

Поступила в редколлегию 14.04.08