

УДК 621.313.2

*А.Е. КОЗОРЕЗОВ*, студент, НТУ "ХПИ", Харьков

*Б.А. ЕГОРОВ*, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков

**УВЕЛИЧЕНИЕ РАБОЧЕГО МАГНИТНОГО ПОТОКА ПОД  
ГЛАВНЫМ ПОЛЮСОМ ПРЕДЕЛЬНО НАГРУЖЕННОГО  
ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА СЕРИИ 4П 280  
ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ НАСЫЩЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ  
УЧАСТКОВ ЕГО МАГНИТОПРОВОДА**

Стаття присвячена проблемі підвищення основного магнітного потоку під головним полюсом на прикладі відрізка серії машин постійного струму 4П280.

Статья посвящена проблеме повышения основного магнитного потока под главным полюсом на примере отрезке серии машин постоянного тока 4П280.

**Введение.** Основной проблемой перед всей отраслью электромашиностроения является проектирование и создание машин с большими энергетическими показателями и малыми затратами ресурсов. Это можно достичь за счет производства машин полностью использующих материалы, дешевые в производстве и эксплуатации.

По тенденциям времени двигатели постоянного тока переходят от системы генератор-двигатель к тиристорным преобразователям. Это обусловлено дешевизной метода. Хотя выпрямитель намного дешевле, никакой преобразователь не может обеспечить идеальное сглаживание, а значит, и ухудшаются энергетические показатели за счет потерь от высших гармоник; к тому же выпрямители очень "ограничены" по мощности. Система генератор-двигатель дороже, требует большего ухода, особенно щеточно-коллекторный узел, но с другой стороны эта система может выдавать достаточную мощность и сглаженное напряжение. Иметь еще две машины неудобно, и дорого, поэтому потребители предпочитают использовать систему генератор-двигатель только в крайних случаях, например на испытательных станциях.

Потребителей интересуют машины, которые будут одновременно стоить меньше аналогов, и иметь максимальные энергетические показатели. Для этого производитель увеличивает мощность при одновременном уменьшении габарита машины, вкладывая в нее достаточное количество материала, и контролирует уровень его использования.

Основным элементом электромеханического преобразователя является воздушный зазор. От длины и формы воздушного зазора напрямую зависит количество и качество рабочего магнитного потока, а

следовательно, и эффективность преобразования энергии в машине. Поскольку форма якоря во всех двигателях постоянного тока цилиндрическая, то форма и размер воздушного зазора определяется формой коронки и размером главного полюса. Полюс выполняет функции создания магнитного потока, поскольку на полюс установлена обмотка возбуждения. В преобразовании энергии участвует только рабочий магнитный поток, который создает момент на валу. Чем больше рабочий магнитный поток, тем больше энергии преобразует двигатель. Компенсационная обмотка (КО) установленная в пазах коронки главного полюса уменьшает нерабочие потоки и следовательно увеличивает количество преобразованной энергии.

Для повышения рабочего магнитного потока нужно уменьшить магнитное сопротивление и потоки рассеивания магнитной цепи. Например, уменьшение длины воздушного зазора уменьшит сопротивление рабочему магнитному потоку, но возрастет амплитуда зубцовых гармоник, и себестоимость из-за усложнения технологии производства машины. Увеличение ампер-витков обмотки возбуждения, что увеличит насыщения узких мест главного полюса. Можно использовать более качественные материалы, тонкую и стойкую изоляцию, лучшие ферромагнетики, но прирост рабочего потока будет незначительным по сравнению с увеличением себестоимости машины. Уменьшение пазов КО приведет к расширению зубцов КО, и как следствие, уменьшит их насыщение, но зато приведет к ухудшению точности компенсации реакции якоря, что отрицательно повлияет на качество преобразования энергии в машине. Использование шихтованной станины улучшит динамические характеристики машины, но одновременно усложнит и удорожит конструкцию. Улучшение методик расчета магнитной цепи позволит найти перенасыщенные участки в магнитопроводе, но выдвигает повышенные требования ко времени расчета и программному обеспечению.

**Цель работы** – описание методов увеличения рабочего магнитного потока, реализованных в отрезке электродвигателей серии 4П280 и производимой заводом "Электротяжмаш", Харьков.

Рассматривается отрезок серии 4П: высота центра 280 мм; мощность от 90 до 315 кВт; номинальная частота вращения 300-1600 об/мин; номинальное напряжение 440 В; исполнение – четырехполюсное.

**Описание конструкции.** В двигателях отрезка серии 4П280 реализованы принципиально новые технические решения, позволяющие им быть конкурентоспособными с двигателями передовых зарубежных фирм. А именно, круглая станина со сплошным магнитопроводом заменена шихтованным магнитопроводом, имеющим в поперечном сечении форму восьмигранника, приближающегося к квадрату. Увели-

чение до 1,65 отношения активной длины якоря к его длине, что характерно для западных производителей. Применение изоляционных материалов нагревостойкости классов F и H. Достигнута практически полная компенсация реакции якоря по всей его окружности, за счет применения компенсационной обмотки. Внедрены новые конструктивные решения по размещению обмоток главных и добавочных полюсов на сердечнике.

Возбуждение независимое с напряжением 220 В при последовательном соединении обмоток, и возможность переключения на 110 В. Двигатель рассчитан на питание от статичных преобразователей, при этом амплитуда переменной составляющей тока якоря не должна превышать 7% от номинального тока на всем диапазоне частот вращения.

При проектировании отрезка серии 4П280 были выбраны следующие ключевые параметры: индукция в магнитном зазоре до 0,81 Тл, линейная нагрузка якоря не более 56 А/мм, плотность тока в обмотке якоря до 6,6 А/мм<sup>2</sup>, индукция в короне зубца до 2,55 Тл и тепловой фактор меньше  $3600 \cdot 10^8 \text{ A}^2/\text{m}^3$ .

Значение реактивной ЭДС при максимальной частоте вращения не превышает для волновой обмотки 6,2 В, а для петлевой обмотки – 8 В. Межламельное напряжение 16 В. Ширина коммутационной зоны менее 65%. Кроме того, использование полностью шихтованного магнитопровода уменьшает магнитную асимметрию и практически устраняет отставание во времени изменений магнитного потока добавочных полюсов от изменения тока нагрузки в их обмотках, что еще больше повышает коммутационную способность двигателя.

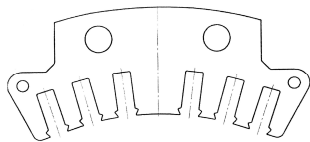


Рис. 1.

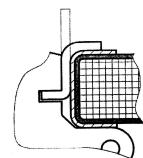


Рис. 2.

Стремление достигнуть максимальную мощность при ограниченной высоте вращения, в 280 мм, привело к сильному сжатию размеров магнитной системы. Как следствие - быстрому насыщению в наиболее узких местах магнитной цепи, на пример при повороте магнитного потока из сердечника в наконечник главного полюса. Поскольку на наконечнике размещаются пазы компенсационной обмотки, то индукция в этих местах может достигать величины 2,15 Тл. Это потребовало изменить конфигурацию листов главного полюса - увеличение сечения на поворотах магнитного потока из сердечника на периферию наконечника главного полюса. На рис. 1 приведена форма главного полюса. Как видно из рисунка классический метод укладки обмотки возбуждения здесь не возможен.

На рис. 2 показан метод крепления обмотки возбуждения в таком полюсе. Такая форма пазов компенсационной обмотки выбрана для предотвращения вибраций, вызванных колебанием магнитного потока под наконечником главного полюса, с той же целью на якоре делается скоп пазов до одного пазового деления.

### **Основные пути совершенствования конструкций двигателей.**

Можно выделить два пути развития любой электрической машины – это улучшение материалов и улучшение теории расчетов процессов в машине.

Улучшение материалов мало подходит, поскольку улучшение материалов зачастую многократно удорожает машину, что делает ее не рентабельной. Уточненные методы расчета магнитных полей дает на этапе проектирования полную картину напряженных мест в машине, что позволяет поднять мощность машины, не увеличивая ее себестоимость и расход материалов.

**Выводы.** Дальнейшее совершенствования конструкций двигателей невозможно без создания точных моделей и математического моделирования.

**Список литературы:** 1. В.А. Кожевников, И.П. Копылов Развитие теории и конструкции машин постоянного тока. – Л.: Наука, Ленинград. отд., 1985. 2. А.с. СССР 1603484 А1, Н02Л 3/52 Магнитная система электрической машины постоянного тока / Э.А. Флоринский, Г. Б. Луполовер. – Опубл. 30.10.90, Бюл. №40. 3. А.с. СССР 1660102 А1, Н02К 3/52 Полюс электрической машины / Э.А. Флоринский. – Опубл. 30.06.91. – Бюл. №24.



**Козорезов Александр Свѣтійович**, магістр. Захистив диплом бакалавра за спеціальністю інженера-електромеханіка в Харківському політехнічному інституті за фахом електричні машини і апарати, в 2009 р. Працює на кафедрі "Електричні машини" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" з 2009 р.

Наукові інтереси пов'язані з проблемами розрахунку магнітних полів за допомогою ЕОМ.



**Егоров Борис Олександрович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри "Електричні машини" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" з 1968 р. Захистив диплом інженера та дисертацію кандидата технічних наук в Харківському Політехнічному Інституті за фахом електричні машини відповідно у 1968, 1975 р.

Наукові інтереси пов'язані з застосуванням комп'ютерної техніки у покращенні параметрів машин постійного струму та з розрахунком магнітних полів за допомогою ЕОМ.

*Поступила в редколлегию 15.12.2009*