

# ГЕНЕРАТОР ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

С.А. Ганджа

г. Челябинск, ЮУрГУ

**Описана конструкция и принцип работы генератора комбинированного возбуждения для автономных источников питания.**

## Вводные замечания

В настоящее время намечился устойчивый подъем в развитии автономных источников питания (АИП). Это обусловлено несколькими факторами.

1. АИП составляют основу электропитания автомобилей. Конкуренция на автомобильном рынке резко возросла. Идет жесткая борьба различных технических служб за подкапотное пространство. В этих условиях резко возросли требования к массоэнергетическим показателям генератора и к качеству электроэнергии АИП.

2. Проблемы стабильного электроснабжения в России в последнее время обострились. По ряду регионов прокатилась волна веерных отключений. Эта обстановка повысила интерес ряда служб (в частности медицинских, аварийно-спасательных, военных) к АИП. Решение этого вопроса идет в различных направлениях, в частности в разработке АИП на базе ДВС на ряд мощностей от 10 до 300 кВт.

3. В последнее время военным системам и системам специального назначения дан новый импульс в развитии. Разработка этих систем вновь ставится под государственный контроль и для этих целей выделяется бюджетное финансирование. Требования к АИП морского, воздушного и наземного базирования возросли порой на столько, что их уже невозможно удовлетворить в рамках известных инженерных решений. Требуются новые научные исследования и разработки. Так например существующая генераторная установка 8 кВт 28 В для дизеля В24 8.2/7.83 имеет массу 230 кг. Заказчик потребовал снизить массу до 100 кг, что невозможно без принятия новых инженерных концепций.

Можно указать еще несколько направлений, в которых проявлен интерес к АИП. Но и приведенные примеры показывают, что развитие АИП является весьма актуальной задачей, как в научной, так и в инженерной практике.

Основным элементом АИП является генератор.

Высокие требования к надежности АИП не позволяют использовать в качестве генератора контактные электрические машины.

В качестве конкурентно способных вариантов следует рассматривать только бесконтактные электрические машины.

- асинхронные генераторы с конденсаторными батареями в качестве источника возбуждения;
- синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов;

- синхронные индукторные генераторы с возбуждением от обмотки возбуждения;

- синхронные генераторы комбинированного возбуждения с возбуждением от постоянных магнитов и обмотки возбуждения.

Практика показала, что асинхронные генераторы с конденсаторными батареями при мощностях более 1 кВт не конкурентно способны по цене по сравнению с другими электрическими машинами из-за высокой стоимости конденсаторных батарей.

В настоящее время практическое распространение получили синхронные генераторы указанных выше типов.

Проведем их краткий анализ применительно к АИП малой и средней мощности.

Особенностью эксплуатации АИП является переменная частота вращения ротора в зависимости от частоты вращения приводного двигателя.

При изменении частоты вращения соответственно меняется электродвижущая сила (ЭДС) генератора и напряжение на его выходных клеммах.

Для потребителя условие постоянного напряжения на клеммах генератора при изменении частоты вращения и нагрузки является обязательным, так как практически все энергопотребители рассчитаны на **постоянное номинальное напряжение**.

Стабилизация напряжения на клеммах генератора при изменении нагрузки и частоты вращения возможна двумя путями:

1. Применение широтно-импульсной модуляции для силовой якорной цепи.

2. Изменение потока возбуждения генератора при изменении частоты вращения.

Следует отметить, что и тот и другой способы стабилизации напряжения технически реализуемы и применяются на практике.

Для реализации первого принципа применим генератор с постоянными магнитами.

Для реализации второго принципа применимы генераторы с обмоткой возбуждения и комбинированные генераторы.

Следовательно, для конкретной энергетической установки основным фактором при выборе варианта будет являться общая цена на генератор + управляющая электроника + силовая электроника.

Проведенный анализ стоимости электрической машины и электроники для генераторов с постоянными магнитами и генератора смешанного возбуждения показывает, что суммарная стои-

мость генератора комбинированного возбуждения может оказаться меньшей.

Рассмотрим одну из оригинальных конструкций генератора комбинированного возбуждения более подробно.

Описание конструкции и принципа действия генератора комбинированного возбуждения

Конструкция генератора переменного тока с комбинированным возбуждением поясняется на рис. 1 и рис. 2, которые изображают поперечные разрезы генератора.

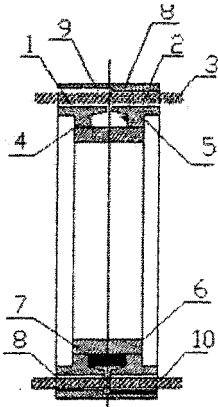


Рис. 1

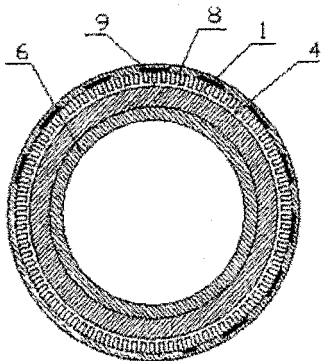


Рис. 2

Генератор состоит из статора и ротора. Статор содержит шихтованные пакеты 1 и 2 с пазами. Пазы пакетов в осевом направлении совпадают. В пазах пакетов расположена многофазная обмотка 3. Шихтованные пакеты напрессованы на массивные детали магнитопровода 4 и 5. Детали 4 и 5 насажены на втулку 6. Между пакетами магнитопровода расположена неподвижная обмотка возбуждения 7.

Ротор генератора расположен снаружи статора. Он имеет массивные полюса 8 и постоянные магниты 9 и 10. Постоянные магниты и полюса чередуются между собой, располагаясь по окружности. При этом они образуют два кольца, которые охватывают шихтованные пакеты 1 и 2. Кольца расположены между собой таким образом, что в осевом направлении напротив полюса 8 находится постоянный магнит 9 или 10. Магниты 9 и 10 имеют радиальную намагниченность, при этом в

одном кольце магниты имеют «южную» намагниченность 9 на поверхности, обращенной к пакету, в другом кольце - «северную» 10.

Генератор работает следующим образом. При питании обмотки возбуждения 7 постоянным током она создает магнитный поток, который замыкается по пути; шихтованный пакет 1, воздушный зазор, массивный полюс 8 первого кольца, спинка ротора, массивный полюс 8 второго кольца, воздушный зазор, шихтованный пакет 2, деталь магнитопровода 5, втулка 6, деталь магнитопровода 4.

Магнитный поток, который создается постоянными магнитами замыкается по следующему пути: шихтованный пакет 1, воздушный зазор, «южный магнит» 9, спинка ротора, «северный» магнит 10, воздушный зазор, шихтованный пакет 2, деталь магнитопровода 5, втулка 6, деталь магнитопровода 4. Таким образом, магнитные потоки имеют общие участки только во втулке и спинке ротора. В остальных участках магнитопровода магнитные потоки не пересекаются. Направление магнитного потока от постоянных магнитов не меняется. Направление потока от обмотки возбуждения зависит от полярности источника питания, к которому она подключена. При этом поток от обмотки возбуждения может, как прибавляться к потоку постоянных магнитов, так и вычитаться из него.

При вращении ротора суммарный поток наводит ЭДС в статорной обмотке 3. При изменении частоты вращения величина и направление тока в обмотке возбуждения 7 выбирается таким образом, чтобы произведение частоты вращения на величину потока было бы постоянным. При этом амплитуда выходного напряжения генератора остается постоянной при изменении частоты вращения в широких пределах, что необходимо для автономных источников питания.

Трехмерная модель генератора представлена на рис. 3

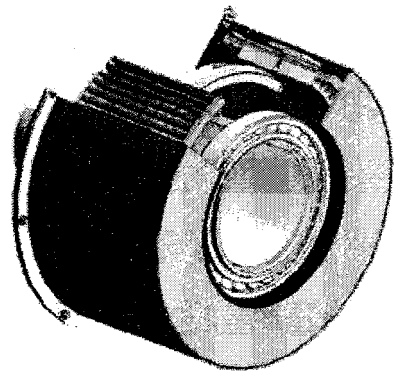


Рис. 3

Описанная конструкция была реализована в опытном образце генератора с параметрами: 3,0 кВт, 220 В, 150 об/мин, который прошел успешные испытания в составе ветроэнергетической установки разработки Государственного ракетного центра им. Макеева, г. Миасс. Для этого генератора был

разработан регулятор, осуществляющий стабилизацию напряжения по цепи возбуждения. Односторонняя плата регулятора имеет размеры 100x100 мм. Стоимость комплектующих элементов регулятора не превышает 150 рублей. Стоимость генератора при его серийном производстве не превысит рыночной стоимости электрических машин этого класса.

Генератор комбинированного возбуждения представленной конструкции, кроме ветроэнергетических установок, может применяться в любых источниках автономного питания, работающих от приводов с переменной частотой вращения: автомобилях, дизель-электрических установках, гидрогенераторах.

Ганджа Сергей Анатольевич, в 1978 г. окончил Челябинский политехнический институт (ЧПИ), в 1985 г. - аспирантуру (ЧПИ). С 1985 г по 2001г работал в СКБ «Ротор» и ОАО «Электромашина» в должностях ведущего инженера, начальника бюро, начальника отдела. В настоящее время работает техническим директором НИИ «Уралмет». Доцент кафедры ЭМиЭМС ЮУрГУ, к.т.н. Научные интересы связаны с разработкой вентильных машин постоянного тока.