

ДВУХПАКЕТНЫЙ ГЕНЕРАТОР КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Ю. Н. Кронеберг, В. Б. Гомзяков, А. С. Жибинов

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

Проблема регулирования магнитоэлектрических машин в последние годы все чаще решается применением комбинированного возбуждения. Отсутствие универсального способа совмещения в общей магнитной системе обмоток возбуждения и постоянных магнитов, а также разнообразие требований обусловило тенденцию к разработке широкого ассортимента таких машин, каждая из которых имеет свои преимущества при определенных требованиях.

Ниже рассматривается генератор (рис. 1), статор которого состоит из двух обмотанных пакетов 1, кольцевой обмотки возбуждения 2 и ярма 3. Ротор имеет две полюсные системы, состоящие из чередующихся магнитно-мягких полюсов 5 и брусков 4 постоянных магнитов (все магниты одного пакета только северной полярности, другого — южной), укрепленных на магнитно-мягкой втулке 6. При обесточенной обмотке 2 потоки магнитов 4 частично замыкаются по полюсам 5 (как и в обычных переменнопольсных машинах), а частично — по ярму 3 и втулке 6 (как в двухпакетных индукторных машинах). При соответствующем

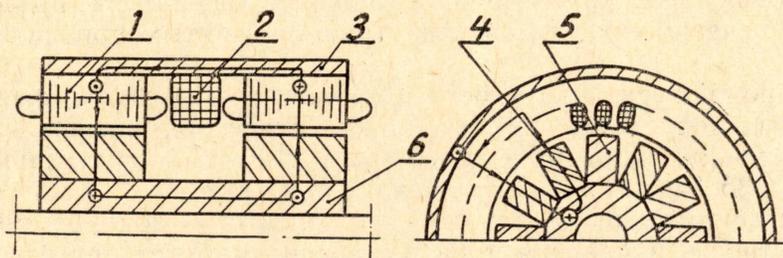


Рис. 1. Двухпакетный генератор комбинированного возбуждения. 1 — статоры; 2 — обмотка возбуждения; 3 — внешний магнитопровод; 4 — полюсы постоянных магнитов; 5 — полюсы электровозбуждения; 6 — магнитно-мягкая втулка

включении обмотки 2 ее н. с. действует встречно потоку ярма 3 и втулки 6, что незначительно снижает поток магнитов 4, но интенсивно увеличивает поток полюсов 5 и соответственно э. д. с. Существенно, что для обоих пакетов общей является только постоянная составляющая потока. Следовательно, несимметрия фаз и нелинейные искажения в обмотке одного пакета не должны вызывать аналогичных явлений в обмотке другого, что наблюдалось бы при расположении обмоток в пазах одного

пакета. В меньшей степени должны также влиять колебания нагрузки одного пакета на напряжение другого.

Такой генератор сохраняет все основные достоинства машин комбинированного возбуждения. Его применение целесообразно в первую очередь там, где могут проявиться преимущества двухпакетной конструкции. Распространенным случаем являются автономные системы, потребители электроэнергии которых выдвигают столь противоречивые требования к роду тока, частоте, напряжению, числу фаз и пр., что им не может удовлетворять один генератор даже с разделенными обмотками и становится необходимым применение двух отдельных машин.

В двухпакетном генераторе каждый пакет можно рассматривать как отдельную машину; поэтому он может обеспечить разные частоты, напряжения, числа фаз, различную форму э.д.с.; вес конструктивных деталей значительно меньше, чем у двух отдельных машин; просто и естественно решается вопрос бесконтактности; необходим только один регулятор напряжения (это преимущество и недостаток).

Экспериментальная проверка проводилась на макетном образце генератора со следующими основными данными: диаметр ротора — 12,5 см; длина одного пакета — 3 см; число магнитно-мягких полюсов (на каждый пакет) — 4; число брусков постоянных магнитов (на один пакет) — 4; скорость вращения — 3000 об/мин.; скос пазов отсутствует.

При работе в качестве одного источника обмотки пакетов соединялись последовательно. Испытания показали (рис. 2), что э.д.с. холостого хода имеет максимум, типичный для индукторных машин, и начальную э.д.с., равную примерно половине этой величины. Таким образом обеспечивается надежное самовозбуждение и достаточно большой диапазон регулирования. Изменение поля в воздушном зазоре при увеличении тока возбуждения поясняет принцип регулирования. Гармонический анализ э.д.с. обмотки показал, что у испытанной машины преобладают 5, 15 (зубцовая) и 17-я высшие гармоники. При изменении тока возбуждения от 0 до 1,5 а они изменяются соответственно в пределах 3,1—3,25%, 6,8—1,0% и 2,4—2,5%, а коэффициент нелинейных искажений не превышает 8%. Особенностью характеристики короткого замыкания является наличие начального тока якоря, обусловленного потоком магнитов.

Установившиеся симметричные режимы генератора представлены семейством внешних характеристик (рис. 3), снятых при активной нагрузке.

При продолжительной работе и тепловых загрузках (машина вентилируемая), допустимых для изоляции класса А, номинальная мощность испытанного образца должна быть 1,6—2 квт (удельная мощность 100—130 вт/кг) при напряжении 310—330 в.

Для стабилизации напряжения от холостого хода до полной нагрузки кратность изменения тока возбуждения будет примерно 1,5—2, а максимальная мощность возбуждения не превысит 2,5—3,5% от номинальной выходной мощности. Глубина регулирования напряжения на холостом ходу (диапазон регулирования по отношению к номинальному напряжению) составит 50—60%.

Таким образом, испытанный генератор для скорости вращения 3000 об/мин. имеет хорошие удельные показатели и вполне удовлетворительную регулируемость.

При работе генератора в качестве двух источников система автоматического регулирования может стабилизировать напряжение только одного пакета, а э.д.с. другого будет несколько изменяться в соответствии с изменением постоянной составляющей потока. Стабилизирующее влияние системы регулирования для второго пакета проявляется в том, что при изменении нагрузки первого пакета э.д.с. второго изменяется

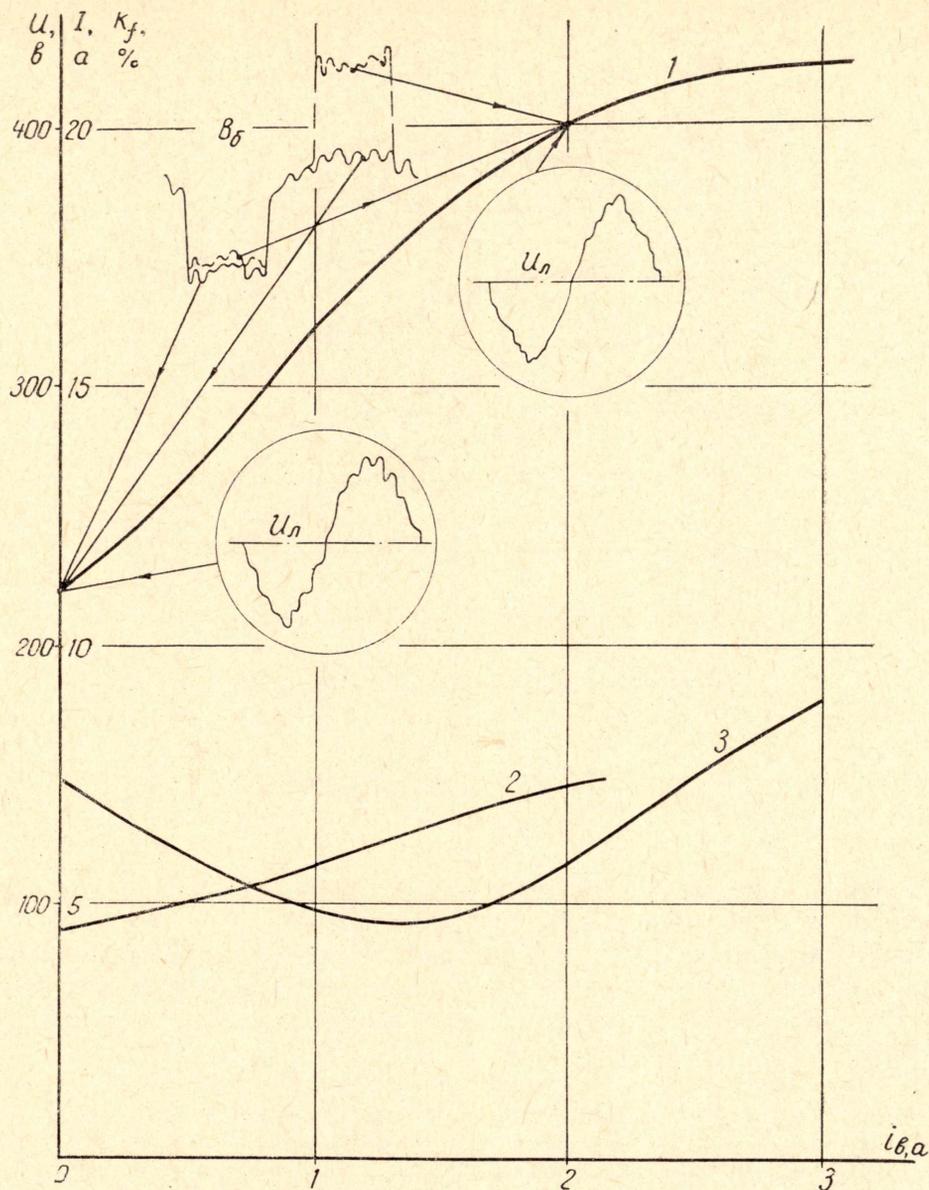


Рис. 2. Характеристика холостого хода и короткого замыкания. 1 — характеристика холостого хода; 2 — характеристика короткого замыкания; 3 — изменение коэффициента нелинейных искажений выходного напряжения

менее интенсивно, чем при холостом ходе обоих пакетов и изменении тока возбуждения в тех же пределах. Соответственно зависимость напряжения нерегулируемого пакета от его тока нагрузки (ток возбуждения изменяется, чтобы обеспечивать стабильность напряжения регулируемого пакета при постоянной его нагрузке) также более пологая, чем внешняя характеристика. Например, при напряжении регулируемого пакета $150 \text{ в} = \text{const}$ и нагрузке $2,5 \text{ а} = \text{const}$ напряжение другого пакета при увеличении своей нагрузки от 50 до 100% изменяется всего на $\pm 2,5\%$, в то время как изменение напряжения по внешней характеристике (ток возбуждения постоянный) составляет $\pm 5,7\%$.

Следовательно, при включении обмоток пакетов на отдельные нагрузки система регулирования может обеспечить полную стабилизацию одного напряжения (с более высокими требованиями к стабильности)

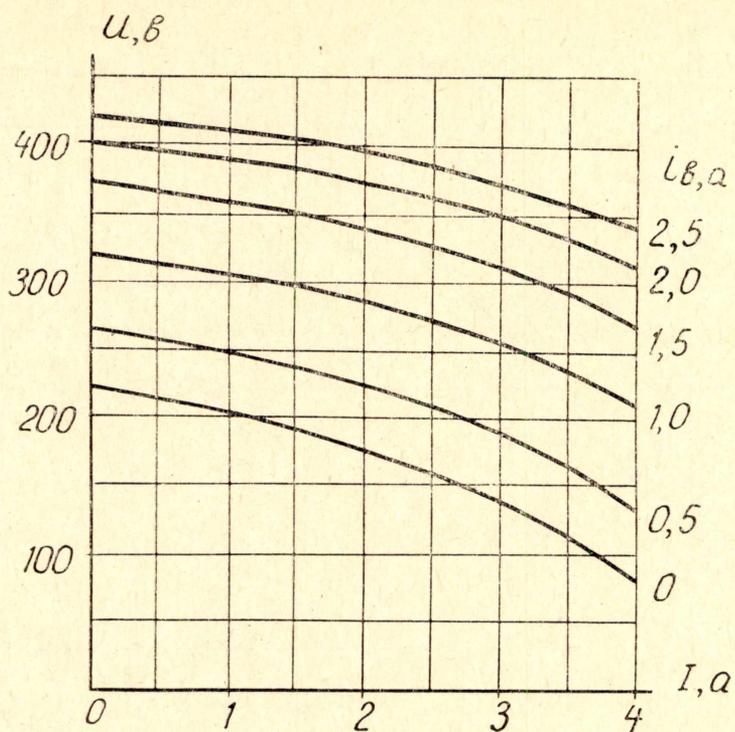


Рис. 3. Внешние характеристики

и частичную другого. Возможно также применение регулятора, который стабилизирует среднее напряжение обмоток.

Эксперименты полностью подтвердили, что перекосы фаз (вплоть до однофазной нагрузки) и нелинейные искажения (даже при вентильной нагрузке) в обмотке одного пакета не отражаются на аналогичных показателях другого пакета.

Таким образом, проведенные исследования показали, что двухпакетный генератор комбинированного возбуждения может успешно применяться в качестве регулируемого источника питания при работе обоих пакетов на общую нагрузку, кроме того, весьма заманчиво использование его в автономных системах для питания нагрузок с разными требованиями к частоте, числу фаз и форме напряжения.