

УДК 621.314.85

Использование принципов электронных систем вторичного электропитания для широкодиапазонного бесконтактного управления коммунальными электрическими объектами / Ю. П. Гончаров, В. В. Ивахно., Ю.С. Войтович, А. В. Лобко, Е. И. Опанасенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 18 (991). – С. 21-28. – Бібліогр.: 5 назв.

У даній роботі розглядається застосування принципів, використовуваних в електронних системах вторинного електроживлення з проміжною ланкою постійного і високочастотного змінного струму, для побудови розподільних електромереж об'єктів комунально-побутового призначення.

Ключові слова: широкодіапазонне регулювання, безконтактний захист, розподільча електромережа.

This paper discusses the application of the guidelines used in electronic systems with a secondary power supply DC bus and high-frequency alternating current, to build electricity distribution facilities household purpose.

Keywords: wide-range control, contactless security, distribution grid.

УДК 621.314:621.382:621.314.572

Д. А. ПАДАЛКО, студент, ТУСУР, Томск, Россия;

А. Г. ГАРГАНЕЕВ, д-р. техн. наук, проф., зав. каф. ЭСАУ, ТУСУР, Томск, Россия

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ

Рассмотрены принципы генерирования электроэнергии в автономных системах электроснабжения на основе электрических машин с самовозбуждением. Показана общность процессов самовозбуждения в электрических машинах постоянного тока, асинхронных и синхронно-гистерезисных. Представлены результаты моделирования процессов самовозбуждения. Показана возможность построения регулируемых систем генерирования с полупроводниковыми преобразователями.

Ключевые слова: электрическая машина, генератор, полупроводниковый преобразователь, инвертор, выпрямитель.

Актуальность

Увеличение численности населения, повышение требований к сохранению окружающей среды, специфика некоторых производств предполагают поиск новых источников энергии. В подавляющем большинстве случаев генерация электроэнергии осуществляется с помощью электрических машин постоянного и переменного тока. Наиболее распространенными промышленными системами генерирования электроэнергии (СГЭЭ) являются системы на основе синхронных генераторов (СГ), диапазон мощностей которых достаточно широк.

Специфика автономных СГЭЭ, в частности, для летательных аппаратов (ЛА), заключается в условиях применения, характеризующихся:

- широким диапазоном температур;

© Д. А. Падалко, А. Г. Гарганеев, 2013

- разреженностью атмосферы;
- большими механическими перегрузками;
- соизмеримостью мощности генератора и потребителя;
- переменной частотой вращения авиадвигателя;
- работой при электрических перегрузках;
- безопасностью электрической машины при возникновении короткого замыкания нагрузки [1].

В настоящее время СГЭЭ на основе генераторов постоянного тока (ГПТ) уступают свое место системам на основе машин переменного тока, прежде всего, ввиду наличия ненадежного искрящего конструктивного элемента – щеточно-коллекторного узла, особенно плохо работающего в условиях разреженности атмосферы. СГЭЭ на основе СГ с постоянными магнитами на сегодняшний день являются наиболее востребованными и энергетически выгодными системами бортового электрооборудования. Исследованиям СГЭЭ на основе СГ с постоянными магнитами (СГПМ) при использовании в качестве преобразовательно-регулирующих устройств полупроводниковых преобразователей (автономных инверторов и выпрямителей) посвящен целый ряд работ [2 – 4]. Однако при всей своей привлекательности СГЭЭ на основе СГПМ имеют и ряд недостатков, основными из которых являются:

- низкая механическая прочность постоянных магнитов;
- старение постоянных магнитов;
- возможность размагничивания при высоких температурах;
- высокая стоимость постоянных магнитов;
- сложность организации защит от короткого замыкания, прежде всего, ввиду большого запаса электромагнитной энергии во вращающемся роторе. В аварийных ситуациях ЛА «неисчезаемый» запас электромагнитной энергии ротора потенциально опасен.

Альтернативой СГЭЭ с СГПМ является применение систем генерации на основе электрических машин с самовозбуждением – асинхронных и синхронно-гистерезисных генераторов (АГ и СГГ). Если системы генерации с АГ известны [5], то системы с СГГ ранее никем не рассматривались, поэтому авторами данной статьи фактически предлагается новое техническое решение.

Цель работы

Целью данной работы является комплексное исследование автономных систем генерирования электроэнергии с самовозбуждающимися электрическими машинами постоянного и переменного тока.

Электрическая машина с самовозбуждением с позиций теории автоматического управления

С точки зрения теории автоматического управления режим самогенерации в электрических машинах различной конструкции аналогичен.

На рис. 1 приведены структурные схемы ГПТ и АГ с самовозбуждением.

Согласно схеме ГПТ наличие остаточного магнитного потока $\Phi_{ост}$ приводит

при вращении якоря к возникновению ЭДС E_r на выходе генератора, по принципу генерирования электроэнергии в двигателях постоянного тока – выражение 1, в случае машин переменного тока генерация обуславливается выражением 2.

$$E_r = C_E \cdot n \cdot \Phi_{осм} \quad (1)$$

$$E_r = k \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad (2)$$

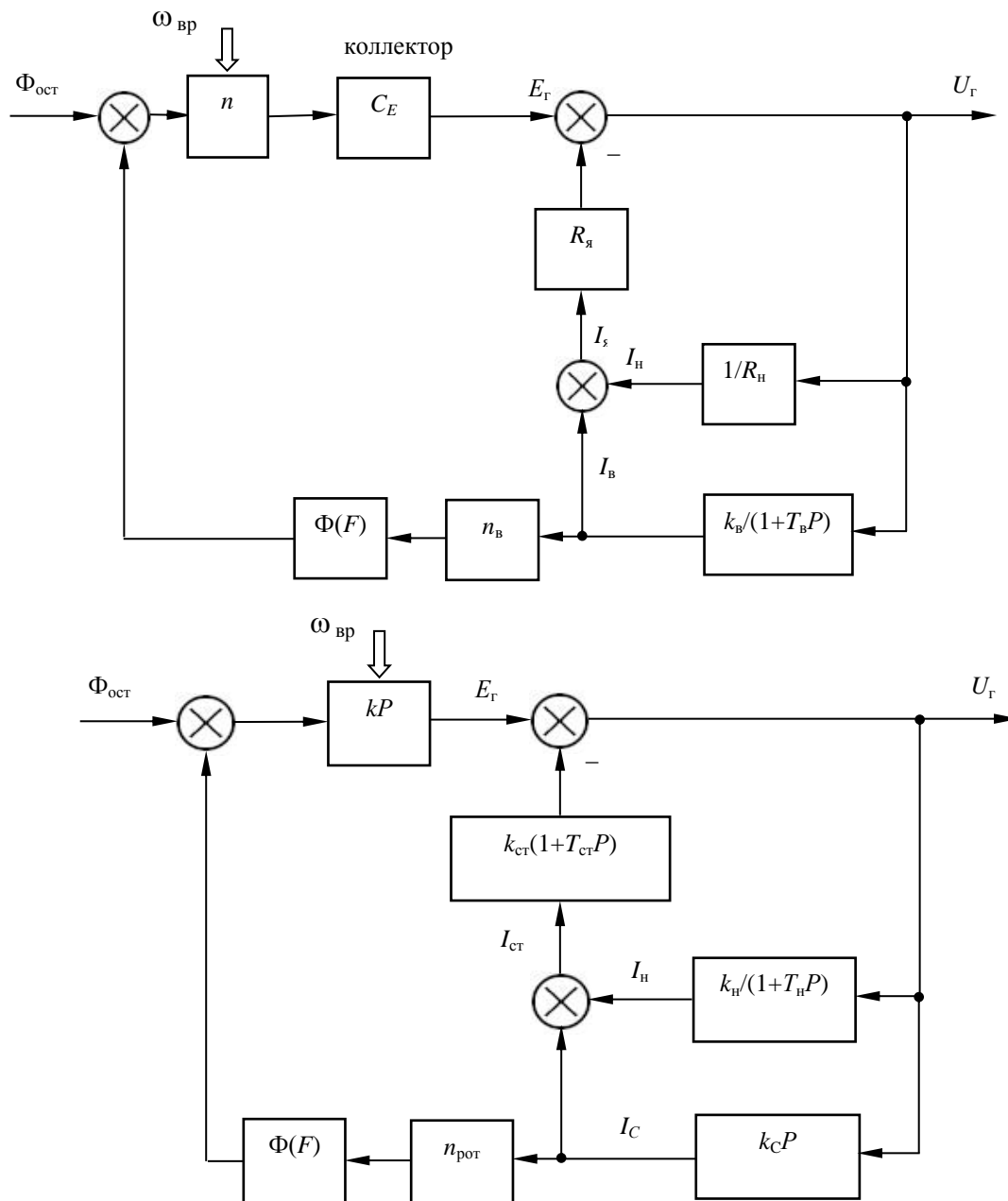


Рис. 1 – Структурные схемы ГПТ (вверху) и АГ, СГГ (снизу).

В обмотке возбуждения с числом витков $n_в$, представленной апериодическим звеном $k_в/(1+T_вP)$, возникает ток возбуждения, который создает МДС F и соответствующий магнитный поток. Таким образом, образуется контур положительной обратной связи по магнитному потоку, способствующий процессу

самовозбуждения. Амплитуда потока и ЭДС ограничивается за счет нелинейности характеристики намагничивания $\Phi(F)$. Как и в схемах с самовозбуждением представленный процесс характеризуется балансом фаз и амплитуд. Что касается баланса амплитуд, то он выполняется при петлевом коэффициенте усиления, равном единице и может быть получен из выражений общей передаточной функции системы. Баланс фаз в ГПТ фактически отсутствует, так как коллектор, выполняющий функцию «модулятора-демодулятора», превращает переменный в якоре магнитный поток в постоянный.

В схеме АГ происходит фактически тот же процесс, что и в схеме ГПТ. Однако для выполнения баланса амплитуд в статорной цепи переменного тока необходимо получить емкостную составляющую тока I_C после блока дифференцирования, которая в цепи ротора «поддержит» развитие магнитного потока. Известно, что в АГ емкостную составляющую получают за счет батареи конденсаторов. Представленные схемы позволяют получить известные в теории электрических машин условия самовозбуждения, однако, с позиций теории автоматического управления.

Желание устранить в схеме ГПТ коллектор приводит к необходимости перейти к обращенной конструкции электрической машины, применив в неподвижной относительно наблюдателя цепи якоря полупроводниковый коммутатор (инвертор), как и в бесконтактном двигателе постоянного тока. Однако, процесс самовозбуждения в этом случае может развиваться лишь в случае магнитной «податливости» материала ротора, а единственным типом электрических машин с таким материалом является гистерезисная машина с ротором, например, из викаллой [6]. В этом случае процесс самовозбуждения аналогичен процессу в АГ при фиктивном числе витков ротора $n_{\text{рот}}$.

Мехатронные системы с самозбуждением электрических машин

Необходимость регулировки выходного напряжения АГ и СГГ при изменении нагрузки как по величине, так и по характеру приводит к идее применения в СГЭЭ в качестве поставщика и регулировщика емкостного тока полупроводникового преобразователя (ПП), способного работать в режиме инвертора или активного выпрямителя.

На рис. 2 представлена схема мехатронной СГЭЭ переменного тока. Согласно представленной схеме, ПП образует необходимый уровень емкостного тока, поддерживающий процесс самовозбуждения в диапазоне регулирования.

Для СГГ в ПП дополнительно предусмотрено наличие устройства импульсного подмагничивания ротора, как это используется у синхронно-гистерезисных двигателей [7]. При возникновении аварийных ситуаций, приводящих к перегрузке СГЭЭ процесс самогенерации автоматически прекращается («срыв генерации»), не приводя к катастрофическим последствиям.

Моделирование электрических машин с самовозбуждением

Для подтверждения полученных результатов было проведено моделирование в пакете прикладных программ Matlab Simulink. На рис. 3 приведена модель ГПТ, а на рис. 4 модель АГ.

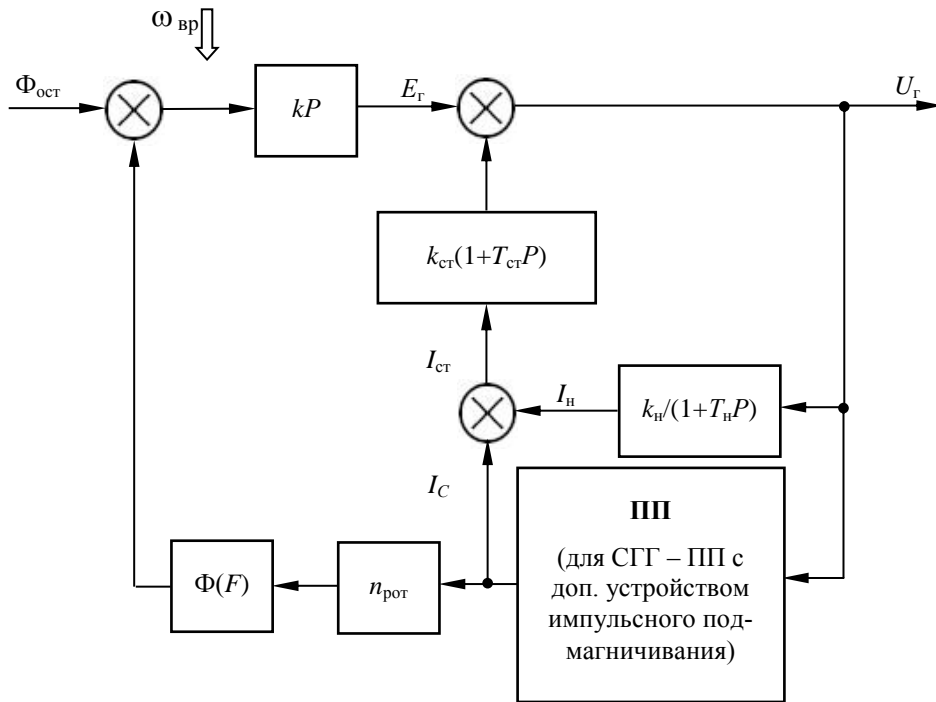


Рис. 2 – Мехатронная СГЭЭ переменного тока с полупроводниковым преобразователем

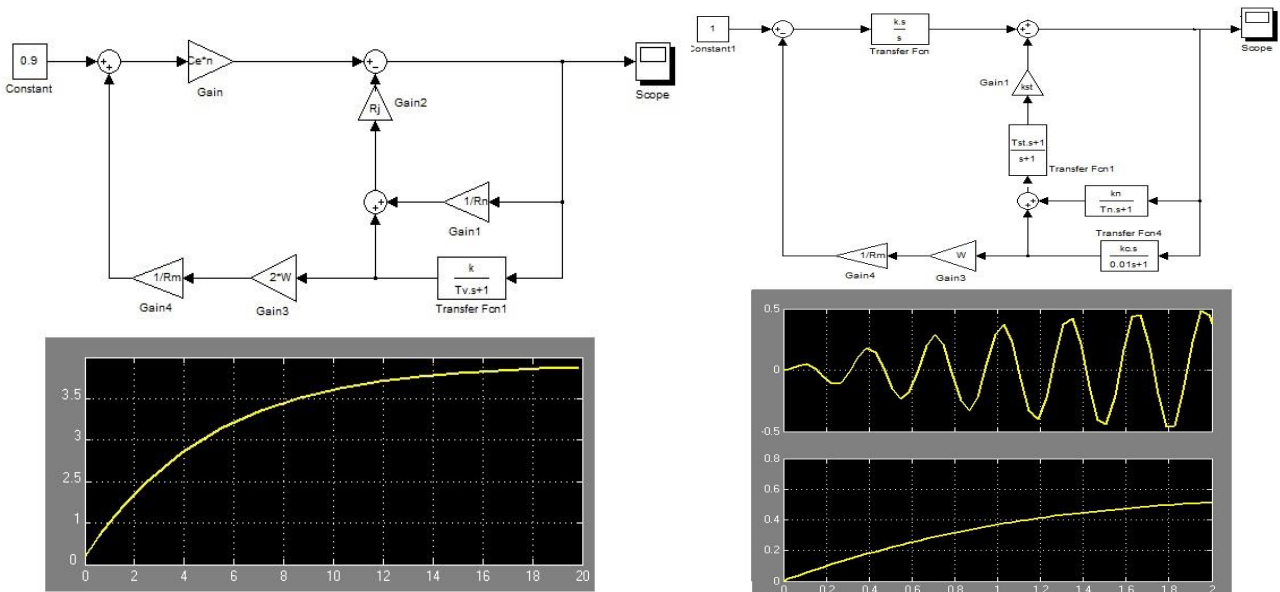


Рис. 3. Модель ГПТ и процесс самовозбуждения

Рис. 4. Модель АГ и процесс самовозбуждения

Для наглядности полученных результатов график процесса самовозбуждения АГ представлен во вращающейся и неподвижной системах координат.

Процесс самовозбуждения СГГ аналогичен при замене вращающегося магнитного поля гистерезисного слоя ротора эквивалентными токами.

Выводы

Природа самовозбуждения электрических машин различной конструкции при представлении электрической машины системой автоматического управления с положительной обратной связью одинакова. Изменение скорости приводного первичного двигателя, а также нагрузки по величине и характеру приводят к необходимости применения в автономных СГЭЭ полупроводниковых преобразователей, превращая СГЭЭ в мехатронную систему. Мехатронные СГЭЭ на основе АГ и СГГ могут составить альтернативу дорогостоящим системам с СГПМ. Представляется интересным и перспективным исследование и создание СГЭЭ с СГГ, поскольку гистерезисные машины занимают по энергетическим показателям промежуточное место между асинхронными машинами и синхронными с постоянными магнитами [8], обладая свойствами самовозбуждения.

Список літератури: 1. Грузков С.А. Электрооборудование летательных аппаратов: учебник для вузов. Том 1. Системы электроснабжения летательных аппаратов/Под ред. С.А. Грузкова.– М.: Издательство МЭИ, 2005. – 568 с. 2. Гарганеев А.Г., Харитонов С.А. Перспективные системы электроснабжения самолета с полностью электрифицированным оборудованием// Доклады ТУСУР. – 2009. – № 2(20). – С.185 – 192. 3. Гарганеев А.Г., Харитонов С.А. Коэффициент полезного действия мехатронной системы генерирования электрической энергии постоянного тока// Известия ТПУ. – Т.319.– №4. С. 139 –143. 4. Харитонов С.А. Электромагнитные процессы в системах генерирования электрической энергии автономных объектов: монография/С.А. Харитонов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 536 с. 5. Вольдек А.И. Электрические машины/ А.И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с. 6. Делекторский Б.А., Управляемый гистерезисный привод/ Б.А. Делекторский, В.Н. Тарасов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 128 с. 7. Гарганеев А.Г. Мехатронные системы с синхронно-гистерезисными двигателями/ А.Г. Гарганеев, С.В. Брованов, С.А.Харитонов.– Томск. Изд-во ТПУ, 2012.– 227 с. 8. Ларионов А.Н. Гистерезисные электродвигатели. Техническая информация/ А.Н. Ларионов, Н.З. Мастяев, И.Н. Орлов.– М.:МЭИ, 1958.– 160 с.

Надійшла до редколегії 28.02.2013

УДК 621.314:621.382:621.314.572

Системы электроснабжения на основе электрических машин с самовозбуждением / Д. А. Падалко, А. Г. Гарганеев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х. : НТУ «ХПІ», – 2013. - № 18 (991). – С. 28-33. – Бібліогр.: 8 назв.

Розглянуто принципи генерування електроенергії в автономних системах електропостачання на основі електричних машин з самозбудженням. Показана спільність процесів самозбудження в електричних машинах постійного струму, асинхронних і синхронно-гістерезисних. Представлено результати моделювання процесів самозбудження. Показана можливість побудови регульованих систем генерування з напівпровідниковими перетворювачами.

Ключові слова: електрична машина, генератор, напівпровідниковий перетворювач, інвертор, випрямляч.

The principles of generating electricity in the autonomous power supply systems based on electric cars with self-excitation. Show the generality of self-excitation processes in electrical machines DC, asynchronous and synchronous-hysteresis. The results of the simulation of self-excitation. The possibility of building control systems to generate semiconductor converters.

Keywords: electric car, generator, solid converter, inverter, rectifier.