

Рис. 2.

Разработанные модули также испытывались в составе мощных преобразователей частоты на основе автономных инверторов тока с отсекающими диодами. На рис. 3 приведена осциллограмма перенапряжения при выключении тиристорного модуля. По виду полученной осциллограммы отмечен плавный характер нарастания обратного напряжения.

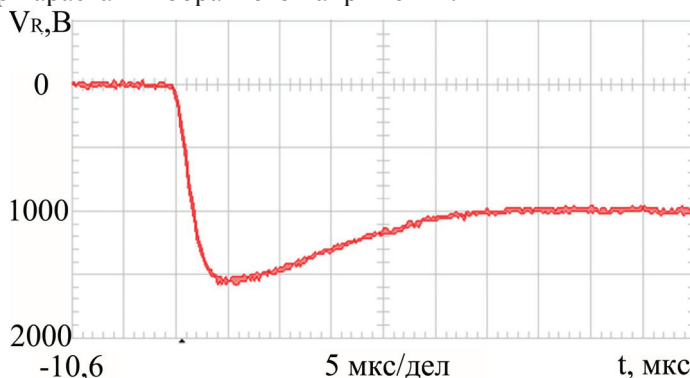


Рис. 3.

DEVELOPMENT AND INVESTIGATION THYRISTOR MEGA-MODULE FOR MEGAWATT-RANGE FREQUENCY CONVERTERS

A.V. Grishanin, V.A. Martynenko, G.M. Varyanova
Electroviptyamitel JSC, Saransk, Russia

A.Y. Baru, Y.L. Shindnes
Scientific and Production Enterprise «EOS», Kharkov, Ukraine

This report presents developed fast thyristor module with voltage 2600 V and mean on-state current 1000 A with silicon wafers 3" for inverter applications in power variable-frequency drive

Key words: thyristor, module, current source inverters, fast thyristor, silicon, reverse recovery

УДК 621.314: 621.391

В.Г. Гарганеев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия
e-mail: garganeev@rambler.ru

Д.А. Падалко

Томский университет систем управления и радиоэлектроники, г.Томск, Россия

УСЛОВИЯ САМОВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАШИННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Проведено исследование и получены условия самовозбуждения электромашиных генераторов с позиций теории автоматического управления.

Ключевые слова: генератор, возбуждение, инвертор.

Проведені дослідження і отримані умови самозбудження електромашиинних генераторів з позицій теорії автоматичного управління.

Ключові слова: генератор, збудження, інвертор.

Введение

С точки зрения теории автоматического управления режим самогенерации в электрических машинах различной конструкции аналогичен и подчиняется принципам организации положительной обратной связи при условии выполнения баланса фаз и амплитуд. Рассмотрение электрических машин с самовозбуждением магнитного потока с позиций теории автоматического управления интересен с точки зрения выяснения общности режимов генерации и основывается на принципах синтеза структурных схем этих машин, получения передаточных функций, а также их анализа с целью получения условий самовозбуждения.

Постановка задачи. Критерием правильности анализа может быть идентичность математических выражений, а также физических условий самовозбуждения, полученных другими авторами в классических трудах по электрическим машинам, например, [1]. Задачей исследования является вывод передаточных функций электрических генераторов, а также построение их структурных схем.

Проведение исследований

На рис. 1, 2 приведены соответственно 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. В обмотке возбуждения с числом витков n_b , представленной аperiodическим звеном $k_b/(1+T_bP)$, 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.

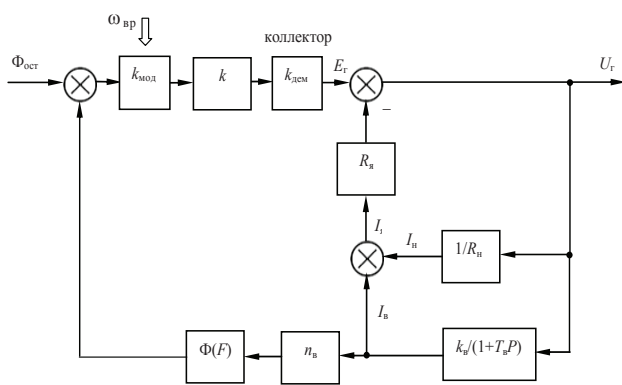


Рис.1

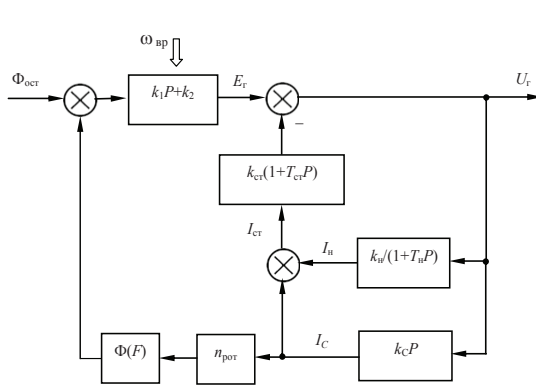


Рис.2

Представленные схемы позволят получить известные в теории электрических машин условия самовозбуждения, однако, с позиций теории автоматического управления:

для ГПТ
$$\frac{|X_{ГПТ}| - R_Я}{R_B} \geq 1 + \frac{R_Я}{R_H}, \tag{1}$$

где: $X_{ГПТ}$ – общее индуктивное сопротивление ГПТ, соответствующее магнитному потоку; $R_{я}$, R_H – соответственно активные сопротивления обмотки якоря и нагрузки;

$$\text{для АГ и СГГ} \quad \frac{X_m - X_\sigma}{X_C} \geq 1 + \frac{X_\sigma}{Z_H}, \quad (2)$$

где: X_m – индуктивное сопротивление АГ (СГГ), соответствующее основному магнитному потоку; X_σ – индуктивное сопротивление рассеяния статорной обмотки;

X_C – емкостное сопротивление конденсатора;

Z_H – сопротивление нагрузки.

Аналогичные по форме выражения (1), (2) показывают, что для ГПТ и АГ (СГГ) существует критическое значение цепи возбуждения. С другой стороны, превышение нагрузки выше некоторого значения приводит также к невыполнению условий самовозбуждения, а, фактически, к срыву генерации, что согласуется с видом соответствующих внешних характеристик.

Желание устранить в схеме ГПТ коллектор приводит к необходимости перейти к обращенной конструкции электрической машины, применив в неподвижной относительно наблюдателя цепи якоря полупроводниковый коммутатор, 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 из викаллой [3]. В этом случае процесс самовозбуждения аналогичен процессу в АГ при фиктивном числе витков ротора $n_{рот}$.

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 реактивного тока полупроводникового преобразователя (ПП). Для СГГ в ПП дополнительно может быть предусмотрено наличие устройства импульсного подмагничивания ротора, как это используется у синхронно-гистерезисных двигателей [2]. При возникновении аварийных ситуаций, приводящих к перегрузке СГЭЭ, процесс самогенерации прекращается («срыв генерации»), не приводя к катастрофическим последствиям.

Выводы

Процессы самовозбуждения электрических машин различной конструкции с позиций теории автоматического управления едины и подчиняются принципам организации положительной обратной связи при условии выполнения баланса фаз и амплитуд. Анализ процесса самовозбуждения электрических машин с позиций теории автоматического управления и с позиций их классической теории приводят к идентичным формам математических выражений, а также к аналогичным физическим условиям самовозбуждения. Применение ПП для самовозбуждения АГ и СГГ является перспективным в части создания автономных регулируемых СГЭЭ.

Список литературы

1. Вольдек А.И. Электрические машины/ А.И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.
2. Гарганеев А.Г. Мехатронные системы с синхронно-гистерезисными двигателями/ А.Г. Гарганеев, С.В. Брованов, С.А.Харитонов.– Томск. Издательство Томского политехнического университета, 2012.– 227 с.
3. Делекторский Б.А., Управляемый гистерезисный привод/ Б.А. Делекторский, В.Н. Тарасов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 128 с.

Conditions of the electric power generators self-excitation from the perspectives of the automatic control theory

A.G. Garganeev

Tomsk National Research Polytechnic University, e-mail: garganeev@rambler.ru

D.A. Padalko

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics²

During the research, the conditions of the electric power generator self-excitation were obtained from the perspectives of the automatic control theory.

Key words: generator, excitation, inverter.

1. Voldek A. I. Electrical Machines/ A.I. Voldek. – L.: Energia, 1974. – 840 p.
2. Garganeev A. G. Hysteresis-Synchronous Motor Mechatronic Systems / A. G. Garganeev, S. V. Brovanov, S. A. Kharitonov. – Tomsk. Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2012. – 227 p.
3. Delektorsky B. A., Controlled Hysteresis Drive/ B. A. Delektorsky, V. N. Tarasov. – M.: Energoatomizdat, 1983. – 128 p.

УДК 621.314(0.75.8)

О. Н. Юрченко, докт. техн. наук, Н. Н. Юрченко, докт. техн. наук,
Ин-т электродинамики НАН Украины, пр. Победы 56, Киев-57, 03680, Украина
В. И. Сенько, докт. техн. наук, А. Э. Гречко, бакалавр
Нац. техн. ун-т Украины «КПИ», пр. Победы, 37, Киев-56, 03056, Украина

РЕЗОНАНСНЫЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Описаны схемные построения широтно-импульсных преобразователей (ШИП) с управляемым обменом энергии между реактивными элементами, а именно ШИП типа понижающе - повышающие выходное напряжение. Для случая построения преобразователя с индуктивным накопительным элементом, ШИП содержит вдвое меньшее число реактивных элементов. В дальнейшем в среде Simuling программы Matlab для указанного ШИП создана компьютерная модель. С её помощью построена и проанализирована регулировочная характеристика. По данным измерений, представленных на экранах блоков Display, определены величины токов и напряжений на элементах ШИП, а также все необходимые энергетические показатели на входных и выходных зажимах преобразователя.

Ключевые слова: резонансные широтно - импульсные преобразователи, компьютерное моделирование

Описані схемні побудови широко-імпульсних перетворювачів (ШИП) з керуванням обміном енергії між реактивними елементами, а саме ШИП типу поніжжюче - що підвищують вихідну напругу. Для випадку побудови перетворювача з індуктивним накопичувальним елементом, ШИП містить удвічі менше число реактивних елементів. Надалі в середовищі Simuling програми Matlab для вказаного ШИП створена комп'ютерна модель. З її допомогою побудована і проаналізована регульовальна характеристика. За даними вимірів, представлених на екранах блоків Display, визначені величини струмів і напруги на елементах ШИП, а також всі необхідні енергетичні показники на вхідних і вихідних затисках перетворювача.

Ключові слова: резонансні широтно - імпульсні перетворювачі, комп'ютерне моделювання

Введение

Известны широтно-импульсные преобразователи (ШИП) (англ.: преобразователи DC/DC), которые используются в системах автономного электроснабжения для проведения согласования уровней постоянных напряжений между различными источниками энергии постоянного тока. К примеру, между электромашинными генераторами постоянного напряжения, аккумуляторами, солнечными батареями, выпрямленным напряжением промышленной сети и др.

Построение резонансных ШИП с управляемым обменом энергии между реактивными элементами рассмотрено в [1-3], два из основных схемных решений которых приведено на Рис.1,а, б. Это ШИП со свойствами как понижающими, так и повышающими выходное напряжение (англ.: buck – boost converter). Разница между ними состоит с том, что в качестве накопительного элемента осуществляющим циклический обмен энергией между входными и выходными зажимами преобразователя в случае Рис.1,а выступает дроссель, а во втором случае (см. Рис.1,б) – конденсатор. В дальнейшем для каждого из них будем использовать сокращенное название, как преобразователи типа bb1 и bb2.

Так как преобразователь bb2 содержит вдвое большее число реактивных элементов, чем преобразователь типа bb1, то в работе основное внимание уделено преобразователю типа bb1. Целью настоящей работы является анализ регулировочных характеристик и энергетических показателей