

Кратность пускового тока невелика и составляет около $k_I = 1,4$. Малая кратность тока является отличительной особенностью СГД, позволяющая с меньшим запасом выбрать мощность источника питания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ANSOFT Maxwell / ANSYS Maxwell [Электронный ресурс]. – URL: <http://ansoft-maxwell.narod.ru/>
2. Векторное 2D/3D-моделирование гистерезиса [Электронный ресурс]. – URL: http://cae-expert.ru/sites/default/files/delcam_ural0315.pdf
3. Делекторский Б.А. Проектирование гироскопических электродвигателей / Б.А. Делекторский, Н.З. Мастяев, И.Н. Орлов; под ред. И.Н. Орлова. — Москва: Машиностроение, 1968. — 252 с.

Научный руководитель: А.Г. Гарганеев, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ЭКМ ЭНИН ТПУ.

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В.Ю. Верозуб

Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭКМ, группа 5АМ6Н

Введение

К качеству электроэнергии на летательных аппаратах предъявляются жесткие требования к системе электроснабжения (далее СЭС), которые подробно описаны в ГОСТ Р 54073-2010 [1]. В частности, согласно ГОСТ, системы трехфазного переменного тока должны обеспечивать как трехфазное, так и однофазное электропитание с номинальным напряжением 115/200 В и номинальной постоянной частотой 400 Гц или переменной частотой 360...800 Гц. Допускается применение систем переменного тока с двойным номинальным напряжением 230/400 В постоянной частоты 400 Гц или переменной частоты 360...800 Гц. Форма кривой напряжения должна быть синусоидальной с номинальными напряжениями и частотами. Системы трехфазного переменного тока должны быть соединены в звезду с заземленной нейтралью (N). Последовательность фаз СЭС должна быть А-В-С.

Вращение фаз должно происходить против часовой стрелки (положительное). Проводка самолета (вертолета) и выводы оборудования должны маркироваться соответственно А, В и С. Значения перенапряжений и понижений напряжения для систем переменного тока постоянной частоты 400 Гц должны находиться в пределах, приведенных на рисунке 1.

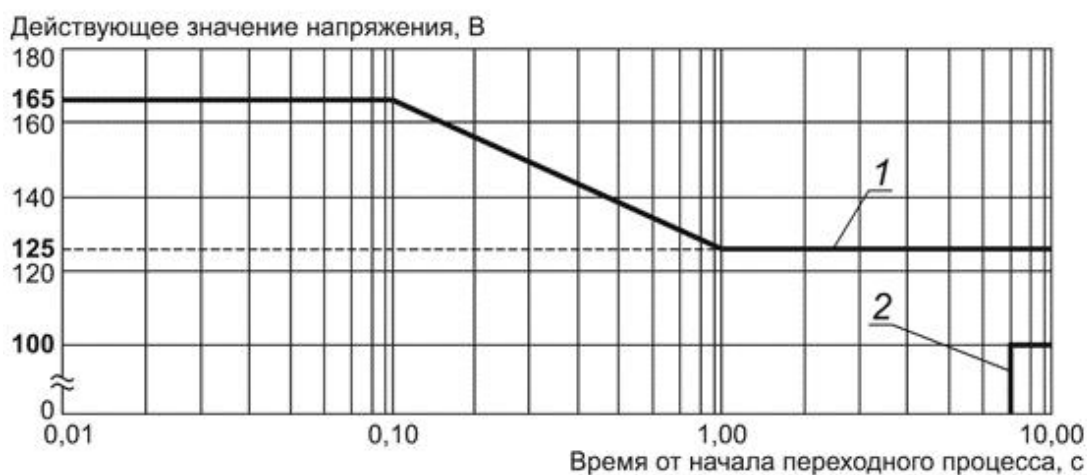


Рис. 1. Пределы ненормальных повышенных и пониженных напряжений переменного тока постоянной частоты 400 Гц: 1-Верхний предел значения напряжения, 2 – нижний предел действующего значения напряжения

Все характеристики электроэнергетики при аварийной работе СЭС должны быть такими же, как при нормальной работе, т.е. СЭС должна обеспечить вышеописанные характеристики даже при токах короткого замыкания в течение десяти секунд.

Проблемы реализации

Проблема реализации СЭС, которая обеспечила бы высокое качество электроэнергии, содержит ряд факторов. Во-первых, генератор, являясь основным звеном СЭС, должен быть регулируемым по напряжению и формировать синусоидальное симметричное напряжение хорошего качества. Наиболее эффективным является генератор с постоянными магнитами, однако, без применения дополнительного полупроводникового инвертора, регулирующего напряжение генератора за счет изменения типа реакции якоря, регулировка степени возбуждения и выходного напряжения невозможна [2]. Во-вторых, качество выходного напряжения генератора определяется типом обмотки и конструкцией зубцовой зоны, что часто противоречит требованию технологичности, а также снижения массо-габаритных показателей и стоимости. Применение выходных фильтров или структуры «выходной выпрямитель-инвертор» для формирования выходного напряжения также усложняет СЭС и снижает КПД. Кроме того, инвертор должен быть рассчитан на максимальную мощность с учетом токов короткого замыкания.

Дельта-инвертор в СЭС

Для стабилизации выходного напряжения генератора можно отказаться от двойного преобразования напряжения (выпрямитель, инвертор), а регулировать его с помощью вольтодобавочной (вычитающей). Для этого каждая фаза генератора подключается к нагрузке через вольтодобавочный (вычитающий) инвертор, рассчитанный по мощности лишь на мощность регулирования (дельта-инвертор, рисунок 2).

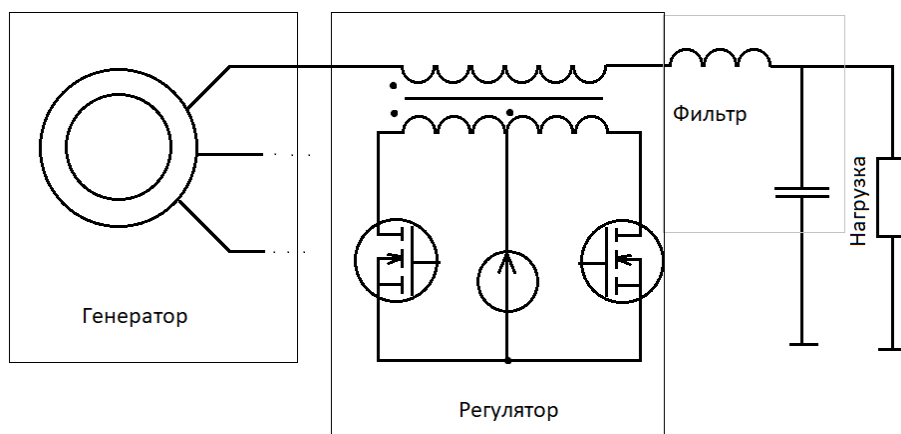


Рис. 2. Схема регулятора напряжения в СЭС.

Быстродействующие ключи дельта-инвертора в режиме высокочастотной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) «парируют» все изменения напряжения генератора от нагрузки, а также исправляют его гармонические искажения. Преимуществом перед классической схемой «выпрямитель – инвертор» является меньшие потери на преобразователе, а также гальваническая развязка регулятора от всей силовой части. Также при перегрузках есть возможность закрыть ключи, что уменьшает вероятность выхода их из строя, хотя при этом отключается регулировка. В качестве дросселя «небольшого» выходного фильтра может служить индуктивность трансформатора.

Модель регулятора реализована и испытана в пакете Matlab R2016b. Были промоделированы различные варианты поведения генератора (провалы напряжения, искажения напряжения, изменение частоты питающего напряжения и т.д.) (рисунки 5 - 7). В качестве системы управления использован блок S-function, алгоритм работы которого написан на языке C. Блок берет опорный сигнал (идеальная синусоида), сравнивает его с напряжением генератора и корректирует ошибку с помощью ШИМ. Ширина импульсов пропорциональная величине ошибки. В качестве ключей в модели используются стандартные MOSFET транзисторы. В реальной же модели регулятора применены нитрид-галлиевые транзисторы, которые отличаются от классического MOSFET малым временем включения (~10нс) и способностью продолжительно работать при высоких температурах. На рисунках ниже представлены модели результаты моделирования регулятора в среде Matlab.

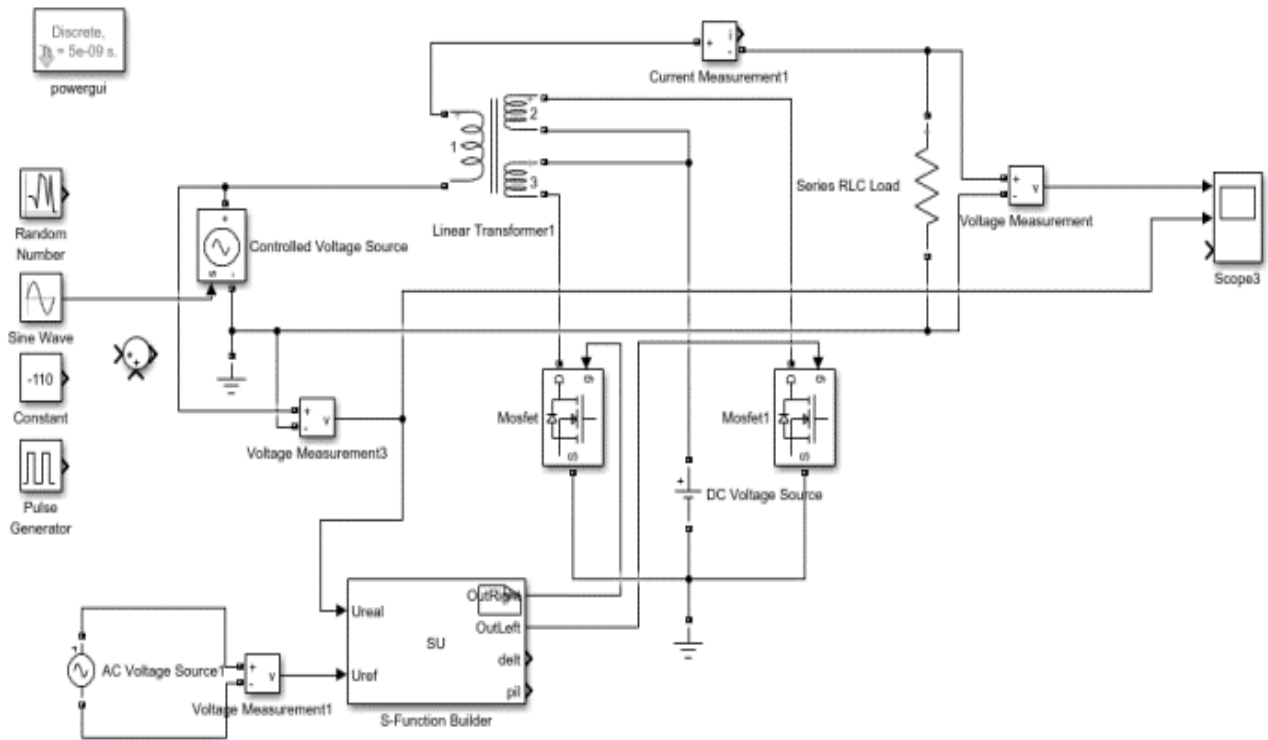


Рис. 3. Модель регулятора в Matlab.

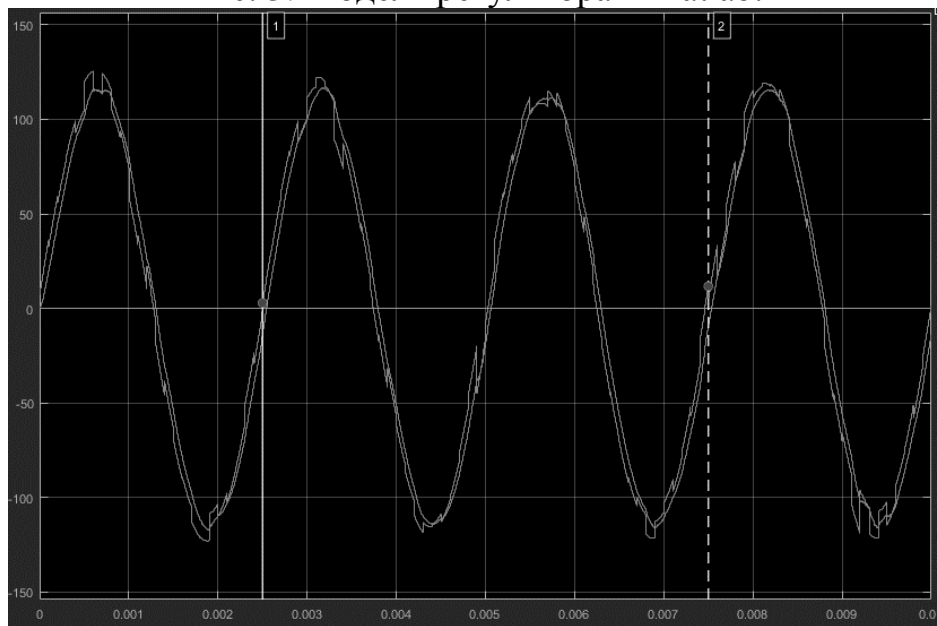


Рис. 4. Работа регулятора при внесении случайной ошибки ± 20 В.

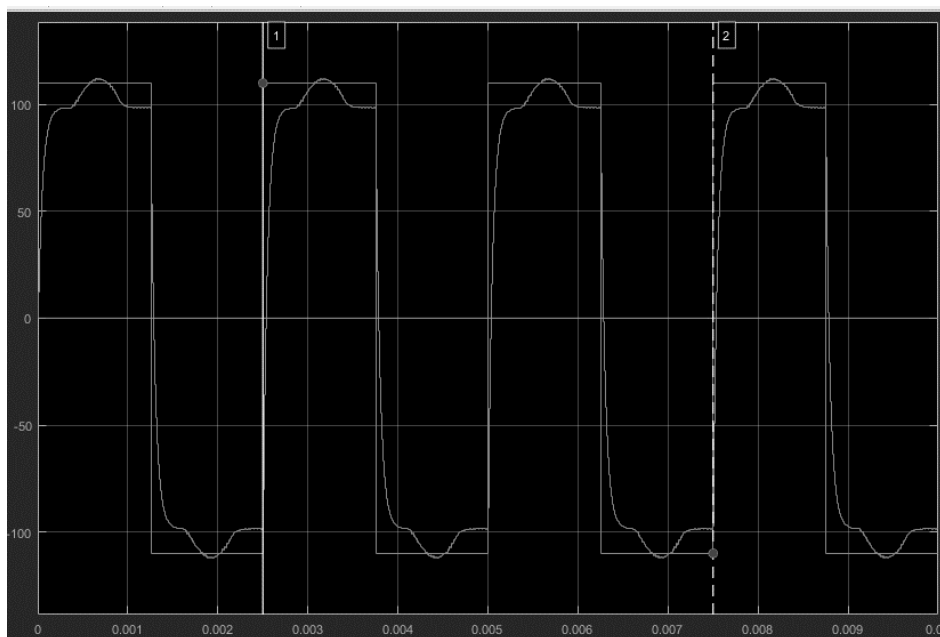


Рис. 5. Работа регулятора на чистый меандр.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 54073-2010 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества. Введ. 03.11.2010. □ Москва: Стандартиформ; 2011. □ 35 с.
2. Гарганеев А.Г. Системы электроснабжения самолета с полностью электрифицированным оборудованием / А.Г. Гарганеев, С. А. Харитонов // Доклады Томского университета систем управления и радиоэлектроники. № 2(20), 2009 г.

Научный руководитель: А.Г. Гарганеев, д.т.н, профессор, зав. каф.ЭКМ ЭНИН ТПУ.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ РАБОТЫ В ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.М. Соболев
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭКМ, группа 5АМ6Н

На газоперекачивающих промыслах используются нерегулируемые электродвигатели с постоянной частотой вращения, которые не исключают вредных динамических воздействий на оборудование в процессе работы и в переходных режимах, что приводит к необходимости частой замены наиболее нагруженных узлов и выходу оборудования из строя.

Многokратные ударные нагрузки приводят к выходу из строя дорогостоящего технологического оборудования и к значительным затратам на его ремонт. Кроме того, прямой пуск высоковольтного электродвигателя большой