

УДК 621.313.323

Н.Н. Чепендюк, аспирантка

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СИНХРОННОМ ГЕНЕРАТОРЕ С ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

Излагаются результаты исследований синхронного генератора (СГ) с параметрической стабилизацией напряжения (ПСН) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) при пуске асинхронного двигателя, а также влияние импульсного регулирования на кривую выходного напряжения СГ. Статья рекомендована к опубликованию решением МНТК «Электромеханика-2005».

В последние годы в разработках ведущих НИИ, КБ, в исследованиях, проводимых известными специалистами, большое внимание уделяется новым системам управления и регулирования напряжения синхронных генераторов, построенных по принципу импульсного управления, которые позволяют существенно улучшить основные параметры вырабатываемого напряжения, в том числе точность поддержания напряжения, время восстановления напряжения в переходных процессах.

Этим исследованием занимаются специалисты в Севастополе [1, 2].

Цель работы – получить характеристики и исследовать возможности синхронного генератора с параметрической стабилизацией напряжения (ПСН) [3]. Регулирование по способу ПСН заключается в следующем: выпрямляется трехфазное напряжение СГ, измеряются временные интервалы каждого такта пульсаций мгновенного выпрямленного напряжения генератора, которые сравниваются с заданным опорным напряжением, формируются импульсы напряжения, подаваемые на обмотку возбуждения, величина которых определяется режимом работы СГ. Мгновенные пульсации выпрямленного напряжения генератора перед измерением временных интервалов сглаживаются.

Отличительной особенностью генератора в новой компоновке является передача энергии из статора в ротор при отсутствии коллекторно-щеточного аппарата с целью анализа параметров выходного напряжения взвешивающим узлом по сглаженным пульсациям и выработки широтно-модулированного сигнала возбуждения, подаваемого на обмотку возбуждения генератора. Схема установки приведена на рисунке 1.

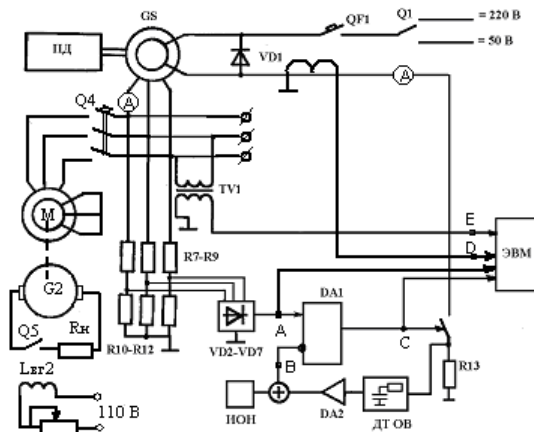


Рисунок 1 – Функциональная схема экспериментальной установки

В состав установки входят: синхронный генератор GS типа ПНТ-45 мощностью 2,5 кВт и частотой вращения 1500 об/мин; приводной двигатель ПД типа ПНТ-45 мощностью 3,2 кВт; преобразователь, состоящий из асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором М и генератор постоянного тока G2, используемый в качестве нагрузки на СГ. Обмотка возбуждения генератора питается от блока управления (работающего по принципу ПСН с ШИМ), в состав которого входят: резистивный делитель напряжения (R7...R12) для согласования уровня выходного напряжения генератора с уровнями взвешивающего узла блока стабилизации напряжения, трёхфазный выпрямитель (VD2...VD7) для преобразования переменного напряжения на выходе резистивного делителя в сигнал постоянного пульсирующего напряжения, регулируемый источник опорного напряжения (ИОН) для создания опорного уровня взвешивающего узла, компаратор DA1 напряжения с постоянным гистерезисом, взвешивающий узел для получения сигнала широтно-импульсной модуляции для управления ключевым коммутатором возбуждения, ключевой коммутатор К, в качестве которого использованы два полевых транзистора с изолированным затвором, и датчик импульсного тока возбуждения (ДТ ОБ и DA2) для формирования сигнала цепи защиты от перегрузок обмотки возбуждения и ключевого коммутатора К. Для передачи сигнала в ротор СГ используется вращающийся трансформатор, который в данной установке построен на асинхронном двигателе с фазным ротором, механически и электрически связанным с ротором генератора, а электрически связанным со взвешивающим узлом блока управления обмоткой возбуждения ОБ исследуемого генератора (на схеме не показан).

В качестве измерительного и регистрирующего комплекса использовалась ЭВМ. Точки, в которых производились измерения, указаны на рисунке 1.

Отличительной особенностью блока формирования импульсов управления ОВ является то, что его выходной каскад построен на полевых транзисторах, а не тиристорах, что исключает привязку к частоте напряжения, используемого для возбуждения генератора, и, кроме того, позволяет использовать надёжную быстродействующую электронную защиту окончного каскада от перегрузок и коротких замыканий. Снижение нагрева элементов окончного каскада даёт возможность разместить блок управления возбуждением на роторе генератора и избежать существенных недостатков, описанных в [4].

В план эксперимента были включены следующие задачи: исследовать кривую напряжения генератора в переходных режимах (форму кривой и ее параметры: величину провала и скорость восстановления напряжения); получить осциллограммы кривых тока и напряжения в контрольных точках; оценить влияние импульсного управления возбуждением на качество выходного напряжения генератора.

Для исследования выбраны часто встречающиеся на практике случаи – включение ненагруженного двигателя на генератор, работающий на холостом ходу, и включение нагруженного двигателя на генератор, работающий на холостом ходу.

На рисунке 2 изображены кривые напряжения генератора (верхняя часть рисунка) в момент включения нагрузки (точка Е на рисунке 1). Здесь ясно виден провал напряжения ΔU_{max} в момент запуска нагрузочного двигателя (численные значения параметров кривых приведены в таблице 1). Следует особо отметить, что в данном случае был выбран наиболее тяжелый режим, когда момент включения приходится на пик кривой напряжения. На рисунке 2, а в нижней части показаны импульсы управления ключевым каскадом (точка С на рисунке 1).

Для записи кривых использовалась ЭВМ Pentium 200 MMX 64 Mb RAM HDD 3.2 Gb VGA 2 Mb модифицированная ESS-Solo1 Sound Card, работающая в режиме двухканального запоминающего осциллографа с «закрытым» входом (на входе имеется разделительный конденсатор). Поэтому в период переходного процесса кривая импульсов управления стремится к 0, хотя реально она находится на уровне вершин импульсов, что показано пунктиром. В нижней части рисунка 2, б хорошо видны пульсации напряжения на выходе выпрямителя (точка А на рисунке 1).

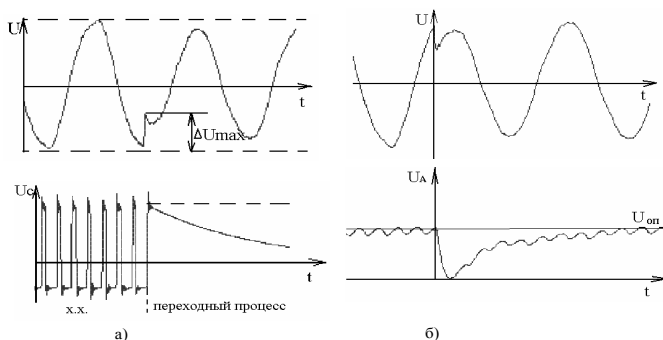


Рисунок 2 – Графики напряжения и пульсаций

На рисунке 3 изображена форма тока в обмотке возбуждения СГ на холостом ходу (рисунок 3, а) и при работе генератора под нагрузкой (рисунок 3, б). При анализе кривых учтено дифференцирующее действие трансформатора тока.

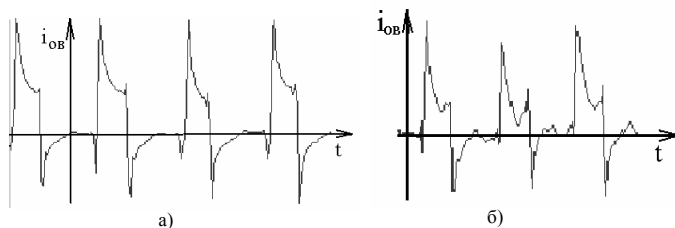


Рисунок 3 – Форма тока в обмотке возбуждения генератора

Для анализа влияния импульсного регулирования возбуждения на форму кривой напряжения генератора был проведен спектральный анализ кривой напряжения в различных режимах работы СГ. На рисунке 4 изображены графики спектров кривой напряжения генератора на холостом ходу (рисунок 4, а), при работе генератора на ненагруженный двигатель (рисунок 4, б) и при работе генератора на нагруженный двигатель (рисунок 4, в). Численные значения коэффициента гармоник для каждого режима приведены в таблице 1. Расчет суммарного коэффициента гармоник (коэффициента искажения) проведен по формуле

$$k_{\Sigma} = \sqrt{\frac{U_3^2 + U_5^2 + \dots + U_v^2}{U_1^2}} \times 100\%,$$

где $U_1, U_3, \dots, U_v$ – амплитуды гармоник.

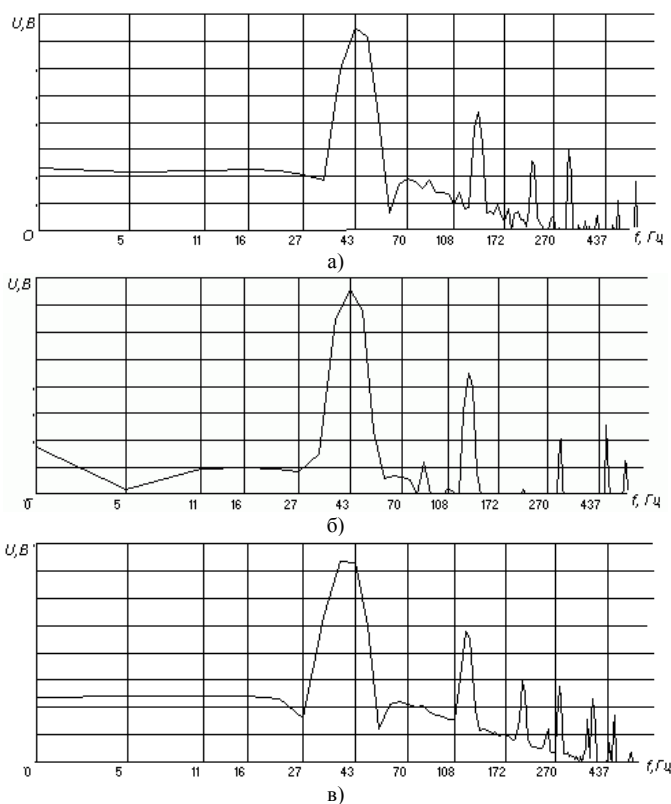


Рисунок 4 – Спектр напряжения генератора в разных режимах работы

Анализ численных значений параметров кривой напряжения генератора с импульсным управлением по способу ПСН показал следующее: параметры переходного процесса существенно лучше, чем у существующих генераторов с аналоговым возбуждением; импульсное регулирование возбуждения при ПСН не снижает качество кривой напряжения генератора.

Таблица 1 – Численные результаты экспериментов

Провал напряжения при пуске ненагруженного АДФР на пике кривой	25 %
Время вхождения в зону допустимого провала (менее 15 %)	0,005 с

Провал напряжения при пуске ненагруженного АДФР вне пика кривой	<10 %
Время переходного процесса (вхождение в зону 5 %)	0,24 с
Провал напряжения при пуске нагруженного АДФР на пике кривой	25 %
Время вхождения в зону допустимого провала (менее 15 %)	0,005 с
Провал напряжения при пуске ненагруженного АДФР вне пика кривой	<10 %
Время переходного процесса (вхождение в зону 5 %)	0,23 с
Суммарный коэффициент гармоник на холостом ходу	1,24 %
Суммарный коэффициент гармоник при работе на ненагруженный АД	1,24 %
Суммарный коэффициент гармоник при работе на ненагруженный АД	2,3 %
Статическая ошибка по отклонению выходного напряжения от номинального значение при работе на нагрузку	0,89 %

Перспективы дальнейших исследований. В установке получена частота пульсаций 300 Гц. Планируется впервые получить пульсации удвоенной частоты (600 Гц) и исследовать их влияние на качество напряжения генератора.

Библиографический список

1. Коноплов К.Г. Про якість електроенергії в корабельній електроенергетиці/ К.Г. Коноплов // Морська держава. — 2004. — № 3. — С.60 – 63.
2. Лесник В.А Управление параметрами электроэнергии бесщеточного синхронного генератора с параметрической стабилизацией напряжения / В.А. Лесник, А.М. Олейников, А.Н. Шоцкий // Проблемы повышения эффективности электро-механических преобразователей в электроэнергетических системах: Матер. междунар. науч.- техн. конф. — Севастополь, 2005. — С.53 – 57.
3. Пат.64442А Україна, МПК7Н03L5/00. Спосіб параметричної стабілізації напруги синхронного генератора / О.М. Олейников, О.М. Шоцький (Україна).— №2003065055; Заяв. 02.06.2003; Опубл. 16.02.2004. Бюл.№ 2.
4. Шмайн Ю.А. Опыт эксплуатации тиристорных систем возбуждения/ Ю.А. Шмайн // Проектирование и исследование систем возбуждения мощных синхронных машин: Сб.науч.тр. — Л.: Всесоюзный научно-исследовательский институт электромашиностроения, 1989. — С.156 – 160.

Поступила в редакцию 18.10.2005 г.