

ВЛИЯНИЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ НА ГАРМОНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВЫХОДНОГО ТОКА УСТРОЙСТВА НАГРУЖЕНИЯ РЕЗЕРВНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Рябков М.В.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Погуляев М.Н.

ГГТУ им. П.О. Сухого, г. Гомель

Аннотация

Представлены результаты исследований устройства нагружения резервных синхронных электрогенераторов, выполненного с использованием транзисторного инвертора. Показано, что использование широтно-импульсной модуляции выходного напряжения позволяет уменьшить коэффициент несинусоидальности выходного тока с 28% до 2,0%.

Для обеспечения работоспособности резервных электрогенераторов (РЭГ) необходимо периодически проводить их испытания под нагрузкой. В настоящее время для проведения таких испытаний все чаще используют устройства нагружения (УН), основанные на статических полупроводниковых преобразователях, где управляемый выпрямитель (УВ) и ведомый инвертор, выполнены на тиристорах [1-10]. Главным недостатком таких устройств является форма выходного тока, которая практически является прямоугольной и содержит высшие гармоники. Это приводит к искажению питающего синусоидального напряжения и возникновению дополнительных потерь мощности в трансформаторах и электрических машинах. Коэффициент гармоник для маломощных сетей может превысить допустимое значение в 8%, которое нормировано стандартами ГОСТ 30824.4.30-2013 и ГОСТ 32144-2013 для сетей с напряжением 0,38 кВ.

Для уменьшения коэффициента гармоник и влияния высших гармоник на сеть предлагается заменить тиристорный инвертор на транзисторный инвертор (ТИ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ-модуляцией) с согласующим трансформатором Т (рис. 1). Для проведения исследования УН с широтно-импульсным регулированием выходных параметров была разработана имитационная модель в программе MatLab с пакетами расширения SimPowerSystems и Simulink (рис. 2).

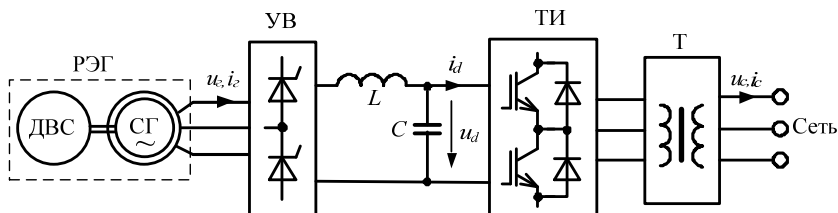


Рис. 1. Функциональная схема устройства нагружения с транзисторным инвертором

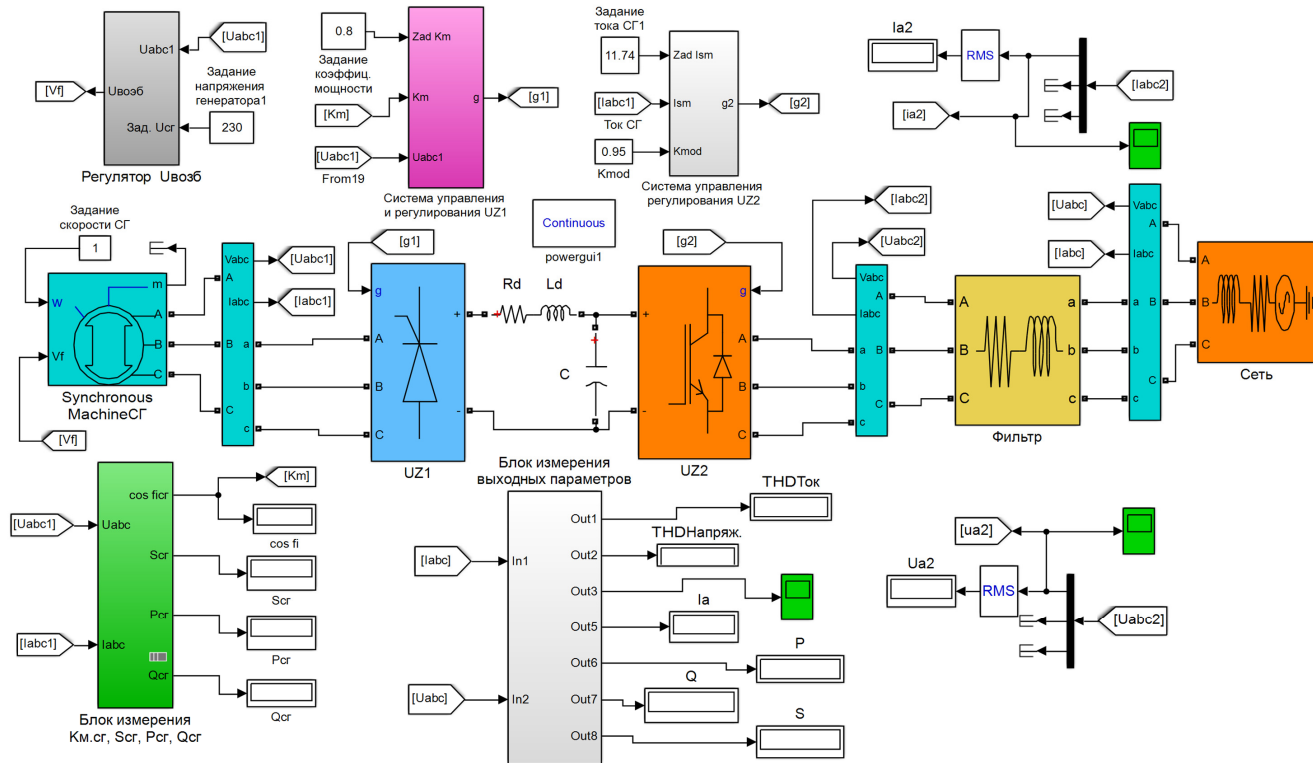


Рис. 2. Имитационная модель энергосберегающего устройства нагружения резервных электрогенераторов с ШИМ-регулированием выходных параметров

Цель данной работы заключается в анализе гармонических составляющих выходных напряжений и токов при использовании в устройстве нагружения резервных электрогенераторов инвертора с ШИМ-модуляцией

В процессе проведения имитационного моделирования нагружения синхронного генератора мощностью 8,1 кВА были получены временные диаграммы выходных напряжений и токов для различных значений углов управления выпрямителем УВ и коэффициентов модуляции ШИМ-инвертора. В частности, на рисунке 3, показаны временные диаграммы выходного тока и их спектральный состав при номинальных значениях коэффициента мощности и тока нагрузки генератора для устройств нагружения с инвертором на тиристорах (рис. 3а) и на транзисторах (рис. 3б).

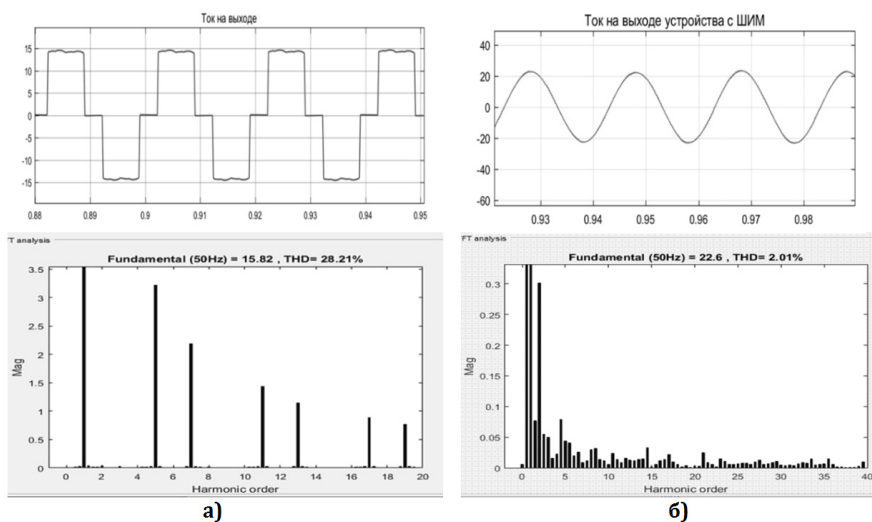


Рис. 3. Временные диаграммы тока на выходе устройства нагружения с инвертором: а) на тиристорах; б) на транзисторах

Анализ временных диаграмм выходного тока и его спектральный анализ при использовании различных типов инверторов показал, что устройство нагружения с тиристорным инвертором имеет практически прямоугольную форму выходного тока, что приводит к высокому значению коэффициента несинусоидальности, достигающему 28,0%. В то же время, устройство нагружения на транзисторном инверторе имеет форму выходного тока близкую к синусоидальной, а значение амплитуд высших гармоник значительно меньше, что приводит к снижению коэффициента несинусоидальности до 2,01%. Полученные результаты

подтверждают эффективность использования ШИМ-инвертора в нагружающем устройстве для улучшения гармонического состава выходного тока и снижения его влияния на питающую сеть.

Список литературы:

1. Погуляев М.Н. Энергосберегающие электромеханические стенды для испытания автономных дизель-генераторов // Международный научно-практический журнал: Чрезвычайные ситуации: образование и наука. 2013. Т. 8. № 1. С. 106-110.

2. Погуляев М.Н., Смахтин А.А. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие техно-логии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 2017 г. / Белорус.-Рос. ун-т. – Могилев, 2017. – С. 399-401.

3. Погуляев М.Н., Чигринец А.А. Анализ гармонических составляющих выходных напряжения и тока устройства нагружения резервных электрогенераторов // Современные проблемы машиноведения: материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2020. – С. 179-182.

4. Волотковская Н.С., Семенов А.С., Федоров О.В. Энергоэффективность и энергосбережение в системах электроснабжения горнодобывающих предприятий // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2019. № 3 (78). С. 52-62.

5. Семёнов А.С., Егоров А.Н., Харитонов Я.С., Федоров О.В. Оценка электромагнитной совместимости высоковольтных преобразователей частоты в электротехнических комплексах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 4 (44). С. 64-75.

6. Егоров А.Н., Харитонов Я.С., Шевчук В.А., Семенов А.С. Влияние высших гармоник на работу преобразователя частоты в условиях подземного рудника // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 6. С. 141-151.

7. Семёнов А.С., Бебихов Ю.В., Васильев П.Ф., Харитонов Я.С. Оценка результатов моделирования различных систем электропривода технологической установки горного предприятия // Вестник Чувашского университета. 2021. № 3. С. 113-122.

8. Семёнов А.С., Бебихов Ю.В., Егоров А.Н., Сарваров А.С., Федоров О.В. Применение методов обоснования мероприятий по энергосбережению в системах электроснабжения горнодобывающих предприятий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2022. Т. 22. № 2. С. 5-17.

9. Погуляев М.Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2022. № 3 (90). С. 96-103.

10. Дорощенко И.В., Погуляев М.Н. Имитационная модель асинхронной машины с фазным ротором в MatLab Simulink // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2021. № 2 (85). С. 99-106.