

УДК 621.313.322

Гречко Николай Владимирович¹, к.т.н.,
e-mail: nvg.vguvt@yandex.ru

¹Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева - Казанский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта», г. Казань, Россия

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЕ ВРАЩЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрена особенность работы генератора в автономной системе электроснабжения (судовой) при переменной частоте вращения в частности совместно с приводным двигателем.

Ключевые слова: автономная система электроснабжения, особенность работы, переменная частота вращения, дизель-генератор

Требования к использованию генераторов в автономных системах электроснабжения и анализ генераторов с учетом этих требований рассмотрен [1].

Использование синхронного генератора в автономной системе электроснабжения судна заставляет рассматривать процессы, протекающие в генераторе совместно с процессами, протекающими в приводном двигателе (дизеле), то есть рассматривать дизель-генератор как единую систему.

Работа дизель-генератора в традиционном понимании характеризуется постоянством частоты вращения. Электрическая мощность, отдаваемая дизель-генератором в процессе эксплуатации изменяется в широких пределах. Использование дизель-генератора с пониженной отдаваемой электрической мощностью влечет за собой следующие недостатки: практически постоянное значение расхода горюче-смазочных материалов для работы приводного дизеля в то время, когда генератор работает с пониженной отдаваемой электрической мощностью; приводной дизель продолжает работу с номинальной частотой, то есть расходуется его моторесурс; уменьшение коэффициента полезного действия.

Эксплуатация дизель-генератора при низкой отдаваемой электрической мощности не оптимальна как с точки зрения расхода горюче-смазочных материалов, так и использовании моторесурса дизель-генератора.

Одним из способов повышения эффективности работы дизель-генератора при низкой отдаваемой электрической мощности – работа при переменной частоте вращения, которая определяется величиной отдаваемой электрической мощности. В работах [2-3] предлагают следующие способы решения этого вопроса: установка дополнительных дизель-генераторов с более низкой электрической мощностью; изменение режима работы существующих дизель-генераторов.

К недостаткам первого способа можно отнести: уменьшение объема за счет увеличения количества дизель-генераторов; усложнение схемы коммутации; увеличение стоимости судовой системы электроснабжения; увеличение стоимости эксплуатации дизель-генератора.

Для реализации второго способа необходима соответствующая силовая электроника, которая позволит посредством электронных вентилях регулировать среднее значение выходного напряжения дизель-генератора.

Возможна реализация вентильного дизель-генератора, который формирует заданный уровень напряжения на выходе при изменении отдаваемой электрической мощности.

В [4-5] для стабилизации уровня выходного напряжения судовой сети, а главное – частоты рекомендуется использовать полупроводниковый преобразователь. Подобный подход был практически реализован в [6] судовом дизель-генераторе с переменной частотой вращения для грунтоотвозной шаланды «Сильная» проекта НВ600, который после испытаний был предъявлен Российскому морскому регистру судоходства.

Работа [6] послужила основой для ряда дальнейших исследований по режимам работы электростанций автономных объектов на базе дизель-генераторов, работающих с разными частотами вращения [7, 8]. Но при создании математических моделей дизель-генераторных установок переменной частоты вращения, например, в пакете Matlab Simulink дизель-генератор представляется устройством, которое изменяет частоту вращения, но не учитывается факт изменения подводимой механической мощности. Эти два параметра взаимно связаны. Поэтому более рациональным представляется возможность учета процессов, протекающих в генераторной установке, например, в виде полевой задачи.

Такой подход позволит учитывать особенности переходных процессов, протекающих в генераторной установке. Использование пакетов для реализации методов конечных элементов [9] позволит учитывать значения токов в обмотках статора, которые будут искажаться за счет использования полупроводникового преобразователя. В программе FEMM также реализована возможность передачи результатов вычисления электромагнитных параметров генераторной установки в пакет Matlab Simulink. Реализация подобной модели позволит исследовать не только переходные процессы в системе генераторная установка – полупроводниковый преобразователь – нагрузка, но и учитывать процессы преобразования энергии в самой генераторной установке. Анализ процессов, протекающих в генераторной установке важен, поскольку работа с частотами ниже номинальных, при практически на порядок более низкой нагрузке может привести к значительным искажениям формы выходного напряжения. Также возможно учесть работу активного выпрямителя для каждого момента времени штатными средствами программы FEMM.

Список литературы:

1 Гречко, Н. В. Использование генераторов в автономных системах электроснабжения / Н. В. Гречко // Транспорт. Горизонты развития : Труды 1-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород - Новосибирск, 25–28 мая 2021 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО "ВГУВТ"), 2021. – С. 17.

2. Григорьев А. В. Судовая электростанция с вентильными дизель-генераторами переменной частоты вращения / А. В. Григорьев, С. М. Малышев, Р. Р. Зайнуллин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 193– 201. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-193-201.

3. Куколев А. А. Классификационные требования, предъявляемые к судовым дизель-генераторам / А. А. Куколев // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф. Ф. Ушакова. – 2017. – № 2 (19). – С. 24–26.

4. Григорьев А. В. Повышение эффективности эксплуатации судовых дизельных электростанций / А. В. Григорьев, В. Ю. Колесниченко // Вестник Государственного



университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2014. – № 6 (28). – С. 39–43.

5. Бурмакин О. А. Имитационная модель судовой электростанции / О. А. Бурмакин, М. П. Шилов, Ю. С. Малышев, С. В. Попов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2016. – № 48. – С. 273–280.

6. Григорьев А. В. Опыт проектирования и испытания первого отечественного судового вентильного дизель-генератора / А. В. Григорьев, С. М. Малышев, Р. Р. Зайнуллин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2019. – Т. 11. – № 4. – С. 766–775. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-766-775.

7. Хватов О.С. Электростанции автономных объектов на базе дизель-генераторных установок переменной частоты вращения / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.С. Самоявчев, В.В. Соколов // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева – 2015. – № 2 (109). – С. 217–225.

8. Хватов О.С. Дизель-генераторная электростанция переменной частоты вращения на базе активного выпрямителя напряжения и буферного накопителя энергии / О.С. Хватов, Д.С. Кобяков, М.Е. Юрлов // Труды конгресса «Великие реки» - 2020. - №9. – С.1-5.

9. Meeker D. Finite Element Method Magnetics. Version 4.2. User's Manual, January 30, 2018 // <http://www.femm.info/wiki/HomePage>, 2020.

FEATURES OF THE GENERATOR OPERATION IN AN AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM AT VARIABLE SPEED

Nikolay V. Grechko

Abstract. The peculiarity of the generator operation in an autonomous power supply system (marine) at variable speed, in particular, in conjunction with a drive motor, is considered

Keywords: autonomous power supply system, operation feature, variable speed, diesel generator.