

УДК 621.313.322

**Гречко Николай Владимирович**<sup>1</sup>, к.т.н.,  
e-mail: nvg.vguvt@yandex.ru

<sup>1</sup>Институт 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.