



УДК 621.313.3

О.С. Хватов, проф., д.т.н., кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
И.А. Гарпанов, ст. преп., к.т.н., кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Д.С. Кобяков, аспирант, кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
М.Е. Юрлов, аспирант, кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
И.С. Будилов, студент, кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

АВТОНОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ НА ОСНОВЕ ДИЗЕЛЬ- ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ С БУФЕРНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

Ключевые слова: дизель-генератор, переменная скорость, накопитель энергии.

В статье рассматривается дизель – генераторная установка, работающая при переменной, в зависимости от нагрузки, скорости вращения. Буферный накопитель энергии в составе установки позволяет стабилизировать величину напряжения в режиме «пиковых» нагрузок.

Дизель-генераторные установки (ДГУ) вместе с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии и мини ТЭЦ составляют основу генерирующего оборудования в малой энергетике России. На сегодняшний день в России в эксплуатации находится около 50 тыс. ДГУ суммарной мощностью 17 млн. кВт. Практически все они работают с номинальной и постоянной частотой вращения независимо от величины нагрузки. Дизель-генераторные установки также составляют основу электростанций большинства транспортных объектов, в том числе, судов морского и речного флота.

В настоящее время работы по исследованию и созданию дизель-генераторных установок переменной частоты вращения (ДГПЧВ) проводятся во многих странах, в том числе, и в России. Актуальность данного направления обусловлена общей мировой тенденцией в малой энергетике, направленной на повышение как эффективности использования углеводородного топлива, так и экологичности технологии производства электроэнергии. Особенности топологии систем электропитания на базе ДГПЧВ рассмотрены в работах [1,2]. Параллельно с созданием новых ДГУПЧВ целесообразно уделять внимание и модернизации классических ДГУ с целью перевода их работы в энергоэффективный режим при регулируемой частоте вращения.

Рассмотрим структурную схему дизель-генераторной установки переменной частоты вращения (рис. 1), которая состоит из следующих элементов: Д - дизельный двигатель внутреннего сгорания (ДВС), СГ – синхронный генератор, СВ - система возбуждения генератора, ТР - повышающий трансформатор, В - неуправляемый выпрямитель, Ф1 – ёмкостной фильтр, Ф2 – LC фильтр, ШИП - широтно-импульсный преобразователь, БНЭ – буферный накопитель энергии, И – инвертор напряжения, Н – нагрузка.

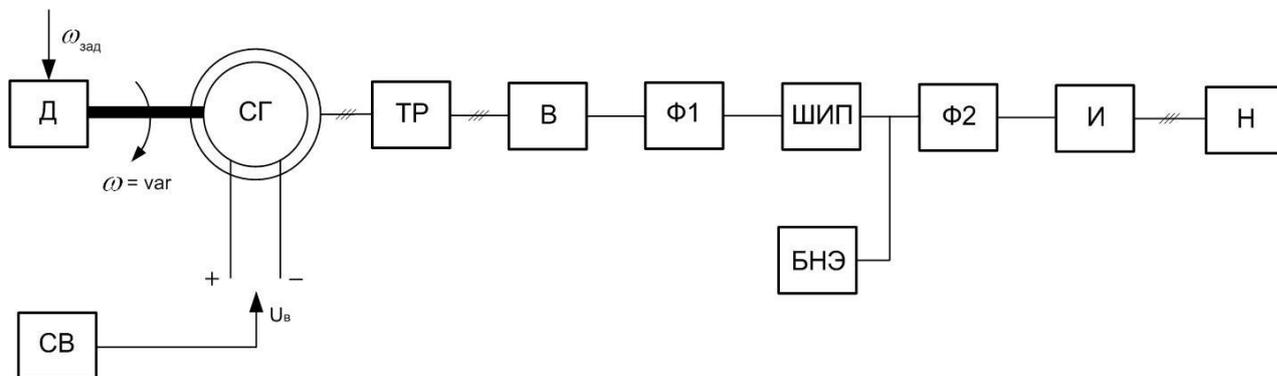


Рис.1. Структурная схема ДГПЧВ с БНЭ

Подобная трансформаторная топология построения системы электропитания ДГПЧВ рассмотрена в работе [8]. На основе структурной схемы (рис.1) в компьютерной среде *MatLab* разработана математическая имитационная модель ДГПЧВ с БНЭ. С помощью данной модели показана возможность в режиме «пиковых» нагрузок и работе ДВС на энергоэффективных скоростных режимах (пониженные частоты вращения)

стабилизировать величину напряжения в звене постоянного тока преобразователя частоты средствами БНЭ.

В модели ШИП имеет два автоматических контура регулирования: внутренний – по току и внешний – по напряжению. Необходимый запас по напряжению в схеме обеспечивается повышающим трансформатором. Напряжение на входе ШИП составляет 900В. Система регулирования ШИП стабилизирует его выходное напряжение на уровне 600В. Оценка топливной экономичности ДГПЧВ в составе единой электростанции судна с электродвижением представлена в работах [9,10].

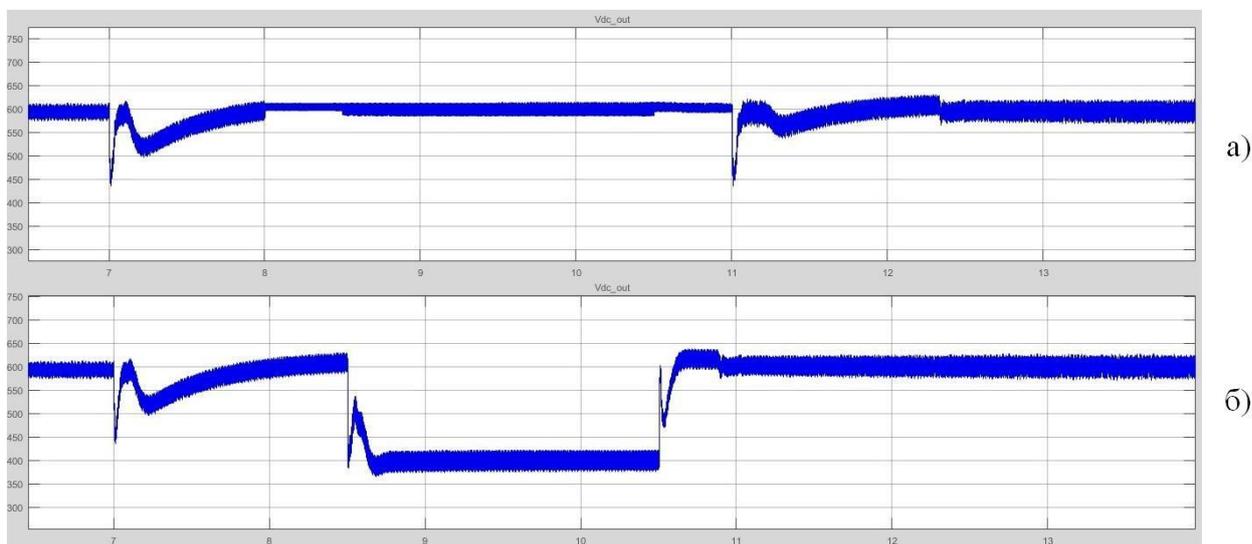


Рис.2. Графики выходного напряжения ШИП: а – с БНЭ; б – без БНЭ

На рис.2 и рис.3 представлены осциллограммы имитационного моделирования динамических режимов подключения нагрузки к генераторному

комплексу при работе с БНЭ и без последнего. Имитационный эксперимент состоит из следующих этапов. ДВС разгоняется на холостом ходу до частоты вращения соответствующей 70% от номинальной. Затем к синхронному генератору мощностью 30

кВА подключается активная нагрузка, равная 20 кВт. На 7 секунде нагрузка увеличивается до 100% , т.е. становится равной 30 кВт. На 8 секунде регулятор напряжения выходит на границу насыщения. Через 0,5 секунды подключается дополнительная («пиковая») нагрузка, равная 20 кВт, которая по прошествии 2 секунд отключается. Переходные процессы напряжения на выходе ШИП соответствующие данному эксперименту при наличии и отсутствии в составе ДППЧВ буферного накопителя энергии изображены на рис. 2, а и рис. 2, б соответственно. Из приведенных зависимостей видно, что средствами БНЭ на временном интервале «пиковой» нагрузки возможно стабилизировать напряжение на выходе ШИП и, таким образом, обеспечить требуемый баланс мощности между ДППЧВ и нагрузкой при сохранении энергоэффективного режима работы ДВС на пониженной частоте вращения. На рис. 3, а и рис. 3, б представлены имитационные осциллограммы тока дросселя ШИП, соответствующие рис. 2, а и рис. 2, б.

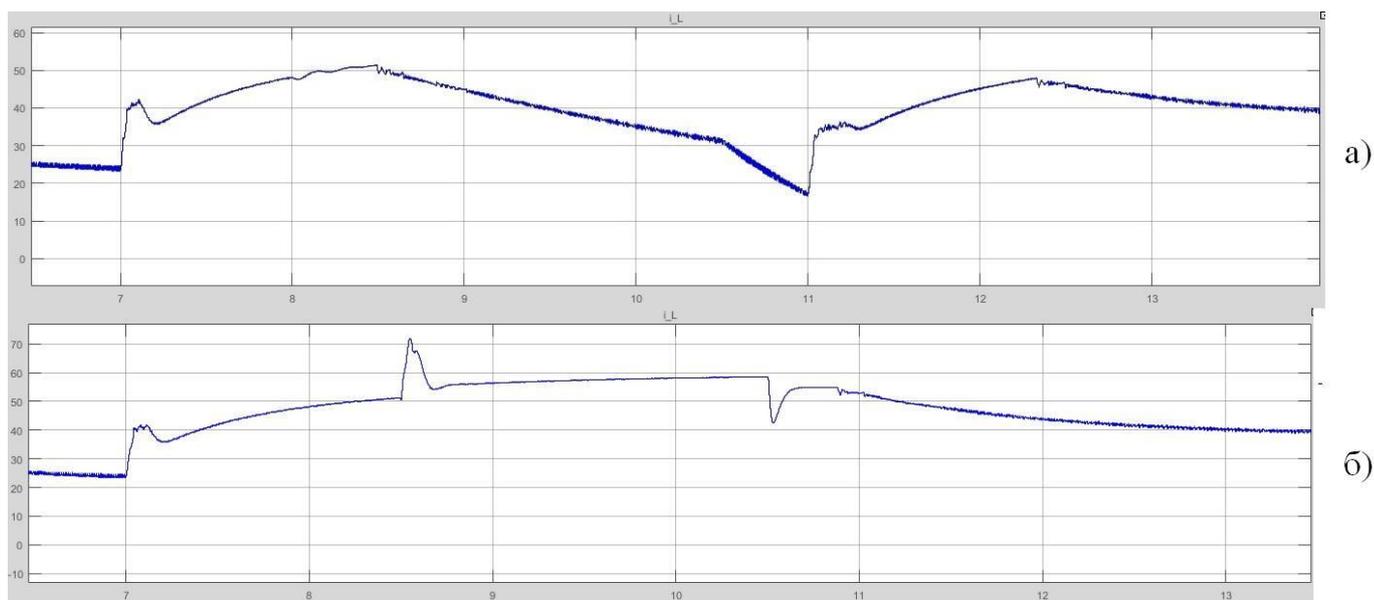


Рис.3. Графики тока дросселя ШИП: а – с БНЭ; б – без БНЭ

Разработанная математическая имитационная модель ДППЧВ с буферным накопителем энергии может быть использована для анализа динамических режимов коммутации нагрузки с учетом ее величины и характера, значения энергоэффективной частоты вращения ДВС, а также состава и типоразмера элементов силового оборудования: трансформаторный или безтрансформаторный; выпрямитель неуправляемого типа либо активный; ШИП понижающий или повышающий; СГ с номинальным либо повышенным значением фазного напряжения.

Список литературы:

- [1]. Артюхов И.И., Степанов С.Ф., Бочкарев Д.А., Ербаев Е.Т. Особенности построения автономных систем электропитания на основе генераторов с изменяемой скоростью вращения вала // Вопросы электротехнологии. – 2015. – №1. – С. 58 – 64.
- [2]. Обухов С.Г., Лукутин Б.В., Шутов Е.А., Хоншау З.П. Применение накопителей энергии для повышения энергоэффективности ветро-дизельных электростанций // Электричество. – 2012. – №6. – С. 24 – 29.
- [3]. Обухов С.Г., Сипайлова Н.Ю., Плотников И.А., Сипайлов А.Г. Характеристики синхронного генератора, работающего в составе инверторной дизельной электростанции // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2012. – № 5. – С. 41-45.
- [4]. Обухов С.Г., Плотников И.А. Сравнительный анализ схем автономных электростанций, использующих установки возобновляемой энергетики // Промышленная энергетика. – 2012. – № 7. – С. 46–51.

- [5] Обухов С.Г., Плотников И.А., Сарсикеев Е.Ж. Буферная система накопления электроэнергии для возобновляемой энергетики // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 9 (113). – С. 137–141.
- [6] Wang X., Palazogluy A., El-Farra N. H. Operation of Residential Hybrid Renewable Energy Systems: Integrating Forecasting, Optimization and Demand Response // American Control Conference (ACC). – 2014. – Pp. 5043 – 5048.
- [7] Delgado C., Dominguez-Navarro J.A. Optimal design of a hybrid renewable energy system ecological vehicles and renewable energies // Ninthinter national conference on publication year (EVER). – 2014. – Pp. 1 – 8.
- [8]. Chen Y.K., Wu Y.C., Song C.C., Chen Y.S. Design and implementation of energy management system with fuzzy control for DC microgrid systems // IEEE Transactions on Power Electronics.–2013. – № 4. – Pp. 1563 – 1570.
- [9.] Хватов О.С., Дарьенков А.Б. Единая электростанция транспортного объекта с электродвижением на базе дизель-генераторной установки переменной частоты вращения // Электротехника. – 2016. – №3. – С. 35 – 40.
- [10]. Хватов О.С., Дарьенков А.Б., Самоявчев И.С. Топливная экономичность единой электростанции автономного объекта на базе двигателя внутреннего сгорания переменной скорости вращения // Эксплуатация морского транспорта. – СПб. – 2012. – 1(71). – С. 47 – 50.

AUTONOMOUS POWER STATION BASED ON VARIABLE SPEED DIESEL GENERATOR WITH BUFFER ENERGY STORAGE

Hvatov O.S., Tarpanov I.A., Kobayakov D. S., Yurlov M.E., Budilov I.S.

Key words: diesel generator, variable speed, energy storage.

The work of diesel generator set operating at variable, depending on load, speed of rotation is considered in the article. The buffer energy storage in the unit allows to stabilize the voltage in the mode of "peak" loads.