

УДК 621.3

СУДОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ НА БАЗЕ АСИНХРОННЫХ МАШИН С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧАСТОТЫ

Хватов Олег Станиславович¹, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта

e-mail: khvatov_oleg@mail.ru

Тарпанов Илья Александрович¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: fillin2003@mail.ru

Кузнецов Павел Вадимович¹, аспирант

e-mail: redourblue@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Разработана имитационная модель динамических режимов работы судовой электроэнергетической системы (СЭС) на основе асинхронных машин и полупроводниковых преобразователей. Представлена структурная схема СЭС, состоящая из обратимого асинхронного валогенераторного устройства и асинхронной дизель – генераторной установки переменной частоты вращения. Проведено моделирование переходных процессов пропульсивной системы на базе обратимого асинхронного валогенератора с учётом переменной нагрузки на винт.

Ключевые слова: обратимая валогенераторная установка, дизель-генераторная установка переменной частоты вращения, асинхронный генератор.

SHIP'S VARIABLE-SPEED ELECTRIC POWER SYSTEM BASED ON ASYNCHRONOUS MACHINES WITH FREQUENCY CONVERTERS

Khvatov Oleg Stanislavovich¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Engineering and Electrical Equipment of Water Transport Facilities

e-mail: khvatov_oleg@mail.ru

Tarpanov Ilya Aleksandrovich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: fillin2003@mail.ru

Kuznetsov Pavel Vadimovich¹, Doctoral Student

e-mail: redourblue@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. A simulation model of dynamic modes of a ship's electric power system (SES) based on asynchronous machines and semiconductor converters has been developed. A block diagram of the SES, consisting of a reversible asynchronous shaftgenerator device and an asynchronous diesel generator set of variable speed is presented. The simulation of transient processes of a

propulsive system based on a reversible asynchronous shaft generator, taking into account the variable load on the screw, is carried out.

Keywords: reversible shaft generator set, variable speed diesel generator set, asynchronous generator.

Увеличение показателей энергоэффективности является одним из важнейших направлений в развитии современной энергетики. На судах морского и речного флота повышение энергоэффективности связано с использованием новых систем электрогенерирования и электродвижения, в частности с применением дизель – генераторных установок переменной частоты вращения (ДГПЧВ) и обратимых валогенераторных установок (ОВГУ) [1].

ДГПЧВ, в отличие от классического дизель – генератора меняет частоту вращения приводного двигателя (дизеля) при изменении нагрузки. Регулирование скорости вращения дизельного двигателя в соответствии с многопараметровой характеристикой, позволяет ДГПЧВ генерировать электроэнергию с минимальным удельным расходом топлива [2].

Классический валогенератор строится на базе синхронного генератора, соединённого с валопроводом и подключённого непосредственно к шинам судовой электроэнергетической системы. Подобные установки имеют ряд недостатков:

- невозможность работы при переменной частоте вращения. В том случае, если судно меняет скорость движения, ВГУ приходится отключать.
- невозможность работы в двигательном режиме.

Применение в составе электроэнергетической системы судна ОВГУ позволяет устранить вышеуказанные недостатки.

В качестве генератора в ОВГУ и ДГПЧВ могут использоваться как синхронные, так и асинхронные машины. Асинхронная машина может быть как с короткозамкнутым, так и с фазным ротором.

Авторами предложена концепция силовой структуры судовой электроэнергетической системы на базе асинхронных генераторных комплексов переменной частоты вращения.

Актуальность данной структуры, обеспечивающая минимизацию расхода углеводородного топлива дизельными двигателями, теоретически и практически подтверждена.

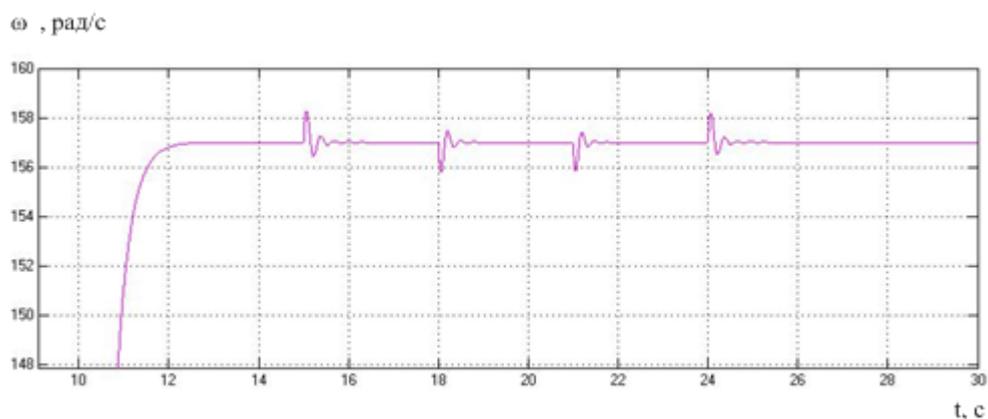
Известные преимущества асинхронной машины по сравнению с синхронной, а именно, меньшая масса, габариты и стоимость, более высокая надежность, тем не менее были недостаточны для их широкого использования в качестве генераторов. Основным препятствием оставалась техническая проблема как возбуждения асинхронной машины, что невозможно без дополнительных внешних источников реактивной мощности, так и требование по плавному регулированию реактивной мощности.

С внедрением в практику силовых транзисторных преобразовательных устройств, в частности, активных выпрямителей напряжения, возможности по использованию асинхронных машин в составе генераторных комплексов, в том числе комплексов переменной частоты вращения (ветрогенераторы, малые гидростанции, дизель – генераторы) существенно расширились [3].

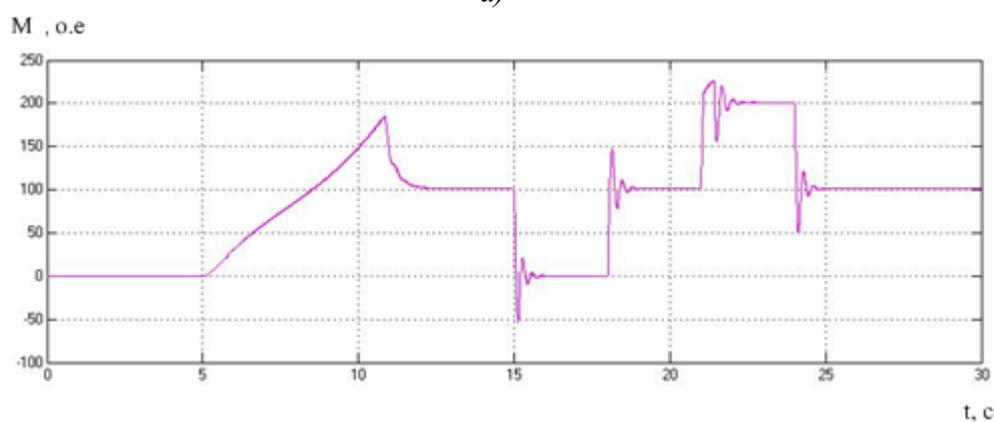
С целью моделирования динамических режимов работы СЭС в состав которой входят ДГПЧВ на основе асинхронной машины с короткозамкнутым ротором (АМКР) и ОВГУ на основе АМКР, была разработана математическая модель вышеуказанной СЭС.

Структурная схема СЭС, которая состоит из ОВГУ и ДГПЧВ, построенных на базе АМКР представлена на рисунке 1.

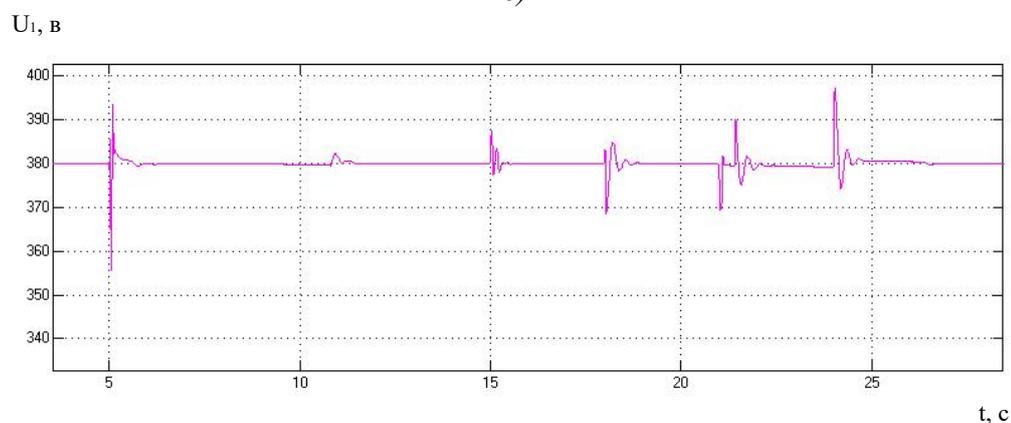




a)



б)



в)

Рисунок 3 – Переходные процессы в СЭС (а) – скорость вращения ОВГУ, б) – крутящий момент на валу ОВГУ, в) – величина напряжения генерируемого ДГПЧВ)

Анализ результатов моделирования показал, что ОВГУ может работать как пропульсивная установка во время движения судна с небольшой скоростью. При достижении скорости вращения вала ОВГУ примерно $0,5\omega_H$, момент сопротивления достигает номинального. При этом провалы амплитуды напряжения, вырабатываемого ДГПЧВ не превышают 5%.

Использование асинхронных машин в судовых СЭС как в двигательном, так и в генераторном режимах, является перспективным направлением в судовой энергетике.

Список литературы:

1. Хватов О.С., Тарпанов И.А. Судовая пропульсивная гибридная установка // Вестник ВГАВТ. Выпуск 35. Н.Новгород, 2013. – с. 337 – 340
2. Хватов О.С., Дарьенков А.Б., Самоявчев И.С., Поляков И.С. Автономные генераторные установки на основе двигателей внутреннего сгорания переменной частоты вращения (монография) // Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – 2016. – С 172.
3. Онищенко Г.Б., Локтева И.Л. Асинхронные вентильные каскады и двигатели двойного питания. // М.: Энергия, 1979. – 265 с.

