



УДК 621.316.722.9

**Сугаков Валерий Геннадьевич**, профессор, д.т.н. кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

**Тощев Александр Александрович**, соискатель кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

**Зобов Лаврентий Владиславович**, аспирант кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

«Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ СУДОВЫХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С ВНЕШНЕЙ ФОРСИРОВКОЙ ПРИ ПУСКЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

*Аннотация. Проведено исследование работы САРВ судового синхронного генератора с компаундированием, а также с внешней форсировкой при пуске АДКЗ. Приведены графические результаты работы изучаемых систем автоматического регулирования.*

*Ключевые слова: система автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой, пуск АДКЗ, имитационная модель системы автоматического регулирования напряжения, моделирование в пакете MatlabSimulink.*

Обеспечение качества электрической энергии в питающих сетях на сегодняшний день является актуальной проблемой. Это так же касается вопросов регулирования напряжения генераторов, которые основываются на требованиях потребителей к качеству электроэнергии. Как правило, потребители рассчитаны на работу при определенном стабильном напряжении [1]. В соответствии с действующей нормативно-технической базой допустимые показатели отклонения напряжения для судовых электроэнергетических станций кратковременный (не более 1,5 сек.) провал напряжения должен составлять не более 30% и не более 15% номинального [2].

Изменение напряжения судового синхронного генератора происходит при изменении, в том числе, и характера нагрузки. Особенно неблагоприятно на стабильности напряжения генератора отражаются пуски соизмеримых по мощности с генераторами асинхронных двигателей с короткозамкнутыми роторами (АДКЗ) [3]. Бросок пускового тока приводит к существенному провалу напряжения. Одним из возможных вариантов решения данной проблемы может являться применение систем автоматического регулирования возбуждения (САРВ) с внешней форсировкой.

Проведено исследование САРВ синхронного генератора без внешней форсировки [4] с АДКЗ с 30% (14,4 кВт, при мощности источника 60 кВА) от мощности источника (приведено на рисунке 1 и рисунке 2) системы автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой [5] с АДКЗ с 30% от мощности источника (приведено на рисунке 3 и рисунке 4), а также проведено исследование работы системы автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой и контролем приращеня напряжения [6] с АДКЗ с 30% от мощности источника (приведено на рисунке 5 и рисунке 6).

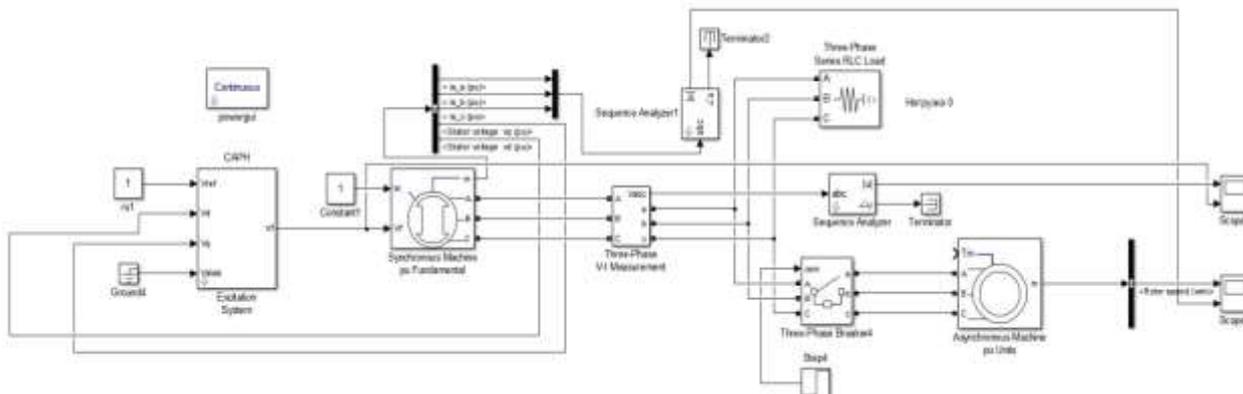


Рис. 1. Имитационная модель для исследования работы САРВ судового СГ без внешней форсировки с АДКЗ

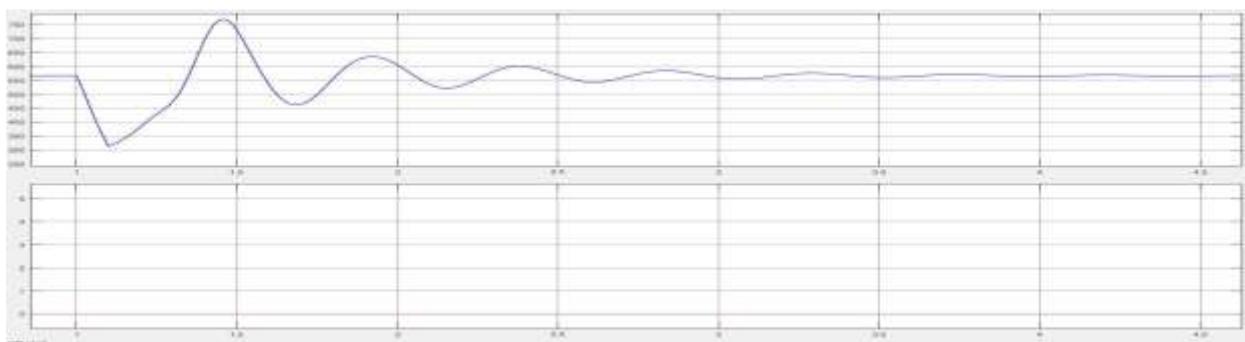


Рис.2. Графические результаты исследования работы САРВ судового СГ без форсировки с АДКЗ 30% от номинальной мощности источника

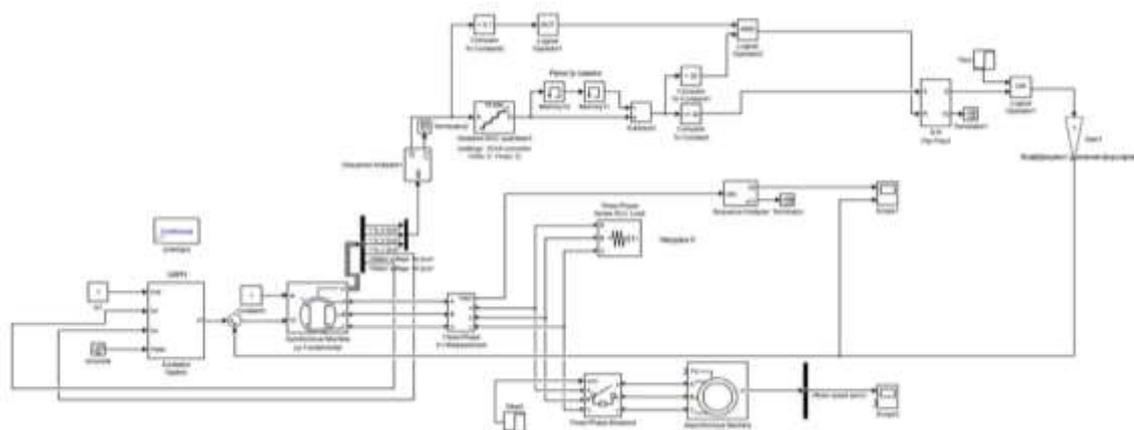


Рис. 3. Имитационная модель для исследования работы САРВ судового СГ с ВФ с АДКЗ

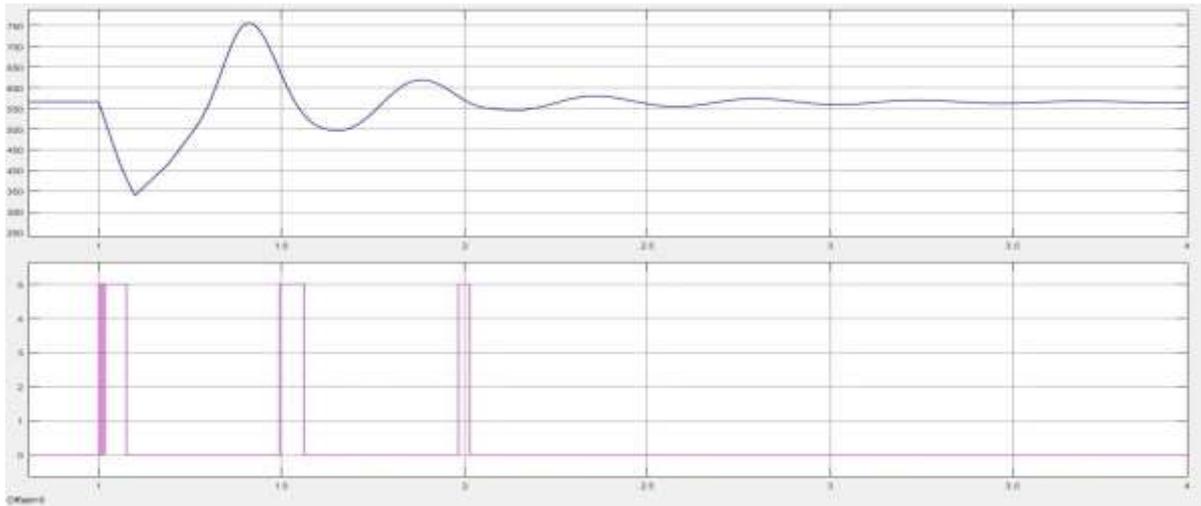


Рис. 4. Графические результаты исследования работы САРВ судового СГ с ВФ с АДКЗ 30% от номинальной мощности источника

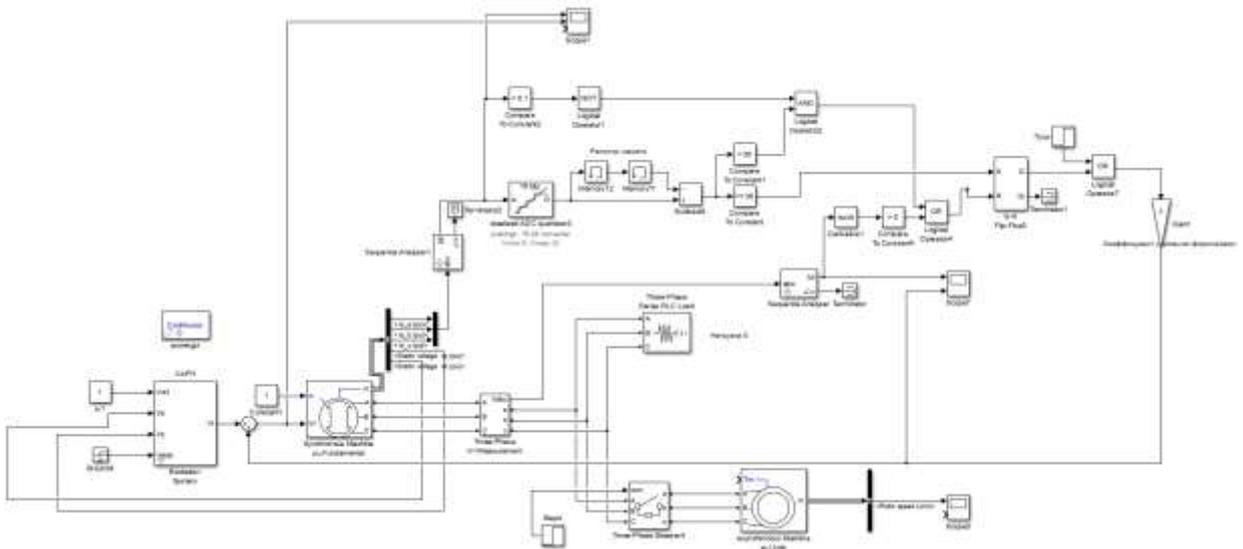


Рис. 5 Имитационная модель для исследования работы САРВ судового СГ с ВФ с КРН с АДКЗ

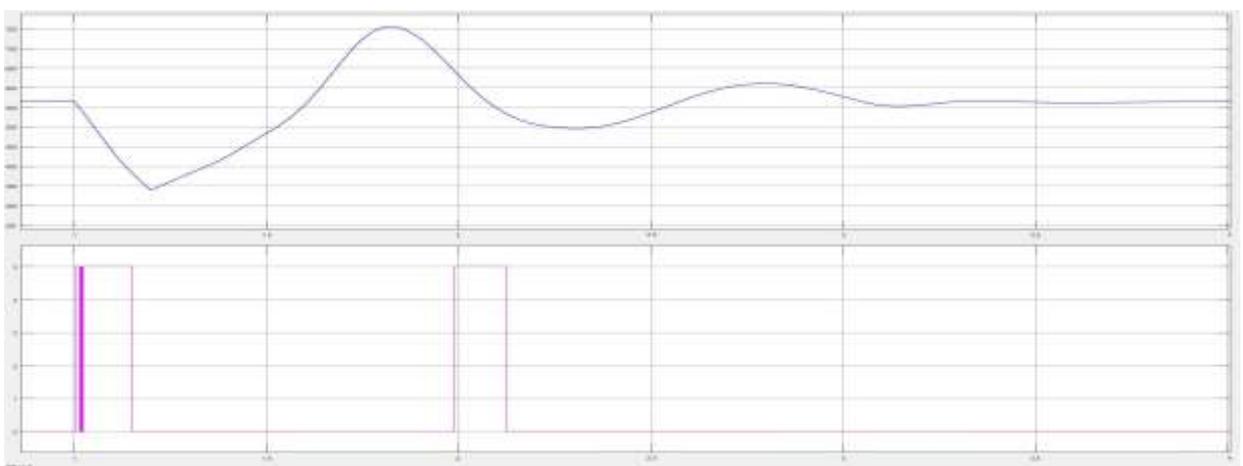


Рис.6 Графические результаты исследования работы САРВ судового СГ с ВФ и КРН с АДКЗ

Из полученных результатов следует:

1. При применении САРВ судового синхронного генератора СГ без форсировки (Рисунок 1, 2) работа судовой электроэнергетической станции СЭЭС является неудовлетворительной, а именно: провал напряжения за счет пускового тока составляет 34% и превышает установленные пределы допустимых значений требований Правил РРР;

2. При применении САРВ с внешней форсировкой (Рисунок 3, 4) работа судовой электростанции удовлетворяет требованиям Российского Речного Регистра в части, что провал напряжения составляет 25%. Однако с учетом работы форсировки и компенсации провала напряжения на первой полуволне напряжения, наблюдается существенное перерегулирование и выход напряжения за пределы допустимых требований Правил РРР.

3. При применении САРВ с внешней форсировкой и контролем приращения напряжения (Рисунок 5, 6) работа СЭЭС удовлетворяет требованиям Правил РРР в части, что провал напряжения составляет 22%.

4. Из проведенного исследования работы САРВ СГ установлено, что применение КРН позволяет осуществлять прямой пуск АДКЗ мощностью 30% от мощности источника (14,4 кВт, при мощности источника 48 кВт).

#### **Список литературы:**

1. В.Г. Сугаков, О.С. Хватов «Системы автоматического регулирования параметров электрической энергии судовых электростанций. Часть 2. Автоматическое регулирование напряжения судовых источников электрической энергии»: учеб пособие / В.Г. Сугаков, О.С. Хватов. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. -180 с.
2. Железко, Ю. С. О нормативных документах в области качества электроэнергии и условий потребления реактивной мощности / Ю. С. Железко // Электрические станции. – 2002. – № 6. – С. 18–24.
3. В.Г. Сугаков, А.А. Тощев «Система возбуждения синхронного генератора с внешней форсировкой». - Речной транспорт (XXI век). 2014. – № 1 (66). – (с.70-71).
4. В.Г. Сугаков, А.А. Тощев «Моделирование системы автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора с внешней форсировкой» - Труды 20-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2018", 2018.
5. Сугаков В.Г., Тощев А.А., Зобов Л.В. «Математическая и имитационная модель системы автоматического регулирования возбуждения с внешней форсировкой»– Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019. – 188 с.
6. Сугаков В.Г., Тощев А.А., Зобов Л.В. «Математическое моделирование системы автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора с внешней форсировкой»: Всероссийская молодежная конференция «Научно-технологическое развитие судостроения». Тезисы докладов. ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург 2019.

### **INVESTIGATION OF TRANSIENTS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OF EXCITATION OF SYNCHRONOUS GENERATORS WITH EXTERNAL BOOST WHEN STARTING ASYNCHRONOUS MOTORS WITH A SHORT-CIRCUITED ROTOR**

Valeriy G. Sugakov, Aleksandr A. Toshev, Lavrentiy V. Zobov

*Keywords: automatic control system for excitation of a ship's synchronous generator with external boost, ADKZ start-up, simulation model of the automatic voltage regulation system, simulation in the Matlab Simulink package.*

*Annotation. The work of the SARV of the ship's synchronous generator with compounding, as well as with external forcing at the start of the ADKZ, was studied. Graphical results of the work of the studied automatic control systems are presented.*