



УДК 621.314

Малышев Юрий Сергеевич, доцент, к.т.н. кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;

Бурмакин Олег Анатольевич, доцент, к.т.н. кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;

Попов Сергей Васильевич, доцент, к.т.н. кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;

Гуляев Владимир Викторович, доцент, к.т.н. кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;

Луконичев Никита Иванович, студент 4 курса специальности «ЭС и СА» ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ДВОЙНОГО РОДА ТОКА

Ключевые слова: электрическая система, двойной род тока, судовая электростанция, встроенная сеть постоянного тока, испытательная установка.

Аннотация. В статье рассмотрена целесообразность применения системы двойного рода тока в судовых электроэнергетических системах в условиях применения возобновляемых источников энергии. Предложена экспериментальная установка для исследования систем двойного рода тока. Указана возможность использования рассмотренной установки для оценки принципов управления подобными системами.

Энергосбережение всегда занимает особое место в экономике любой отрасли. Судостроители многих стран мира работают над увеличением энергоэффективности силовых установок, в том числе, внедряя альтернативные источники, которые, как правило, имеют разные технические характеристики. Обеспечить совместную работу традиционных и альтернативных источников в комбинированной судовой электроэнергетической системе [1, 2] позволяет система двойного рода тока со встроенной сетью постоянного тока, функциональная схема которой показана на рисунке 1.

Согласно зарубежным источникам [3] преимущества встроенной сети постоянного тока таковы:

- Более функциональная планировка и более гибкое размещение электрических компонентов.
- Снижение затрат на обслуживание двигателей и более эффективная работа.
- Улучшение динамических характеристик и маневренность.
- Возможность модернизировать СЭЭС и адаптироваться к будущему источнику энергии.

- Экономия топлива до 20%

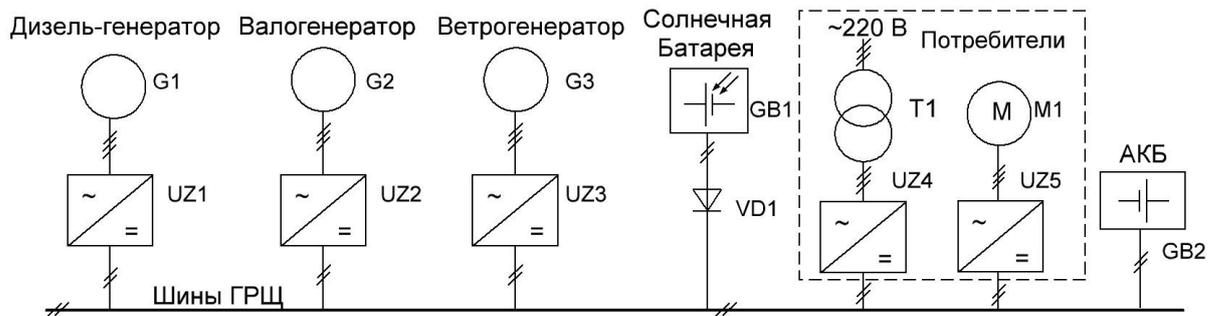


Рис. 1. Функциональная однолинейная схема системы двойного рода тока

Судовая электроэнергетическая система двойного рода тока может содержать следующие блоки:

- 1) источники электроэнергии с различными значениями частоты выходного напряжения, подключенные на общую шину постоянного тока через полупроводниковые выпрямители;
- 2) солнечная батарея и аккумулятор для обеспечения питанием потребителей при кратковременном снижении напряжения основного источника ниже допустимого уровня;
- 3) потребители переменного тока, которые получают питание через инвертор с регулируемой или стабильной выходной частотой;
- 4) трансформатор для согласования величин напряжения на шинах главного распределительного щита и потребителя.

Стабилизация напряжения в звене постоянного тока достигается средствами регулирования генераторов и приводных двигателей.

Однако для создания систем автоматического управления подобными системами двойного рода тока недостаточно результатов только одного виртуального моделирования, а необходима разработка экспериментальной установки, функциональная схема которой, приведена на рис. 2.

Схема содержит два приводных двигателя постоянного тока, в цепь якоря которых включены однотипные широтно-импульсные преобразователи (ШИП1 и ШИП2). Двигатели вращают роторы синхронного и асинхронного генераторов, подключенных через неуправляемые выпрямители (UZ1 и UZ2) на общую нагрузку. Распределение нагрузки между генераторами может осуществляться путем изменения ширины импульсов ШИП1-ШИП4. Причем ШИП3 изменяет ток возбуждения двигателя вращающего асинхронный генератор, а ШИП4-ток возбуждения синхронного генератора.

В основе цепей управления приводных двигателей лежит принцип широтно-импульсного регулирования посредством контроллеров D1 и D2. Кроме того, для управления процессом распределения нагрузки между генераторами установлен контроллер D3.

В качестве контроллеров выбран широко известный Arduino UNO, который построен на базе микросхемы ATmega328 (рис. 3). Контроллер имеет 14 цифровых входов/выходов, 6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ, а другие 8- для измерения параметров системы в цифровом коде (либо связи между контроллерами). Кроме того, микросхема ATmega328 имеет 6 аналоговых входов для измерения аналоговых параметров системы.

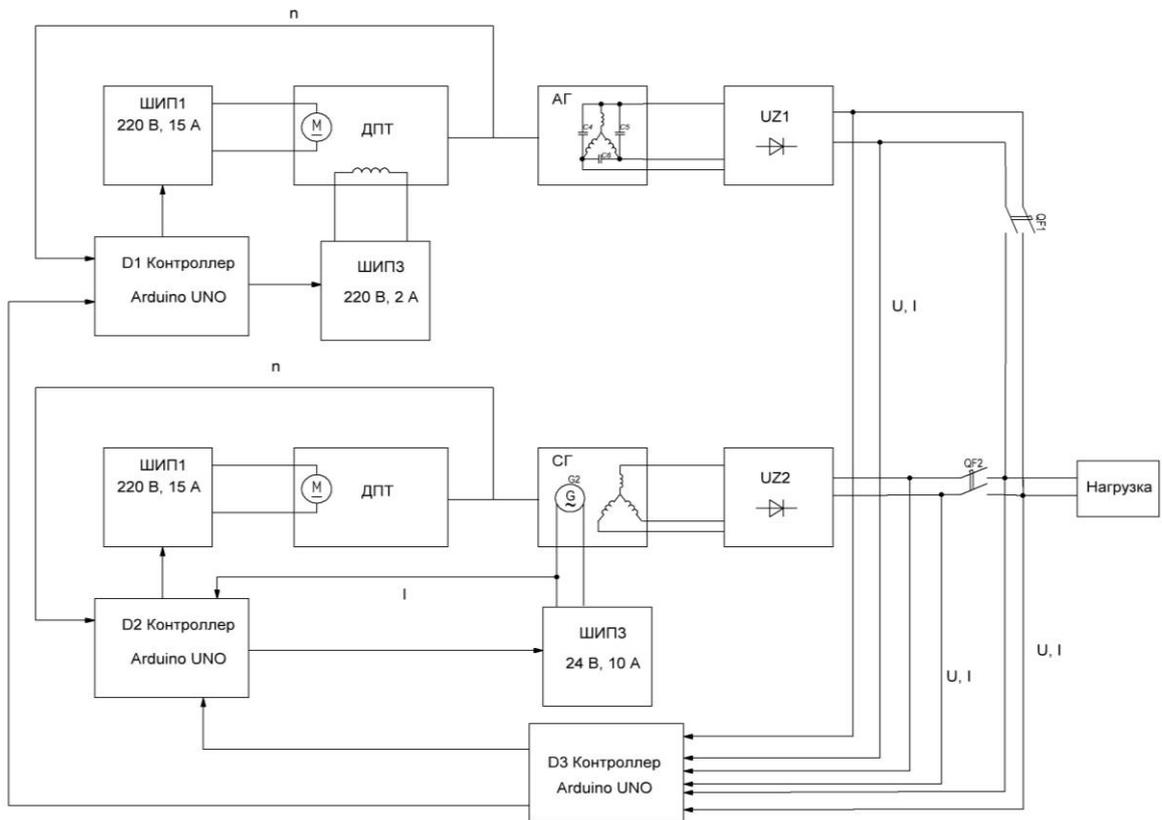


Рис. 2. Функциональная схема экспериментальной установки

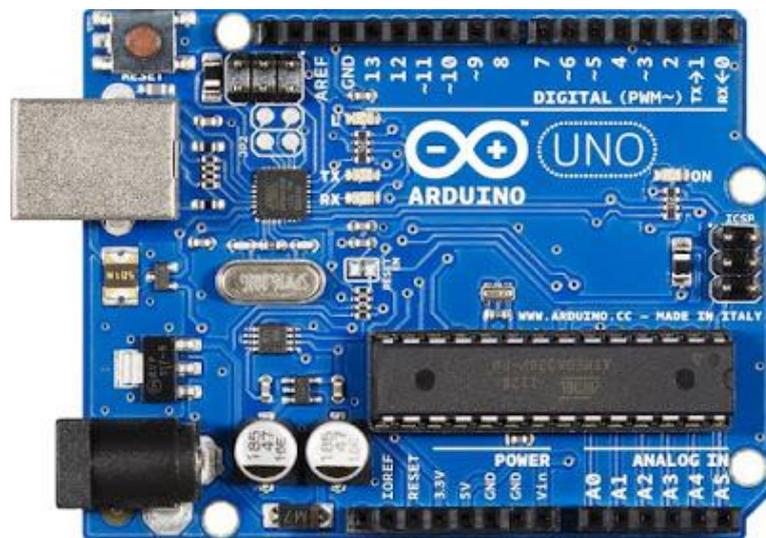


Рис. 3. Внешний вид контроллера Arduino UNO

Реализация ШИП (Рис.4) осуществляется посредством подключения к одному из цифровых выходов контроллера через оптопару DA2 и драйвер VT1, VT2 силового транзистора VT3. Питание схемы выполнено через параметрический стабилизатор R11, R12, VD6 с фильтром C1, C2, C3. Для защиты силового транзистора от ЭДС самоиндукции установлен быстродействующий диод VD5. Второй ШИП собран по аналогичной схеме с подключением к другому выходу контроллера. Для поддержания постоянства скорости вращения в программе контроллера использована библиотека PID - регулятора.

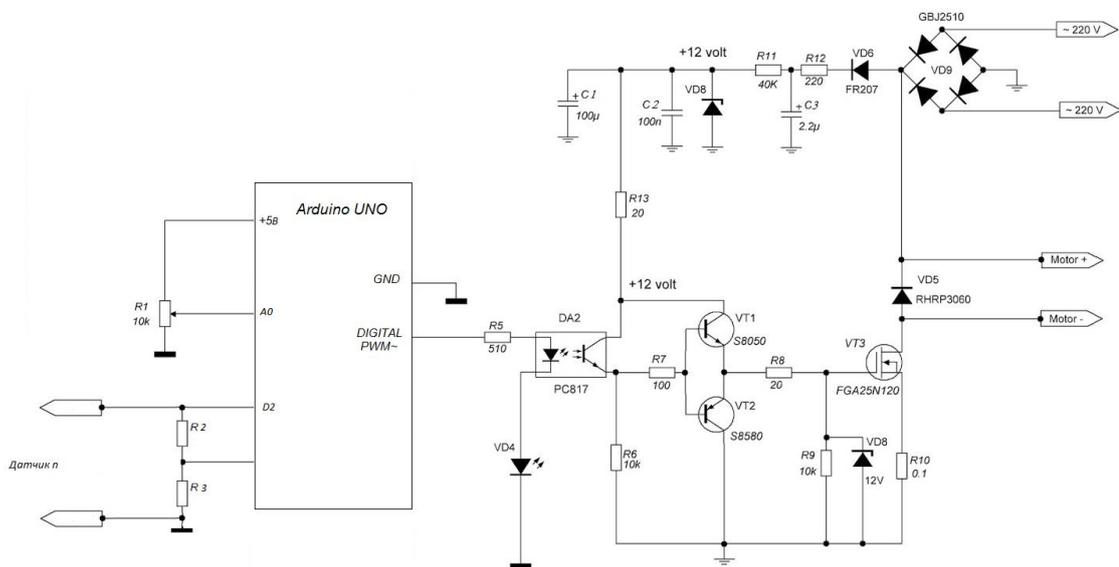


Рис. 4. Принципиальная схема ШИМ

Схема экспериментальной установки реализует управление электрическими машинами в зависимости от их скорости вращения, а также от величин напряжения и тока на выходе генераторов и нагрузке.

В качестве измерителя скорости использован импульсный оптический датчик, подключенный к цифровому входу D2 через делитель R2, R3 для снижения напряжения до уровня работы контроллера 5 В. Датчик напряжения также реализуется с помощью делителя с ограничением напряжения до 5 вольт подключается к аналоговому входу A1. Измерение тока выполняется через шунт сопротивлением 0,5 Ом посредством аналогового входа A2.

Благодаря использованию отдельных контроллеров для каждого генератора возможно, как раздельное, так и совместное управление генераторами.

Предложенная экспериментальная установка для исследования систем двойного рода тока позволит изучать подобные системы в различных режимах работы. Кроме того, установка позволит оценить принципы управления подобными системами.

Список литературы:

- [1] Бурмакин О.А., Малышев Ю.С., Попов С.В., Гуляев В.В. Исследование режимов работы судовой электроэнергетической системы двойного рода тока. Морская техника и технология. Научный журнал 1 февраля 2019. – Изд-во АГТУ, Астрахань, 2019 – с. 97-104.
- [2] Бурмакин О.А., Малышев Ю.С., Попов С.В., Гуляев В.В. Исследование параллельной работы генераторов в системе двойного рода тока (тезисы) Труды 20-го Международного научно-промышленного форума «Великие реки - 2018». Труды конгресса. - Н.Новгород: ФБОУ ВПО "ВГАВТ", 2018.- Т.2.
- [3] Hansen, J. F., Lindtjørn, J. O., Myklebust T. A., Vanska, K. Onboard DC Grid., <https://library.e.abb.com/public/b4f3f099e9d21360c1257a8a003beac2/ABB%20Generations%20Onboard%20DC%20grid.pdf>

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR THE INVESTIGATION OF DUAL CURRENT SYSTEMS

Yuriy. S. Malyshev, Oleg.A. Burmakin, Sergey.V. Popov, Vladimir.V. Gulyayev,
Nikita. I. Lukonichev

Keywords: electrical system, double fit current, ship power station, capacity, Onboard DC Grid.

The article highlights the feasibility of using dual-current systems in ship electrical power systems in conditions of using renewable energy sources. An experimental setup for the study of dual current systems is proposed. Indicated the possibility of using the installation considered to assess such systems management principles.