



УДК 621.316

**О.А. Бурмакин**, доцент, к.т.н., кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**Ю.С. Малышев**, доцент, к.т.н., кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**С.В. Попов**, доцент, к.т.н., кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**В.В. Гуляев**, доцент, к.т.н., кафедра Э и ЭОВТ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603951, г Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРОВ В СИСТЕМЕ ДВОЙНОГО РОДА ТОКА

*Ключевые слова:* система двойного рода тока, параллельная работа генераторов, судовая электростанция

*В статье предложено применение на судах электроэнергетической системы двойного рода тока со встроенной сетью постоянного тока. Разработана и описана схема лабораторной установки для исследования подобной системы. Описаны преимущества «встроенной» сети постоянного тока. Сделаны выводы по итогам опытных испытаний.*

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.

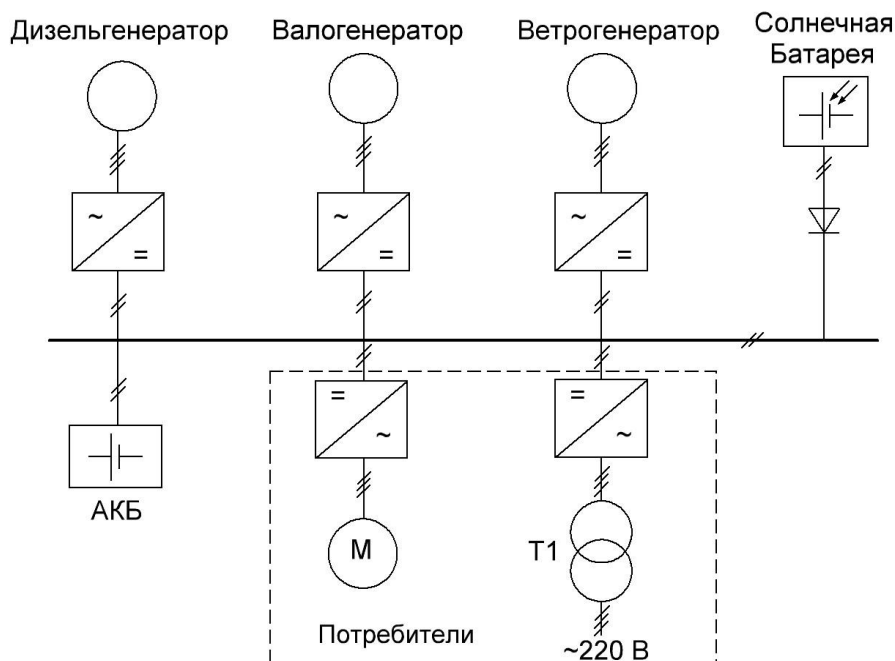


Рис. 1 Функциональная однолинейная схема системы двойного рода тока.

Система (рис. 1) состоит из источников электроэнергии с различными значениями частоты выходного напряжения, подключенных на общую шину постоянного тока через полупроводниковые выпрямители. К шине постоянного тока также подключены солнечная батарея и аккумулятор для обеспечения питанием потребителей при кратковременном снижении напряжения основного источника ниже допустимого уровня. Потребители переменного тока получают питание через инвертор с регулируемой или стабильной выходной частотой. Для согласования величин напряжения на шинах ГРЩ и потребителя используется трансформатор.

Идея совместной работы различных источников по постоянному току не нова, так в статье [3] описаны преимущества «встроенной» сети постоянного тока:

- Более функциональная планировка и более гибкое размещение электрических компонентов;
- Снижение затрат на обслуживание приводных двигателей и их более эффективная работа;
- Улучшение динамических характеристик;
- Позволяет, модернизировать СЭС и адаптироваться к будущему источнику энергии;
- Экономия топлива до 20%.

С целью проверки некоторых выше указанных утверждений были проведены испытания на опытной установке, которая позволяет выполнить параллельную работу различных генераторов в системе двойного рода тока (см. рис. 2).

Опытная установка, выполненная по схемам рис. 2, а и рис. 2, б, позволяет выполнить следующее:

- Включение на параллельную работу.
- Распределение нагрузки между параллельно работающими синхронными генераторами, асинхронными генераторами, между синхронным и асинхронным генераторами.
- Перевод нагрузки и вывод из работы одного из генераторов

Параллельная работа осуществлялась по сети постоянного тока. Загрузка и разгрузка синхронного генератора выполнялась изменением тока возбуждения, а асинхронного – изменением частоты вращения приводного двигателя.

По итогам опытных испытаний можно сделать следующие выводы:

1) Звено постоянного тока позволяет подключать на параллельную работу различные источники по мощности, статизму и даже роду тока. При этом обеспечивается защита от обратной мощности за счет выпрямителей и не требуется выполнение условий синхронизации.

2) При переводе нагрузки между асинхронными генераторами изменение частоты вращения составило менее 7 %, что говорит о возможности регулирования загрузки генераторов за счет изменения момента на валу приводного двигателя. При этом приводной двигатель будет потреблять меньшую мощность из сети, а в случае с дизель-генератором – меньше топлива.

3) Реализация подобной системы проще системы переменного тока и дает возможность подключения во «встроенную» сеть постоянного тока возобновляемых источников энергии.

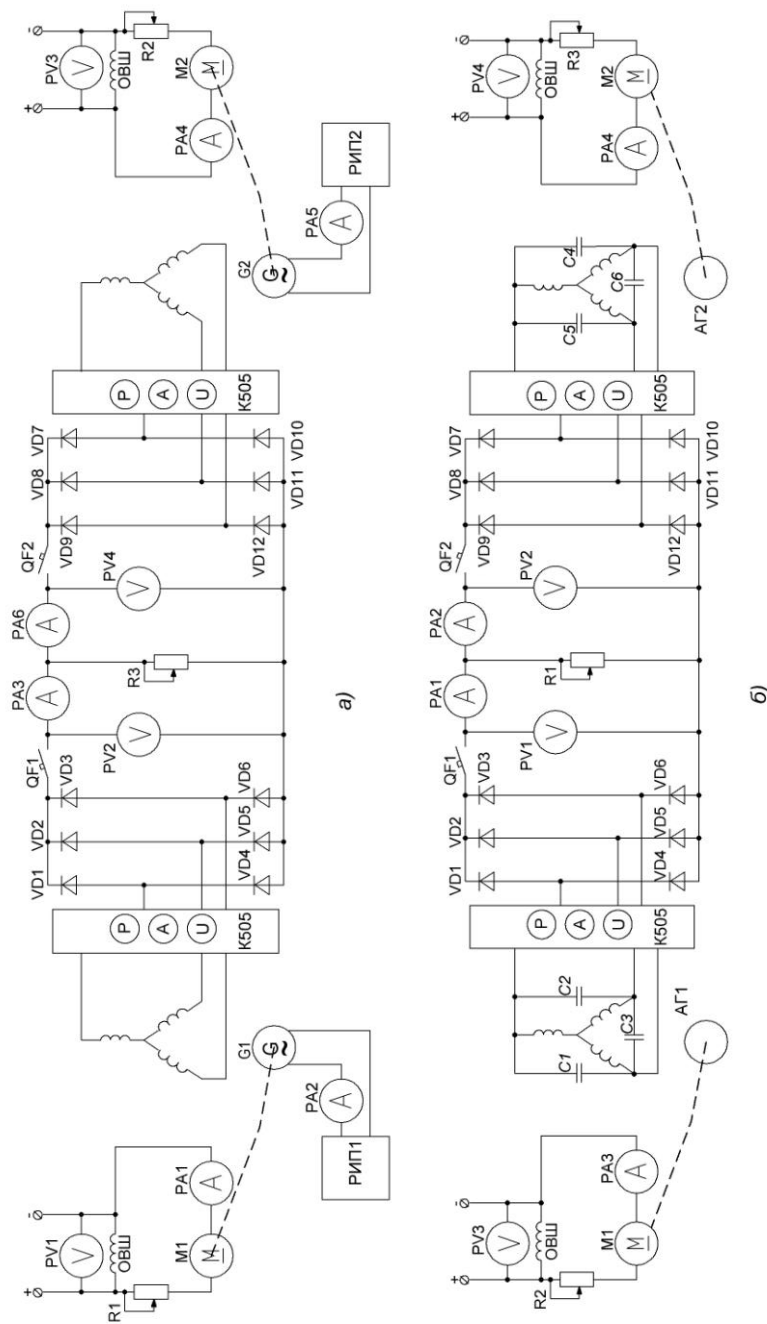


Рис. 2. Схема опытной установки:

### Список литературы:

- [1]. Бурмакин О.А., Малышев Ю.С., Варечкин Ю.В. Возобновляемые источники энергии в судовой электроэнергетической системе/ Вестник ВГАВТ.- Н.Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО ВГАВТ, 2015.- 263-268 с.
- [2]. Бурмакин О.А., Малышев Ю.С., Варечкин Ю.В. Комбинированная СЭЭС с применением возобновляемых источников энергии (тезисы) Труды 16-го Международного научно-промышленного форума «Великие реки - 2014». Труды конгресса. - Н.Новгород: ФБОУ ВПО "ВГАВТ", 2014.- Т.2.- С. 199-202
- [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>

## RESEARCH OF THE PARALLEL OPERATION OF THE GENERATOR IN THE DOUBLE CURRENT SYSTEM

O.A.Burmakin, Yr.S.Malyshev, S.V.Popov, V.V.Gulyaev

*Keywords: dual current type system, parallel operation of generators, ship power station.*

*The article proposes the use on ships of the electric power system of a dual kind of current with built-in DC network. A scheme of a laboratory installation for the research of a similar system has been developed and described. Advantages of the "built-in" direct current network are described. Conclusions on the results of experimental tests are given.*