

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ВАЛО- И ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

*Д-р техн. наук, проф. В.С. Богомолов, С.А. Панкратов –
Калининградский государственный технический
университет*

В судовых электроэнергетических системах (СЭЭС) предусматривается как автономная, так и параллельная работа генераторных агрегатов (ГА). Параллельная осуществляется с целью обеспечения работы каждого агрегата с наивысшим КПД и уменьшения вероятности отказа системы электропитания в целом (Баранов, 1988). Применение параллельной работы валогенераторов (ВГ) и дизель-генераторов (ДГ) особенно важно на промысловых судах, где валогенераторы используются очень широко.

Применение в СЭЭС ВГ требует решения задачи обеспечения длительной и устойчивой параллельной работы. Как показывает опыт эксплуатации современных валогенераторных установок (ВГУ) промысловых судов, существующая система управления валогенераторами не всегда гарантируют достаточную надежность функционирования и необходимое качество управления. При незначительных изменениях скорости вращения регуляторы напряжения эффективно стабилизируют напряжение ВГ с точностью, соответствующей требованиям Регистра РФ. Однако при резких и значительных изменениях скорости вращения гребного вала они не обеспечивают необходимую точность стабилизации напряжения ВГ. Параллельная работа ВГ с генераторами судовой сети допускается лишь кратковременно, при переводе нагрузки с одного генератора на другой. Поскольку при волнении моря и оголении гребного винта нагрузка на валу изменяется, при этом также изменяются напряжение и частота тока ВГ, что приводит к неустойчивому режиму и нарушениям условий параллельной работы.

Известен способ параллельной работы ВГ, имеющих систему подчиненного управления напряжением. Этот способ применим и для параллельной работы вало- и дизель-генераторов (рис. 1; изображение сплошными линиями). Он заключается в том, что включенные в обратную связь по напряжению корректирующие звенья (КЗ), выполненные с использованием резисторов и конденсаторов, превращают действующий регулятор напряжения (РН) валогенераторов в регулятор интегрально-пропорционального типа (ИП-регулятор). КЗ представляют собой интегрирующие цепи, где конденсаторы включаются в параллельную ветвь. Такие КЗ не-

сложно изготовить на электромотажном предприятии и установить на действующие регуляторы напряжения ВГ в ходе профилактического ремонта судна. Преимущество способа заключается в том, что введение корректирующих звеньев может обеспечить одинаковое время переходного процесса напряжения на обоих генераторных агрегатах путем регулирования величины емкости и сопротивления (рис. 2). Для параллельной работы ВГ и ДГ характерно то, что первый работает по астатической, а второй – по статической скоростным характеристикам.

Параллельная работа ВГ и ДГ при малых колебаниях скорости вращения возможна только при принудительном распределении активной нагрузки путем соответствующего автоматического смещения статической регуляторной характеристики автономного ДГ, т.е. при работе ДГ в режиме «ведомого» генератора и соответствующем перемещении его статической скоростной характеристики в зависимости от заданного уровня нагрузки ДГ и частоты вращения ВГ – «ведущего» генератора (рис. 3).

С целью определения возможности и эффективности совместного использования двух способов САУ было проведено математическое и физическое моделирование переходных процессов при параллельной работе ВГ и ДГ. Расчет переходных процессов в синхронных машинах производился методом численного интегрирования Рунге-Кутты по алгоритму (рис. 4).

Результаты математического моделирования показали, что совместное использование двух способов управления параллельной работой ВГ и ДГ позволяет уменьшить колебательность напряжения генераторов и снизить перетекание отдаваемой реактивной и активной мощности в 1,5–2 раза.

При физическом моделировании параллельной работы ВГ и ДГ было выявлено, что при невыполнении одинаковости времени переходного процесса напряжения на обоих генераторных агрегатах увеличивается перетекание не только реактивной, но активной мощности. Это объясняется тем фактом, что из-за недостатка тока возбуждения одного параллельно работающего генератора выше определенного значения генератор не только потребляет реактивную мощность, но и

переходит в двигательный режим, т.е. если рассмотреть предельный случай, то при полном отсутствии возбуждения генератор превращается в двигатель переменного тока.

Таким образом, два вышеизложенных САУ: управления напряжения ВГ и ДГ и частоты вращения ДГ – работают как взаимодополняющие системы.

Помимо КЗ в систему регулирования напряжения был введен (рис. 1, пунктирная линия) блок форсировки напряжения (БФВ). БФВ обеспечивает форсировку до максимального тока возбуждения при провале напряжения ниже 195 В, что позволяет уменьшить провал и время регулирования напряжения (рис. 5, 6). Включение БФВ не сказывается на изменении величины перерегулирования переходного процесса.

Таким образом, введение корректирующего звена в обратную связь по напряжению позволяет обеспечить одинаковое время регулирования для устойчивой параллельной работы, а введение БФВ – уменьшить провал и время регулирования напряжения.

Итак, введение в САУ корректирующих звеньев и прибора, регулирующего частоту вращения ДГ синхронно с ВГ, позволяет значительно повысить устойчивость их параллельной работы. Это введение не требует коренной модернизации существующих схем в системах автоматического регулирования генераторных агрегатов на судах, а следовательно, и значительных финансовых и трудовых затрат. Данные физического и математического моделирования были подтверждены в ходе натурных исследований параллельной работы вало- и дизель-генераторов на спасательном буксире СБ-921 в акватории морского порта в г. Балтийске (Калининградская область) в 2002 г. В перспективе с целью автоматизации целесообразно применение САУ ГА микропроцессорной техники.

Гибкость и компактность микропроцессора позволит создать адаптивную систему автоматического регулирования (САР) напряжением параллельно работающим генераторов и скоростью вращения дизель-генератора. В адаптивную САР включен блок изменения параметров (БИП), с помощью которого выполняется изменение параметров регуляторов в зависимости от производной изменения скорости вращения ВГ. Данное нововведение обеспечит параллельную работу ВГ и ДГ при разном волнении моря, а следовательно, расширит возможности САР и уменьшит вероятность выхода из параллельной работы генераторов.

Обеспечение длительной и устойчивой параллельной работы ВГ и ДГ позволит повысить технико-экономические показатели электроэнергетических установок судов рыболовецкого флота за счет более равномерного распределения нагрузок, экономии моторесурсов дизель-генераторов, повышения надежности функционирования установок, увеличения их КПД и снижения стоимости электроэнергии.

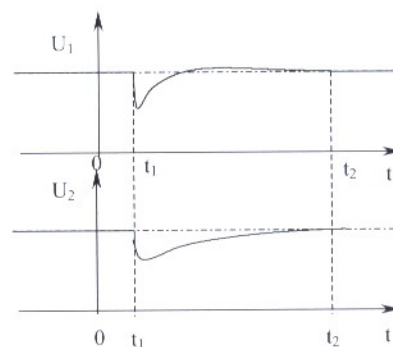
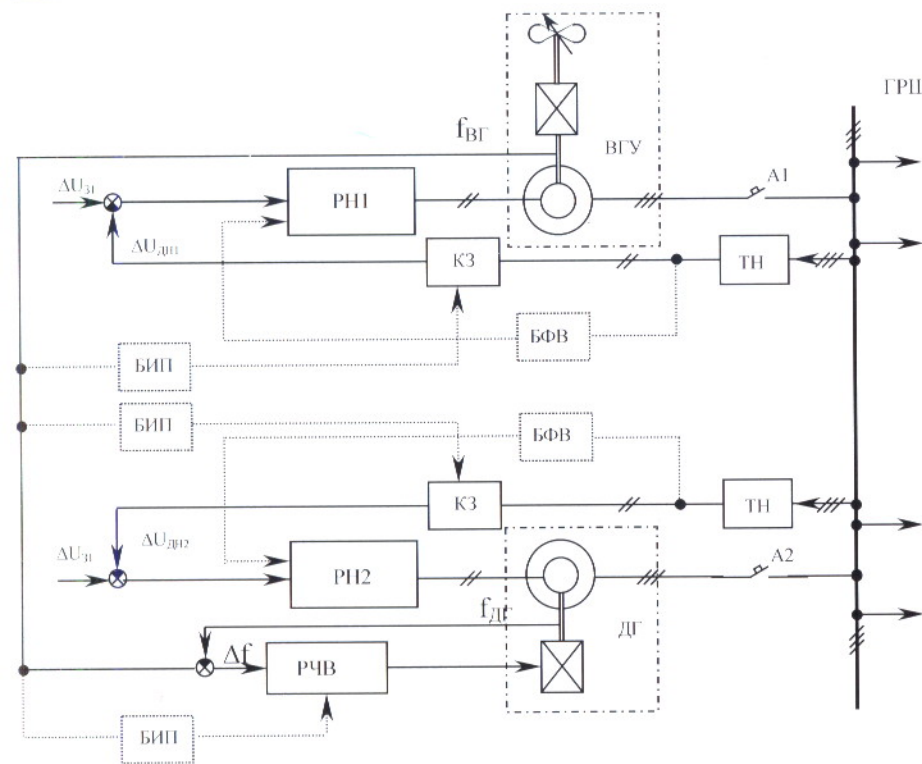


Рис. 2. Скоростные характеристики ВГ и ДГ при их параллельной работе

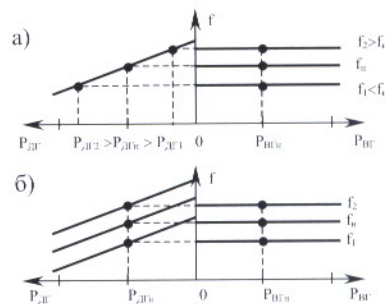


Рис. 3. Переходные процессы напряжения при набросе нагрузки: а) на валогенераторе; б) на дизель-генераторе

Рис. 1. СХУ параллельной работы вало- и дизель-генераторов

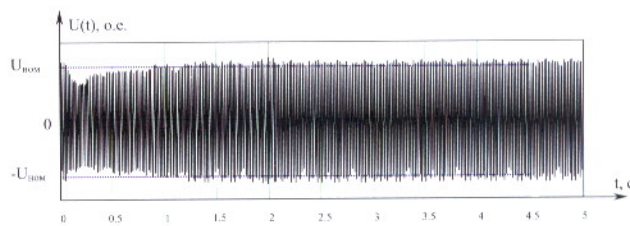
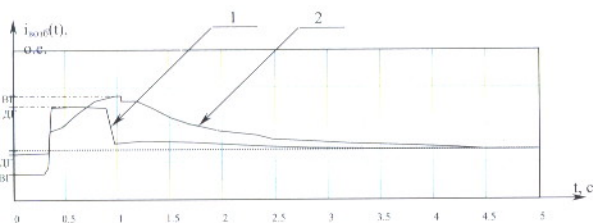


Рис. 5. Характеристика изменения тока возбуждения параллельно работающих генераторов с САУ с одинаковым временем регулирования напряжения при пуске АД: ток возбуждения ДГ (1) и ВГ (2)

Рис. 6. Характеристика изменения напряжения параллельно работающих генераторов с САУ с одинаковым временем регулирования напряжения при пуске АД

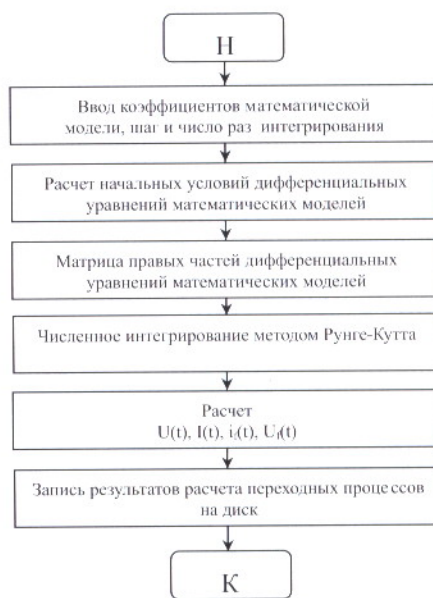
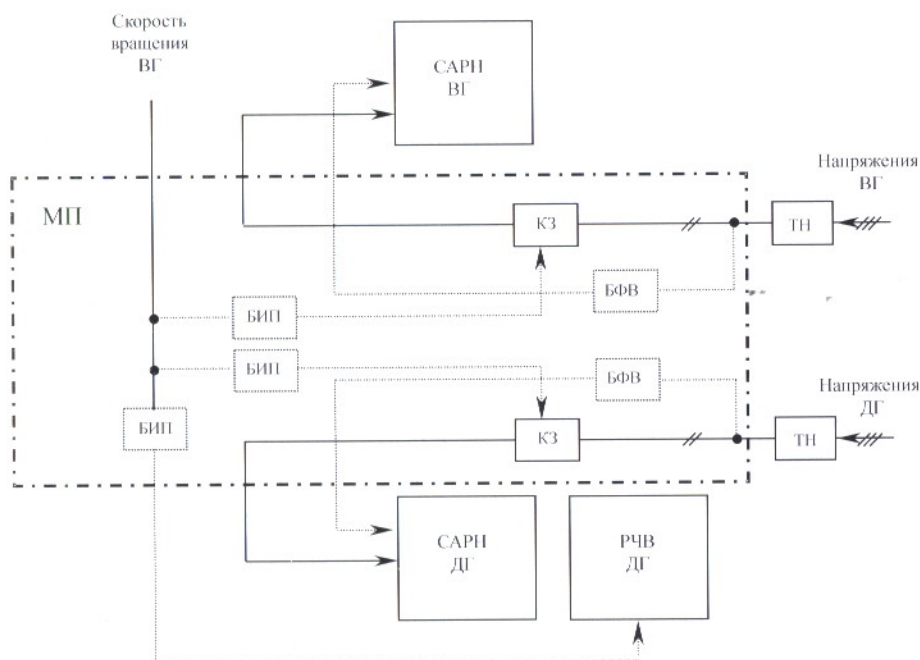


Рис. 7. Логико-алгоритмическая структура работы микропроцессора для параллельной работы вало- и дизель-генераторов

Рис. 4. Алгоритм программы расчета переходных процессов синхронного генератора при включении нагрузки