

О. И. ДОРОГАНЬ, асп. НУК им. адм. Макарова, Николаев

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проведен анализ структурных схем устройств автоматической точной синхронизации генераторов, распределения активной и реактивной нагрузок между параллельно работающими генераторами. Разработана оптимизированная структура контроллера автоматизации для судовых электроэнергетических систем. Выполнен абстрактный синтез цифрового автомата системы управления контроллером автоматизации.

Ключевые слова: судовые электроэнергетические системы, автоматизация, синхронизация, распределение нагрузки, switch-технология.

Введение

В настоящее время определилась тенденция перехода от централизованных систем управления судовыми электроэнергетическими установками к распределенным системам [1], состоящим из трех подсистем – нижнего уровня (управление оборудованием), верхнего уровня (человеко-машинный интерфейс) и информационной (связь между узлами системы). Традиционным является использование SCADA-систем в качестве подсистем верхнего уровня [2]. Применительно к судовой электроэнергетике система управления должна иметь возможность автоматически или дистанционно выполнять пуск и остановку дизель-генераторов (ДГ), синхронизацию ДГ с шинами главного распределительного щита (ГРЩ), распределение активной и реактивной нагрузки между параллельно работающими ДГ, контроль состояния основного оборудования судовой электроэнергетической системы (СЭЭС) и др. В работах [3, 4] рассмотрены принципы создания устройств синхронизации ДГ с шинами ГРЩ, распределения активной и реактивной нагрузки между параллельно работающими ДГ.

При использовании распределенной системы, управление силовыми агрегатами осуществляется их системами управления (СУ), а перечисленные функции выполняются соответствующими средствами автоматизации.

Актуальность Общим недостатком существующих средств автоматизации является наличие аппаратной избыточности, что значительно увеличивает их стоимость, а также отсутствие функций, позволяющих решать задачи комплексной автоматизации СЭЭС и повышения энергоэффективности. Решение задач автоматизации особенно актуально при модернизации СЭЭС.

Цель работы Целью работы является оптимизация структуры систем автоматизации судовых электроэнергетических установок для устранения аппаратной избыточности, а также разработка алгоритма управления оптимизированным контроллером автоматизации.

Основной материал Цикл работы дизель-генератора в параллельном режиме можно условно разделить на три составляющие: запуск и синхронизация с шиной ГРЩ, распределение активной и реактивной мощности при параллельной рабо-

те, разгрузка и останов. При использовании SCADA-системы для управления СЭЭС необходимость включения ДГ определяется автоматически – система оценивает мощность включаемой нагрузки и при отсутствии резерва мощности выполняется подключение ДГ на параллельную работу.

После запуска ДГ, при достижении условий синхронизации, устройство точной синхронизации, структурная схема которого представлена на рис. 1, формирует сигнал для подключения генератора к шинам ГРЩ, и в течение определенного временного интервала ожидает сигнала обратной связи выключателя, после чего заканчивает процесс синхронизации. Для предотвращения затягивания процесса синхронизации и корректного управления СУ дизелем и генератором система верхнего уровня имеет возможность дистанционно изменять условия синхронизации и параметры управляющих воздействий (частоту и скважность релейно-импульсных сигналов), а также отображать текущие значения измеряемых параметров.

Современным подходом при создании средств автоматизации является использование микроконтроллеров, что позволяет перенести решение многих задач с аппаратного уровня на программный, а также реализовывать оптимальные алгоритмы управления для повышения качества электроэнергии и энергоэффективности.

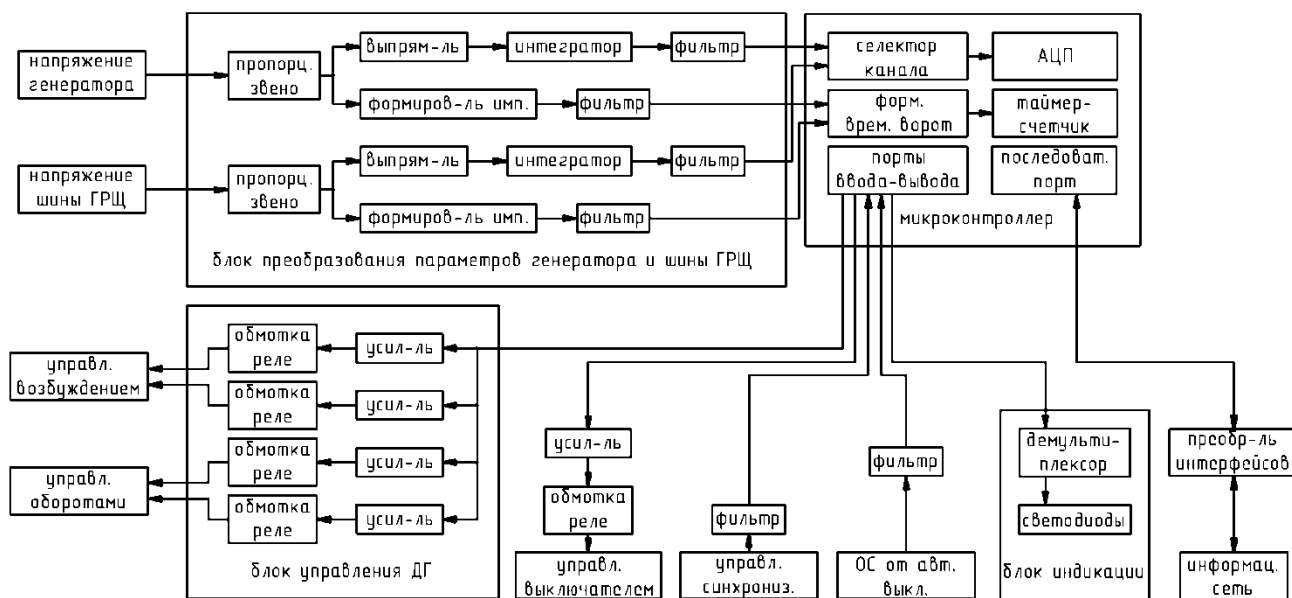


Рис. 1 – Структурная схема системы синхронизации генераторов

Современным подходом к алгоритмизации событийно-ориентированных программ является использование switch-технологии [5]. В программе для микроконтроллера в составе устройства синхронизации можно выделить следующие состояния: ожидание сигнала «Начать синхронизацию» ($q0$); измерение действующих значений ($q2, q3$), частот ($q4, q5$) и разницы фаз ($q6$) между линейными напряжениями шины ГРЩ и генератора; получение, расшифровка и передача данных SCADA-системе ($q1, q7-q9$); расчет и проверка необходимых для включения генератора на параллельную работу данных ($q10$); формирование управляющих воздействий ($q11$). Основными событиями для микроконтроллера являются прерывания от формирователей импульсов ($x5, x6$), по приему и передаче данных ($x8, x10$), окончанию оцифровывания сигналов ($x4$) и др. Переход между состояниями

происходит при возникновении соответствующих событий и сопровождается выходными действиями (запуском и остановкой таймера ($d4, d5$), разрешением и запрещением прерываний ($d3, d6, d7$), формированием сигнала на замыкание трехфазного автомата ($d8$) и др.). После определения возможных состояний программы и допустимых входных и выходных воздействий состояниям и воздействиям ставятся в соответствие символьные обозначения и составляется граф переходов конечного автомата, описывающего работу устройства. На рис. 2, *a* приведен граф переходов, описывающий алгоритм работы системы синхронизации.

После включения генераторов на параллельную работу необходимо выполнить распределение нагрузки пропорционально их номинальным мощностям. Для решения задач оптимального распределения мощности между генераторами SCADA-система должна обмениваться данными с устройствами распределения нагрузок всех ДГ, включенных на параллельную работу. После подключения ДГ к шинам ГРЩ SCADA-система формирует команду на включение устройства распределения активной нагрузки и запрос значения активной мощности, отдаваемой ДГ в сеть, после чего устройство производит необходимые измерения и формирует ответный пакет.

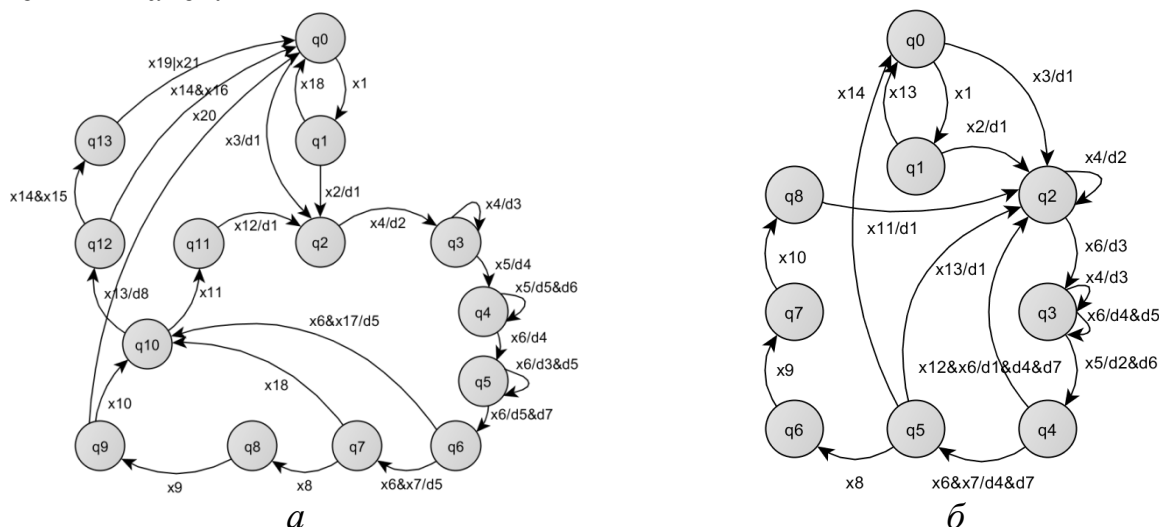


Рис. 2 – Графы переходов конечных автоматов:

a – процесс синхронизации; *б* – процесс распределения активной нагрузки

Аналогичный обмен данными производится с устройствами распределения активных нагрузок остальных включенных на параллельную работу ДГ. После завершения цикла обмена данными программа выполняет расчет значений мощностей, при котором обеспечивается максимальная энергоэффективность, и формирует информационно-управляющий пакет с необходимой командой (увеличить или уменьшить обороты дизеля). При получении команды устройство распределения активной нагрузки формирует соответствующие сигналы СУ дизелем и переходит в режим ожидания следующего запроса от SCADA-системы. Подобная последовательность действий выполняется циклично.

При проектировании устройства распределения активной нагрузки на основе микроконтроллера необходимыми структурными блоками являются блок преобразования параметров генератора (фазного тока и линейного напряжения), состоящий из пропорциональных звеньев и формирователей импульсов по каждому из кана-

лов; блок формирования управляющих сигналов на систему управления дизелем; преобразователь интерфейсов для интеграции в систему управления СЭЭС; дискретный вход управления устройством; микроконтроллер с задействованными блоками селектора каналов, АЦП, формирователя временных интервалов, таймера-счетчика и последовательного порта. Алгоритм работы программы микроконтроллера в составе устройства распределения активной нагрузки приведен на рис. 2, б.

При параллельной работе ДГ устройства распределения активной и реактивной нагрузок используются одновременно. Аппаратная реализация и алгоритмы работы этих устройств похожи. С целью минимизации нагрузки на информационный канал и увеличения надежности работы системы обе системы можно объединить в одно устройство, которое будет выполнять функции измерения активной и реактивной мощности, а также формировать управляющие воздействия на СУ дизелем и генератором.

Анализируя структурные схемы системы синхронизации и устройства распределения мощности, можно выделить общие блоки. В алгоритмах работы программ для микроконтроллеров также имеются общие состояния. Система синхронизации и системы распределения мощности используются последовательно, поэтому их можно объединить в одно устройство, сохраняя при этом их функциональность и быстродействие. Сигналом завершения процесса синхронизации генератора с сетью является изменение сигнала обратной связи автоматического выключателя. Поскольку после подключения генератора на параллельную работу включается устройство распределения активной и реактивной мощности, то сигнал обратной связи выключателя можно использовать для перехода объединенного устройства в режим распределения нагрузок, уменьшая таким образом нагрузку на информационную сеть. На рис. 3 представлена структурная схема объединенного устройства синхронизации и распределения нагрузок.

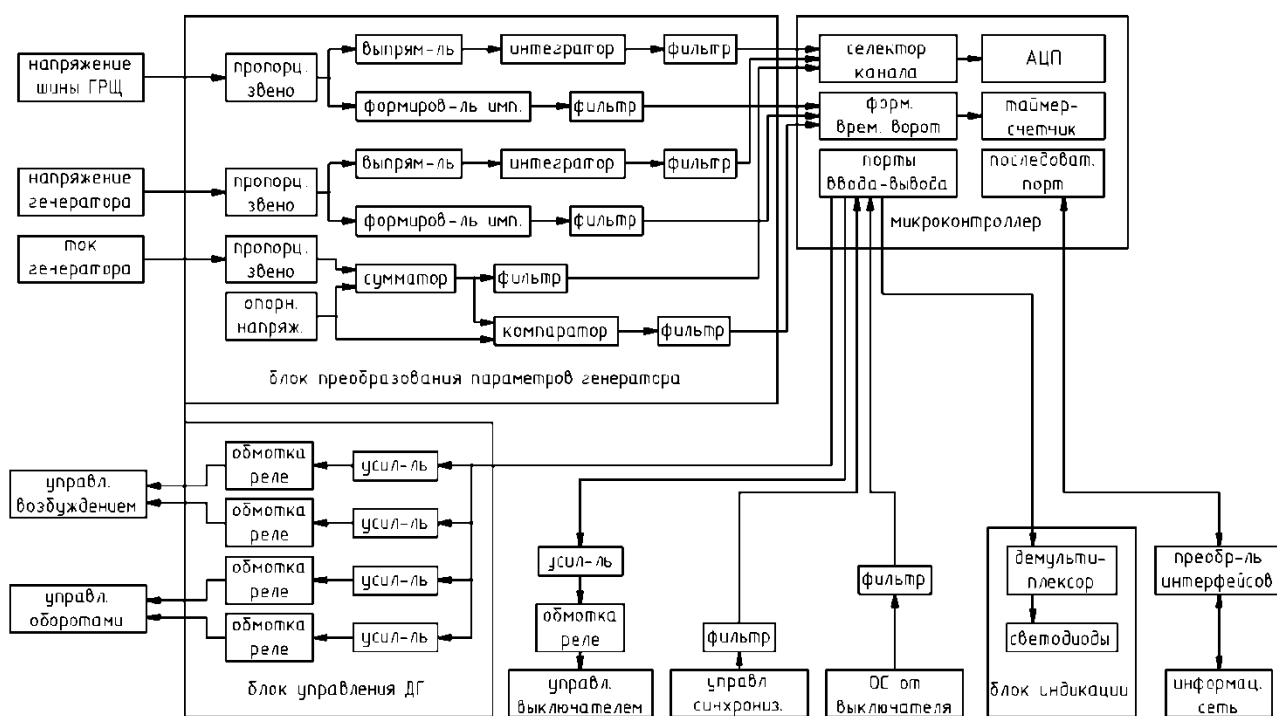


Рис. 3 – Структурная схема устройства синхронизации и распределения мощности

Анализируя алгоритмы работы программ, приведенные на рис. 2, и учитывая, что объединенное устройство последовательно выполняет функции синхронизации и распределения мощности, алгоритм работы программы для микроконтроллера можно представить в виде совокупности взаимодействующих автоматов (рис. 4).

В начальном состоянии устройство ожидает начала синхронизации ($q0.0$ и $q0.1$). При получении соответствующей команды автомат переходит в состояние $q1$, в котором выполняются необходимые для выполнения синхронизации измерения. С целью оптимального использования ресурсов микроконтроллера выполнено объединение эквивалентных состояний ($q3$ и $q4$).

Результаты исследования

На основе анализа функций, выполняемых системой синхронизации генераторов и распределения мощности между генераторами при их параллельной работе, разработана оптимизированная структура контролера автоматизации и алгоритм его работы, в котором устранена аппаратная и функциональная избыточность.

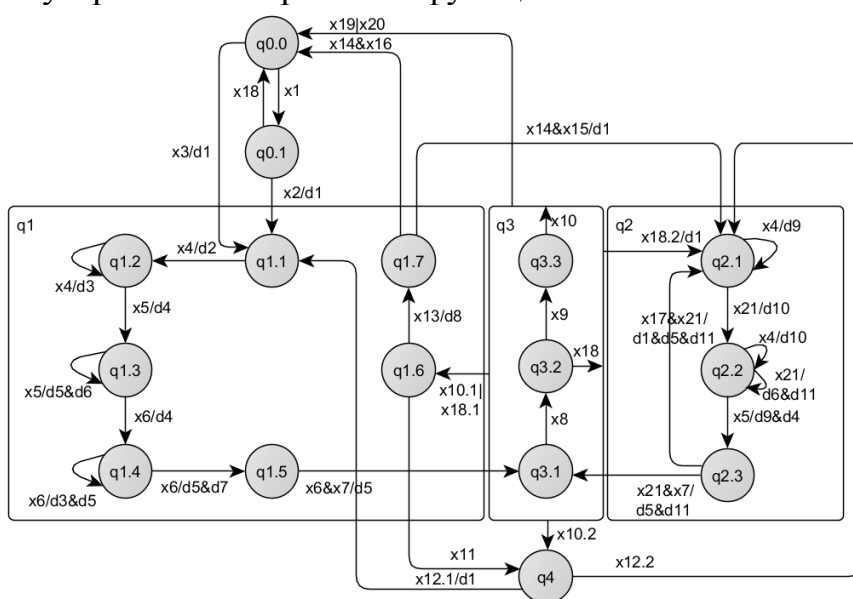


Рис. 4 – Граф переходов конечного автомата, описывающий работу устройства синхронизации и распределения нагрузок

Выводы

Декомпозиция устройств автоматизации СЭЭС позволила выявить аппаратную избыточность средств обеспечения параллельной работы дизель-генераторов (устройств синхронизации и распределения активной и реактивной нагрузок). Для ее устранения предложено объединение устройств в единый модуль, что стало возможным благодаря использованию микропроцессорной техники. Для проектирования и реализации программного обеспечения для микроконтроллера разработан граф переходов, описывающий его работу.

Список литературы: 1. Чичев С. И. Информационно-измерительная система центра управления электрических сетей / С. И. Чичев, В. Ф. Калинин, Е. И. Глинкин. – М. : Машиностроение, 2009. – 176 с. 2. Valsalam S. R. Distributed SCADA system for optimization of power generation / S. R. Valsalam, A. K. Sathyan; S. S. Shankar // IEEE Conference&Exhibition On Control, Communications and Automation. – 2008. – P. 212–217. 3. Korkua S. K. Control Strategy for Load Sharing in Distributed Generation System in Parallel Operation / S. K. Korkua, R. Kenarangui // IEEE

Green Technologies Conference. – 2010. – P. 1–5. 4. *Thompson M. J.* Fundamentals and advancements in generator synchronizing systems / *M. J. Thompson* // 65th Annual Conference for Protective Relay Engineers. – 2012. – P. 203–214. 5. *Шалыто А. А.* Проектирование программного обеспечения системы управления дизель-генераторами на основе автоматного подхода / *А. А. Шалыто, Н. И. Туккель* // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. – СПб. : ФГУП "НПО "Аврора", 2002. – вып. 5. – С. 66–82.

Надійшла до редколегії 27.02.2013

УДК 681.5.04

Оптимизация структуры средств автоматизации судовых электроэнергетических систем / О. И. Дорогань // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – X. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 18 (991). – С. 82-87. – Бібліогр.: 5 назв.

Проведений аналіз структурних схем пристроїв автоматичної точної синхронізації дизель-генераторів з мережею, розподілу активного та реактивного навантажень між паралельно працюючими генераторами. Розроблена оптимізована структура контролера автоматизації для судових електроенергетичних систем. Виконаний абстрактний синтез цифрового автомата системи керування контролером автоматизації.

Ключові слова: судові електроенергетичні системи, автоматизація, синхронізація, розподіл навантаження, switch-технологія.

The analysis of the block-diagrams of diesel-generators automatic precise synchronization, active and reactive load sharing devices is carried out. The block-diagram of the optimized automatic controller is developed. Abstract synthesis of the automata for automatic controller control system is made.

Keywords: marine power systems, automation, synchronization, load sharing, automata-based programming.

УДК 621.38

А. А. БОРИСЕНКО, д-р техн. наук, проф., СумГУ, Сумы;

Т. А. ПРОТАСОВА, старш. преп., СумГУ, Сумы;

Е. А. ПРОТАСОВА, аспирант, СумГУ, Сумы;

В. Ю. СИДОРЕНКО, студент, СумГУ, Сумы

МНОГОЗНАЧНЫЕ БИНОМИАЛЬНЫЕ СЧЕТЧИКИ

В статье рассматриваются многозначные биномиальные счетчики. Приведены теоретические основы формирования многозначного биномиального числа, алгоритм многозначного биномиального счета и практическая реализация. Представлена структурная схема многозначного биномиального счетчика импульсов с заданными параметрами.

Ключевые слова: биномиальный счет, кодовая комбинация, счетчик импульсов, помехоустойчивость

Введение

Сегодня импульсный счет и счетчики широко используются в различных приборах цифровой техники, таких как дальнометры, частотометры, управляющие и компьютерные устройства и системы. Такое обилие различных применений счет-