

**АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА,  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

УДК 621.31

Утегулов Болатбек Бахитжанович – д.т.н., профессор (Павлодар, ПГУ)

Утегулов Арман Болатбекович – к.т.н., доцент (Павлодар, ПГУ)

Уахитова Айгуль Ботановна – к.т.н., доцент (Павлодар, ПГУ)

Жанкуанышев Мартебе Куттыкияулы – соискатель (Павлодар, ПГУ)

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 6 – 10 кВ**

Определение тока однофазного в сельских сетях напряжением 6 – 10 кВ позволяет правильно выбрать стратегию по компенсации емкостного тока. Существующие методы определения тока однофазного замыкания на землю в сети 6 – 10 кВ не нашли широкого применения, так как используются методы косвенного определения искомой величины. Для принятия решения в реальном времени по компенсации емкостного тока в сельских сетях напряжением 6 – 10 кВ необходимо разработать устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю.

Для разработки устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в сельских сетях напряжением 6 – 10 кВ необходимо создать архитектуру. Так как одним из основных структурных элементов устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ является архитектура, реализующего разрабатываемый способ, которая определяет и обосновывает его основные функциональные блоки и функциональную схему.

Неотъемлемой частью синтеза средств автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ является разработка математической модели, отображающей процесс функционирования устройства.

Применение математических моделей позволяет проводить исследование (моделирование) логико-временного поведения разрабатываемого устройства, получение сравнительных оценок различных вариантов структуры устройства.

Анализ методов математического определения цифровых вычислительных машин показал, что наиболее эффективными являются методы теории автоматов, позволяющие синтезировать достаточно сложные модели вычислительных устройств для определения прикладных задач. Также в процессе математического определения тока ОЗЗ в электрической сети 6 – 10 кВ используются элементы булевой алгебры, теории графов и алгоритмов.

Разработка устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ заключается в обосновании и выборе элементной базы основных функциональных управляющих блоков и разработке функциональной схемы устройства. Для выполнения вышеописанных задач необходимо разработать архитектуру реализуемого устройства, позволяющую выделить то, что должно быть реализовано программным способом и дополнительными аппаратными средствами [1], а также предусматривать возможное расширение функциональных возможностей устройства. Архитектура позволяет сформулировать основные требования к элементной базе и произвести сравнительный анализ. Таким образом, разработка архитектуры устройства преследует цель достижения универсальности применения, высокой

производительности и технологичности при оптимальном распределении аппаратурных и программных ресурсов микропроцессорной системы.

Основными требованиями, предъявляемыми к управляющим блокам устройств обработки информации, к которым относится и разрабатываемое устройство автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6- 10 кВ, являются: низкая стоимость; высокая надежность; высокая степень миниатюризации; малое энергопотребление; работоспособность в жестких условиях эксплуатации; достаточная производительность для выполнения требуемых функций; универсальность.

Выполнение этих условий возможно при использовании современной микропроцессорной базы, развитие и совершенствование которой пошло по пути специализации и в настоящее время количество различных классов и моделей управляющих микропроцессоров чрезвычайно велико.

Основными достоинствами микропроцессоров являются большие вычислительные и логические возможности при высокой надежности, универсальности применения, малых размеров и дешевизне. Микропроцессоры выделены в несколько основных классов, различающихся между собой по функционально – структурным особенностям и областям применения: универсальные микропроцессоры с CISC-архитектурой; универсальные микропроцессоры с RISC-архитектурой; специализированные микропроцессоры (DSP и ряд других); микроконтроллеры.

Универсальные микропроцессоры с классической CISC-архитектурой (Complicated Instruction Set Computer – компьютер со сложным набором команд) применяются, главным образом в персональных компьютерах и серверах. Лидерами в этой области являются фирмы Intel и AMD, микропроцессорами которых комплектуются более 80% выпускаемых персональных компьютеров. Микропроцессоры семейства M68000 фирмы Motorola используются в персональных компьютерах типа Macintosh, составляющие около 10% мирового производства. Микропроцессоры этого семейства широко применяются также в устройствах управления, встраиваемых в различные приборы и системы: контрольно- измерительную и связную аппаратуру, лазерные принтеры и контроллеры дисководов, роботы и системы промышленной автоматике.

Универсальные микропроцессоры с RISC-архитектурой (Reduced Instruction Set Computer – компьютер с сокращенным набором команд) применяются, в основном, в рабочих станциях и мощных серверах.

В классе специализированных микропроцессоров в настоящее время широко представлены DSP (Digital Signal Processor – процессор для цифровой обработки сигналов), основными производителями которых являются фирмы Texas Instruments, Analog Devices, Motorola. Кроме DSP выпускаются также микропроцессоры, специализированные для передачи информации в системах телекоммуникаций – коммуникационные контроллеры, для обработки графической информации и ряда других применений.

Микроконтроллеры являются наиболее массовым представителем микропроцессорной техники. Интегрируя на одном кристалле высокопроизводительный процессор, память и набор периферийных устройств, микроконтроллеры позволяют с минимальными затратами реализовать большую номенклатуру систем управления различными объектами и процессами. В отличие от универсальных компьютеров к управляющим микроконтроллерам, как правило, не предъявляются высокие требования к производительности и программной совместимости. Благодаря этому микроконтроллеры находят широкое применение в промышленной автоматике, контрольно-измерительной технике, аппаратуре связи, системах сигнализации, бытовой технике и многих других применениях [2].

На основе анализа существующих технических решений в области автоматизации и вышеприведенной классификации микропроцессоров в качестве элементной базы для технической реализации разрабатываемого устройства взят класс микроконтроллеров.

На рисунке 1 представлена упрощенная структура микропроцессорного устройства [3]. Она представляет магистрально-модульный принцип организации микропроцессорных устройств. Отдельные блоки являются функционально законченными модулями со своими схемами управления, связь и обмен информацией осуществляется посредством коллективных шин (магистралей): шины адреса (ША), двунаправленной шины данных (ШД) и шины управления (ШУ). Ведущее место в структуре микропроцессорного устройства занимает микропроцессор (МП), выполняющий арифметические и логические операции над данными, осуществляет программное управление процессом обработки информации, организует взаимодействие модулей памяти и периферийных устройств. Работа МП происходит под воздействием сигналов схемы синхронизации и начальной установки.

Обязательными элементами любой микропроцессорной системы являются постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) и оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Периферийные устройства могут быть как интегрированными в кристалл микроконтроллера (например, таймер), так и внешними периферийными устройствами, подключенными посредством портов ввода-вывода (ПВВ), представляющих собой программируемый параллельный или программируемый последовательный интерфейсы.

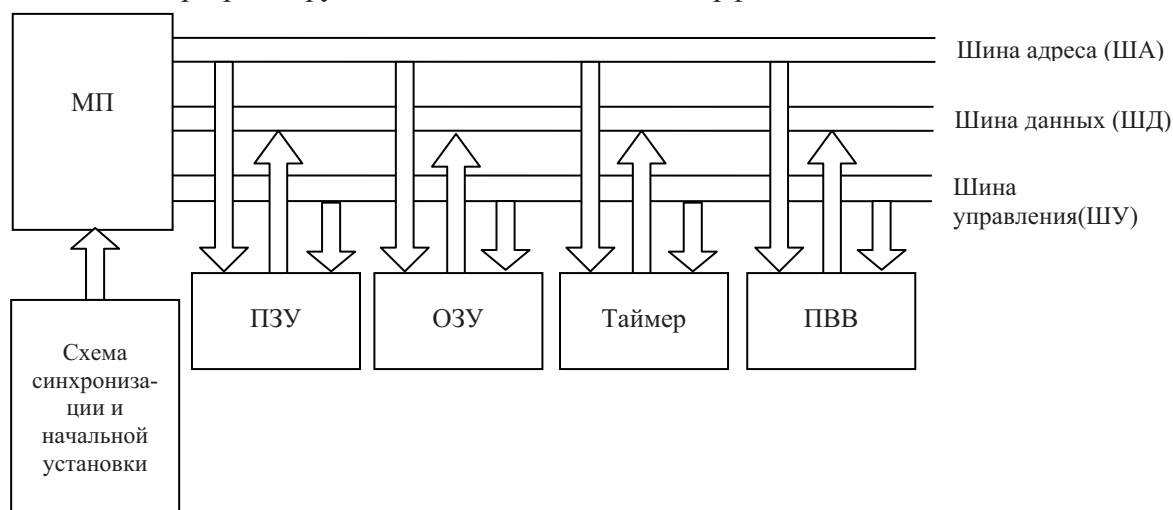


Рисунок 1 – Структура микропроцессорного устройства.

На основании анализа операций алгоритма автоматического определения тока ОЗЗ в электрических сетях 6 – 10 кВ составлен перечень необходимых элементов архитектуры устройства:

- центральный процессор (ЦП), включающий в себя микропроцессор;
- постоянно запоминающее устройство (ПЗУ), служащее для записи и хранения программы обработки данных;
- энергозависимое оперативное запоминающее устройство (ЭНОЗУ), служащее для записи и хранения обработанных данных;
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий измеряемые значения напряжений линии в цифровую форму;
- таймер, отсчитывающий заданные периоды измерения тока ОЗЗ;
- индикатор, отображающий значение тока ОЗЗ в электрической сети и текущее время;
- порт ввода (ПВ), предназначенный для подключения устройства к трансформатору напряжения нулевой последовательности;
- порты вывода (ПВ<sub>ыв1</sub>, ПВ<sub>ыв2</sub>), предназначенные для подключения устройства к индикатору, исполнительному органу выключателя дополнительной емкостной проводимости;

Таблица

- блок измерения линейного напряжения (БИ1  $U_L$ );
- блок измерения напряжения фазы относительно земли (БИ2  $U_{\Phi 0}$ );
- блок измерения напряжения нулевой последовательности (БИ  $U_0$ );
- усилительный блок (У);
- дополнительная емкостная проводимость  $b_0$ ;
- выключатель нагрузки QF1, коммутирующий дополнительную емкостную проводимость  $b_0$  между фазой А электрической сети и землей;
- исполнительный орган (ИО) выключателя нагрузки QF1, коммутирующего дополнительную емкостную проводимость.

Блок измерения линейного напряжения, блок измерения напряжения фазы относительно земли, блок измерения напряжения нулевой последовательности обеспечивают гальваническую развязку цифровой части устройства от электрической части сети и согласование уровней напряжений на выводах вторичных обмоток трансформатора напряжения с выходным диапазоном порта ввода.

Усилительный блок предназначен для усиления управляющего сигнала исполнительного органа выключателя нагрузки, коммутирующего дополнительную емкостную проводимость, и для гальванической развязки цифровой части устройства от электрической сети.

Исполнительный орган выключателя нагрузки, коммутирующего дополнительную емкостную проводимость, осуществляет включение-отключение выключателя нагрузки при подаче управляющего сигнала.

Функциональная схема разрабатываемого устройства представлена на рисунке 2. Для достижения большей информативности и наглядности отображения, микропроцессорные блоки устройства взаимосвязаны друг с другом посредством общей магистрали, объединяющей в себе шину данных, шину адреса и шину управления.

Разработанная архитектура основана на магистрально – модульном принципе организации микропроцессорных устройств и систем и позволяет максимально уменьшить объем программного обеспечения устройства за счет того, что операции аналого-цифрового преобразования и отсчета интервалов времени аппаратным способом путем введения соответствующих блоков.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Микропроцессоры. Архитектура и проектирование микро-ЭВМ. Организация вычислительных процессов /Под ред. Преснухина Л.Н. М., Высшая школа, 1986, Т 1, 494 с.
- 2 Шагурин И.И. Микропроцессоры и микроконтроллеры фирмы Motorola. М., Радио и связь, 1998, 556 с.
- 3 Каган Б.М., Сташин В.В. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики. М., Энергоатомиздат, 1987, 303 с.