

*Ю.С. ГРИЦУК*, канд. техн. наук, проф.  
*Т.В. СУХОСТАВЦЕВА*, магистр

## **АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ С МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ РАСЦЕПИТЕЛЕМ**

Розглянуті питання застосування мікроконтролерів в автоматичних вимикачах і схемах керування їх дослідженнями. Запропонована схема розчеплювача автоматичного вимикача на основі МК MSP430, що дозволяє значно підвищити його точність, надійність, перешкодостійкість і зменшити енергоспоживання.

Рассмотрены вопросы применения микроконтроллеров в автоматических выключателях и схемах управления их исследованиями. Предложена схема расцепителя автоматического выключателя на базе МК MSP430, которая позволяет существенно повысить его точность, надежность, помехоустойчивость и снизить энергопотребление.

**Введение.** Для защиты электроустановок в аварийных режимах, наряду с быстродействующими предохранителями, тепловыми реле, реле защиты и другими электрическими аппаратами, наиболее широко используются автоматические выключатели (АВ).

Анализ литературы [1-5] и других информационных источников [7, 8] указывает, что для управления автоматическими выключателями (АВ) и автоматизированными системами управления технологическими процессами исследований и испытаний (АСУТПИ) в настоящее время на ряду с полупроводниковыми расцепителями АВ широко используются различные микропроцессоры и микроконтроллеры (МК).

Так в расцепителях АВ и схемах АСУТПИ применяются различные МК, а именно MCS-51 [3], MCS-251 [4], REF-542, AT-89 и др. [5]. В [2] приведена блок схема полупроводникового расцепителя для АВ серии А3700 которая состоит из полупроводникового блока управления и измерительных элементов – трансформаторов тока для расцепителей переменного тока и магнитных усилителей для расцепителей постоянного тока. Блоки управления выполнены в пластмассовом кожухе, внутри которого на печатных платах расположены полупроводниковые элементы. Недостатком таких микропроцессорных расцепителей и схем АСУТПИ [3, 4, 5] является невозможность диагностирования оборудования, низкая надежность и высокое энергопотребление МК, отсутствие в них аналого-цифровых (АЦП) и цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП), компараторов и других устройств, которые в итоге приводят к увеличению габаритов, и стоимости расцепителей АВ и схем АСУТПИ. Например, в [3] приведена структурная схема АСУТПИ, разработанная на основе МК MCS-51, которой присущи перечисленные выше недостатки.

Использование АВ с микроконтроллерным управлением, по сравнению

с обычными АВ, имеет ряд преимуществ:

1. Наглядность процесса работы за счет большого количества измерений и сигнализации.
2. Возможность регистрации и сохранения всех величин, контролируемых параметров в предаварийных и аварийных режимах работы, что позволяет провести точный поставарийный компьютерный анализ.
3. Возможность реализации ряда вспомогательных функций управления и контроля.
4. Возможность проведения постоянной диагностики оборудования, что позволяет проводить предаварийную профилактику выключателей.
5. Высокая точность срабатывания.
6. Селективность действия защиты.
7. Гибкая настройка расцепителей.
8. Независимость работы расцепителей от температуры окружающей среды.

**Целью данной статьи** является анализ расцепителей АВ и схем АСУТПИ и разработка микроконтроллерного расцепителя АВ с улучшенными характеристиками.

Для решения поставленной задачи и устранения вышеизложенных недостатков предлагается в структурных схемах АСУТПИ автоматических выключателей и в их расцепителях использовать высокопроизводительный, малогабаритный, надежный, с низким энергопотреблением МК MSP430F [5].

Анализ конструкций расцепителей АВ и схем АСУТПИ и требований предъявляемых к ним указывает на целый перечень параметров, которые должны контролироваться и исследоваться в процессе их работы. В расцепителях АВ такими параметрами являются: ток перегрузки, ток короткого замыкания, напряжение, превышение температуры, задержки по времени и др.

Рассмотрим автоматический выключатель, который будет обеспечивать защиту от перегрузки и отсечку при коротком замыкании с помощью микроконтроллерного расцепителя сверхтока. Защитные расцепители состоят из трансформаторов тока (трёх или четырёх, в зависимости от числа защищаемых проводников), микроконтроллера MSP430, устройств защиты и электромагнита отключения с размагничиванием, который воздействует непосредственно на механизм выключателя и находится в корпусе расцепителя. Трансформаторы тока размещаются внутри корпуса расцепителя и обеспечивают электропитание, необходимое для правильной работы защиты, и сигналы, необходимые для определения значения тока. В качестве основного управляющего элемента такого расцепителя предлагается использовать микроконтроллер MSP430F, архитектура которого представлена на рис. 1. Выбор МК осуществлялся по таким критериям как производительность, надежность, потребление энергии, стоимость.

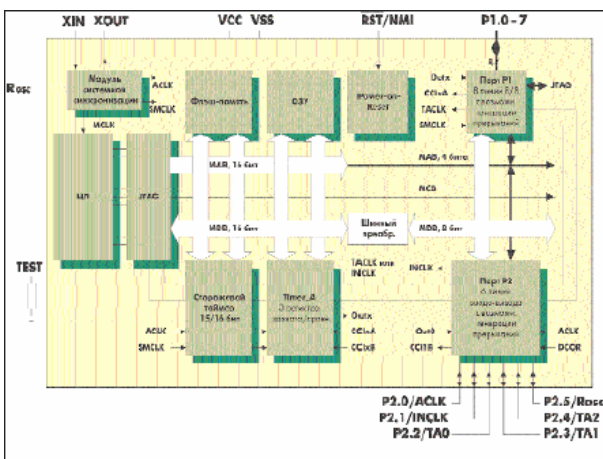


Рис. 1. Архитектура МК MSP 430

Ниже приведен краткий перечень основных характеристик МК MSP430F: 16-разрядная RISC-архитектура, выполнение регистровых инструкций за один машинный цикл; рабочая частота от 0 до 8 МГц; высококачественная аналоговая периферия для выполнения точных измерений; температурный датчик и источник опорного напряжения ( $U_{ref}$ ); схема слежения за напряжением питания; набор команд, состоящий из 27 инструкций и поддерживающий семь режимов адресации; расширенные возможности векторных прерываний; напряжение питания от 1,8 до 3,6 В; крайне низкое потребление: от 1,3 до 2,5 мкА при частоте 4 кГц и напряжении питания 2,2 В; от 160 до 280 мкА при частоте 1 МГц и напряжении питания 2,2 В; пять режимов экономии, позволяющих уменьшить ток потребления устройства с 10 мА до 0,2 мкА; потребление в дежурном режиме от 0,7 до 1,6 мкА; потребление в режиме отключения с сохранением содержимого ОЗУ (режим сна) – 0,1 мкА; пробуждение из дежурного режима за 6 мкс; возможность программирования в целевой системе через последовательный интерфейс; весьма широкий набор интегрированной периферии: быстродействующий 10- или 12-разрядный АЦП, компаратор, аналоговый коммутатор, один или два таймера, ШИМ, таймер-счетчик, контроллер ЖК-дисплея на 96 или 160 сегментов, супервизор питания и до 48 линий ввода – вывода общего назначения; диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+85$  °С.

Структурная схема распейтателя на базе МК MSP 430 представлена на рис. 2. Она включает в себя МК MSP 430, три датчика тока в виде трансформаторов тока  $TA1$ – $TA3$  при переменном токе или низкоомных шунтов с магнитными усилителями при постоянном токе, источника питания в виде трансформатора  $TV$ , первичная обмотка которого включена между одной из фаз и нулем. Одна вторичная обмотка подключена к выпрямительному мосту  $U1$  на



постоянно:  $I^2t = k$ ). *Расцепитель может обеспечивать следующие защитные функции:* защита от токов перегрузки; селективная защита от короткого замыкания; мгновенная защита от короткого замыкания; защита от замыкания на землю; защита от превышения температуры. Кроме обычных защитных функций он может иметь и много других дополнительных функций. При добавлении блока обмена данными и блока сигнализации количество функций может быть увеличено. Если температура изменится настолько, что могут возникнуть кратковременные или продолжительные неисправности микроконтроллера, включается аварийная сигнализация. В меню управления имеется возможность проверки корректности работы дисплея, светодиодов и др. устройств.

Программирование кристалла возможно как отдельно, так и после распайки его на плату, так как процедура программирования осуществляется по полноценному каналу JTAG через выводы, указанные на рис. 2. Назначение выводов: VCC1 – питание платы МК; GND – земля; TMC, TCK, TDO, TDI – контакты JTAG по которым идет наладка и программирование МК; TRST – сброс контроллера; TEST – внутренние специальные сигналы для JTAG; VCC0 – внешнее питание от JTAG. Высокая помехозащищенность MSP430 существенно облегчает его эксплуатацию. Широкий диапазон регулировок позволяет использовать этот расцепитель в различных АВ.

**Выводы.** Проведен анализ существующих расцепителей АВ и схем АСУТПИ, определены их особенности и недостатки. Разработанная структурная схема микроконтроллерного расцепителя АВ на базе МК MSP 430, позволяет повысить такие его характеристики как точность срабатывания при защите от токов перегрузки и короткого замыкания при широком диапазоне вставок для пороговых значений и временах срабатывания всех функций, надежность, помехозащищенность и экономичность.

**Список литературы:** 1. Алиев И.И., Абрамов М.Б., Электрические аппараты. Справочник – 3-е изд. – М.: Высшая школа, – 2003. – 251 с. 2. Могилевский Г.В., Райнин В.Е., Сосков А.Г., Устименко Б.Ю., Бесконтактные устройства защиты для низковольтных электрических аппаратов. – М., «Энергия», 1971. – 88 с. 3. Грищук Ю.С., Ржевский А.Н., Грищук С.Ю. Автоматизированная система управления для коммутационных исследований и испытаний электрических аппаратов // “Вестник НТУ “ХПИ”. Сб. науч. трудов. Вып. 17. – Харьков: НТУ “ХПИ”. 2001. – С. 48-50. 4. Грищук Ю.С., Кузнецов А.И., Ржевский А.Н., Грищук С.Ю. Применение микроконтроллеров в схемах автоматизированного управления испытаниями электрических аппаратов. // “Вісник НТУ «ХПІ». Зб. наук. праць. – Харків: НТУ «ХПІ», 2005. – Вип. 35 – С. 63-68. 5. Грищук Ю.С. Микропроцессорные устройства: Учебное пособие – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2007. – 280 с. 6. Семейство микроконтроллеров MSP430x1xx. Руководство пользователя: Пер. с англ. – М.: Серия «Библиотека Компэла». ЗАО «Компэл», 2004. – 368 с. 7. [http//ielectro.ru](http://ielectro.ru). 8. [http//eneq.ru](http://eneq.ru).

*Поступила в редколлегию 04.12.07*