

ОСОБЕННОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ УСТАНОВОК ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Ревуцкий В.И., Истомина А.Е., Колиушко Д.Г.
НТУ «ХПИ», ул. Кирпичева 2, г. Харьков, Украина, 61002

Комплексные решения на основе микроэлектроники применяются во всех сферах промышленности, в быту, транспортных системах и т.п. Массовый выпуск микроконтроллеров (МК) с низким энергопотреблением позволяет эффективно встраивать их в портативные бытовые и промышленные устройства. Контроллеры функциональных узлов, применяемые для автоматизации ответственных промышленных объектов при управлении технологическими процессами, должны быть максимально надежными и устойчивыми. Сбой или отказ в работе устройства, содержащего МК, может произойти не только по причине программной ошибки, но и от влияния электромагнитных помех (ЭМП) [1]. В связи с этим оценка электромагнитной совместимости (ЭМС) МК необходима в ещё большей степени, так как область применения устройств, содержащих МК, постоянно расширяется. ЭМП возникают вследствие природных явлений или как результат технических процессов. Примерами естественных помех могут служить атмосферные разряды (электромагнитные импульсы, возникающие при ударе молнии), или электростатические разряды, в основном – помехи, возникающие при трении, касании, или ином контакте наэлектризованного объекта с электрической цепью, содержащей чувствительный элемент.

В электрических цепях силового промышленного оборудования к появлению помех приводят коммутационные процессы, связанные с очень быстрым изменением токов и напряжений. Воздействие этих помех может носить как кондуктивный характер (в виде наведенных токов или напряжений в проводниках), так и в виде излучения (под влиянием переменного электромагнитного поля). Кроме того, сами МК являются источниками широкополосных помех, вызванных внутренними процессами в этих устройствах. Применение экранирования позволяет снизить негативное влияние ЭМП на слаботочную электронику до приемлемого уровня [2].

Ранее в высоковольтных установках для испытания жидких диэлектриков с микропроцессорным управлением не было необходимости выполнять экранирование микросхем плат контроля и управления установкой, а также сигнальных линий, так как элементы схемы имели более высокое рабочее напряжение, и, соответственно, были менее чувствительны к помехам, возникающим при работе силовой части.

Модернизация подобных установок, связанная с тенденцией к снижению энергопотребления (что, в свою очередь, позволит уменьшить габариты устройства), а также оптимизация и модернизация программной части микроконтроллера для повышения удобства работы с пользовательским интерфейсом, привели к принятию решения о замене существующего МК на аналогичный контроллер с ARM-архитектурой ядра, но пониженным рабочим напряжением. Уменьшение габаритов корпуса установки также привело к более плотному расположению ее внутренних блоков. В связи с этим становится сложнее выполнить разделение силовых и слаботочных цепей, что приводит к увеличению влияния переходных электромагнитных процессов на сигнальные цепи управления и питания МК.

При работе установки по испытанию жидких диэлектриков УИМ-90 с максимальным напряжением до 90 кВ, подаваемым на электроды кюветы, заполненной испытуемым образцом, при определенных внешних условиях и физико-химических свойствах образца происходит искровой пробой в рабочем зазоре 2,5 мм. Напряженность электрического поля в искровом промежутке при этом может достигать десятков мегавольт на метр. Помимо создаваемого в непосредственной близости от платы измерения и управления, содержащей МК, сильного электрического поля, на выходе трансформаторного источника высокого напряжения возникает кратковременный бросок тока, как результат контролируемого короткого замыкания. В первичной обмотке трансформаторного источника и в связанных с ней цепях также происходит резкий скачек тока и, соответственно, напряженности магнитного поля.

Использование распространенного контроллера STM32 в системе измерения и управления установки (подача/снятие высокого напряжения, измерение текущего напряжения, регистрация пробивных значений напряжения и т. д.) с одной стороны экономит время работы оператора, а с другой – повышает требования к помехозащищенности устройства. Было замечено, что замена элементной базы на МК того же типа, но с пониженным рабочим напряжением питания (с 5В на 3,3В) значительно повысила чувствительность устройства к внешним помехам и требования к стабильности питания. Контроллер LCD дисплея системы вывода данных также является подверженным воздействию помехового сигнала. При сбое системы выводимое программой изображение на дисплее “застывало”, а в некоторых случаях происходил сброс отображаемых данных. Работу устройства можно было продолжить только после полной перезагрузки встроенной операционной системы.

Были опробованы несколько различных экранов, выполненных из магнитного материала. Толщина материала экрана подбиралась исходя из частоты, оцененной при помощи компьютерного моделирования переходного процесса в схеме замещения. Моделирование показало, что основная помеховая составляющая находится в диапазоне частот 10 - 15 кГц. В качестве материала магнитного экрана была применена холоднокатаная отожжённая листовая сталь толщиной 0,5 мм с относительной магнитной проницаемостью $\mu_r \approx 100 \div 200$.

Экранирование платы управления существенно повысило надежность работы установки. При проведении испытаний не менее чем в 60% случаев устройство отработывало полный рабочий цикл. С целью дальнейшего улучшения работоспособности установки планируется провести эксперименты по измерению АЧХ помехи, а также разработать комбинированный экран, совместно ослабляющий воздействие магнитной и электрической составляющей поля.

Список литературы

1. Шваб А. Электромагнитная совместимость. Пер. с нем. В. Д. Мазина и С. А. Спектора / Под ред. Кужекина. М. : Энергоатомиздат, 1995. – 480 с.
2. Шапиро Д. Н. Электромагнитное экранирование — Научное издание /Д. Н. Шапиро — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. –120 с.