

Устройство защиты от затопления при прорыве квартирного водопровода

А. Гридин. г. Киев

Наверное, редкий горожанин не испытал проблем, связанных с водопроводом: засорение водостока, протечки, неисправные краны и т.п. Они приносят много неприятностей не только своей квартире, но и квартирам соседей. Кроме собственного ремонта иногда приходится оплачивать и расходы на ремонт квартиры соседа по этажу или соседей снизу.

Первый шаг для защиты от потопа - гидроизоляция. Но для защиты квартиры от затопления одной гидроизоляции недостаточно. Необходим более надежный барьер.

Предлагаемое устройство аварийного отключения воды при затоплении предназначено для защиты жилища от затопления водой при повреждении системы водоснабжения и отопления и является частью «Умного дома». Его энергопотребление в дежурном режиме практически равно нулю, а в режиме аварии зависит от конструкции и мощности исполнительных механизмов.

Принцип работы

Устройство включает в себя датчики, исполнительные механизмы и контроллер. Оно не требует настройки и готово к работе сразу после подачи напряжения на контроллер.

Электрическая схема устройства показана на **рис. 1**. Принцип работы предельно прост. При появлении воды в зоне датчика на его выходе появляется напряжение. Это напряжение через повышающий преобразователь поступает на светодиод оптопары. Первая же вспышка светодиода оптопары заставляет сработать силовой ключ, функции которого выполняет симистор. Он активирует одновременно все исполнительные механизмы - электромагнитные клапаны, а также реле, которое самоблокируясь, своими контактами замыкает симистор. При этом питающее напряжение будет постоянно поступать на электромагниты клапанов, и схема переходит в устойчивое состояние. При этом

дальнейшее уменьшение сигналов датчиков затопления вследствие снижения в них концентрации электролита уже не приведет к выключению клапанов. Электромагнитные клапаны перекрывают водопровод до устранения аварии. Параллельно клапанам можно подключить какое-либо устройство сигнализации аварии, например квартирный звонок.

Повторная инициализация устройства производится после замены прокладки датчика кратковременным размыканием тумблера «Вых.». При этом реле отпускается, и схема переходит в исходное состояние. В этом режиме энергопотребление практически отсутствует. Замена прокладок в кране или порванных водопроводных шлангов осуществляется при разомкнутом тумблере «Вых.».

Компоненты

1. Датчик представляет собой простейший гальванический элемент, в котором отсутствует электролит. В сухом виде этот элемент неактивен. Вода, попадая в датчик, растворяет находящееся в нем активное вещество и становится электролитом. Таким образом, датчик активизируется и производит некоторый электрический потенциал, достаточный для срабатывания устройства. Датчиков может быть любое количество. Включаются они параллельно. Обязательно соблюдение полярности. Эскиз датчика показан на **рис. 2**, а фотография датчика, изготовленного автором из бросовых материалов, - на **рис. 3**. Отрицательным электродом датчика служит пластина оцинкованной жести, площадь которой не менее 50 см^2 ($5 \times 10 \text{ см}$). Цинк здесь является обязательным веществом, которое взаимодействует с электролитом. Положительным электродом датчика служит графит. Это тоже обязательное вещество. Автор использовал отработанный скользящий электроконтакт от токосъемника троллейбуса. Между положительным и отрицательным электродами расположена хорошо впитывающая воду прокладка. Прокладка

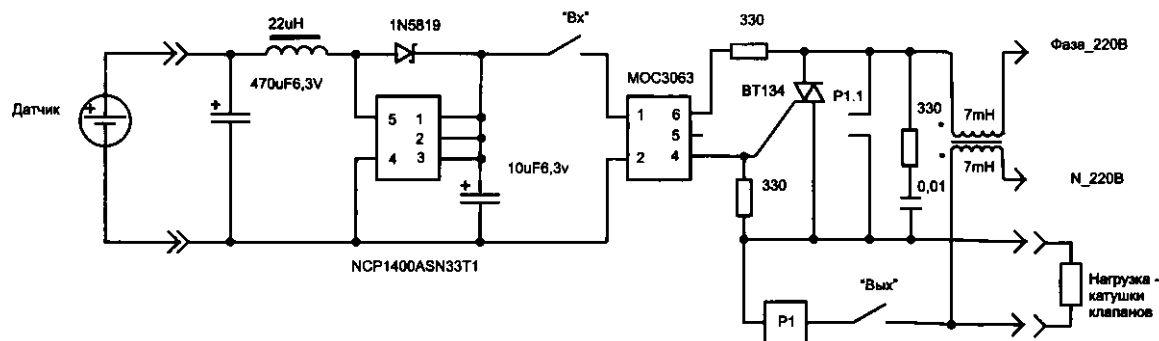


Рис. 1

предварительно пропитана раствором активного вещества и высушена. Использовалась обыкновенная поваренная соль (1 столовая ложка на стакан воды). В качестве прокладки автор использовал тонкую губку для мытья посуды. ЭДС такого датчика составляет приблизительно 1 В. Быстродействие датчика зависит от количества электричества, которое он вырабатывает в единицу времени, которое, в свою очередь, зависит от площади электродов, концентрации электролита и пр.

Понимая принцип действия, можно придумать и иные конструкции датчика. Преимуществом такого датчика является его простота и, самое главное, отсутствие гальванической связи датчика с силовой частью устройства, находящейся под напряжением 220 В / 50 Гц. Недостаток его в том, что после каждого срабатывания устройства при затоплении необходимо заменять прокладку между электродами.

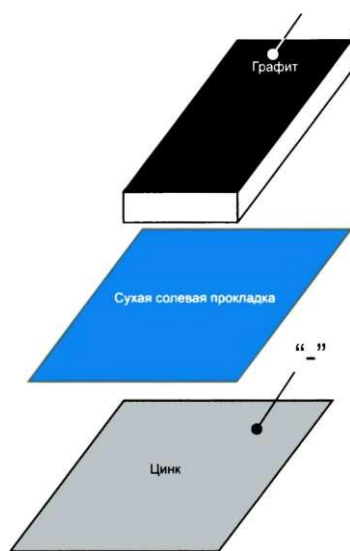


Рис.2

2. Уровня напряжения датчика недостаточно для включения светодиода оптопары, управляющей силовым ключом. Для повышения его служит микросхема повышающего преобразователя напряжения NCP1400ASN33T1. Данная модификация обеспечивает выходное напряжение 3,3 В и выпускается в корпусе SOT23-5. Преобразователь на этой микросхеме содержит минимум внешних компонентов, запускается при входном напряжении 0,8 В и сохраняет работоспособность при его уменьшении до 0,2 В! Емкость конденсатора на входе зависит от размеров датчика, и должна обеспечить накопление энергии, достаточной для вспышки светодиода драйвера, при которой надежно срабатывает силовой ключ - симистор.

3. Драйвер силового ключа - микросхема МС3063 - обеспечивает оптическую гальваническую развязку. МС3061М/62М/63М, МС3162М/3163М, МС3081/82/83 фирмы Motorola Semiconductors состоят из инфракрасного излучающего диода, оптически связанного с детектором двухсторон-

него перехода напряжения через ноль, с симисторной выходной схемой для использования с мощными симисторами, полупроводниковыми реле и др. промышленными элементами управления. Входной максимальный рабочий ток светодиода составляет 5 мА.

4. В качестве силового ключа используется симистор, выбор и параметры которого определяет нагрузка - количество клапанов, реле и прочих приборов, которые предполагается использовать. Симистор включает реле, которое своими контактами самоблокируется, что переводит схему в состояние, вывести из которого ее можно только принудительно вручную. Таким образом, осуществляется надежное перекрытие подачи воды до устранения аварии.

Симистор - простой и дешевый прибор для управления нагрузкой, преимущественно в цепях переменного тока, но имеет недостаток - эффект dv/dt .

Эффект dv/dt и способы борьбы с ним

Управляющий сигнал для симистора необходим только для его включения (выключение происходит при снижении коммутируемого тока ниже тока удержания), но при высокой скорости изменения коммутируемого напряжения dv/dt есть вероятность самопроизвольного включения симистора, даже при отсутствии управляющего сигнала.

Самопроизвольное включение силового симистора из-за случайных бросков напряжения в цепи нагрузки может не оказывать негативного влияния на некоторые виды нагрузок (например, нагреватели), поскольку в течение полупериода частоты сети симистор выключается. Однако для таких нагрузок, как обмотки клапанов и электродвигателей, самопроизвольное включение неприемлемо и может привести к катастрофическим последствиям в реверсивных системах (межфазное замыкание). Недопустима потеря управления и на индуктивных нагрузках.

По этой причине производители указывают максимально допустимую величину dv/dt , при которой неуправляемое включение симистора не происходит. Превышение скорости нарастания выше указанных значений в документации также может привести к выходу симистора из строя. Причиной нежелательных включений могут стать импульсные помехи по цепям питания нагрузки или выбросы напряжения при срабатывании ключа, работающего на индуктивную нагрузку. Эффективный способ решения этой проблемы - включение снабберной (демпфирующей) RC-цепи, включенной параллельно симистору. В снабберной цепи желательно использовать металлоплёночный полиэстерный конденсатор. Его емкость выбирается в пределах 0,01...0,1 мкФ, сопротивление резистора - от 20 до 500 Ом. Эти значения следует рассматривать только в качестве ориентировочных величин. Подробный расчет снабберных цепей можно найти в руководстве по применению AN1048/D компании On Semiconductor («RC Snubber Networks for Thyristor Power Control and Transient Supression»).

Еще один способ повышения устойчивости силового симистора к быстрым скачкам напряжения - введение в цепь нагрузки реактора задержки, представляющего собой элемент индуктивности на сердечнике с высокой магнитной проницаемостью и квадратной петлей гистерезиса. При рабочих токах нагрузки реактор находится в режиме насыщения, т.е. не влияет на ток. При уменьшении тока реактор восстанавливается, внося в цепь большую индуктивность, что замедляет скорость изменения тока и, в частности, задерживает повторное приложение обратного напряжения, помогая запирающую силовую ключа.

Для силовых цепей с быстрым нарастанием напряжения на выходе закрытого силового элемента вместо силового симистора, как правило, применяют два силовых тиристора, включенных встречно-параллельно, управление которыми осуществляется теми же микросхемами драйверов.

Защита силового симистора от эффекта перенапряжения, возникающего при коммутации нагрузки, традиционно осуществляется варистором.

Предложенная выше схема весьма чувствительна к эффекту dv/dt , который чаще всего является результатом различных коммутационных помех. У симистора

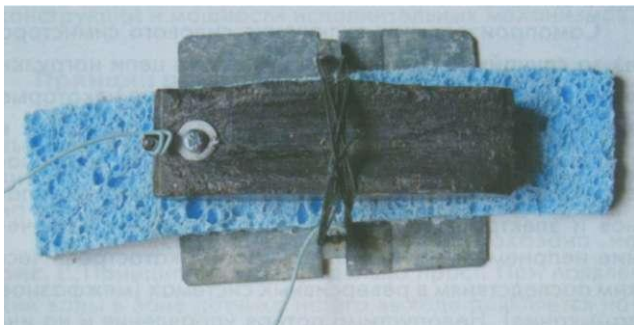


Рис.3

типа BT134 типовое значение dv/dt составляет 50 В/мс. Для устранения эффекта dv/dt автор применил готовый элемент большинства сетевых фильтров - дроссель с двумя обмотками на одном сердечнике и снабберную RC-цепь.

Сердечник дросселя ферритовый (проницаемость не определялась), состоит из двух склеенных без зазора половинок П-образной формы. Внешний размер сердечника в сборе 20x20 мм, сечение 5x6 мм. Две одинаковые обмотки содержат по 80 витков провода диаметром 0,45 мм. Индуктивность каждой обмотки приблизительно 7 мГн. Конструкция и параметры дросселя могут быть другими. Важно сократить dv/dt до приемлемого уровня. Таким образом, схема получилась простой, недорогой, экономичной и достаточно надежной.

Электромагнитные клапаны - наиболее дорогостоящее оборудование в системе защиты от потопов. На сегодняшний день существует довольно широкий выбор этих устройств по диаметру резьбы, напряжению управления (постоянное/переменное с диапазоном

фиксированных уровней) и исходному состоянию (нормально открытые/закрытые, регулирующие). Выбор напряжения диктуется нормами электробезопасности для каждого конкретного применения. В соответствии с этим выбором изменится и схема силовой части. Всех вариантов привести невозможно, да и нет смысла. Важно понимать принцип.

Автор использовал нормально открытые электромагнитные клапаны типа 21WA4Z0B130, рассчитанные на напряжение 220 В переменного тока, производимые итальянской компанией ODE S.r.l. Их внешний вид показан на рис.4. Продавцы клапанов настойчиво рекомендовали использовать совместно с ними фильтры предварительной очистки



Рис.4

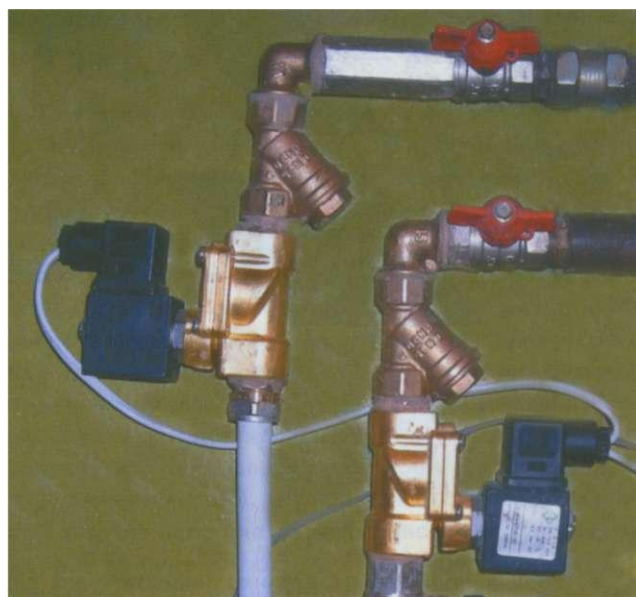


Рис.5

воды, что автор и сделал. Ослабив гайку крепления рабочей катушки (верхняя на рисунке), можно повернуть катушку в любое удобное положение для подключения питающего напряжения. Количество клапанов не ограничивается, все они включаются параллельно. Трубопроводная система в сборе, содержащая два клапана, показана на рис.5.

Конструкция

Конструктивно контроллер управления проще всего собрать навесным монтажом. Можно разработать печатную плату. Внешние подключения можно выполнить как разъёмными, так и с помощью контактных колодок, естественно, с соблюдением всех норм электробезопасности.

При одновременной аварии водопровода и электросети необходимо предусмотреть аварийный источник электропитания. Но это тема уже для другой статьи.