

Микроволновые датчики движения для помещений.

Обзор функционала и практические рекомендации

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

Разработчикам РЭА и потребителям в быту доступны разные по схемотехнике, опциям и принципу коммутирования нагрузки датчики движения, при этом микроволновые занимают особую нишу по своим характеристикам. В статье рассматриваются особенности микроволновых датчиков обнаружения (движения), коммутирующих освещение в формате как активной, так и реактивной нагрузки. Также даются рекомендации по практическому применению микроволновых датчиков обнаружения в устройствах охраны и сигнализации.

Датчик движения – прибор, обнаруживающий перемещение движущихся живых, обладающих температурной составляющей людей и животных. Как правило, так называют электронное устройство с чувствительным «детектором» на основе пироэлектрического или иного датчика, обнаруживающее живое существо и подающее электронный сигнал управления на исполнительное устройство, коммутирующее нагрузку. Как правило, «детектор» и «коммутатор» собраны в одном компактном корпусе. Современная электроника с элементами для поверхностного монтажа вполне позволяет это делать. И хотя микроволновые датчики движения (ДД-МВ) предназначены для экономии электроэнергии за счёт автоматического управления освещением и иными инженерными системами, они имеют существенное отличие от пироэлектрических детекторов, которые реагируют на изменение фона инфракрасного спектра в зоне ответственности, на основе которых действуют пироэлектрические датчики движения (ДД). Автором было проведено несколько исследований о ДД, в частности в вопросах увеличения их стабильности и уменьшения ложных срабатываний. Об этом исследовании писали, к примеру, в [1], [2]. На основе неоднократных исследований были выявлены причины ложных срабатываний бытовых ДД, а также условия и зоны, при которых ДД не срабатывали вовсе. Вкратце, «уйти» от реакции пироэлектрического ДД было возможно, пронеся перед собой любое, в том числе про-

зрачное стекло и «экранирующий» лист из медного или алюминиевого сплава, в том числе большой по размеру (скрывающий человека) лист фольгированного гетинакса (из которого много лет изготавливают на производстве печатные платы) и другие предметы, включая и листы гипсокартона соответствующего большого размера. Также в практических исследованиях (см. ссылки) были даны рекомендации о том, как вызвать ложные срабатывания ДД и как их нейтрализовать относительно простыми способами.

Несколько лет назад невоенная (доступная большинству) промышленность начала выпускать адаптированные для бытовых условий микроволновые датчики движения, имеющие своеобразные особенности и достоинства нашего специального внимания. В отличие от пироэлектрических детекторов, ДД-МВ могут видеть объект «сквозь» препятствия. Это происходит на основе отражённого сигнала микроволнового спектра радиоволн, имеющего, как мы знаем, разное затухание в разных условиях и при столкновении с предметами разного состава. Тем не менее ДД-МВ на основе этой своей технической особенности уже имеет преимущества перед ДД пироэлектрическими. ДД-МВ не воспринимает стекло, гипсокартон или иное препятствие, скрывающее человека в зоне действия детектора, как помеху, поскольку микроволновый сигнал проникает через это «препятствие» и выявляет «нарушителя» (движущийся или недвижимый, но появившийся

вдруг, нарушивший фоновый режим объекта). Такой ДД-МВ можно монтировать скрытно, в том числе в стене (и кирпичной), и он будет эффективно работать. Одна из причин нежелательных (ложных) срабатываний бытового ДД-МВ также кроется в его свойствах. Рабочая зона действия в угловом измерении такого датчика довольно широка, у некоторых моделей достигает 360°, но, как правило, не бывает меньше 100°, и у бытовых (неспециализированных, предназначенных для охран-ных систем) не регулируется.

Отсюда, при установке ДД-МВ в сторону внешней стены (квартиры, нежилого помещения – офиса, склада или частного дома) он будет реагировать на движение людей и животных вне границ такого помещения. Может быть, в таком формате кому-то покажется уместным «следить» за движением соседа, когда тот, к примеру, посетит санузел (а у вас загорится свет или зазвучит звуковой сигнал, если в качестве исполнительного устройства подключить адаптированный к соответствующему напряжению генератор ЗЧ), или за движением вашей собаки, призванной охранять порог сельского дома, однако все эти частные случаи приводим мы в статье только для общей информации, и они не являются основной целью настоящей публикации. На рис. 1 представлена диаграмма зоны действия ДД-МВ 201, из чего видны возможности датчика. Для сравнения, на рис. 2 иллюстрация рабочей зоны датчика ДД-МВ модели 501.

Принцип работы микроволновых датчиков в разном исполнении и для разных условий монтажа основан на генерировании высокочастотных электромагнитных волн и детектировании полученного обратного сигнала. Обратная связь потому и возможна, что ДД-МВ позволяет детектировать поле в зоне ответственности и реагировать на движение через относительно тонкие преграды (гипсокартон, стекло, подвесной потолок и т.д.). Уместно устанавли-

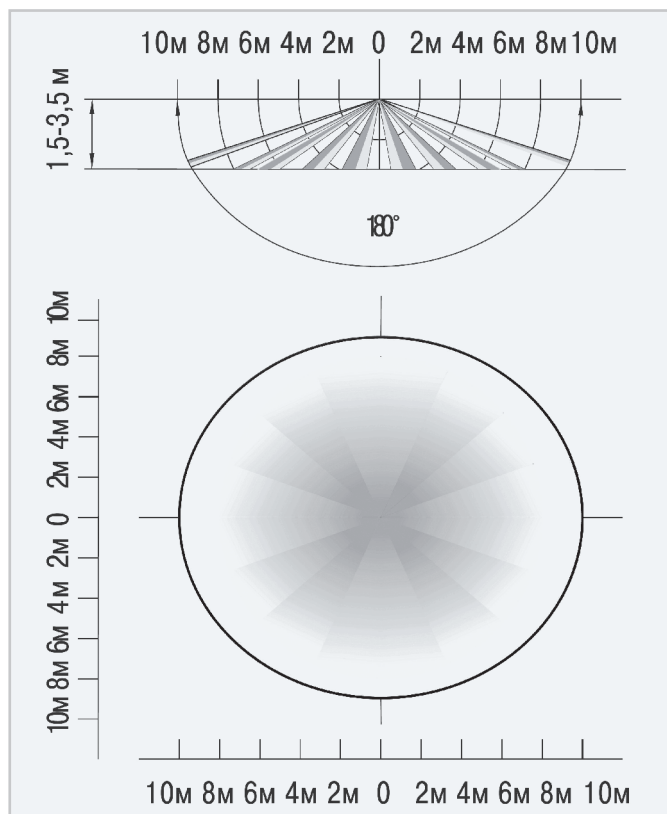


Рис. 1. Диаграмма активной зоны действия ДД-МВ 201

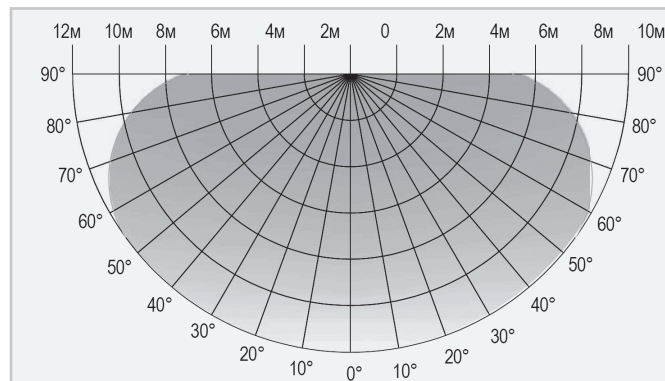


Рис. 2. Иллюстрация рабочей зоны датчика ДД-МВ модели 501



Рис. 3. Внешний вид ДД-МВ 201

вать датчик под стеклом светильника, подвесным или натяжным потолком, внутри дома перед дверью для обнаружения объектов на улице.

При обнаружении движения в рабочей зоне датчика встроенное слаботочное ЭМ реле коммутирует нагрузку, последняя находится под напряжением в течение заданного времени (время, как правило, аппаратно настраивается) и выключается. Если движение в зоне ответственности не прекращается, таймер задержки выключения ведёт отсчёт снова. Такие бытовые датчики снабжены функцией контроля освещённости. Если освещённость в зоне ответственности выше заданного уровня (уровень настраивается), нагрузка включаться не будет, что позволяет дополнительно экономить электроэнергию в светлое время.

Рассмотрим ДД-МВ моделей 101 и 201 (имеющие одинаковый внешний вид), представленные на рис. 3.

Датчики предназначены для автоматического включения нагрузки при появлении движущихся объектов в зоне обнаружения и выключения нагрузки с возможностью настройки времени отключения, уровня, освещённости и дальности обнаружения. Сравним эти параметры ДД-МВ 201 с микроволновым датчиком движения PRIME-MW-SURFACE-S90x41-300W (230V, 2.6A,

MULTI, IP20), совмещённым с датчиком освещённости. Та же модель может именоваться как LDD11-201MB-1200-001B. Высота установки 1,5–3,5 м. Угол обнаружения 360°. Может срабатывать через двери и тонкие – до 30 см – стены. Настройки: время отключения (8 с – 12 мин), радиус зоны срабатывания (1–10 м), освещённость (2–2000 люкс). Модель PROxima MV704 с углом обзора 180° и размерами корпуса 52×80 мм имеет винтовой тип клеммного подключения. Датчики этой линейки предназначены для бытового применения с подключением к осветительной сети 230–240 В переменного тока (AC). Коммутируемая нагрузка до 1200 Вт. Коммутация осуществляется с помощью слаботочного реле, установленного в пластиковом корпусе единого устройства. Имеется в широких пределах регулировка порога срабатывания по освещённости (Lux), регулировка порога срабатывания по чувствительности (Sens) и задержка выключения по времени (Time) от 10 с до 12 мин. Датчики движения в подключённом состоянии осуществляют постоянный контроль освещённости и по схеме похожи, но могут различаться по дополнительному функционалу, способу подключения. К примеру, при сопоставимой цене микроволновые ДД типа ДД-МВ 101 (а также моде-

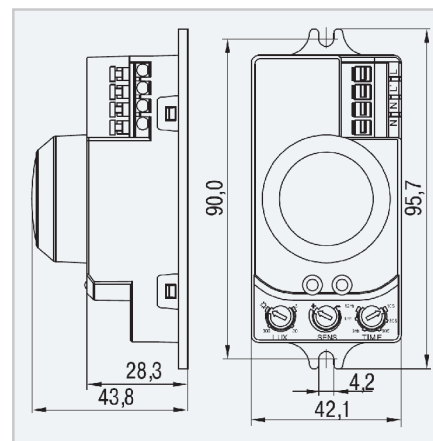


Рис. 4. Вид на корпус и органы управления ДД-МВ 201

лей 201, 301, 401, 501) имеют регулировку задержки выключения, в то время как EKF dd-mw-704 её не имеет, в первом из рассматриваемых крепление коммутационных проводов осуществляется не винтовым способом, а более удобным пружинным клеммником и с изоляцией, а у EKF dd-mw-704 для этой цели используется винтовой зажим на клеммнике на корпусе устройства. На рис. 4 представлен вид на корпус и органы управления ДД-МВ 201.

Датчик TDM Electric ДДМ-01 и его разновидности ДДМ-02 функционально соответствуют модели ДД-МВ 101 и 102 соответственно. В зависимости от степени защиты датчики можно использовать

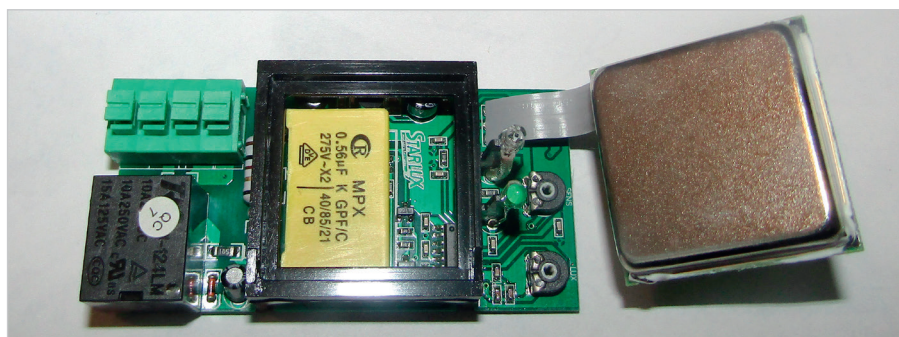


Рис. 5. Вид на СВЧ-модуль ДД-МВ 201

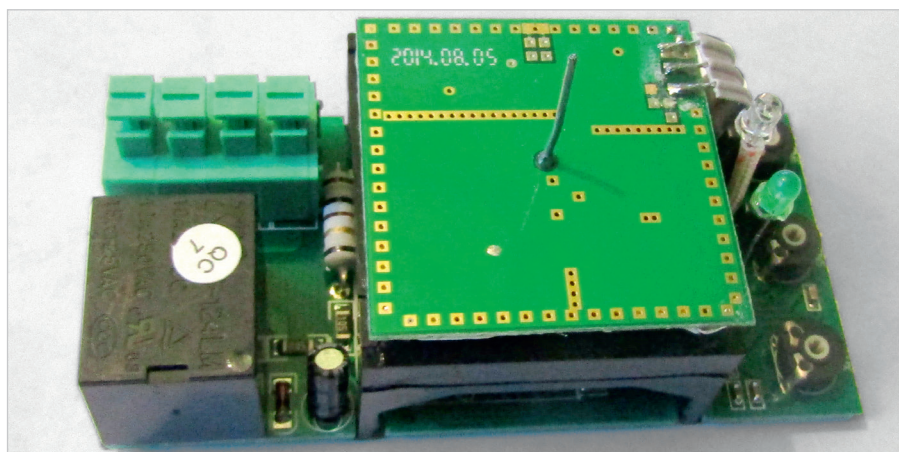


Рис. 6. Вид на печатную плату внутри корпуса устройства

как в помещении (IP20), так и на улице под навесом (IP44). Класс защиты может быть разным – от IP20 до IP65. Первый предполагает установку только в закрытых помещениях, IP65 – может работать в условиях незначительной влажности. Расшифровка степени защиты IP, соответствующая таблица и стандарты представлены в [3].

Устройство микроволнового датчика

Микроволновые датчики движения работают по принципу локации СВЧ-излучением. Конструктивно такие устройства состоят из передающего и приёмного узлов. Передающий узел генерирует высокочастотные электромагнитные волны с частотой 5,8 ГГц, и получают эхо, отражённое от объектов направленным действием. Рабочий диапазон температур варьируется от -25 до $+75^{\circ}\text{C}$, а порог срабатывания от 5 до 200 люкс. Кроме того, датчики (кроме ДД-МВ 301, ДД-МВ 501) снабжены светодиодом зелёного цвета - индикатором включения нагрузки. Другими словами, в отличие от инфракрасного датчика, где сигналом пироэлектрического детектора на включение нагрузки является изменение теплового фона в рабочей зоне, микроволновый датчик реагирует на изменение радиочастотно-

го (микроволнового, СВЧ) поля, которое предварительно сам генерирует. Причём отражающий объект может быть не только теплокровным, живым, но и любым. Причём приближение фронтально к датчику даёт больший эффект обнаружения, чем прохождение сбоку и рядом. Главное – способность отражать радиоволны СВЧ, а она у разных предметов характеризуется по-разному, и это будет следующим шагом нашего исследования, в том числе в части эффекта Доплера. Этот эффект известен в радиолокации и лежит в основе работы электронного радара, когда объект не только обнаруживается, но и вычисляется скорость его перемещения. Простой и информативный пример эффекта Доплера – радар обнаружения скорости, применяемый в ГИБДД.

Особенности СВЧ-модуля

Вскрыв корпус устройства, увидим основной модуль микроволнового датчика движения МН-ЕТ LIVE HB100, выполненный на базе доплеровского радара HB100 с тем же принципом работы (эффект Доплера). Он представлен на рис. 5.

Модуль микроволнового датчика движения МН-ЕТ LIVE HB100 выполнен на базе доплеровского радара HB100, принцип работы которого

го основывается на эффекте Доплера. Используется для определения скорости и расстояния до объекта. Дальность измерений – условно регулируемая от 2 до 16 м. Потребляемый ток до 50 мА. Работает на частоте 10,525 ГГц. На рис. 4 виден штырь (провод без изоляции) длиной 18 мм – это антенна СВЧ-детектора. Коэффициент усиления антенны: 8 дБи. Питание модуля $5\text{ В} \pm 10\%$ DC. К СВЧ-модулю МН-ЕТ LIVE HB100 подключены три проводника: два из них питание и один – выход «управляющего» сигнала детектора (относительно общего провода). На этом модуле линейка не заканчивается, он приведён для примера. В открытом доступе есть готовые модули, реализованные на печатных платах, к примеру, WAVGAT RCWL-0516 для автомата освещения или охранной сигнализации и др., ему подобные. Микроволновый датчик RCWL-0516 имеет дальность обнаружения объекта до 5 м. Но этот предел можно корректировать в сторону меньшей чувствительности устройства. Для этого вместо резистора R9 с обозначением на печатной плате устанавливаются подстроечный резистор сопротивлением от 500 до 1000 Ом. Так можно плавно регулировать дальность обнаружения объекта от 0,1 до 5 м. В закрытом модуле МН-ЕТ LIVE HB100 такое решение недоступно.

Вид внутри корпуса устройства

Вскрываем корпус датчика с помощью шлицевой отвертки. На рис. 6 представлен внешний вид на печатную плату внутри корпуса устройства. Антенна посередине – излучающий и принимающий элемент. На СВЧ-модуль, как видно на фото, приходят всего три провода: два – питание и один выход «управляющий».

Схемы подключения ДД-МВ разных моделей приведены на рис. 7 и не отличаются оригинальностью. Схема подключения нагрузки также указана на корпусе каждого датчика с тыльной стороны. Как видно из рис. 6, она соответствует схемам подключения типичного ИК ДД (с пироэлектрическим детектором) – общий ноль, фаза «вход» и фаза «выход».

Другие особенности применения микроволнового датчика движения

ДД-МВ можно доработать под конкретные задачи. Самое простое инженерное решение – использование

такого промышленного датчика в устройствах сигнализации, в том числе самодельных. Для этого необходимо изменить подключение к коммутирующим контактам реле. А именно: установить параллельно контактам реле (рассчитано на ток 16 мА) полупроводниковый диод (катодом к «+» питания) типа Д213 или аналогичный, для защиты от бросков обратного тока при включении реле. И затем подключить параллельно контактам слаботочного реле (согласно полярности) звуковой капсюль, рассчитанный на напряжение 9–15 В. Среди них встречаются разные, в том числе с прерывистой генерацией сигнала ЗЧ. Таким образом, при включении устройства (срабатывания сигнализации) будет слышен звуковой сигнал.

Зона обнаружения ДД-МВ 201 по вертикали, согласно сведениям от производителя, предполагает расстояние от 1,8 до 4 м. По горизонтали – от 1,5 до 8 м. При развёрнутой диаграмме во фронт от датчика до 120°. Соответственно, от 0 до 1,5 метров по горизонтали и от 0 до 1,8 м по вертикали (примерно) будет «мёртвая зона», где устройство не имеет стабильных срабаты-

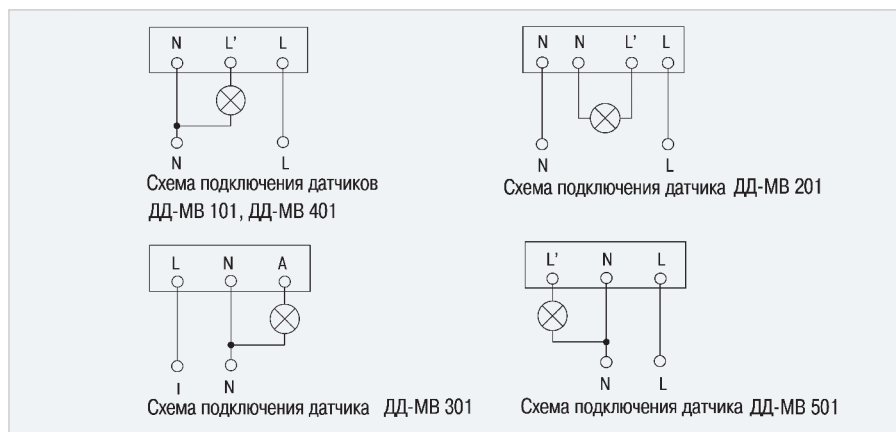


Рис. 7. Схемы подключения коммутируемой нагрузки некоторых микроволновых ДД

ваний. Во-первых, это ограничение нужно учитывать в работе. Во-вторых, датчик значительно хуже – на практике установлена чувствительность примерно в 2 раза ниже, но всё же он «видит» зону не только фронтально и сбоку, но и с тыла. Таким образом, будет реагировать на движение в этой области тоже, что может при определённых обстоятельствах считаться нежелательными (ложными) срабатываниями. Решается этот вопрос относительно просто – принудительным экранированием со стороны тыльной части устройства

фольгой или жестяной пластиной, под соединённой проводником типа МГТФ-0.08 к «минусу» питания. Саму пластину в этом случае также изолируют любым подходящим материалом, так как питание устройства от осветительной сети организовано с помощью бестрансформаторного источника – во избежание случайного поражения электрическим током при прикосновении к экранирующей пластине. На практике нельзя сказать, что эффект экранирования был достигнут полностью: под влиянием многочисленных отражений



МЕДИАНА ФИЛЬТР

КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕИОНИЗОВАННОЙ ВОДЫ ОТ МАРКИ В ДО Е1.3



- АУДИТ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ
- ДЕИОНИЗОВАННАЯ ВОДА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ
- ВОДА ДЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
- ВОДА ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ
- ВОДА ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ
- СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (PP, PVDF)
- РЕАГЕНТЫ СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
- МОНТАЖ, НАЛАДКА, СЕРВИС

ГОСТ Р 58144-2018 • ГОСТ 52501-2005 • ASTM D5127 • SEMI • CLSI • CAP • ISO 3696 • ОСТ 11-029-003 • ГОСТ Р 58431-2019

ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ:

- ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
- ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ
- ПОЛУПРОВОДНИКОВ
- ЖИДКО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ДИСПЛЕЕВ
- СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

105318, Москва, ул. Ткацкая, д. 1
+7 (495) 660-07-71

info@mediana-filter.ru
www.mediana-filter.ru

Реклама

Таблица 1. Сравнительные данные по излучаемой мощности некоторых СВЧ-устройств

Параметр	СВЧ-печь	Сотовый телефон	Микроволновый ДД	Wi-Fi роутер в пределах 10 метров
Мощность, Вт	1000	10	0,1	10
Частота, ГГц	2,45	1,82	6	2,45

сигнала от металлизированного покрытия экрана, профилей крепления гипсокартона (материала стен) диаграмма обнаружения датчика изменялась непредсказуемо, и привести её на иллюстрации невозможно.

Опасности облучения от подобных датчиков, на мой взгляд других исследователей, не существует, поскольку даже у Wi-Fi роутеров «для Интернета», столь популярных сегодня и установленных почти в каждом помещении, настраиваемая мощность порядка 0,1 Вт, что в 10 раз больше, чем от ДД-МВ. В табл. 1 (для сведения) сведены данные по СВЧ-мощностям.

Настройка ДД-МВ после подключения

Регулировка параметров и тестирование осуществляется с помощью отвёртки с прямым шлицем. Поверните регулятор уровня освещённости LUX по часовой стрелке на максимум. Поверните регулятор времени выдержки TIME против часовой стрелки на минимум, поверните регулятор радиуса действия SENS по часовой стрелке на максимум. Затем подайте напряжение питания. В течение 30 с датчик выйдет на рабочий режим, что характеризуется включением реле (коммутация нагрузки). Выключение нагрузки произойдёт через 10 ± 3 секунды автоматически. Далее при нахождении движущихся объектов в зоне обнаружения датчика снова произойдёт включение нагрузки. После прекращения движения объекта в зоне обнаружения должно произойти отключение нагрузки по истечении времени, заданного регулятором TIME. Затем для перевода ДД-МВ из тестового в рабочий режим поверните регулятор уровня освещённости LUX против часовой стрелки на минимум. При освещённости выше 3 люкс (сумерки) датчик не должен включать нагрузку.

Настройка зоны обнаружения практически осуществляется следующим образом. Параметры настроек устройства под конкретные задачи освещённости и чувствительности выбираются опытным путем. Установка времени выдержки датчика осуществляется регулятором TIME. Сей регулятор позволяет установить вре-

мя нахождения нагрузки во включённом состоянии после срабатывания датчика. Отсчёт времени выдержки начинается снова, если датчик получает повторные сигналы о нахождении в зоне обнаружения движущегося объекта в течение первого отсчёта времени. Установка уровня освещённости осуществляется регулятором LUX, позволяющим установить порог срабатывания в зависимости от уровня освещённости окружающей среды: при солнечном свете (позиция с символом «солнышко»), при минимальной освещённости (крайняя «левая» позиция – сумерки). Установка радиуса действия осуществляется регулятором SENS. Регулятор на основе подстроечного резистора позволяет корректировать дальность обнаружения объекта. При установке регулятора в крайнее левое положение «+» дальность обнаружения объекта максимальна. Дополнительные сведения по настройке и установке ДД-МВ линейки 101–501 можно получить в [4].

Особенности установки и практического применения

Высота установки ДД-МВ анонсируется производителем 3 м при максимальной дальности действия 15–16 м. Однако на практике это не так. При авторских экспериментах в закрытых помещениях площадью 25–35 кв. м наибольшая чувствительность достигается установкой микроволнового датчика на высоте 2–2,2 м от пола. При этом он реагирует при установке максимальной чувствительности (на панели регулировки) фронтально на расстоянии 2,5 м от перемещающегося объекта. Угол сканирования также не соответствует описанию и приближается только к 120° .

«Плюсы» и «минусы»

В отличие от пирозлектрических детекторов, реагирующих на изменение ИК-поля, где сигналом на включение является изменение тепловой обстановки, микроволновый детектор реагирует на изменение радиочастотного (микроволнового, СВЧ) поля, излучает высокочастотные электромагнитные волны с частотой примерно

5,8 ГГц. Затем датчик реагирует на изменения в отражаемых волнах, которые могут вызываться перемещением объектов в контролируемой зоне. В отличие от инфракрасных и ультразвуковых дальномеров и датчиков движения, ДД-МВ не зависит от шума, пыли, температуры, освещения. Если устройство находится в помещении, оно может быть не связано с зоной освещённости (к примеру, освещение включается на улице). Это некоторый «плюс» с точки зрения безопасности и антивандальной недоступности. Стабильная работа ДД-МВ почти не зависит от температуры окружающей среды и объекта, в то время как инфракрасный работает неуверенно, если температура воздуха и объекта близки.

Среди отрицательных свойств микроволновых датчиков называют относительно высокую цену. Как у любых электронных датчиков, реагирующих на движение объекта в контролируемой зоне, у микроволновых случаются ложные срабатывания, что является их неустранимым пока недостатком. Из практических испытаний, проведённых автором в августе 2022 года, следует, что ДД-МВ типа 201 уверенно срабатывает на расстоянии до 10 м, если рабочей зоной (антенной) устройство направлено в нужную сторону, «по бокам», флангам устройство уверенно работает примерно на 4 м. Эти результаты позволяют предполагать, что данная линейка датчиков ориентирована на направленное действие, и имеет значение, как ориентирована антенна устройства – фронтально или иначе. В темноте присутствуют ложные срабатывания (возможно устранить настройкой LUX). Однако можно рекомендовать проверенные меры для уменьшения ложных срабатываний; об этом мы поговорим в следующей статье.

Литература

1. Кашикаров А.П. Электронные системы охраны с пирозлектрическими датчиками и способы их нейтрализации. М.: ДМК Пресс, 2015. 96 с.
2. Кашикаров А.П. Справочное пособие по системам охраны с пирозлектрическими датчиками. М.: РадиоСофт, 2016. 109 с.
3. Расшифровка степени защиты IP. Таблица и стандарты // URL: <https://electricps.ru/ingress-protection-ip>.
4. Инструкция по работе с ДД-МВ 101 и аналогичными // URL: <https://lk.iek.ru/api/store/5e29a9f1d2e8542745e9ab83.pdf>. 

ADVANTIX
ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Безвентиляторный компьютер 1U с резервированным питанием IPC-SYS8FN2

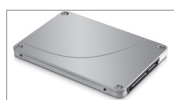
Плата управления питанием
PSC-200® AdvantiX



Компактный дизайн
Высота 1U,
для 19" стойки



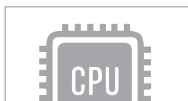
2x SSD 2,5"
с поддержкой
RAID 0/1



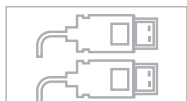
**Безвентиляторная
система
охлаждения**



**Высокая производи-
тельность**
Intel® Core™ i 8-9 Gen



Видеовыходы:
2x Display Port
1x HDMI



Слоты расширения:
1x PCIe
1x mPCIe
2x M.2



**Гибкие возмож-
ности питания:**
AC/DC с опцией
резервирования



- Чипсет Intel Q370
- Слоты расширения: 1x PCIe x16 полной высоты, половинной длины, 1x M.2 с поддержкой PCIe x4 и SATA3, 1x M.2 с поддержкой PCIe x1 и USB2.0, 1x mPCIe (Full/Half)
- Поддержка российских ОС Astra Linux, Alt Linux, РедОС

- Рабочая температура от +5°C до +40°C. Опционально доступны от -20°C до +60°C (AC-версия) или от -40°C до +60°C (DC-версия)
- Порты: 4x USB 3.1, 2x USB 2.0, 2x DP, 1x HDMI, 2x LAN (RJ-45), 2x RS-232/422/485, 2x RS-232 (опция)

