

УДК 004.3.122

АНАЛИЗ ЭКРАНИРУЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ*В. А. Детистов, Д. В. Литовчук, А. А. Мамшагов*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Основной темой данной статьи является анализ экранирующих систем электронных устройств. Проведен анализ способов экранирования электронных устройств. Отмечено, что защитные экраны позволяют в значительной степени уменьшить проникновение или практически полностью исключить воздействие электромагнитных полей на конструктивные особенности оборудования и электронные компоненты, а также всевозможные измерительные приборы и коммутационное оборудование. Приведены способы решения проблем возникновения помех, к которым относятся повышение уровня сигнал/шум, экранирование как эффективное средство уменьшения влияния помех, а также использование гальванической развязки, которая электрически разделяет защищаемое устройство и устройство, создающее помехи. Показано, что гальваническая развязка может быть выполнена на основе оптронов, а также применения устройств релейной развязки. Полученные результаты могут быть использованы при разработке экранирующих систем.

Ключевые слова: экран, электромагнитное поле, шум, помехи, гальваническая развязка.

ANALYSIS OF THE SHIELDING-ELECTRONIC SYSTEM'S DEVICES*V. A. Detistov, D. V. Litovchuk, A. A. Mamshagov*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The main topic of this article is the analysis of shielding systems of electronic devices. It is noted that protective screens can significantly reduce the penetration or almost completely eliminate the impact of electromagnetic fields on the design features of equipment and electronic components, as well as all kinds of measuring devices and switching equipment. There are ways to solve interference problems, which include increasing the signal / noise level, shielding as an effective means of reducing the influence of interference, as well as the use of galvanic isolation, which electrically separates the protected device and the device that creates interference. It is shown that galvanic isolation can be performed on the basis of optocouplers, as well as the use of relay isolation devices. The results obtained can be used in the development of shielding systems.

Keywords: screen, electromagnetic field, noise, interference, galvanic isolation.

Введение. На сегодняшний день проблема надежности и достоверности работы электронных приборов в некоторой степени определяется их помехозащищенностью по отношению к внутренним и внешним, регулярным и случайным помехам. Сегодня технический прогресс развивается стремительно и все больше и больше производится электронных устройств, которые следует защищать от негативных последствий помех. Актуальность проблемы заключается в защите устройств от различных помех, что способствует их правильному функционированию. Целью данной работы является выявление и анализ способов решения защиты электронных устройств от помех. Защитные экраны позволяют в значительной степени уменьшить проникновение или исключить полное воздействие электромагнитных полей на конструкцию оборудования, электронную аппаратуру, всевозможные измерительные приборы, кабели и т. д.

Шум и условия его появления. Шум — это сигнал, который появляется при работе устройства в электромагнитной среде и накладывается на полезный сигнал. Шум снижает точность измерений независимо от размера измеряемой величины. Такой вид шума, как флуктуации, не может быть полностью устранен. При борьбе с ним используют арифметическое усреднение сигнала и сужают полосу пропускания [1]. С такими шумами, как, например, радиочастотные помехи, борются другими способами. Один из них — фильтрация сигнала, немаловажным является и проектирование электрической схемы, при котором производятся расчеты прокладки элементов схемы, таких как силовые дорожки схем и провода. Как известно, в любом усилителе появляются шумы, поэтому стараются по возможности использовать малозумящие усилители, т. к. это один из наиболее рациональных способов. Особенно важно бороться с шумами, которые попадают в схему по линиям питания. Например, наводящие токи от сети переменного напряжения имеют форму в виде пиков, а форма амплитуды постоянна. В системе двигателя автомобиля, а именно в системе зажигания, наблюдается более широкая форма сигналов, а амплитуда имеет явные всплески. Высокочастотные станции, такие как радио- и телестанции вещания, станции сотовой связи, могут создавать помехи, которые попадают в схему устройства по линиям питания и линиям приема и передачи информации. Еще одним способом проникновения являются емкостные связи, а также магнитная связь с замкнутыми контурами, находящимися внутри схемы (при этом уровень полного сопротивления не важен), и электромагнитные связи с проводами, работающими как антенны для электромагнитных волн. Каждый из этих механизмов может передавать сигнал по всей схеме.

Исключение помех. На практике невозможно исключить помехи внутри схемы полностью. Для максимального подавления шумов используют повышение уровня входящего сигнала, благодаря чему увеличивается отношение сигнал/шум. Довольно большое значение также имеют и внешние условия: прибор, работающий на стенде, может быть подвергнут помехам в месте, для него не предназначенном [2]. Некоторые внешние условия, которых стоит избегать:

- близкое расположение радио- и телестанций (РЧ-помехи);
- близкое расположение линий метро (импульсные помехи);
- соседство высоковольтных ЛЭП (могут вызвать шипение эфира);
- соседство мощных электроприводов (всплески напряжения в линии электропитания);
- соседство с мощными силовыми трансформаторами (наводящие токи, вихревые токи);
- близкое расположение электросварных устройств и аппаратов (проседание и всплески в линии питания).

Экранирование. Экранирование — способ подавления эфирных помех. Обычно таким экраном служит сам корпус, в котором находится защищаемое электронное устройство. Если корпус выполнен из диэлектрического материала, подавление помех будет крайне мало. Чтобы этого избежать, корпуса изделий выполняют из токопроводящих материалов и подключают к нему один из полюсов питания. В экраны помещают не только защищаемые устройства, но и устройства, создающие помехи и шумы. Если усилитель является очень чувствительным к помехам, он помещается в экранирующий корпус, как и высокоточные измерительные и преобразовывающие устройства. Корпуса электронных устройств имеют отверстия, которые служат для установки разъемов, радиаторов, систем вентиляции и охлаждения. Через эти отверстия, иногда и щели, могут проникать электромагнитные помехи. При разработке корпусов этому уделяют особое внимание, производятся расчеты для выявления основных путей прохождения электрических полей. В зависимости от угла приложения поля к отверстию корпуса наблюдаются разные эффекты проницаемости. Так, при перпендикулярном приложении

магнитного поля негативный эффект практически отсутствует, а при перпендикулярном приложении электрического поля в схеме будут наблюдаться помехи и шумы, и чем ближе к отверстию находится чувствительный элемент схемы, тем больший вред он может получить. Чем больше в устройстве находится разъемных соединений, тем меньший эффект будет наблюдаться от экранирующего корпуса. На это влияет контактное сопротивление разъема, именно поэтому его контакты покрываются высокопроводящими металлами и сплавами (например, золотом или серебром).

Использование гальванической развязки. Так как корпус устройства может выполнять роль одного из контактов питания схемы, при подключении к нему мощных электрических систем могут появляться всплески и броски напряжения, что приводит к появлению помех. Эти коммутации больших токов негативно сказываются на работе устройства [3]. Для предотвращения такого влияния используют гальваническую развязку. Она электрически разделяет защищаемое устройство и устройство, создающее помехи (рис. 1). При этом каждое устройство должно иметь свой источник питания, а не общий для всех [4].

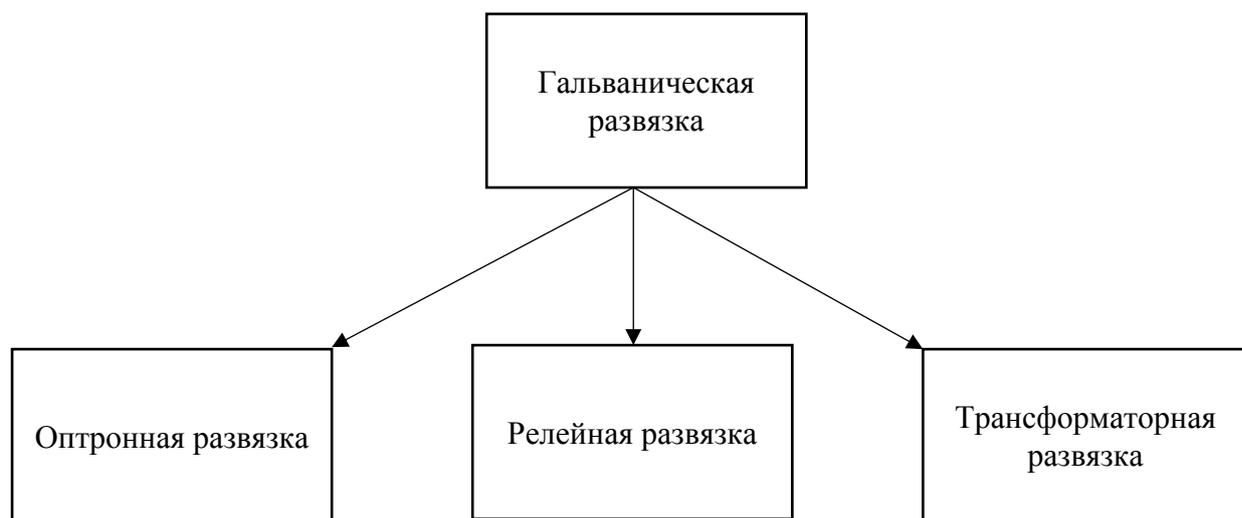


Рис. 1. Типы гальванических развязок

Гальваническая развязка обеспечивает также правильную работу устройств, имеющих разные потенциалы, в противном случае устройство может попросту выйти из строя [5]. Если устройства полностью электрически развязаны, стоит задача обмена информацией между ними. Для этого существует гальваническая развязка цепей информации. Устройством обмена обычно служит оптическая пара, называемая оптроном. Оптрон — электронный прибор, заключающий в своем корпусе оптическую пару, которая состоит из светодиода и фотодиода, чувствительного к оптическому излучению. Электромагнитные поля по своей природе не могут влиять на оптическое излучение. Благодаря этому оптроны не подвержены электромагнитным полям, и входные и выходные напряжения никак не связаны.

Оптрон в системе экранирования работает как передатчик цифровой информации, то есть логической единицы и логического нуля, чему и соответствует состояние светодиода, единица — светодиод включен, нуль — светодиод выключен (ток не протекает). В выключенном состоянии диода ток в фотодиоде практически отсутствует [6]. При получении кванта света фотодиод переходит в стадию насыщения, и ток через него протекает, но отличие от обычного диода заключается в обратном прохождении тока. Обычно этот сигнал усиливается с помощью транзистора. Еще одним способом является релейная развязка. Она обычно применяется в цепях с большими токами [7]. Принцип действия заключается в подаче управляемого сигнала на катушку

реле, а через его контакты проходит ток исполнительного механизма. Как и в системах усиления, при недостаточной мощности используют второй каскад, в релейной развязке это двухтактная релейная развязка. Она в основном используется при коммутировании цепей переменного тока (как однофазных, так и трехфазных), при этом катушка реле может быть запитана тем же самым переменным напряжением. Такие реле называют пускателями, они часто устанавливаются в электрические цепи электродвигателей. Также через пускатели могут быть подключены другие мощные потребители (нагревательные элементы).

Для передачи аналоговых сигналов применяется трансформаторная развязка. В силу своего устройства трансформатор может работать только с импульсными и переменными сигналами. Схема такой развязки содержит устройство, называемое модулятором, для преобразования медленно изменяющегося сигнала (аналогового) в импульсный (цифровой) и устройство, называемое демодулятором, которое производит обратное изменение сигнала. В качестве цифрового сигнала используется широтно-импульсный, благодаря которому на выходе развязки мы можем получить сигнал, максимально схожий с входным. Трансформатор выполняет главную роль, электрически развязывает входные цепи и цепи выхода сигнала.

Заключение. На основании проведенного анализа установлено, что закономерности, позволяющие рассмотреть процесс выбора способа экранирования и его параметров, описаны недостаточно, поэтому требуется проведение дополнительных исследований.

Библиографический список

1. Кечиев, Л. Н. Экранирование технических средств и экранирующие системы. / Л. Н. Кечиев, Б. Б. Акбашев, П. В. Степанов. — Москва : Группа ИДТ, 2010. — 469 с.
2. Бишоп, Оуэн. Электронные схемы и системы ; пер. с англ. / Оуэн Бишоп. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 575 с.
3. Электромагнитная совместимость [Электронная версия] / Академический совет по научной работе департамента электронной инженерии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». — Режим доступа: <https://miem.hse.ru/edu/ee/council/emc> (дата обращения: 27.11.2019).
4. Харлов, Н. Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике / Н. Н. Харлов. — Томск : Изд-во ТПУ, 2007. — 207 с.
5. Хабигер, Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике / Э. Хабигер; перевод с нем. И. П. Кужекина; под ред. Б. К. Максимова. — Москва : Энергоатомиздат, 1995. — 294 с.
6. Оптроны и их применение [Электронный ресурс] / Справочник по электронным компонентам. — Режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/opto/optron_1.htm (дата обращения: 27.11.2019).
7. Барнс, Дж. Электронное конструирование: методы борьбы с помехами / Дж. Барнс; пер. с англ. В. А. Исаакяна; под ред. Б. Н. Файзулаева. — Москва : Мир, 1990. — 237 с.



Об авторах:

Детистов Владимир Анатольевич, доцент кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, v-detistov@mail.ru

Литовчук Дмитрий Васильевич, магистрант кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), dimka9_6@mail.ru

Мамшагов Алибек Артурович, магистрант кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), mamshagov97@bk.ru

Authors:

Detistov, Vladimir A., master degree student, the Department of electrical Engineering and electronics, Don State Technical University (1, Gagarina sq., Rostov-on-Don 344003, RF), v-detistov@mail.ru

Litovchuk, Dmitriy V., master degree student, the Department of electrical Engineering and electronics, Don State Technical University (1, Gagarina sq., Rostov-on-Don 344003, RF), dimka9_6@mail.ru

Mamshagov, Alibek A., master degree student, the Department of electrical Engineering and electronics, Don State Technical University (1, Gagarina sq., Rostov-on-Don 344003, RF), mamshagov97@bk.ru