**Практическое занятие № 4**

|  |  |
| --- | --- |
| **Тема: Обеспечение электромагнитной совместимости.**  Для обеспечения электромагнитной совместимости необходимы ликвидация или максимальное ослабление влияния помех, источников нежелательных сигналов на элементы конструкции.    *Задание*  Рассчитать:  - сопротивление проводника;  - допустимый ток в печатном проводнике;  - емкость между двумя выбранными проводящими элементами;  - собственную индуктивность печатного проводника;  - индуктивность двух параллельных печатных проводников.  *Теоретические сведения*  Помехой является непредусмотренный при проектировании ЭС сигнал, способный вызвать нежелательное воздействие, выраженное в виде нарушения функционирования, искажения передаваемой информации. Помехами могут быть напряжение, токи, электрические заряды, напряженность поля и др. Источники помех весьма многообразны по физической природе и подразделяются на внутренние и внешние.  Внутренние помехи возникают внутри ЭС. Источниками электрических помех являются блоки питания, цепи распределения электроэнергии, термопары, потенциалы, возникающие при трении.  Источниками магнитных помех являются трансформаторы, дроссели и пр. При наличии пульсаций выходного напряжения вторичных источников электропитания цепи распределения электроэнергии, тактирующие и синхронизирующие цепи следует рассматривать как источники электромагнитных помех. Значительные помехи создают электромагниты, электрические двигатели, реле и электромеханические исполнительные механизмы устройств ввода и вывода информации ЭС. Внутренними помехами являются помехи от рассогласования волновых сопротивлений линий связи с входными и выходными сопротивлениями модулей, которые эти линии соединяют, а также помехи, возникающие по земле.  Внешними помехами являются помехи сети электропитания, сварочных аппаратов, щеточных двигателей, передающей электронной аппаратуры и пр., а также помехи, вызванные разрядами статического электричества, атмосферными и космическими явлениями, ядерными взрывами. Действие на аппаратуру внешних помех по физической природе аналогично действию внутренних помех.  Приемниками помех являются высокочувствительные усилители, линии связи, магнитные элементы, характеристики которых изменяются под действием полей рассеивания источников помех. Помехи могут проникать в ЭС непосредственно по проводам или проводникам (гальваническая помеха), через электрическое (емкостная помеха), магнитное (индуктивная помеха) или электромагнитное поля. Многочисленные проводники, входящие в состав любой аппаратуры, можно рассматривать как приемопередающие антенные устройства, принимающие или излучающие электромагнитные поля.  Гальваническая связь возникает в результате протекания токов и падения напряжений на электрических соединениях конструкций. Радикальным способом устранения гальванической помехи является устранение цепей, по которым проходят совместные токи питания и земли как чувствительных к помехам схем, так и сравнительно не чувствительных мощ­ных схем. Таким образом, по проводам, связывающим модули в систему, передаются как полезные сигналы, так и сигналы помехи. Эффективным схемным средством селективного ослабления помехи при отсутствии ослабления и искажения сигнала является использование помехоподавляющих фильтров.  Для ослабления нежелательного возмущающего поля в некотором ограниченном объеме до приемлемого уровня в конструкцию включаются экраны.  Возможны два варианта защиты. В первом случае экранируемая аппаратура размещается внутри экрана, а источник помех - вне его, во втором - экранируется источник помех, а защищаемая от помех аппаратура располагается вне экрана. Первый вариант используют при защите от внешних помех, второй - внутренних. В обоих вариантах в качестве экранов используются металлические оболочки.  При выполнении линий передачи схемы печатным способом вводятся экранирующие трассы, коммутируемые с шиной нулевого потенциалаи выполняющие функции экранов проводов. Если источник помехи расположен на соседней плате, то защита схемы экранирующей трассой невозможна. |  |
| *Обеспечение электромагнитной совместимости печатных плат.* |  |

С уменьшением времени переключения (в микроэлектронных изделиях оно составляет единицы наносекунд) большое значение имеют степени влия­ния линий связи (сопротивления, емкости, индуктивности и т.д.) друг на друга (паразитная емкость, взаимоиндуктивность и т.д.).

Постоянный ток в печатных проводниках распределяется равномерно по его сечению при условии, что материал проводника однороден и не имеет локальных посторонних включений других веществ.

В электронных средствах печатные проводники, электрически объединяющие те или иные элементы схемы, проходят на достаточно близком расстоянии друг от друга и имеют относительно малые размеры сечения. При большом времени переключения и малых тактовых частотах параметры печатных проводников, соединяющие вводы одних элементов со входами других, не оказывают существенного воздействия на быстродействие всей схемы в целом и на помехоустойчивость элементов.

Сопротивление проводника R, Ом, рассчитывается по формуле:

где — удельное объемное электрическое сопротивление проводника,

который равен 0,0175 мкОм/м;

— длина проводника, мм;

– ширина проводника, мм;

– толщина проводника, мкм.

Допустимый ток в печатном проводнике , мА, находим по формуле:

где – допустимая плотность тока, которая равна 48 А/мм2.

Для расчета паразитной ёмкости выбирается участок, где она наибольшая.

Емкость С между двумя выбранными проводящими элементами определяется формуле:

С =

где – длина участка, на котором проводники параллельны друг другу, мм.   
*а* – толщина диэлектрика, мм

*b* – ширина проводника, мм

*tn* – толщина проводника, мм

 – диэлектрическая проницаемость среды между проводниками, расположенных на наружных поверхностях платы, покрытой лаком, определяется по формуле:

где ξп и ξл- диэлектрические проницаемости материала платы и лака

(для стеклотекстолита ξП = 6, для лака ξЛ = 4).

Для расчета паразитной индуктивности проводников печатной платы, рассчитывается собственная индуктивность печатного проводника, по формуле:

,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где *ln* – длина участка проводника, мм;

*b* – ширина проводника, мм;

*tn* – толщина проводника, мм.

Индуктивность двух параллельных печатных проводников расположенных с одной стороны печатной платы с зазором и с противоположным направлением тока в них рассчитывается по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

где *ln* – длина участка, на котором проводники параллельны друг другу, мм;

*b* – ширина проводника, мм;

*tn* – толщина проводника, мм;

*а* – толщина диэлектрика, мм.

Если полученные значения паразитной емкости и индуктивности малы, то ими можно пренебречь и дополнительных мер по ее устранению предпринимать не следует.

На основании анализа элементной базы и ее электрических характеристик нужно сделать вывод, о влиянии возможных внутренних помех, оказывающих влияние на работоспособность проектируемого электронного средства. С учетом условий эксплуатации проектируемого электронного вычислительного средства сделать вывод о влиянии возможных внешних помех.

Отчет по практическому занятию выполняется в виде электронного документа и помещается в личную папку студента.

*Список рекомендуемых литературных источников*

1. Л.А. Брусницына, Е.И. Степановских.  Технология изготовления печатных плат. Учебное пособие. 2015 г. 200 с.

2. Л.Н. Кечиев. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. 2007 г., 616 с.

3. Кечиев, Л.Н. Электромагнитная совместимость и информационная

безопасность в системах телекоммуникаций / Л.Н. Кечиев, П.В. Степанов.

– М.: Издательский Дом "Технологии", 2005. – 320 с.

4. А.Н. Гормаков, Н.А. Воронина. Конструирование и технология

электронных устройств приборов. Печатные платы. 2006 г.,164 с.

5. Е.В. Пирогова. Проектирование и технология печатных плат. 2005г., 560 с.

6. Уилльямс, Т. ЭМС для разработчиков продукции / Т. Уилльямс; пер. с

англ. под ред. Л.Н. Кечиева. – М.: Издательский Дом "Технологии",

2003. – 540 с.