

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА – РЕГИОНАМ»

11-12 апреля 2016 года

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621.049.75:006.354

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Мухамедьянов Э.Р.

Научный руководитель Матвеев В.В.

Уральский государственный горный университет

Спрос на печатные платы продолжает расти, в связи с этим качество продукта должно быть соответствующим. Поэтому необходим технологический контроль для оценки качества печатной платы, так как ряд скрытых дефектов можно обнаружить только в ходе изготовления. Приёмка плат осуществляется по техническим условиям (ТУ), разрабатываемым предприятием-изготовителем на основании отечественных стандартов.

При выполнении работы были поставлены ряд вопросов, таких как: зачем нужны испытания; почему мы должны тратить деньги на испытания; зачем испытывать готовую продукцию.

Ответ состоит из нескольких частей. Первое допущение – не все печатные платы имеют хорошее качество. Даже, несмотря на совершенствование процессов производства и широкий спектр программ по улучшению качества продукции, всё же в ходе испытаний выявляется брак, поэтому, чем раньше он будет выявлен, тем меньше будут потери от его последствий. Второе допущение – преимущество испытаний является совершенствование процессов и, следовательно, сокращение расходов. При выявлении брака данные могут быть количественно проанализированы различными способами, а затем приняты меры к исправлению на одном или нескольких уровнях.

Одним из этапов жизненного цикла изделия является тестирование. На этой стадии выполняют процессы испытаний образцов печатных плат. Последовательность проведения испытаний печатных плат показана на рисунке 1.

Все испытания должны проводиться в нормальных атмосферных условиях: температура 15-35 °С, относительная влажность 45-75%, атмосферное давление 86-107 кПа. Для испытаний используют как готовые печатные платы, так и специальные тест – купоны.

При выполнении процесса визуального осмотра выполняют процедуры контроля поверхности нефольгированных и фольгированных материалов, гибких материалов для печатных плат на наличие и размеры раковин и включений. В этом процессе осуществляют оценку качества готовых печатных плат и структуры сквозных металлизированных отверстий.

При контроле размеров проводят операции по механическим и оптическим способам оценки, а также осуществляют контроль размеров просверленных, металлизированных отверстий, расположения отверстий, проводников и толщину металлического покрытия в металлизированных отверстиях.

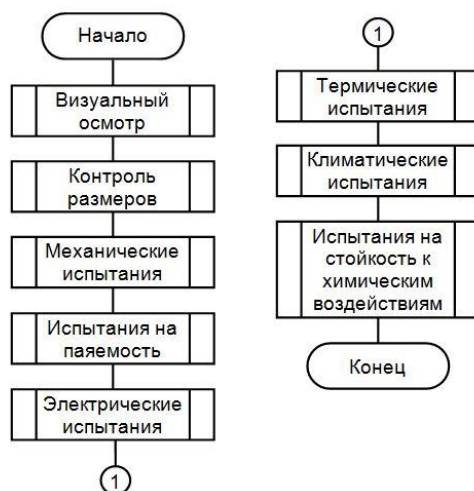


Рисунок 1 – Методы испытаний печатных плат

При механических испытаниях определяют адгезию проводников к материалу основания, прочность на отслаивание, определяют предел прочности при растяжении и удлинении медного покрытия, отрыв контактных площадок и вырыв покрытий из сквозных металлизированных отверстий, а гибкие печатные платы проверяют на усталость от изгиба.

В процессе электрических испытаний выполняют процедуры по контролю импеданса, сопротивлению проводников, сквозных металлизированных отверстий, межслойных соединений, целостности электрической цепи, коротких замыканий, сопротивление и электрическую прочность изоляции наружных слоев и между слоями печатной платы, а также проводят испытания током сквозных металлизированных отверстий и проводников.

При термических испытаниях определяют, выдерживают ли металлизированные отверстия перегрев, который может произойти в процессе сборки или ремонта электронного блока. В качестве тестового образца применяется или печатная плата целиком, или тестовый купон, который содержит как минимум три отверстия минимального диаметра (в соответствии с тестируемой платой).

Целью климатических испытаний является оценка воздействия максимально возможных положительных и минимальных отрицательных температур, а также циклически изменяющихся температур окружающей среды. Все климатические испытания проводят без электрической нагрузки.

При оценке химической стойкости печатных плат изделия подвергают воздействиям растворителей и флюсов.

Описание методов и технических средств испытаний приводят в технических условиях на изделие [1] и стандартах [2].

Большинство проблем, связанных с испытанием изделия, становятся решаемыми, если им уделяется достаточное внимание на этапе проектирования устройств. Это предполагает высокое качество сборки, распознавание видов и причин появления дефектов на различных технологических переходах для оперативного исправления брака.

Таким образом, испытания печатных плат являются неотъемлемой и необходимой частью жизненного цикла печатных плат. Так же благодаря испытаниям происходит совершенствование процессов испытаний и технический прогресс, и как следствие сокращение расходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 23752-79. Платы печатные. Общие технические условия. -М.: Издательство стандартов, 1991.- 34 с.
2. ГОСТ 23752.1-92. Платы печатные. Методы испытаний. -М.: Издательство стандартов, 1992.- 58 с.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ: А) ОБРАТНОХОДОВАЯ ТОПОЛОГИЯ; Б) ДВУХТАКТНЫЙ ИП С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ

Данилова Ю.С., Охапкин А.Ю.

Уральский государственный горный университет

Тема доклада посвящена импульсным источникам питания, в связи с исключительной актуальностью этой части электронной схемотехники. Действительно, источник питания является неотъемлемой частью абсолютно любого электронного устройства, действие которого и есть не что иное, как процесс преобразования энергии источника питания.

В технической литературе, посвящённой ИП, обычно приводится сравнение сетевых, импульсных и классических ИП с сетевым трансформатором и делается однозначный вывод о безусловном преимуществе импульсных ИП. Однако это утверждение будет справедливым только при условии, что все элементы схемы импульсного ИП рассчитаны корректно, последовательно, а результаты проверены тщательным макетированием.

Основой доклада является методика расчета элементов схемы импульсного ИП на базе, так называемой обратноходовой топологии. Предлагаемая методика несколько отличается от описанных в литературе, а модернизация направлена на существенное снижение паразитных индуктивностей рассеяния импульсного трансформатора. В качестве иллюстрации выполним расчёт, ориентируясь на использование ИП в качестве серии лабораторных установок курса «Схемотехника устройств управления».

Исходными данными являются: U_c – напряжение сети, $220 \pm 15\%$ В; U_n – напряжение на нагрузке, 12 В; $I_{нн}$ – максимальный ток нагрузки, 5 А; $f_{пр}$ – постоянная частота преобразования, 180 кГц; D_{max} – максимальное значение коэффициента заполнения, 0,5; η – ориентировочный КПД, 85%.

Расчет проведем по полной принципиальной электрической схеме проектируемого источника питания с выпрямителем на входе и емкостным фильтром (VD1...VD4, C2).

В первую очередь необходимо определить максимально возможный диапазон входного выпрямленного напряжения. Если принять амплитуду пульсаций, равную 50 В и с учетом пятнадцатипроцентного колебания сетевого напряжения получим: $U_{вх\ min} = 204$ В и $U_{вх\ max} = 356$ В.

Рассчитаем емкости конденсатора входного сглаживающего фильтра

$$T_{разр} = R_n C_\phi = \frac{0,01 U_{вх}}{\Delta U_n} = \frac{0,01 \cdot 200}{50} = 0,04 \text{ с}; R_n = \frac{U_{вх\ min}^2}{P} = \frac{200^2}{100} = 400 \text{ Ом};$$

$$C_\phi = \frac{0,04 \cdot 10^6}{400} = 100 \text{ мкФ.}$$

Находим необходимый энергетический ресурс импульсного трансформатора и, далее числа витков его обмоток. Энергия, накопленная в первом такте (t_1) должна соответствовать максимальной мощности в нагрузке

$$A = \frac{L_1 I_n^2}{2}; P = \frac{A}{T}, \text{ откуда } L_1 I_n^2 = 2PT.$$

Сразу найти пиковый ток не удастся, поэтому используем еще одно уравнение, связывающее все эти же величины (например, закон электромагнитной индукции)

$$U_{вх} = L \frac{dI}{dt} = L_1 \frac{I_n}{t_1}$$

Выбираем выпрямительный диод на выходе источника питания. Максимальное обратное напряжение на диоде при максимальном входном

$$U_{обр\ max} = U_{вх\ max} \cdot n = 356 \cdot 0,065 + 12 \cong 36 \text{ В}; i_{пр} = I_{н\ max} = 8 \text{ А.}$$

Принимаем к установке диод с барьером шотки типа КД2997В:
 $I_{пр\ доп} = 20 \text{ А}, U_{обр\ max} = 100 \text{ В.}$

Находим из обоих уравнений L и приравниваем, выражая пиковый ток

$$L = \frac{2PT}{I_{\text{п}}^2} = \frac{U_{\text{вх}} t_1}{I_{\text{п}}}; I_{\text{п}} = \frac{2PT}{U_{\text{вх}} t_1} = \frac{2P}{U_{\text{вх}} D}$$

Принимаем: коэффициент заполнения импульса D равный максимально возможному значению $D = 0,5$; минимальное входное напряжение (200 В) и максимальную мощность 100 Вт.

$$I_{\text{п}} = \frac{2 \cdot 100}{200 \cdot 0,5} = 2 \text{ А.}$$

Чтобы выбрать обмоточный провод нужно выбрать действующее значение тока I . Для пилообразной формы

$$i_1 = I_{\text{п}} \sqrt{D/3} = 2 \sqrt{0,5/3} = 0,82 \text{ А}; d_1 = 1,13 \sqrt{i_1/j} = 1,13 \sqrt{0,82/4} = 0,5 \text{ мм.}$$

Для мощности 100 Вт на частоте 100 кГц выбираем из справочника ферритовый сердечник марки 2500НМС типоразмера Ш7×7: сечение $S_{\text{ст}} = 0,72 \text{ см}^2$; длина силовой линии $l_{\text{д}} = 10 \text{ см}$; ширина каркаса $l_{\text{к}} = 2,9 \text{ см}$; среднее значение проницаемости $\mu = 2000$.

Определим необходимую индуктивность первичной обмотки

$$L = \frac{U_{\text{вх}} \cdot t_1}{I_{\text{п}}} = \frac{200 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{2} = 500 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} = 500 \text{ мкГн.}$$

Из важнейшего в данной топологии условия минимума индуктивности рассеяния пытаемся уместить всю обмотку в один слой.

$$W = \frac{l_{\text{карк}}}{d_{\text{пров}}} = \frac{29 \text{ мм}}{0,5} = 58 \text{ вит}; B_{\text{max}} = \frac{U t_1}{W_1 S_{\text{ст}}} = \frac{200 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{58 \cdot 0,72 \cdot 10^{-4}} = 0,239 \text{ Т.}$$

Теперь прежде всего нужно проверить на возможность магнитопровода обеспечить заданную максимальную мощность (по величине максимальной индукции).

Индукции технического насыщения материалом 200НМ-3 равна 0,45 Т, а на частоте 100 кГц допустимое значение равно 0,5 B_{max} , следовательно такой вариант намотки вполне возможен.

Рассчитываем число витков вторичной обмотки, которая должна обеспечить в такте отдачи энергии 12 В + $\Delta U_{\text{диод}} = 13 \text{ В}$, $n = W_2/W_1 = U_2/U_1 = 13/200 = 0,065$.

Число витков $W_2 = n \cdot W_1 = 0,065 \cdot 58 = 3,77$. Принимаем $W_2 = 4 \text{ вит}$, с учётом возможных потерь. Действующее значение вторичного тока равно току нагрузки (8 А).

Диаметр провода вторичной обмотки

$$d_2 = 1,13 \sqrt{8/4} = 1,13 \cdot 1,41 = 1,6 \text{ мм}; S_{\text{пров}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \text{ мм}^2, \frac{2}{0,2} = 10.$$

Используем в качестве обмотки W_2 жгут из 10 жил эмалированного провода $d = 0,5 \text{ мм}$.

Для определения емкости выходного конденсатора $C_{\text{ф}}$ необходимо использовать пиковое значение вторичного тока. Для $D = 0,5$, пиковое значение составит $I_{\text{п}}/0,5 = 0,5 \cdot 0,5 = 32 \text{ А}$.

Этот ток, втекая в конденсатор, создает падение напряжения на полном сопротивлении $Z = X_c + \text{ЭПС}$, которое и является амплитудой пульсаций ($\Delta U_{\text{п}}$) с частотой преобразования. Если принять $\Delta U_{\text{п}} = 200 \text{ мВ}$, то полное сопротивление $Z = 0,2/32 = 0,00625 \text{ Ом}$.

Обычно принимается, что ЭПС составляет 2/3, а емкостное сопротивление $X_c = 1/3$ от полного. Тогда $X_c = 0,002 \text{ Ом}$ и

$$C = \frac{1}{2\pi f_{\text{пр}} X_c} = \frac{1 \cdot 10^6}{6,28 \cdot 10^5 \cdot 0,002} = 796 \text{ мкФ.}$$

Требованиям к току пульсаций удовлетворит 10 параллельно соединенных конденсаторов серии WA фирмы Panasonic с номиналами 82 мкФ на 16 В.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б.Ю. Семенов. Силовая электроника. М.: Солон-Пресс, 2015.
2. Под редакцией Ю.И. Конева. Источники вторичного электропитания. М.: Радио и связь, 1983.
3. Раймонд МЭК. Импульсные источники питания. М.: ДОДЭКА – XXI, 2008.
4. Марти Браун. Источники питания. М.: МК-Пресс, Киев, 2005.

Схема устройства ИЧХ показана на рисунке 2. Два генератора с кварцевой стабилизацией на достаточно высокой частоте (27 МГц) выполнены по схеме индуктивной трехточки на транзисторах VT1 и VT2. Генератор на VT2 может изменить свою частоту с помощью периодически изменяемой емкости варикапа VD1. Периодическое изменение емкости обеспечивается действием на варикапе пилообразного напряжения, вырабатываемого схемой на операционных усилителях DA1.1 и DA1.2.

Схема на DA1 – это несимметричный мультивибратор, вырабатывающий на выходе прямоугольные импульсы с частотой 3-4 тыс. герц. На зарядном конденсаторе формируется напряжение близкое по форме к пилообразному, т.к. используется начальный участок экспоненты его заряда (и разряда). Амплитуда (приблизительно 1,2 В) определяется пороговым напряжением на неинвертирующем входе ОУ. Затем этот сигнал усиливается примерно в 11 раз с помощью ОУ2 и подается как развертывающее (управляющее) напряжение на варикап.

Выходные напряжения обоих кварцевых генераторов подаются на двойной балансный смеситель, выполненный на диодах VD2...VD5. Отфильтрованный от высокочастотных составляющих сигнал разностной частоты (0...3000 Гц) усиливается микросхемой DA3 и поступает на выход устройства ИЧХ.

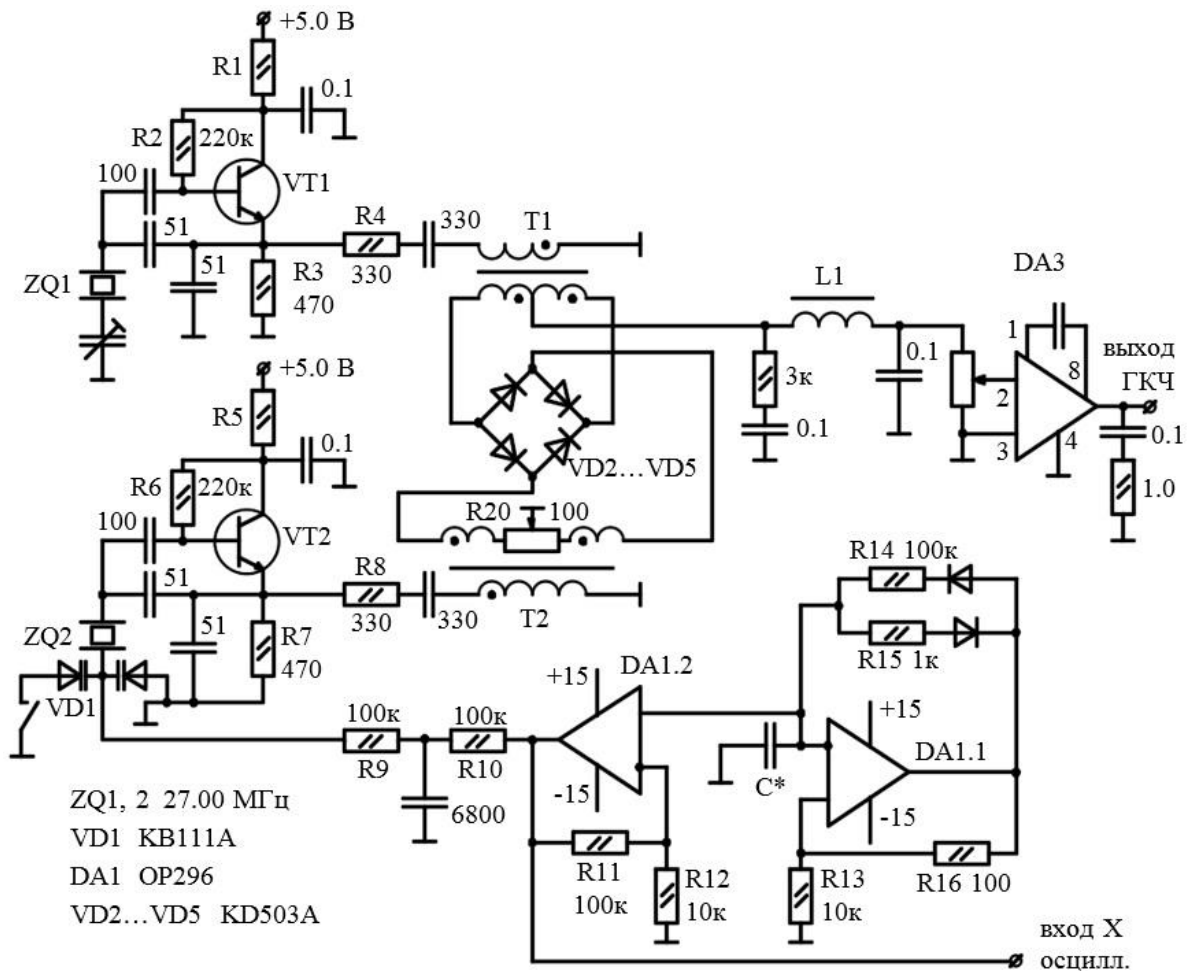


Рисунок 2 – Схема генератора качающейся частоты (0...5 кГц)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марти Браун. Источники питания. М.: МК-Пресс, Киев, 2005.
2. Раймонд Мэк. Импульсные источники питания. М.: Додэка, 2008.
3. Под редакцией Ю.И. Конева. Источники вторичного электропитания. М.: Радио и связь, 1983.

ЭКВИВАЛЕНТНОЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Казанцев Е.В.

Уральский государственный горный университет

Компоненты силовой электротехники очень сильно улучшили и продолжают улучшать свои характеристики; те характеристики, которые очень важны для импульсных источников электропитания, электронной аппаратуры. Мощные полевые транзисторы (MOSFET), практически вытеснили биполярные транзисторы из этой сферы. Многие фирмы выпускают магнитные элементы с очень хорошими характеристиками, быстродействующие диоды с барьером Шоттки выпускаются практически на любые токи и напряжения до 150В. Выпускается широкий выбор специализированных микросхем управления для импульсных источников питания, включая специализированные драйверы, позволяющие обойтись без трансформаторов в цепях управления ключевыми транзисторами. Оптроны, необходимые для гальванической развязки, выпускают с самыми разными функциональными возможностями и т.д. [1]

Однако оксидные конденсаторы, необходимые для выходных фильтров остаются пока часто головной болью для разработчиков импульсных источников питания.

Как выяснилось, конденсаторы при работе на высокой частоте оказываются далеко не идеальными, то есть кроме ёмкостного сопротивления (чисто реактивного) обладают активными потерями, которые принято характеризовать так называемым «эквивалентным последовательным сопротивлением» сокращённо ЭПС. Причём пока в литературе нет никаких либо исследований по поводу количественной зависимости ЭПС от частоты. Необходимо сказать, что диапазон частот, используемый для преобразования в импульсных источниках питания, давно перешёл стандартный, долгое время, рубеж 40кГц. Теперь частота преобразования 100кГц уже не считается слишком высокой. Есть микросхемы обеспечивающие 247кГц, и, даже 800кГц. Таким образом, величина ЭПС превратилась в важный параметр конденсаторов, хотя большинство фирм которые выпускают конденсаторы, не указывают в данных величину ЭПС.

Хотя с другой стороны, разработчики ИИП рассчитывают ёмкость конденсаторов сглаживающих фильтров, именно ориентируясь на ЭПС как параметр!

Действительно, выходной переменной ИИП является импульсный ток, чаще всего пилообразной формы и величины амплитуды в несколько ампер и больше. Этот ток втекает в конденсатор сглаживающего фильтра, поддерживая на нём нужное напряжение, создавая падения напряжения на ёмкостном сопротивлении и ЭПС. Это падение напряжения и есть амплитуда пульсаций выходного стабилизированного напряжения. Разработчик сам выбирает соотношения между ЭПС и ёмкостным сопротивлением, (обычно как 2/3 (ЭПС) и 1/3 (X_c)). [2]

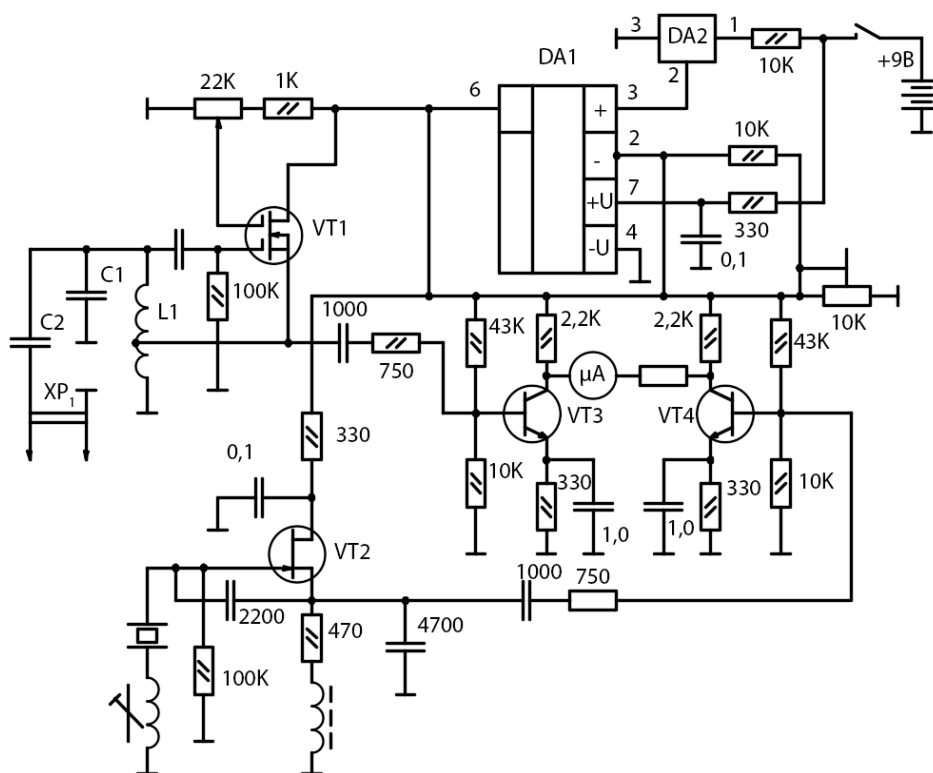
Всё это говорит о том, что необходимо иметь средства для измерения ЭПС конденсаторов.

Возможно, промышленность выпускает такие приборы, но нам нужны данные ЭПС для встраивания в лабораторный учебный стенд, для изучения импульсных источников питания и сопутствующих компонентов, включая конденсаторы сглаживающих фильтров. Кроме того по заданию устройство должно позволять тестировать конденсаторы, во первых, без выпаивания из схемы, где он установлен и, во вторых, на двух как минимум частотах (50 кГц и 250 кГц).

Поскольку речь идёт уже о радио частотах, было решено применить так называемый адорбционный метод, который применяется в хорошо известном радиочастотном приборе, называемом «гетеродинный индикатор резонанса» (ГИР).

Принцип заключается в том, что изменяя режим работы высокочастотного генератора, его части и частота исследуемого и связанного с ним колебательного контуре совпадают, происходит перенос энергии из генератора в исследуемый контур, что и фиксируется как изменение режима постоянного тока схемы генератора.

Тот же самый эффект должен возникнуть если в состав генератора внести активные потери в виде активного сопротивления, а величину реакции на разные сопротивления тщательно откалибровать, то получим прибор для измерения ЭПС. (нам необходим диапазон по ЭПС 0,05-50 Ом)



DA1 544UD2A; DA2 AD680; VT1 КП350А; VT2 КП202В; μA – М24(100мкА); VT3, VT4 ЛЕ3102Б; L1 – 40 мкГн; C1+C2=0,0мкф.

Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема измерительного генератора

Измерительный генератор построен по схеме индуктивной трёхточки обладающей надёжным самовозбуждением в широкой полосе частот. Колебательный контур, задающий частоту образован индуктивностью L1 и другими конденсаторами C1 и C3 причём C3 включается последовательно с проверяемым конденсатором C_x. Двухзатворный транзистор VT1 обеспечивает плавный подход к порогу самовозбуждения. Второй генератор, с кварцевой стабилизацией частоты выполнен на транзисторе VT2 по схеме емкостной трёхточки и имеет ту же частоту. Сигналы с обоих генераторов поданы на 2 усилителя (VT3 и VT4). При точном совпадении частот и уровней сигналов с генераторов, измерительный прибор показывает ноль, а при отклонении выходного напряжения измерительного генератора – уровень ЭПС проверяемого конденсатора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б.Ю. Семёнов «Силовая электроника» М.: солон-пресс, 2015.
2. Раймонд Мэк «Импульсные источники питания» М.: ДОДЭКА, 2008.
3. И. Платошин «Измеритель ЭПС оксидных конденсаторов» Радио, 2008 №8, с18.

О КРИТЕРИЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО ОПОВЕЩЕНИЯ

Полькин К.В.

Научный руководитель Лапин Э.С., докт. техн. наук, профессор
Уральский государственный горный университет

В последнее время ассортимент рынка изделий в области систем безопасности, а так же аппаратуры систем аварийного оповещения сильно увеличился в размерах. В связи с этим, возникает необходимость в определении критерия, позволяющего производить оценку эффективности подобных систем.

Под эффективностью систем оповещения понимают способности системы выполнять заданные функции с требуемым качеством. Важным фактором является способность системы сохранять эту способность в течение всего жизненного цикла или периода эксплуатации[2].

Критерий эффективности систем аварийного оповещения можно формально разделить на 3 общих группы: экономические показатели, функциональные показатели и показатели качества.

Группа экономических показателей содержит расчеты финансовых издержек, на закупку, запуск и поддержание работоспособности системы. На основании анализа этих данных можно определить целесообразность и необходимые места установки системы.

Группа функциональных показателей содержит особенности технического исполнения систем, физические принципы получения и преобразования информации, особенности алгоритмической обработки информации.

В группу показателей качества включаются данные на основании которых можно оценить качество исполнения системы, ее ремонтпригодность, время наработки на отказ элементов системы. Недостаточная проработка любого из элементов данной группы аннулирует все усилия в остальных направлениях и практически исключает возможность получения с заданными показателями качества[3].

Экономический показатель эффективности, может быть представлен в следующем виде:

$$\mathcal{E}_{пэ} = \frac{Q}{\Sigma E},$$

где $\mathcal{E}_{пэ}$ – экономический показатель эффективности, Q – положительный экономический эффект в результате использования системы аварийного обеспечения; ΣE – затраты на создание и эксплуатацию системы.

Экономический критерий эффективности, можно представить в следующем виде:

$$\mathcal{E}_{кэ} = \mathcal{E}_{пэ} \cdot k_1 \rightarrow \max,$$

где $\mathcal{E}_{кэ}$ – экономический критерий эффективности; k_1 – коэффициент значимости показателя[1].

В качестве *функционального показателя эффективности* могут выступать данные из опытных исследований, требования к системам оповещения, информационные характеристики и т.д. Данный показатель может быть представлен в виде матрицы объединяющей все требования предъявляемые к система по функциональности и иметь следующий вид:

$$f_{пэ} = \begin{pmatrix} f_1 \\ \dots \\ f_n \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} n_1 \\ \dots \\ n_m \end{pmatrix}$$

где $f_{пэ}$ – функциональный показатель эффективности; f_1, f_2, \dots, f_n – перечень функций предъявляемых к системе аварийного оповещения; n_1, n_2, \dots, n_m – перечень недостатков системы аварийного оповещения.

Функциональные показатели аварийного оповещения изменяются для различных типов систем.

Для систем пожарной безопасности показатели могут выглядеть следующим образом: результаты анализа функций доступных в системе пожарной безопасности, особенности технической реализации системы, выбор физических принципов получения и преобразования сигналов, алгоритмы математической обработки информации, масштабируемость системы.

Для системы локации и аварийного оповещения показателями могут выступать точность показаний, корректность данных о статичных объектах, особенности технической реализации системы, возможность моделировать предполагаемый маршрут транспортного средства, возможность обновлять базы данных статичных объектов, масштабируемость системы.

К показателями аварийного оповещения подземных горных объектов относятся масштабируемость системы, особенности технической реализации системы, выбор физических принципов получения и преобразования сигналов, алгоритмы математической обработки информации, масштабируемость системы.

Функциональный критерий эффективности, может быть сформирован в следующем виде:

$$f_{кз} = (f_1 x_1 + f_2 x_2 + \dots + f_n x_n) - (n_1 y_1 + n_2 y_2 + \dots + n_m y_m) \rightarrow \min,$$

где $f_{кз}$ – функциональный критерий эффективности; x_1, x_2, \dots, x_n ; y_1, y_2, \dots, y_m – коэффициенты значимости показателей.

Качественный показатель эффективности, может быть представлен надежностью системы аварийного оповещения:

$$\eta_{пз} = (N_1 p_1) \cdot (N_2 p_2) \cdot \dots \cdot (N_n p_n),$$

где $\eta_{пз}$ – качественный показатель эффективности; N – элемент системы; p – показатель надежности.

К общим показателям качества относятся резервирование системы, свойства схемной реализации системы, вероятность безотказной работы системы.

Качественный критерий эффективности, может быть сформирован в следующем виде:

$$\eta_{кз} = \eta_{пз} \cdot k_2 \rightarrow \max,$$

где $\eta_{кз}$ – качественный критерий эффективности; k_2 – коэффициент значимости показателя.

При рассмотрении систем аварийного оповещения подземных горных объектов, следует указать, что экономические критерии и общие критерии качества, если исследовать оповещение автономно, будут альтернативными. Следовательно повышение качества, приведет к увеличению общих затрат на систему.

Совокупный критерий может быть выражен в следующем виде:

$$K_{со} = \Xi_{кз} + \eta_{кз} - f_{кз} \rightarrow \min,$$

Главная сложность использования данного критерия заключается в корректировании составных частей этого уравнения до приемлемого уровня, в том числе и определение значений числовых коэффициентов значимости в каждом из критериев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Информационные системы в экономике: Учеб. пособие / Под ред. Д.В. Чистова. - М.: ИНФРА-М, 2009. - 234 с.
2. Никифоров А.Д. Процессы жизненного цикла продукции в машиностроении. Учебное пособие. А.Д. Никифоров, А.В. Бакиев. - М.: Абрис, 2011. 688 с.: ил.
3. Мифтяхетдинов И.А. Понятие эффективности. Эффективность функционирования логистических систем. // Журнал "Риск: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция" №1 (январь-март), 2010

К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗАТОПЛЕННОГО ДЕГТЯРСКОГО ШАХТНОГО ПОЛЯ)

Киндлер А. А.

Научный руководитель Елохина С. Н., д-р г.-м.н., профессор
Уральский государственный горный университет

Отработанные горные выработки представляют собой опасные природно-техногенные объекты, на которых зафиксирован целый комплекс специфических геологических процессов [1], требующий регулярных наблюдений за их активностью. В качестве примере рассмотрим затопленное шахтное поле бывшего Дегтярского рудника, располагающееся в пределах города Дегтярска на юге Свердловской области. На данной территории с 1914 года проводилась промышленная разработка крупного медноколчеданного месторождения, продолжавшаяся более 80 лет как открытым, так и подземным способом. После закрытия рудника шахтное поле было законсервировано самозатоплением подземными и поверхностными водами.

Геоэкологическое состояние территории на протяжении последних 20 лет неоднократно исследовалось различными организациями. Например, в 2014 г. Уральским региональным центром государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) при непосредственном участии автора было произведено обследование территории рудника с отбором проб поверхностных и рудничных вод, а также донных отложений. Установлено, что вследствие интенсивного ведения горных работ естественный рельеф в границах горного отвода существенно нарушен карьерами, отвалами, каналами, провалами и разлившимися рудничными водами и имеет незначительную степень рекультивации. В ходе обследования было отмечено, что широко развиты мелкие водоемы с приотвальными водами, которые имеют высокую степень загрязнения относительно предельно допустимых концентраций. Провалы над подземными горными выработками, глубина которых достигала 59,4 м, отчасти рекультивированы. Однако развитие оползневых и провальных явлений в зоне сдвига и на бортах карьеров и отвалов продолжается. При осмотре на шлаковых толщах над подземными горными выработками обнаружены крупные и мелкие групповые просадки с тенденцией к слиянию. Таким образом, несмотря на выполненные некоторого комплекса рекультивационных мероприятий, территория ликвидированного рудника до сих пор несет в себе опасный потенциал, как с позиции активности провальных и иных геологических процессов и явлений, так и загрязнения окружающей среды. Очевидна необходимость мониторинга состояния недр на указанной территории с накоплением, анализом и прогнозом техноприродной опасности.

Для указанной цели предлагается использовать форму объектного электронного экологического паспорта, структура которого, в виде серии сопряженных блоков, разработана автором [2,3]. Всего 10 блоков: горнотехнический, инженерно-геологический, гидрогеологический, гидрологический, экологический и другие блоки. Каждый блок в свою очередь содержит ряд таблиц с критическими параметрами оценки состояния территории.

Блок 1 служит основой для регистрации объекта и его элементов путем присваивания уникального код из 20 цифр (таблица): 16 порядков – код объекта в целом, последующие 4 – описание процессов и точек их контроля на объекте. На сложном объекте, каким является шахтное поле, могут быть десятки отработанных горных выработок и проявлений опасных геологических процессов. В базу они включаются по порядку. Например, затопленный карьер шахты «Колчеданная» имеет код: 65736000001-03-001-00-00. Опасные геологические процессы кодируются по прилагаемому справочнику предпоследней группой цифр: 01 – загрязнение поверхностных вод изливом рудничных вод; 02 – аккумуляция техногенных донных отложений в руслах поверхностных водотоков за счет повышенного выноса взвешенных веществ с территории шахтного поля и т.д. Если параметры того или иного процесса фиксируются в точке контроля, то в базу помещается каждая из них: 65736000001-03-001-02-01 - это код точки

отбора пробы донных отложений. Ключом для поиска интересующего элемента является географический реестр объектов и его точек.

| Территориальная привязка (ОКТМО) | Тип объекта учета (тип ОГВ) | Порядковый номер выработки на объекте и её наименование | Тип выявленного опасного геологического процесса | Номер точки контроля (полевого описания) | Код точки контроля опасного геологического процесса |
|----------------------------------|-----------------------------|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6573600001 (г. Дегтярск) | 03 (шахтное поле) | 001 Затопленный рудничными водами карьер шахты «Колчеданная» | 01 (загрязнение поверхностных вод изливом рудничных вод) | 01 (гидроствор) | 6573600001-03-001-01-01 |

* в скобках приведены пояснения

Блок 2 содержит географическую, административную и иную привязку объекта в целом и его элементов: проявлений процессов и точек контроля, которые представляются в трех таблицах.

Блок 3. Горнотехническая характеристика размещается в следующих показателях: способ отработки и вскрытия (открытый, подземный, комбинированный); геометрические размеры (максимальные, средние): глубина (м), площадь (га), количество этажей (горизонтов, уступов). Дополнительные данные: количество этапов отработки, продолжительность каждого эксплуатационного этапа и объем добычи, площади нарушенных земель, степень и характер рекультивации (отсутствует, частично или полностью); участки реализованных мероприятий по рекультивации, их характеристика, современное состояние с датой описания, направления воздействия на ОПС и литосферу.

Развернутый перечень показателей и характеристик предусмотрен и в остальных блоках, что позволит накопить и сохранить для анализа любую геоэкологическую информацию об объекте. Таким образом, вся получаемая информация представляется в систематизированном виде, удобном для поисковых запросов и пополнения. Аналогичным способом в базах ГМСН производится учет материала по аналогичным опасным природно-техногенным объектам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елохина С.Н. Геоэкологические проблемы затопленных рудников Урала. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. 187с.
2. Елохина С.Н., Киндлер А.А. Учет как способ управления геологическими опасностями на отработанных горных выработках // Известия вузов. Горный журнал. 2016. № 3. С. 2 - 7.
3. Елохина С.Н., Киндлер А.А., Кононученко А.И. К вопросу паспортизации отработанных горных выработок // «Сергеевские чтения». Вып. 17. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций // Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (19-20 марта 2015 г.) - М.: Изд. РУДН. 2015. С. 33-37.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Кочнев С.

Уральский государственный горный университет

Цель работы: изучение процесса конструирования печатных плат, разработка документации, служащей для облегчения работы проектировщика печатных плат.

Идея работы: в настоящее время печатные платы применяются повсеместно, как в бытовой, так и в промышленной аппаратуре, но до сих пор нет единого документа в котором были бы описаны все требования и нюансы процесса конструирования. Проектировщик вынужден буквально по крупицам выбирать информацию из существующих ГОСТов и НТД. В ходе работы был создан документ, включающий в себя всю основную информацию, необходимую разработчику.

Печатная плата является основным компонентом печатного узла электротехнических изделий. Она предназначена для электрического и механического соединения электронных элементов. Разработку конструкции печатной платы проводят в несколько этапов (рис. 1).

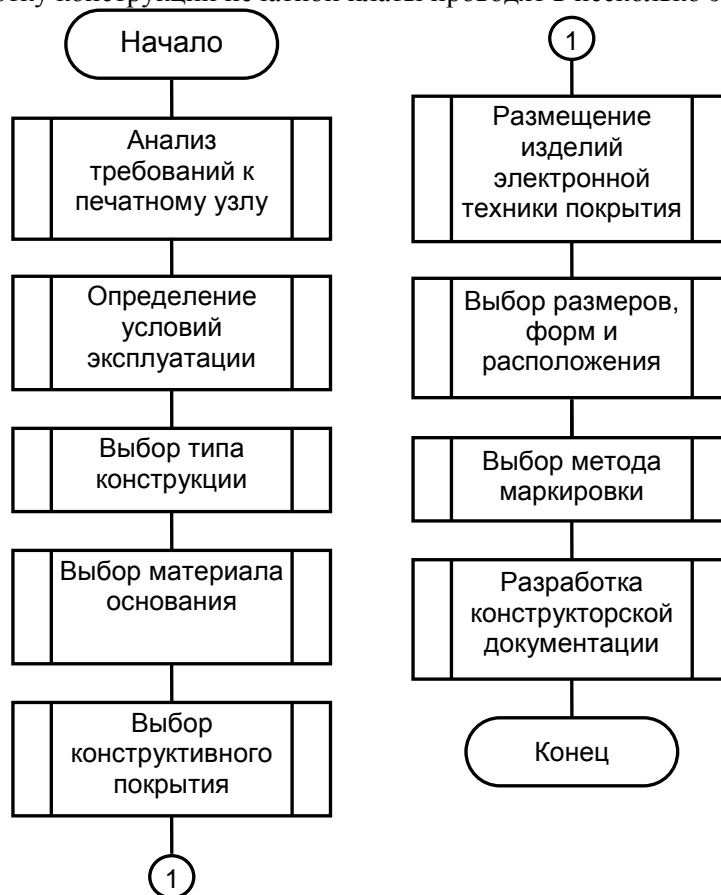


Рис. 1 Алгоритм разработки конструкции ПП.

Требования к печатным платам зависят области применения электротехнических изделий, в которых они применяются. Существует три класса применения печатных плат:

1. Электронные изделия общего назначения (бытовая аппаратура)
2. Электронная продукция целевого назначения (промышленная электроника)
3. Электронная продукция высокого уровня надежности

Так же на начальном этапе проектирования печатной платы выбирается её тип. Выбор типа печатной платы имеет огромное влияние при определении требований к изделию. Существующие типы печатных плат вы можете наблюдать на схеме (рис. 2).

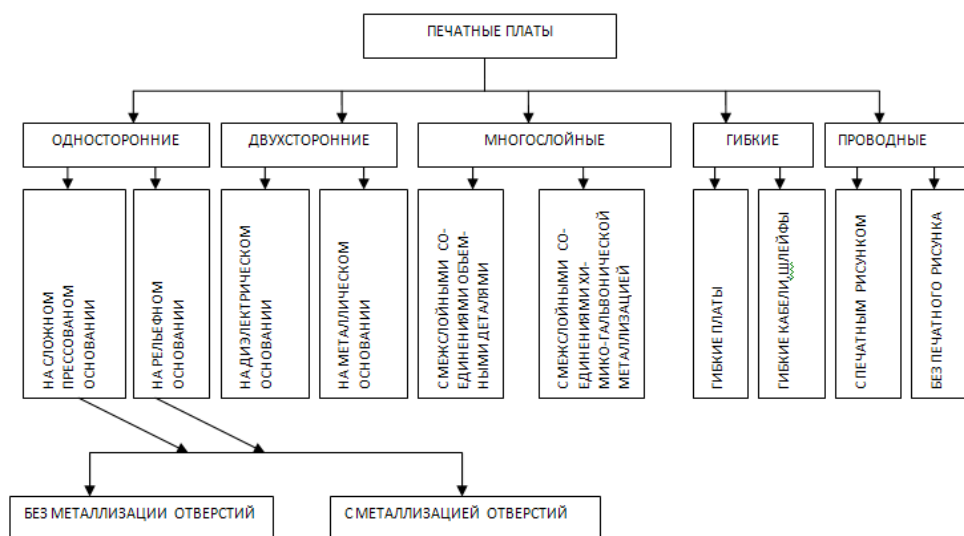


Рис. 2 Типы печатных плат.

Требования к печатным платам можно подразделить на девять групп (рис. 3).

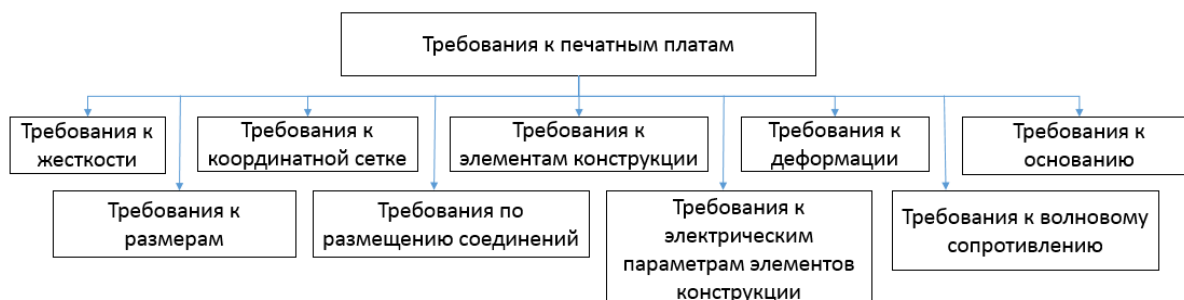


Рис. 3 Требования к печатным платам.

Основываясь на анализе требований технического задания на электротехническое изделие определяют его класс и внешние возмущающие воздействия. На основании этих данных осуществляют выбор типа конструкции, материал основания конструктивное покрытие. При выборе учитывают возможность выполнения всех коммутационных соединений и технико-экономические показатели. Класс точности печатных плат выбирают в зависимости от области применения и серийности производства.

При размещении изделий электронной техники нужно обеспечить простую трассировку, выполнение технологических требований, высокую надежность, минимальные размеры и массу, быстродействие, теплоотвод и возможность ремонта. При этом изделия размещают с учетом конструктивных особенностей печатного узла и устройства.

При выборе размеров, форм и расположения элементов рисунка определяют:

- размеры печатной платы и расположения элементов рисунка;
- размеры и расположение отверстий, пазов, вырезов и их форму;
- размеры и расположение печатных проводников;
- размещение и выполнение экранов;
- выбор, расчет и размещение контактных площадок;
- расстояние между элементами проводящего рисунка.

На печатную плату наносят основную и дополнительную маркировку. Основная маркировка наносится обязательно и содержит обозначение изделия, дату изготовления.

Дополнительная маркировка наносится при необходимости. Маркировочные символы могут быть выполнены краской или из проводникового материала и должны быть устойчивы к воздействию припоя и растворителей.

Выбор электрических характеристик элементов конструкции печатных плат зависит от их размеров, материала основания печатной платы и воздействующих факторов. Электрическими параметрами являются рабочее и допустимое напряжение, сопротивление печатных проводников и токовая нагрузка на проводники. Воздействующими факторами являются температура, влажность, атмосферное давление.

В случаях обработки сигналов на высоких скоростях сигнальные проводники можно рассматривать как линии передачи, поэтому требуется определение характеристик волнового сопротивления этих линий. При разработке схемы принимаются требования системы и оцениваются альтернативные варианты, чтобы обеспечивать самое простое, выгодное, надежное решение для удовлетворения этих требований волнового сопротивления, включая выбор лучшего варианта проводящего рисунка или возможностей платы проводного монтажа.