

**Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине «Технология производства электронных средств»**

**МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
СБОРКИ И МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

Оглавление

Введение	1
Расчёт и анализ технологичности узлов РЭС	1
Разработка технологической схемы сборки изделия	4
Разработка маршрутного технологического процесса	5
Список литературы.....	7

Введение

Производство РЭА на сегодняшний день представляет собой процесс, определяющий во многом дальнейшие научно-технологические процессы. Постепенно происходит развитие и усовершенствование аппаратуры, повышаются требования со стороны пользователей. Задачей разработчиков является понижение габаритов, массы, стоимости продукции, а также повышение её качества, надёжности и дизайна в целом. В связи с этим создатели РЭА вынуждены самым тщательным образом систематизировать разработку и производство аппаратуры, согласуя их с определёнными требованиями и стандартами.

Современное состояние науки даёт также возможность подойти к изложению динамического представления о процессе производства РЭА в целом как к большой системе управления с применением некоторых положений теории регулирования для оценки устойчивости, со схематичной разработкой моделей частных и комплексных технологических процессов. Подобный подход позволяет решать общие вопросы регулирования и управления производственным процессом с целью получения оптимальных его характеристик, таких как производительность, экономичность и т. п., а также выбирать тот или иной вариант в зависимости от требований, предъявляемых к РЭА.

Технология РЭА – это наука, занимающаяся изучением закономерностей, действующих в процессе изготовления радиоэлектронных изделий, с целью использования этих закономерностей для обеспечения требуемого качества радиоаппаратуры и наименьшей её себестоимости.

Целью данной работы является разработка технологического процесса сборки, без которого невозможно изготовление радиоаппаратуры требуемого качества. Технологический процесс (ГОСТ 3.1109-82) – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

Расчёт и анализ технологичности узлов РЭС

Технологичность конструкции является одной из важных характеристик изделия. Под технологичной понимают такую конструкцию, которая отвечает всем эксплуатационным требованиям, обеспечивает изготовление изделия в данных конкретных условиях с наименьшими затратами времени, труда и материалов, при использовании наиболее прогрессивных, экономических оправданных методов производства.

Требования, предъявляемые к технологичности конструкции, меняются в зависимости от вида изделия, объёма выпуска, может оказаться нетехнологичным при массовом изготовлении.

Конструкция деталей должна отвечать следующим требованиям: состоять из стандартных и унифицированных элементов, изготавливаться из стандартных заготовок, обеспечивать возможность применения стандартных и типовых процессов изготовления, а также возможность одновременного изготовления нескольких деталей и получения заготовок наиболее рациональным способом и др.

В соответствии с заданием была выбрана схема электрическая принципиальная стабилизатора напряжения (см. приложение 1). Там же, в приложении 1, составлена таблица перечня элементов, применяемых в данной схеме. Так как стабилизатор напряжения является частью источника питания, данное устройство было отнесено к радиотехническому типу печатного узла. Для того чтобы расставить элементы на плате и развести её, нужно знать, какую площадь будет занимать каждый элемент. Для этих целей удобнее составлять таблицу со всеми габаритными характеристиками (табл. 1).

Табл. 1. Характеристика элементной базы

Элементы	Габаритные размеры, мм	Кол-во, шт	Занимаемая площадь, мм ²
Конденсаторы C1, C2 – К50-16-6,8 мкФ-16 В	5 × 5 × 11,75	2	50
Микросхема DA1 – КР140УД7	19,05 × 7,87 × 4,19	1	150
Резистор R1 – СП-1-4,7 кОм	6,72 × 2,5	1	16,8
Диоды VD1 – VD4 – Д237Б	28 × 11,2 × 11,2	4	1254,4
Стабилитрон VD5 – Д814Г	28 × 7 × 7	1	196
Транзистор VT1 – КП303И	6 × 6 × 5,3	1	36
Транзистор VT2 – КТ315	3 × 7,2 × 5	1	21,6

Из табл. 1 видно, что общая площадь, занимаемая деталями, равна 1724,8 мм². Следовательно, площадь платы должна быть не меньше 1724,8 мм². Исходя из полученных данных, был разработан сборочный чертёж печатного узла (приложение 2). Внешний вид печатного узла представлен на рис. 1. В табл. 2 занесены показатели технологичности и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности печатного узла блока.

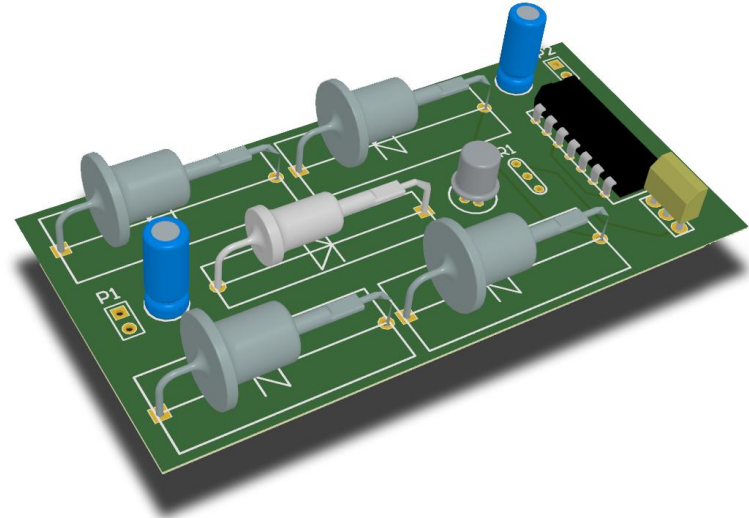


Рис. 1. Модель стабилизатора напряжения

Табл. 2. Исходные данные к расчёту

Показатель	Обозначение	Численное значение
Количество монтажных соединений ИЭТ, которые	Н _{ММ}	24

предусматривается осуществить автоматизированным или механизированным способом		
Общее число ИЭТ, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями конструкторской документации	$H_{ИЭТ}$	15
Общее количество монтажных соединений	$H_{м}$	40
Количество ИЭТ в штуках, подготовка выводов которых осуществляется с помощью полуавтоматов и автоматов	$H_{мпИЭТ}$	5
Число операций контроля и настройки, выполняемых на полуавтоматических и автоматических стендах	$H_{арк}$	1
Общее количество операций контроля и настройки	$H_{рк}$	3
Общее количество типоразмеров	$H_{ТИЭТ}$	12
Детали, изготовленные по прогрессивным ТП (штамповка, прессование из пластмасс, литье, порошковая металлургия и т.д.)	$D_{пр}$	15
Общее число деталей	D	21
Число типоразмеров сборочных единиц, входящих в изделие и требующих регулировки и подгонки в процессе сборки	$E_{тсл}$	8
Число деталей (без учёта стандартных и крепёжных), качество размеров которых не выше 10	$D_{тч}$	11
Общее кол-во типоразмеров сборочных единиц	$E_{т}$	18
Число деталей, изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП	$D_{мп}$	4

По исходным данным (табл. 2) были рассчитаны коэффициенты технологичности и занесены в табл. 3.

1. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа:

$$K_{мм} = \frac{H_{мм}}{H_{м}} = \frac{24}{40} = 0,6$$

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу:

$$K_{мпИЭТ} = \frac{H_{мпИЭТ}}{H_{ИЭТ}} = \frac{5}{15} = 0,33$$

Коэффициент освоённости ДСЕ:

$$K_{осв} = \frac{D_{Тз}}{D_{Т}} = \frac{0}{0} = 0$$

Коэффициент применения микросхем и микросборок:

$$K_{мс} = \frac{H_{мс}}{H_{мс} + H_{ИЭТ}} = \frac{0}{0 + 15} = 0$$

Коэффициент повторяемости печатных плат:

$$K_{повпл} = 1 - \frac{D_{мпн}}{D_{пн}} = 1 - \frac{0}{0} = 1$$

Коэффициент применения типовых технологических процессов:

$$K_{тп} = \frac{D_{мп} + E_{мп}}{D + E} = \frac{4 + 0}{21 + 0} = 0,19$$

Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля:

$$K_{арк} = \frac{H_{арк}}{H_{рк}} = \frac{1}{3} = 0,33$$

Табл. 3. Коэффициенты технологичности

№ п/п	Коэффициенты технологичности	Обозначение	Числ. значение	φ _i
1	Автоматизации и механизации монтажа	K _{мм}	0,6	1,0
2	Автоматизации и механизации монтажа подготовки ИЭТ к монтажу	K _{мпИЭТ}	0,33	1,0
3	Освоенности ДСЕ	K _{осв}	0	0,8
4	Применения микросхем и микросборок	K _{мс}	0	0,5
5	Повторяемости печатных плат	K _{пов пп}	1	0,3
6	Применения типовых ТП	K _{тп}	0,19	0,2
7	Автоматизации и механизации регулировки и контроля	K _{арк}	0,33	0,1

Комплексный показатель технологичности рассчитывается с использованием базовых показателей по следующей зависимости:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i},$$

где K_i – базовый показатель технологичности, φ_i – коэффициент, характеризующий весовую значимость базового показателя технологичности; n - количество базовых показателей технологичности. Таким образом,

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} = \frac{0,6 \cdot 1 + 0,33 \cdot 1 + 0 \cdot 0,8 + 0 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,3 + 0,19 \cdot 0,2 + 0,33 \cdot 0,1}{1 + 1 + 0,8 + 0,5 + 0,3 + 0,2 + 0,1} = 0,33$$

Ввиду того, что комплексный показатель технологичности меньше нормативного (K_н = 0,7), то данное устройство целесообразно собирать только небольшими объемами, т.е. данному устройству присуще мелкосерийное производство.

Разработка технологической схемы сборки изделия

Технологическая схема сборки изделия является одним из основных документов, составляемых при разработке ТП сборки.

Технологии сборки РЭА уделяется много внимания. Это объясняется высокой удельной трудоёмкостью сборочных процессов, а также значительным влиянием сборочных операций на выходные параметры изделий.

Технологическим процессом сборки называют совокупность операций, в результате которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, стойки, системы и изделия.

При разработке схемы сборочного состава руководствуются следующими принципами:

- 1) схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей, электрической и кинематической схем изделия;
- 2) сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортирования и контроля;
- 3) минимальное числа деталей, необходимое для образования сборочной единицы первой ступени сборки, должно быть равно двум;

- 4) минимальное число деталей, присоединяемых к сборочной единице данной группы для образования сборочного элемента следующей ступени, должно быть равно единице;
- 5) схема сборочного состава строится при условии образования наибольшего числа сборочных единиц;
- 6) схема должна обладать свойством непрерывности, т.е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей.

Различают две основные технологические схемы сборки – веерного типа и с базовой деталью. Наиболее наглядной отражающей последовательность сборки является схема с базовой деталью. Базовой деталью, как правило, является печатная плата, с которой начинается сборка.

В качестве основы для технологической схемы сборки платы стабилизатора напряжения следует выбрать схему сборки с базовой деталью. Такое решение обусловлено наличием базовой детали, поверхности которой будут впоследствии использованы при установке в готовое изделие. Базовой деталью в данном случае является печатная плата. На неё поочерёдно устанавливаются ИЭТ.

В первую очередь выполняются неподвижные соединения, которые требуют значительных механических усилий. Плату стабилизатора напряжения начинают собирать с установки малогабаритных элементов (транзисторов и конденсаторов), затем устанавливают элементы с большими габаритами (диоды). После этого устанавливают микросхему. На заключительных этапах собираются подвижные части прибора. В данном случае, подвижным является резистор R1, ввиду того, что он крепится к корпусу изделия и соединяется с печатной платой гибкими проводниками. Затем печатную плату с установленными элементами паяют на установке пайки волной припоя.

Разработанная технологическая схема сборки стабилизатора напряжения представлена в приложении 3.

После разработки технологической схемы сборки изделия рассчитываются следующие коэффициенты:

1. средняя полнота сборочного состава

$$E_{cp} = \frac{E}{i-1} = \frac{12}{7} = 1,71$$

2. модуль расчленённости данного процесса сборки

$$M = \frac{n}{E} = \frac{15}{12} = 1,25$$

3. коэффициент сборности изделия

$$K_{сб} = \frac{E}{E + D} = \frac{12}{12 + 12} = 0,5$$

Так как модуль расчленённости данного процесса сборки $M > 1$, можно говорить о том, что данный ТП является дифференцированным.

Разработка маршрутного технологического процесса

В соответствии с "Общими правилами разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения" ГОСТ 14.301-73 ЕСТПП и отраслевым стандартом ОСТ 4 ГО.054.091 были разработаны 2 варианта маршрутной технологии.

Для каждого из вариантов было выбрано технологическое оборудование с учетом требований стандарта ГОСТ 14.304-74 "Правила выбора технологического оборудования". Рассчитан коэффициент загрузки оборудования по каждой операции. Результаты расчётов занесены в табл. 2.

В таблице 1 находится нормирование операций технологического процесса.

Таблица 1. Нормирование отдельных сборочно-монтажных операций

№	Содержание работы	Вариант 1		Вариант 2	
		Условия работы	T _{оп} , мин	Условия работы	T _{оп} , мин
1	Установка и закрепление печатной платы	Пневматический зажим	0,08	Винтовой зажим	0,14
2	Распаковка и проверка ЭРЭ	На картоне	0,12	На картоне	0,12
3	Формовка выводов ЭРЭ	На автомате	0,2	На приспособлении	1
4	Формовка и обрезка выводов микросхем	На автомате	0,04	На приспособлении	0,3
5	Лужение выводов ЭРЭ и микросхем с предварительным флюсованием в ванне	—	1,224	—	1,224
6	Установка ЭРЭ и перемычек	Полуавтоматом	0,88	Пинцетом с подгибкой	9,13
7	Установка микросхем на плату	На полуавтомате	0,072	Вручную	1,11
8	Пайка выводов ЭРЭ и микросхем на плате	Волной припоя	0,82	АДПМ	0,2
9	Пайка паяльником выводов ЭРЭ с нанесением флюса	Места пайки в один ряд	0,213	Места пайки в один ряд	0,213
10	Измерение линейных размеров изделия	Масштабная линейка	0,06	Масштабная линейка	0,06
11	Проверка изделия на отсутствие дефектов	Визуальный осмотр	0,207	Визуальный осмотр	0,207
12	Маркировка знаков краской на платах	Пресс ручной	0,85	Пресс ручной	0,85

Таблица 2. Сравнение вариантов маршрутного технологического процесса сборки и монтажа стабилизатора напряжения

№ операции	Последовательность операций	1 вариант			2 вариант		
		Оборудование, оснастка	T _{оп} , мин	T _{пз.см} , мин	Оборудование, оснастка	T _{оп} , мин	T _{пз.см} , мин
05	Подготовительная	—	—	—	—	—	—
10	Подготовка транзисторов к монтажу	Автомат ДМВМ 2.241.009	0,03	25	Приспособление	1,78	3
15	Подготовка конденсаторов	Полуавтомат РК-R-007	0,01	20	Приспособление	1,78	3
20	Подготовка диодов	Полуавтомат ДМВМ 2.241.006	0,01	20	Приспособление	1,78	3

25	Подготовка микросхем	Автомат АЛМ-1	0,06	25	Паяльник ПСМ-40, Стол СМ-3	1,19	5
30	Установка ЭРЭ на плату	Полуавтомат УР-5	1,4	20	Пинцет ГГ 7879-4215	2,8	-
35	Установка микросхемы на плату	Полуавтомат УР-10	0,8	20	Стол монтажный СМ-3 Пинцет ГГ 7879-4215	2,97	-
40	Пайка плат волной припоя	Линия пайки ЛПМ-300	1,5	50	Установка пайки 6TF/160 Kirster	1,5	50
45	Пайка переменного резистора	Паяльник ПСН-40 Стол монтажный СМ-3	2,5	5	Паяльник ПСН-40 Стол монтажный СМ-3	2,5	5
50	Очистка плат	Линия промывки плат ЛПП-901	2,37	13	Ванна цеховая, щётка	3	-
55	Маркировка, контроль	Приспособление визуального контроля ГГ 63669.012	2	5	Приспособление визуального контроля ГГ 63669.012	2	5

Итого: 10,68 203 Итого: 21,3 74

Далее, по формуле

$$N_{кр} = \left| \frac{\sum_{i=1}^m T_{пз.i} - \sum_{j=1}^n T_{пз.j}}{\sum_{j=1}^n T_{ум.j} - \sum_{i=1}^m T_{ум.i}} \right|,$$

где

$$T_{ум} = T_{он} K_1 \left(\frac{K_2 + K_3}{100} + 1 \right) \quad \text{и} \quad T_{пз} = T_{пз.см.} \cdot S \cdot D_p,$$

рассчитывается критический размер партии. Для стабилизатора напряжения коэффициенты $K_1 = 1,5$, $K_2 = 9,6\%$, $K_3 = 3\%$. Получится:

$$N_{кр} = \left| \frac{(203 - 74) \cdot 1 \cdot 254}{1,5 \cdot \left(\frac{9,6 + 3}{100} + 1 \right) \cdot (10,68 - 21,3)} \right| = 1826 \text{ шт}$$

Таким образом, первый вариант, в котором применено более автоматизированное производство, будет эффективен при выпуске продукции более 1826 шт за плановый период при односменном режиме работы. Плановым периодом, в нашем случае, является 1 год или 254 дня.

Список литературы

1. Варламов Р.Г. Справочник конструктора РЭА - М., Сов. Радио, 1980.
2. Правила оформления технологических документов: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию/РГРТА; Сост.: А.С. Кирсов, Л.М. Мокров, В.И. Рязанов. Рязань, 1997.
3. Каширин Н.А., Морозов И.М., Батуев В.А. Технологическая документация при выполнении дипломных и курсовых проектов: Учебное пособие. Компьютерная версия. — 2-е изд., перер. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005

4. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства. Курсовое проектирование: Учеб. пособие / Ануфриев Л. П., Бондарик В. М., Ланин В. Л., Хмыль А. А. — Мн.: «Бестпринт», 2001