

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ МУХАММАДА АЛЬ-ХОРАЗМИЙ**

**Кафедра «Технологии
мобильной связи»**

Д.А.Давронбеков, Ш.У.Пулатов

**РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО
УСТРОЙСТВА НА ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**
(расчётно-графическая работа)
Методическое пособие
по дисциплине «Надежность радиотехнических устройств»

Ташкент 2024

Д.А.Давронбеков, Ш.У.Пулатов Расчет надежности радиотехнического устройства на дискретных элементах (расчётно-графическая работа). Методическое пособие – ТУИТ, 2023 – 36 с.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ

Современное состояние и развитие научно-технического прогресса привело к тому, что актуальными являются вопросы оценки и повышения надежности элементов устройств и систем.

Отказы и сбои элементов, входящих в состав сложных систем, приводят к нестабильному функционированию всей системы. Поэтому надежность является одним из важнейших качественных показателей.

Надежность представляет собой свойство элемента (устройства, системы) сохранять в течение заданного времени в пределах установленных норм значения функциональных параметров при соблюдении режимов эксплуатации, правил технического обслуживания, хранения и транспортировки.

Оценка надежности происходит по следующим характеристикам: долговечность, безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Отказ – это случайное событие, которое заключается в нарушении работоспособности элемента (устройства, системы) и представляет собой один из видов неисправности.

Самоустраняющиеся отказы проявляются в виде сбоя или в форме перемежающегося отказа. Сбой представляет собой однократно возникающий и самоустраняющийся отказ.

Существуют различные признаки, по которым производится классификация отказов (таблица 1.1).

С точки зрения количественных показателей надежность характеризуется рядом показателей, которые отражают её свойства. Количественные показатели надежности системы зависят от того является ли система восстанавливаемой и невосстанавливаемой.

При оценке надежности невосстанавливаемых систем основными являются следующие количественные показатели: вероятность безотказной работы, средняя наработка до первого отказа, средняя наработка на отказ, параметр потока отказов, интенсивность отказов.

Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что в заданном интервале $(0, t)$ или просто в течение времени t элемент (устройство, система) не откажет, т.е.:

$$P(t) = p\{\theta \geq t\}, \quad (1.1)$$

где θ – случайная величина, характеризующая время работы элемента (устройства, системы) до отказа.

Таблица 1.1

Классификация отказов по признакам

№	Признаки отказов	Виды отказов	Характеристика отказов
1	По характеру возникновения отказов	Внезапные	Происходит в результате изменения одного или нескольких параметров.
		Постепенные	Наблюдается постепенное изменение главных параметров в результате либо износа, либо старения.
2	По взаимосвязи	Зависимые	Появляются вследствие предшествующих отказов.
		Независимые	Возникновение не связано с предшествующими отказами.
3	По характеру проявления	Явные	Обнаруживаются визуально.
		Неявные	Для обнаружения требуется специальная измерительная аппаратура.
4	По характеру устранения	Устойчивые	Сравнительно просто обнаруживаемые и обычно легко устраняемые.
		Самоустраняющиеся	Исчезают сами, а обнаружить и устранить их бывает очень сложно.

Функция $P(t)$ обладает следующими основными свойствами:

$$0 \leq P(t) \leq 1, P(0) = 1, \lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = 0. \quad (1.2)$$

Средняя наработка до первого отказа – математическое ожидание времени t исправной работы элемента (устройства, системы) до первого отказа:

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} t \varphi(t) dt. \quad (1.3)$$

Вид функции $\varphi(t)$ определяется конкретным законом распределения случайной величины t .

Средняя наработка на отказ – математическое ожидание интервала времени между соседними восстанавливаемыми отказами:

$$T_0 = \int_0^{\infty} dF_k(t), \quad (1.4)$$

где $F_k(t)$ – функция распределения случайного времени θ_k исправной работы изделия между $(k-1)$ -м и k -м отказами (рис.1.1).

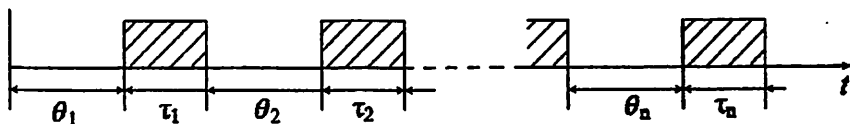


Рис.1.1. Распределение отказов во времени

Интенсивность отказов – условная плотность вероятности отказа элемента (устройства, системы) в некоторый момент времени наработки при условии, что до этого момента времени отказа не было:

$$\lambda(t) = \frac{dQ(t)}{dt} \cdot \frac{1}{(1-Q(t))} = \frac{\varphi(t)}{P(t)}, [1/\text{ч}] \quad (1.5)$$

где $Q(t)$ – вероятность отказа, вероятность того, что в заданном интервале $(0, t)$ элемент (устройство, система) откажет, т.е. $Q(t) = p\{\theta < t\}$;

$\varphi(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt}$ – плотность распределения наработки до отказа (частота отказов), $[1/\text{ч}]$.

Опыт эксплуатации систем (устройств) показал, что изменение интенсивности отказов системы происходит следующим образом (рис.1.2). На графике (рис.1.2) явно выражены три участка изменения интенсивности отказов $\lambda(t)$ системы.

На рис.1.2 явно выражены три участка:

I – период начальной приработки. В данном периоде наблюдаются повышенная интенсивность отказов, связанная с дефектами, которые могут возникнуть в процессе производства, монтажа и наладки.

II – период нормальной эксплуатации. Здесь интенсивность отказов остается практически постоянной, носит случайный характер. Отказы в

этом периоде появляются внезапно, как правило, из-за несоблюдения условий эксплуатации, воздействия внешних факторов и т.п.

III – период массового износа и старения. В этом периоде увеличение числа возникновения внезапных отказов связано с износом, старением, а также другими факторами, связанными с длительной эксплуатацией оборудования.

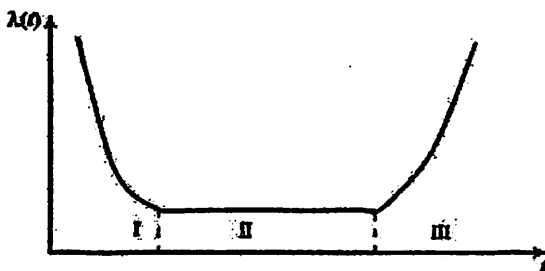


Рис.1.2. Изменение интенсивности отказов $\lambda(t)$ системы

Параметр потока отказов – это предел отношения вероятности появления хотя бы одного отказа восстанавливаемого элемента (устройства, системы) за промежуток времени Δt к значению этого промежутка времени $\Delta t \rightarrow 0$, т.е.:

$$V(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (p\{t, t + \Delta t\} / \Delta t). \quad (1.6)$$

Современные устройства и системы являются сложными комплексами длительного использования, в состав которых входит большое число элементов и блоков. Такие сложные системы после отказов восстанавливаются и продолжают функционировать. Процесс восстановления также является вероятностным процессом. С процессом восстановления непосредственно связано понятие восстанавливаемости.

Восстанавливаемость – свойство элемента (устройства, системы) восстанавливать свою работоспособность после возникновения отказа с учетом качества обслуживания.

Количественно восстанавливаемость элемента (устройства системы) оценивается следующими показателями: вероятности восстановления, интенсивностью восстановления, средним временем восстановления.

Вероятность восстановления – вероятность того, что элемент (устройство, система) будет восстановлен после отказа в течение заданного времени при определенных условиях ремонта:

$$P_B(\tau) = P\{\varepsilon \leq \tau\}, \quad (1.7)$$

где ε – случайное время восстановления;

τ – время восстановления элемента (устройства, системы), при определенных условиях ремонта, после отказа.

Интенсивность восстановления – число восстановлений, произведенных в единицу времени:

$$\mu = \frac{1}{T_B}, \quad (1.8)$$

где T_B – среднее время восстановления, математическое ожидание случайной величины – времени восстановления:

$$T_B = \int_0^{\infty} \tau \varphi(\tau) dt. \quad (1.9)$$

Наряду с вышеуказанными количественными показателями надежности для оценки надежности сложных РТС используются комплексные показатели: коэффициент готовности, коэффициент использования и коэффициент оперативного использования.

Коэффициент готовности – вероятность того, что элемент (устройство, система) окажется работоспособным в произвольный момент времени его работы $t_{\text{роб}}$:

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (1.10)$$

где T_0 – средняя наработка на отказ, определяемая по (1.5);

T_B – среднее время восстановления.

Коэффициент использования – отношение математического ожидания времени пребывания элемента (устройства, системы) в работоспособном состоянии к сумме математических ожиданий времени его работы, ремонта и технического обслуживания ($T_{\text{обсл}}$):

$$K_u = \frac{T_0}{T_0 + T_B + T_{\text{обсл}}}. \quad (1.11)$$

Коэффициент оперативной готовности – вероятность того, что элемент (устройство, система) окажется работоспособным в произвольный момент времени и, начиная с этого момента, безотказно проработает время $t_{\text{раб}}$:

$$K_{\text{ог}} = P_{\text{нф}} = K_r P(t_{\text{раб}}), \quad (1.12)$$

где $P_{\text{нф}}$ – вероятность нормального функционирования, учитывающая начальное состояние элемента (устройства, системы), его безотказность и восстанавливаемость;

$P(t_{\text{раб}})$ – вероятность безотказной работы элемента (устройства, системы) в заданное время.

Все рассмотренные выше показатели (основные и комплексные) позволяют в достаточно полной мере определить надежность элемента (устройства, системы), как восстанавливаемого, так и невосстанавливаемого. Показатели надежности современных сложных устройств и систем могут быть различными и определяются сферой их применения.

Рассчитать надёжность системы – значит определить её показатели надёжности.

Для расчета надежности РТС, как правило, используются структурные модели надежности. Эти модели надежности представляют собой структурные схемы, в которых выделены элементы и связи, где каждый элемент системы обладает вероятностью безотказной работы $p_i(t)$ (рис.1.3).

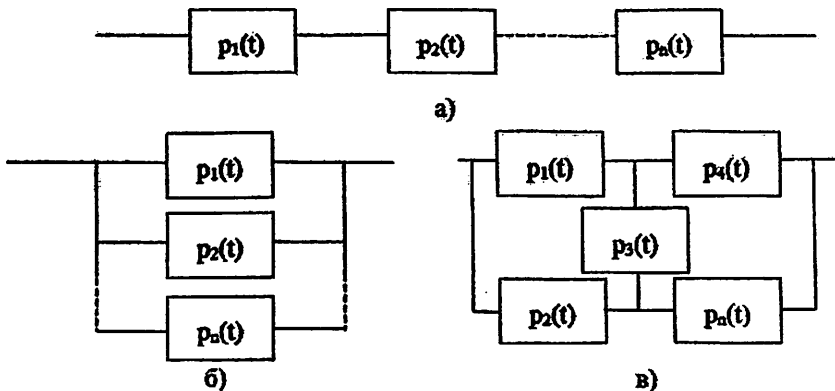


Рис.1.3. Структурные модели надежности (примеры):
а) – последовательная; б) – параллельная; в) – сложная

Последовательное соединение в структурной схеме надежности – это такое соединение, при котором отказ хотя бы одного элемента приводит к отказу всей системы в целом

Если считать отказы элементов независимыми, то на основании теоремы умножения вероятностей, вероятность безотказной работы устройства выражается следующим образом:

$$P_C(t) = p_1(t) \cdot p_2(t) \cdot \dots \cdot p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t), \quad (1.13)$$

где $p_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -о элемента;
 $P_C(t)$ – вероятность безотказной работы системы.

Если

$$p_1(t) = p_2(t) = \dots = p_n(t) = p(t) \text{ то } P_C(t) = p^n(t). \quad (1.14)$$

Параллельным соединением элементов в структурной схеме надежности называется такое соединение, при котором система отказывает только при отказе всех n элементов, образующих эту схему.

Согласно определению,

$$Q_C(t) = q_1(t) \cdot q_2(t) \cdot \dots \cdot q_n(t) = \prod_{i=1}^n q_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - p_i(t)). \quad (1.15)$$

Отсюда:

$$P_C(t) = 1 - Q_C(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i(t)). \quad (1.16)$$

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

2.1. Начальные условия для проведения расчетов

Под расчетом надежности понимают определение значений показателей надежности изделия по тем или иным исходным данным. Полученные значения позволяют оценить эксплуатационные свойства изделия на этапе его проектирования. Как правило, расчет надежности изделия сводится к определению показателей его безотказности: вероятности безотказной работы $P(t)$ за определенное время t и (или) интенсивности отказов $\lambda(t)$. В зависимости от этапа разработки изделия применяют различные виды расчета надежности: ориентировочный, полный и окончательный.

Полный расчет выполняется на заключительной стадии проектирования, когда имеется точная информация об условиях работы элементов с учетом влияния внешних и внутренних воздействующих факторов (температуры, вибрации, влажности и тому подобное).

Расчет выполняется для периода нормальной эксплуатации при следующих основных допущениях:

- отказы случайны и независимы;
- учитываются только внезапные отказы;
- имеет место экспоненциальный закон надежности.

При полном расчете надежности учитываются не только элементы электрической схемы, но и элементы конструкции (монтажные соединения, монтажные проводники, несущие конструкции и прочее).

Исходными данными для расчета надежности устройства являются:

- схема электрическая принципиальная и перечень использованных элементов;
- значения коэффициентов электрической нагрузки элементов.
- справочные значения интенсивностей отказов элементов;
- условия эксплуатации элементов с учетом внешних и внутренних воздействующих факторов (температура корпуса элемента; относительная влажность; уровень вибрации, передаваемый на элемент и т.д.);
- заданное время непрерывной работы устройства, t ($t = 8800$ часов).

Значения интенсивностей отказов радиоэлементов и элементов конструкции приведены в приложении.

Методика расчёта надёжности во многом зависит от вида закон: распределения отказов.

В нашем случае будет учитываться только внезапный отказ. При этом будем считать, что выход из строя любого элемента приведёт к отказу всего устройства и вероятность безотказной работы устройства будет равна произведению вероятностей безотказной работы всех элементов (1.13).

Для устройства интенсивность отказов считаем постоянной ($\lambda(t)=const$), то есть рассматривается нормальный участок эксплуатации (рис.1.2, П-участок), и поэтому здесь применим экспоненциальный закон распределения. При экспоненциальном законе распределения отказов во времени, который применим для большинства узлов и блоков, интенсивность отказов не зависит от времени. Поэтому для экспоненциального закона имеем:

$$p_i(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (2.1)$$

Условия эксплуатации устройства характеризуются комплексом воздействующих факторов, которые имеют различную физико-химическую природу, изменяются в достаточно широких пределах и по-разному влияют на работоспособность устройства и их надёжность. Интенсивность отказов устройства $\Lambda_{уст}$ с учетом того, что время появления внезапных отказов распределено по экспоненциальному закону определяется выражением:

$$\Lambda_{уст} = \sum_{i=1}^m n_i \alpha_i k_i \lambda_i \quad (2.2)$$

где m - число групп элементов;

n_i - число элементов данного типа с одинаковым режимом работы;

α_i - поправочный коэффициент, учитывающий влияние окружающей среды и электрической нагрузки;

k_i - поправочный коэффициент, учитывающий механическое воздействие, относительную влажность и изменения атмосферного давления;

λ_i интенсивность отказов элементов структуры (транзисторов, резисторов), металлизации, кристалла и конструкции (соединения, корпус).

2.2. Последовательность выполнения задания

1. Определяется количество групп радиокомпонентов и количество элементов в каждой группе.

2. Определяется интенсивность отказа элементов каждой группы радиокомпонентов, работающих в одинаковых условиях (см. Приложение). Данные вносятся в таблицу 2.1.

3. Считается, что отказы в устройстве подчиняются экспоненциальному закону:

$$P_{уст}(t) = e^{-\Lambda_{уст}t}.$$

По данной формуле вычисляется значение вероятности безотказной работы всего устройства $P_{уст}(t)$ в интервале времени до 8800 часов (1 год) (таблица 2.2).

Таблица 2.1

Определение интенсивности отказов устройства

Гр	Наименование элемента	Кол-во, n	Интенсивность отказов элемента λ_i , 1/час	Значение, α_i	Значение, k_i	Интенсивность отказов группы элементов, всего, λ_i (1/час)	Прим.
1							
2							
3							
N							
ИТОГО, $\Lambda_{уст}$							

Таблица 2.2

Расчет вероятности безотказной работы устройства

t , час	0	100	8800
$P_{уст}(t)$					

4. На основе данных таблицы 2.2 строится график зависимости $P_{уст}(t)$.

5. По полученным соотношением и значениям делаются выводы о надежности устройства и предлагаются мероприятия по повышению надежности.

Базовые интенсивности отказов групп элементов
и компонентов РТС

Группа элементов	λ_{Σ} , $\times 10^{-6}$ 1/ч
1. Интегральные микросхемы (ИМС)	
Полупроводниковые цифровые: логические, арифметические, микропроцессоры и микропроцессорные комплекты, регистры сдвига и др.	0,023
оперативные запоминающие устройства (ОЗУ)	0,030
постоянные запоминающие устройства (ПЗУ, ППЗУ, РПЗУ)	0,018
Полупроводниковые аналоговые	0,028
Гибридные ИМС	0,043
2. Полупроводниковые приборы (ПП)	
Диоды выпрямительные	0,091
Столбы (мосты) выпрямительные	0,21
Диоды импульсные	0,025
Варикапы подстроенные	0,022
Стабилитроны	0,0041
Транзисторы биполярные кремниевые, кроме СВЧ	0,044
Транзисторы полевые: кремниевые	0,065
арсенидогаллиевые	0,578
Тиристоры кремниевые	0,2
Диоды СВЧ: кремниевые (кроме умножительных и настроечных)	0,162
кремниевые умножительные и настроечные	1,61
арсенидогаллиевые	0,21
Транзисторы СВЧ малой и средней мощности	0,064
Транзисторы СВЧ большой мощности	0,18
3. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	
Фотодиоды на основе кремния	0,185
Фототранзисторы	0,15
Фоторезисторы на основе <i>PbS</i>	1,8
Диоды излучающие инфракрасного и видимого диапазона (светодиоды)	0,034
Оптопары диодные, транзисторные	0,051
Оптопары тиристорные, резисторные, микросхемы оптоэлектронные	0,19
4. Знакосинтезирующие индикаторы	
Индикаторы полупроводниковые ¹ :	-

буквенно-цифровые дисплеи с диодной матрицей	0,42 0,21
Индикаторы вакуумные люминесцентные:	
цифровые	0,83
буквенно-цифровые	0,69
Индикаторы вакуумные накаливаемые цифровые	0,31
Индикаторы газоразрядные:	
цифровые	0,79
буквенно-цифровые	2,25
Индикаторы жидкокристаллические цифровые многоразрядные	0,88
5. Конденсаторы	
слодяные	0,04
керамические	0,022
бумажные и металобумажные	0,019
с органическим синтетическим диэлектриком	0,028
электролитические алюминиевые	0,173
6. Резисторы	
Резисторы постоянные непроволочные:	
металлодиэлектрические, металлизированные	0,044
композиционные	0,034
Резисторы переменные:	
непроволочные	0,179
проволочные	0,183
Терморезисторы	0,007
7. Элементы коммутации²	
Переключатели галетные	0,058/0,0027 (1/вкл.)
Тумблеры	0,1 / 0.0064 (1/вкл.)
Кнопки, кнопочные переключатели	0,16 /0,009 (1/вкл.)
Микропереключатели	0,045/0.0019 (1/вкл.)
Переключатели на базе герконов	0,13/ 0,005 (1/вкл.)
Контакты магнитоуправляемые: замыкающего типа	0,0007 (1/сраб.)
переключающего типа	0,018 (1/сраб.)
8. Соединители (разъёмы)	
низкочастотные прямоугольные для печатного монтажа	0,0041
низкочастотные для объёмного монтажа	0,0104
радиочастотные с полиэтиленовой изоляцией	0,015

10. Прочие элементы и компоненты	
Трансформаторы: питания	0,0035
преобразователей напряжения	0,0072
согласующие, импульсные и др.	0,0019
Электронно-лучевые трубки: осциллографические, индикаторные	1,67
кинескопы монохромные	1,1
кинескопы цветные	13,17
Дроссели	0,033
Катушки индуктивности	0,01
Реле электромагнитные общего назначения	0,0304 (1/ком.)
Пьезоэлектрические приборы (кварцевые резонаторы, датчики, фильтры)	0,026
Линии задержки	0,04
Предохранители	0,011
Держатели предохранителей	0,003
Индикаторные электрические лампочки при минимальной продолжительности горения T_{min} , указываемой в ТУ:	
при переменном напряжении до 12 В	1,8
при постоянном напряжении до 12 В	5,4
при переменном напряжении 200...240 В	77,8
Соединения (значения базовой интенсивности отказов):	
ручная пайка без накрутки	0,0013
ручная пайка с накруткой	0,00007
пайка волной	0,000069
обжимка (опрессовка)	0,00012
клеммный блок (узел)	0,062
Пайки сквозных металлизированных отверстий в платах с металлизированными отверстиями (значения базовой интенсивности отказов в зависимости от технологии межсоединений):	
печатный монтаж	0,000017
монтаж дискретными проводниками	0,00011
Кабели, шнуры, провода монтажные (значения базовой интенсивности отказов) ⁴ :	
кабели (провода) радиочастотные коаксиальные	0,00127 (1/м)
провода монтажные низковольтные обычной теплостойкости	0,0577 (1/м)
шнуры питания гибкие с резиновой изоляцией (без вилки питания)	0,037 (1/м)

Примечания:

1. Для ИМС базовые интенсивности отказов соответствуют ИС средней степени их интеграции не в пластмассовых корпусах, условиям типовой (редуцированной) электрической нагрузки и температуре окружающей среды $t = 5^{\circ}\text{C}$.

2. Для ППП, включая полупроводниковые индикаторы, интенсивность отказов соответствует приборам не в пластмассовых (полимерных) корпусах.

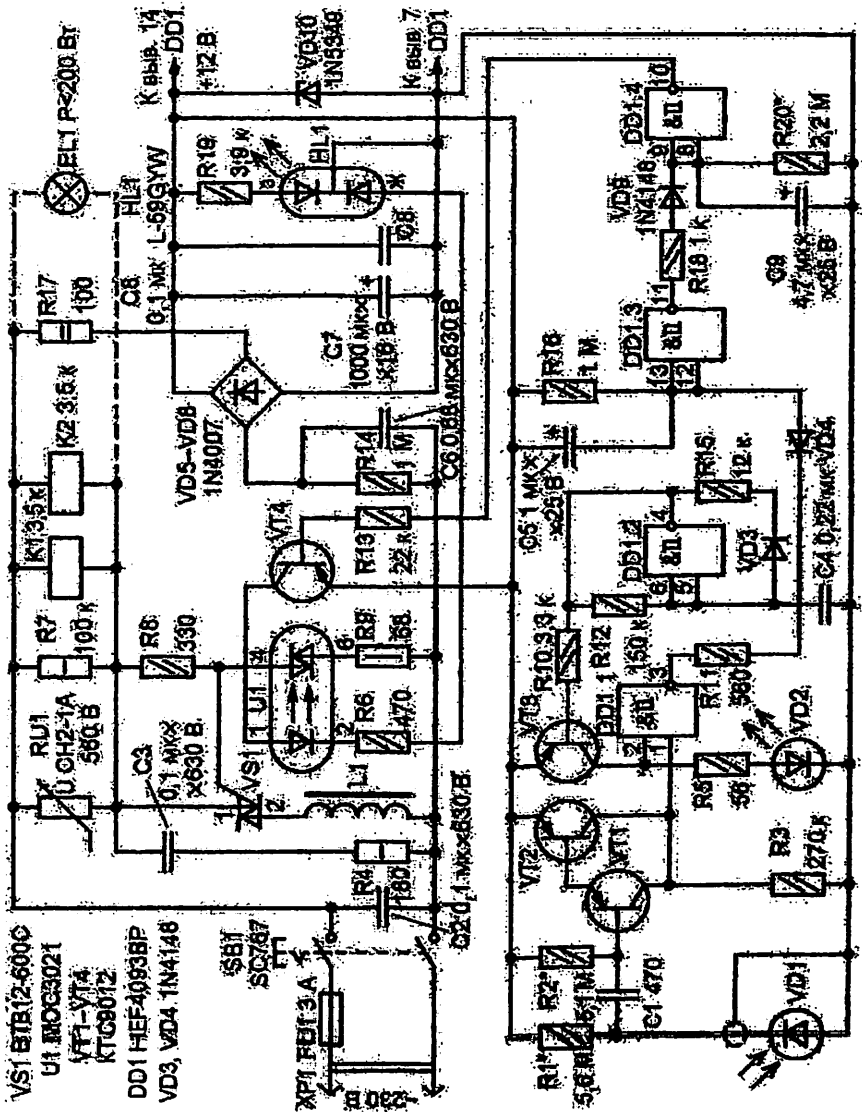
¹Указано значение, приходящееся на один разряд индикатора (диодной матрицы).

²Интенсивность отказов коммутационного изделия в целом (числитель) дополнительная интенсивность отказов, приходящаяся на одно включение при работе (знаменатель).

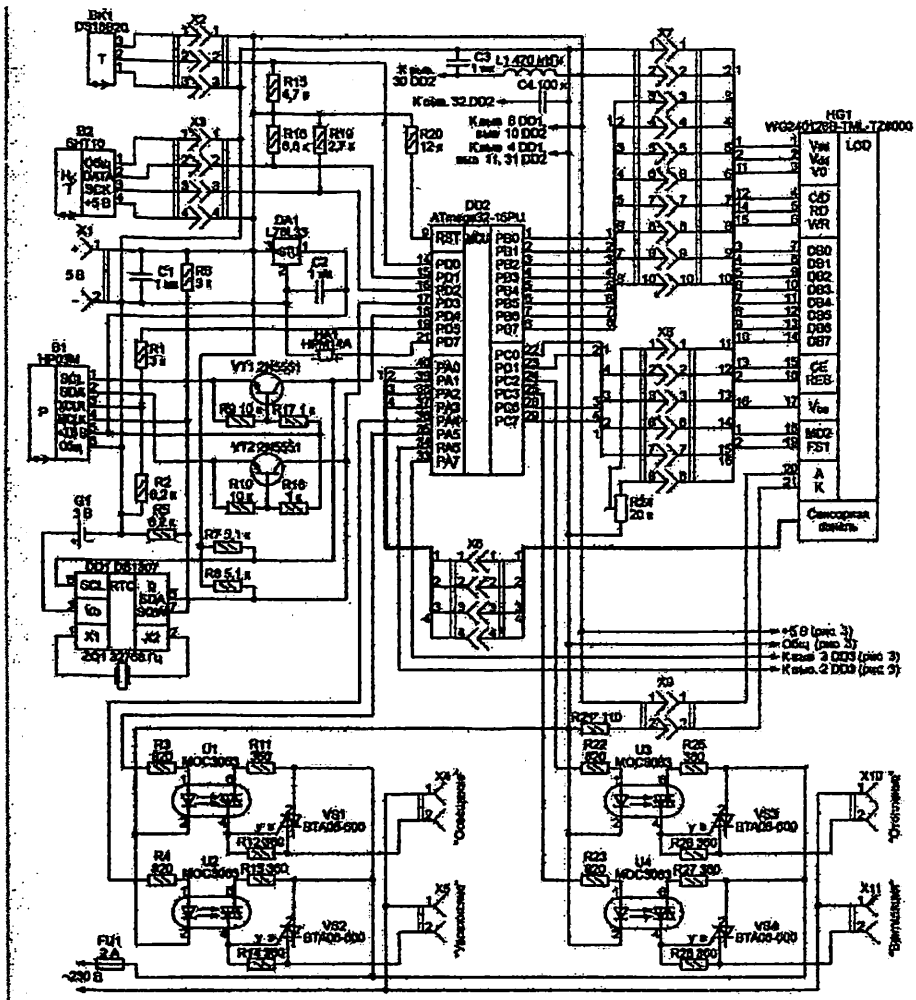
³Интенсивность отказов, приходящаяся на одну коммутацию (абатывание).

⁴Базовая интенсивность отказов, приходящаяся на 1 метр длины.

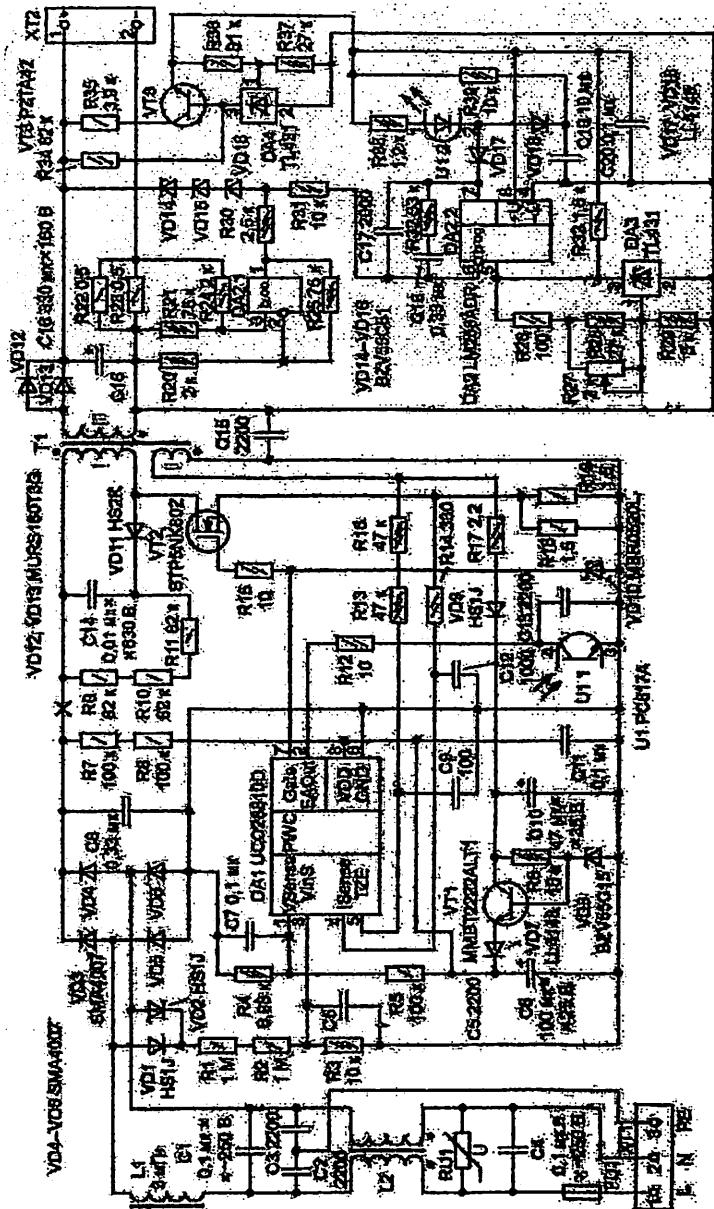
Варианты заданий



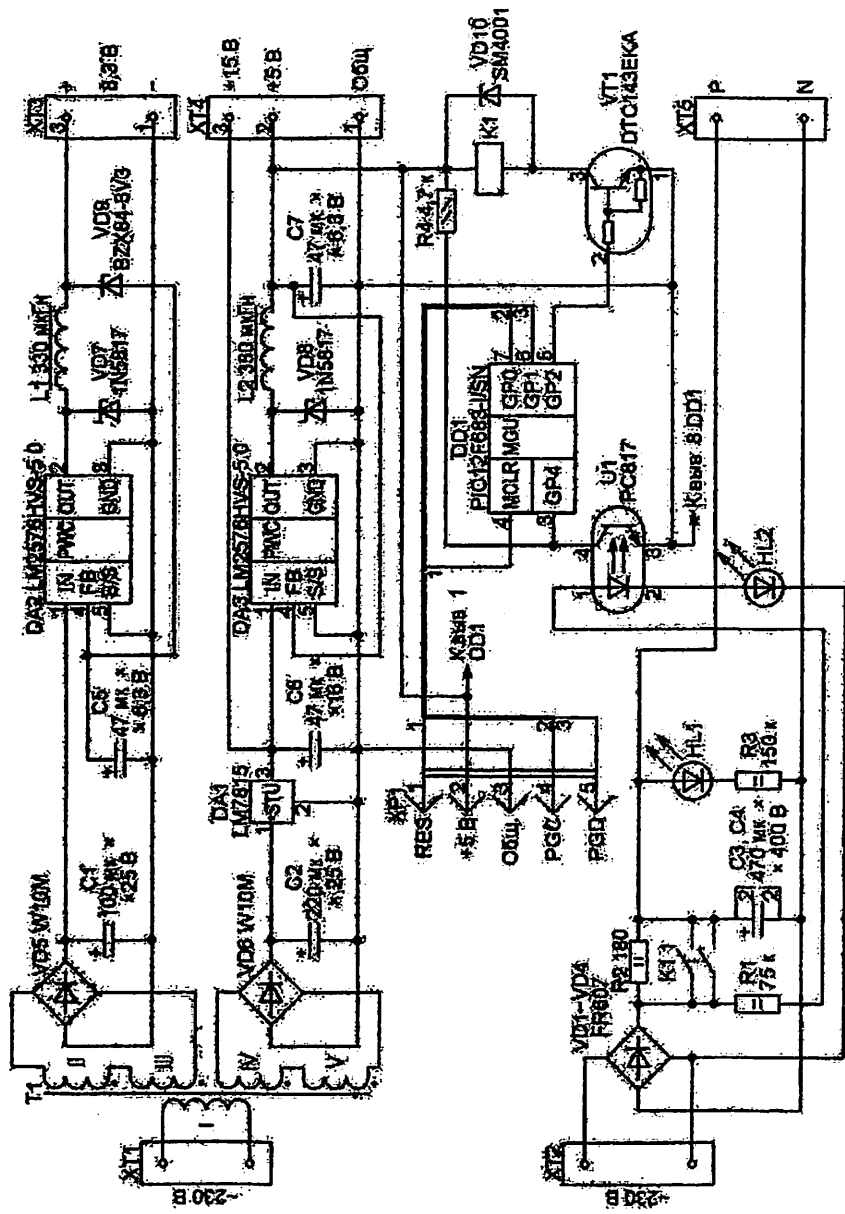
Вариант №1
 MUHAMMAD ALYOKRATYI NOMIDA 1
 TOSHKENT AFD 0201
 TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI



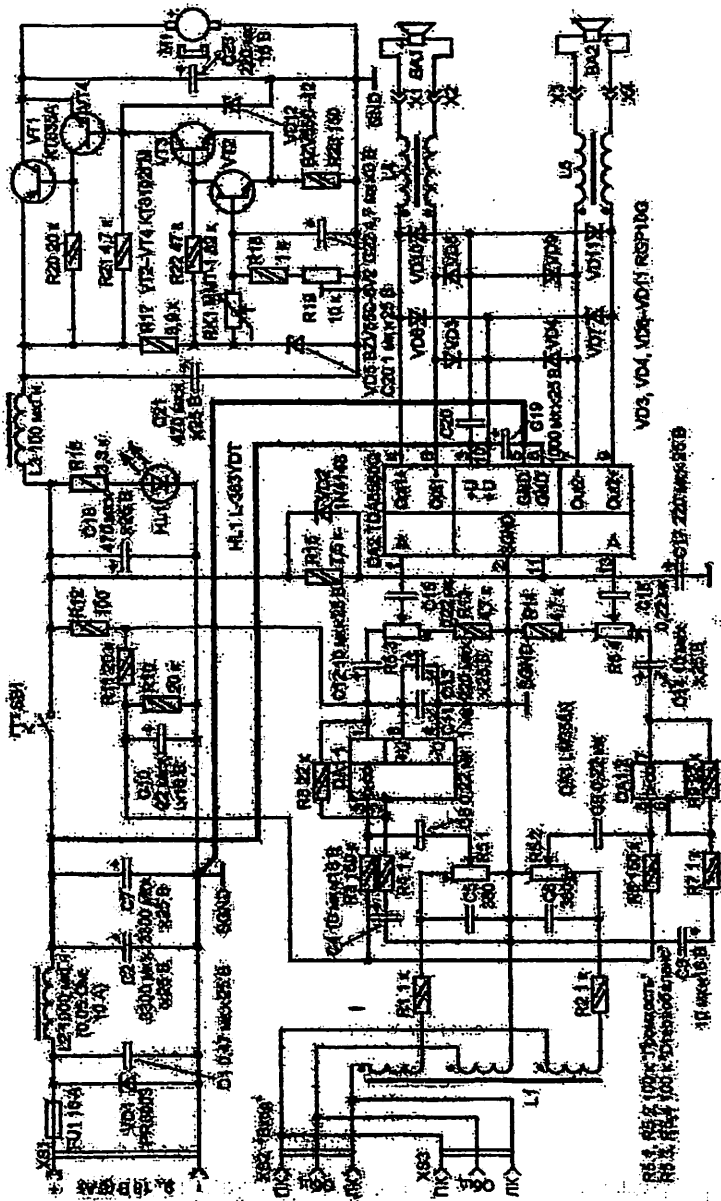
Вариант №2



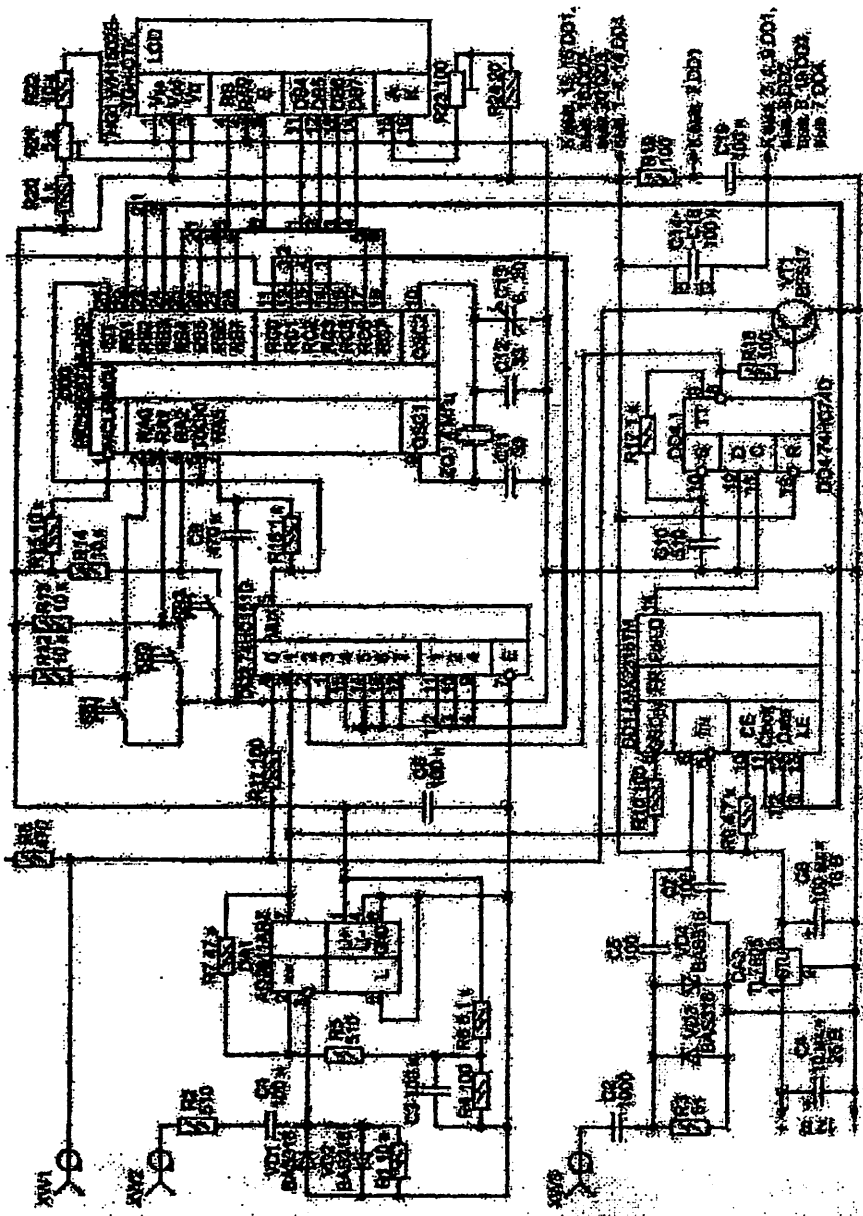
Вариант №3



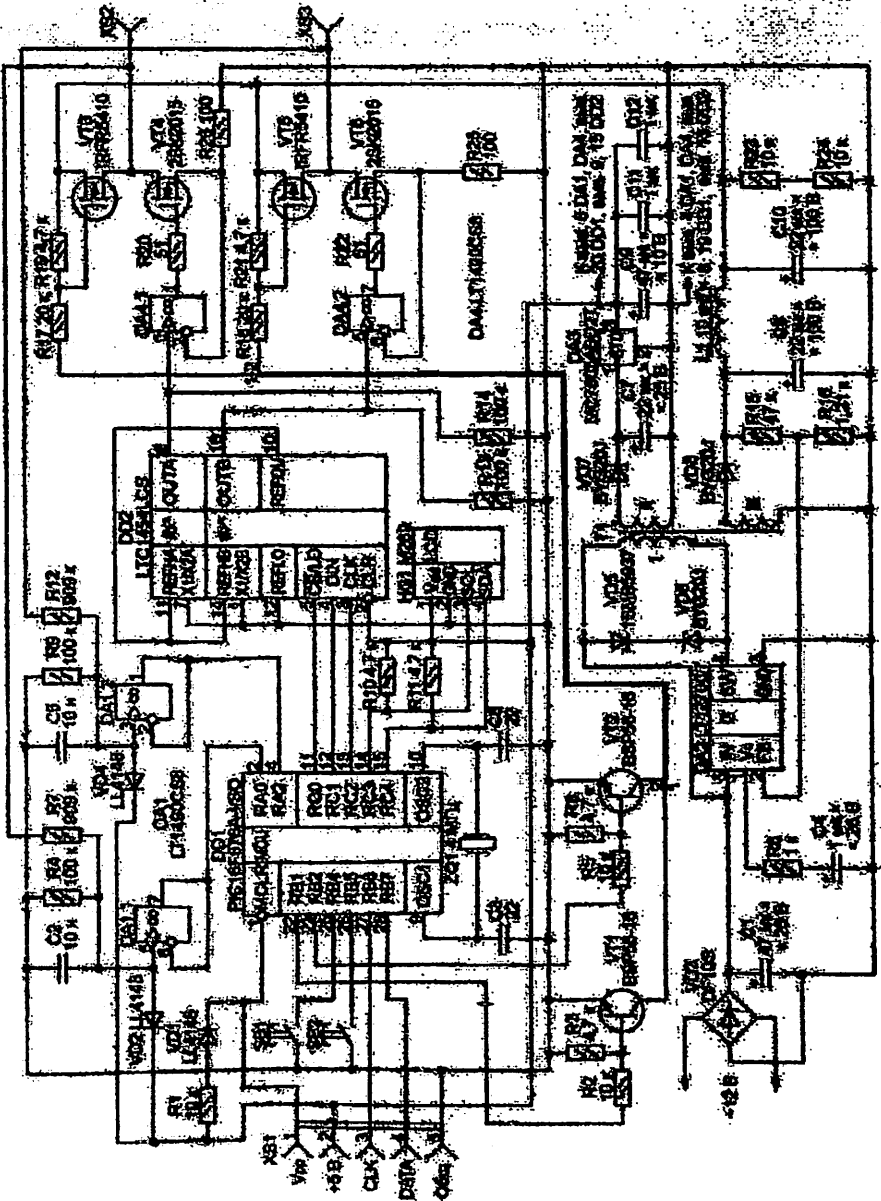
Вариант №4



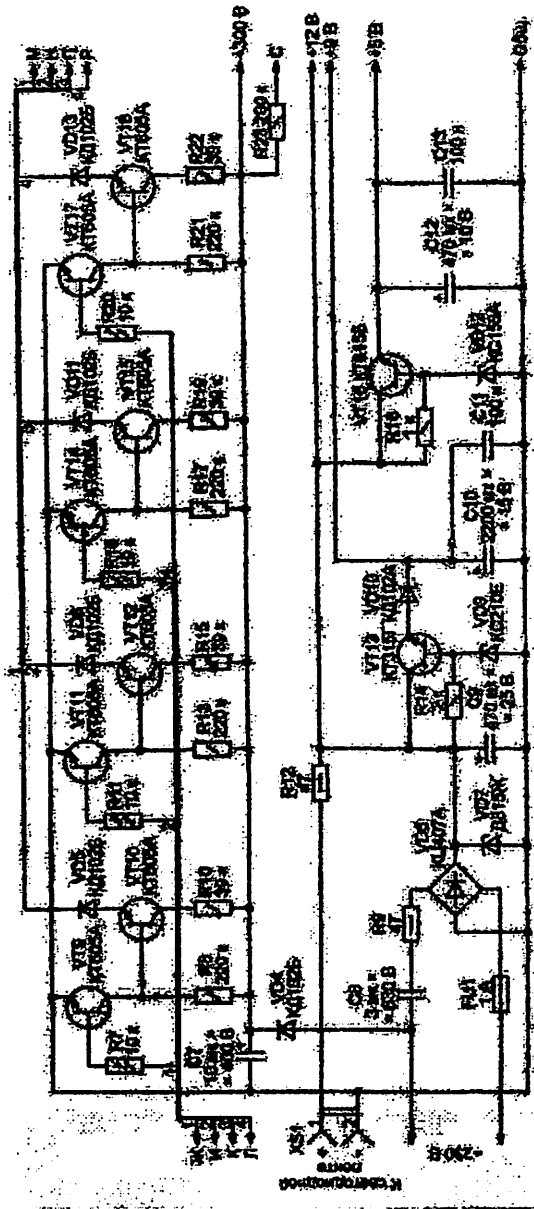
Вариант №5



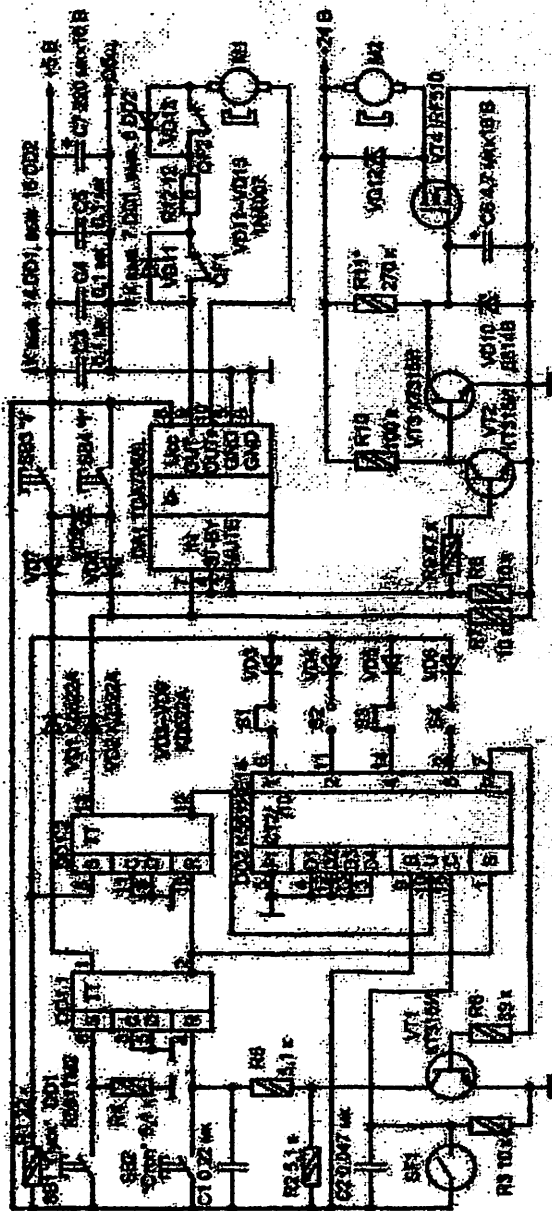
Вариант №6



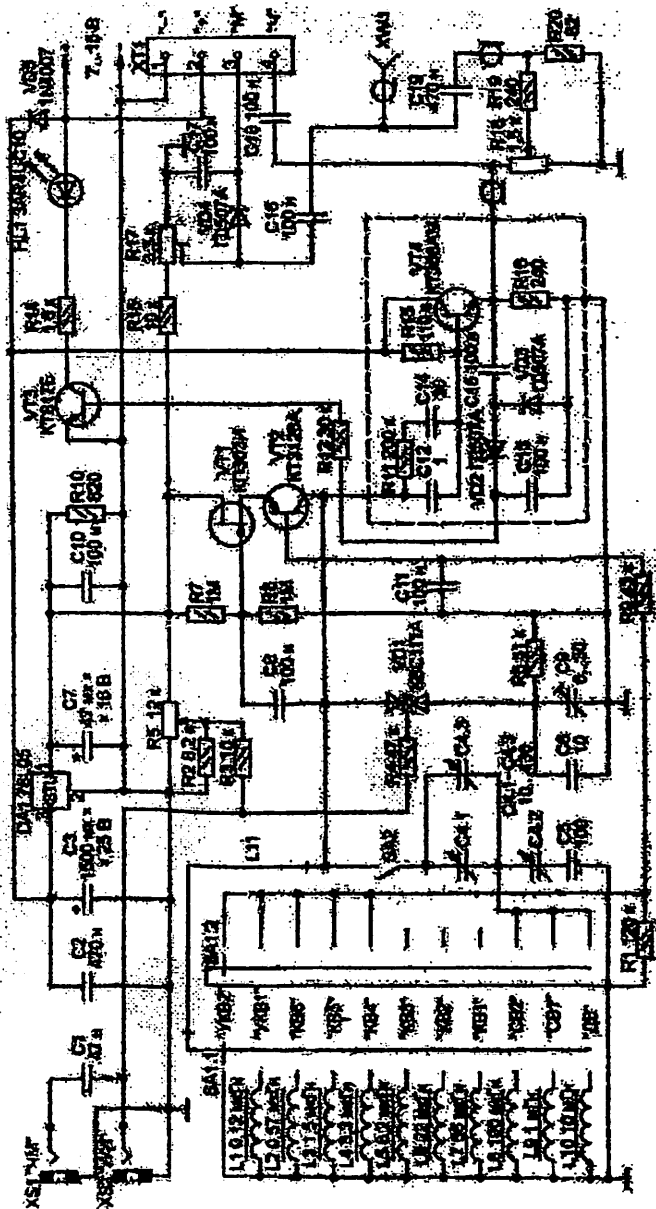
Вариант №7



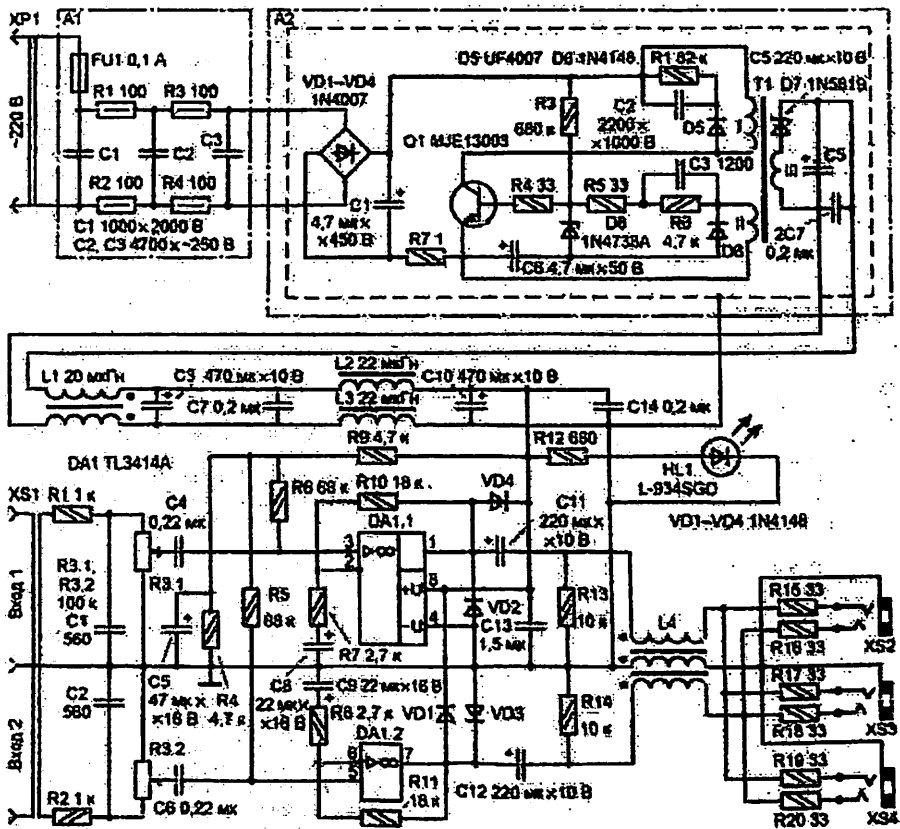
Вариант №8



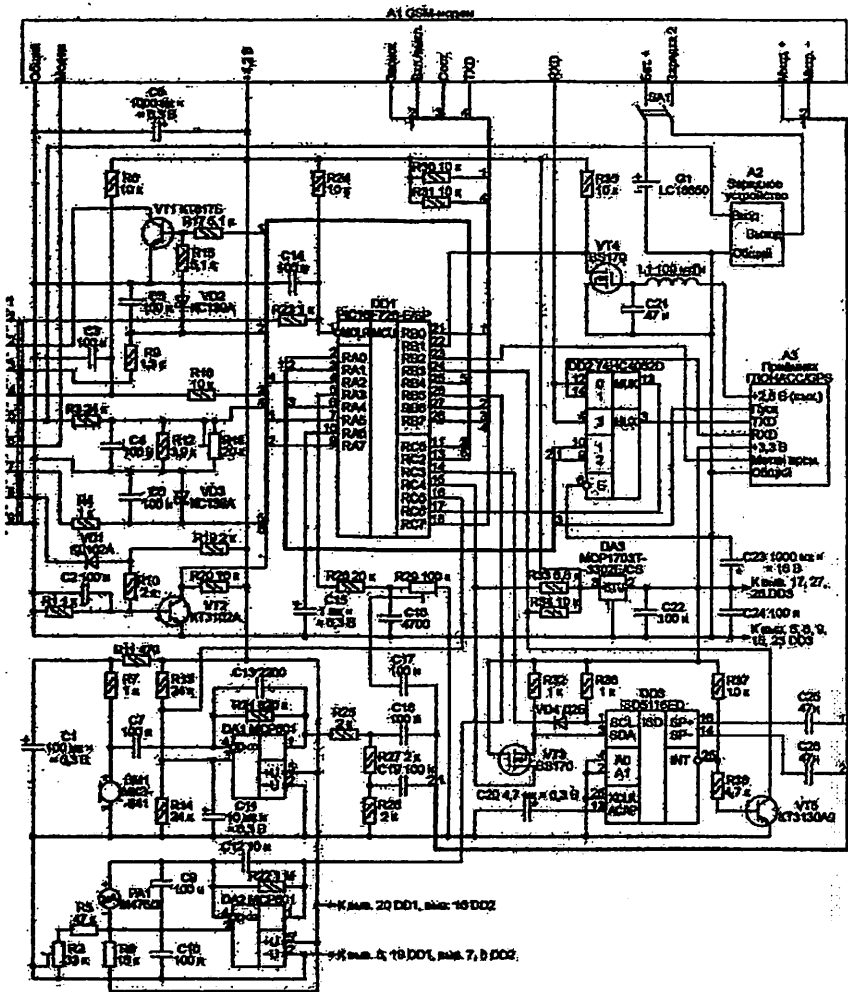
Вариант №10



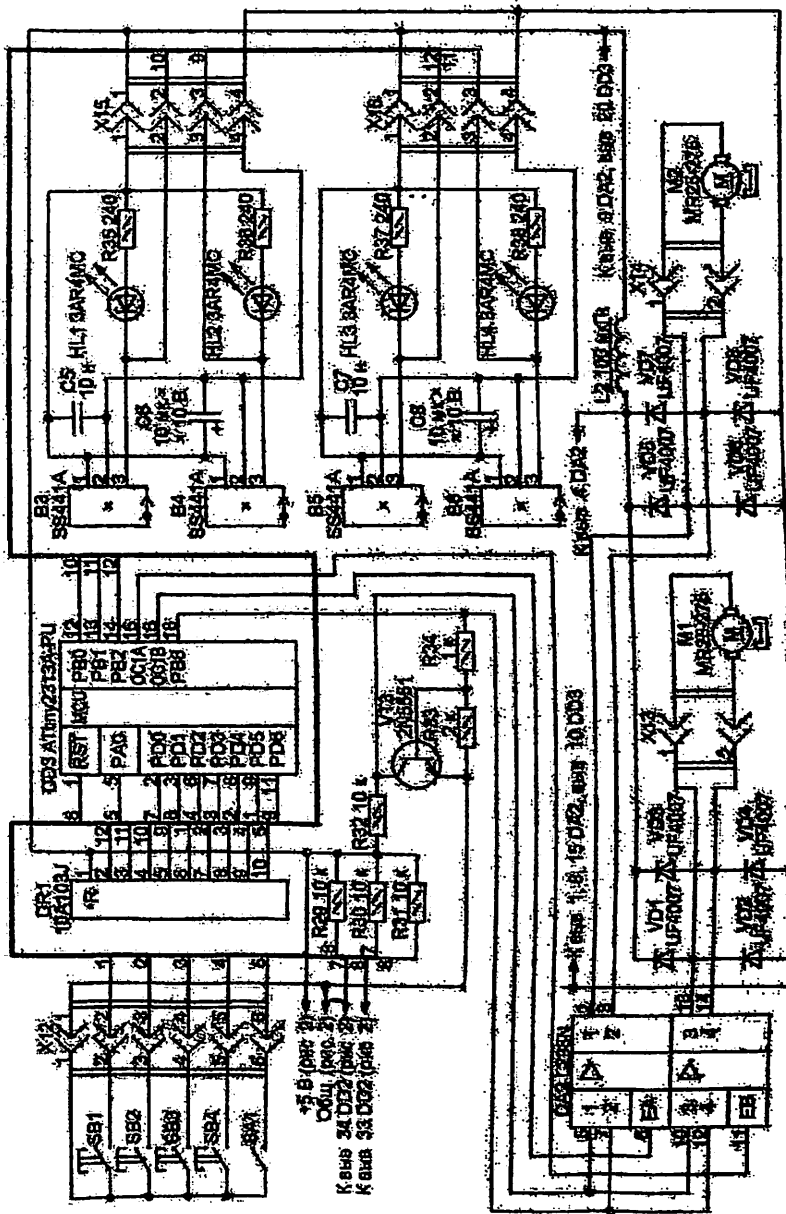
Вариант №11



Вариант №13



Вариант №14



Вариант №15

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности, 2-е издание. - СПб.: БХВ-Петербург - 2006. - 702 с.
2. Ajit Kumar Verma, Srividya Ajit, Durga Rao Karanki. Reliability and Safety Engineering. Second Edition. Springer-Verlag London 2016. – 572 p.
3. Половко А.М. Основы теории надежности. Практикум. БХВ-Петербург - 2006. - 560 с.
4. Надежность технических систем: учебник для студ. высш. учеб. заведений/В.Ю.Шипмарев.-М.: Издательский центр «Академия»,2010.-304 с.
5. Давронбеков Д.А. Методы оценки надежности цифровых элементов радиотехнических систем: монография. – Т.: ТАТУ, 2017. – 168 с.
6. Радиотехнические системы: учебное пособие / М. Ю. Застела [и др.]; под общей редакцией М. Ю. Застела. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 495 с.
7. Reliability, Maintainability and Risk. Practical methods for engineers. Eighth Edition. Dr David J. Smith. Published by Elsevier Ltd. -2011. -436 p.
8. Давронбеков Д.А. Надежность радиотехнических систем: учебник. “Tafakkur tomchilari”. Ташкент – 2021. – 192 с.
9. library.tuit.uz
10. www.ziyonet.uz

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ	3
2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	10
2.1. Начальные условия для проведения расчетов	10
2.2. Последовательность выполнения задания	12
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Базовые интенсивности отказов групп элементов и компонентов РТС	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Варианты заданий	17
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	32

**РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО
УСТРОЙСТВА НА ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

(расчётно-графическая работа)

Методическое пособие по дисциплине
«Надёжность радиотехнических устройств»

Рассмотрено на заседании кафедры ТМС
« » 12 2023 года (протокол №)
и рекомендовано к печати

Рекомендовано к печати научно-методическим советом факультета
Радио и мобильная связь (протокол № от « » 12 2023 г.)

Рекомендовано к печати научно-методическим советом ТУИТ
(протокол № () от « » 202 г.)

Составители:

Давронбеков Д.А.

Пулатов Ш.У.

Ответственный редактор: Д.Т.И.

Давронбеков Д.А.

Корректор:

Пулатов Ш.У.

**Bichimi 60x84 1/16. Bosma tabog'i 2,25
Adadi 20. Buyurtma № 17
Al Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
«Taxriri nashriyot» bo'limida chop etildi.
Toshkent sh. Amir Temur ko'chasi 108-uy.**