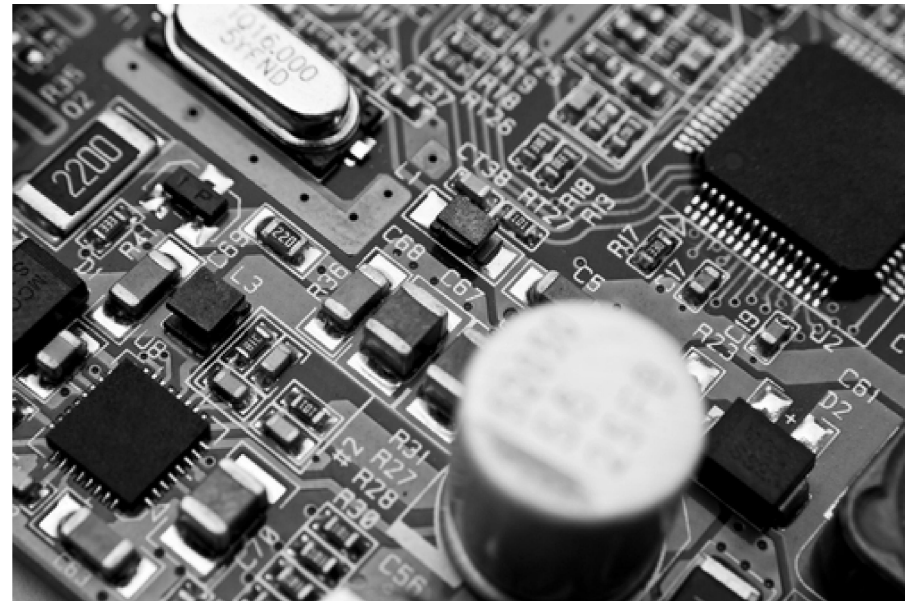


Бутурлакін О.П., Овчаренко В.В., Чичура І.І.

НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ



Ужгород - 2018

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

Бутурлакін О.П., Овчаренко В.В., Федак В.В.

**НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОННИХ
КОМПОНЕНТІВ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ**

**Методичні рекомендації
до виконання розрахунків по оцінці
показників надійності
радіоелектронної апаратури**

для студентів інженерних спеціальностей

Надійність електронної апаратури. Методичні рекомендації до виконання розрахунків по оцінці показників надійності радіоелектронної апаратури. Методична розробка для студентів інженерних спеціальностей. УжНУ, 2016, – 56с.

Укладачі: *Бутурлакін О.П.* - канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри приладобудування;
Овчаренко В.В. - ст. викладач кафедри приладо-будування;
Чичура І.І. – старший викладач кафедри приладобудування.

Рецензенти: *Спесивих О.О.*- канд. фіз.-наук доцент кафедри електронних систем;
Козусенок О.В. - ст. викладач кафедри приладо-будування.

Відповідальний за випуск:

Турянця І.І. - канд. фіз.-мат. наук, доцент, завідувач кафедри приладобудування

Затверджено на засіданні кафедри приладобудування 25 вересня 2017р., протокол № 2

Схвалено методичною комісією інженерно-технічного факультету 10 листопада 2017 р., протокол № 5

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	3
1 Мета виконання розрахунків по оцінці показників надійності РЕА	5
2 Вихідні дані та матеріали для проведення розрахунків	6
3 Методика і порядок виконання розрахунків з надійності	9
4 Приклад розрахунку показників надійності для стабілізованого джерела живлення	15
Література	26
Додатки	27
Додаток 1. Величини інтенсивностей відмов λ_0 для найбільш поширених типоміналів різних груп елементів РЕА	28
Додаток 2. Величини інтенсивностей відмов λ_0 для найбільш поширених груп елементів РЕА	48
Додаток 3. Значення поправочного коефіцієнта k_n , який враховує механічні фактори	50
Додаток 4. Значення поправочного коефіцієнта k_v , який враховує дії вологості і температури	50
Додаток 5. Значення поправочного коефіцієнта $k_{a.t.}$, який враховує дію атмосферного тиску	50
Додаток 6. Значення поправочного коефіцієнта $k_{тн.}$, який враховує вплив температури на коефіцієнт навантаження k_n для окремих груп елементів РЕА	51

ВСТУП

Надійність виробів радіоелектронної апаратури (РЕА) є фундаментальною комплексною властивістю, яка входить до поняття якості, і визначається як властивість цих виробів зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції у визначених режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання і транспортування. Показники надійності безпосередньо характеризують, в якій мірі конкретному виробу або вузлу притаманні певні властивості, які обумовлюють його надійність.

Термінологія і основні вимоги в області надійності регламентуються рядом державних стандартів України [1], положення яких обов'язково мають враховуватись на всіх етапах розробки або проектування РЕА. Саме це і обумовлює необхідність виконання досить специфічних розрахунків по оцінці основних показників надійності у курсовому проекті з дисципліни “Проектування РЕА” та у проектно-конструкторському розділі дипломного проекту. На жаль, більшість нормативної і довідникової літератури та документації в цій галузі є малодоступною для студентів. Особливо це стосується таблиць показників надійності радіоелементів і матеріалів, в тому числі з врахуванням зовнішніх впливових факторів (температура, режими навантаження тощо), діючих технічних умов (ТУ), конкретних методик виконання розрахунків, представлення звітності і розробки рекомендацій по усуненню ненадійних ланок у спроектованому приладі, розрахунків комплектів запасних частин, інструменту та приладів (ЗІП).

Розроблені авторським колективом “Методичні рекомендації до виконання розрахунків по оцінці показників надійності РЕА” враховують багаторічний досвід курсового і дипломного проектування на кафедрі приладобудування і, на нашу думку, дозволять студентам у стислі терміни визначитись

методикою виконання оцінок показників надійності електронних вузлів і пристроїв, виконати необхідні розрахунки із використанням зведених у зручні таблиці довідникових даних для значної кількості типономіналів електронних компонентів з врахуванням їх технічних умов; в компактній і доступній формі представити отримані результати та сформулювати конкретні рекомендації по покращенню надійності спроектованих об'єктів.

Крім того, ця методична розробка може бути корисною для наукових керівників курсових і дипломних проектів, рецензентів, студентів старших курсів споріднених спеціальностей.

1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
	85	0,16	0,17	0,24	0,43	0,73	1,07	1,50	2,26	3,65
	95	0,18	0,19	0,28	0,49	0,88	1,24	1,82	2,80	4,49
Моточні вироби, трансфор- матори, дроселі, обмотки електрич- них машин	20		0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,18	1,0
	30		0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	1,0	1,4	1,6
	40		0,1	0,2	0,2	0,5	1,2	1,8	2,4	3,0
	50	-	0,2	0,2	0,3	0,8	1,8	2,8	4,0	5,2
	60		0,2	0,3	0,4	1,2	2,5	4,1	6,4	8,6
	70		0,3	0,4	0,6	2,0	4,2	7,2	10,7	14,0

- Примітка: 1. Прочерки в деяких стовпчиках таблиці означають відсутність відповідних довідникових даних. В цих випадках в якості необхідних значень k_{TH} призначають найближче сусіднє в таблиці значення.
2. Для інших елементів РЕА, які не увійшли до даної таблиці, відповідні значення k_{TH} або його еквівалента призначають у відповідності з рекомендаціями [1,3].

1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
Конденсатори металоплаперові	20			0,36	0,49	0,64	0,80			
	30			0,38	0,50	0,70	0,94			
	40			0,42	0,54	0,80	1,10			
	50			0,49	0,63	0,95	1,43			
	60	-	-	0,61	0,75	1,19	2,00	-	-	-
	70			0,76	0,96	1,58	2,30			
	80			0,97	1,40	2,10	2,80			
	100			1,30	2,80	3,10	3,80			
Конденсатори електролітичні алюмінієві	20			0,48	0,48	0,48	0,65			
	30			0,60	0,78	0,80	0,82			
	40			0,60	0,64	0,90	1,24			
	50			1,40	1,17	1,40	1,73			
	60	-	-	2,10	1,80	2,10	2,30	-	-	-
	70			3,60	2,90	3,60	4,30			
	80			5,60	4,40	5,60	7,00			
	100			6,00	6,50	8,00	11,0			
Конденсатори електролітичні танталові	20			0,20	0,20	0,20	0,39			
	30			0,22	0,22	0,22	0,41			
	40			0,30	0,30	0,30	0,47			
	50			0,40	0,40	0,40	0,57			
	60	-	-	0,50	0,50	0,50	0,70	-	-	-
	70			0,65	0,65	0,65	0,86			
	80			0,80	0,80	0,80	1,05			
	100			1,00	1,00	1,00	1,30			
Резистори недротяні	20	0,20	0,26	0,35	0,42	0,50	0,60	0,72	0,84	1,00
	30	0,27	0,34	0,43	0,51	0,62	0,75	0,88	1,07	1,26
	40	0,33	0,42	0,51	0,60	0,70	0,94	1,11	1,38	1,71
	50	0,40	0,50	0,59	0,71	0,92	1,17	1,38	1,76	2,22
	60	0,47	0,57	0,67	0,82	1,08	1,43	1,70	2,17	2,41
	70	0,54	0,64	0,75	0,94	1,26	1,72	2,04	2,69	3,52
	80	0,61	0,71	0,84	1,07	1,46	2,05	2,48	3,31	4,40
	90	0,70	0,79	0,92	1,20	1,66	2,40	2,99	4,04	5,40
Резистори дротяні	20	0,02	0,02	0,05	0,10	0,20	0,34	0,51	0,71	1,00
	30	0,04	0,04	0,08	0,14	0,26	0,43	0,60	0,81	1,10
	40	0,06	0,06	0,11	0,19	0,32	0,53	0,69	0,92	1,29
	55	0,09	0,09	0,15	0,27	0,43	0,68	0,88	1,16	1,71
	65	0,11	0,11	0,18	0,32	0,51	0,79	1,04	1,43	2,18
	75	0,13	0,14	0,21	0,37	0,61	0,91	1,24	1,80	2,89

1 Мета виконання розрахунків по оцінці показників надійності РЕА

Метою проведення розрахунків з надійності при виконанні курсового проекту з дисципліни “Проектування РЕА” та у відповідному розділі дипломного проекту є оцінка імовірності безвідмовної роботи об’єкта проектування за визначений час наробітку t і значення середнього наробітку на відмову.

Згідно ДСТУ 2861-94 [1] існує ряд методів аналізу показників надійності технічних виробів, а саме:

- метод аналізу характеру та наслідків відмов;
- метод аналізу діагностичного дерева відмов;
- метод аналізу за допомогою блок-схеми надійності;
- метод прогнозування надійності за кількістю елементів (“лямбда-метод”);
- метод марківського аналізу;
- метод імовірісно-фізичного аналізу надійності.

При курсовому і дипломному проектуванні доцільно користуватись “лямбда-методом”, який є найбільш простим розрахунковим підходом і використовує специфікації всіх елементів та дані про їх відмови (таблиці значень інтенсивності відмов λ_0 кожного з радіокомпонентів). Одночасно цей метод дає змогу оцінити чи задовольняють прийняті схемотехнічні рішення технічному завданню (ТЗ), визначити причини найбільшої інтенсивності відмов, вірно прогнозувати склад комплектів ЗП.

Прогнозування надійності з використанням “лямбда-методу” дає істотне покращення показників надійності (в першу чергу середнього наробітку до відмови) при великій кількості елементів і в той же час не вимагає проведення експлуатаційних випробувань.

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) – імовірність того, що протягом заданого наробітку відмови об’єкта не виникне. Звичайно вважають, що на початку інтервала часу чи наробітку об’єкт у змозі виконувати потрібні функції [1]. Із цього

визначення впливає, що конкретне числове значення ІБР має певний зміст лише тоді, коли воно поставлене у відповідність заданому часу наробітку. При цьому під наробітком розуміють тривалість чи обсяг роботи об'єкта. Наробіток може бути як неперервною величиною (тривалість роботи в годинах), так і цілочисельною величиною (кількість робочих циклів, запусків тощо).

Другий показник – *середній наробіток до відмови* – представляє собою математичне сподівання наробітку об'єкту до першої відмови.

Розрахунок показників надійності об'єкта проектування в цілому дає змогу виконати оцінку принципової можливості забезпечення радіоелектронним виробам заданих вимог з безвідмовної роботи, знаходження “слабих” з точки зору надійності комплектуючих елементів, розробки заходів по конкретному підвищенню умов безвідмовного наробітку, визначення номенклатури радіоелементів і компонентів, якими має комплектуватись ЗІП до даного виробу РЕА.

2 Вихідні дані та матеріали для проведення розрахунків

Для виконання розрахунків з надійності необхідно використати наступні вихідні дані електричного розрахунку об'єкта проектування та довідникові матеріали:

- принципову електричну схему (ЕЗ) та перелік елементів (ПЕЗ) до цієї схеми;
- карту режимів роботи активних і пасивних радіоелементів, які входять до принципової електричної схеми;
- довідникові матеріали з інтенсивностями відмов радіоелектронних компонентів λ_0 , приведеними до режиму номінальних електричних навантажень і нормальних умов експлуатації;
- довідникові матеріали, що дозволяють враховувати вплив електричного режиму, температури і зовнішніх факторів на інтенсивність відмов.

Таблиця 6–Д. Значення поправочного коефіцієнта $k_{тн}$, який враховує вплив температури на коефіцієнт навантаження k_n для окремих груп елементів РЕА [5]

Групи елементів	Робоча температура, °С	Поправочний коефіцієнт $k_{тн}$ при заданому значенні коефіцієнта навантаження k_n								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Транзистори кремнієві	20	0,16	0,18	0,20	0,35	0,43	0,52	0,63		
	30	0,16	0,19	0,22	0,37	0,46	0,55	0,67		
	40	0,17	0,20	0,23	0,40	0,51	0,59	0,72	–	–
	50	0,18	0,21	0,24	0,45	0,55	0,65	0,78		
	60	0,19	0,22	0,26	0,50	0,61	0,71	0,85		
	70	0,20	0,23	0,27	0,56	0,70	0,71	0,97		
Транзистори германієві	20	0,23	0,26	0,35	0,42	0,50	0,70	0,74		
	30	0,27	0,32	0,45	0,52	0,65	0,83	0,95		
	40	0,32	0,40	0,55	0,66	0,81	1,04	1,22	–	–
	50	0,42	0,50	0,68	0,84	1,08	1,31	1,50		
	60	0,52	0,63	0,86	1,10	1,38	1,65	1,90		
	70	0,63	0,80	1,11	1,40	1,73	2,05	2,35		
Діоди кремнієві	20	0,77	0,78	0,79	0,81	0,83	0,85	0,88		
	30	0,85	0,85	0,86	0,88	0,90	0,92	0,97		
	40	0,92	0,92	0,94	0,97	1,00	1,04	1,08	–	–
	50	0,98	1,00	1,02	1,05	1,09	1,13	1,19		
	60	1,04	1,08	1,11	1,16	1,22	1,30	1,39		
Діоди германієві	20	0,15	0,22	0,30	0,39	0,50	0,62	0,74		
	30	0,19	0,26	0,35	0,45	0,55	0,66	0,79		
	40	0,23	0,32	0,41	0,51	0,63	0,76	0,91	–	–
	50	0,32	0,45	0,60	0,76	0,95	1,15	1,41		
	60	0,53	0,66	0,86	1,13	1,40	1,75	2,13		
Конденсатори слюдяні	20	–	–	–	–	–	–	–		
	30	–	–	0,08	0,11	0,22	0,27	–		
	40			0,9	0,13	0,28	0,35			
	50			0,10	0,15	0,36	0,46			
	60	–	–	0,12	0,20	0,45	0,62	–	–	–
	70			0,15	0,26	0,60	0,83			
	80			0,22	0,43	0,92	1,46			
	90			0,57	1,36	3,00	3,40			
100			0,57	1,56	3,10	3,60				

Таблиця 3–Д. Значення поправочного коефіцієнта k_m , який враховує механічні фактори [5]

Умови експлуатації об'єкта проектування	Поправочний коефіцієнт k_m		
	При вібраціях	При ударних навантаженнях	Сумарна дія всіх
Лабораторні	1,00	1,00	1,0
Стационарні	1,04	1,03	1,07
Автофургонні	1,35	1,08	1,46
Залізнодорожні	1,40	1,10	1,54
Корабельні	1,30	1,05	1,37
Авіаційні	1,46	1,13	1,65

Таблиця 4–Д. Значення поправочного коефіцієнта k_v , який враховує дію вологості і температури [5]

Вологість, %	Температура, °C	Поправочний коефіцієнт k_v
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

Таблиця 5–Д. Значення поправочного коефіцієнта $k_{a.t.}$, який враховує дію атмосферного тиску [5]

Висота, км	Поправочний коефіцієнт $k_{a.t.}$
0...1	1,00
1...2	1,05
2...3	1,10
3...5	1,14
5...6	1,16
6...8	1,20
8...10	1,25
10...15	1,30
15...20	1,35
20...25	1,38

Вихідною величиною для проведення розрахунків з надійності приймається параметр надійності елементів схем РЕА – *інтенсивність відмов* λ , кількісна величина якої вибирається із довідникової літератури [3–5].

Інтенсивність відмов (ІВ) – це умовна густина імовірності виникнення відмови об'єкта, яка визначається за умови, що до цього моменту відмова не виникла. Інтенсивність відмов є показником безвідмовності неремонтуємих і невідновлюваних об'єктів [1].

При аналізі відмов важливо знати етап життєвого цикла виробу РЕА і з'ясувати першопричину виникнення відмов. В цьому зв'язку розрізняють наступні види відмов: конструкційні, виробничі і експлуатаційні.

Конструкційні відмови виникають в результаті помилок або порушень правил і норм конструювання в період розробки, тобто після ідентифікації такої відмови повинні бути прийняті відповідні заходи по доробці конструкції, при яких виключається виникнення таких відмов у подальшому.

Під *виробничими умовами* розуміють відмови елементів, вузлів і блоків в результаті недосконалості процесу виготовлення або порушення технології виготовлення.

Експлуатаційні відмови пов'язані з конкретними умовами використання виробів РЕА. Такі відмови обумовлені зовнішніми факторами, які по інтенсивності перевищують межі, що допускаються технічними умовами. Крім того, відмови при експлуатації можуть бути викликані порушеннями з боку обслуговуючого персоналу правил та інструкцій по експлуатації, правил профілактики, ремонту.

Розрахункова сумарна *інтенсивність відмов кожного з і-типів елементів* принципової електричної схеми визначається за умови незалежності відмов елементів за наступною формулою:

$$\lambda_{i\Sigma} = \lambda_{i0} \cdot n \cdot k_e \cdot k_{тн} \cdot 10^{-8} [\text{год}^{-1}], \quad (1)$$

де λ_{i0} – інтенсивність відмов елементів і-типу, отримана при випробуваннях в режимі номінального електричного навантаження і нормальних зовнішніх умовах експлуатації;

- n** – кількість однакових елементів **i**-типу;
k_e – експлуатаційний поправочний коефіцієнт для перерахунку ІВ елементів при фактичних умовах експлуатації;
k_{тн} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив електричного режиму (через коефіцієнт електричного навантаження **k_н**) і температури елемента (або оточуючого повітря) на зміну табличних значень ІВ.

Експлуатаційний поправочний коефіцієнт **k_e** для перерахунку ІВ елементів при фактичних умовах експлуатації через **λ_ю** можливо оцінити за формулою:

$$k_e = k_n \cdot k_b \cdot k_{a.t.} \quad (2)$$

k_н – поправочний коефіцієнт, що враховує дію механічних факторів (вібрації, ударні навантаження, сумарні дії механічних навантажень) (див. таблицю 3–Д);

k_б – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив вологості і температури (див. таблицю 4–Д);

k_{а.т.} – поправочний коефіцієнт, що враховує дію атмосферного тиску (див. таблицю 5–Д).

Поправочний коефіцієнт **k_{тн}**, який враховує вплив електричного режиму і температури, визначається шляхом табличного нормування (див. таблицю 6–Д) значень коефіцієнта електричного навантаження **k_н**, який розраховується за методикою, що наведена в розділі 3.

У випадку відсутності поправочних коефіцієнтів для визначення **k_{тн}** і **k_e** для певних груп елементів в довідникових таблицях, їх значення умовно приймається рівним одиниці.

Сумарна інтенсивність відмов для всіх елементів, які входять до принципової схеми, розраховується за формулою:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \lambda_{i\Sigma} \text{ [год}^{-1}\text{]}, \quad (3)$$

i=1...m – кількість різних типів елементів, які входять до схеми.

Величина СНВ визначається в цьому випадку через **λ_Σ** наступним чином:

Конденсатори:			
– керамічні	0,15	1,64	0,042
– танталові	0,60	1,934	0,108
– електролітичні	0,035	0,513	0,003
Резистори:			
– композиційні 0,25 Вт	0,016	–	–
– композиційні 2 Вт	0,071	–	–
– металоплівкові	0,2	0,4	0,004
– змінні і потенціометри	0,26	0,5	0,02
– дротяні	0,073	0,114	0,032
Трансформатори:			
– високочастотні	0,045	0,062	0,019
– імпульсні	0,17	0,285	0,03
– розділювальні	0,03	0,93	0,011
– живлення	0,025	0,052	0,012
Дроселі:			
– низькочастотні	0,175	–	–
– високочастотні	2,1	–	–
Комутаційні елементи:			
– приєднувачі і роз'єднувачі, перехідні колодки	5,2	12,3	0,8
– провідники з'єднувальні	0,15	0,12	0,008
– кабелі	0,475	2,20	0,002
– плавкі запобіжники	0,50	0,82	0,30
– плавкі запобіжники	0,62/Ш		
– під'єднувачі штепсельні	0,07/кг		
– перемикачі кнопочні	0,01		
– паяні з'єднання	0,08/кг		
– перемикачі галетні			

Примітка: Ш – на один контактний штир;
 кг – на одну контактну групу.

1	2	3
ФП1П1–60(01–04)	ОДО.206.014 ТУ	20
ФП1П1–61(01–08)	ОДО.206.014 ТУ	20
ФП1П6–(1,1–1,5)	НШПК.433.550.001 ТУ	20
ФП1П8–3–1/2–(1–5)	ОДО.206.007 ТУ	81
ФП1П8–6	ОДО.206.012 ТУ	20
ФП1П8–62–02	ОДО.206.012 ТУ	20
ФП1П8–63–(01–02)	ОДО.206.014 ТУ	30

Для п'єзоелектричних приладів, дані з надійності для яких відсутні в цій таблиці, величину λ_0 призначають виходячи із усереднених значень для підгруп типоміналів в [3]:

- резонатори кварцеві вакуумовані – $\lambda_{\text{ср}}=20 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$
- резонатори кварцеві герметизовані – $\lambda_{\text{ср}}=20 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$
- резонатори термостатовані – $\lambda_{\text{ср}}=70 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$
- генератори кварцеві п'єзоелектричні – $\lambda_{\text{ср}}=80 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$
- фільтри п'єзоелектричні полосові – $\lambda_{\text{ср}}=50 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$
- фільтри п'єзокристалічні на ПАХ – $\lambda_{\text{ср}}=60 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$
- фільтри п'єзокерамічні – $\lambda_{\text{ср}}=30 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$
- компоненти і елементи п'єзокерамічні – $\lambda_{\text{ср}}=150 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$

Таблиця 2–Д. Величини інтенсивності відмов λ_0 для найбільш поширених груп елементів РЕА [5]

Група елементів	Інтенсивність відмов λ_0 , 10^{-7} год^{-1}		
	середнє значення	максимальне значення	мінімальне значення
1	2	3	4
Інтегральні мікросхеми:			
– гібридні	0,075	0,1	0,05
– напівпровідникові	0,02	0,03	0,01
Транзистори кремнієві:			
– малопотужні	0,84	1,44	0,45
– високочастотні	0,50	1,67	0,16
1	2	3	4
– середньої потужності	0,74	0,84	0,21
Діоди і стабілітрони кремнієві	0,20	0,452	0,021

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} [\text{год}], \quad (4)$$

а значення ІБР можливо оцінити за виразом:

$$P(t) = e^{-\lambda_{\Sigma} \cdot t} \approx 1 - \lambda_{\Sigma} \cdot t, \quad (5)$$

де t – заданий в ТЗ час наробітку (як правило, 1000 або 2000 год).

Розраховані значення $P(t)$ і T для об'єкта проектування порівнюють з відповідними показниками надійності аналогічних виробів і роблять висновки стосовно рівня надійності розробленої конструкції.

3 Методика і порядок виконання розрахунків з надійності

На першому етапі виконання розрахунків за спрощеною методикою з використанням формул (1–5) необхідно у відповідності з переліком елементів ПЕЗ до принципової електричної схеми об'єкта проектування скласти перелік по групам елементів, для кожної з яких за довідниковими даними [3–5] (див. таблицю 1–Д або 2–Д) призначається нормоване значення λ_{i0} і записується у відповідну графу звітної таблиці 2 “Показники надійності...”.

Групи елементів в таблиці 2 об'єднуються на основі порівняння наступних характеристичних ознак, пріоритет яких визначається порядком їх переліку:

- один і той же тип елемента та його найменування;
- однакове значення номінальної розсіюваної потужності (для резисторів), робочої напруги (для конденсаторів), технічних умов і т.п.;
- однакове або подібне функціональне призначення елементів та наближеність режимів електричного навантаження та експлуатації.

При груповому занесенні елементів в таблицю 2 в графі “ n , шт.” – вказується загальна кількість об'єднаних за схожими характеристичними ознаками елементів схеми. При цьому λ_{i0}

визначається для типу елементів, який виступає в якості першої об'єднувальної ознаки.

Якщо елементи одного і того ж типу відрізняються за другою і третьою ознаками, то вони заносяться в *таблицю 2* окремим рядком.

На другому етапі, у відповідності із ТЗ, визначається значення експлуатаційного поправочного коефіцієнта k_e для кожної групи елементів, для яких на попередньому етапі були призначені λ_{i0} . Розрахунок k_e виконується за формулою (2) на основі довідникових даних для оцінки складових k_m , k_b та $k_{a.t.}$ (див. *таблиці 3Д–5Д*).

У випадку, коли у ТЗ не регламентуються умови, які підлягають під визначення коефіцієнтами k_m , k_b та $k_{a.t.}$, їх значення умовно приймаються рівними одиниці і, відповідно, експлуатаційний поправочний коефіцієнт $k_e=1$.

Розраховані за формулою (2) або одиничні значення коефіцієнта k_e заносяться у відповідну графу *таблиці 2* для визначених груп елементів.

Вплив режиму електричного навантаження та температури на ІБР кожного з елементів схеми враховується через коефіцієнт $k_{тн}$ у формулі (1). Врахування режиму навантаження визначається величиною коефіцієнта навантаження k_n , який шляхом застосування нормуючого впливу температури дає шукане значення $k_{тн}$ (див. *таблицю 6–Д*).

Визначення коефіцієнта $k_{тн}$ для кожної групи елементів розділяється на два етапи:

- розрахунок коефіцієнта навантаження k_n при фактичних режимах електричного навантаження в схемі при нормальній температурі;
- визначення за *таблицею 6–Д* нормованих на фактичну (або задану по ТЗ) температуру значень коефіцієнта $k_{тн}$.

Для визначення коефіцієнта k_n необхідно скласти звітну *таблицю 3* “Карта робочих режимів...”. Ця таблиця заповнюється на кожний елемент схеми. В якості чисельних критеріїв електричного розрахунку режимів навантаження виступають коефіцієнти:

1	2	3
Для індикаторних приладів, дані з надійності для яких відсутні в цій таблиці, величину λ_0 призначають виходячи із усереднених значень для підгруп типоміналіє в [3]:		
<ul style="list-style-type: none"> • напівпровідникові індикатори – $\lambda_{ocp}=20 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ • напівпровідникові шкальні – $\lambda_{ocp}=35 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ • газорозрядні індикатори – $\lambda_{ocp}=220 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ • вакуумні електролюмінесцентні – $\lambda_{ocp}=100 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ • рідкокристалічні індикатори – $\lambda_{ocp}=0,27 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ 		
П'єзоелектричні прилади:		
<u>Резонатори кварцеві вакуумовані</u>		
PK2	ОДО.338.066 ТУ	100
PK34Э	ОДО.338.063 ТУ	100
PK724A	ОДО.338.020 ТУ	100
PK100	ОДО.338.016 ТУ	110
PK104	ЩКЗ.380.100 ТУ	50
PK172	ОДО.338.028 ТУ	120
PK230	ОДО.338.004 ТУ	50
PK233	ОДО.338.006 ТУ	170
PK272Э	ОДО.338.063 ТУ	100
PK293	АЦО.338.093 ТУ	70
PK3184A	ОДО.338.020 ТУ	100
PK332KA	ОДО.338.069 ТУ	10
<u>Резонатори кварцеві герметизовані і термостатовані</u>		
PK170БА,ББ,БВ	ОДО.338.018 ТУ	50
PK188МА,МД	ОДО.338.029 ТУ	80
PK294	АЦО.338.093 ТУ	220
PK295	АЦО.338.094 ТУ	220
PK308	ОДО.338.037 ТУ	20
PK336	ОДО.338.072 ТУ	100
PK180ДГ	ОДО.338.068 ТУ	70
<u>Фільтри п'єзоелектричні</u>		
ФП2П4–436	АЦО.206.080 ТУ	50
ФП2П6–418	ОДО.206.035 ТУ	55
ФП2П6–419	ОДО.206.036 ТУ	50
ФП2П6–469	ОДО.206.059 ТУ	50
ФП2П8–281	ОДО.206.015 ТУ	50
ФП3П7–464	ОДО.206.052 ТУ	60
ФП3П9–451	АЦО.206.096 ТУ	17

1	2	3
АЛС362А	аАО.336.455 ТУ	36,0
АЛС364А-5	аАО.336.480 ТУ	110
АЛС366А-5	аАО.336.386 ТУ	92
КИММ01А	аАО.336.562 ТУ	10
КИМП02А/04А	аАО.336.562 ТУ	10
КИПГ01А-1Х8Л	аАО.336.506 ТУ	53
АЛС347А	аАО.336.444 ТУ	53
<u>Газорозрядні</u>		
ИН1-21А	ОДО.339.493 ТУ	300
МН-15	ОДО.337.147 ТУ	1000
ТН-30-2М	ОДО.337.138 ТУ	410
ТЛ-1-1	ОДО.337.135 ТУ	250
ТЛ-3-1	ОДО.337.136 ТУ	230
ТЛ-3-2	ОДО.337.136 ТУ	230
ТХ16Б	ОДО.337.136 ТУ	250
<u>Вакуумні</u>		
<u>люмінесцентні</u>		
ІВ-18	ОДО.339.047 ТУ	90
ІВ-27М	ОДО.339.164 ТУ	90
ІВЛ1-8/13	ОДО.339.261 ТУ	34
ІЛЦ2-12/8Л	ОДО.339.380 ТУ	34
ІЛЦ2-16/8Л	ОДО.339.415 ТУ	135
ІВ-26	ОДО.339.200 ТУ	86
ІВЛМ1-1/7	ОДО.339.199 ТУ	630
ІВЛМ2-5/7	ОДО.339.588 ТУ	630
ІЛТИ1-8М	ОДО.339.505 ТУ	140
ІЛТ5-30 М	ОДО.339.505 ТУ	270
ІЛМ2-7Л	ОДО.339.403 ТУ	120
<u>Рідкокристалічні</u>		
ІЖЦ5-4/8	ОДО.339.008 ТУ	180
ІЖЦ9-4/7	ОДО.339.478 ТУ	173
ІЖЦ13-4/7	ОДО.339.478 ТУ	173
ІЖЦ16-4/7	ОДО.339.478 ТУ	173
ІЖЦ14-6/7	ОДО.339.478 ТУ	173
ІЖЦ7-8/7	ОДО.339.478 ТУ	173
ІЖЦ8-8/7	ОДО.339.478 ТУ	173
ІЖЦ9-8/7	ОДО.339.478 ТУ	173
ІЖЦ5-8/7	ОДО.339.478 ТУ	175
ІЖЦ11-6/7	ОДО.339.478 ТУ	175
ІЖЦ11-4/7	ОДО.339.478 ТУ	175
ІЖЦ10-8/7	ОДО.339.478 ТУ	175

k_u – коефіцієнт навантаження по напрузі;

k_p – коефіцієнт навантаження по потужності;

k_i – коефіцієнт навантаження по струму.

Практично значення k_u , k_i і k_p розраховуються за наступними узагальненими виразами:

$$k_A = \frac{\text{Виміряне значення } A}{\text{Допустиме за ТУ значення } A}, \quad (6)$$

$$\text{або } k_A = \frac{\text{Розраховане значення } A}{\text{Допустиме за ТУ значення } A}, \quad (7)$$

де A – назва параметра (U , I , P), за яким оцінюється відповідний коефіцієнт навантаження.

Слід відмітити, що коефіцієнт k_A може розраховуватись як на змінному (k_A^{\sim}) так і на постійному струмі (k_A^-). В цьому випадку узагальнений коефіцієнт k_A буде визначатися добутком:

$$k_A = k_A^{\sim} \cdot k_A^-, \quad (8)$$

Узагальнене значення k_u , яке враховує режими навантаження по всім електричним параметрам, визначається за формулою:

$$k_u = k_u \cdot k_i \cdot k_p. \quad (9)$$

Таким чином алгоритм визначення коефіцієнта навантаження k_u вимагає не тільки повного електричного розрахунку всіх елементів схеми, але й практично вимірної карти напруг і струмів (в режимах постійного і змінного струмів).

Для виконання спрощених оціночних розрахунків допускається користуватись лише одним або двома з коефіцієнтів k_A (6,7), які мають вирішальний вплив на режими електричного навантаження з точки зору імовірності безвідмовної роботи. Всі інші коефіцієнти умовно приймаються рівними одиниці. В таблиці 1 приведені рекомендовані для окремих груп елементів формули, за якими виконується оцінка k_u .

Таблиця 1. До визначення коефіцієнта k_n

№ п/п	Назва групи елементів	Параметр, по якому рекомендовано оцінювати k_n	Формули для оцінки
1	2	3	4
1.	Резистори постійні і змінні	Робоча напруга U : $k_u = \frac{U_{\text{вим. max}}}{U_{\text{доп. ТУ}}} = \frac{U_{\text{роз. max}}}{U_{\text{доп. ТУ}}}$ Розсіювана потужність P : $k_p = \frac{P_{\text{роз. max}}}{P_{\text{доп. ТУ}}}$	$k_n = k_u$, $k_n = k_p$ або $k_n = k_u \cdot k_p$
2.	Конденсатори: - керамічні; - паперові; - полістірольні; - електролітичні; - змінної ємності	Робоча напруга U : $k_u = \frac{U_{\text{роб. max}}}{U_{\text{роб. доп. ТУ}}}$	$k_n = k_u$
3.	Діоди напів-провідникові, діністори і тиристори	Прямий струм I : $k_i = \frac{I_{\text{пр. max}}}{I_{\text{пр. доп. ТУ}}}$ Зворотня напруга $U_{\text{зв}}$: $k_u = \frac{U_{\text{зв. max}}}{U_{\text{зв. доп. ТУ}}}$	$k_n = k_u \cdot k_p$, $k_n = k_u$
4.	Стабілітрони кремнієві	Струм стабілізації $I_{\text{ст}}$: $k_i = \frac{I_{\text{ст. ном}}}{I_{\text{ст. доп. ТУ}}}$ Розсіювана потужність P : $k_p = \frac{I_{\text{ст. ном}} \cdot U_{\text{ст. ном}}}{P_{\text{роз. доп. ТУ}}}$	$k_n = k_i$, $k_n = k_u$, $k_n = k_p$

1	2	3
<u>Прямокутні</u> <u>малогабаритні для</u> <u>об'ємного та</u> <u>друкованого монтажу</u> ГРПМШ1 ОНП-КГ-56 ОНП-СС-73 РП15 СНО51 СНО53 МРН	НЦО.364.006 ТУ НЦО.364.077 ТУ БРО.364.095 ТУ БРО.364.090 ТУ НЦО.364.032 ТУ НЦО.364.032 ТУ БРО.364.029 ТУ	0,15 0,30 1,7 0,02 0,26 0,26 0,15
<u>Високочастотні</u> СР-50-73Ф СР-50-165Ф СР-75-17Ф СР-75-160Ф	ВРО.364.010 ТУ ВРО.364.018 ТУ ВРО.364.022 ТУ ВРО.364.024 ТУ	0,10 0,10 0,20 0,20
Для роз'єднувачів, дані з надійності для яких відсутні в цій таблиці, величину λ_0 призначають виходячи із усереднених значень для підгруп типонаміналів в [3]:		
<ul style="list-style-type: none"> циліндричні нормальних габаритів – $\lambda_{\text{оср}} = 0,65 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ циліндричні малогабаритні для об'ємного монтажу – $\lambda_{\text{оср}} = 0,12 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ циліндричні малогабаритні для друкованого монтажу – $\lambda_{\text{оср}} = 0,16 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ прямокутні нормальні для об'ємного монтажу – $\lambda_{\text{оср}} = 0,12 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ прямокутні для друкованого монтажу – $\lambda_{\text{оср}} = 0,27 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ прямокутні малогабаритні для об'ємного монтажу – $\lambda_{\text{оср}} = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ прямокутні для об'ємного і друкованого монтажу – $\lambda_{\text{оср}} = 0,47 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ високочастотні – $\lambda_{\text{оср}} = 0,15 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ 		
<u>Індикаторні прилади:</u> <u>Світлодіодні літерно-</u> <u>цифрові</u> КЛЦ202Н КЛЦ302 КИПЦ05А КИПЦ08А АЛС340А1 АЛС363А КИПТ03А-10Ж	аАО.336.396 ТУ аАО.336.399 ТУ аАО.336.702 ТУ аАО.336.815 ТУ аАО.336.370 ТУ аАО.336.478 ТУ аАО.336.688 ТУ	34,0 34,0 100,0 100,0 30,0 100,0 36,0

1	2	3
ОНП-ВС-40	НЦО.364.064 ТУ	3,0
ОНП-НГ-14-72	НЦО.364.035 ТУ	0,36
СНП14-72	НЦО.364.029 ТУ	0,03
СНП14-112	НЦО.364.030 ТУ	0,03
СНП-39	НЦО.364.007 ТУ	0,3
СНП-40	НЦО.364.008 ТУ	0,3
<u>Прямокутні малогабаритні для об'ємного монтажу</u>		
РП2Н-1	БРО.364.013 ТУ	0,002
РГ1Н-1	БРО.364.012 ТУ	0,002
ОНП-ВГ-25	БРО.364.056 ТУ	0,03
ОНП-ВГ-26	НЦО.364.045 ТУ	0,17
ОНП-ВГ-58	БРО.364.077 ТУ	3,0
ОНП-НГ-40	НЦО.364.077 ТУ	2,9
ОНП-НГ-57	НЦО.364.079 ТУ	2,9
РГО	ОЮО.364.016 ТУ	3,0
РГ35-3Н	БРО.364.016 ТУ	0,11
СНО44	ОЮО.364.049 ТУ	4,3
СНО63	КеО.364.043 ТУ	0,03
СНО64	КеО.364.044 ТУ	0,03
СНО65	ОЮО.364.049 ТУ	4,3
<u>Прямокутні малогабаритні для друкованого монтажу</u>		
ОНП-ВГ-19	НЦО.364.045 ТУ	0,12
ОНП-КГ-22	НЦО.364.056 ТУ	0,03
ОНП-КГ-54	НЦО.364.078 ТУ	3,0
ОНП-КГ-55	НЦО.364.078 ТУ	3,0
ОНП-КГ-57	НЦО.364.077 ТУ	0,45
ОНП-КГ-58	НЦО.364.077 ТУ	0,45
ОНП-КН-24	ГОСТ12368-78	0,02
ОНП-КН-25	ГОСТ12368-78	0,02
ОНП-НГ-2	НЦО.364.000 ТУ	0,42
РПГ	ОЮО.364.046 ТУ	0,3
РППМ9	ГЕО.364.204 ТУ	0,008
РППМ10	ГЕО.364.205 ТУ	0,025
РППМ17-18-2	НЦО.364.011 ТУ	0,12
РППМ23-13	КеО.364.016 ТУ	0,01
СНП58	КеО.364.043 ТУ	0,003
СНП59	КеО.364.044 ТУ	0,003
СНП341	БРО.364.106 ТУ	0,046
СНП34С	БРО.364.106 ТУ	0,056

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4
5.	Транзистори біполярні - в підсилювальних, генераторних, ключових схемах; - потужні ключові, стабілізуючі і підсилювальні схеми	<u>Струм колектора I_к</u> : $k_i = \frac{I_{к. роз.}}{I_{к. доп. ТУ}}$ <u>Напруга U_{ке}</u> : $k_u = \frac{U_{ке роз.}}{U_{ке доп. ТУ}}$ <u>Розсіювана потужність P_к</u> : $k_p = \frac{P_{к роз.}}{P_{к доп. ТУ}}$	k _н =k _i , k _н =k _u , k _н =k _p
6.	Транзистори польові: - з керувальним р-п переходом; - МДН і МОН всіх типів; - потужні польові транзистори всіх типів	<u>Струм стоку I_с</u> : $k_i = \frac{I_{с роз.}}{I_{с доп. ТУ}}$ <u>Напруга U_{св}</u> : $k_u = \frac{U_{св роз.}}{U_{св доп. ТУ}}$ <u>Розсіювана потужність P_с</u> : $k_p = \frac{P_{с роз.}}{P_{с доп. ТУ}}$	k _н =k _i , k _н =k _u , k _н =k _p

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4
7.	Інтегральні мікросхеми малого і середнього ступеня інтеграції (напівпровідникова технологія) - аналогові мікросхеми; - цифрові мікросхеми	<u>Струм навантаження I_ц:</u> $k_i = \frac{I_{н. роз.}}{I_{н. доп. ТУ}}$ <u>Розсіювана потужність P:</u> $k_p = \frac{P_{роз.}}{P_{доп. ТУ}}$	$k_n = k_i,$ $k_n = k_p$
8.	Великі і надвеликі інтегральні мікросхеми (напівпровідникова технологія) - мікропроцесори; - мікроконтролери	<u>Розсіювана потужність P:</u> $k_p = \frac{P_{роз.}}{P_{доп. ТУ}}$	$k_n = k_p$
9.	Трансформато-ри силові	<u>Габаритна потужність P₂:</u> $k_p = \frac{P_{2 роз.}}{P_{2 тчл. доп. ТУ}}$	$k_n = k_p$
10.	Елементи комутації і з'єднань: - перемикачі; - роз'єднувачі; - реле; - з'єднувальні провідники	<u>Струмове навантаження I_ц:</u> $k_i = \frac{I_{н. роз.}}{I_{н. доп. ТУ}}$ <u>Допустима напруга U_{мах}:</u> $k_u = \frac{U_{мах роз.}}{U_{мах доп. ТУ}}$	$k_n = k_i,$ $k_n = k_u$

1	2	3
ОНЦ-ВГ-10-5/16-В,Р	ГОСТ12368-78	0,13
ОНЦ-ВГ-11-5/16-В,Р	ГОСТ12368-78	0,13
ОНЦ-ВГ-11-6/16-В,Р	ГОСТ12368-78	0,13
ОНЦ-ВГ-11-7/16-В,Р	ГОСТ12368-78	0,13
ОНЦ-РГ-09	БРО.364.082 ТУ	0,07
<u>Циліндричні</u>		
<u>малогабаритні для</u>		
<u>друкованого монтажу</u>		
ОНЦ-КГ-3-3/16-Р	ГОСТ12368-78	0,16
ОНЦ-КГ-3-5/16-Р	ГОСТ12368-78	0,16
ОНЦ-КГ-3-7/16-Р	ГОСТ12368-78	0,16
ОНЦ-КГ-4-3/16-Р	ГОСТ12368-78	0,16
ОНЦ-КГ-4-5/16-Р	ГОСТ12368-78	0,16
ОНЦ-КГ-4-7/16-Р	ГОСТ12368-78	0,16
<u>Прямокутні</u>		
<u>нормальних габаритів</u>		
<u>для об'ємного монтажу</u>		
ГРПМШ2	БРО.364.091 ТУ	0,26
РП10	БРО.364.025 ТУ	0,006
РП14	БРО.364.024 ТУ	0,01
РП14А	БРО.364.024-01 ТУ	0,01
ОНП-ВГ-10	НЦО.364.024-02 ТУ	0,26
ОНП-ВС-18	АГО.364.202 ТУ	0,40
ОНП-ВС-41	НЦО.364.063 ТУ	3,0
ОНП-ВС-42	НЦО.364.063-02 ТУ	3,0
ОНП-ЖГ-20	НЦО.364.023 ТУ	3,0
РГ	НЦО.364.008 ТУ	0,16
РШ	НЦО.364.008 ТУ	0,16
РПН5	ГЕО.364.203 ТУ	0,006
РШАВ	БРО.364.023 ТУ	0,023
РШАГ	БРО.364.032 ТУ	0,023
СНО45М	БРО.364.007 ТУ	0,3
СНО47М	БРО.364.007-01 ТУ	0,3
<u>Прямокутні</u>		
<u>нормальних габаритів</u>		
<u>для друкованого</u>		
<u>монтажу</u>		
РГ1Н-2	НЦО.364.003 ТУ	0,001
РГ1Н-3	НЦО.364.069 ТУ	1,4
РШ2Н-2	НЦО.364.003 ТУ	0,001
ОНП-ВГ-7	НЦО.364.023 ТУ	0,26
ОНП-ВС-39	НЦО.364.063 ТУ	3,0

1	2	3
Трансформатори:		
ТС-10-3М	АГО.472.202 ТУ	40
ТС-14-2	АФО.470.013 ТУ	80
ТС-20-4	АФО.470.036 ТУ	90
ТС-26-1	ББЧ.704.089 ТУ	100
ТП-20-14	АФО.470.085 ТУ	120
ТП-20-15	АФО.470.065 ТУ	140
ТП-8	АФО.470.064 ТУ	60
ТП-25	АФО.470.098 ТУ	100
ТП-45	АФО.470.065 ТУ	120
ТП-60	АФО.470.080 ТУ	160
ТП-100	АФО.470.095 ТУ	180
ТПМЗ	АФО.470.103 ТУ	180
ТВС110ПЦ15	σХО.472.045 ТУ	180
ТВС110ПЦ18	σХО.472.048 ТУ	120
ТМС-10	АФО.470.009 ТУ	120
Для трансформаторів, дані з надійності для яких відсутні в цій таблиці, величину λ_0 призначають виходячи із усереднених значень для підгруп типоміналів трансформаторів в [3]:		
<ul style="list-style-type: none"> • трансформатори живлення – $\lambda_{0cp}=10 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ • трансформатори вихідні строчні – $\lambda_{0cp}=10 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ • трансформатори імпульсні і міжкаскадні строчні – $\lambda_{0cp}=2 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ • трансформатори узгодження – $\lambda_{0cp}=0,2 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ 		
Низькочастотні роз'єднувачі на напругу до 1500 В:	Увага! В цій частині таблиці величини λ_0 для всіх типів роз'єднувачів приведені для одного контакту або гнізда. Повне значення λ_0 роз. знаходиться шляхом множення кількості контактів на λ_0 .	
<u>Циліндричні нормальних габаритів</u>		
ОНЦ-ВН-1-2/16-В-17	ГОСТ12368-78	0,2
ОНЦ-ВН-1-2/16-В,Р	ГОСТ12368-78	0,2
ОНЦ-ВН-2-2/16-Р	ГОСТ12368-78	0,2
СНЦЗМ	ГЕЗ.364.237 ТУ	2,0
<u>Циліндричні малогабаритні для об'ємного монтажу</u>		
ОНЦ-ВГ-1-3/16-Р	ГОСТ12368-78	0,13
ОНЦ-ВГ-1-5/16-Р	ГОСТ12368-78	0,13
ОНЦ-ВГ-3-3/16-Р	ГОСТ12368-78	0,13

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4
11.	Елементи індикації: - газорозрядні; - світлодіодні; - рідкокристалічні	<u>Струмове навантаження $I_{гор}$:</u> $k_i = \frac{I_{гор. роз.}}{I_{гор. доп. ТУ}}$ <u>Робоча напруга $U_{роб}$:</u> $k_u = \frac{U_{роб. роз.}}{U_{роб. доп. ТУ}}$	$k_n = k_i$ $k_n = k_u$
12.	Запобіжники і плавкі вставки	<u>Робочий струм I_p:</u> $k_i = \frac{I_{р. роз.}}{I_{р. доп. ТУ}}$	$k_n = k_i$

Примітки: 1. * – розраховане або виміряне значення обраного параметра;
2. В знаменнику розрахункових формул приводяться максимальні допустимі по ТУ значення відповідних параметрів для призначених типоміналів елементів.

Для інших груп елементів, які не увійшли в таблицю 1, значення коефіцієнтів k_n визначається із врахуванням особливостей функціонування в схемі у відповідності з рекомендаціями [3,5].

4 Приклад розрахунку показників надійності для стабілізованого джерела живлення

- Вихідними даними для виконання розрахунків з надійності є:
- принципова електрична схема КП.РЕА.990004.01.001 ЕЗ;
 - перелік елементів КП.РЕА.990004.01.001 ПЕЗ;

- карта робочих режимів стабілізованого джерела живлення (див. таблицю “Карта...”);
- довідникові дані інтенсивностей відмов радіоелементів, які входять до схеми (див. таблицю 1–Д);
- значення поправочних коефіцієнтів k_n , k_b , $k_{a.t.}$ та $k_{тн}$ (див. таблиці 3–Д – 5–Д);
- задана робоча температура $\Theta = +30^\circ\text{C}$.

Необхідно визначити наступні показники надійності стабілізованого джерела живлення:

- сумарну інтенсивність відмов для всіх елементів, що входять до принципової електричної схеми – λ_{Σ} ;
- середній наробіток до відмови – T ;
- імовірність безвідмовної роботи за час $t=2000$ год – $P(2000)$.

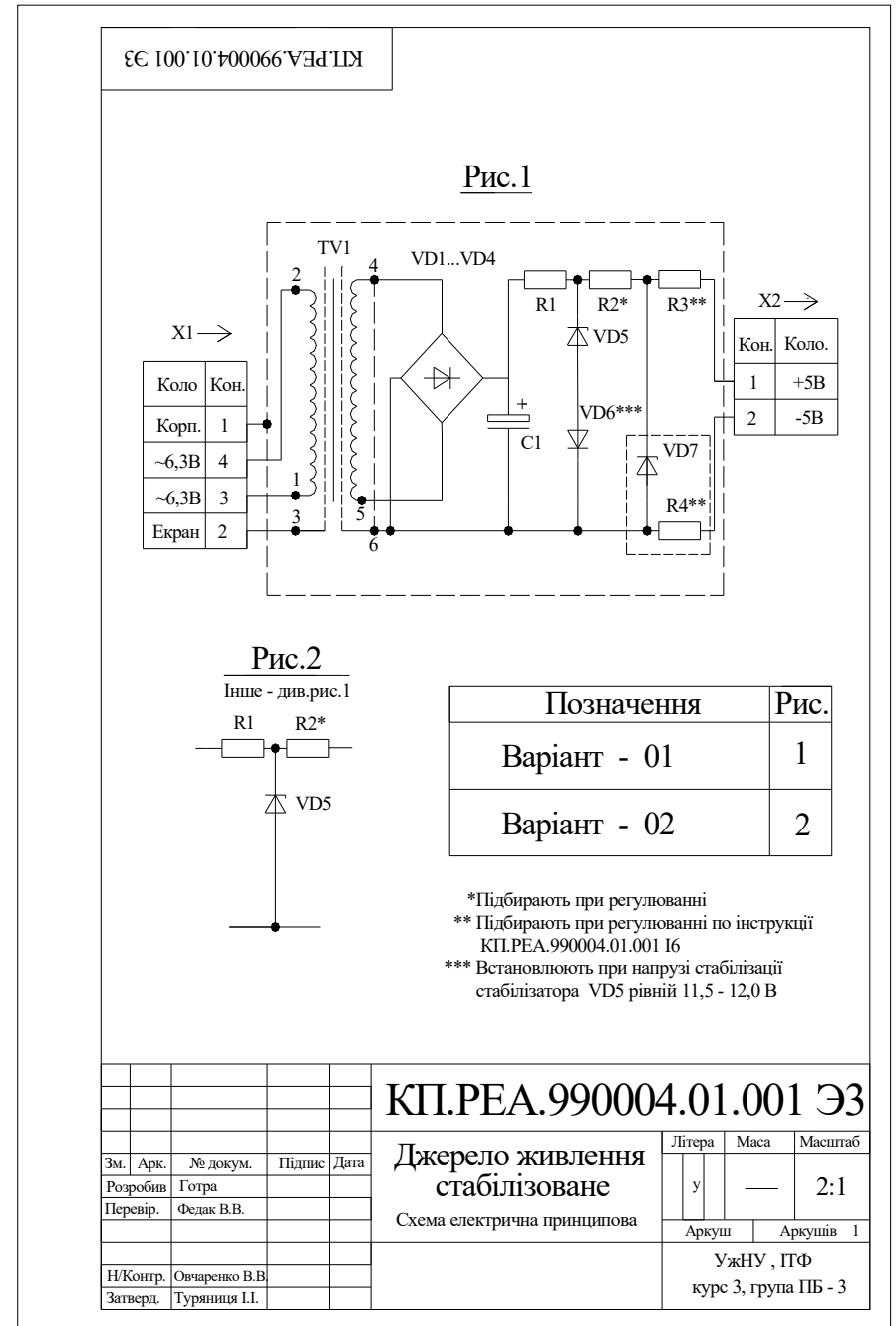
У відповідності із алгоритмом виконання розрахунків, наведеним у розділі 3, та згідно з переліком елементів КП.РЕА.990004.01.001 ПЕЗ складається перелік за групами елементів, для кожної з яких за довідниковими даними призначається нормоване значення λ_{i0} . Для зручності представлення цей етап роботи рекомендується виконувати, використовуючи таблицю 2 “Показники надійності...”, форма якої наведена нижче. Величини λ_{i0} для елементів схеми визначають за таблицею 1–Д, а в разі відсутності в ній необхідних даних, користуються таблицею 2–Д, в якій зведені оціночні показники інтенсивності відмов для найбільш поширених груп елементів.

Для визначення експлуатаційного поправочного коефіцієнта k_e необхідно враховувати наступні фактичні умови експлуатації джерела живлення:

- ударні навантаження, вібрації, сумарні механічні навантаження;
- вплив вологості при робочій температурі;
- вплив зміни атмосферного тиску.

1	2	3
Для оптоелектронних приладів, дані з надійності для яких відсутні в цій таблиці, величину λ_0 призначають виходячи із усереднених значень для підгруп типоміналів в [3]:		
<ul style="list-style-type: none"> діоди випромінюючі – $\lambda_{0cp}=19 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ оптопарі діодні – $\lambda_{0cp}=14 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ оптопарі транзисторні – $\lambda_{0cp}=29 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ оптопарі тиристорні – $\lambda_{0cp}=59 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ мікросхеми оптоелектронні – $\lambda_{0cp}=23 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ 		
<u>Перемикачі і тумблери:</u>		
ПГ13–	ОЮО.360.098 ТУ	6,0
ПГ39–	АГО.360.067 ТУ	6,0
ПД9–1	ОЮО.360.089 ТУ	6,0
ПД9–6	АГО.360.066 ТУ	6,0
ПД10	АГО.360.031 ТУ	9,0
ПД14	АГО.360.214 ТУ	9,0
ПД17	АГО.360.032 ТУ	9,0
ПД21	АГО.360.056 ТУ	12,0
П2К	АГО.360.305 ТУ	10,0
ПКНА1	ЮБО.360.006 ТУ	6,0
ПKN61	АГО.360.306 ТУ	6,0
ПKN63	АГО.360.308 ТУ	6,0
ПП23	АГО.360.085 ТУ	10,0
ПКБ9	АГО.360.049 ТУ	6,0
ПТ30	АГО.360.210 ТУ	10,0
ПТ33	ОЮО.360.109 ТУ	12,0
Геркони:		
КЭМ–1	ОДО.360.037 ТУ	0,16
КЭМ–2	ОДО.360.038 ТУ	0,29
КЭМ–3	ОДО.360.003 ТУ	9,45
КЭМ–6	СЯО.360.003 ТУ	1,18
МК–17	ОДО.360.005 ТУ	0,49
МКА–10501	ОДО.360.021 ТУ	1,03
МУК1А–1	ОДО.360.001 ТУ	0,74
МКА–1010А	ОДО.360.047 ТУ	5,35
МКА–2010А	ОДО.360.052 ТУ	0,14
Плавкі запобіжники:		
ВПБ6	ОЮО.481.021 ТУ	20
ВПБ2Б	АГО.481.304 ТУ	25
ВП1–1	АГО.481.303 ТУ	20
ВПТ19	АГО.481.502 ТУ	22

1	2	3
Оптоелектронні напівпровідникові прилади:		
<u>Діоди випромінюючі</u>		
АЛ106А	ФБЮ.336.002 ТУ	10,0
АЛ107А	ФБЮ.336.015 ТУ	10,0
АЛ108А-Б(М)	УЖО.336.096 ТУ	28,0
АЛ109А	УЖО.336.094 ТУ	58,0
АЛ118А	ААО.336.308 ТУ	10,0
АЛ119А	ААО.336.309 ТУ	10,0
АЛ124А	ААО.336.505 ТУ	10,0
АЛ132А	ААО.336.707 ТУ	10,0
АЛ135А	ААО.336.776 ТУ	10,0
АЛ136А	ААО.336.684 ТУ	100,0
АЛ336А-И	аАО.336.364 ТУ	2,8
АЛ307А-Г	аАО.336.076 ТУ	2,8
АЛС311А	аАО.336.398 ТУ	3,4
АЛС314А	аАО.336.702 ТУ	10,0
АЛС321А,Б	аАО.336.245 ТУ	3,5
АЛС324А,Б	аАО.336.247 ТУ	2,2
<u>Оптрони</u>		
АОД101А-Д	ААО.336.070 ТУ	24,0
АОД109А-И	ААО.336.263 ТУ	63,0
АОД111А,Б	ААО.336.248 ТУ	63,0
АОД129А,Б	ААО.336.491 ТУ	120,0
АОД130А	ААО.336.565 ТУ	10,0
АОД134АС	ААО.336.642 ТУ	10,0
АОТ101А	ААО.336.529 ТУ	42,0
АОТ102А-Г	ААО.336.139 ТУ	76,0
АОТ110А-Г	ААО.336.360 ТУ	100,0
АОТ127А-В	ААО.336.467 ТУ	75,0
АОТ128А-Г	ААО.336.468 ТУ	100,0
АОТ137А	ААО.336.735 ТУ	34,0
АОУ115А-В	ААО.336.363 ТУ	100,0
АОР113А, АОРС113А	ААО.336.339 ТУ	88,0
АОР124А,Б	ААО.336.649 ТУ	80,0
<u>Мікросхеми оптронні</u>		
К249КН1Б	БКО.348.077-03 ТУ	22,0
К249КТ14-В	БКО.348.855 ТУ	22,0
К293ЛП1А,Б	БКО.348.156 ТУ	25,0



Позн.	Найменування	Кільк.	Примітка
C1	Конденсатор К50 - 6 - I - 100В - 20мкФ ОЖО.464.031 ТУ		
	Резистори МЛТ ОЖО.467.180 ТУ		
R1	МЛТ - 1 - 680 Ом ± 10 % - В	1	
R2	МЛТ - 0,5 - 470 Ом ± 5% - В	1	
R3	Резистор дротяний 371,5 Ом ± 0,5 % Ia 5.632.009	1	
R4	Резистор дротяний 239 Ом ± 0,5% Ia 5.632.001	1	
TV	Трансформатор Ia 4.702.005	1	
VD1...			
VD4	Діод КД105Б ААО.362.102 ТУ	1	
VD5	Стабілітрон Д814Д ААО.336.207 ТУ	1	
VD6	Стабілітрон Д814А ААО.336.207 ТУ	1	
X1	Вилка МРН4-1 бРО.3643029 ТУ	1	

КП.РЕА.990004.01.001 ПЕЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Готра			
Перевір.	Федак В.В.			
Н/Контр.	Овчаренко В.В.			
Затверд.	Турашня І.І.			
Джерело живлення стабілізоване			Літера	Аркуш
Перелік елементів			у	1
УжНУ, ІТФ			курс 3, група ПБ - 3	

1	2	3
Транзисторні зборки		
КТС393А-В	ААО.336.099 ТУ	160
КТС398А,Б	ААО.336.212 ТУ	160
КТС3103А,Б	ААО.336.221 ТУ	120
Транзистори польові:		
КП102-КП103	ТФ3.365.000 ТУ	90
КПС104А-Е	ААО.336.068 ТУ	90
КП201Е-Л	ААО.336.456 ТУ	120
КПС202А-Д	ААО.336.066 ТУ	140
КП301А-Г	ЖК3.365.220 ТУ	140
КП302А-Г	ААО.336.744 ТУ	140
КП303А-И	ЦГО.365.601 ТУ	180
КП304А	СБ3.365.109 ТУ	180
КП305Д-И	ТФО.366.000 ТУ	180
КП306А-В	ТФО.336.002 ТУ	120
КП308А-Д	ААО.336.027 ТУ	120
КП313А-В	ААО.336.118 ТУ	110
КП327А-В	ААО.336.516 ТУ	110
КП327А-В	ААО.336.587 ТУ	110
КП329А,Б	ЖК3.365.250 ТУ	160
КП350А-В	ААО.336.604 ТУ	220
КП801В,Г	ААО.336.166 ТУ	220
КП902А-В	ААО.336.036 ТУ	280
КП905А-В	ААО.336.360 ТУ	280
КП907А-В	ААО.336.358 ТУ	260
КП908А,Б	ААО.336.361 ТУ	280
Для біполярних і польових транзисторів, дані з надійності для яких відсутні в цій таблиці, величину λ_0 отримують за формулами: $\lambda_0 = \lambda_2 \cdot k_4 \cdot k_\phi \cdot k_T \cdot k_f$, - для біполярних транзисторів; $\lambda_0 = \lambda_2 \cdot k_4 \cdot k_p \cdot k_\phi$, - для польових транзисторів; де $\lambda_2, k_4, k_\phi, k_T, k_f, k_p$ визначають за таблицями 5.7.2, 5.3, 5.7.3 [3].		
Тиристори:		
КУ101-102А-Г	ААО.336.157 ТУ	120
КУ106А-Г	ААО.343.000 ТУ	120
КУ108А-Е	ААО.336.041 ТУ	140
КУ201А-Н	ААО.336.047 ТУ	180
КУ202А-И	ААО.336.048 ТУ	180
КУ203А-И	ААО.336.049 ТУ	180
КУ204А-В	ААО.336.056 ТУ	180
КУ208А-Г	ААО.336.102 ТУ	220
КУ228А-И	ААО.336.644 ТУ	240

1	2	3
КТ605АМ,БМ	ААО.336.302 ТУ	62
КТ626А-Д	ААО.336.053 ТУ	70
КТ640А,Б	ААО.336.265 ТУ	70
КТ645А,Б	ААО.336.333 ТУ	72
КТ805АМ,БМ	ААО.336.341 ТУ	90
КТ808АМ,БМ	ААО.336.240 ТУ	90
КТ816А-Г	ААО.336.186 ТУ	70
КТ817А-Г	ААО.336.187 ТУ	70
КТ818А-Г	ААО.336.188 ТУ	100
КТ819А-Г	ААО.336.189 ТУ	100
КТ825Г-Е	ААО.336.306 ТУ	100
КТ827А-В	ААО.336.356 ТУ	110
КТ829А-Г	ААО.336.292 ТУ	120
КТ837А-П	ААО.336.403 ТУ	90
КТ838А	ААО.336.408 ТУ	120
КТ840А,Б	ААО.336.442 ТУ	140
КТ848А	ААО.336.539 ТУ	140
КТ850А-В	ААО.336.510 ТУ	160
КТ858А	ААО.336.553 ТУ	160
КТ865А	ААО.336.601 ТУ	160
КТ872А,Б	ААО.336.681 ТУ	180
<u>Потужні і</u>		
<u>високочастотні</u>		
КТ914А	ААО.336.140 ТУ	120
КТ919А-В	ААО.336.036 ТУ	120
КТ925А-Г	ААО.336.074 ТУ	140
КТ929А	ААО.336.249 ТУ	140
КТ930А,Б	ААО.336.253 ТУ	140
КТ940А,Б,В	ААО.336.246 ТУ	140
КТ945Б	ААО.336.256 ТУ	160
КТ948А,Б	ААО.336.555 ТУ	160
КТ955А	ААО.336.496 ТУ	160
КТ960А	ААО.336.353 ТУ	160
КТ962А,Б,В	ААО.336.381 ТУ	180
КТ970А	ААО.336.461 ТУ	180
КТ972А	ААО.336.452 ТУ	180
КТ984А,Б	ААО.336.583 ТУ	200
КТ985АС	ААО.336.584 ТУ	200
КТ9101АС	ААО.336.721 ТУ	200
КТ9104А,Б	ААО.336.718 ТУ	180
КТ9115А,Б	ААО.336.768 ТУ	180

Регламентация цих фактичних умов експлуатації для джерела живлення повинна бути визначена у технічному завданні (ТЗ) на його розробку або у технічних умовах (ТУ) виробника. У нашому випадку джерело живлення *призначається для експлуатації в лабораторних умовах при вологості до 80% (при $\Theta=+30^{\circ}\text{C}$) і атмосферному тиску від 86,6 до 106,7 кПа*. На підставі заданих умов, за таблицями 3-Д, 4-Д, 5-Д визначають часткові поправочні коефіцієнти $k_n=1$, $k_b=1$, $k_{a.t.}=1$. Тоді, за формулою (2) $k_e=k_n \cdot k_b \cdot k_{a.t.}=1$. Отримане значення k_e також заносять у звітну таблицю.

З метою врахування коефіцієнта фактичного навантаження і температури для кожного з елементів, які внесені в таблицю 2 необхідно спочатку визначити k_n , а потім зробити перенормування цих величин із врахуванням робочої температури $\Theta=+30^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнти навантаження k_n визначають із врахуванням карти робочих режимів (див. таблицю 3) та рекомендацій, викладених в таблиці 1 “До визначення...” для різних груп елементів. Зокрема, для елементів, що входять до схеми стабілізованого джерела живлення, використані наступні підходи.

Резистори R1-R4. Оцінка може бути виконана по параметру k_p . При цьому визначається $P_{\text{роз. max}^*} = I_{\text{пост.}^*} \cdot U_{\text{пост.}^*}^{\text{max}}$, а величина $P_{\text{доп. ту}}$ відповідає максимальній потужності призначеного типоміналу резистора. Наприклад: **R1-МЛТ-1,0-680 Ом \pm 10%**, для якого $U_{\text{пост.}^*}^{\text{max}}=15,9\text{ В}$, $I_{\text{пост.}^*}=0,023\text{ А}$, $P_{\text{роз. max}^*}=15,9 \cdot 0,023 \approx 0,33\text{ Вт}$. Тоді визначимо:

$$k_n = k_p = \frac{P_{\text{роз. max}^*}}{P_{\text{доп. ту}}} \approx \frac{0,33}{1,0} = 0,33.$$

Аналогічні розрахунки виконуються і для інших резисторів **R2-R4**.

Конденсатор С1. Оцінка виконується по фактичному значенню максимальної робочої напруги $U_{\text{роб. max}^*}$, яке нормується на допустиме по ТУ робоче значення напруги. Оцінка виконується за виразом:

$$k_u = k_u = \frac{U_{\text{роб. макс}}}{U_{\text{роб. ТУ}}} = \frac{29,7}{100} \approx 0,3.$$

Діоди VD1–VD4. Оцінка виконується із врахуванням фактичної максимальної зворотної напруги $U_{\text{зв. макс}}$ і прямого струму $I_{\text{пр. макс}}$. Ці значення нормуються на відповідні допустимі по ТУ граничні значення зворотної напруги і прямого струму за формулами:

$$k_i = \frac{I_{\text{пр. макс}}}{I_{\text{пр. доп. ТУ}}} = \frac{0,009}{0,3} = 0,03;$$

$$k_u = \frac{U_{\text{зв. макс}}}{U_{\text{зв. доп. ТУ}}} = \frac{30}{400} = 0,075;$$

$$k_p = k_i \cdot k_u.$$

Для врахування найгіршої експлуатаційної ситуації (перевантаження по зворотній напрузі) призначаємо $k_u = k_u = 0,075$.

Стабілітрони VD5, VD6. Оцінка виконується по фактичному значенню струму і напруги стабілізації ($I_{\text{ст. ном.}}$, $U_{\text{ст. ном.}}$), які нормуються на відповідні значення струму і напруги стабілізації, що визначаються ТУ як гранично допустимі для цих типоміналів стабілітронів.

Отже, маємо:

$$\text{для VD5} - k_u = k_p = \frac{13}{14} \cdot \frac{0,008}{0,05} \approx 0,148;$$

$$\text{для VD6} - k_u = k_p = \frac{8,13}{14} \cdot \frac{0,006}{0,05} \approx 0,07.$$

Трансформатор TV1. Оцінка виконується по максимальним фактичним значенням струму і напруги вторинної обмотки, які нормуються на відповідні значення, що визначаються ТУ для трансформатора Уа4.702.005. Тоді отримуємо

$$k_u = k_i \cdot k_u = \frac{20,2}{25,7} \cdot \frac{0,0256}{0,026} \approx 0,772.$$

1	2	3
<u>Стабілітрони кремнієві</u>		
КС133А, КС139А	СМЗ.362.812 ТУ	38
КС147А, КС156А	СМЗ.362.812 ТУ	38
КС162А, КС168А	ХЫЗ.369.061 ТУ	42
КС175А, КС182А	ХЫЗ.369.061 ТУ	42
КС191А, КС210/213Б	ХЫЗ.369.062 ТУ	42
КС211А,Б,В,Г,Д	ХЫЗ.369.000 ТУ	42
КС405А–КС412А	ААО.336.738 ТУ	50
КС413А–КС415А	ААО.336.817 ТУ	50
КС510А–КС527А	ААО.336.002 ТУ	60
КС508А,Б,В,Г,Д	ААО.336.617 ТУ	52
Д814А–Д	ААО.336.207 ТУ	14
<u>Діодні зборки</u>		
КС523АР,ВР	ААО.336.009 ТУ/Д1	30
КС628АМ	ААО.336.347 ТУ	30
Транзистори біполярні:		
<u>Малої і середньої потужності</u>		
КТ117АМ–ГМ	ТТЗ.365.002 ТУ	32
КТ118А,Б,В	ЖКЗ.365.328 ТУ	36
КТ201АМ–ДМ	СБО.336.040 ТУ	28
КТ209А–М	ААО.336.065 ТУ	54
КТ313А,Б	ААО.336.131 ТУ	50
КТ315А–Р	ЖКЗ.365.20 ТУ	50
КТ316АМ–ДМ	СБО.336.030 ТУ	52
КТ325АМ,БМ	СБО.336.047 ТУ	54
КТ339АМ	ЮФЗ.365.024 ТУ	54
КТ342АМ–ДМ	ЖКЗ.365.227 ТУ	56
КТ555АМ	СБО.365.104 ТУ	52
КТ361А–Ж	ФЫО.336.201 ТУ	50
КТ363АМ,БМ	ЩТО.336.014 ТУ	50
КТ368А,Б	ААО.336.716 ТУ	50
КТ3102АМ–КМ	ААО.336.122 ТУ	42
КТ3107А–Л	ААО.336.170 ТУ	42
КТ3117А,Б	ААО.336.262 ТУ	40
КТ3121–КТ3122А,Б	ААО.336.726 ТУ	40
КТ3126А,Б	ААО.336.428 ТУ	38
КТ3127А	ААО.336.429 ТУ	38
КТ3128А	ААО.336.430 ТУ	36
КТ3129А–Д	ААО.336.447 ТУ	36
КТ601АМ	ЩБЗ.365.038 ТУ	62

1	2	3
<u>Універсальні</u>		
КД105А,Б,В,Г	ААО.362.102 ТУ	20
КД102А,Б,В	ФЫЗ.360.021. ТУ	12
КД103А,Б,В	ФЫЗ.360.123. ТУ	10
КД407А	ТТЗ.362.142. ТУ	12
КД409А,Б	ААО.336.650 ТУ	10
КД413А,Б	ААО.336.181 ТУ	12
КД419А,Б,В,Г	ААО.336.332 ТУ	12
КД424А	ААО.336.70 ТУ	16
<u>Імпульсні</u>		
КД502А,Б	ТТЗ.362.071 ТУ	8
КД509А,Б	ТТЗ.362.078 ТУ	10
КД510А,Б	ТТЗ.362.100 ТУ	10
КД512А	ТТЗ.362.107 ТУ	10
КД514А	ТТЗ.362.124 ТУ	12
КД521А	ДРЗ.362.035 ТУ	10
КД522Б	ДРЗ.362.029 ТУ	10
КД629АС	ААО.336.601 ТУ	14
КД704АС	ААО.336.600 ТУ	14
КД805А	ААО.336.739 ТУ	18
КД901А,Б	ТТО.336.001 ТУ	20
КД906А,Б,В	ТТЗ.362.126 ТУ	22
<u>Випрямляючі стовпчики</u>		
КЦ108А,Б,В	ААО.336.352. ТУ	28
КЦ113А	ААО.336.625 ТУ	32
КЦ114А,Б	ААО.336.440 ТУ	30
КЦ201А–Е	ААО.336.452 ТУ	28
КЦ202А–Е	ААО.336.453 ТУ	26
КЦ401А,Б	ТТЗ.362.164 ТУ	28
КЦ402А–И	ТТЗ.362.164 ТУ	32
КЦ403А–И	ТТЗ.362.164 ТУ	34
КЦ404А–И	ТТЗ.362.164 ТУ	36
КЦ405А–И	ТТЗ.362.164 ТУ	38
КЦ407А	ТТЗ.362.164 ТУ	32
КЦ409А–И	ТТЗ.362.164–01 ТУ	38
КЦ410А,Б,В	ТТЗ.362.164–02 ТУ	52
КЦ412А,Б,В	ТТЗ.362.164–06 ТУ	40

Оцінка для трансформатора може бути виконана також по відомим і визначеним значенням габаритної потужності у відповідності до рекомендацій, приведених в *таблиці 1*.

Вилка МРН–1 (4 контакти). В цьому випадку k_n не враховується, оскільки призначений елемент має допустимі електричні параметри, які значно перевищують реально діючі в схемі. Враховується тільки фактично задіяна кількість контактів. Крім того, температура Θ також суттєво не впливає на величину λ . Тобто можливо рахувати, що

$$k_{тн}=k_n=1, \text{ а } \lambda_i=n \cdot \lambda_{0i}=1,5 \cdot 4 \cdot 10^{-8}=6 \cdot 10^{-8} \text{ [год}^{-1}\text{]}.$$

Пайки електричних з'єднань. Для цих конструкційних складових справедливо зауваження, зроблені в попередньому пункті. Тоді маємо

$$k_{тн}=k_n=1, \text{ а } \lambda_i=1,0 \cdot 40 \cdot 10^{-8}=40 \cdot 10^{-8} \text{ [год}^{-1}\text{]}.$$

Визначені значення коефіцієнтів навантаження k_n заносять в *таблицю 2*. Для подальших розрахунків отримані значення k_n необхідно перенормувати з врахуванням заданої робочої температури $\Theta=+30^{\circ}\text{C}$. Цей етап роботи виконується шляхом використання довідникової *таблиці б–Д*, в якій зведені значення поправочних коефіцієнтів $k_{тн}$, що враховують вплив температури на коефіцієнт навантаження k_n для окремих груп елементів. В разі відсутності точного значення $k_{тн}$, яке відповідає заданій парі значень “ $k_n-\Theta$ ”, визначених на попередньому етапі, в якості вихідного значення $k_{тн}$ призначають найближче сусіднє в таблиці значення. Отримані величини поправочних коефіцієнтів $k_{тн}$ також заносять в *таблицю 2*.

Після заповнення всіх стовпчиків *таблиці 2* необхідно визначити λ_{Σ} , що фактично є сумою всіх складових в дев'ятому стовпчику таблиці. Отримане значення λ_{Σ} записується в графу “Разом”. В наведеному прикладі $\lambda_{\Sigma}=123,2 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$.

На підставі отриманого значення λ_{Σ} за формулою (4) розраховують величину СНВ:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{123,2 \cdot 10^{-8}} \text{ [год]} \approx 811688,3 \text{ год.}$$

Значення ІБР за час $t=2000$ год оцінюють за формулою (5):

$$P(2000) \approx \exp(-123,2 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^3) \approx 0,9975.$$

Таким чином, в результаті виконання оціночних розрахунків показників з надійності для спроектованого стабілізованого джерела живлення отримані наступні показники:

- сумарна інтенсивність відмов для всієї складальної одиниці на друкованій платі $\lambda_{\Sigma} = 123,2 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$;
- середній наробіток до відмови $T \approx 812$ тис. год;
- імовірність безвідмовної роботи за час $t=2000$ год $P(2000) \approx 0,998$.

Порівнявши ці показники з типовими даними для сучасних джерел вторинного електроживлення [6], можливо зробити висновок, що спроектоване джерело стабілізованого живлення відповідає сучасним вимогам з надійності для такого класу виробів електронної техніки на обраному рівні компонентної інтеграції та конструктивного виконання.

1	2	3
<u>Дротяні</u>		
СП5-2	ОЖО.468.561 ТУ	2,0
СП5-3ВА	ОЖО.468.561 ТУ	2,0
СП5-16	ОЖО.468.552 ТУ	2,0
СП5-20В	ОЖО.468.570 ТУ	2,0
СП5-22В	ОЖО.468.551 ТУ	2,0
СП5-24В	ОЖО.468.551 ТУ	2,0
СП5-28	ОЖО.468.573 ТУ	2,0
СП5-30	ОЖО.468.562 ТУ	2,0
СП5-35	ОЖО.468.529 ТУ	2,0
СП5-39	ОЖО.468.550 ТУ	2,0
СП5-40А	ОЖО.468.535 ТУ	2,0
СП5-50	ОЖО.468.545 ТУ	2,0
<u>Набори резисторів</u>		
НР1-1	ОЖО.467.401 ТУ	2,0
НР1-2	ОЖО.467.401 ТУ	2,0
НР1-3	ОЖО.467.402 ТУ	2,0
НР1-4	ОЖО.467.404 ТУ	2,0
НР1-7	ОЖО.467.407 ТУ	2,0
НР1-9	ОЖО.467.405 ТУ	2,0
НР1-11	ОЖО.467.408 ТУ	2,0
НР1-19	ОЖО.467.416 ТУ	2,0
<u>Резисторні мікросхеми</u>		
К302	БКО.348.600 ТУ	1,0
К304	БКО.348.218 ТУ	1,0
К308	БКО.348.276 ТУ	1,0
К311	БКО.348.420 ТУ	1,0
<i>Для резисторів, дані з надійності для яких відсутні в цій таблиці, величину λ_0 отримують за таблицею 5.5.2 [3], в якій приведені узагальнені по технологічним ознакам імовірності відмов.</i>		
<u>Діоди напівпровідникові: випрямляючі кремнієві</u>		
КД206А,Б,В	ТТЗ.362.141. ТУ	22
КД212А,Б,В	ААО.336.284 ТУ	28
КД213А,Б,В	ААО.336.265 ТУ	32
КД226А,Б,В	ААО.336.543 ТУ	18
КД227А,Б,В	ААО.336.544 ТУ	16
КД243А,Б,В	ААО.336.800 ТУ	28
КД24А	ААО.336.798 ТУ	32
КД2994А	ААО.336.685 ТУ	30

1	2	3
C5-16B	ОЖО.467.570 ТУ	1,0
C5-53	ОЖО.467.562 ТУ	1,0
C5-54	ОЖО.467.563 ТУ	1,0
C5-60	ОЖО.467.564 ТУ	1,0
C5-61	ОЖО.467.561 ТУ	1,0
C5-62	ОЖО.467.559 ТУ	1,0
C5-35B	ОЖО.467.551 ТУ	1,0
C5-36B	ОЖО.467.552 ТУ	1,0
C5-37B	ОЖО.467.536 ТУ	1,0
C5-43, C5-43A	ОЖО.467.549 ТУ	1,0
C5-52	ОЖО.467.538 ТУ	1,0
Резистори змінні: <u>Недротяні</u>		
РП1-48	ОЖО.468.383 ТУ	1,0
РП1-53	ОЖО.468.382 ТУ	1,0
РП1-57	ОЖО.468.388 ТУ	1,0
РП1-60	ОЖО.468.393 ТУ	1,0
РП1-65	ОЖО.468.399 ТУ	1,0
СП3-19	ОЖО.468.372 ТУ	1,0
СП3-28	ОЖО.468.370 ТУ	1,0
СП3-39	ОЖО.468.354 ТУ	1,0
СП3-44	ОЖО.468.356 ТУ	1,0
РП1-50	ОЖО.468.379 ТУ	0,7
РП1-64	ОЖО.468.398 ТУ	0,7
РП1-67	ОЖО.468.405 ТУ	0,7
РП1-68	ОЖО.468.406 ТУ	0,7
РП1-69	ОЖО.468.407 ТУ	0,7
РП1-70	ОЖО.468.408 ТУ	0,7
РП1-72	АПШК.434.160.001 ТУ	0,7
СП3-0,4	ОЖО.468.046 ТУ	0,7
СП3-33	ОЖО.468.185 ТУ	0,7
СП3-41	ОЖО.468.351 ТУ	0,7
СП3-9	ОЖО.468.357 ТУ	0,45
СП3-16	ОЖО.468.363 ТУ	0,45
СП3-27	ОЖО.468.168 ТУ	0,45
СП3-38	ОЖО.468.351 ТУ	0,45
СП4-1	ОЖО.468.365 ТУ	2,10
СП4-2Н	ОЖО.468.365 ТУ	2,40
СП4-3	ОЖО.468.365 ТУ	2,30

Таблиця 2. Показники надійності елементів стабілізованого джерела живлення

№ п/п	Найменування і типономінали елементів	п, шт.	$\lambda_{\phi}, 10^{-8}$ год ⁻¹	k_{ϕ}	$\Theta, ^{\circ}\text{C}$	k_{π}	$k_{\text{м}}$	$\lambda, 10^{-8}$ год ⁻¹
1.	R1-МЛТ-1,0-6800 Ω \pm 10%	1	2,2	1	30	0,33	0,43	0,94
2.	R2-МЛТ-0,5-740 Ω \pm 5%	1	2,2	1	30	0,10	0,22	0,0484
3.	R3-дротяний-371,5 Ω Уа 5.632.009	1	50	1	30	0,01	0,02	1,0
4.	R4-дротяний-239 Ω Уа 5.632.011	1	50	1	30	0,01	0,02	1,0
5.	C1-K50-60-П 100 В-20 мкФ	1	56	1	30	0,3	0,3	16,8
6.	VD1-VD4-КД105Б	4	20	1	30	0,08	0,08	6,4
7.	VD5-стабілітрон-D814D	1	14	1	30	0,148	0,15	2,1
8.	VD6-стабілітрон-D814A	1	14	1	30	0,07	0,07	1,0
9.	TV1-трансформатор Уа.4.702.005	1	40	1	30	0,772	1,2	48,0
10.	X1-вилка МРНА-1 (4 конт.)	1(4)	1,5/к	1	30	1	1	6,0
11.	Пайки	40	1	1	30	1	1	40,0
Разом:								123,2

Таблиця 3. Карта робочих режимів стабілізованого джерела живлення

Позн.	Типономінал	Ви-кон. функ.	Режим роботи	Напруга, В			Струм, А		Р _{роз} , Вт		k _f	k _и	k _p
				пост	зм	макс	пост	зм	макс	сеп			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R1	МЛТ-1 680 Ом±10%		В Д	10,9	5	15,09	0,023		0,33 1,0		-	-	0,33
R2	МЛТ-0,5 470 Ом±5%		В Д	4,87			0,01		0,05 0,5		-	-	0,10
R3	Уа 5.632.009 371,5 Ом	підст.	В Д	1,86			0,05		0,01 1,0		-	-	0,01
R4	Уа 5.632.011 239 Ом	підст.	В Д	1,24			0,05		0,01 1,0		-	-	0,01
C1	К50-6-П 100В-20мкФ	фільт.	В Д			29,7 100					-	0,30	
VD1	КД105Б	випр.	В Д			30,0 400	0,009 0,3				0,03	0,075	0,002
VD2	КД105	випр.	В Д			30,0 400	0,009 0,3				0,03	0,075	0,002
VD3	КД105	випр.	В Д			30,0 400	0,09 0,3				0,03	0,075	0,002
VD4	КД105	випр.	В Д			30,0 400	0,09 0,3				0,03	0,075	0,002
VD5	D814Д	стаб.	В Д			13,0 11,5÷14	0,008 0,05				0,16	0,92	0,148
VD6	D814А	стаб.	В Д			8,13 11÷14	0,006 0,05				0,12	0,58	0,07
TV1	Тр-гор Уа 4.702.005	живл.	В Д		20,2 25,7						0,984	0,785	0,772

1	2	3
К75-41	ОЖО.461.145 ТУ	2,0
К77-7	ОЖО.461.156 ТУ	2,0
К78-2	ОЖО.461.112 ТУ	1,5
К78-4	ОЖО.461.141 ТУ	1,5
Конденсатори високовольтні і імпульсні		
КТ73-13	ОЖО.461.102 ТУ	50,0
КТ75-15	ОЖО.461.191 ТУ	27,0
КТ75-40	ОЖО.461.230 ТУ	230,0
Конденсатори підстроювальні:		
КТ4-21	ОЖО.460.103 ТУ	1,0
КТ4-23	ОЖО.460.133 ТУ	2,0
КТ4-24	ОЖО.460.128 ТУ	2,0
Резистори постійні: Недротяні металодіелектричні		
P1-4	ОЖО.467.157 ТУ	2,2
P1-7	ОЖО.467.163 ТУ	2,2
C2-33H	ОЖО.467.173 ТУ	2,2
C2-6	ОЖО.467.136 ТУ	2,2
C2-23	ОЖО.467.104 ТУ	2,2
C2-33	ОЖО.467.173 ТУ	2,2
P1-11	ОЖО.467.168 ТУ	2,0
P1-12	ОЖО.467.169 ТУ	2,0
C6-4	ОЖО.467.156 ТУ	2,0
C2-10	ОЖО.467.1148 ТУ	2,0
C3-14	ОЖО.467.162 ТУ	2,0
C6-4	ОЖО.467.156 ТУ	2,0
C2-14	ОЖО.467.151 ТУ	1,2
C2-29	ОЖО.467.130 ТУ	1,2
C1-4	АПШК.434.110.001 ТУ	1,5
Дротяні і металофольгові		
P2-37	ОЖО.467.577 ТУ	1,0
C5-5	ОЖО.467.553 ТУ	1,0
C5-5B	ОЖО.467.533 ТУ	1,0
C5-17B	ОЖО.467.556 ТУ	1,0
C5-25B	ОЖО.467.545 ТУ	1,0
C5-42	ОЖО.467.556 ТУ	1,0
C5-14B	ОЖО.467.569 ТУ	1,0

1	2	3
<u>Тонкоплівкові</u>		
К26-4	ОЖО.460.243 ТУ	2,0
<u>Склокерамічні</u>		
К22-1/5	ОЖО.464.115 ТУ	2,0
К23-1/5	ОЖО.464.116 ТУ	2,3
<u>Слюдяні і паперові</u>		
К31-11	ОЖО.461.106 ТУ	1,0
К40У-9	ОЖО.461.131 ТУ	0,7
<u>Металопаперові</u>		
МБМ	ОЖО.462.147 ТУ	1,7
К42-18	ОЖО.462.121 ТУ	1,7
К42-19	ОЖО.462.119 ТУ	7,0
<u>Оксидно-електролітичні</u>		
<u>алюмінієві</u>		
К50-24	ОЖО.464.137 ТУ	5,0
К50-27	ОЖО.464.197 ТУ	4,0
К50-27	ОЖО.464.214 ТУ	12,0
К50-35	ОЖО.464.239 ТУ	10,0
К50-37	ОЖО.464.242 ТУ	3,0
К50-40	ОЖО.464.201 ТУ	5,0
К50-45	ОЖО.464.253 ТУ	30,0
К50-43		
<u>Оксидно-напівпровідникові</u>		
К53-14	ОЖО.464.139 ТУ	6,0
К53-14	ОЖО.464.133 ТУ	6,0
К53-19	ОЖО.464.157 ТУ	10,0
К53-21	ОЖО.464.225 ТУ	5,0
К53-30	ОЖО.464.238 ТУ	2,0
К53-34	ОЖО.464.256 ТУ	5,0
К53-35	ОЖО.464.264 ТУ	5,0
К53-40		
<u>Конденсатори із синтетичним органічним діелектриком, низьковольтні</u>		
К71-7	ОЖО.461.133 ТУ	3,0
К71-7	ОЖО.461.148 ТУ	2,0
К73-5	ОЖО.461.087 ТУ	2,0
К73-9	ОЖО.461.093 ТУ	4,0
К73-11	ОЖО.461.118 ТУ	1,0
К73-15	ОЖО.461.104 ТУ	1,0
К73-17	ОЖО.461.139 ТУ	1,2
К73-24	ОЖО.461.144 ТУ	2,0
К75-10	ОЖО.461.129 ТУ	2,0
К75-37		

Примітка до табл. 3: стовпчик 1 – для R3, R4 – номінал підбирається;
стовпчик 4 – В – вимірювання;
Д – допускається по ТУ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державні стандарти України:
 ДСТУ 2860–94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
 ДСТУ 2861–94 Надійність техніки. Аналіз надійності.
 Основні поняття.
 ДСТУ 2862–94 Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги.
2. Чернышев А.А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.–М.: Радио и связь, 1988.–256 с.
3. Кубарев А.И., Панфилов Е.А., Хохлов Б.И. Надежность машин, оборудования и приборов бытового назначения.–М.: Легпромбытиздат, 1987.–387 с.
4. Пацора И.В., Корнейчук В.И., Довбыш Л.В. Надежность электронных систем.–К.: Світ, 1997.–129 с.
5. Чернышев А.А. Основы конструирования и надежности электронных вычислительных средств: Учеб. для вузов.–М.: Радио и связь, 1998.–448 с.
6. Костиков В.Г., Парфенов В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование./ Учебник для вузов.–М.: Радио и связь, 1998.–344 с.

26

1	2	3
K142EH6	БКО.347.098–05 ТУ	56
K1151EH1	БКО.347.645–01 ТУ	16
K157XП2	БКО.348.412–06 ТУ	45
K553УД1	БКО.348.260–01 ТУ	29
K553УД2	БКО.348.260–02 ТУ	34
K553СА1	БКО.	29
K553СА2		39
K553СА3		17
K572ПА1/2	БКО.348.432–02 ТУ	50
KP590KH2		28
KM597CA1		29
KM597CA2/3	БКО.348.564–021 ТУ	35
KP740УД1–5	БКО.348.781–01 ТУ	35
KP1005XA1	БКО.348.781–01 ТУ	58
KP1005XA2	БКО.348.623–05 ТУ	58
KP1005УН1	БКО.348.216–01 ТУ	23
KP1006ВИ1	БКО.348.220–01 ТУ	40
KM1010КТ1	БКО.348.231–093 ТУ	84
KM1025КП1	БКО.348.231–093 ТУ	50
K1118ПА1	БКО.348.438–01 ТУ	36
K1400УН1	БКО.348.135–03 ТУ	46
KP1408УД1/3	БКО.348.095–08 ТУ	34
KP1410УД1/2	БКО.348.095–09 ТУ	38
<p><i>Для інтегральних мікросхем, дані з надійності для яких відсутні в цій таблиці, величину λ_0 отримують шляхом перерахунку середньої інтенсивності відмов для конкретної серії λ_c за формулою:</i></p> <p><i>$\lambda_0 = \lambda_c \cdot K_c$, де λ_c і K_c визначають за таблицями 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4 [3].</i></p>		
Конденсатори постійної ємності:		
<u>Керамічні $U_{\text{роб}} < 1600 \text{ В}$</u>		
КД2–1	ОЖО.460.203 ТУ	0,4
КД2–3	ОЖО.460.203 ТУ	0,2
К10–4	ОЖО.460.211 ТУ	0,4
К10–7В	ОЖО.460.208 ТУ	5,0
К10–17	ОЖО.460.172 ТУ	3,0
К10–18	ОЖО.460.091 ТУ	2,0
К10–19	ОЖО.460.160 ТУ	0,8
К10–38	ОЖО.460.122 ТУ	1,0
<u>Керамічні $U_{\text{роб}} \geq 1600 \text{ В}$</u>		
КВИ–1, ... КВИ–5	ОЖО.460.129 ТУ	11
К15У–1,2,3	ОЖО.460.201 ТУ	50
К15–4	ОЖО.460.046 ТУ	50
К15–5	ОЖО.460.147 ТУ	10

1	2	3
K176ИД1	БКО.348.047-14 ТУ	9
K176ИД3	БКО.348.047-14 ТУ	15
K176ИЕ1-2	БКО.348.047-03 ТУ	6
K176ИЕ8	БКО.348.047-03 ТУ	14
K176ИЕ10	БКО.348.047-03 ТУ	18
K176ИЕ12	БКО.348.047-17 ТУ	21
K176ИЕ13	БКО.348.047-17 ТУ	34
K176ТМ1	БКО.348.047-04 ТУ	8
K176ТМ2	БКО.348.047-04 ТУ	12
K176ТВ1	БКО.348.047-04 ТУ	18
K176ТВ2	БКО.348.047-07 ТУ	22
K561ЛН1	БКО.348.047-07 ТУ	10
K561ЛН2	БКО.348.457-12 ТУ	12
K561ЛА7	БКО.348.457-12 ТУ	7
K561ЛА8	БКО.348.457-11 ТУ	10
K561ЛА9	БКО.348.457-11 ТУ	12
K561ЛЕ5	БКО.348.457-11 ТУ	8
K561ЛЕ6	БКО.348.457-11 ТУ	10
K561ЛЕ10	БКО.348.457-11 ТУ	14
K561ИД1	БКО.348.457-11 ТУ	9
K561ИЕ8	БКО.348.457-04 ТУ	12
K561ИЕ9	БКО.348.457-14 ТУ	14
K561ИЕ10	БКО.348.457-14 ТУ	17
K561ИЕ14	БКО.348.457-14 ТУ	16
K561ИЕ19	БКО.348.457-14 ТУ	15
K561ТВ1	БКО.348.457-14 ТУ	12
K561ТМ1	БКО.348.457-13 ТУ	14
K561ТМ2	БКО.348.457-10 ТУ	13
K561ТМ3	БКО.348.457-11 ТУ	12
K561ТЛ1	БКО.348.457-11 ТУ	20
	БКО.348.457-12 ТУ	
	БКО.348.457-09 ТУ	
Аналогові інтегральні мікросхеми:		
K140УД1/15	БКО.347.004 ТУ	14
K140УД22	БКО.348.095-13 ТУ	25
KP140УД17	БКО.348.095-10 ТУ	34
K142ЕН1,2	БКО.348. ТУ	10
K142ЕН5/8	БКО.348.ТУ	24
K142ЕН11/12	БКО.348.ТУ	23
K142ЕН5/8	БКО.348.634-03 ТУ	18
K142ЕН14	БКО.348.634-06 ТУ	34
K1151ЕН1	БКО.347.645-01 ТУ	67
K142ЕН15	БКО.348.634-08 ТУ	44

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 1–Д Величини інтенсивностей відмов λ_0 для найбільш поширених типоміналів різних груп елементів РЕА [3]

Тип елементів, марка, типомінал	ГОСТ, ТУ	Інтенсивність відмов λ_0 , 10^{-8} год ⁻¹
1	2	3
Цифрові мікросхеми		
ТТЛ:		
K155АГ3	БКО.348.006–28 ТУ	15
K155ИД3/4	БКО.348.006–11 ТУ	7
K155ИП2	БКО.348.006–23 ТУ	17
K155КП1	БКО.348.006–31 ТУ	14
K155ЛА1	БКО.348.006–01 ТУ	4
K155ЛА2	БКО.348.006–01 ТУ	9
K155ЛА3	БКО.348.006–01 ТУ	24
K155ЛА4	БКО.348.006–01 ТУ	1
K155ЛА6	БКО.348.006–01 ТУ	17
K155ЛА7	БКО.348.006–01 ТУ	5
K155ЛА8	БКО.348.006–01 ТУ	7
K155ЛП5	БКО.348.006–02 ТУ	12
K155ЛР1	БКО.348.006–03 ТУ	6
K155ЛР1	БКО.348.006–07 ТУ	11
K155ТМ2	БКО.348.006–07 ТУ	6
K155ТМ8	БКО.348.026–11 ТУ	12
КМ155ИД4	БКО.348.026–23 ТУ	4
КМ155ИП2	БКО.348.026–31 ТУ	4
КМ155КП7	БКО.348.026–01 ТУ	2
КМ155ЛА3	БКО.348.026–01 ТУ	5
КМ155ЛА4	БКО.348.026–01 ТУ	4
КМ155ЛА6	БКО.348.026–07 ТУ	3
КМ155ТМ2	БКО.348.811–03 ТУ	
Цифрові мікросхеми		
ТТЛШ:		
KP531ИП5	БКО.348.357–23 ТУ	12
KP531КП11	БКО.348.357–31 ТУ	20
KP531ЛА2	БКО.348.357–01 ТУ	13

1	2	3
KP531ЛА16	БКО.348.357–01 ТУ	14
KP531ЛН1	БКО.348.357–01 ТУ	23
KP531ЛП5	БКО.348.357–01 ТУ	7
KP531СП1	БКО.348.357–09 ТУ	16
KP531ТМ2	БКО.348.357–07 ТУ	15
KP535РУ1	БКО.348.358–171 ТУ	40
KP536ИК3	БКО.348.358–011 ТУ	100
KP536ИК5	БКО.348.358–037 ТУ	60
KP536УК2	БКО.348.358–024 ТУ	90
Малопотужні цифрові мікросхеми ТТЛШ:		
K555ИД7	БКО.348.289–07 ТУ	7
K555ИЕ7	БКО.348.289–03 ТУ	5
K555ИР16	БКО.348.289–12 ТУ	12
K555КП12	БКО.348.289–09 ТУ	3
K555ЛА3	БКО.348.289–01 ТУ	4
K555ЛА4	БКО.348.289–01 ТУ	7
K555ЛА9	БКО.348.289–01 ТУ	50
K555ЛЕ1	БКО.348.289–01 ТУ	18
K555ЛИ1	БКО.348.289–01 ТУ	4
K555ЛЛ1	БКО.348.289–01 ТУ	10
K555ЛЛ1	БКО.348.289–01 ТУ	7
K555ЛН1	БКО.348.289–01 ТУ	8
K555ЛН2	БКО.348.289–01 ТУ	8
K555ТМ2	БКО.348.289–36 ТУ	18
КМ555ЛА1	БКО.348.289–01М ТУ	3
КМ555ЛА3	БКО.348.289–01М ТУ	12
КМ555ЛН1	БКО.348.289–01М ТУ	2
КМ555ЛП5	БКО.348.289–08М ТУ	3
КМ555ТМ2	БКО.348.289–36М ТУ	10
КМ555ТЛ1	БКО.348.289–41 ТУ	
Цифрові мікросхеми КМОН (КМДН):		
K176ЛН1	БКО.348.047–01 ТУ	12
K176ЛН2	БКО.348.047–01 ТУ	16
K176ЛА7	БКО.348.047–02 ТУ	7
K176ЛА8	БКО.348.047–02 ТУ	14
K176ЛА9	БКО.348.047–02 ТУ	28
K176ЛЕ5	БКО.348.047–02 ТУ	10
K176ЛЕ6	БКО.348.047–02 ТУ	12
K176ЛЕ10	БКО.348.047–02 ТУ	23