



Міністерство освіти і науки України

Харківський національний
автомобільно-дорожній університет

кафедра Метрології та БЖД

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**
з навчальної дисципліни
“Метрологічна надійність”

Харків 2018



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРЬКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ
кафедра Метрології та БЖД

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ
з навчальної дисципліни
“Метрологічна надійність”
для студентів механічного факультету
спеціальності 8.05100101
“Метрологія та вимірювальна техніка”

Затверджено
Методичною радою університету,
Протокол № від 2018 р.

Харків ХНАДУ 2018

Укладачі: Богатов О.І.
Пащенко Р.Е.,
Коваль А.О.

Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний
автомобільно-дорожній університет

кафедра Метрології та БЖД

До друку і в світ дозволяю
Проректор

Клец Д.М.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ
з навчальної дисципліни
“Метрологічна надійність”
для студентів механічного факультету
спеціальності 8.05100101
“Метрологія та вимірювальна техніка”

Усі цитати, цифровий, фактичний
Матеріал та бібліографічні
Відомості перевірені, написання
Одиниць відповідає стандартам

Затверджено методичною
радою університету,
Протокол №
від 2018 р.

Укладачі:

О.І. Богатов
Р.Е. Пащенко
А.О. Коваль

Відповідальний за випуск:

О.В. Крайнюк

Харків ХНАДУ 2018

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Навчальним планом та програмою підготовки магістрів спеціальності: спеціальності 8.05100101 “Метрологія та вимірювальна техніка” очної форми навчання в 10-му семестрі передбачено вивчення дисципліни “Метрологічна надійність”. Програмою дисципліни для закріплення та поглиблення базових знань з типових підходів та методів діагностики і розрахунку надійності під час проектування та експлуатації метрологічних засобів передбачено виконання курсової роботи. Після виконання курсової роботи проводиться її захист.

Метою виконання курсової роботи є набуття певних вмінь та навичок у розрахунку надійності метрологічних засобів, що застосовуються під час проведення технологічних вимірювань.

У запропонованих методичних вказівках спочатку у загальному вигляді формулюється завдання до курсової роботи, надалі даються методичні рекомендації щодо її виконання, а у додатку А наведені варіанти завдань до курсової роботи.

Для успішного виконання роботи студенту спочатку необхідно детально ознайомитись з теоретичним матеріалом, який необхідний для проведення розрахунків, а потім згідно вибраного варіанту провести розрахунок надійності блоку електронного засобу вимірювання.

На виконання курсової роботи передбачено 30 годин навчального часу, з них 16 годин індивідуальна робота під керівництвом викладача та 14 години самостійна робота студента. При необхідності студенти можуть отримати додаткові групові та індивідуальні консультації.

Пояснювальна записка до роботи виконується на аркушах паперу формату А4 об'ємом 20-25 сторінок і містить усі обґрунтування, пояснення, малюнки, розрахункові формули, таблиці і графіки. Записка брошурується разом з завданням на курсову роботу (згідно варіанту) та титульним аркушем. Зразок завдання на курсову роботу наведено у додатку Б, а титульного аркушу – у додатку В.

При оформленні записки необхідно:

використовувати наскрізну нумерацію всіх сторінок, формул, рисунків, графіків і таблиць (наприклад, формула (1); рис. 2; табл. 3), при необхідності надається посилання на джерело, перелік яких повинен бути наведений в кінці пояснювальної записки;

зробити розшифровку всіх позначень у формулах;

подати графіки та таблиці за результатами розрахунків;

підписати пояснювальну записку.

Записка повинна бути підписана у керівника не пізніше, ніж за два дні до захисту.

Курсова робота захищається перед комісією та оцінюється за національною шкалою, з визначенням кількості балів за 100 бальною шкалою, а також оцінкою ECTS. Оцінки та бали заносяться до залікової книжки.

Під час захисту оцінці підлягають:

зміст та технічна спрямованість роботи;
оформлення, графічні і креслярські роботи;
самостійність, ініціативність і оригінальність рішень;
зміст доповіді і відповіді на питання;
рівень методичних навичок при доповіді і відповідях.

В доповіді на 8-10 хв. рекомендується відобразити такі питання:

назву, мету та завдання роботи;
суть методів які використовувалися під час виконання завдання;
основні результати розрахунків;
висновки про ступінь виконання завдання.

Для більш підготовлених студентів може бути запропонована альтернативна творча тема курсової роботи, яка пов'язана з порівняльним аналізом надійності сучасних засобів вимірювання різноманітних фізичних величин (наприклад, температури, тиску, витрат речовин, рівня та ін.) і використанням цих засобів під час проведення технологічних вимірювань. Вибір теми та визначення змісту і структури курсової роботи здійснюється разом з керівником. Приклади тем творчих курсових робіт наведені у додатку І.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Виконання курсової роботи починається з з'ясування завдання і складання календарного плану роботи, в якому відображається зміст основних етапів виконання завдання. Контрольні строки виконання завдання визначаються у відповідності з датами занять у розкладі. Повністю закінчена робота повинна бути готова на останньому занятті. Цей етап виконується разом з керівником. Зразок календарного плану приведено у додатку Г. Він затверджується керівником на першому занятті. Завдання на курсову роботу і план її виконання є основою роботи студента під час виконання курсової роботи.

Курсова робота з дисципліни “Метрологічна надійність” складається з таких розділів:

ВСТУП (розглянути мету і задачі дослідження, а також вибрати дані згідно індивідуального варіанту).

1. ПРИБЛИЗНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ (провести приблизний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання за усередненою інтенсивністю відмов відповідно до методичних вказівок до курсової роботи).

2. ОРІЄНТОВНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ (провести орієнтовний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання за середньогруповими інтенсивностями відмов елементів відповідно до методичних вказівок до курсової роботи).

3. ОСТАТОЧНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ (провести остаточний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання з урахуванням умов експлуатації відповідно до методичних вказівок до курсової роботи).

ВИСНОВОК

ВСТУП

Розглядається загальна характеристика методів розрахунку надійності електронних засобів вимірювання, а також області застосування приблизного, орієнтовного та остаточного методів розрахунку надійності.

Відзначається, що приблизний розрахунок надійності застосовується: під час перевірки вимог з надійності, що висуваються замовником у технічному завданні на проектування засобу вимірювання (ЗВ); під час розрахунку нормативних показників надійності окремих блоків і пристроїв ЗВ; для визначення мінімально допустимого рівня надійності елементів ЗВ, що проектується; під час порівняльної оцінки надійності різних варіантів побудови ЗВ на етапі передескізного проектування.

Орієнтовний метод розрахунку надійності використовується на етапі ескізного проектування після розробки принципової електричної схеми засобу вимірювання.

Остаточний розрахунок надійності, який також називають схемним, проводиться на етапі технічного проектування на базі принципової електричної схеми дослідного зразка ЗВ для відомих умов експлуатації, режимів роботи всіх елементів і конструктивного оформлення.

Зазначимо, що надійність засобів вимірювання певним чином залежить від умов експлуатації, які у приміщеннях де проводяться вимірювальні дослідження характеризуються кліматичними і електромеханічними впливами, режимами роботи та організацією технічного обслуговування.

Також можна констатувати, що більшість розрахунків надійності проводяться у припущенні експоненціальної надійності всіх елементів і незалежності відмов.

Метою дослідження, що проводиться у курсовій роботі, є аналіз різних методів розрахунку надійності (приблизного, орієнтовного та остаточного) під час розрахунку надійності електронних засобів вимірювання.

Будемо вважати, що до складу електронного засобу вимірювання входить багатоканальний блок, що містить n елементів. Відмови елементів незалежні і відмова одного з елементів приводить до відмови всього блоку.

Необхідно визначити інтенсивності відмов λ , ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ і середній час безвідмовної роботи m_t блоку на різних етапах проектування.

Для розрахунку необхідно:

отримати вихідні дані щодо переліку та кількості елементів блоку електронного засобу вимірювання, які наведені у табл. А1 додатку А;

провести приблизний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання за усередненою інтенсивністю відмов;

провести орієнтовний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання за середньогруповими інтенсивностями відмов елементів;

провести остаточний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання з урахуванням трьох значень температури усередині блоку;

побудувати температурні залежності ймовірності безвідмовної роботи $P(t) = f(T^{\circ}\text{C})$ та інтенсивності відмов $\lambda = f(T^{\circ}\text{C})$ для блоку ЗВ в цілому.

Відбір вихідних даних проводиться таким чином: за номером по журналу встановлюється номер стовпця з кількістю елементів у блоці засобу вимірювання, які наведені у табл. А1 додатку А. Якщо напроти найменування елементу відсутня їх кількість (стоїть «-»), то блок засобу вимірювання не містить даного елементу і він не враховується під час проведення розрахунків. Також у табл. А1 додатку А наведено число годин роботи блоку t та коефіцієнт K_e , що враховує умови експлуатації. Найменування та кількість елементів блоку електронного засобу вимірювання заносяться до таблиці вихідних даних. За номером по журналу також встановлюється номер стовпця з значеннями температур, які наведені у табл. А2 додатку А.

Для прикладу розглянемо номер студента по журналу 15, і найменування елементів та значення кількості елементів для цього варіанту представимо у табл. 1.

Таблиця 1 – Елементи блоку електронного засобу вимірювання

№ з/п	Найменування елементів	Кількість елементів
1	Резистор металоплівочний	40
2	Резистор дротяний	2
3	Конденсатор електролітичний	6
4	Конденсатор слюдяної	2
5	Дросель	3
6	Інтегральна мікросхема цифрова	5
7	Транзистор германієвий	16
8	Транзистор кремнієвий	8
9	Діод кремнієвий	5
10	Трансформатор силовий	3
11	Реле електромагнітне часу, три контактні групи	3
12	Штепсельний роз'єм	3
13	Контактор триполюсний	3
14	Число годин роботи t , год.	5000
15	Коефіцієнт K_e , що враховує умови експлуатації	2

Значення температури усередині блоку для варіанту, що розглядається дорівнює: $T_1 = 40^\circ\text{C}$; $T_2 = 50^\circ\text{C}$ та $T_3 = 60^\circ\text{C}$.

При проведенні розрахунків надійності будемо вважати, що електронний блок ЗВ структурно є послідовним, відмови елементів незалежні і відмова одного елементу приводить до відмови всього блоку ЗВ в цілому. В цьому випадку математична модель відмов матиме експоненціальний вигляд.

1. ПРИБЛИЗНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ

Приблизний розрахунок дозволяє визначити принципову можливість забезпечення необхідної надійності блоку засобу вимірювання і ґрунтується на припущенні про рівнонадійність ($\lambda_i = \text{const}$) всіх його елементів.

Розрахунок за усередненою інтенсивністю відмов застосовується для оцінки надійності блоку ЗВ при порівнянні декількох варіантів його функціональних схем, а також для визначення мінімально допустимого рівня надійності елементів блоку ЗВ, тобто рівня, що ще забезпечує задану надійність.

Порядок розрахунку, що рекомендується:

за допомогою довідників та (або) іншої технічної літератури визначається орієнтовна кількість активних елементів N_a ;

визначається середня кількість пасивних елементів, що доводяться на

один активний елемент N_n ;

за допомогою довідників визначається середнє значення $\lambda_{cp.ел}$ інтенсивностей відмов елементів;

розраховується загальна кількість елементів $N = N_a + N_a N_n$ і середня інтенсивність відмов блоку ЗВ

$$\lambda_{cp} = \lambda_{cp.ел} N = \lambda_{cp.ел} (N_a N_n + N_a),$$

визначається середнє напрацювання блоку ЗВ на відмову

$$m_t = 1/\lambda_{cp};$$

визначається ймовірність безвідмовної роботи блоку ЗВ

$$P(t) = \exp(-\lambda_{cp} t).$$

Метод приблизного розрахунку дозволяє оцінити надійність блоку ЗВ, який працює у лабораторних умовах. У реальних же умовах показники надійності будуть нижчі, ніж у лабораторних, у зв'язку з наявністю різних дестабілізуючих чинників.

Для прикладу, що розглядається, отримаємо:

орієнтовна кількість активних елементів дорівнює $N_a = 34$;

загальна кількість пасивних елементів складає $N_{n\Sigma} = 63$, тому середня кількість пасивних елементів, що доводяться на один активний елемент, дорівнює приблизно $N_n = 2$;

середнє значення інтенсивності відмов дорівнює

$$\lambda_{cp.ел} = 0,299 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

загальна кількість елементів складає

$$N = N_a + N_a N_n = 34 + 68 = 102;$$

середня інтенсивність відмов блоку ЗВ дорівнює

$$\lambda_{cp} = \lambda_{cp.ел} N = 0,299 \cdot 10^{-6} \cdot 102 = 0,31 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.};$$

середнє напрацювання блоку ЗВ на відмову складає

$$m_t = 1/0,31 \cdot 10^{-4} = 32258 \text{ год.};$$

ймовірність безвідмовної роботи блоку ЗВ

$$P(t) = \exp(-0,31 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^3) = \exp(-0,155) = 0,8564.$$

Приблизний розрахунок надійності блоку ЗВ показав, що результуюча ймовірність безвідмовної роботи дорівнює приблизно $P(t) \approx 0,86$, що є не дуже великою величиною. Це пов'язано з високим значенням інтенсивності відмови окремих елементів блоку (наприклад, трансформатору, реле часу). Для збільшення ймовірності безвідмовної роботи можна замінити такі елементи на більш надійні.

2. ОРІЄНТОВНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ

Орієнтовний розрахунок, що враховує вплив на надійність блоку ЗВ тільки числа і типу елементів з яких він складається, ґрунтується на тих самих припущеннях, що і приблизний, тобто для його проведення достатньо знати структуру блоку ЗВ, номенклатуру застосованих елементів та їх кількість.

Розрахунок надійності за середньогруповими інтенсивностями відмов елементів припускає, що відомі інтенсивності відмов елементів різних типів λ_i і кількість елементів N_i кожного типу, що входять до блоку ЗВ.

Дані про надійність типових елементів, як правило, усереднюються за часом і групам елементів і приводяться у вигляді таблиць значень інтенсивностей відмов у довідковій літературі. Враховуючи великий розкид даних, при орієнтовному розрахунку надійності апаратури вибирають середні табличні значення інтенсивностей відмов елементів або розраховують максимальні і мінімальні значення показників надійності засобів вимірювання, використовуючи екстремальні значення інтенсивностей відмов елементів. Приблизне число елементів різного типу у засобі вимірювання стає відомим вже на етапі ескізного проектування.

Суть розрахунку надійності даним методом полягає у визначенні основних показників, що характеризують безвідмовність засобу вимірювання: середній час напрацювання на відмову m_t та ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$.

Порядок розрахунку, що рекомендується:

всі елементи блоку ЗВ розподіляються на декілька груп з приблизно однаковими інтенсивностями відмов усередині групи і підраховується орієнтовна кількість елементів N_i у кожній з цих груп;

за допомогою довідників знаходяться значення інтенсивностей відмов елементів кожної групи λ_i (середнє або крайні, якщо потрібно визначити максимальні і мінімальні значення показників надійності блоку ЗВ);

обчислюються добутки $N_i \lambda_i$, що характеризують частку відмов, що вносяться елементами даної групи у загальну інтенсивність відмов блоку ЗВ;

розраховується загальна інтенсивність відмов блоку ЗВ за допомогою підсумовування творів $N_i \lambda_i$ за всіма k групам елементів

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^k N_i \lambda_i ;$$

визначається час напрацювання блоку ЗВ на відмову

$$m_t = 1/\lambda_c;$$

розраховується ймовірність безвідмовної роботи блоку ЗВ

$$P(t) = \exp(-\lambda_c t).$$

Для прикладу, що розглядається, отримаємо:

кількість груп елементів $k = 10$;

інтенсивність відмов λ_i елементів при температурі навколишнього середовища 20°C і відносній вологості 50-70% визначаємо за допомогою довідника (додаток Д), результати заносимо до табл. 2;

Таблиця 2 – Інтенсивності відмов елементів при температурі навколишнього середовища 20°C і відносній вологості 50-70%

Найменування елементу	$\lambda_i \cdot 10^{-6}$, 1/год.	Найменування елементу	$\lambda_i \cdot 10^{-6}$, 1/год.
Резистори: металоплівочні дротяні	0,04 0,087	Діоди: кремнієві	0,2
Конденсатори: слюдяні електролітичні	0,075 0,035	Трансформатори: силові	1,04
Дроселі	0,14	Реле (на одну контактну групу): електромагнітні часу	1,2
Інтегральні мікросхеми цифрові	0,023	Роз'єми штепсельні: на один штирок	0,003
Транзистори: германієві кремнієві	0,3 0,5	Контактори (на один контакт)	0,25

для кожної групи, визначаємо групове значення інтенсивності відмов:
резистори $\lambda_{cp} = 0,0635 \cdot 10^{-6}$ 1/год., $n_1 = 42$:

$$\lambda_1 = n_1 \cdot \lambda_{cp} = 42 \cdot 0,0635 \cdot 10^{-6} = 2,667 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

конденсатори $\lambda_{cp} = 0,055 \cdot 10^{-6}$ 1/год., $n_2 = 8$:

$$\lambda_2 = n_2 \cdot \lambda_{cp} = 8 \cdot 0,055 \cdot 10^{-6} = 0,44 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

дроселі $\lambda_{cp} = 0,14 \cdot 10^{-6}$ 1/Год., $n_3 = 3$:

$$\lambda_3 = n_3 \cdot \lambda_{cp} = 3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} = 0,42 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Год.};$$

інтегральної мікросхеми $\lambda_{cp} = 0,023 \cdot 10^{-6}$ 1/Год, $n_4 = 5$:

$$\lambda_4 = n_4 \cdot \lambda_{cp} = 5 \cdot 0,023 \cdot 10^{-6} = 0,115 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Год.};$$

транзистори $\lambda_{cp} = 0,4 \cdot 10^{-6}$ 1/Год., $n_5 = 24$:

$$\lambda_5 = n_5 \cdot \lambda_{cp} = 24 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} = 9,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Год.};$$

діоди $\lambda_{cp} = 0,2 \cdot 10^{-6}$ 1/Год., $n_6 = 5$:

$$\lambda_6 = n_6 \cdot \lambda_{cp} = 5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Год.};$$

трансформатори $\lambda_{cp} = 1,04 \cdot 10^{-6}$ 1/Год., $n_7 = 3$:

$$\lambda_7 = n_7 \cdot \lambda_{cp} = 3 \cdot 1,04 \cdot 10^{-6} = 3,12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Год.};$$

реле $\lambda_{cp} = 1,2 \cdot 10^{-6}$ 1/Год., $n_8 = 3$:

$$\lambda_8 = n_8 \cdot \lambda_{cp} = 3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Год.};$$

роз'єми $\lambda_{cp} = 0,003 \cdot 10^{-6}$ 1/Год., $n_9 = 3$:

$$\lambda_9 = n_9 \cdot \lambda_{cp} = 3 \cdot 0,003 \cdot 10^{-6} = 0,009 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Год.};$$

контактори $\lambda_{cp} = 0,25 \cdot 10^{-6}$ 1/Год., $n_{10} = 3$:

$$\lambda_{10} = n_{10} \cdot \lambda_{cp} = 3 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Год.};$$

інтенсивність відмов блоку ЗВ в цілому визначається сумою інтенсивностей відмов всіх груп елементів:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^{10} \lambda_i = 0,217 \cdot 10^{-4} \text{ 1/Год.};$$

середній час безвідмовної роботи блоку ЗВ складає:

$$m_t = 1/\lambda_c = 1/0,217 \cdot 10^{-4} = 46083 \text{ години};$$

ймовірність безвідмовної роботи блоку ЗВ складає:

$$P(t) = \exp(-\lambda_c t) = \exp(-0,217 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^3) = \exp(-0,109) = 0,8967.$$

Орієнтовний розрахунок блоку ЗВ показав, що результуюча ймовірність безвідмовної роботи визначена більш точно і дорівнює приблизно 0,9.

3. ОСТАТОЧНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ

При проведенні остаточного розрахунку надійності з урахуванням умов експлуатації необхідно враховувати вплив зовнішнього середовища, в якому функціонує засіб вимірювання, такі як температура, вологість, тиск, вібрація і т. д. Також враховуються особливості енергетичного режиму роботи ЗВ, такі як теплова енергія, що виділяється його елементами, електромагнітні навантаження, механічні напруги і т. д. Ступінь впливу різних умов експлуатації на показники надійності різний.

Для остаточного розрахунку використовуються ті ж самі формули, що і для орієнтовного, тільки інтенсивності відмов елементів λ_e тут беруться з урахуванням реальних умов експлуатації, тобто вводиться низка корегуючих коефіцієнтів:

$$\lambda_e = \lambda_0 K_p \prod_{i=1}^n K_i,$$

де λ_0 – початкова (базова) інтенсивність відмов елементів;

K_p – коефіцієнт режиму роботи, який залежить від коефіцієнта навантаження і (або) температури навколишнього середовища;

K_i – коефіцієнти, що враховують зміни інтенсивності відмов залежно від різних чинників;

n – кількість чинників, що враховуються.

Для того щоб розрахувати надійність необхідно знати реальні режими роботи всіх елементів ЗВ, які визначаються коефіцієнтами режиму роботи K_p , що залежать від коефіцієнта електричного навантаження K_n і температури T навколишнього середовища. Коефіцієнти електричного навантаження у загальному випадку визначаються за формулою

$$K_n = E_p / E_{\text{дон}},$$

де E_p і $E_{\text{дон}}$ – реальне і допустиме значення електричного параметра.

Реальне значення електричного параметра E_p знаходиться за допомогою розрахунку за принциповою електричною схемою, а допустиме значення $E_{\text{дон}}$ береться з довідників типів елементної бази ЗВ, що використовуються.

Для типових елементів ЗВ коефіцієнти навантаження розраховуються наступним чином.

Для **резисторів** коефіцієнт навантаження визначається за їх середньою і допустимою потужностями:

$$K_{нR} = P/P_{дон},$$

де $P = I_R^2/R = U_R^2/R$;

I_R – середній струм, що протікає через резистор;

U_R – середня напруга на резисторі.

Для **конденсаторів** коефіцієнт навантаження визначається за максимальною і допустимою напругами між обкладинками:

$$K_{нC} = U_{max}/U_{дон}.$$

Для **випрямного діода** використовується формула

$$K_{н.д} = \max \{K_n^P, K_n^U, K_n^I\},$$

де $K_n^P = P/P_{дон}$ – коефіцієнт навантаження по потужності;

$K_n^U = U_{зв}/U_{зв\ max}$ – коефіцієнт навантаження по напрузі;

$K_n^I = I_{вип}/I_{вип\ max}$ – коефіцієнт навантаження по струму;

P – середня потужність;

$U_{зв}$ – зворотна напруга на діоді;

$I_{вип}$ – середній випрямлений струм.

Для **транзисторів** (біполярних або польових) коефіцієнт навантаження

$$K_{н.тр} = \max \{K_n^P, K_n^I, K_{н1}^U, K_{н2}^U\},$$

де $K_n^P = P_k/P_{к\ дон}$ – коефіцієнт навантаження по потужності, що розсіюється на колекторі (стоці):

$K_n^I = I_k/I_{к\ дон}$ – коефіцієнт навантаження по струму колектора (стоку);

$K_{н1}^U = U_{к-е}/U_{к-е\ дон}$ – коефіцієнт навантаження по напрузі колектор-емітер (стік-витік);

$K_{н2}^U = U_{к-б}/U_{к-б\ дон}$ – коефіцієнт навантаження по напрузі колектор-база (стік-затвор).

У курсовій роботі проводиться спрощений розрахунок надійності шляхом застосування трьох основних показників:

температури поверхні елементу $T^{\circ}C$;

коефіцієнтів навантаження елементів K_n ;

коефіцієнту зовнішніх умов K_e , що сумарно враховує решту зовнішніх умов експлуатації, який задається у вихідних даних на курсову роботу.

Для прикладу, що розглядається, отримаємо:

за допомогою довідникових даних (додаток Є) визначаємо коефіцієнти навантаження елементів блоку ЗВ та записуємо до табл. 3;

Таблиця 3 – Коефіцієнти навантаження елементів

№ з/п	Найменування елементу	Коефіцієнт навантаження
1	Діоди	0,7
2	Дроселі	0,9
3	Конденсатори	0,7
4	Комутаційні елементи	0,9
5	Резистори	0,8
6	Реле	0,8
7	Контактори, магнітні пускачі	0,8
8	Транзистори	0,8
9	Інтегральні мікросхеми	0,8
10	Трансформатори силові	0,9

за допомогою довідникових даних (додаток З) визначаємо корегуючі коефіцієнти $a(K_n; T^\circ)$, що враховують умови експлуатації, для кожного типу елементу блоку ЗВ;

визначаємо значення інтенсивності відмов елементів блоку ЗВ з урахуванням умов експлуатації для трьох величин температури $\lambda_{ei}^{T^\circ C}$ за виразом:

$$\lambda_{ei}^{T^\circ C} = n_i \cdot \lambda_i \cdot a_i(K_n; T^\circ);$$

резистори металоплівочні:

$$\begin{aligned}\lambda_{e1}^{40^\circ C} &= n_1 \cdot \lambda_1 \cdot a_1(0,8; 40^\circ) = 40 \cdot 0,04 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1 = 1,76 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e1}^{50^\circ C} &= n_1 \cdot \lambda_1 \cdot a_1(0,8; 50^\circ) = 40 \cdot 0,04 \cdot 10^{-6} \cdot 1,38 = 2,208 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e1}^{60^\circ C} &= n_1 \cdot \lambda_1 \cdot a_1(0,8; 60^\circ) = 40 \cdot 0,04 \cdot 10^{-6} \cdot 1,7 = 2,72 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};\end{aligned}$$

резистори дротяні:

$$\begin{aligned}\lambda_{e2}^{40^\circ C} &= n_2 \cdot \lambda_2 \cdot a_2(0,8; 40^\circ) = 2 \cdot 0,087 \cdot 10^{-6} \cdot 0,69 = 0,12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e2}^{50^\circ C} &= n_2 \cdot \lambda_2 \cdot a_2(0,8; 50^\circ) = 2 \cdot 0,087 \cdot 10^{-6} \cdot 0,81 = 0,141 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e2}^{60^\circ C} &= n_2 \cdot \lambda_2 \cdot a_2(0,8; 60^\circ) = 2 \cdot 0,087 \cdot 10^{-6} \cdot 0,95 = 0,165 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};\end{aligned}$$

конденсатори електролітичні:

$$\begin{aligned}\lambda_{e3}^{40^\circ C} &= n_3 \cdot \lambda_3 \cdot a_3(0,7; 40^\circ) = 6 \cdot 0,035 \cdot 10^{-6} \cdot 1,24 = 0,26 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e3}^{50^\circ C} &= n_3 \cdot \lambda_3 \cdot a_3(0,7; 50^\circ) = 6 \cdot 0,035 \cdot 10^{-6} \cdot 1,73 = 0,363 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e3}^{60^\circ C} &= n_3 \cdot \lambda_3 \cdot a_3(0,7; 60^\circ) = 6 \cdot 0,035 \cdot 10^{-6} \cdot 2,3 = 0,69 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};\end{aligned}$$

конденсатори слюдяні:

$$\lambda_{e4}^{40^{\circ}\text{C}} = n_4 \cdot \lambda_4 \cdot a_4(0,7; 40^{\circ}) = 2 \cdot 0,075 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35 = 0,053 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e4}^{50^{\circ}\text{C}} = n_4 \cdot \lambda_4 \cdot a_4(0,7; 50^{\circ}) = 2 \cdot 0,075 \cdot 10^{-6} \cdot 0,46 = 0,069 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e4}^{60^{\circ}\text{C}} = n_4 \cdot \lambda_4 \cdot a_4(0,7; 60^{\circ}) = 2 \cdot 0,075 \cdot 10^{-6} \cdot 0,62 = 0,093 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

дроселі:

$$\lambda_{e5}^{40^{\circ}\text{C}} = n_5 \cdot \lambda_5 \cdot a_5(0,9; 40^{\circ}) = 3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 2,4 = 1,008 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e5}^{50^{\circ}\text{C}} = n_5 \cdot \lambda_5 \cdot a_5(0,9; 50^{\circ}) = 3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 4,0 = 1,68 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e5}^{60^{\circ}\text{C}} = n_5 \cdot \lambda_5 \cdot a_5(0,9; 60^{\circ}) = 3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 6,4 = 2,688 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

інтегральної мікросхеми:

$$\lambda_{e6}^{40^{\circ}\text{C}} = n_6 \cdot \lambda_6 \cdot a_6(0,8; 40^{\circ}) = 5 \cdot 0,023 \cdot 10^{-6} \cdot 0,72 = 0,083 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e6}^{50^{\circ}\text{C}} = n_6 \cdot \lambda_6 \cdot a_6(0,8; 50^{\circ}) = 5 \cdot 0,023 \cdot 10^{-6} \cdot 0,78 = 0,09 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e6}^{60^{\circ}\text{C}} = n_6 \cdot \lambda_6 \cdot a_6(0,8; 60^{\circ}) = 5 \cdot 0,023 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 = 0,098 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

транзистори германієві:

$$\lambda_{e7}^{40^{\circ}\text{C}} = n_7 \cdot \lambda_7 \cdot a_7(0,8; 40^{\circ}) = 16 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1,22 = 5,856 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e7}^{50^{\circ}\text{C}} = n_7 \cdot \lambda_7 \cdot a_7(0,8; 50^{\circ}) = 16 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e7}^{60^{\circ}\text{C}} = n_7 \cdot \lambda_7 \cdot a_7(0,8; 60^{\circ}) = 16 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1,9 = 9,12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

транзистори кремнієві:

$$\lambda_{e8}^{40^{\circ}\text{C}} = n_8 \cdot \lambda_8 \cdot a_8(0,8; 40^{\circ}) = 8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,72 = 2,88 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e8}^{50^{\circ}\text{C}} = n_8 \cdot \lambda_8 \cdot a_8(0,8; 50^{\circ}) = 8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,78 = 3,12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e8}^{60^{\circ}\text{C}} = n_8 \cdot \lambda_8 \cdot a_8(0,8; 60^{\circ}) = 8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 = 3,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

діоди кремнієві:

$$\lambda_{e9}^{40^{\circ}\text{C}} = n_9 \cdot \lambda_9 \cdot a_9(0,7; 40^{\circ}) = 5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,04 = 1,04 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e9}^{50^{\circ}\text{C}} = n_9 \cdot \lambda_9 \cdot a_9(0,7; 50^{\circ}) = 5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,13 = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e9}^{60^{\circ}\text{C}} = n_9 \cdot \lambda_9 \cdot a_9(0,7; 60^{\circ}) = 5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

трансформатори:

$$\lambda_{e10}^{40^{\circ}\text{C}} = n_{10} \cdot \lambda_{10} \cdot a_{10}(0,9; 40^{\circ}) = 3 \cdot 1,04 \cdot 10^{-6} \cdot 2,4 = 7,488 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e10}^{50^{\circ}\text{C}} = n_{10} \cdot \lambda_{10} \cdot a_{10}(0,9; 50^{\circ}) = 3 \cdot 1,04 \cdot 10^{-6} \cdot 4,0 = 12,48 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

$$\lambda_{e10}^{60^{\circ}\text{C}} = n_{10} \cdot \lambda_{10} \cdot a_{10}(0,9; 60^{\circ}) = 3 \cdot 1,04 \cdot 10^{-6} \cdot 6,4 = 19,968 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};$$

реле:

$$\begin{aligned}\lambda_{e11}^{40^{\circ}\text{C}} &= n_{11} \cdot \lambda_{11} \cdot a_{11}(0,8; 40^{\circ}) = 3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e11}^{50^{\circ}\text{C}} &= n_{11} \cdot \lambda_{11} \cdot a_{11}(0,8; 50^{\circ}) = 3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 3,0 = 10,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e11}^{60^{\circ}\text{C}} &= n_{11} \cdot \lambda_{11} \cdot a_{11}(0,8; 60^{\circ}) = 3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 5,0 = 18,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};\end{aligned}$$

роз'єми:

$$\begin{aligned}\lambda_{e12}^{40^{\circ}\text{C}} &= n_{12} \cdot \lambda_{12} \cdot a_{12}(0,8; 40^{\circ}) = 3 \cdot 0,003 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6 = 0,005 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e12}^{50^{\circ}\text{C}} &= n_{12} \cdot \lambda_{12} \cdot a_{12}(0,8; 50^{\circ}) = 3 \cdot 0,003 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8 = 0,007 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e12}^{60^{\circ}\text{C}} &= n_{12} \cdot \lambda_{12} \cdot a_{12}(0,8; 60^{\circ}) = 3 \cdot 0,003 \cdot 10^{-6} \cdot 1,05 = 0,01 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};\end{aligned}$$

контактори:

$$\begin{aligned}\lambda_{e13}^{40^{\circ}\text{C}} &= n_{13} \cdot \lambda_{13} \cdot a_{13}(0,8; 40^{\circ}) = 3 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 = 1,125 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e13}^{50^{\circ}\text{C}} &= n_{13} \cdot \lambda_{13} \cdot a_{13}(0,8; 50^{\circ}) = 3 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 3,0 = 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{e13}^{60^{\circ}\text{C}} &= n_{13} \cdot \lambda_{13} \cdot a_{13}(0,8; 60^{\circ}) = 3 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 5,0 = 3,75 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.};\end{aligned}$$

розраховуються загальні інтенсивності відмов блоку ЗВ з урахуванням умов експлуатації

$$\lambda_{ce}^{T^{\circ}\text{C}} = K_e \sum_{i=1}^k \lambda_{ei}^{T^{\circ}\text{C}};$$

$$\begin{aligned}\lambda_{ce}^{40^{\circ}\text{C}} &= 2 \cdot 0,271 \cdot 10^{-4} = 0,542 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{ce}^{50^{\circ}\text{C}} &= 2 \cdot 0,415 \cdot 10^{-4} = 0,83 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}; \\ \lambda_{ce}^{60^{\circ}\text{C}} &= 2 \cdot 0,62 \cdot 10^{-4} = 0,124 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год.};\end{aligned}$$

визначається середній час напрацювання блоку ЗВ на відмову з урахуванням умов експлуатації

$$m_{te}^{T^{\circ}\text{C}} = 1/\lambda_{ce}^{T^{\circ}\text{C}}$$

$$\begin{aligned}m_{te}^{40^{\circ}\text{C}} &= 1/0,542 \cdot 10^{-4} = 18450 \text{ год.}; \\ m_{te}^{50^{\circ}\text{C}} &= 1/0,83 \cdot 10^{-4} = 12048 \text{ год.}; \\ m_{te}^{60^{\circ}\text{C}} &= 1/0,124 \cdot 10^{-3} = 8065 \text{ год.};\end{aligned}$$

розраховуються ймовірності безвідмовної роботи блоку ЗВ з урахуванням умов експлуатації

$$P_e^{T^{\circ}\text{C}}(t) = \exp(-\lambda_{ce}^{T^{\circ}\text{C}} t);$$

$$P_e^{40^\circ\text{C}}(t) = \exp(-0,542 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^3) = \exp(-0,271) = 0,7626;$$

$$P_e^{50^\circ\text{C}}(t) = \exp(-0,83 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^3) = \exp(-0,415) = 0,6604;$$

$$P_e^{60^\circ\text{C}}(t) = \exp(-0,124 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3) = \exp(-0,62) = 0,5379.$$

Будуються температурні залежності ймовірності безвідмовної роботи $P(t) = f(T^\circ\text{C})$ (рис. 1) та інтенсивності відмов $\lambda_{ce} = f(T^\circ\text{C})$ (рис. 2) для блоку ЗВ в цілому.

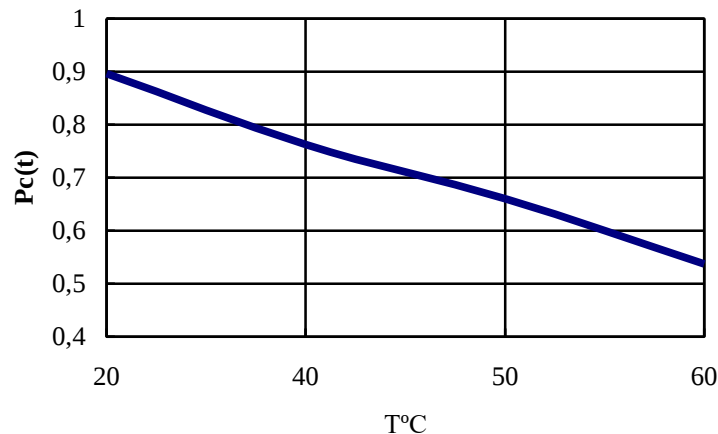


Рисунок 1 – Залежність ймовірності безвідмовної роботи блоку ЗВ від температури

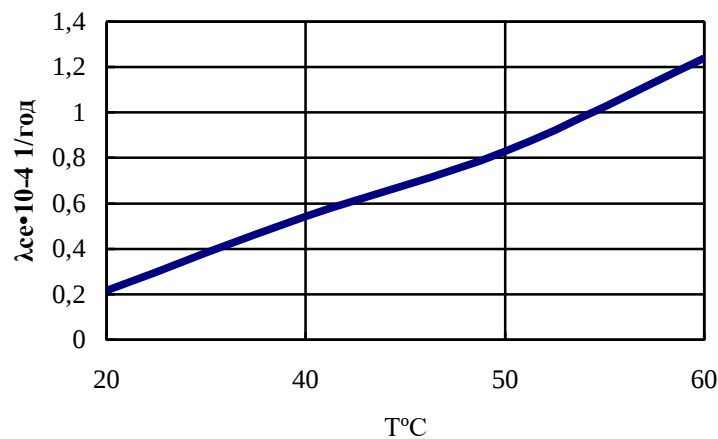


Рисунок 2 – Залежність інтенсивності відмови блоку ЗВ від температури

Розрахунок надійності блоку електронного ЗВ з урахуванням умов експлуатації показав, що ймовірність безвідмовної роботи всього блоку зменшується при збільшенні температури елементів та внаслідок дії різних чинників навколишнього середовища. Для зменшення впливу навколишнього середовища на елементи блоку ЗВ доцільно збільшити герметичність

оболонок елементів, а також застосовувати більш ефективні системи охолодження.

У **ВИСНОВКАХ** на основі отриманих результатів викладаються відомості про ступінь виконання завдання на курсову роботу та особливості її виконання.

Також вказується, що значення ймовірності безвідмовної роботи і інтенсивності відмов блоку електронного засобу вимірювання з урахуванням умов експлуатації та без них відрізняються. Це обумовлюється тим, що під час приблизного та орієнтовного розрахунку була ведена низка припущень: структура блоку ЗВ була послідовною; умови експлуатації не враховувалися; відмови елементів були незалежними; та моделі відмов будь-яких елементів блоку ЗВ вважалися експоненціальними.

Необхідно зазначити, що надійність блоку ЗВ також залежить від коефіцієнтів навантаження його елементів, чим він більший, тим надійність менша. Вирішити цю проблему можна або шляхом зменшення коефіцієнта навантаження елемента, або його заміною на елемент більшої потужності при тому ж коефіцієнті навантаження. Але такі заходи пов'язані із збільшенням економічних витрат, об'ємів, ваги, габаритів, витрат електроенергії. Тому необхідно знайти компроміс між необхідною надійністю та вартістю блоку ЗВ, тобто вибирати такий склад блоку ЗВ при якому для обмеженої надійності його вартість буде найменшою.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Методика розрахунку надійності радіоелектронних пристроїв / [Недоступ Л.А., Бобало Ю.Я., Кіселичник М.Д., Лазько О.В.]. – Л.: НУ "Львівська політехніка", 2005. – 60с.
2. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – Санкт-Петербург, 2008. – 704 с.
3. Сборник задач по теории надежности / [Половко А.М., Маликов И.М., Жигарев А.Н., Зарудный В.И.]; под ред. А.М. Половко и И.М. Маликова. – М.: Сов. радио, 1972. – 408 с.
4. Надежность электрорадиоизделий, 2006: справочник / С.Ф. Прытков и др. – М.: ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ», 2008. – 641 с.
5. Боровиков С.М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств / Боровиков С.М., Цырельчук И.Н., Троян Ф.Д.; под ред. С.М. Боровиков. – Минск: БГУИР, 2010. – 68 с.

Вихідні дані для курсової роботи

Таблиця А1 – Склад блоку електронного засобу вимірювання

№ з/п	Найменування елементів	Кількість елементів						
		Номер варіанту						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Резистор металоплівочний	20	25	30	35	40	35	50
2	Резистор дротяний	5	4	8	6	-	5	-
3	Конденсатор електролітичний	7	8	-	7	6	7	5
4	Конденсатор слюдяної	-	-	6	-	3	-	2
5	Дросель	3	4	5	2	3	5	3
6	Інтегральна мікросхема цифрова	6	5	4	7	5	6	5
7	Транзистор германієвий	12	14	15	14	15	16	11
8	Транзистор кремнієвий	9	8	7	9	8	6	12
9	Діод кремнієвий	7	5	8	6	7	5	6
10	Трансформатор силовий	2	3	4	2	3	4	2
11	Реле електромагнітне, три контактні групи	2	3	2	3	3	2	2
12	Штепсельний роз'єм	3	4	3	2	3	4	3
13	Контактор триполюсний	2	2	3	3	2	2	3
14	Число годин роботи	5000	4000	2000	6000	3000	1500	5500
15	Коефіцієнт K_e , що враховує умови експлуатації	3	3	4	2	3	4	2

Продовження таблиці А1 – Склад блоку електронного засобу вимірювання

№ з/п	Найменування елементів	Кількість елементів							
		Номер варіанту							
		8	9	10	11	12	13	14	15
1	Резистор металоплівочний	45	40	35	30	25	20	50	40
2	Резистор дротяний	-	-	5	7	8	9	-	2
3	Конденсатор електролітичний	7	8	-	4	-	6	5	6
4	Конденсатор слюдяної	3	5	6	-	5	-	3	2
5	Дросель	2	4	3	4	5	6	2	3
6	Інтегральна мікросхема цифрова	4	5	6	5	4	6	4	5
7	Транзистор германієвий	11	12	14	17	12	15	12	16
8	Транзистор кремнієвий	7	6	8	5	9	10	12	8
9	Діод кремнієвий	6	7	5	6	7	4	3	5
10	Трансформатор силовий	3	3	4	2	3	2	2	3
11	Реле електромагнітне, три контактні групи	2	3	3	2	2	3	2	3
12	Штепсельний роз'єм	4	3	3	2	2	3	4	3
13	Контактор триполюсний	2	2	3	3	3	2	2	3
14	Число годин роботи t , год.	6500	4500	3500	2500	4000	7500	3000	5000
15	Коефіцієнт K_e , що враховує умови експлуатації	2	3	2	4	4	2	3	2

Таблиця А2 – Значення температур всередині блоку ЗВ

Номер студента по журналу	Значення температури, °С		
1	30	40	50
2	40	50	60
3	35	45	55
4	30	45	60
5	45	50	55
6	35	50	60
7	30	45	60
8	30	35	55
9	40	55	60
10	50	55	60
11	35	45	60
12	40	45	60
13	30	40	50
14	35	45	55
15	40	50	60

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет механічний
Кафедра Метрології та безпеки життєдіяльності
Спеціальність "Метрологія та вимірювальна техніка"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою МБЖД

проф. О.В.Полярус
" " 20__ г.

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: “Розрахунок надійності засобів вимірювання”
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) ” “ травня 20 р.
3. Вхідні дані до роботи:
 - 1) Склад блоку електронного засобу вимірювання.
 - 2) Інтенсивності відмов елементів .
 - 3) Методики розрахунку надійності.
 - 4) Таблиці та графіки залежності корегуючи коефіцієнтів.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):
 - 1) Вступ.
 - 2) Методика та план дослідження. Мета і задачі дослідження.
 - 3) Приблизний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання за усередненою інтенсивністю.
 - 4) Орієнтовний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання за середньогруповими інтенсивностями відмов елементів.
 - 5) Остаточний розрахунок надійності блоку засобу вимірювання з урахуванням умов експлуатації.
 - 6) Висновок.
 - 7) Перелік посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень):
 1. Залежність ймовірності безвідмовної роботи блоку ЗВ від температури.
 2. Залежність інтенсивності відмови блоку ЗВ від температури.
6. Дата видачі завдання “ “ лютого 20 р.

Керівник _____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Механічний факультет
кафедра Метрології та БЖД

Курсова робота
з навчальної дисципліни
“Метрологічна надійність”
(назва дисципліни)

на тему: “Розрахунок надійності засобів вимірювання”

Виконав: студент (ка) ____ курсу групи №_____
напряму підготовки (спеціальності)
8.05100101“Метрологія та вимірювальна техніка”
(шифр і назва напряму підготовки (спеціальності))

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: _____
(посада, науковий ступінь, прізвище й ініціали)

Національна шкала: _____

Кількість балів: _____

Оцінка: ECTS _____

Члени комісії: _____

(підпис) (прізвище й ініціали)

(підпис) (прізвище й ініціали)

(підпис) (прізвище й ініціали)

Харків – 2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту(роботи)	Примітка
1	Вивчення літератури	15.03.20__	
2	Розробка методики та плану дослідження	30.03.20__	
3	Приблизний розрахунок надійності	15.04.20__	
4	Орієнтовний розрахунок надійності	30.04.20__	
5	Остаточний розрахунок надійності	15.05.20__	
6	Формулювання висновків	20.05.20__	
7	Оформлення пояснювальної записки	25.05.20__	
8	Створення презентації на Power Point	28.05.20__	
9	Подання роботи керівнику	29.05.20__	
10	Захист роботи	31.05.20__	

Студент гр. ММ-5 _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Додаток Д

Інтенсивності відмов елементів при температурі навколишнього середовища 20°C і відносній вологості 50-70%

№ з/п	Найменування елементу	$\lambda_i \cdot 10^{-6}$, 1/год
1	Діоди: германієві кремнієві імпульсні	0,157 0,2 0,025
2	Контактори (на один контакт)	0,25
3	Роз'єми штепсельні (на один штирок): змінного струму коаксіальні	0,003 0,003
4	Реле (на одну контактну групу): електромагнітні малогабаритні мілісекундні електромагнітні часу	0,3 0,25 0,44 1,2
5	Транзистори: германієві кремнієві підсилювачі	0,3 0,5 0,5
6	Трансформатори: вхідні імпульсні силові	1,09 0,17 1,04
7	Дроселі: з насиченням зарядні	0,14 1,3875
8	Інтегральні мікросхеми: напівпровідникові цифрові напівпровідникові аналогові гібридні	0,023 0,028 0,043
9	Конденсатори: керамічні слюдяні танталові електролітичні	0,1 0,075 0,6 0,035
10	Резистори: плівочні металоплівочні дротяні	0,03 0,04 0,087

Коефіцієнти навантаження електротехнічних елементів

№ з/п	Найменування елементу	Коефіцієнт навантаження	Значення, що рекомендується
1	Діоди	$K_n^U; K_n^I$	0,7
2	Дроселі	K_n^I	0,9
3	Конденсатори	K_n^U	0,7
4	Комутаційні елементи	K_n^I	0,9
5	Резистори	K_n^P	0,8
6	Реле	K_n^I	0,8
7	Контактори, магнітні пускачі	K_n^I	0,8
8	Транзистори	K_n^P	0,8
9	Інтегральні мікросхеми	K_n^P	0,8
10	Трансформатори силові	K_n^P	0,9
11	Трансформатори, що обертаються	K_n^U	0,95
12	Електричні машини	K_n^P	0,9

Корегуючі коефіцієнти $a(K_n; T^\circ)$ для визначення λ_c
резисторів

Тип резисторів	T°, C	K_n									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00
Непроволочные	20	0,15	0,20	0,26	0,35	0,42	0,50	0,60	0,72	0,84	1,00
	25	0,18	0,23	0,30	0,39	0,46	0,56	0,67	0,79	0,94	1,10
	30	0,21	0,27	0,34	0,43	0,51	0,62	0,75	0,88	1,07	1,26
	35	0,23	0,30	0,38	0,47	0,56	0,69	0,84	0,99	1,22	1,47
	40	0,27	0,33	0,42	0,51	0,60	0,76	0,94	1,11	1,38	1,71
	45	0,30	0,36	0,46	0,55	0,66	0,84	1,05	1,24	1,57	1,95
	50	0,34	0,40	0,50	0,59	0,71	0,92	1,17	1,38	1,76	2,22
	55	0,37	0,44	0,54	0,63	0,76	1,00	1,30	1,54	1,96	2,51
	60	0,40	0,47	0,57	0,67	0,82	1,08	1,43	1,70	2,17	2,81
	65	0,43	0,50	0,60	0,71	0,88	1,17	1,57	1,86	2,41	3,14
	70	0,46	0,54	0,64	0,75	0,94	1,26	1,72	2,04	2,69	3,52
	75	0,50	0,58	0,68	0,79	1,00	1,35	1,88	2,25	2,99	3,94
	80	0,54	0,61	0,71	0,84	1,07	1,46	2,05	2,48	3,31	4,40
	85	0,57	0,66	0,75	0,88	1,14	1,55	2,20	2,73	3,65	4,86
	90	0,60	0,70	0,79	0,92	1,20	1,66	2,40	2,99	4,04	5,40
	95	0,64	0,74	0,82	0,96	1,26	1,76	2,58	3,27	4,46	6,05
	100	0,69	0,78	0,87	1,00	1,32	1,88	2,77	3,60	4,90	6,70
Проволочные	20	0,01	0,02	0,02	0,05	0,10	0,20	0,34	0,51	0,73	1,09
	25	0,02	0,03	0,03	0,07	0,12	0,22	0,39	0,55	0,77	1,05
	30	0,02	0,04	0,04	0,08	0,14	0,26	0,43	0,60	0,81	1,10
	35	0,03	0,05	0,05	0,09	0,16	0,29	0,48	0,64	0,86	1,19
	40	0,04	0,06	0,06	0,11	0,19	0,32	0,53	0,69	0,92	1,29
	45	0,05	0,07	0,07	0,12	0,22	0,36	0,57	0,75	0,99	1,41
	50	0,06	0,08	0,08	0,14	0,25	0,39	0,63	0,81	1,06	1,55
	55	0,07	0,09	0,09	0,15	0,27	0,43	0,68	0,88	1,16	1,71
	60	0,08	0,10	0,10	0,17	0,30	0,47	0,73	0,95	1,27	1,91
	65	0,09	0,11	0,11	0,18	0,32	0,51	0,79	1,04	1,43	2,18
	70	0,10	0,12	0,12	0,20	0,35	0,56	0,85	1,14	1,60	2,51
	75	0,11	0,13	0,14	0,21	0,37	0,61	0,91	1,24	1,80	2,89
	80	0,12	0,14	0,15	0,22	0,40	0,67	0,98	1,36	2,01	3,25
	85	0,13	0,16	0,17	0,24	0,43	0,73	1,07	1,50	2,26	3,65
	90	0,14	0,17	0,18	0,26	0,46	0,80	1,15	1,65	2,51	4,05
	95	0,15	0,18	0,19	0,28	0,49	0,88	1,24	1,82	2,80	4,49
	100	0,16	0,18	0,20	0,30	0,52	0,96	1,33	2,00	3,15	5,00

Корегуючі коефіцієнти $a(K_n; T^\circ)$ для визначення λ_c
конденсаторів

Конденсатори	T, °C	K _n				
		0,1÷0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Бумажные Керамические Слюдяные негерметичные	20	0,06	0,08	0,10	0,18	0,23
	25	0,07	0,08	0,10	0,21	0,25
	30	0,07	0,08	0,11	0,22	0,27
	35	0,07	0,09	0,12	0,24	0,31
	40	0,07	0,09	0,13	0,28	0,35
	45	0,08	0,09	0,14	0,33	0,40
	50	0,08	0,10	0,15	0,36	0,46
	60	0,10	0,12	0,20	0,45	0,62
	65	0,11	0,13	0,23	0,55	0,66
	70	0,13	0,15	0,26	0,60	0,83
	75	0,15	0,17	0,33	0,73	1,13
	80	0,17	0,22	0,43	0,92	1,46
	85	0,25	0,30	0,65	1,14	1,88
	90	0,33	0,38	0,82	1,70	2,40
	95	0,43	0,47	1,08	2,40	2,90
	100	0,55	0,57	1,36	3,00	3,40
Слюдяные герметичные	20	0,28	0,36	0,49	0,18	0,23
	25	0,29	0,37	0,49	0,21	0,25
	30	0,30	0,38	0,50	0,22	0,27
	35	0,32	0,39	0,51	0,24	0,31
	40	0,34	0,42	0,54	0,28	0,35
	45	0,36	0,45	0,59	0,33	0,40
	50	0,38	0,49	0,63	0,36	0,46
	55	0,42	0,54	0,67	0,40	0,53
Слюдяные герметичные	60	0,46	0,61	0,75	0,45	0,62
	65	0,51	0,68	0,85	0,55	0,66
	70	0,58	0,76	0,96	0,60	0,83
	75	0,66	0,86	1,14	0,73	1,13
	80	0,75	0,97	1,40	0,92	1,46
	85	0,85	1,13	1,95	1,14	1,88
	90	0,98	1,30	2,80	1,70	2,40
	95	1,12	1,50	3,50	2,40	2,90
	100	1,30	1,70	4,50	3,00	3,40
Металлобумажные, стек- лянные, пленочные	20	0,28	0,36	0,49	0,64	0,80
	25	0,29	0,37	0,49	0,66	0,88
	30	0,30	0,38	0,50	0,70	0,94
	35	0,32	0,39	0,51	0,75	1,00
	40	0,34	0,42	0,54	0,80	1,10
	45	0,36	0,45	0,59	0,86	1,25
	50	0,38	0,49	0,63	0,95	1,43
	55	0,42	0,54	0,67	1,06	1,70
	60	0,46	0,61	0,75	1,19	2,00
	65	0,51	0,68	0,85	1,37	2,10
	70	0,58	0,76	0,96	1,58	2,30
	75	0,66	0,86	1,14	1,87	2,50
	80	0,75	0,97	1,40	2,10	2,80
	85	0,85	1,13	1,95	2,30	3,40
	90	0,98	1,30	2,80	2,70	3,80
	95	1,12	1,50	3,50	3,00	4,40
	100	1,30	1,70	4,50	3,50	5,00
Электролитические с алю- миниевым анодом	20	0,65	0,48	0,40	0,48	0,65
	25	0,72	0,54	0,44	0,54	0,72
	30	0,82	0,60	0,48	0,60	0,82
	35	1,00	1,73	0,56	0,73	1,00
	40	1,24	0,90	0,64	0,90	1,24
	45	1,48	1,12	0,80	1,12	1,48
	50	1,73	1,40	1,17	1,40	1,73
	55	1,95	1,70	1,38	1,70	1,95
	60	2,30	2,10	1,80	2,10	2,30
	65	3,50	2,80	2,26	2,80	3,50
	70	4,30	3,60	2,90	3,60	4,30
	75	5,50	4,60	4,00	4,60	5,50
	80	7,00	5,60	4,40	5,60	7,00
	85	8,80	6,80	5,50	6,80	8,80
	90	11,0	8,00	6,50	8,00	11,0
	95	14,0	9,50	7,70	9,50	14,0
	100	18,0	11,4	9,00	11,4	18,0

Корегуючі коефіцієнти $a(K_H; T^\circ)$ для визначення λ_e
напівпровідникових елементів

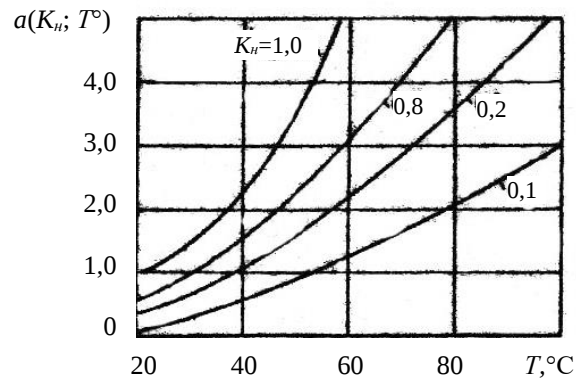
Полупроводниковые приборы		$T, ^\circ\text{C}$	K_H							
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Диоды	германиевые	20	0,09	0,15	0,22	0,30	0,39	0,50	0,62	0,74
		25	0,10	0,16	0,24	0,32	0,42	0,52	0,64	0,76
		30	0,12	0,19	0,26	0,35	0,45	0,55	0,66	0,79
		35	0,13	0,20	0,29	0,38	0,47	0,58	0,70	0,85
		40	0,15	0,23	0,32	0,41	0,51	0,63	0,76	0,91
		45	0,17	0,26	0,37	0,49	0,62	0,77	0,94	1,15
		50	0,20	0,32	0,45	0,60	0,76	0,95	1,15	1,41
		55	0,31	0,42	0,54	0,70	0,89	1,13	1,40	1,73
		60	0,42	0,53	0,66	0,86	1,13	1,40	1,75	2,13
	кремниевые	20	0,77	0,77	0,78	0,79	0,81	0,83	0,85	0,88
		25	0,80	0,80	0,81	0,83	0,84	0,87	0,89	0,92
		30	0,85	0,85	0,85	0,86	0,88	0,90	0,92	0,97
		35	0,88	0,88	0,88	0,90	0,92	0,95	0,97	1,03
		40	0,92	0,92	0,92	0,94	0,97	1,00	1,04	1,08
		45	0,94	0,95	0,96	0,98	1,00	1,04	1,08	1,13
		50	0,96	0,98	1,00	1,02	1,05	1,09	1,13	1,19
		55	0,98	1,01	1,04	1,07	1,11	1,16	1,22	1,29
		60	1,00	1,04	1,08	1,11	1,16	1,22	1,30	1,39
Транзисторы	германиевые	20	0,20	0,23	0,26	0,35	0,42	0,50	0,70	0,74
		25	0,20	0,24	0,29	0,40	0,47	0,57	0,75	0,83
		30	0,21	0,27	0,32	0,45	0,52	0,65	0,83	0,95
		35	0,23	0,29	0,36	0,50	0,58	0,73	0,93	1,07
		40	0,25	0,32	0,40	0,55	0,66	0,81	1,04	1,22
		45	0,27	0,36	0,45	0,61	0,74	0,94	1,17	1,36
		50	0,30	0,42	0,50	0,68	0,84	1,08	1,31	1,50
		55	0,34	0,46	0,56	0,76	0,96	1,23	1,47	1,68
		60	0,39	0,52	0,63	0,86	1,10	1,38	1,65	1,90
		65	0,44	0,57	0,71	0,98	1,25	1,55	1,84	2,13
		70	0,49	0,63	0,80	1,11	1,40	1,73	2,05	2,35
		75	0,54	0,69	0,91	1,25	1,57	1,92	2,24	2,59
	кремниевые	20	0,06	0,16	0,18	0,20	0,35	0,43	0,52	0,63
		25	0,06	0,16	0,18	0,21	0,36	0,44	0,53	0,65
		30	0,06	0,16	0,19	0,22	0,37	0,46	0,55	0,67
		35	0,07	0,16	0,19	0,22	0,39	0,49	0,57	0,70
		40	0,07	0,17	0,20	0,23	0,40	0,51	0,59	0,72
		45	0,07	0,17	0,20	0,23	0,42	0,53	0,62	0,75
		50	0,08	0,18	0,21	0,24	0,45	0,55	0,65	0,78
		55	0,08	0,18	0,21	0,25	0,47	0,58	0,68	0,81
		60	0,08	0,19	0,22	0,26	0,50	0,61	0,71	0,85
		65	0,09	0,19	0,22	0,26	0,53	0,65	0,76	0,90
		70	0,09	0,20	0,23	0,27	0,56	0,70	0,81	0,97
		75	0,09	0,20	0,23	0,28	0,60	0,74	0,87	1,04

Корегуючі коефіцієнти $a(K_n; T^\circ)$ для визначення λ_e трансформаторів та обмоток електричних машин

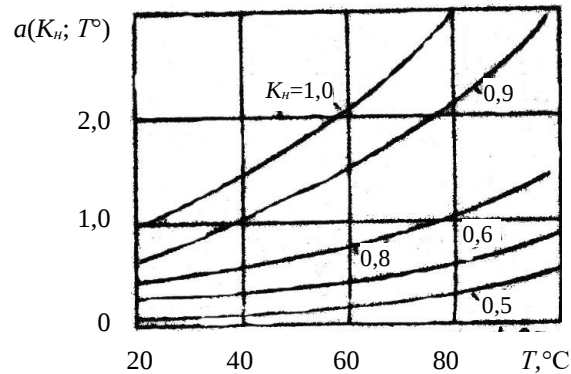
$T, ^\circ\text{C}$	K_n							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
20	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,8	1,0
25	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,3
30	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	1,0	1,4	1,6
35	0,1	0,1	0,2	0,4	0,9	1,3	1,9	2,5
40	0,1	0,2	0,2	0,5	1,2	1,8	2,4	3,0
45	0,2	0,2	0,3	0,6	1,4	2,3	3,2	4,2
50	0,2	0,2	0,3	0,8	1,8	2,8	4,0	5,2
55	0,2	0,2	0,3	1,0	2,2	3,5	5,2	6,9
60	0,2	0,3	0,4	1,2	2,5	4,1	6,4	8,6
65	0,2	0,3	0,5	1,6	3,4	5,7	8,5	11,5
70	0,3	0,4	0,6	2,0	4,2	7,2	10,7	14,0

Криві для визначення корегуючих коефіцієнтів $a(K_n; T^\circ)$

Магнітні пускачі, контактори, реле



Штепсельні роз'єми



Приклади тем творчих курсових робіт

1. Порівняльний аналіз надійності сучасних засобів вимірювання температури, що застосовуються в автомобільних системах.
2. Порівняльний аналіз надійності сучасних засобів вимірювання тиску, що застосовуються в автомобільних системах.
3. Порівняльний аналіз надійності сучасних засобів вимірювання витрат речовин, що застосовуються в автомобільних системах.
4. Порівняльний аналіз надійності сучасних засобів вимірювання рівня речовин, що застосовуються в автомобільних системах.

Структура курсової роботи може бути наступною.

1. Характеристика засобів вимірювання фізичної величини, що підлягають аналізу.
2. Характеристика показників надійності, за якими буде проводитися порівняльний аналіз.
3. Порівняльний аналіз надійності сучасних засобів вимірювання фізичної величини (3 – 5 засобів).
4. Пропозиції, щодо вибору засобу вимірювання фізичної величини з урахуванням їх надійності.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни “Метрологічна надійність” для студентів механічного факультету спеціальності 8.05100101 “Метрологія та вимірювальна техніка”

Укладачі:

О.І. Богатов
Р.Е. Пащенко
А.О. Коваль

Відповідальний за випуск:

О. В. Крайнюк

Підп. до друку
Друковано на ризографі.
Зам №

Формат
Умовн.-др.арк.
Тираж прим.

Папір офсетний
Обл.– вид. арк..
Ціна договірна

Адреса редакції видавництва і поліграфічного підприємства
ХНАДУ 61002 Харків-02, вул. Ярослава Мудрого, 25
Надруковано видавництвом Харківського національного автомобільно-
дорожнього університету