

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА №2

Необхідно розробити принципову схему системи керування електродвигуном. Схема повинна забезпечувати перевірку коду допуску і залежно від результату перевірки дозволяти пуск або зупинку електродвигуна. Також у схемі має забезпечуватися захист електродвигуна по струму. Функціональна схема системи керування представлена на рис. 10.1.

Для виконання розрахунку потрібно:

1. Синтезувати дешифратор перевірки коду допуску. Накреслити його принципову схему .
2. Розрахувати елементи кола формування сигналу захисту за струмом.
3. Розрахувати коло затримки часу.
4. Накреслити принципову схему всієї системи керування. Про-ставити номери і номінали елементів на схемі.

Варіанти завдання вибираються за заліковою книжкою студента:

1. Дані для розрахунку дешифратора. Код доступу – дві останні цифри заліковки. Логічні елементи, призначені для реалізації дешифратора - сума трьох останніх цифр залікової книжки.
Сума парна – елементи І, І–НЕ.
Сума непарна – елементи АБО, АБО–НЕ.
2. Дані для розрахунку підсилювача сигналу давача струму.
Максимальна напруга, що видається давачем струму (U_{max}) – дві останні цифри заліковки *10 мВ: $U_{max} = (N_2N_3 * 10 \text{ мВ.})$ Тут N_3 – остання цифра заліковки, N_2 – передостання цифра заліковки. (Якщо N_2N_3 рівне 00 то береться $U_{max} = 100\text{мВ}$).
3. Дані для розрахунку компаратора кола захисту двигуна.
Порогова напруга спрацьовування компаратора $U_{оп} = 10 - N_2$ (В.)
Тут N_2 - передостання цифра заліковки.
4. Дані для розрахунку кола затримки часу. Дільник для лічильника затримки ($K_{діл}$) вибирається з таблиці в залежності від N_3 – останньої цифри заліковки.

N3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K _{діл}	16	25 6	8	16	32	64	12 8	32	64	8

Час затримки сигналу відключення по струму (τ) задається в мілісекундах за такою формулою: $\tau = 100 * N_2$. (мСек.) Тут N_2 - передостання цифра заліковки (якщо вона рівна 0 то береться 10).

5. Дані для елементів узгодження напруг. Тип стабілітрона – вибирається з таблиці залежно від N_3 - останньої цифри заліковки.

N3	Тип стабілітро	N	Тип стабілітрон
		3	

	на		а
0	2С147У	5	2С156Т
1	2С147Б	6	2С147Г
2	КС447А	7	КС147Г
3	2С447А	8	2С156Б
4	2С151Т	9	КС156А

6. Дані для розрахунку транзистора в ланцюзі елементів керування електродвигуном. Струм бази насичення (mA) – вибирається з таблиці залежно від N2 - передостанній цифри заліковки.

N2	Струм бази насичення	N 2	Струм бази насичення
0	10	5	30
1	12	6	35
2	15	7	40
3	20	8	45
4	25	9	50

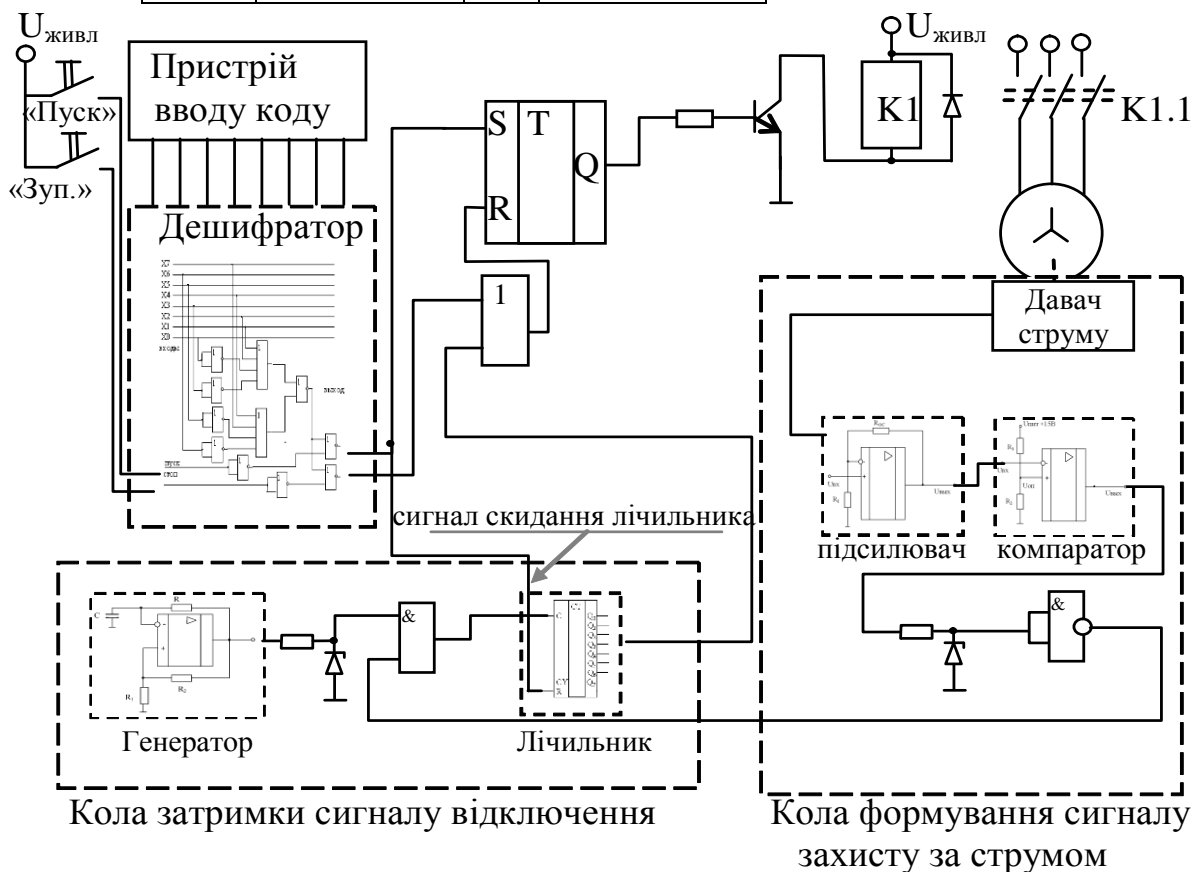


Рис. 10.1- Функціональна схема системи керування електродвигуном.

10.1 Опис системи керування електродвигуном

Система керування електродвигуном, наведена на рис.10.1, забезпечує перевірку коду допуску, дозволяє пуск або зупинку електродвигуна і забезпечує захист електродвигуна за струмом.

Функціональну систему управління можна розділити на чотири вузли:

- вузол перевірки коду допуску та дозволу керування;
- вузол керування електродвигуном;
- вузол формування сигналу захисту за струмом;
- вузол формування затримки аварійного відключення електродвигуна.

1. Вузол перевірки коду допуску та дозволу управління призначений для формування сигналів керування електродвигуном. Він містить наступні пристрої: кнопки «Пуск» і «Зупинка» керування електродвигуном, пристрій введення коду допуску та схему дешифрації коду допуску. Пристрій введення коду дозволяє оператору ввести код на дозвіл керування електродвигуном, також здійснює його перетворення в двійковий код для подачі на схему дешифрації. Схема дешифрації слугує для вироблення дозволяючого сигналу керування при виникненні на вході схеми заданого двійкового числа, за будь-яких інших числах формується забороняючий сигнал керування. У роботі пропонується розробити цей дешифратор. Сигнал з кнопок керування «Пуск» або «Зупинка» надходить на ключові елементи (DD4.3, DD4.4 для схеми 6 і DD3.2, DD3.3 для схеми 7) і залежно від керуючого сигналу, сформованого дешифратором, або проходить, або не проходить далі на RS тригер.

2. Вузол керування електродвигуном складається з RS тригера, логічного елемента АБО, транзистора і реле із захистом від зворотного струму виключення. Логічний елемент АБО на вході R тригера служить для електричної розв'язки сигналів відключення двигуна, що надходять або з кнопки «Зупинка» з 1 вузла або з лічильника формування сигналу аварійного відключення двигуна. Пуск електродвигуна здійснюється подачею пускового сигналу з кнопки «Пуск» на вхід S тригера. При подачі одиничного сигналу на вхід S тригера відбувається перемикання тригера в одиничний стан, тобто на виході Q тригера встановлюється одиниця, що відповідає напрузі близько 5В. При цьому на базі транзистора з'являється позитивна напруга, що призводить до його повного відкриття, і через колекторне коло транзистора починає проходити струм. У свою чергу це призводить до спрацьовування реле K1 (замикання контактів K1.1 в силовому колі електродвигуна), забезпечуючи пуск і роботу електродвигуна. Зупинка електродвигуна можлива двома способами: натисканням кнопки «Зупинка», або формуванням аварійного сигналу відключення двигуна за перевищення струмом електродвигуна допустимого значення. У цьому випадку на вхід R тригера надходить одиничний сигнал, що призводить до скиду тригера - на виході Q встановлюється нульовий сигнал (напруга дорівнює нулю). При цьому відбувається закриття транзистора, повернення реле K1 в початковий стан (розмикання силових контактів K1.1), відключення і зупинка електродвигуна.

Діод в силовій схемі служить для захисту транзистора від зворотного струму, що виникає в котушці реле при її виключенні.

3. Вузол формування сигналу захисту за струмом є першим каскадом загального захисту електродвигуна від перевантаження. Він складається з давача струму, підсилювача, компаратора і інвертора. Давач струму слугує для перетворення струму електродвигуна в напругу. Малий сигнал, що знімається з давача струму надходить на підсилювач і далі на компаратор. У роботі в якості підсилювача пропонується використовувати неінвертуючий підсилювач зібраний на операційному підсилювачі.

На компараторі відбувається порівняння підсиленого сигналу з давача з напругою уставки, пропорційного максимальному допустимому струму електродвигуна. Якщо напруга з давача перевищить напругу уставки (опорна напруга) відбудеться спрацьовування компаратора, вихідна напруга компаратора зміниться на протилежну. Для узгодження аналогового сигналу компаратора (12В) і цифрового сигналу логічного елемента використовується стабілітрон. Оскільки вихідний сигнал на компараторі при спрацьовуванні негативний, для перетворення його в одиничний сигнал використовується інвертор зібраний на двовходовому елементі АБО-НЕ. Далі одиничний сигнал з інвертора надходить у вузол формування затримки аварійного відключення електродвигуна.

4. Вузол формування затримки аварійного відключення електродвигуна складається з генератора, лічильника та логічного елемента I , що використовується в якості ключа. Даний вузол призначений для здійснення затримки подачі сигналу аварійного відключення двигуна, що забезпечує заборону спрацьовування захисту за короточасних перевантажень електродвигуна. До таких режимів відноситься пуск двигуна. Генератор формує сигнал у вигляді прямокутних імпульсів (сигнал типу «меандр») із заданою частотою, він поступає на логічний елемент I . До тих пір поки на другому вході логічного елемента I буде нуль, що відповідає нормальній роботі двигуна, на виході цього елемента також буде нуль. При перевищенні струмом електродвигуна припустимого значення на вхід елемента I надійде одиничний сигнал, що призведе до проходження через цей елемент частотного сигналу з генератора на лічильник. Лічильник починає рахувати і коли на заданому виході з'являється одиничний сигнал він надходить на вхід R тригера, здійснюючи його скидання і далі відключення двигуна. Підготовка лічильника до нового відліку часу здійснюється надходженням на його вхід R сигналу з кнопки «Пуск» , тим самим здійснюючи його скидання.

10.2. Методика розрахунку

1. Визначення даних для виконання роботи

На першому етапі визначають основні дані для проектування схеми:

- Код доступу.
- Базис виконання дешифратора.
- Максимальна напруга, що видається давачем струму (U_{max}).

- Порогова напруга спрацьовування компаратора (U_{op}).
- Дільник для лічильника затримки (Кділ).
- Час затримки сигналу відключення по струму τ .
- Тип стабілітрона.

10.2.1. Синтез дешифратора

Для виконання роботи необхідно розробити дешифратор, що має 8 входів і 1 вихід. Вихід дешифратора повинен видавати сигнал, що дозволяє проходження керуючих команд при подачі на вхід заданого двійкового числа, при всіх інших числах, вихідний сигнал дешифратора повинен блокувати проходження керуючих команд.

Для синтезу дешифратора необхідно перетворити код доступу (десятькове число) в двійкове число. На основі отриманого коду складають таблицю істинності і залежно від завдання записують функцію істинності.

За отриманою функцією визначають кількість логічних елементів і креслять схему дешифратора. (див. рис.10.2, 10.3).

10.2.1.1. Розрахунок дешифратора на елементах АБО, АБО-НЕ

Для прикладу дозволяючим кодом буде число 105. При роботі в базисі АБО-НЕ дозволяючим сигналом буде логічний «0», забороняючим «1».

1. Переведемо десяткове число 105 у двійкову систему числення $105_{10} = 1101001_2$.

2. Доповнюємо старші розряди нулями до 8 знакових позицій.
 $_1101001 \rightarrow 01101001$

3. Виконуємо синтез логічної функції дешифратора. Кожному розряду присвоюємо буквене позначення $X_7, X_6, X_5, X_4, X_3, X_2, X_1, X_0$.

Складемо таблицю істинності для нашого завдання:

X_7	X_6	X_5	X_4	X_3	X_2	X_1	X_0
0	0	0	0	0	0	0	0
...
0	1	1	0	1	0	0	1
...
1	1	1	1	1	1	1	1

Сірим кольором у таблиці виділено єдина умова, що задовільняє вимогу завдання.

4. Запишемо цей рядок у формі СКНФ для виконання заданого базису. (Всі змінні, які приймають одиничне значення інвертуються.)

$$Y = \overline{X_7} + \overline{X_6} + \overline{X_5} + \overline{X_4} + \overline{X_3} + \overline{X_2} + \overline{X_1} + \overline{X_0}.$$

5. Тепер на основі отриманої логічної функції необхідно скласти схему дешифратора. Для цього використовуємо логічні елементи, АБО, АБО-НЕ. Для інверсії змінних X_6 , X_5 , X_3 і X_0 застосовуємо мікросхему 155ЛН1 (шість одноходових логічних елементів НЕ, використовуємо 4). Для складання схеми використовуємо також мікросхему 155ЛЛ1 (чотири двовходових елементи АБО). Для складання всіх змінних потрібно дві мікросхеми. Спочатку на першій мікросхемі попарно складаються змінні:

$X_7 + \overline{X_6}$, $\overline{X_5} + X_4$, $\overline{X_3} + X_2$, $X_1 + \overline{X_0}$, (використовуються всі чотири елементи).

На другій мікросхемі за допомогою перших двох елементів проводиться додавання результатів попередніх чотирьох пар:

$((X_7 + \overline{X_6}) + (\overline{X_5} + X_4))$ і $((\overline{X_3} + X_2) + (X_1 + \overline{X_0}))$,
на третьому елементі робимо складання результату з перших двох елементів:

$$(((X_7 + \overline{X_6}) + (\overline{X_5} + X_4)) + ((\overline{X_3} + X_2) + (X_1 + \overline{X_0}))).$$

У результаті вийшов дешифратор реалізований на трьох мікросхемах DD1 - 155ЛН1, DD2 - 155ЛЛ1 і DD3 - 155ЛЛ1 записаний наступною логічною функцією:

$$Y = (((X_7 + \overline{X_6}) + (\overline{X_5} + X_4)) + ((\overline{X_3} + X_2) + (X_1 + \overline{X_0}))).$$

6. Перевіряємо отриману логічну функцію, підставляючи в неї задані значення.

$$(((0+1)+(1+0))+((1+0)+(0+1)))=(((0+0)+(0+0))+((0+0)+(0+0)))=0$$

При заданому коді отриманий дозволяючий нульовий сигнал.

Підставляємо будь-які інші значення.

$$(((1+1)+(1+0))+((0+1)+(0+1)))=(((1+0)+(0+0))+((0+1)+(0+0)))=1$$

Одержаний забороняючий одиничний сигнал. Перевірка показала, що логічна функція складена правильно.

7. Креслимо схему дешифратора і ключову схему виконану на чотирьох елементах АБО-НЕ схема DD4 - 155ЛЕ1.

Сірим кольором у таблиці виділено єдину умова, що задовольняє вимогу завдання.

4. Запишемо цей рядок у формі СДНФ для виконання заданого базису. (Всі змінні, які приймають нульове значення інвертуються.)

$$Y = \overline{X7} \cdot \overline{X6} \cdot \overline{X5} \cdot \overline{X4} \cdot \overline{X3} \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X1} \cdot \overline{X0}.$$

5. На основі отриманої логічної функції розробляється схема дешифратора. Вибираються мікросхеми для реалізації даної функції. Інвертування змінних виконується на чотирьох двовходових елементах І-НЕ мікросхема 155ЛА3 (DD1). Для виконання операції інверсії, входи на кожному елементі об'єднуються. Сворення змінних виконується в два етапи, спочатку на мікросхемі 555ЛІБ (два чотиривходових елементи І) виконується перемножування по чотири змінних на двох елементах І (DD 2.1, DD 2.2):

$$(\overline{X7} \cdot \overline{X6} \cdot \overline{X5} \cdot \overline{X4}) \text{ і } (\overline{X3} \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X1} \cdot \overline{X0}).$$

Далі на мікросхемі 555ЛА4 (DD3) виконується остаточне перемножування попередніх результатів:

$$Y = (\overline{X7} \cdot \overline{X6} \cdot \overline{X5} \cdot \overline{X4}) \cdot (\overline{X3} \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X1} \cdot \overline{X0}).$$

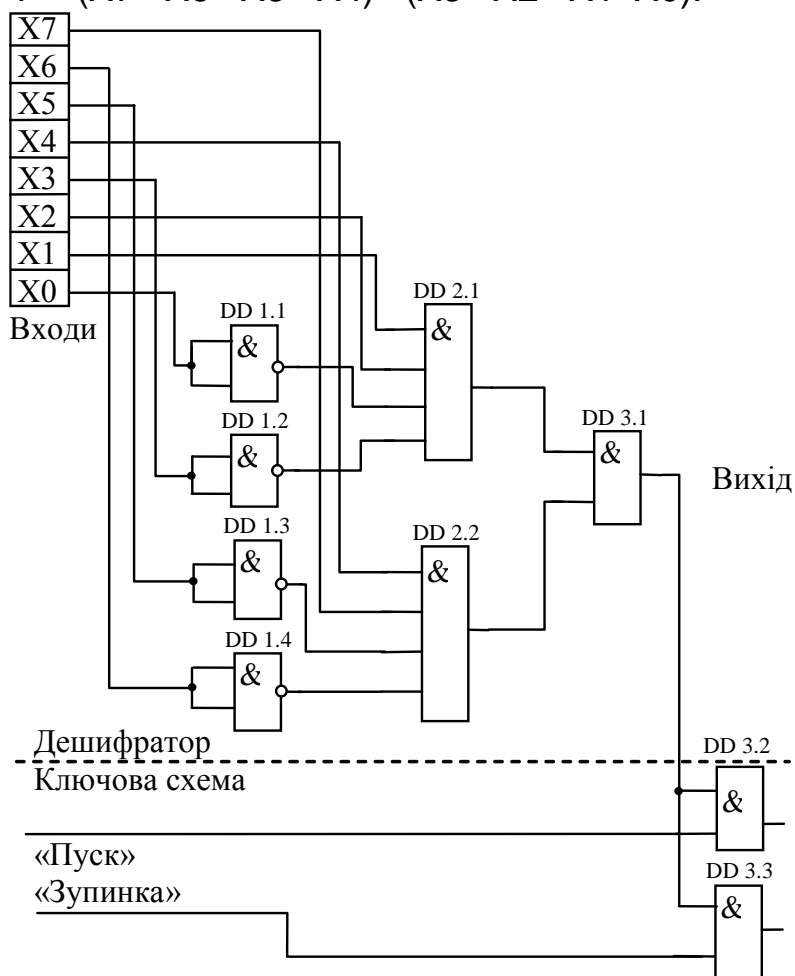


Рис. 10.3 - Схема дешифратора на логічних елементах І, І-НЕ

Залишені два елементи цієї мікросхеми DD3.2 і DD3.3. використовуються для реалізації ключової схеми.

6. Перевіряємо отриману логічну функцію, підставляючи в неї задані значення.

$$(1 \cdot \overline{0} \cdot \overline{0} \cdot 1) \cdot (\overline{0} \cdot 1 \cdot 1 \cdot \overline{0}) = (1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) \cdot (1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = (1) \cdot (1) = 1$$

Підставляємо будь-які інші значення.

$$(0 \cdot \overline{0} \cdot 1 \cdot 0) \cdot (\overline{0} \cdot 1 \cdot 1 \cdot \overline{0}) = (0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0) \cdot (1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = (0) \cdot (1) = 0$$

Перевірка показала що логічна функція складена правильно.

10.2.3. Розрахунок елементів кола формування сигналу захисту за струмом

Спочатку виконують розрахунок підсилювача, схема якого наведена на рис. 10.4. Неінвертуючий підсилювач містить послідовний негативний зворотний зв'язок за напругою. Вхідний сигнал подається на неінвертуючий вхід. Даний підсилювач використовується для підсилення вхідного сигналу, при цьому вихідний сигнал видається без зсуву фази.

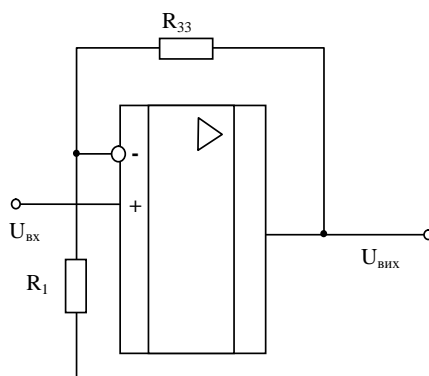


Рис. 10.4 – Схема неінвертуючого підсилювача.

Коефіцієнт підсилення для даної схеми розраховується за формулою:

$$K_u = 1 + \frac{R_{oc}}{R_1}$$

Як правило при розрахунку підсилювачів коефіцієнт підсилення задається у вигляді вихідної величини і потрібно розрахувати номінали опорів R_{33} і R_1 . Для розрахунку приймається значення R_1 із діапазону (10–100кОм), а опір R_{33} розраховується за формулою:

$$R_{oc} = (K_u - 1) \cdot R_1$$

У роботі задається вихідне максимальне значення напруги одержуваного з датчика струму і за допомогою підсилювача необхідно

його підсилити до 15В. Для цього розраховується коефіцієнт підсилення за напругою:

$$K_u = \frac{U_{вих}}{U_{вх}}$$

У нашому випадку $U_{вих} = U_{живл} = 15В$, $U_{вх} = U_{max}$.

Підставляючи напруги у формулу, обчислюємо коефіцієнт підсилення. Далі задається значення R_1 і розраховується значення опору зворотного зв'язку $R_{зз}$. Тут слід врахувати що номінальні значення опорів допускаються тільки з ряду E24 (табл. Д.1). Таким чином опори R_1 і $R_{зз}$ необхідно вибирати з номінального ряду. Після цього необхідно розрахувати коефіцієнт підсилення підсилювача.

Приклад

Заданий коефіцієнт підсилення 15.

Для розрахунку приймаємо значення опору $R_1 = 22кОм$ (відповідає діапазону (10–100кОм) із ряду E24).

Знаходимо $R_{зз} = (K_u - 1) \cdot R_1 = (15 - 1) \cdot 22000 = 308000 Ом$.

Приймаємо найближче значенням з ряду E24: $R_{зз} = 300кОм$.

Знаходимо новий коефіцієнт підсилення:

$$K_u = 1 + R_{зз} / R_1 = 1 + 300000 / 22000 = 14,6$$

Далі виконують розрахунок компаратора, схема якого наведена на рис. 10.5. Компаратор здійснює порівняння вимірюваної вхідної напруги $U_{вх}$ з опорною напругою $U_{оп}$.

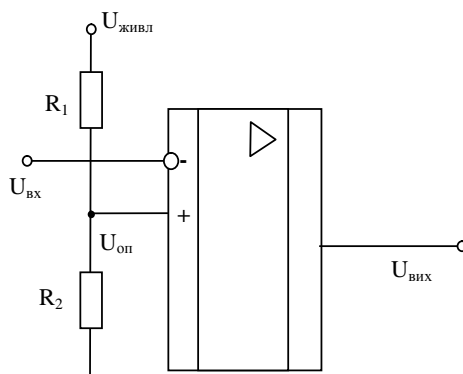


Рис. 10.5 - Схема компаратора на операційному підсилювачі.

Опорна напруга компаратора розраховується за формулою

$$U_{оп} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \cdot U_{живл}$$

На практиці значення напруги $U_{оп}$ і $U_{пит}$ задане і потрібно розрахувати значення опорів R_1 і R_2 . Тут також задаються одним з опорів, а друге знаходиться за формулою з урахуванням заданої за варіантом напруги спрацьовування компаратора. Номінали опорів, як і в попередньому випадку повинні відповідати ряду. Як приклад вибираємо значення опору R_2 із діапазону (10–100кОм), а опір R_1 розраховується на формулою:

$$R_1 = \left(\frac{U_{живл}}{U_{оп}} - 1 \right) \cdot R_2$$

Для з'єднання аналогових і цифрових елементів необхідно узгодження сигналів за рівнем напруги. В якості узгоджувального елемента в схемі пропонується використовувати стабілітрон. На ньому виконують обмеження високої вихідної напруги з компаратора з 12В до 5В. Розрахунок кола стабілітрона полягає в розрахунку номіналу опору, що задає робочий струм стабілітрона. Тип стабілітрона вибирається із завдання. Робочий струм стабілітрона визначається з його даних, для прикладу візьмемо його рівним 10мА. Напруга, що видається компаратором 12В, звідси знаходимо значення опору:

$$R = U_{пит} / I = 15 / 0,01 = 1500 \text{ Ом} = 1,5 \text{ кОм},$$

(отримане значення R відповідає номінальному ряду з табл. Д1, тому його не вибираємо, в іншому випадку потрібно прийняти стандартне значення).

10.2.4. Розрахунок елементів кола затримки сигналу відключення

Розрахунок кола затримки починають з лічильника.

Двійкові лічильники рахують кількість імпульсів, що надходять у двійковій системі числення. Умовне позначення лічильника представлено на рис. 10.6, а.

Призначення виводів мікросхеми:

C – вхід лічильних імпульсів;

СУ – вхід дозволу роботи лічильника;

R – скидання значення лічильника;

Q₀, ..., Q₇ – вихідне значення лічильника у двійковій системі числення.

Принцип роботи двійкового лічильника полягає в підрахунку імпульсів, що входять та видачу цього значення в двійковому числовому коді. Найбільш характерний спосіб побудови лічильників з послідовним перенесенням, тут відбувається послідовне з'єднання тригерів. При роботі перемикання кожного наступного тригера здійснюється після того, як переключиться попередній (див. рис. 10.6,б). Таким чином виходить що кожен тригер, крім рахунку, здійснює розподіл вхідних імпульсів. Ця властивість двійкових лічильників використовується при створенні на їх основі дільників частоти і схем затримки. При цьому для кожного виходу можна порахувати коефіцієнт ділення, що характеризує, через скільки вхідних імпульсів на виході відбудеться зміна сигналу: $K_{діл} = 2^N$, де N – номер виходу.

Для прикладу візьмемо $K_{діл} = 4$. За формулою $K_{діл} = 2^N$ (N - нумеруються від 1 до 8) визначається номер виходу лічильника, який забезпечує необхідний коефіцієнт поділу. У нашому випадку це буде 2 номер виходу, оскільки $K_{діл} = 2^2 = 4$.

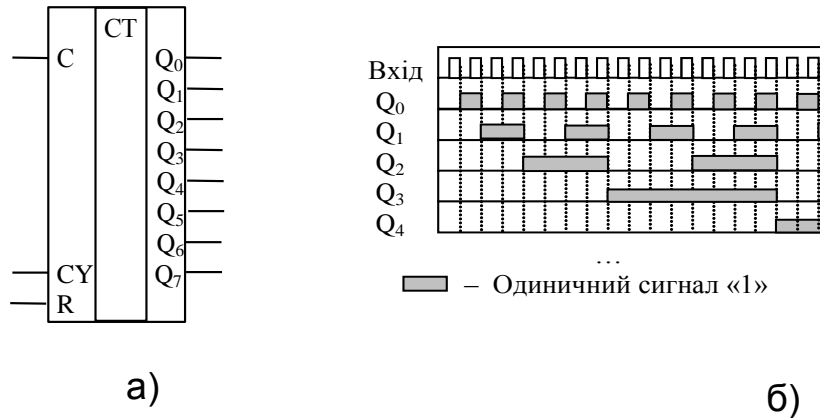


Рис. 10.6 – Двійковий лічильник імпульсів

Далі розраховують мультивібратор. Мультивібратори відносяться до класу вузлів імпульсної техніки, що призначені для генерування періодичної послідовності імпульсів напруги прямокутної форми. Схема включення операційного підсилювача в режимі мультивібратора представлена на рис. 10.7.

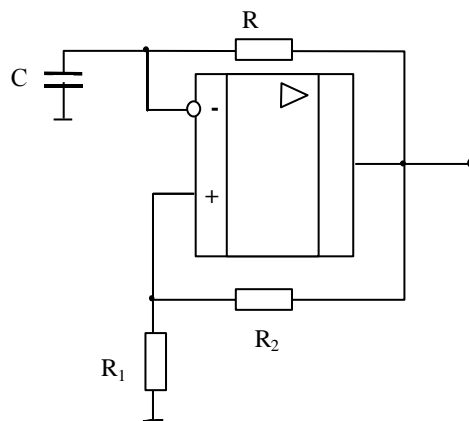


Рис. 10.7. Схема включення операційного підсилювача в режимі мультивібратора

Спочатку визначають період вихідного сигналу мультивібратора. Для цього беруть заданий час затримки сигналу і ділять на коефіцієнт ділення лічильника, (частота на вході лічильника більше за $K_{д\text{іл}}$ і відповідно період для цієї частоти буде на це число меншим). У нашому випадку $K_{д\text{іл}} = 4$ і задамося $\tau = 100$ мСек (при розрахунку ці величини беруться в залежності від варіанту). Тоді період сигналу:

$$T = K_{д\text{іл}} \cdot \tau = 4 \cdot 100 = 400 \text{ мСек}$$

На практиці дуже часто мультивібратор використовують як генератор для формування тактових або лічильних імпульсів. Для спрощення розрахунку мультивібратора задають умову рівності опорів R_1 і R_2 . Тоді частота формованого сигналу визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{0.455}{RC}$$

Як правило частота сигналу або період величини задані, і в цьому випадку необхідно знайти опір R і ємність C.

На основі отриманого періоду розраховують параметри елементів для мультівібратора. Тут задаються значеннями опорів R, R1 і R2 з діапазону (10-100кОм), а значення ємності C знаходиться за формулою.

$$C = \frac{0.455 \cdot T}{R}$$

Значення номіналів опорів і ємності повинні відповідати стандартному ряду.

У колі затримки також необхідний стабілітрон для узгодження вихідного сигналу мультівібратора і вхідного сигналу лічильника. Розрахунок кола узгодження, виконаного на стабілітроні, проводиться також як і в колі формування сигналу захисту за струмом

10.2.5. Розрахунок елементів керування електродвигуном

Тут розраховується тільки один елемент - опір на базі транзистора. Транзистор в цій схемі працює в ключовому режимі, для цього при відкритті на базу подається струм насичення бази транзистора.

Струм бази насичення вибирається залежно від варіанту, для прикладу візьмемо струм 10мА. Розрахунок у нашому випадку буде наступним.

$$R = U_{тр} / I_b = 5 / 0.01 = 500 \text{ Ом}$$

Найближчий номінал, що відповідає ряду E24 – 510 Ом.

Використовуючи результати обчислень, потрібно вибрати необхідні мікросхеми, накреслити принципову схему системи керування і заповнити специфікацію. Схема виконується на форматі А4 або А3. Специфікація додається на окремому аркуші.