

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №14

**Тема роботи.** Розрахунок інтегральних стабілізаторів напруги

**Мета:** ознайомитися із принципом роботи інтегральних стабілізаторів напруги та їх методикою розрахунку та вибору на базі інтегрального стабілізатора напруги серії KP142.

### Теоретичні відомості

Сучасні електронні пристрої для забезпечення високої точності своєї роботи висувають високі вимоги до стабільності напруги живлення. Задовільнити їх при високих інших показниках (габарити, маса, вартість та ін.) дозволяє широке застосування стабілізаторів у інтегральному виконанні, як з фіксованою вихідною напругою, так і універсальних (з регульованою вихідною напругою).

Стабілізатори з фіксованою вихідною напругою мають внутрішній дільник, що забезпечує задання необхідного значення вихідної напруги. Налагоджуються вони на величини стандартного ряду напруг живлення у процесі виготовлення.

Задання необхідного значення вихідної напруги в універсальних стабілізаторах забезпечується зовнішнім резистивним дільником.

Такі стабілізатори часто називають трививідними, бо монтуються у стандартному корпусі потужних транзисторів .

Окрім якісного виконання основної функції - стабілізації вихідної напруги, вони за рахунок додатково введених внутрішніх вузлів (ІМС побудована на 26 транзисторах) забезпечують також захист від перевищення допустимого значення вихідного струму і розсіюваної корпусом ІМС потужності. При короткому замиканні у навантаженні величина вихідного струму обмежується на рівні, приблизно удвічі більшому за номінальне значення для критичного режиму, а при досягненні температурою корпусу заданої допустимої величини - величина вихідного струму обмежується до такого значення, за якого температура більше не підвищується. Оскільки у вказаних випадках стабілізатор працює у режимі обмеження (стабілізації) струму або обмеження потужності, напруга на його виході при цьому відповідно зменшується.

ІМС розраховані на роботу з тепловідводом, до якого вони кріпляться за фланець гвинтом з гайкою (при конструюванні пристроїв слід мати на увазі, що у таких ІМС фланець має електричний зв'язок з середнім виводом).

Величини ємностей електролітичних конденсаторів у схемах вмикання ІМС стабілізаторів повинні бути не меншими за 10 мкФ.

Універсальний трививідний стабілізатор KP142EH12A, хоча й вимагає застосування зовнішнього дільника з двох резисторів, має кращі параметри вихідної напруги.

Крім того, при його застосуванні отримуємо додаткові можливості.

Зрозуміло, якщо у якості резистора  $R_2$ , застосувати резистор змінного опору, отримаємо стабілізатор з регульованою вихідною напругою.

Забезпечивши за допомогою транзисторних ключів підмикання резисторів  $R_2$ , різної величини, отримаємо стабілізатор з величиною вихідної напруги, програмованою зовнішнім пристроєм керування.

За великих значень вихідної напруги цей стабілізатор можна виконати з електронним вимиканням, якщо паралельно до резистора  $R_2$ , підімкнути транзисторний ключ. Коли ключ знаходиться у розімкненому стані (транзистор, підімкнений паралельно до резистора - у режимі відтинання), на виході стабілізатора буде напруга заданої дільником величини. Якщо перевести ключ у замкнений стан (перевести транзистор сигналом від зовнішнього пристрою в режим насичення), на виході отримаємо мінімальне значення напруги (див. табл. 5.1):

$$U_{ex\ min} = 1,3\ В. \quad (5.1)$$

При вмиканні навантаження між виводом керування ІМС і від'ємним полюсом джерела  $U_{ex}$  (на місце  $R_2$ ), отримаємо стабілізатор струму. Величина струму навантаження буде визначатися величиною опору резистора  $R_1$ :

$$I_H = \frac{U_{ex\ min}}{R_1}.$$

Величини опорів резисторів дільника  $R_1, R_2$  зв'язані формулою:

$$U_{вых} = U_{вых\ min} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + R_2 I_p. \quad (5.2)$$

де  $I_p$  - струм виводу регулювання ІМС, який необхідно задавати не меншим за 55 мкА.

Конденсатор  $C_2$ , встановлюється за значеннями вихідних напруг, близьких до мінімальної.

За вихідної напруги, що перевищує 25В, необхідно додатково встановлювати захисні діоди  $VD1$  і  $VD2$  (рекомендується тип КД521А), які забезпечують розряд конденсаторів  $C_2$  ( $VD1, VD2$ ) та  $C_3$  ( $VD1$ ) при замиканні у вхідному колі випрямляча (до стабілізатора), а також конденсатора  $C_2$  ( $VD2$ ) при замиканні у вихідному колі (у навантаженні).

Якщо довжина провідників, що з'єднують ІМС з фільтром випрямляча, не перевищує 70мм, конденсатор  $C_1$  можна не встановлювати.

Для забезпечення максимальної якості роботи стабілізатора елементи:  $C_3, R_1, R_2$ , та навантаження слід підключати якомога ближче до виводів ІМС. Необхідно також у процесі роботи забезпечувати не перевищення допустимої розсіюваної потужності ІМС.

Щоб за заданих вихідних даних отримати величину розсіюваної потужності, необхідно визначити величину струму навантаження:

$$I_H = P_H / U_{вих} \quad (5.3)$$

Тоді, знаючи максимальне падіння напруги на ІМС:

$$\Delta U = U_{вх.мах} - U_{вих} \quad (5.4)$$

можна знайти величину розсіюваної ІМС потужності:

$$P_{ІМС} = \Delta U I_H < P_{ІМС доп} \quad (5.5)$$

де  $P_{ІМС.доп}$  - допустима потужність, розсіювана ІМС (без тепловідводу або з ним).

Зазначимо, що величини  $U_{вх мах}$  та  $U_{вх min}$  обумовлюються з одного боку зниженням напруги на виході випрямляча під навантаженням, а з іншого - допустимими значеннями відхилення напруги мережі від номінальної величини. При цьому напруга  $U_{вх.min}$  обов'язково повинна перевищувати значення:

$$U_{вх min} = U_{вих} + U_{ІМС доп} \quad (5.6)$$

де  $U_{вх min}$  - мінімально допустиме падіння напруги на ІМС (див. табл. 5.1).

### Практична частина

**Задача 5.1.** Розрахуйте інтегральний стабілізатор напруги КР142ЕН8А з фіксованою напругою стабілізації, та універсальний регульований стабілізатор КР142ЕН12А. На основі проведених розрахунків та вибору елементів наведіть розраховану схему кожного із стабілізаторів .

Вихідними даними для вибору інтегрального стабілізатора є:

- 1)  $U_{вих}, B$  - напруга на виході стабілізатора (напруга живлення електронного або іншого пристрою, для якого використовується стабілізатор);
- 2)  $U_{вх min}, B$  — мінімальна вхідна напруга стабілізатора (надходить з фільтра випрямляча);
- 3)  $U_{вх max}, B$  - максимальна вхідна напруга стабілізатора;
- 4)  $P_H, Вт$  - потужність навантаження;
- 5) тип ІМС стабілізаторів напруги - пропонуються ІМС серії 142, параметри яких наведено в табл. 5.2, а типові схеми вмикання на рис. 5.1.

Варіанти вихідних даних наведені в табл. 5.1.

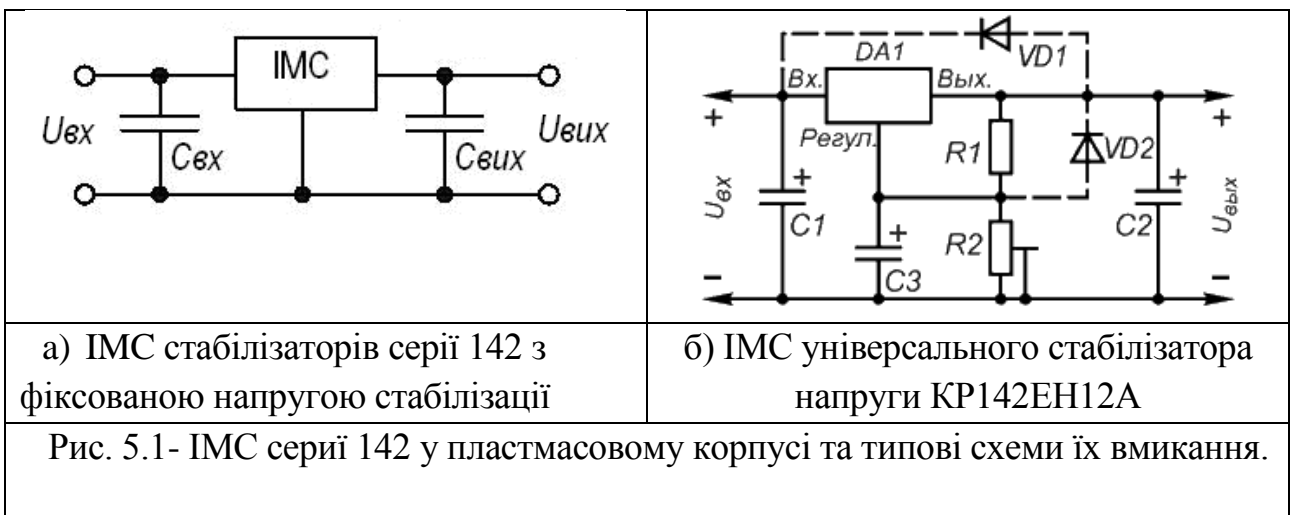
Таблиця 5.1- Вихідні дані для вибору інтегрального стабілізатора напруги

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	$U_{вих}, B$	5	6,3	9	12	15	20	24	27	12	15
	$U_{вх min}, B$	9	10	14	17	20	24	28	34	16	19
	$U_{вх max}, B$	14	15	20	24	28	34	40	44	22	27
	$P_H, Вт$	1	0,9	1,8	1,8	3	3	3,6	5,4	2,4	1,5
	$U_{вих}, B$	1,5	3	4,5	7	10	14	16	17	18	25

	$U_{ex\ min}, B$	6	7	9	12	14	19	20	22	24	30
	$U_{ex\ max}, B$	9	10	12	15	20	27	28	32	35	42
	$P_{н}, Bm$	0,3	0,6	0,9	0,63	5	2,8	2,4	3,4	2,7	5

Таблиця 5.2 - Параметри деяких ІМС стабілізаторів напруги серії 142

Електричні параметри	КР142	КР142	КР142	КР142	КР142	КР142	КР142	КР142	КР142	КР142
	ЕН5А	ЕН5Б	ЕН8А	ЕН8Б	ЕН8В	ЕН9А	ЕН9Б	ЕН9Б	ЕН12А	ЕН12А
Вихідна напруга, В	4,9 ... 5,1	5,88... 6,12	8,73 .. 9,27	11,6... 12,36	14,6... 15,5	19,6... 24,5	23,5... 24,5	26,5 27,5	1,3.... 37	
Номинальна вихідна напруга, В	5	6	9	12	15	20	24	27	-	
Мінімальне падіння напруги, В, не більш як	2,5									3,5
Нестабільність вихідної напруги від змін вхідної напруги, % В, не більш як	0,05									0,01
Нестабільність вихідної напруги від змін вихідного струму, %А, не більш як	2		1							0,2
Параметри граничного режиму										
Вхідна напруга, В	7,5... 15	8,5... 15	11,5... 35	14,5 ...35	17,5 ...35	23... 45	27... 45	30... 45	5 ... 45	
Вихідний струм, А	3		2	1,5						1
Потужність, розсіювання без тепловідводу, Вт	1									
Потужність, розсіювання з тепловідводом, Вт	10		9							10
Робочий інтервал температур, °С	-10...+70									



**Задача 5.1.** Провести вибір схеми інтегрального стабілізатора напруги з фіксованою напругою стабілізації і його розрахунок. Вихідні дані при застосуванні стабілізатора з фіксованою напругою стабілізації:

- напруга на виході  $U_{вих} = 9 \text{ В}$ ;
- мінімальна вхідна напруга  $U_{вх\ min} = 14 \text{ В}$ ;
- максимальна вхідна напруга  $U_{вх\ max} = 20 \text{ В}$ ;
- потужність навантаження  $P_n = 0,5 \text{ Вт}$ .

**Розв'язування.** 5.1.1. При побудові стабілізатора напруги на основі ІМС стабілізатора з фіксованим значенням вихідної напруги, необхідно вибрати відповідну ІМС (для даного варіанту завдання - за табл. 5.2 це КР142Е-Н8А з  $U_{вих} = 9 \text{ В}$ ) і перевірити її на можливість застосування за напругою та на неперевищення допустимого значення розсіюваної потужності в заданих умовах.

За напругою необхідно забезпечувати виконання умов:

$$U_{вх\ max} < U_{вх\ max\ доп}, \quad (5.7)$$

де  $U_{вх\ max\ доп}$  - максимально допустима вхідна напруга ІМС;

$$U_{вх\ min} - U_{вих} > U_{ІМС\ min} \quad (5.8)$$

Оскільки:

$$U_{вх\ max} = 20 \text{ В} < 35 \text{ В} = U_{вх\ max\ доп}, \quad (5.9)$$

$$14 - 9 = 5 \text{ В} > 2,5 \text{ В} = U_{ІМС\ min}, \quad (5.10)$$

то за напругою дана ІМС відповідає умовам завдання.

Перевіримо можливість застосування ІМС КР142ЕН8А за потужністю, якщо її струм навантаження за (5.3) становить:

$$I_n = P_n / U_{вих} = 0,5 / 9 = 0,056 \text{ А}, \quad (5.11)$$

а максимальне падіння напруги на ній за (5.4) дорівнює:

$$\Delta U = 20 - 9 = 11 \text{ В} \quad (5.12)$$

Тоді :  $P_{ІМС} = 11 \cdot 0,056 = 0,616 \text{ Вт}$ . (5.13)

Оскільки:  $P_{ІМС} = 0,616 \text{ Вт} < 1 \text{ Вт}$ , (5.14)

то ІМС у даному разі можна використовувати без тепловідводу.

5.1.2. Електричну принципову схему отриманого стабілізатора з фіксованою вихідною напругою наведено на рис. 5.2.

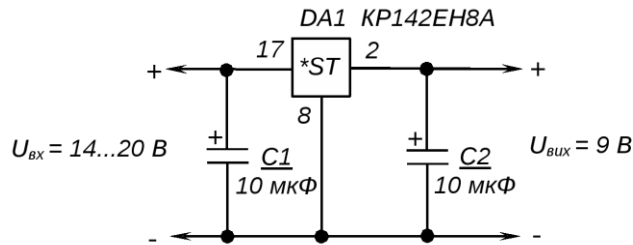


Рис. 5.2 - Стабілізатор напруги на ІМС КР142ЕН8А. Схема електрична принципова

**Задача 5.2.** Розрахувати інтегральний універсальний стабілізатор напруги КР142ЕН12А. Вихідні дані при застосуванні універсального стабілізатора напруги:

- напруга на виході  $U_{вих} = 8 \text{ В}$ ;
- мінімальна вхідна напруга  $U_{вх\ min} = 13 \text{ В}$ ;
- максимальна вхідна напруга  $U_{вх\ max} = 19 \text{ В}$ ;
- потужність навантаження  $P_n = 2 \text{ Вт}$ .

**Розв'язування 5.2.1.** Перевіримо можливість застосування ІМС КР142ЕН12А за напругою та потужністю (за методикою п. 5.1.1).

Оскільки:

$$U_{вх\ max} = 19 \text{ В} < 45 \text{ В} = U_{вх\ max\ доп}, \quad (5.15)$$

$$13 - 8 = 5 \text{ В} > 3,5 \text{ В} = U_{ІМС\ min}, \quad (5.16)$$

то за напругою дана ІМС відповідає умовам завдання.

Струму навантаження (5.3):

$$I_n = 2 / 8 = 0,25 \text{ А}, \quad (5.17)$$

$$\Delta U = 19 - 8 = 11 \text{ В}. \quad (5.18)$$

Величина розсіюваної ІМС потужності (5.5):

$$P_{ІМС} = 11 \cdot 0,25 = 2,75 \text{ Вт}. \quad (5.19)$$

$$\text{Через те, що: } 1 \text{ Вт} < P_{ІМС} = 2,75 \text{ Вт} < 10 \text{ Вт}, \quad (5.20)$$

то за потужністю ІМС також відповідає умовам завдання. Використовувати її при цьому необхідно з тепловідводом.

5.2.2. Визначимо величини опорів резисторів дільника  $R_1$ ,  $R_2$ , що ним задається значення вихідної напруги стабілізатора. Задамо значення струму виводу регулювання ІМС:

$$I_p = 0,1 \dots 0,2 \text{ мА}. \quad (5.21)$$

Приймаємо:  $I_p = 0,1 \text{ мА}$ .

При роботі ІМС КР142ЕН12А у режимі стабілізатора напруги зазвичай задають:

$$R_1 = 200 \dots 300 \text{ Ом}. \quad (5.22)$$

Приймаємо для розрахунку із стандартного ряду (табл. Д1)  $R_1 = 240 \text{ Ом}$ , тоді  $R_2$  знаходимо:

$$R_2 = \frac{(U_{вих} - U_{вих\ min})R_1}{U_{вих\ min} + I_p R_1}. \quad (5.23)$$

$$R_2 = \frac{(8 - 1,3) \cdot 240}{1,3 + 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 240} = 1215 \text{ Ом}$$

Приймаємо для розрахунку із стандартного ряду (табл. Д1)  $R_2 = 1200 \text{ Ом}$ .

Потужності резисторів знаходимо за формулою:  $P_R = I^2 R_{cm}$ .

$$P_{R1} = (0,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 240 = 2,4 \text{ мкВт}$$

$$P_{R2} = (0,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1200 = 12 \text{ мкВт}$$

За табл. Д3 вибираємо резистори С2-33 з опором 240 Ом та 1,2 кОм відповідно та потужністю 0,125 Вт.

5.2.3. Оскільки вихідна напруга стабілізатора значно перевищує за величиною мінімальне значення напруги стабілізації, а  $U_{вх\ max} < 25 \text{ В}$ , то ІМС можна використовувати без елементів  $C_2$ ,  $VD1$  та  $VD2$ .

За табл. Д5 вибираємо тип конденсаторів К50-35 на напругу 25В ( $C_1$ ) і 10В ( $C_3$ ).

5.2.4. Електричну принципову схему отриманого стабілізатора наведено на рис. 5.3.

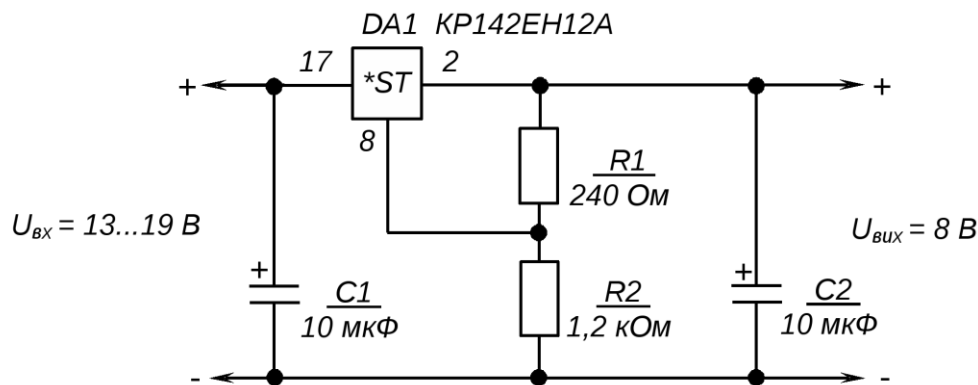


Рис. 5.3 - Стабілізатор напруги на ІМС КР142ЕН12А. Схема електрична принципова

## ДОДАТКИ

Таблиця Д1 - Ряди номінальних значень

Індекс ряду	Позиції ряду	Допустиме відхилення від номінальної величини, %
E24	1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1	±5

Таблиця Д3 - Постійні резистори

Тип резистора	Діапазон опорів	Номінальна потужність, Вт
МЛТ	1 Ом ÷ 3,01 МОм 1 Ом ÷ 5,1 МОм 1 Ом ÷ 10 МОм	0,025; 0,05; 0,125 0,25; 0,5 1; 2
С2-33	1 Ом ÷ 3 МОм 1 Ом ÷ 5,1 МОм 0,1 Ом ÷ 5,1 МОм 1 Ом ÷ 10 МОм 1 Ом ÷ 22 МОм	0,125 0,25 0,5 1 2
ПЕВ-2,5	45 Ом ÷ 430 Ом	2,5
ПЕВ-7	5 Ом ÷ 33 кОм	7
ПЕВ-10	5 Ом ÷ 10 кОм	10

Таблиця Д8 - Конденсатори сталої ємності

Номінальна напруга, В	Номінальна ємність, мкФ			
	К50-12	К 50-18	К 50-27	К 50-35
6,3	10; 22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2200; 5000	100000; 220000		20; 30; 50; 100; 200; 500
10		100000		10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000
16		22000; 68000; 100000		5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 300; 1000; 2000; 5000



25	2; 10; 22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2000	15000; 33000; 100000		2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000
50	1; 2,2; 4,7; 22; 47; 100; 200	4700; 10000; 15000; 22000		2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000