

Стабілізатори напруги: параметричний, компенсаційні, інтегральні

Стабілізатори напруги – це електронні пристрої, призначені для автоматичної підтримки незмінного значення напруги з необхідною точністю в заданому діапазоні зміни напруги джерела або опору (струму) навантаження.

За принципом роботи стабілізатори напруги підрозділяються на параметричні та компенсаційні. Параметричний метод стабілізації базується на зміні параметрів нелінійного елементу стабілізатора в залежності від зміни дестабілізуючого чинника, а стабілізатор називають параметричним. У компенсаційному методі стабілізації у вимірювальному елементі порівнюється величина, що стабілізується, і виробляється сигнал розузгодження. Цей сигнал перетворюється, підсилюється і подається на регулюючий елемент. Такий стабілізатор називають компенсаційним.

Схема параметричного стабілізатора напруги наведена на рисунку 3.42, а. Вона складається з баластного резистора R_B і стабілітрона VD. Стабілізатор підключається до виходу випрямляча з фільтром. Навантаження увімкнене паралельно стабілітрону. Особливості роботи такого стабілізатора напруги засновані на тому, що напруга стабілітрона на зворотній гілці його вольт-амперної характеристики змінюється незначно в широкому діапазоні зміни зворотного струму стабілітрона. Зміна напруги на вході стабілізатора зумовлює значну зміну струму стабілітрона при незначній зміні напруги на ньому. Стабілізатори характеризуються коефіцієнтом стабілізації:

$$K_{CT} = \frac{\Delta U_{BX} / U_{BX}}{\Delta U_{ВЛХ} / U_{ВЛХ}},$$

який для параметричних стабілізаторів складає $K_{CT} = 20 \dots 50$. Рівняння електричної рівноваги для такого стабілізатора має вигляд:

$$U = U_H + IR_B,$$

де R_B – баластний резистор, необхідний для зменшення впливу дестабілізуючих чинників на напругу навантаження. Опір баластного резистора R_B вибирають таким, щоб при номінальному значенні напруги джерела U , напруга і струм стабілітрона також відповідали номінальним значенням I_{CTH} . Величину I_{CTH} визначають за паспортними даними стабілітрона за виразом:

$$I_{CT.H} = \frac{I_{CT.min} + I_{CT.max}}{2}.$$

Тоді опір баластного резистора визначаємо з формули:

$$R_B = \frac{U - U_{CT.H}}{I_{CT.H} + I_H},$$

де $I_H = P_H / U_H$; $U \approx U_d$; $I = I_{CT.H} + I_H$.

Роботу параметричного стабілізатора розглянемо за допомогою вольт-амперної характеристики стабілітрона і прямої навантаження (рисунок 3.42, б). Характеристика навантаження будується (при номінальній напрузі джерела) по двох точках, а саме: точка А з координатами $U_{CT.H}$ і точка Б на осі ординат, яка визначається за виразом $I = U / R_B$. Через ці точки будують пряму навантаження. Якщо напруга U , що подається на вхід стабілізатора, збільшиться на ΔU із-за підвищення, наприклад, напруги мережі, тоді характеристика навантаження баластного резистора R_B переміститься паралельно самій собі і займе положення, що відповідає струму $I_{CT.max}$ і напрузі U'_H . Напруга $U_{CT.H}$ залишиться практично незмінною.

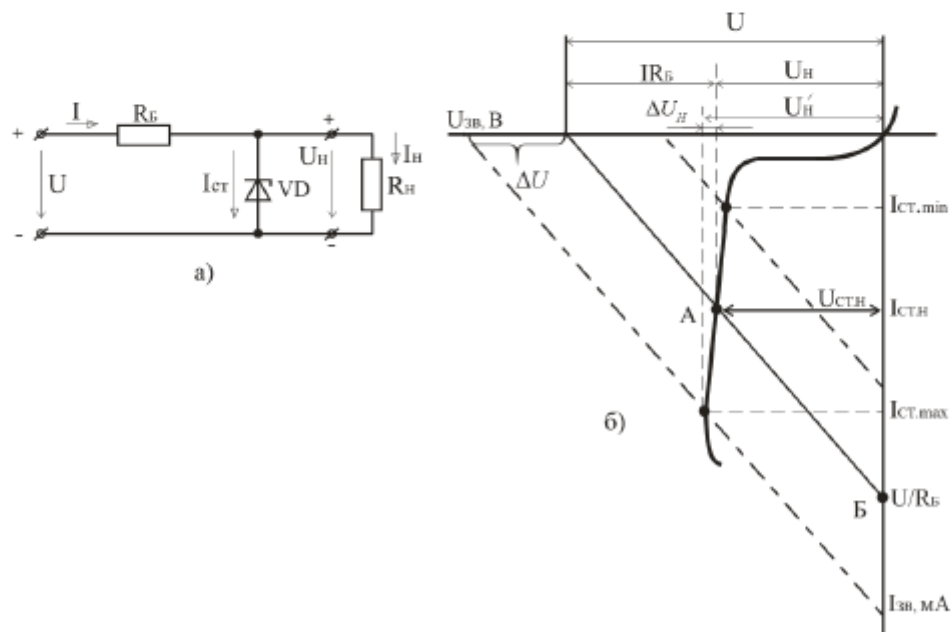


Рисунок 3.42. Параметричний стабілізатор напруги: а – схема; б – графічна інтерпретація принципу роботи.

Напруга на стабілітроні залишиться незмінною також при зниженні вхідної напруги стабілізатора та при змінах струму навантаження. Переваги параметричних стабілізаторів – простота конструкції і надійність роботи, недолік – низький коефіцієнт стабілізації та к.к.д., а також вузький і нерегульований діапазон напруги, що стабілізується.

Компенсаційні стабілізатори напруги мають вищий коефіцієнт стабілізації ($K_{\text{ст}} > 50$) і менший вихідний опір в порівнянні з параметричними. Їх принцип роботи заснований на тому, що зміна напруги на навантаженні (під дією зміни $U_{\text{вх}}$ або $I_{\text{н}}$) передається на регулюючий елемент, що спеціально вводиться в схему і перешкоджає зміні напруги $U_{\text{н}}$.

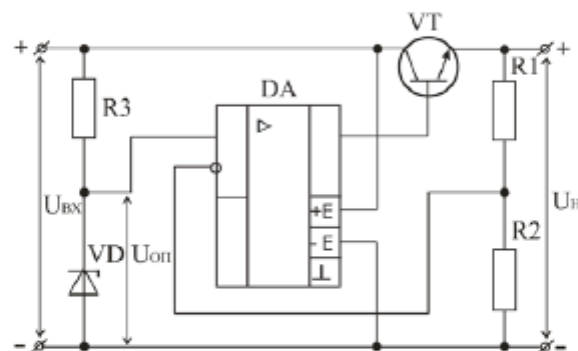


Рисунок 3.43. Схема компенсаційного стабілізатора напруги на операційному підсилювачі з параметричним стабілізатором на вході.

Регулюючий елемент (транзистор) може бути увімкнений або паралельно навантаженню, або послідовно з ним. Залежно від цього розрізняють два типи компенсаційних стабілізаторів напруги: паралельні і послідовні. Енергетичні показники (зокрема к.к.д.) послідовних стабілізаторів напруги вищі, ніж паралельних. Це є головною причиною того, що послідовні стабілізатори знайшли найбільше застосування на практиці. З переваг паралельних стабілізаторів слід зазначити їх нечутливість до перевантажень за струмом, зокрема коротким замиканням вихідного кола. Послідовні стабілізатори вимагають пристроїв захисту регулюючого елементу при перевантаженнях за струмом. На рисунку 3.43 наведено схему компенсаційного стабілізатора напруги на операційному підсилювачі з параметричним стабілізатором

на вході КСН. Операційний підсилювач ввімкнений за схемою неінвертуючого підсилювача, на вхід якого подається опорна напруга $U_{оп}$ від стабілітрона VD. Для збільшення вихідного струму стабілізатора використовується повторювач напруги на транзисторі VT. Вихідна напруга визначається за формулою:

$$U_H = U_{оп} \cdot (R1/R2 + 1).$$

Інтегральні стабілізатори напруги. Значна потреба у стабілізаторах постійної напруги, які б були прості у використанні, зумовила розробку і впровадження у виробництво інтегральних мікросхем стабілізаторів напруги з безперервним регулюванням (серія К142ЕН). У цю серію увійшли стабілізатори наступних типів: з регулюванням вихідної напруги (К142ЕН1 – К142ЕН4); з фіксованою вихідною напругою (К142ЕН5; К142ЕН8; К142ЕН9; КРЕН5; КРЕН8; КРЕН9); з двополярними вхідними і вихідними напругами (К142ЕН6), що використовується для живлення операційних підсилювачів.

Інтегральні стабілізатори серії К142 розраховані на струми 0,15 – 3 А і напругу 3 – 30 В при потужності до 30 Вт (з зовнішнім радіатором, який дозволяє розсіяти потужність до 10 Вт). Вихідний опір перебуває в межах $R_{вих} = 0,1 - 0,2$ Ом. Технічні характеристики інтегральних стабілізаторів напруги: U_H – номінальна вихідна напруга; $I_{H\ max}$ – максимальний струм навантаження; $K_{H\ U}$ – коефіцієнт нестабільності за напругою; $K_{H\ I}$ – коефіцієнт нестабільності за струмом; $(U_{вх} - U_H)_{min}$ – допустима мінімальна різниця між вхідною і вихідною напругою.

Крім основного призначення – стабілізації напруги, - інтегральні стабілізатори напруги можуть виконувати функцію згладжуючого фільтра, захисту від електричних і теплових перевантажень, стабілізації струму, порогових пристроїв тощо. Інтегральні стабілізатори напруги з фіксованою вихідною напругою можуть використовуватись без зовнішніх елементів. Вони мають вмонтований захист від перевантаження за струмом і тепловий захист від максимально допустимої температури кристала (175 °С), що значно підвищує їх надійність. Типова схема увімкнення ІСН з фіксованою вихідною напругою наведена на рисунку 3.44. Вихідний конденсатор С6 вибирають електролітичного типу ємністю близько 10 мкФ. Вхідний конденсатор С1 ($\approx 0,1$ мкФ) усуває генерації при стрибкоподібному увімкненні вхідної напруги, забезпечує аперіодичний вихід стабілізатора на режим при його увімкненні.

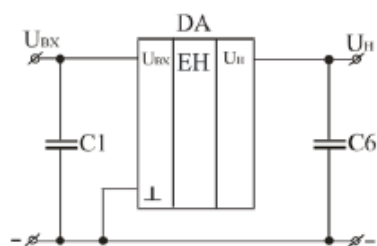


Рисунок 3.44 Схеми увімкнення інтегральних стабілізаторів напруги К142ЕН5 (КРЕН5), К142ЕН8 (КРЕН8), К142ЕН9 (КРЕН9).

Контрольні запитання

14. Поясніть, що таке стабілізатор напруги постійного струму. Для чого призначені і в яких випадках застосовуються стабілізатори?
15. Наведіть схему, поясніть принцип дії параметричного стабілізатора.
16. Наведіть схему компенсаційного стабілізатора, поясніть призначення елементів і принцип дії.