

## DC-DC перетворювачі

Для живлення різної електронної апаратури досить широко використовуються DC / DC перетворювачі. Застосовуються вони в пристроях обчислювальної техніки, пристроях зв'язку, різних схемах управління і автоматики та ін.

У традиційних трансформаторних блоках живлення напруга мережі живлення за допомогою трансформатора перетворюється, найчастіше знижується, до потрібного значення. Знижена напруга випрямляється доданими мостом і згладжується конденсаторним фільтром. У разі необхідності після випрямляча ставиться напівпровідниковий стабілізатор. Трансформаторні блоки живлення, як правило, оснащуються лінійними стабілізаторами. Переваг у таких стабілізаторів не менше двох: це маленька вартість і незначна кількість деталей в об'язки. Але ці достоїнства з'їдає низький ККД, оскільки значна частина вхідної напруги використовується на нагрівання регулюючого транзистора, що абсолютно неприйнятно для живлення переносних електронних пристроїв.

Якщо живлення апаратури здійснюється джерелом постійної напруги (гальванічні елементи, сонячні панелі або акумулятори), то перетворення напруги до потрібного рівня можливо лише за допомогою DC / DC перетворювачів.

Ідея досить проста: постійна напруга перетворюється в змінну, як правило, з частотою кілька десятків і навіть сотень кілогерц, підвищується (знижується), а потім випрямляється і подається в навантаження. Такі перетворювачі часто називаються імпульсними.

### Класифікація DC / DC конвертерів

*Понижуючі, по англійській термінології step-down або chopper.* Вихідна напруга цих перетворювачів, як правило, нижче вхідної]: без особливих втрат на нагрівання регулюючого транзистора можна отримати напруга всього кілька вольт при вхідній напрузі 12 ... 50В. Вихідний струм таких перетворювачів залежить від потреби навантаження, що в свою чергу визначає схемотехніку перетворювача.

*Підвищуючі, по англійській термінології step-up або boost.* Вихідна напруга цих перетворювачів вище вхідного. Наприклад, при вхідній напрузі 5В на виході можна отримати напруга до 30В, причому, можливо його

плавне регулювання і стабілізація. Досить часто підвищують перетворювачі називають бустерами.

**Універсальні перетворювачі – SEPIC.** Вихідна напруга цих перетворювачів утримується на заданому рівні при вхідній напрузі як вище вхідного, так і нижче. Рекомендується у випадках, коли вхідна напруга може змінюватися в значних межах. Наприклад, в автомобілі напруга акумулятора може змінюватися в межах 9 ... 14В, а потрібно отримати стабільну напругу 12В.

**Інвертуючі перетворювачі - inverting converter.** Основною функцією цих перетворювачів є отримання на виході напруги зворотної полярності щодо джерела живлення. Дуже зручно в тих випадках, коли потрібно двохполярної живлення, наприклад для живлення ОУ.

DC/DC конвертери можуть бути стабілізованими або нестабілізованими, вихідна напруга може бути гальванічно пов'язано з вхідним або мати гальванічну розв'язку напруг. Все залежить від конкретного пристрою, в якому буде використовуватися перетворювач.

**Понижуючий конвертер чопер - конвертер типу buck** Його функціональна схема показана на рисунку 1 нижче. Стрілками на проводах показані напрямки струмів.

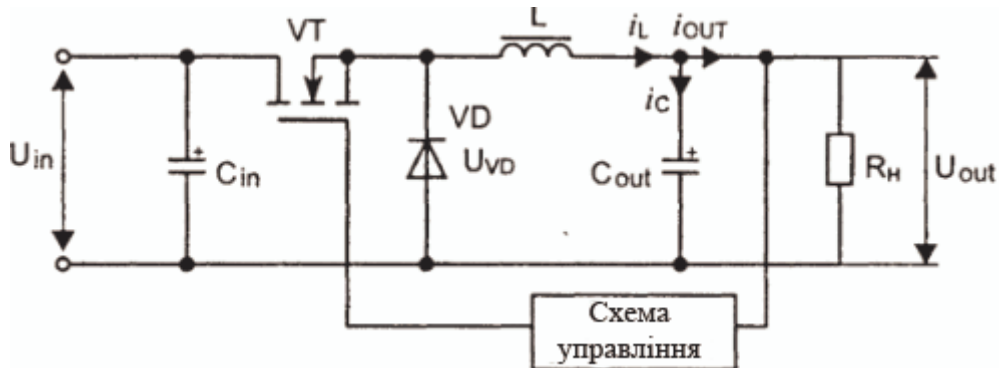


Рис.1. Функціональна схема чопперного стабілізатора

Вхідна напруга  $U_{in}$  подається на вхідний фільтр - конденсатор  $C_{in}$ . В якості ключового елемента використовується транзистор VT, він здійснює високочастотну комутацію струму. Це може бути польовий транзистор або біполярний транзистор. Крім зазначених деталей в схемі міститься розрядний діод VD і вихідний фільтр -  $LC_{out}$ , з якого напруга надходить в навантаження  $R_n$ .

Навантаження включено послідовно з елементами VT і L. Тому схема є послідовною.

## Широтно-імпульсна модуляція – ШІМ

Схема управління виробляє прямокутні імпульси з постійною частотою або постійним періодом, що по суті одне і те ж. Ці імпульси показані на рисунку 2.

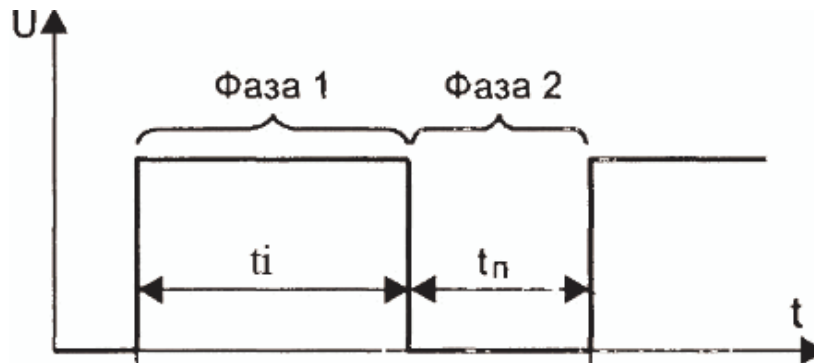


Рис.2. Імпульси управління

Де  $t_i$  - час імпульсу, транзистор відкритий,  $t_n$  - час паузи, - транзистор закритий. Співвідношення  $t_i / T$  називається коефіцієнтом заповнення duty cycle, позначається буквою  $D$  і виражається в % або просто в числах. Наприклад, при  $D$  дорівнює 50% виходить, що  $D = 0,5$ .

Таким чином  $D$  може змінюватися від 0 до 1. При значенні  $D = 1$  ключовий транзистор знаходиться в відкритому стані, а при  $D = 0$  в закритому стані. При  $D = 50\%$  вихідна напруга буде дорівнювати половині вхідного.

Регулювання вихідної напруги відбувається за рахунок зміни ширини імпульсу  $t_i$  (змінною коефіцієнта  $D$ ). Такий принцип регулювання називається широтно-імпульсною модуляцією ШІМ (PWM). Практично у всіх імпульсних блоках живлення саме за допомогою ШІМ проводиться стабілізація вихідної напруги.

На схемах, показаних на малюнках 1 і 5 ШІМ «захована» в прямокутниках з написом «Схема управління».

Коефіцієнт  $D$  визначає, скільки часу буде відкритий (фаза 1 рис.3) або закритий (фаза 2 рис.4) ключовий транзистор. Для цих двох фаз можна уявити схему двома рисунками 3, 4. На рисунках не показані ті елементи, які в цій фазі не використовуються.

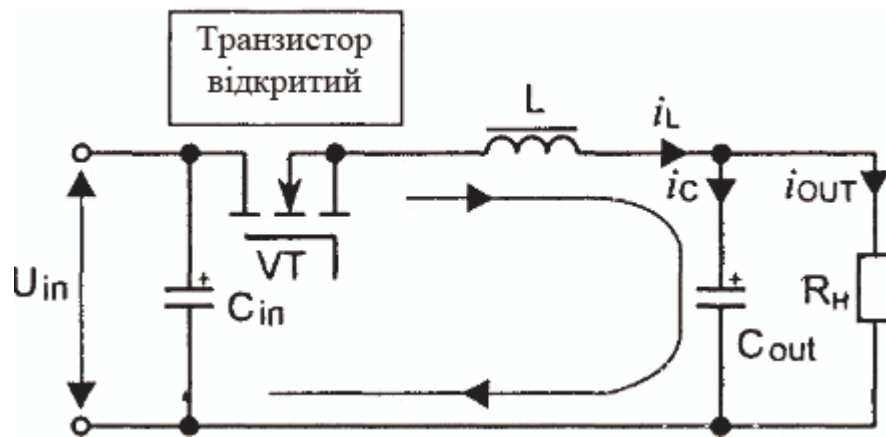


Рис.3. Фаза 1

При відкритому транзисторі струм від джерела живлення (гальванічний елемент, акумулятор, випрямляч) проходить через індуктивний дросель  $L$ , навантаження  $R_H$ , і заряджається конденсатор  $C_{out}$ . При цьому через навантаження протікає струм, конденсатор  $C_{out}$  і дросель  $L$  накопичують енергію. Струм  $i_L$  поступово зростає, позначається вплив індуктивності дроселя. Ця фаза називається накачуванням.

Після того, як напруга на навантаженні досягне заданого значення (визначається настроюванням пристрою управління), транзистор  $VT$  закривається і пристрій переходить до другої фази - фази розряду рис.4.

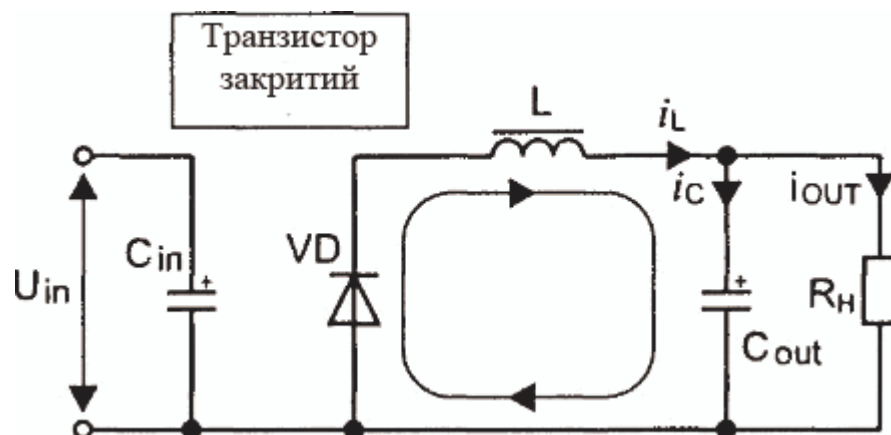


Рис.4. Фаза 2

При закритому транзисторі  $VT$  поповнення енергії в дроселі не відбувається, оскільки джерело живлення відключено. Індуктивність  $L$  прагне перешкодити зміни величини і напрямку струму (самоіндукція) протікає через обмотку дроселя. Тому струм миттєво припинитися не може і замикається через ланцюг «діод-навантаження». Через це діод  $VD$  отримав назву розрядний. Як правило, це швидкодіючий діод Шоттки. Після

закінчення періоду управління фаза 2 схема перемикається на фазу 1, процес повторюється знову. Максимальна напруга на виході розглянутої схеми може бути рівною вхідному, і ніяк не більше. Щоб отримати вихідну напругу більше, ніж вхідний, застосовуються підвищувальні перетворювачі.

Для деякого підвищення ККД розрядний діод VD замінюється транзистором MOSFET, який в потрібний момент відкривається схемою управління. Такі перетворювачі називаються синхронними. Їх застосування виправдане, якщо потужність перетворювача досить велика.

**Підвищуючі step-up або boost перетворювачі** Підвищуючі перетворювачі застосовуються в основному при низьковольтному живленні, наприклад, від двох-трьох батарейок, а деякі вузли конструкції вимагають напруги 12 ... 15В з малим споживанням струму.

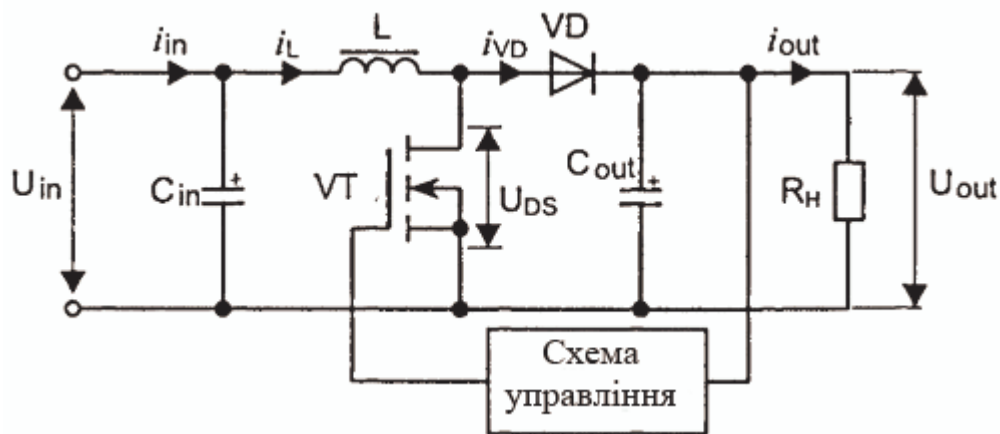


Рис.5. Функціональна схема підвищуючого перетворювача

Вхідна напруга  $U_{in}$  подається на вхідний фільтр  $C_{in}$  і надходить на послідовно з'єднані котушку індуктивності  $L$  і комутуючий транзистор VT. В точку з'єднання котушки і стоку транзистора підключений діод VD. До іншого виходу діода підключено навантаження  $R_n$  і шунтуючий конденсатор  $C_{out}$ . Транзистор VT управляється схемою управління, яка виробляє сигнал управління стабільної частоти з регульованим коефіцієнтом заповнення D, так само, як було розказано трохи вище при описі чопперної схеми (рис.1). Діод VD в потрібні моменти часу блокує навантаження від ключового транзистора.

Коли відкритий ключовий транзистор правий по схемі вивід котушки  $L$  з'єднується з від'ємним полюсом джерела живлення  $U_{in}$ . Наростаючий струм (позначається вплив індуктивності) від джерела живлення протікає через котушку і відкритий транзистор, в котушці накопичується енергія. В цей час діод VD блокує навантаження і вихідний конденсатор від ключової схеми,

тим самим запобігаючи розряд вихідного конденсатора через відкритий транзистор. Навантаження в цей момент живиться енергією накопиченої в конденсаторі  $C_{out}$ . Напряга на вихідному конденсаторі падає.

Як тільки напруга на виході стане трохи нижче заданого, (визначається настройками схеми управління), ключовий транзистор VT закривається, і енергія, запасені в дроселі, через діод VD заряджає конденсатор  $C_{out}$ , який підживлює навантаження. При цьому ЕРС самоіндукції котушки  $L$  складається з вхідною напругою і передається в навантаження, отже, напруга на виході виходить більше вхідного напруги.

Після досягнення вихідним напругою встановленого рівня стабілізації схема управління відкриває транзистор VT, і процес повторюється з фази накопичення енергії.

**Універсальні перетворювачі - SEPIC (single-ended primary-inductor converter або перетворювач з несиметрично навантаженою первинною індуктивністю).** Подібні перетворювачі застосовуються в основному, коли навантаження має незначну потужність, а вхідна напруга змінюється щодо вихідного в більшу або меншу сторону.

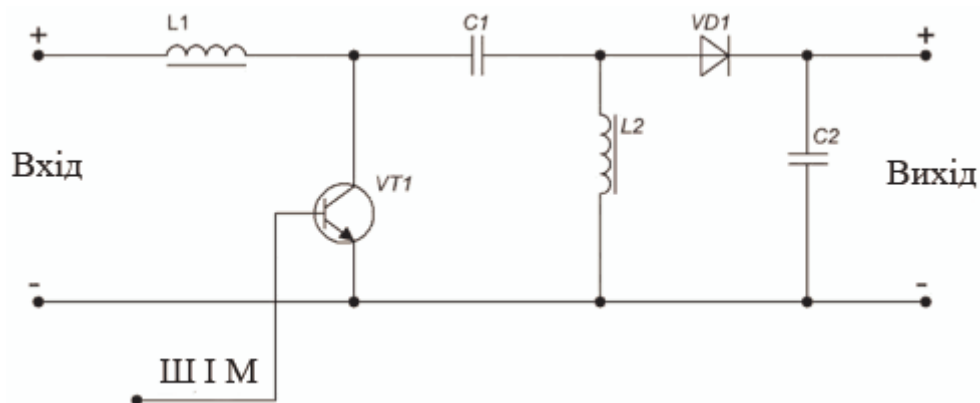


Рис.6. Функціональна схема перетворювача SEPIC

Схема схожа на схему підвищуючого перетворювача, показаного на рисунку 5, але має додаткові елементи: конденсатор  $C_1$  і котушку  $L_2$ . Саме ці елементи і забезпечують роботу перетворювача в режимі зниження напруги. Перетворювачі SEPIC застосовуються в тих випадках, коли вхідна напруга змінюється в широких межах. Як приклад можна привести 4V-35V to 1.23V-32V Boost Buck Voltage Step Up / Down Converter Regulator рис. 7.

