

# ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

Giáp Quang Huy  
gqhuy@dut.udn.vn

## CHƯƠNG IV: BỘ BIẾN ĐỔI VÀ BỘ KHÓA MỘT CHIỀU

1

### 4.1. Khái niệm chung – phân loại

**Chức năng :** điều khiển trị trung bình điện áp một chiều ngõ ra từ một nguồn điện áp một chiều không đổi.

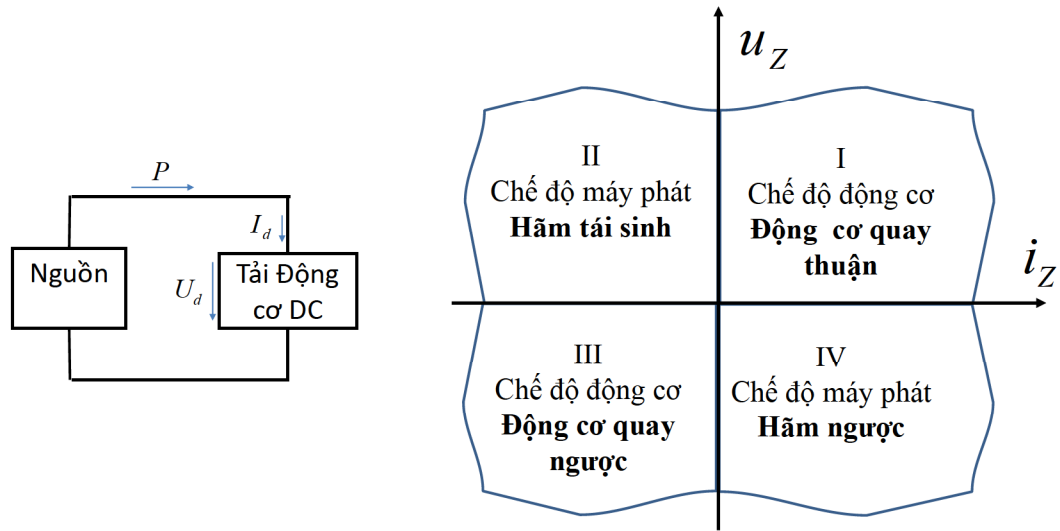
Điện áp trên tải có dạng xung → Còn được gọi là bộ biến đổi điện áp một chiều dạng xung hay bộ băm điện áp.

#### Phân loại :

- Phân loại theo cấu trúc
  - Mạch nối tiếp
  - Mạch song song
  - Mạch hỗn hợp nối tiếp & song song
  - Bộ biến đổi 4 góc phần tư
- Phân loại theo chức năng
  - Hạ áp (Bộ buck)
  - Nâng áp (Bộ boost)
- Phân loại theo phương pháp điều khiển
  - Tần số xung
  - Độ rộng xung
  - Điều khiển theo 2 giá trị dòng điện

2

**Ứng dụng :** Dùng làm nguồn điện áp cho truyền động điện động cơ một chiều, làm bộ nguồn cho bộ biến tần áp, bộ biến tần dòng điện.



3

### Phương trình đặc tính của động cơ

$$U_- = E_- + (R_- + R_{f-}) I_-$$

$$\Rightarrow E_- = U_- - (R_- + R_{f-}) I_-$$

$$E_- = K \cdot \phi \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{U_-}{K \phi} - \frac{(R_- + R_{f-})}{K \phi} I_-$$

$$M = K \cdot \phi \cdot I_-$$

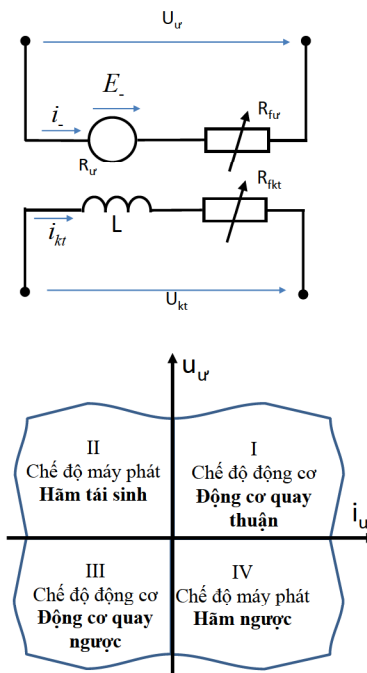
$$\omega = \frac{U_-}{K \phi} - \frac{(R_- + R_{f-})}{(K \phi)^2} M$$

Tốc độ không tải lý tưởng ( $M = I_- = 0$ )

$$\omega_0 = \frac{U_-}{K \phi}$$

Dòng điện ngắn mạch ( $\omega = 0$ )

$$I_{-nm} = \frac{U_-}{(R_- + R_{f-})}$$



4

## Các trạng thái hãm trả năng lượng về nguồn

### Hãm tái sinh

$$\omega > \omega_0 > 0, E_- > U_-$$

$$I_- = \frac{U_- - E_-}{R_- + R_{f-}} < 0$$

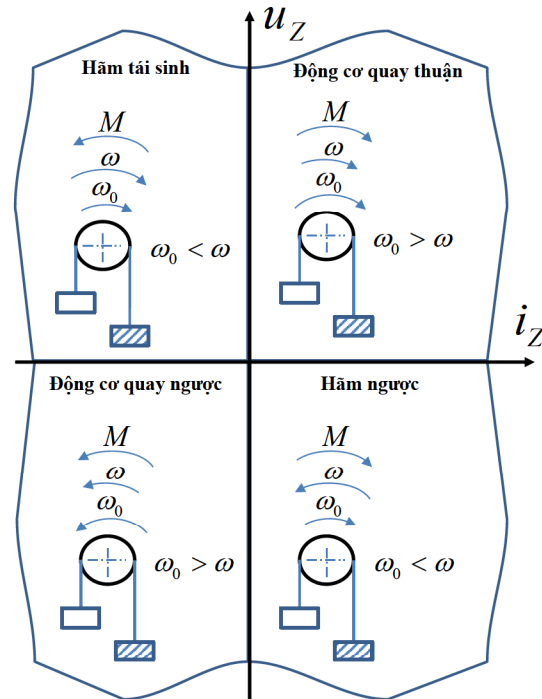
Momen động cơ đổi chiều và ngược chiều với  $\omega \rightarrow$  chế độ hãm tái sinh.

### Hãm ngược

$\omega < 0$  Động cơ quay ngược chiều tốc độ không tải lý tưởng nhờ momen ngoài  $\rightarrow E_{ur}$  đảo chiều.

$$I_- = \frac{U_- + |E_-|}{R_- + R_{f-}} > 0$$

$\rightarrow$  Cần đảo chiều  $U_{ur}$  để nhận năng lượng trả về nguồn.

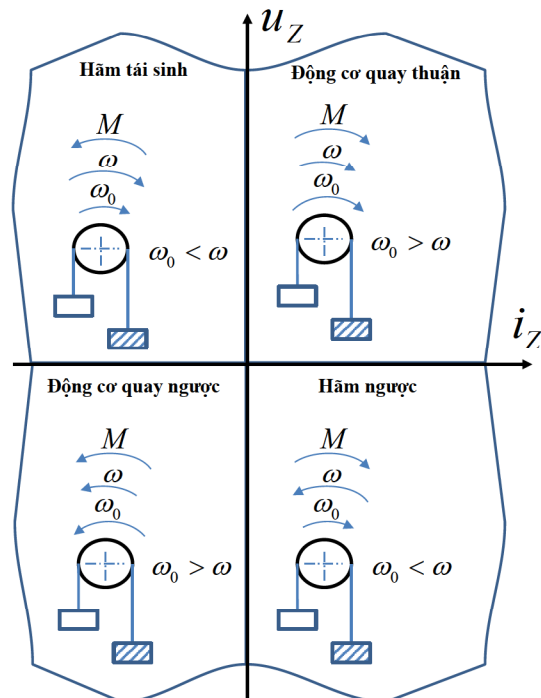
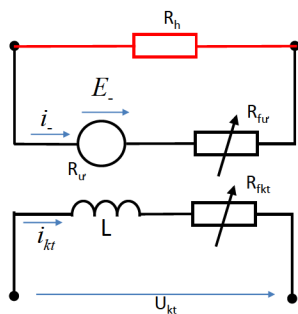


5

### Hãm động năng:

$$U_- = 0$$

Động cơ làm việc như một máy phát độc lập



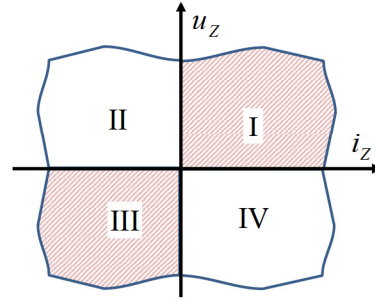
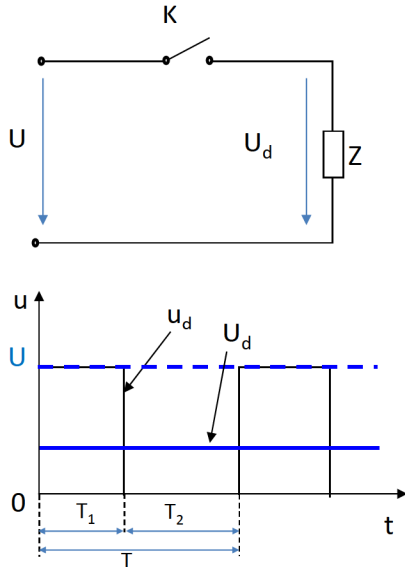
6

## 4.2. Nguyên tắc làm việc của các bộ biến đổi xung

### 4.2.1 Bộ biến đổi điện áp một chiều mắc nối tiếp

#### a) Nguyên lý tổng quát

Khóa chuyển mạch K mắc nối tiếp với tải



$$T = T_1 + T_2$$

$$0 \div T_1 : K \text{ mở, } u_d = U$$

$$T_1 \div T_2 : K \text{ khóa, } u_d = 0$$

$$U_z = \frac{1}{T} \int_0^{T_1} U_1 \cdot dt = \frac{T_1}{T} \cdot U_1$$

$$\text{Tỷ số xung } \gamma = \frac{T_1}{T}$$

$$\Rightarrow U_d = \gamma \cdot U_1$$

7

#### b) Cấu tạo

- Nguồn một chiều không đổi U
- Công tắc S mắc nối tiếp với tải  $RLE_r$
- Diode  $V_0$  mắc đối song với tải

#### c) Hoạt động

Giả thiết : mạch ở trạng thái xác lập, dòng tải liên tục.

➤ Nhịp S ( $0 < t < T_1$ ):

- Khóa S mở, dòng điện khép kín qua mạch  $RLE_r$ .
- Năng lượng từ nguồn U một phần tích lũy trong L, phần lớn nạp vào  $E_r$ , phần còn lại tiêu tốn trên R.

**Điện áp :**  $u_z = U$

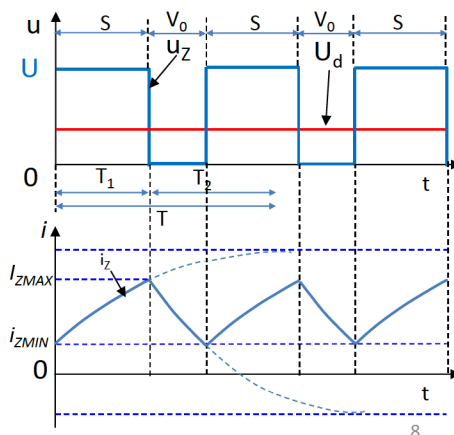
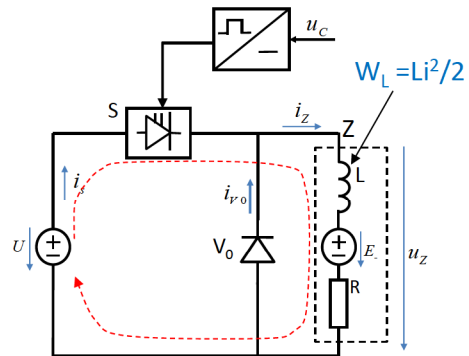
**Dòng điện:**  $i_z = i_s$

$$u_z = U = R \cdot i_z + L \frac{di_z}{dt} + E_r, i_z(t=0) = I_{ZMIN}$$

$$i_z = \frac{U - E_r}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + I_{ZMIN} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (I)$$

$$\tau = \frac{L}{R} \text{ Hằng số thời gian}$$

$$\Rightarrow \text{Dòng tải tăng theo hàm mũ về giá trị } \frac{U - E_r}{R}$$



8

- Nhip  $V_0$  ( $T_1 < t < T$ ):
  - Khóa S khóa,  $V_0$  mở, dòng  $i_z$  khép kín qua mạch  $RLE_v$  và  $V_0$ .
  - Năng lượng trước đây tích lũy trong L được giải phóng, phần lớn nạp cho  $E_v$ , phần còn lại tiêu tốn trên R.

**Điện áp :**  $u_z = U$

**Dòng điện:**  $i_Z = i_S$

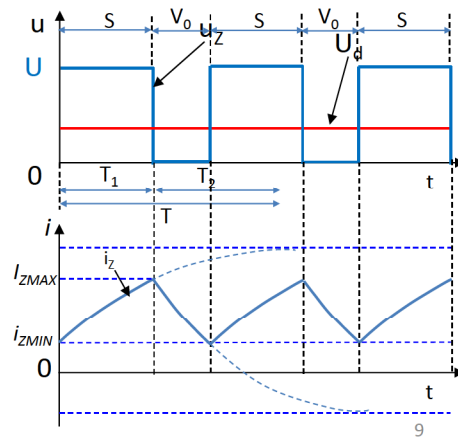
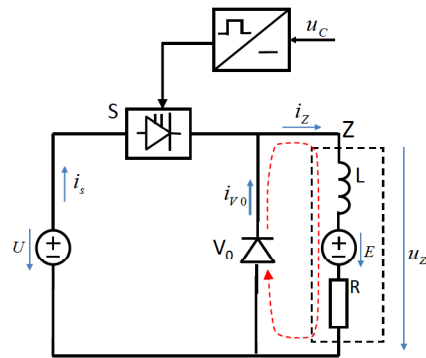
$$u_z = -u_{V_0} = R i_z + L \frac{di_z}{dt} + E_- = 0$$

Điều kiện ban đầu:  $i_1 = i_z(T_1) = I_{ZMAX}$

$$i_z(t) = -\frac{E_z}{R} \left( 1 - e^{-\frac{t-T_1}{\tau}} \right) + I_{ZMAX} \cdot e^{-\frac{t-T_1}{\tau}} \quad (2)$$

$\Rightarrow$  Dòng tải giảm theo hàm mũ về giá trị  $-\frac{E}{R}$

$\Rightarrow I_{ZMIN}$  và  $I_{ZMAX}$  được xác định bằng cách giải hệ 2 phương trình 2 ẩn số bằng cách thay  $i_z(t=T_1)=I_{ZMAX}$  vào (1) và thay  $i_z(t=T)=I_{ZMIN}$  vào (2).



**d) Điều khiển trị trung bình của điện áp trên tải:**

**Giá trị trung bình điện áp tải:**

$$U_z = \frac{1}{T} \int_0^{T_1} U \cdot dt = \frac{T_1}{T} \cdot U = \gamma \cdot U$$

$\Rightarrow$  Điều khiển  $U_z$  bằng cách thay đổi giá trị  $\gamma = \frac{T_1}{T}$

**Giá trị trung bình dòng điện tải:**

$$I_z = \frac{U_z - E_-}{R}$$

**Độ nhấp nhô dòng điện tải (tính gần đúng):**

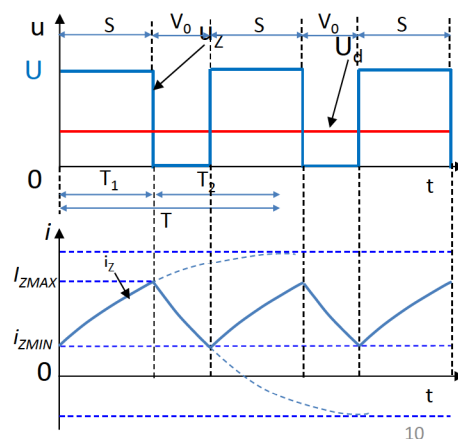
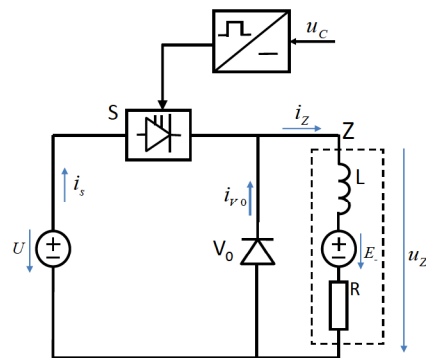
$$\Delta I = I_{ZMAX} - I_{ZMIN} = \frac{(1-\gamma) \cdot \gamma \cdot U \cdot T}{2L} = \frac{(1-\gamma) \cdot \gamma \cdot U}{2L \cdot f}$$

Độ nhấp nhô dòng điện tải phụ thuộc 4 yếu tố:

- Điện áp nguồn cung cấp  $U_1$
- Điện cảm tải  $L$
- Tỷ số xung  $\gamma$
- Chu kỳ chuyển mạch  $T$

Bộ BĐ một chiều cần được thiết kế sao cho  $\Delta I \leq \Delta I_{cp}$ .

- Thay đổi tỉ số xung  $\gamma$
- Giảm chu kỳ chuyển mạch T
- Tăng L



## 4.2.2 Bộ biến đổi điện áp một chiều mắc song song

### a) Chức năng

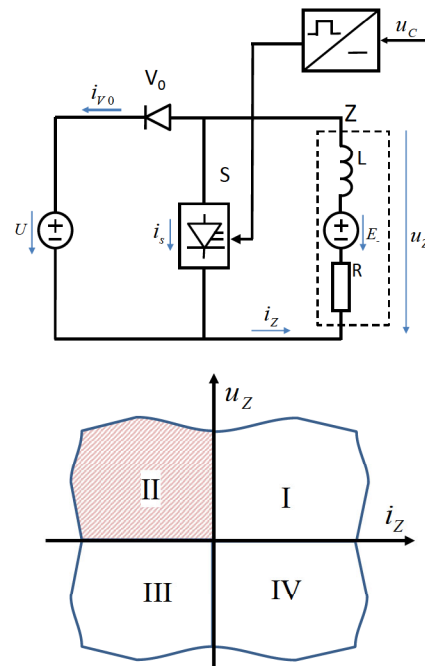
Bộ tăng áp được sử dụng trong **hãm tái sinh** để trả năng lượng từ nguồn điện áp thấp (sức điện động  $E_v$ ) sang nguồn điện áp cao hơn (nguồn một chiều  $U$ )

### b) Cấu tạo

- Van bán dẫn  $S$  mắc song song với tải, có thể điều khiển đóng và ngắt được dòng điện đi qua nó.
- Diode không mắc nối tiếp với tải và chỉ cho phép dòng điện dẫn theo chiều từ tải về nguồn

#### Điều kiện hoạt động của mạch:

- $E_v < U$ , nguồn có khả năng tiếp nhận năng lượng từ tải trả về do quá trình hãm tái sinh sinh ra
- Tải một chiều phải tính cảm kháng.



11

### c) Hoạt động

Giả thiết : mạch ở trạng thái xác lập, dòng tải liên tục.

- Nhịp  $S$  ( $0 < t < T_1$ ):
- Khóa  $S$  mở, dòng điện khép kín qua mạch  $RLE_v$ .
- Năng lượng do sức điện động  $E_v$  sinh ra tích lũy phần lớn vào cuộn  $L$ , phần còn lại tiêu hao trên  $R$ .

**Điện áp :**  $u_Z = 0$

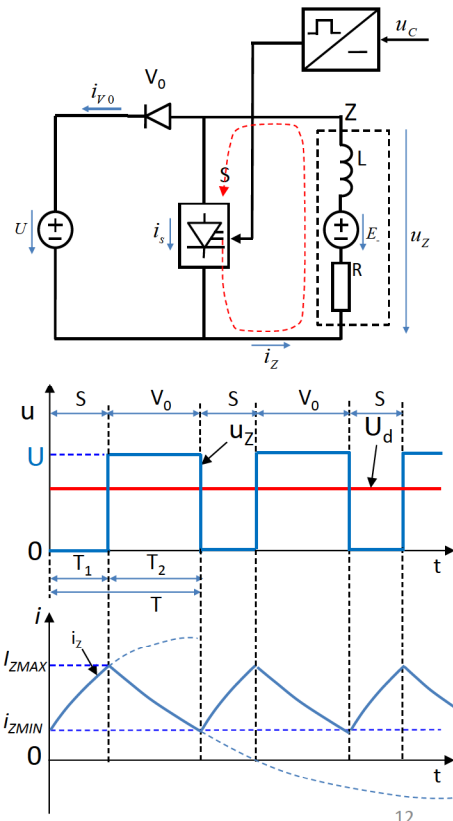
**Dòng điện:**  $i_Z = i_S, i_{V_0} = 0$

$$u_Z = -R \cdot i_Z - L \frac{di_Z}{dt} + E_v = 0, \quad i_Z(t=0) = I_{ZMIN}$$

$$i_Z(t) = \left( \frac{E_v}{R} + I_{ZMIN} \right) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) - I_{ZMIN} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

⇒ Dòng tải tăng theo hàm mũ về giá trị  $\frac{E_v}{R}$



12

➤ Nhịp  $V_0$  ( $T_1 < t < T_2$ ):

- Van S khóa,  $V_0$  mở, dòng điện khép kín qua mạch  $RLE_u$  và  $V_0$ .
- Năng lượng từ nguồn và năng lượng tích trữ trong cuộn kháng L, tiêu tốn một phần trên điện trở R, phần lớn còn lại được trả về nguồn U

**Điện áp:**  $u_z = U$

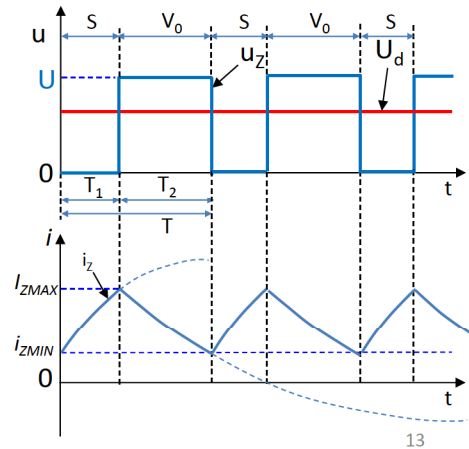
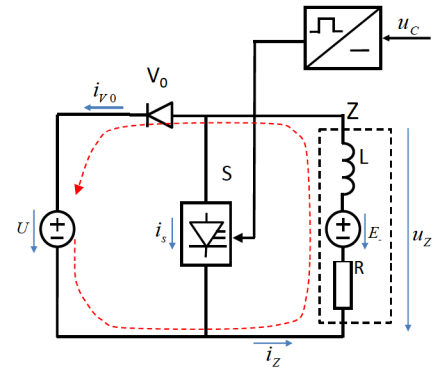
**Dòng điện:**  $i_z = i_{V0}, i_s = 0$

$$u_z = -R.i_t - L \frac{di_t}{dt} + E_- = U, \quad i_z(T_1) = I_{ZMAX}$$

$$i_z(t) = \left( \frac{E_- - U}{R} + I_{ZMAX} \right) (1 - e^{-\frac{t-T_1}{\tau}}) - I_{ZMAX} \quad (4)$$

⇒ Dòng tải giảm theo hàm mũ về giá trị  $\frac{E_- - U}{R}$

⇒  $I_{ZMIN}$  và  $I_{ZMAX}$  được xác định bằng cách giải hệ 2 phương trình 2 ẩn số bằng cách thay  $i_z(t=T_1)=I_{ZMAX}$  vào (3) và thay  $i_z(t=T)=I_{ZMIN}$  vào (4).



13

**d) Điều khiển trị trung bình của điện áp trên tải:**

**Giá trị trung bình điện áp tải:**

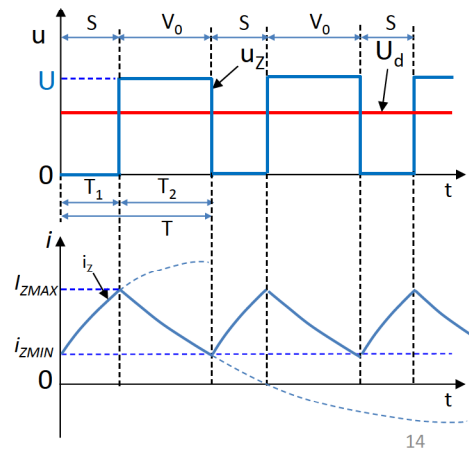
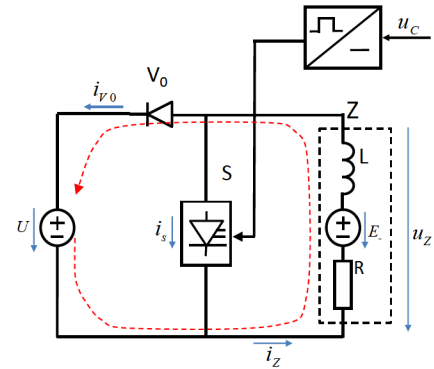
$$U_z = \frac{1}{T} \int u_z dt = \frac{U \cdot T_2}{T} = U(1 - \gamma)$$

⇒ Điều khiển  $U_z$  bằng cách thay đổi giá trị  $\gamma = \frac{T_1}{T}$

Từ đó điều khiển được công suất phát từ nguồn  $E_u$  và công suất trả về nguồn.

**Dòng tải trung bình:**

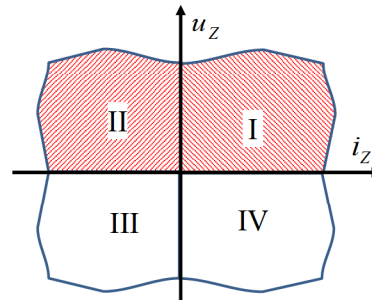
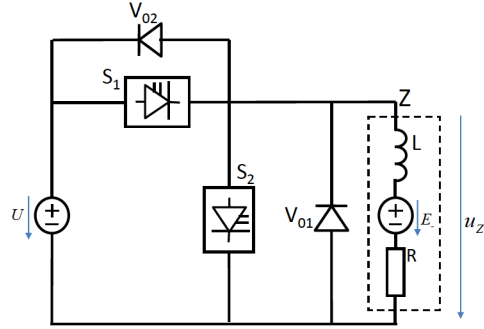
$$I_z = \frac{-U_z + E_-}{R}$$



14

### 4.2.3 Bộ biến đổi điện áp một chiều mắc nối tiếp và song song kết hợp

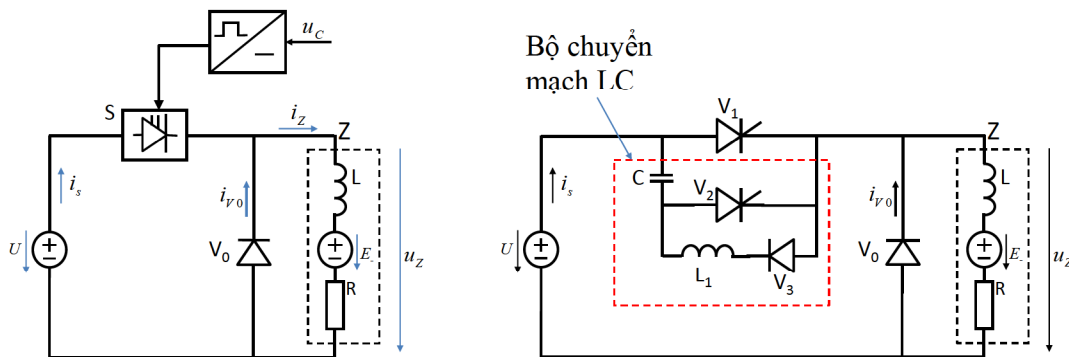
- Sơ đồ phối hợp nối tiếp và song song được sử dụng trong trường tải làm việc trong cả 2 trường hợp nạp năng lượng và trả năng lượng về nguồn.
- Hai van  $S_1$  và  $S_2$  có thể được điều khiển độc lập.
  - Điều khiển  $S_1$  khi nhận năng lượng từ nguồn.
  - Điều khiển  $S_2$  khi trả năng lượng về nguồn.



15

### 4.2.3 Bộ biến đổi DC mắc nối tiếp dùng Thyristor và mạch tắt cường bức

#### a) Cấu tạo



Trong trường hợp công suất tải lớn, khóa S có thể được thay thế bằng Thyristor (SCR) và kết hợp với bộ chuyển mạch LC.

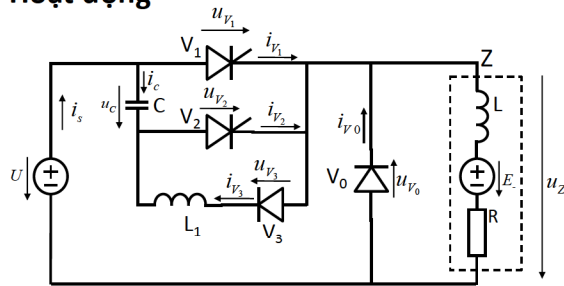
Công tắc S (được thay thế bằng thyristor và bộ chuyển mạch có một mạch dao động) gồm : thyristor chính  $V_1$ , thyristor phụ  $V_2$ , mạch dao động gồm cuộn kháng  $L_1$ , tụ điện C và diode  $V_3$ .

Hoạt động chung : S được kích dẫn bằng cách kích SCR  $V_1$  và được kích ngắt bằng cách kích SCR  $V_2$ .

16



## b) Hoạt động



### ➤ Nhịp $V_0$ ( $0 \rightarrow T_1$ )

$$i_z = i_{V_0}, \quad u_z = u_{V_0} = 0$$

Giả thiết mạch đã ở trạng thái xác lập  $u_C = U$   
 $\rightarrow$  tụ C được nạp điện ???

$$u_{V_2} = 0, \quad u_{V_1} = U$$

$$i_{V_1} = 0, \quad i_C = i_{V_2} = 0$$

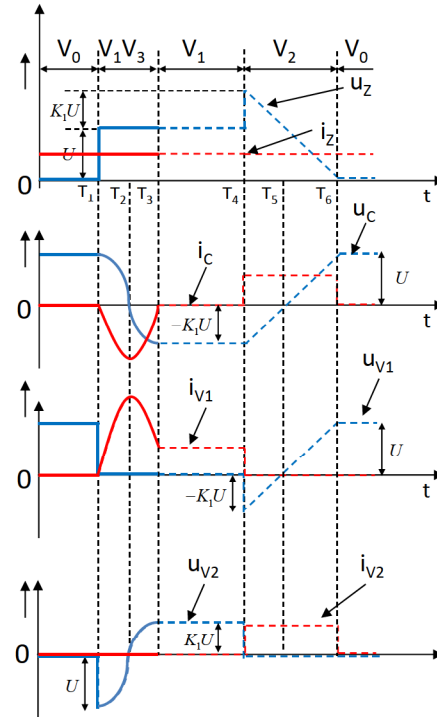
### ➤ Nhịp S

#### □ Nhịp $V_1 V_3$ ( $T_1 \rightarrow T_3$ )

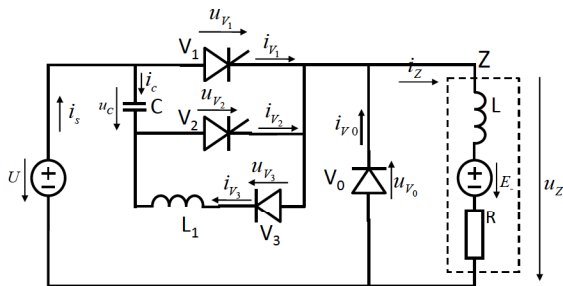
Tại  $t_1$ , đưa xung điều khiển mở  $V_1$  (mở khóa S).

$$u_{V_1} = 0, \quad u_z = U$$

$$u_{V_0} = -U, \quad i_{V_0} = 0$$



17



Tụ C phóng điện qua mạch giao động ( $V_1 V_3 L_1 C$ )

$$u_{V_2} = -u_C, \quad i_{V_2} = 0, \quad i_C = i_z - i_{V_1}$$

Quá trình dòng điện và điện áp trên tụ được cho bởi hệ thức :

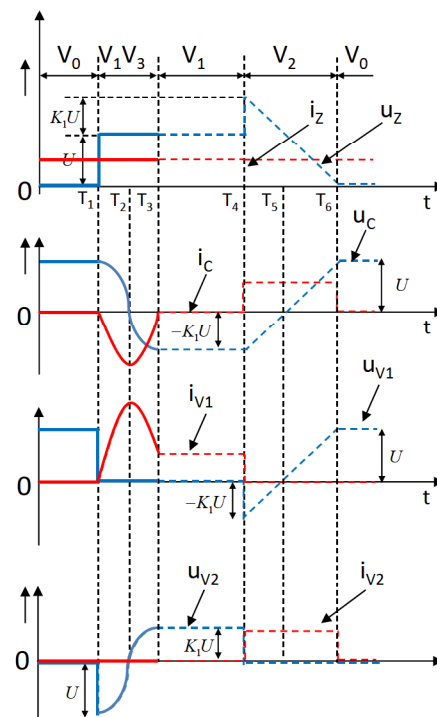
$$i_C = \frac{-U}{\sqrt{\frac{L_1}{C}}} \sin[\omega_v \cdot (t - T_1)] \quad , \quad \omega_v = \sqrt{\frac{1}{L_1 C}}$$

$$u_C = U \cdot \cos[\omega_v \cdot (t - T_1)]$$

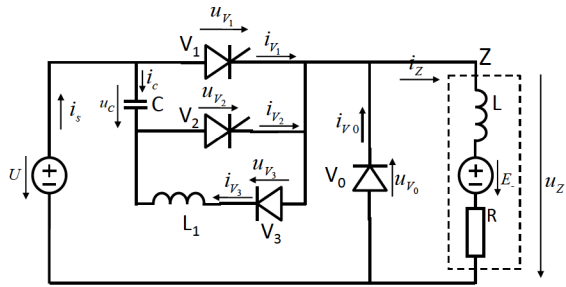
$$u_C(t_3) = -K_1 \cdot U$$

$K = 0.7 \div 0.9$  (Trong trường hợp mạch dao động LC lý tưởng, có thể đạt  $K=1$ )

Tại  $t=t_3$ ,  $V_3$  ngắt và không cho  $i_C$  đổi chiều.



18



#### □ Nhịp $V_1$ ( $T_3 \rightarrow T_4$ )

Các đại lượng giữ nguyên giá trị như khi  $t=T_3$

#### □ Nhịp $V_2$ ( $T_4 \rightarrow T_6$ )

Tại  $t=T_4$ , đưa xung điều khiển kích mở  $V_2$  để ngắt khóa  $V_1$

Điện áp tự chuyển mạch đặt lên  $V_1 \rightarrow$  khóa  $V_1$

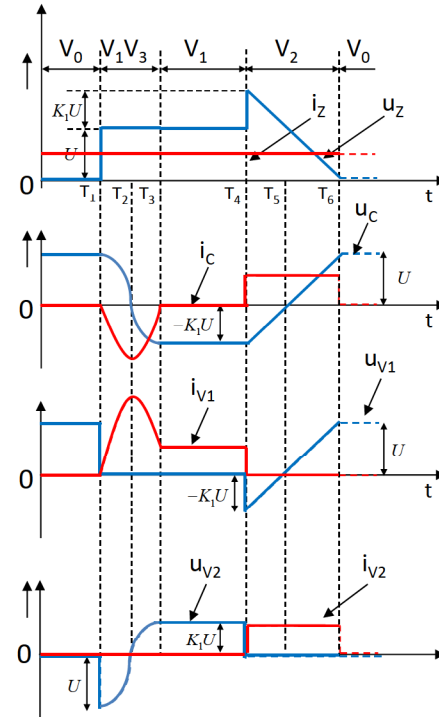
$$u_{V1} = u_C, i_{V1} = 0, u_Z(T_4) = U - u_C = U + K_1 U$$

$i_C = I_Z$  khép kín qua mạch (U, C,  $V_2$ , Z) và tích điện cho tụ.

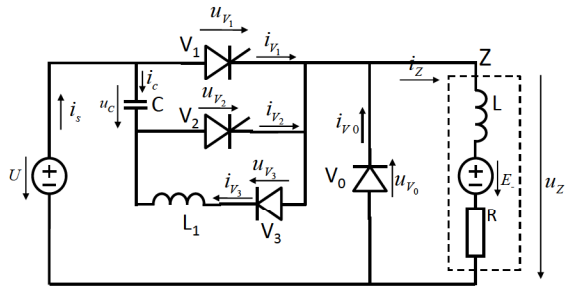
$$u_C = u_C(T_4) + \frac{1}{C} \int_{T_4}^t I_Z dt, u_C(T_4) = u_C(T_3)$$

$$u_C = u_C(T_3) + \frac{I_Z}{C} (t - T_4) = \frac{I_Z}{C} (t - T_4) - K_1 U$$

Tại  $t=t_6$ , tụ C được nạp đến giá trị  $u_C(T_6) = U$



19

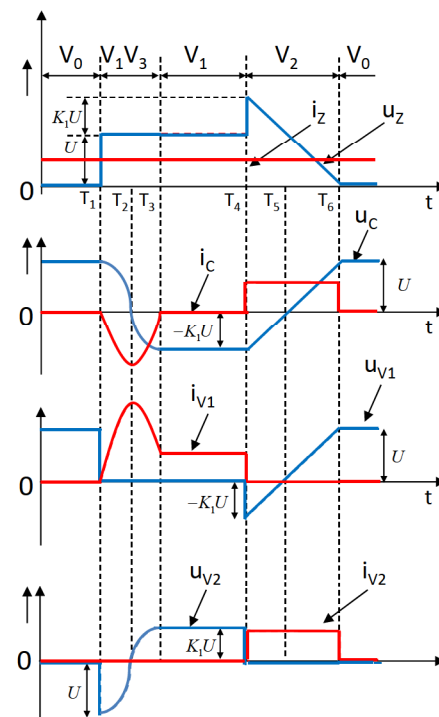


Tại  $t=T_6$ : tụ C được nạp đến giá trị  $u_C(T_6) = U$

$$u_{V0} = u_Z = 0$$

→ Dòng nạp tụ qua  $V_2$  bị ngắt

→ Dòng điện khép kín qua  $V_0$ , mạch trở về hoạt động ở nhịp  $V_0$  (kết thúc nhịp S).

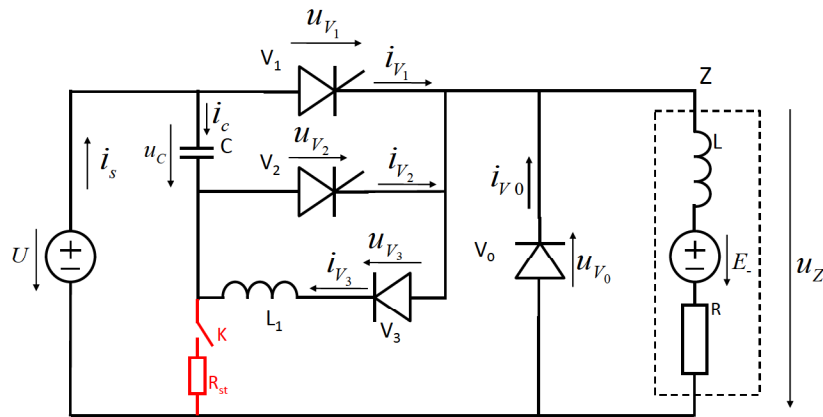


20

### c) Khởi động bộ giảm áp

Để mạch hoạt động, cần đảm bảo điện áp cần thiết cho tự chuyển mạch khi khởi động. Có thể tích điện cho tụ C bằng cách :

- Mở  $V_2$  trước.
- Đóng tụ C trực tiếp vào nguồn U qua một điện trở hạn chế dòng.



21

### d) Xác định các thông số $L_1$ , C chuyển mạch

$L_1$ , C được chọn để đảm bảo thời gian cần thiết để các thyristor khôi phục khả năng khóa  $t_q$ : thời gian khóa cho từng thyristor.

#### ➤ Tính C

$V_1$  sử dụng khoảng  $(T_4, T_5)$  để phục hồi trạng thái khóa (lúc này  $V_2$  được kích dẫn, điện áp tụ C đặt lên  $V_1$  là điện áp ngược)

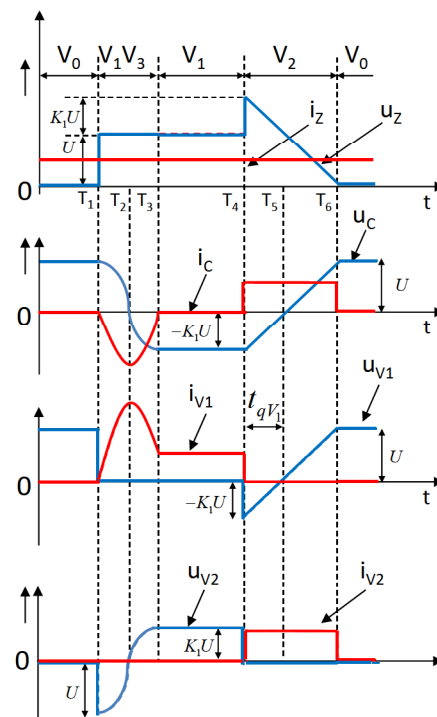
$$(T_5 - T_4) \geq t_{qV_1}$$

$$\text{Tại } t = T_5: u_c(T_5) = \frac{I_z}{C}(T_5 - T_4) - K_1 \cdot U = 0$$

$$T_5 - T_4 = \frac{K_1 \cdot U \cdot C}{I_z}$$

$t_{qV_1}$  đạt giá trị nhỏ nhất khi  $I_z$  (dòng xả và nạp tụ trong khoảng  $T_4 \rightarrow T_5$ ) đạt giá trị lớn nhất.

$$C \geq \frac{I_{zM} \cdot t_{qV_1}}{K_1 \cdot U}$$



22

### ➤ Tính L

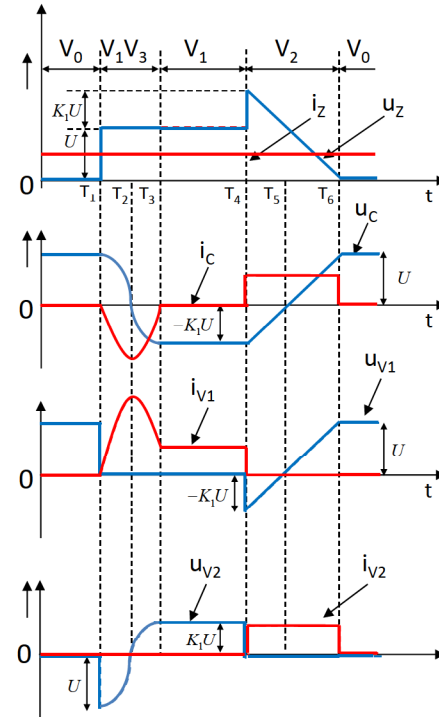
$V_2$  sử dụng khoảng  $(t_1, t_2)$  để phục hồi trạng thái khóa (lúc này  $V_1$  được kích dẫn, điện áp tụ C đặt lên  $V_2$  là điện áp ngược)

$$(T_2 - T_1) \geq t_{qV_2}$$

$T_2 - T_1$  bằng  $\frac{1}{4}$  chu kỳ dao động của mạch  $L_1C$ , ký hiệu bằng  $T_v$

$$T_2 - T_1 = \frac{T_v}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{L_1 C}$$

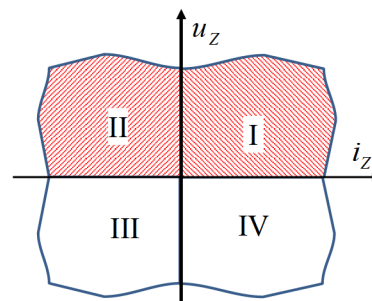
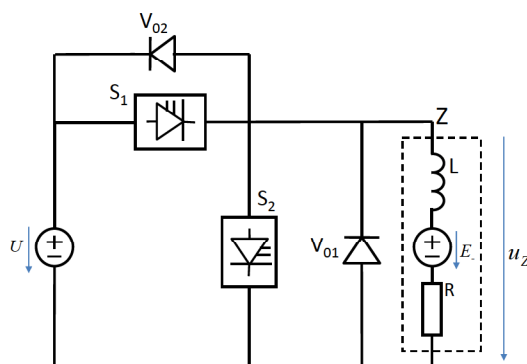
$$\Rightarrow L_1 \geq \frac{4t_{qV_2}^2}{\pi^2 C}$$



23

## 4.3 Các bộ biến đổi xung nhiều góc phần tư

### 4.3.1 Bộ biến đổi hai góc phần tư đảo chiều dòng điện

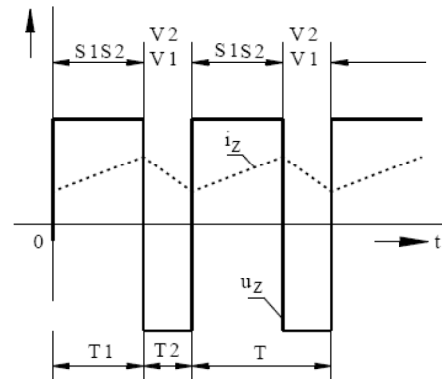
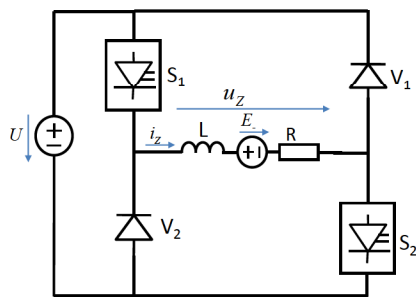


#### Điều kiện hoạt động của mạch:

- $E_v < U$ , nguồn có khả năng tiếp nhận năng lượng từ tải trả về do quá trình hãm tái sinh sinh ra
- Tải một chiều phải tính cảm kháng.

24

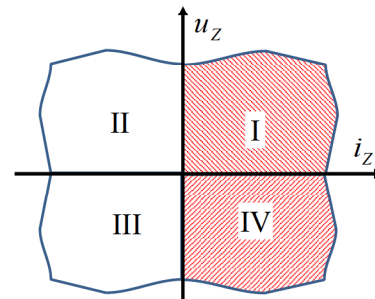
### 4.3.2 Bộ biến đổi hai góc phần tư đảo chiều điện áp



$$U_z = U \frac{T_1 - T_2}{T} = U(2\gamma - 1)$$

$$\gamma > 0.5 \rightarrow U_z > 0$$

$$\gamma < 0.5 \rightarrow U_z < 0$$

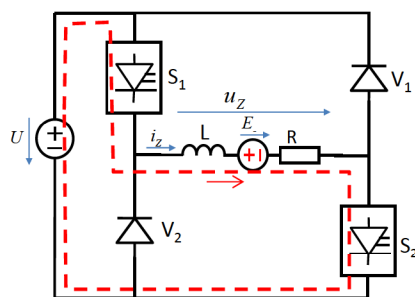
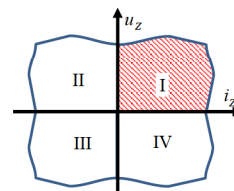


25

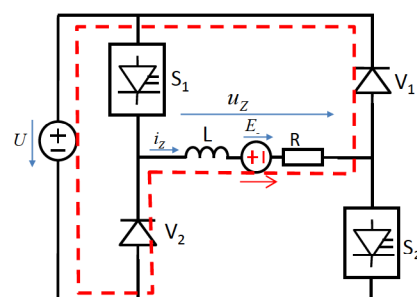
### 4.3.2 Bộ biến đổi hai góc phần tư đảo chiều điện áp

Chế độ nạp năng lượng từ nguồn về tải

$$\gamma > 0.5 \rightarrow U_z > 0$$



Nhịp  $S_1S_2$



Nhịp  $V_1V_2$

26

### 4.3.2 Bộ biến đổi hai góc phần tư đảo chiều điện áp

Chế độ trả năng lượng từ tải về nguồn

$$\gamma < 0.5 \rightarrow U_z < 0$$

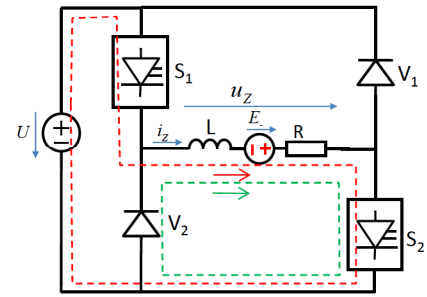
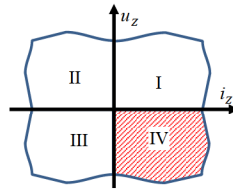
$E_v$  đảo chiều (nguồn phát năng lượng)

- Hãm ngược

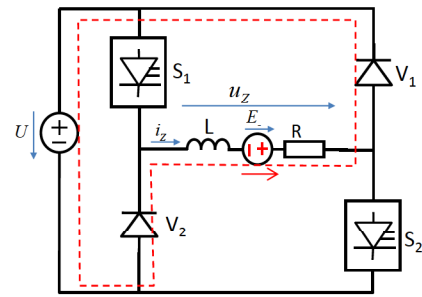
Điều kiện hoạt động của mạch:

-  $E_v < U$ , nguồn có khả năng tiếp nhận năng lượng từ tải trả về.

- Tải một chiều phải tính cảm kháng.



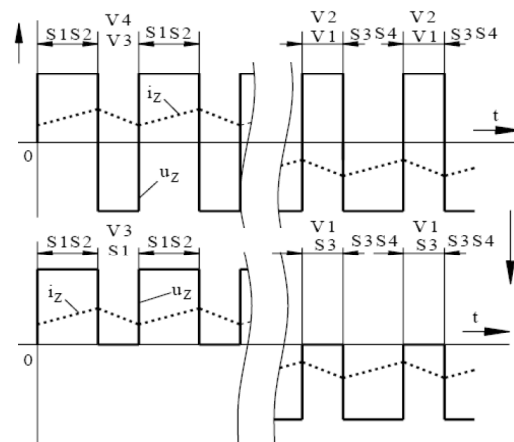
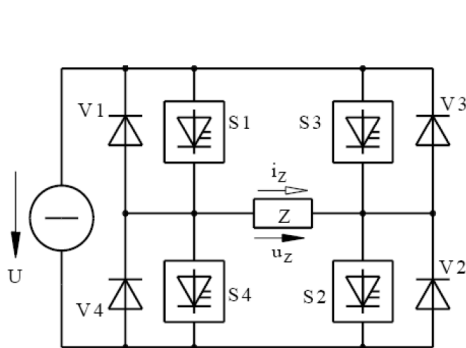
Nhịp  $S_1S_2V_2$



Nhịp  $V_1V_2$

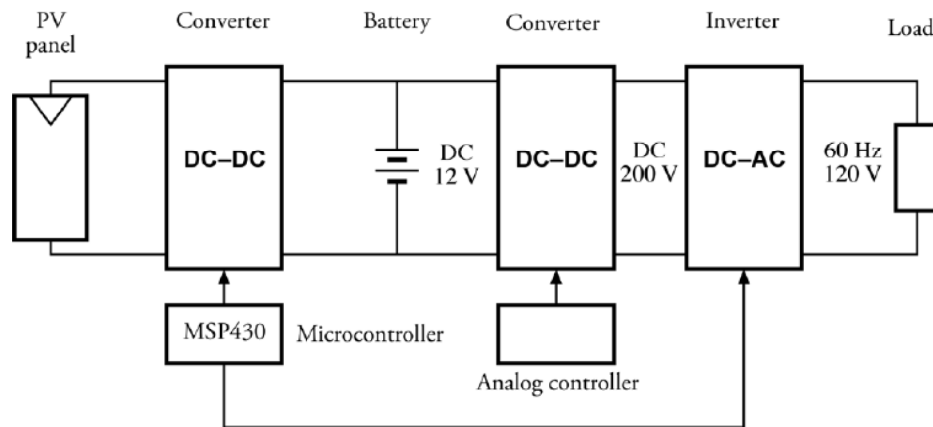
27

### 4.3.3 Bộ biến bốn góc phần tư



28

#### 4.2.4 Bộ buck (bộ giảm áp)



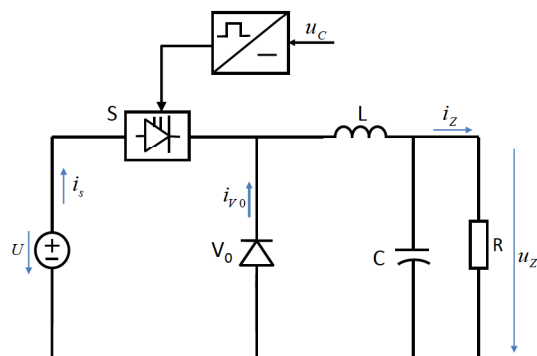
*Battery state of charge (SOC) vs. terminal voltage*

100% SOC	12.80 volts or greater
75% SOC	12.55 volts
50% SOC	12.20 volts
25% SOC	11.75 volts
0% SOC	10.50 volts

29

#### 4.2.4 Bộ buck (bộ giảm áp)

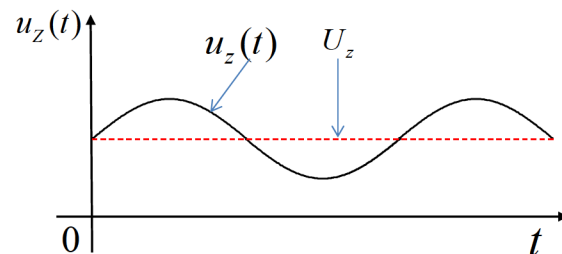
Bộ buck chứa bộ lọc thông thấp



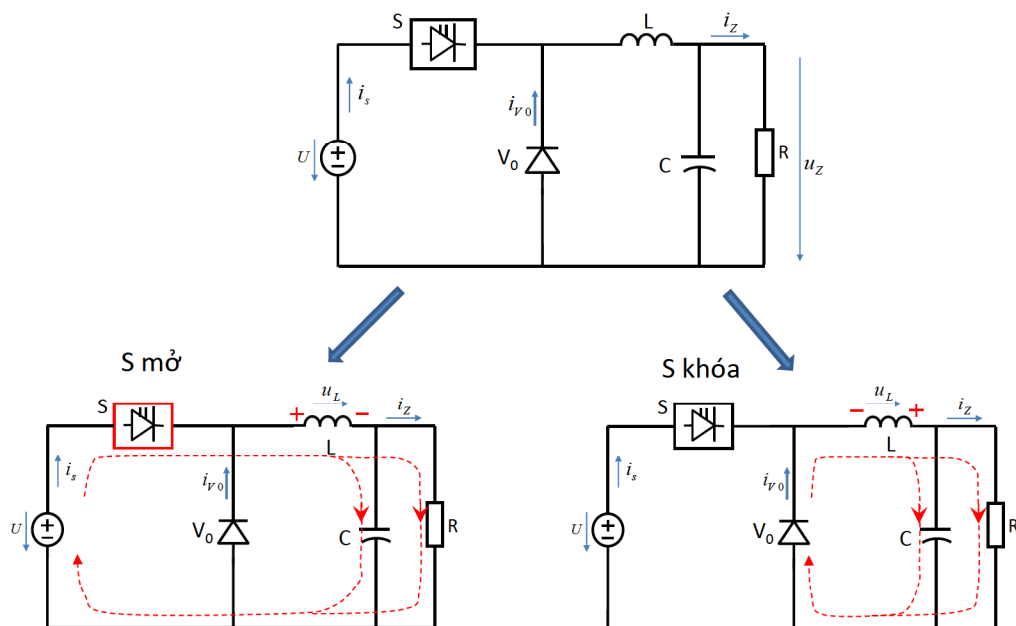
$$u_z(t) = u_\sigma(t) + U_z$$

$U_d$  : thành phần một chiều với trị tức thời bằng trị trung bình của áp chỉnh lưu.

$u_\sigma(t)$  : thành phần xoay chiều.



30



31

### ➤ Nhịp S

Điện áp trên cuộn kháng:

$$u_L = U - u_z$$

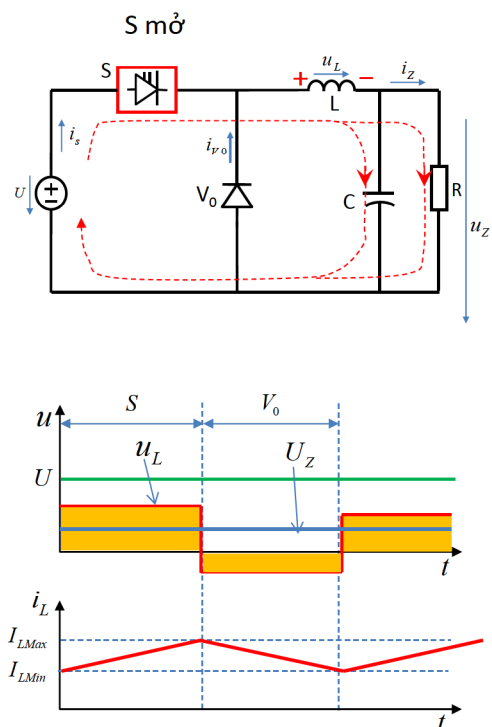
Giả sử thành phần nhấp nhô nhỏ nhờ tác dụng của bộ lọc  $u_\sigma(t) \approx 0$

$$u_L \approx U - U_z$$

Dòng điện qua cuộn dây

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{u_L}{L} \approx \frac{U - U_z}{L} \Rightarrow i_L \text{ Tăng với tốc độ là hằng số}$$



32



➤ Nhịp  $V_0$

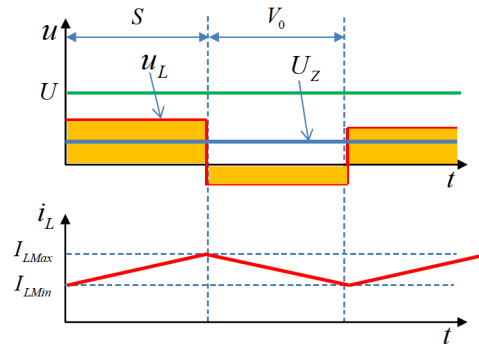
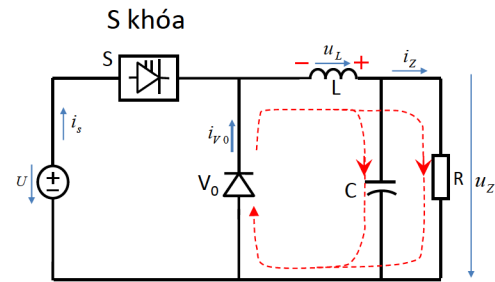
$$u_L = -u_Z$$

Giả sử thành phần nhấp nhỏ nhờ tác dụng của bộ lọc  $u_\sigma(t) \approx 0$

$$u_L \approx -U_Z$$

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{u_L}{L} \approx \frac{-U_Z}{L} \Rightarrow i_L \text{ giảm với tốc độ là hằng số}$$



33

**Biên độ nhấp nhò của dòng điện**

$$\Delta I_{L-ON} = \int_0^{T_1} \frac{u_L}{L} \approx \int_0^{T_1} \frac{U - U_Z}{L} = \frac{U - U_Z}{L} T_1$$

$$\Delta I_{L-OFF} = \int_{T_1}^T \frac{u_L}{L} \approx \int_{T_1}^T \frac{-U_Z}{L} = \frac{-U_Z}{L} (1 - \gamma) T$$

$$\Delta I = I_{LMax} - I_{LMin} = \frac{U - U_Z}{L} T_1 = \frac{U - U_Z}{L} \gamma T$$

$$\Rightarrow I = \frac{U - U_Z}{\Delta I} \gamma T$$

**Ở trạng thái xác lập**

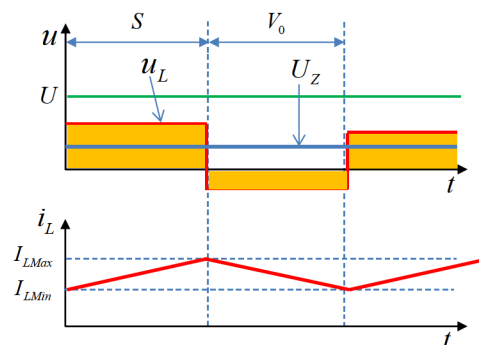
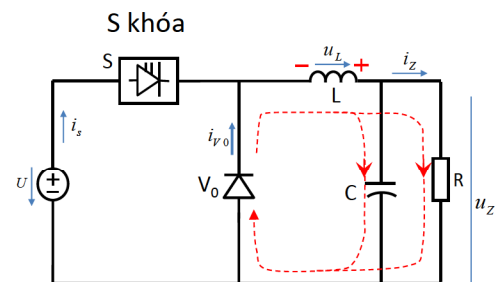
$$\Delta I_{L-ON} = -\Delta I_{L-OFF}$$

$$(U - U_Z) \gamma T = U_Z (1 - \gamma) T$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{U_Z}{U}$$

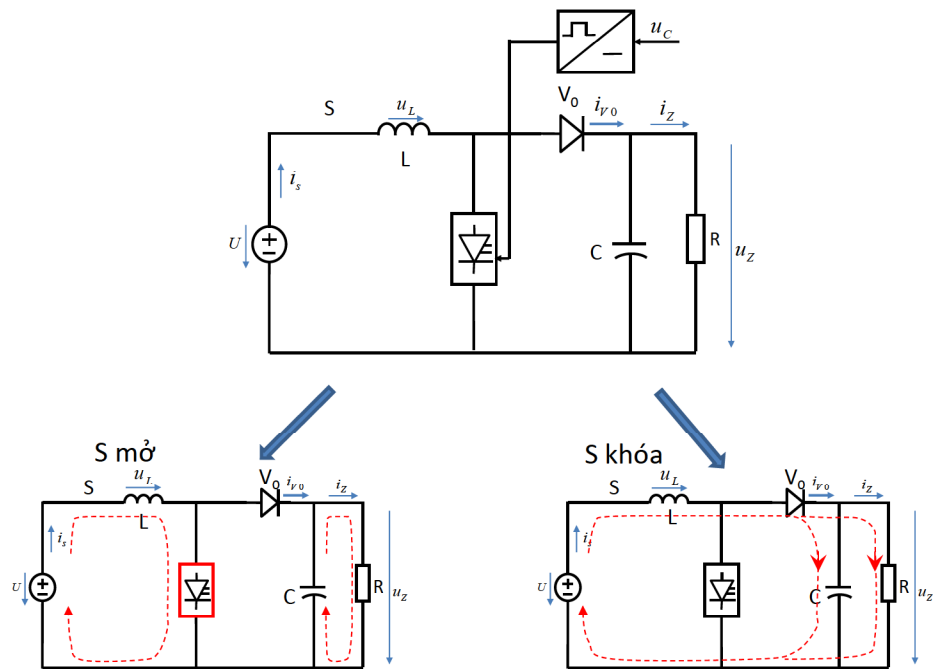
**Kết luận:**

- $U_Z \leq U$
- Điện áp  $U_Z$  có thể được điều khiển thông qua  $\gamma$
- So với bộ băm mắc nối tiếp, điện áp tải phẳng hơn



34

#### 4.2.5 Bộ boost (bộ tăng áp)



35

#### ➤ Nhịp S

Điện áp trên cuộn kháng:

$$u_L = U$$

$$i_C = -\frac{u_z}{R}$$

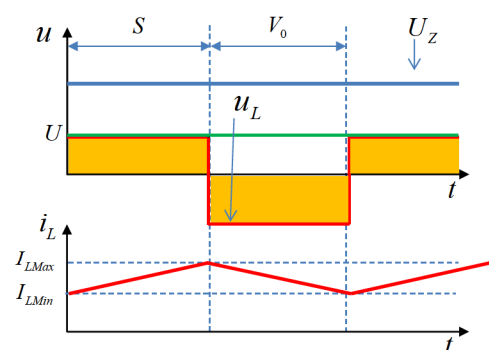
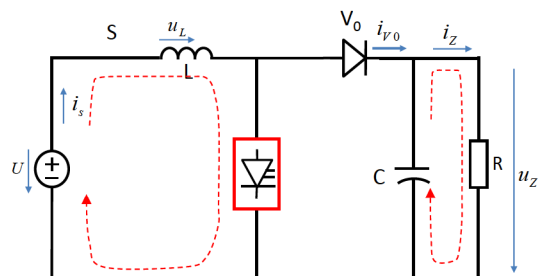
Dòng điện qua cuộn dây

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} = U$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{U}{L} \Rightarrow i_L \text{ Tăng với tốc độ là hằng số}$$

Giả sử thành phần nhấp nhô nhỏ nhờ tác dụng của bộ lọc  $u_\sigma(t) \approx 0$

$$i_C = -\frac{U_z}{R}$$



36

➤ Nhịp  $V_0$

Điện áp trên cuộn kháng:

$$u_L = U - u_Z$$

$$i_C = i_L - \frac{u_Z}{R}$$

Giả sử thành phần nhấp nhô nhỏ nhờ tác dụng của bộ lọc  $u_{\sigma}(t) \approx 0$

$$u_L \approx U - U_Z$$

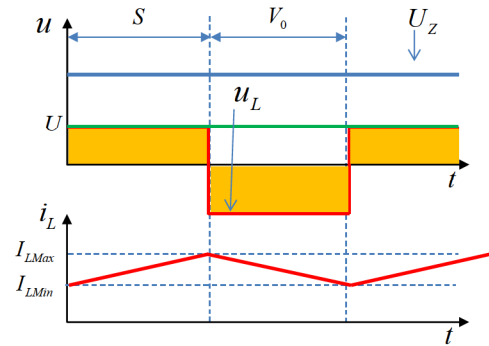
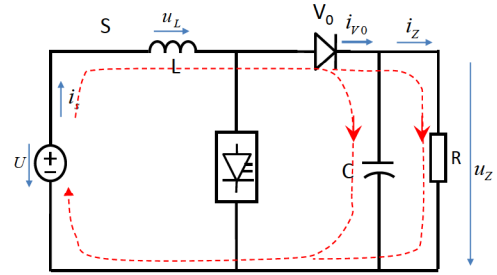
Dòng điện qua cuộn dây

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} = U - U_Z < 0$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{U - U_Z}{L} \Rightarrow i_L \text{ giảm với tốc độ là hằng số}$$

Dòng điện qua tụ điện

$$i_C \approx i_L - \frac{U_Z}{R}$$



37

**Biên độ nhấp nhô của dòng điện**

$$\Delta I_{L-ON} = \int_0^{T_1} \frac{u_L}{L} = \int_0^{T_1} \frac{U}{L} = \frac{U}{L} T_1 = \frac{U}{L} \gamma T$$

$$\Delta I_{L-OFF} = \int_{T_1}^T \frac{u_L}{L} \approx \int_{T_1}^T \frac{U - U_Z}{L} = \frac{U - U_Z}{L} (1 - \gamma) T$$

$$\Delta I = I_{LMax} - I_{LMin} = \frac{U}{L} \gamma T$$

$$\Rightarrow L = \frac{U}{\Delta I} \gamma T$$

**Ở trạng thái xác lập**

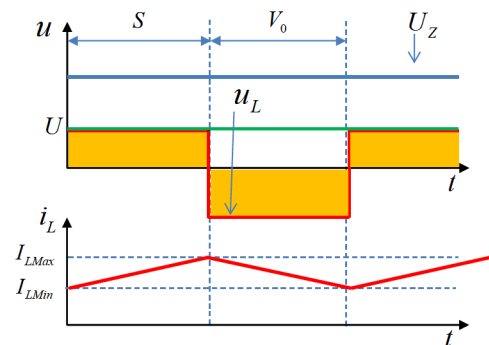
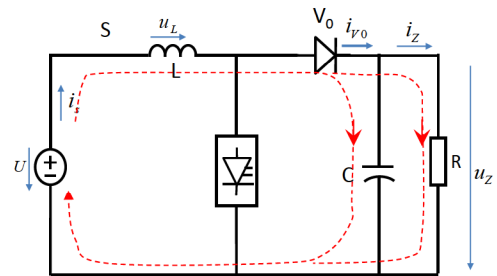
$$\Delta I_{L-ON} = -\Delta I_{L-OFF}$$

$$U \gamma T = -(U - U_Z)(1 - \gamma) T$$

$$\Rightarrow \frac{U_Z}{U} = \frac{1}{1 - \gamma}$$

**Kết luận:**

- $U_Z \geq U$
- Điện áp  $U_Z$  có thể được điều khiển thông qua  $\gamma$ .

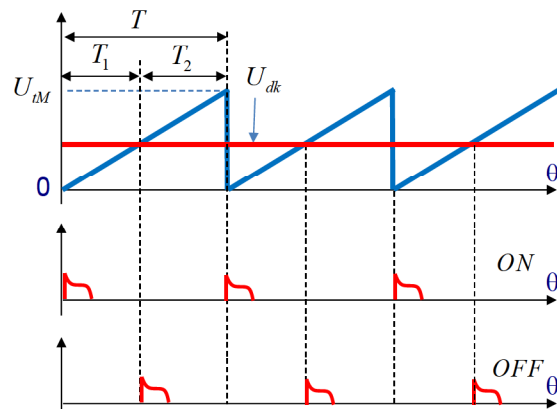
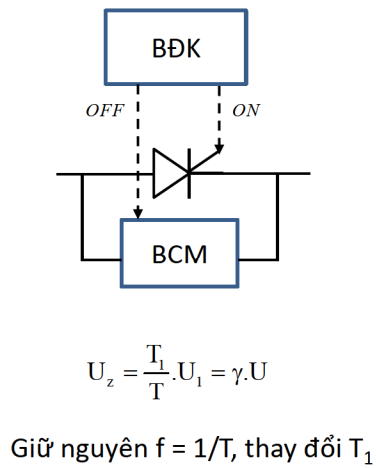


38

### 4.3 Nguyên tắc làm việc của các bộ biến đổi xung

- Độ rộng xung – thay đổi  $T_1$
- Tần số xung – thay đổi  $T$
- Hai giá trị dòng điện

#### 4.3.1 Nguyên tắc điều khiển độ rộng xung

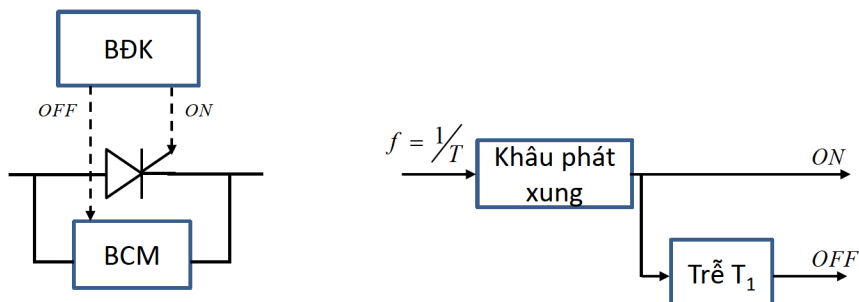


39

#### 4.3.2 Nguyên tắc điều khiển tần số xung

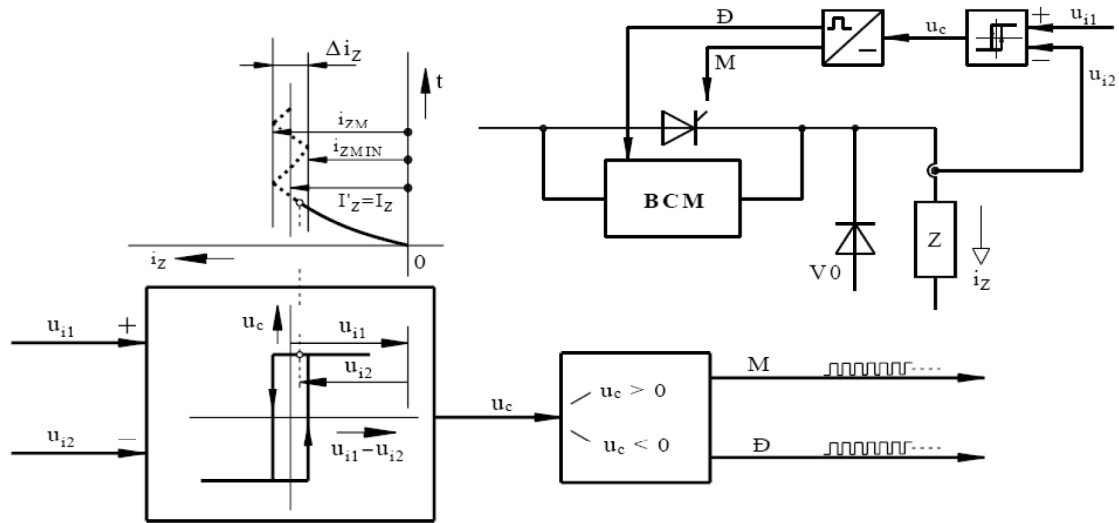
$$U_z = \frac{T_1}{T} \cdot U_1 = \gamma \cdot U$$

Thay đổi  $f = 1/T$ , giữ nguyên  $T_1$



40

### 4.3.2 Nguyên tắc điều khiển hai giá trị dòng điện



Bộ phát xung đóng vai trò của một bộ điều khiển dòng điện