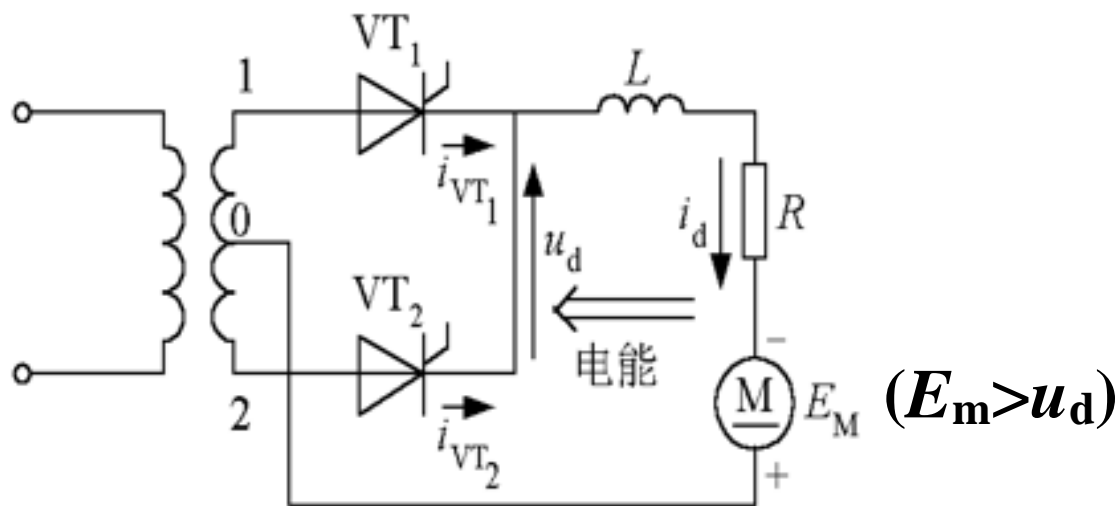




有源逆变

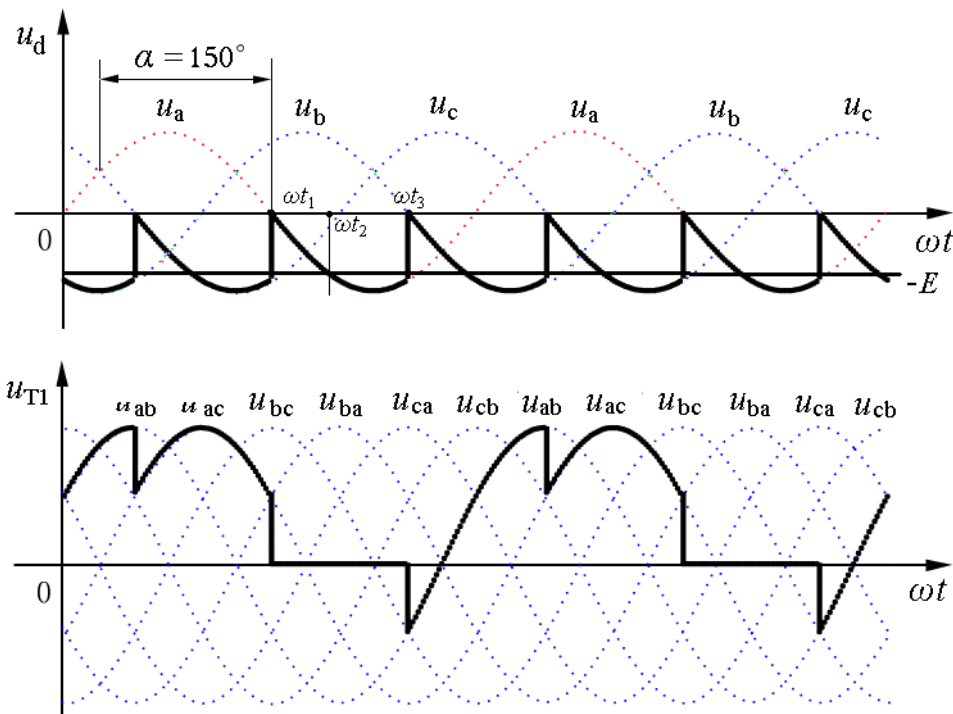
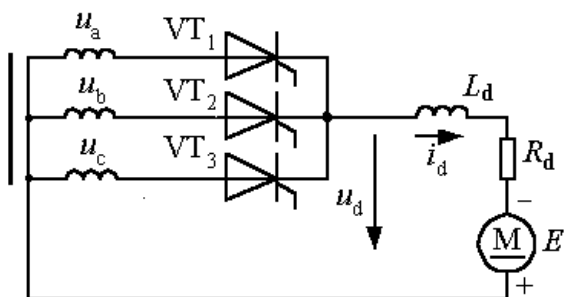
■ 逆变的条件

1. 有一个能使电能倒流的直流电势，电势的极性和晶闸管元件的单向导电方向一致，电势的大小稍大于变流电路直流平均电压。
2. 交流电路直流侧应能产生负值的直流平均电压。



□ 三相半波逆变电路

■ $\alpha = 150^\circ$



控制角 α 范围

逆变时: $\pi/2 < \alpha < \pi$

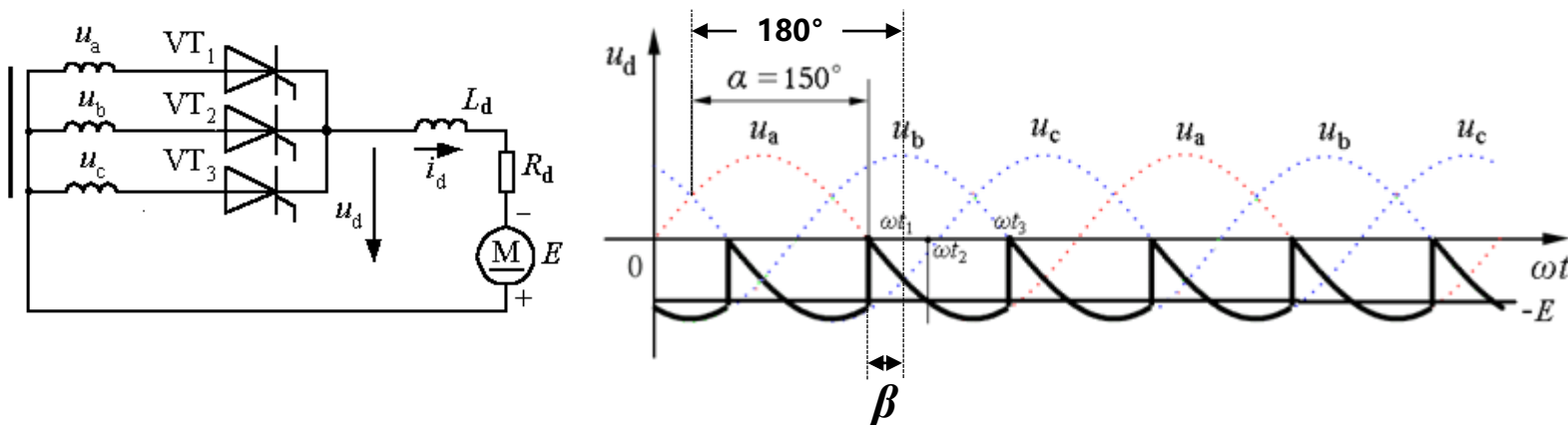
■ 直流平均电压

$$U_d = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{2\pi}{3}} \sqrt{2}U_2 \sin \omega t d\omega t = 1.17U_2 \cos \alpha$$

$$U_d = -1.17 U_2 \cos \beta$$

■ 逆变角 β

$$\beta = 180^\circ - \alpha$$



以 π 处作为 $\beta = 0$ 的计算起点，向 ωt 减小方向计量。

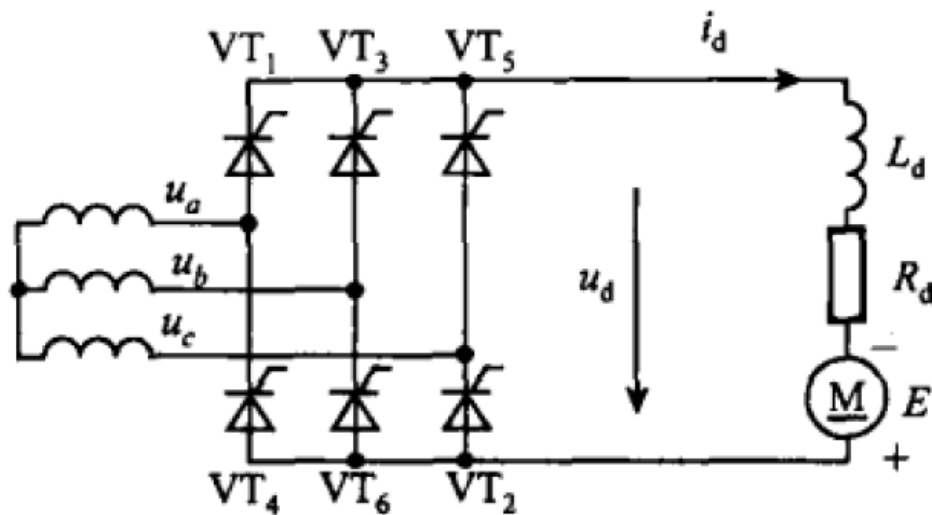
整流： α 整流滞后角 $0 < \alpha < 90^\circ$, $90^\circ < \beta < 180^\circ$

逆变： β 逆变超前角 $0 < \beta < 90^\circ$, $90^\circ < \alpha < 180^\circ$

(在实际运行中为防止逆变颠覆，必须 $\beta > 0$)

□ 三相桥式逆变电路

逆变时： $\pi/2 < \alpha < \pi$ 即 $0 < \beta < \pi/2$



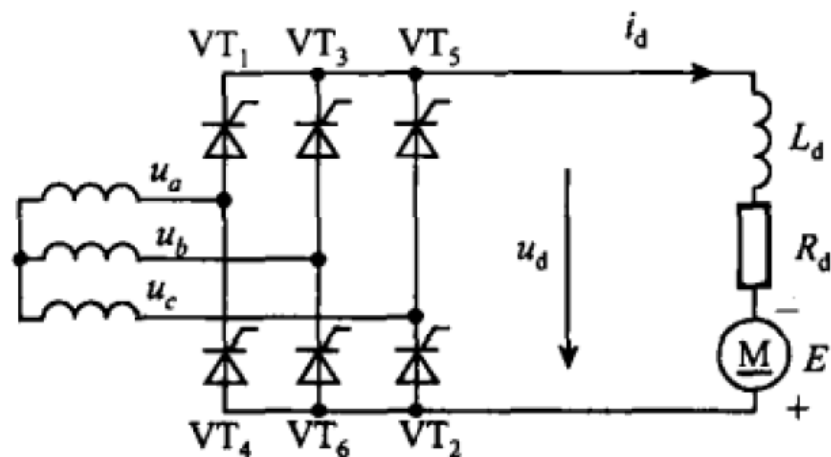
晶闸管导通顺序：VT1 -> VT2 -> VT3 -> VT4 -> VT5 -> VT6



■ 问题：

- 每个晶闸管导通多少度？
- 每个晶闸管每隔多少度换流一次？

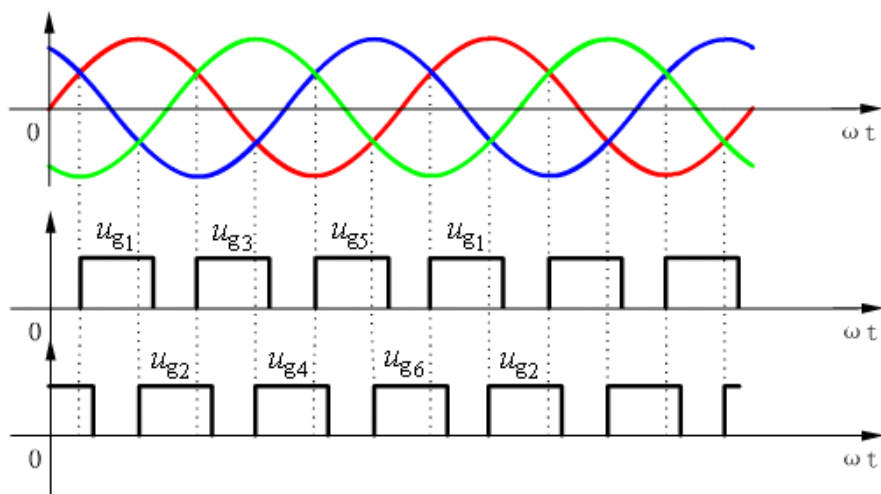
■ 晶闸管触发顺序



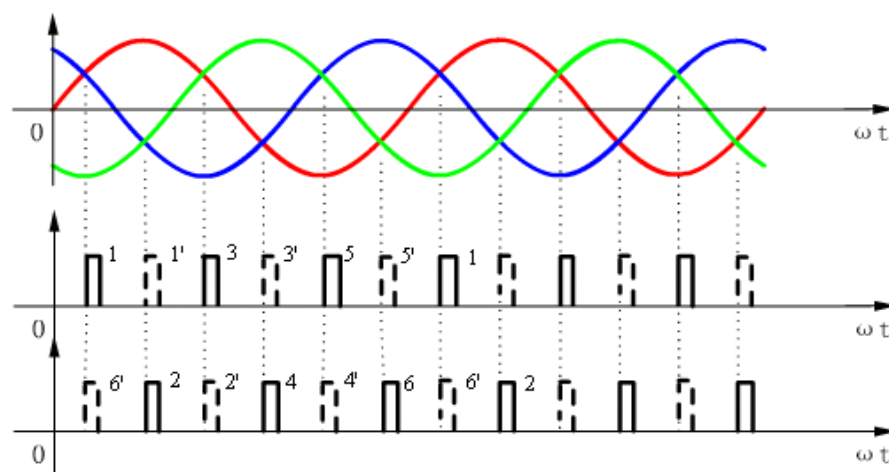
■ 问题：

- 每个晶闸管导通多少度？
120°
- 每个晶闸管每隔多少度换流一次？
60°

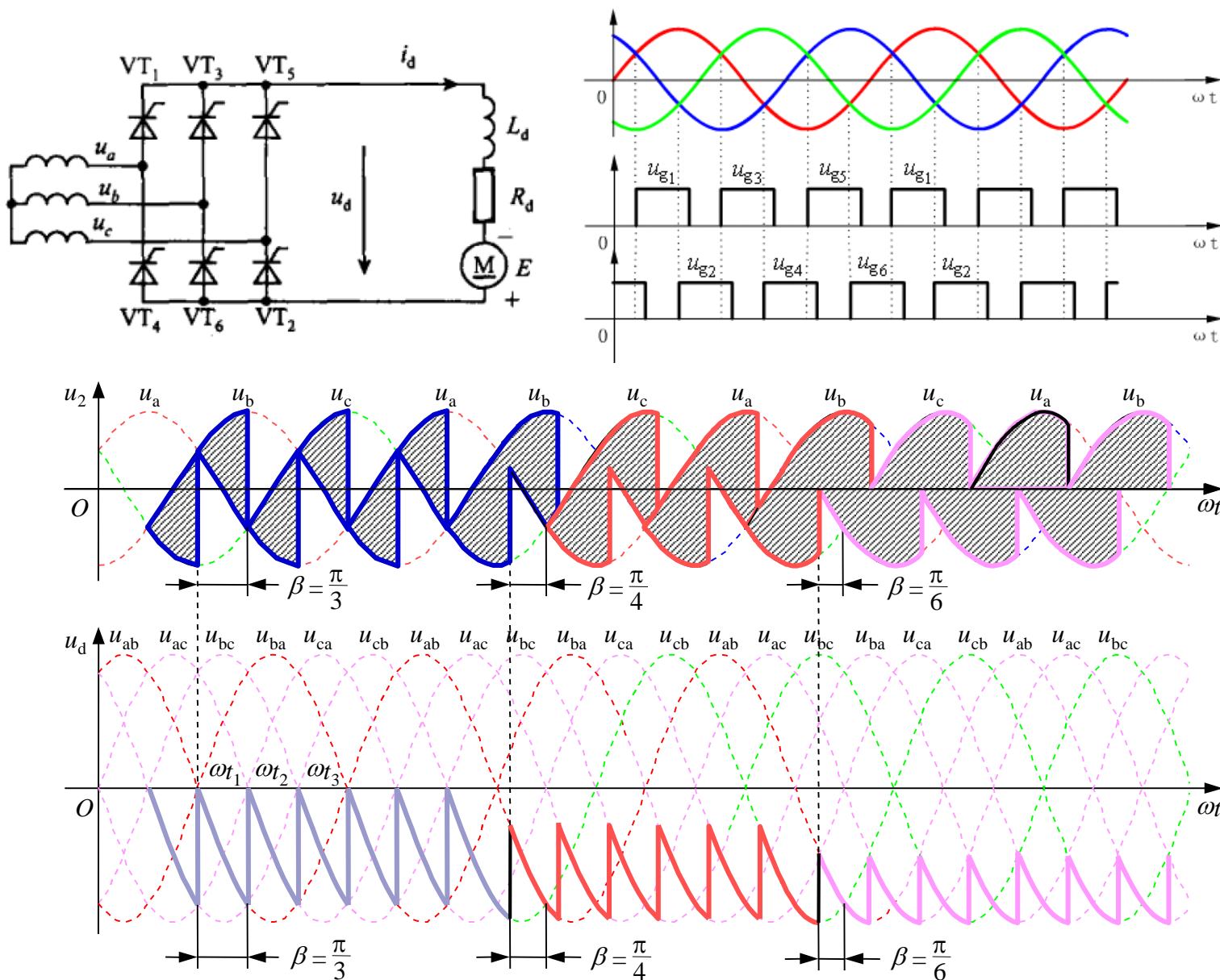
宽脉冲触发



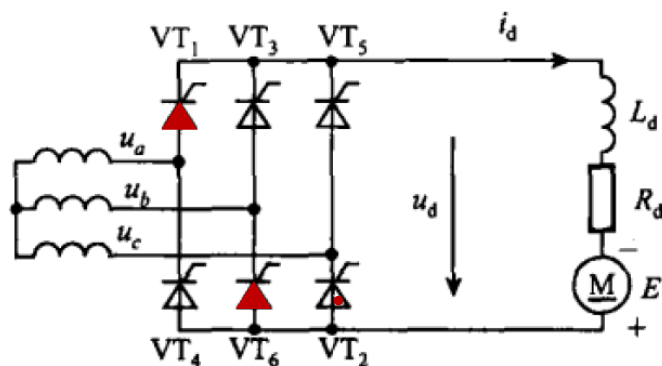
双窄脉冲触发



■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

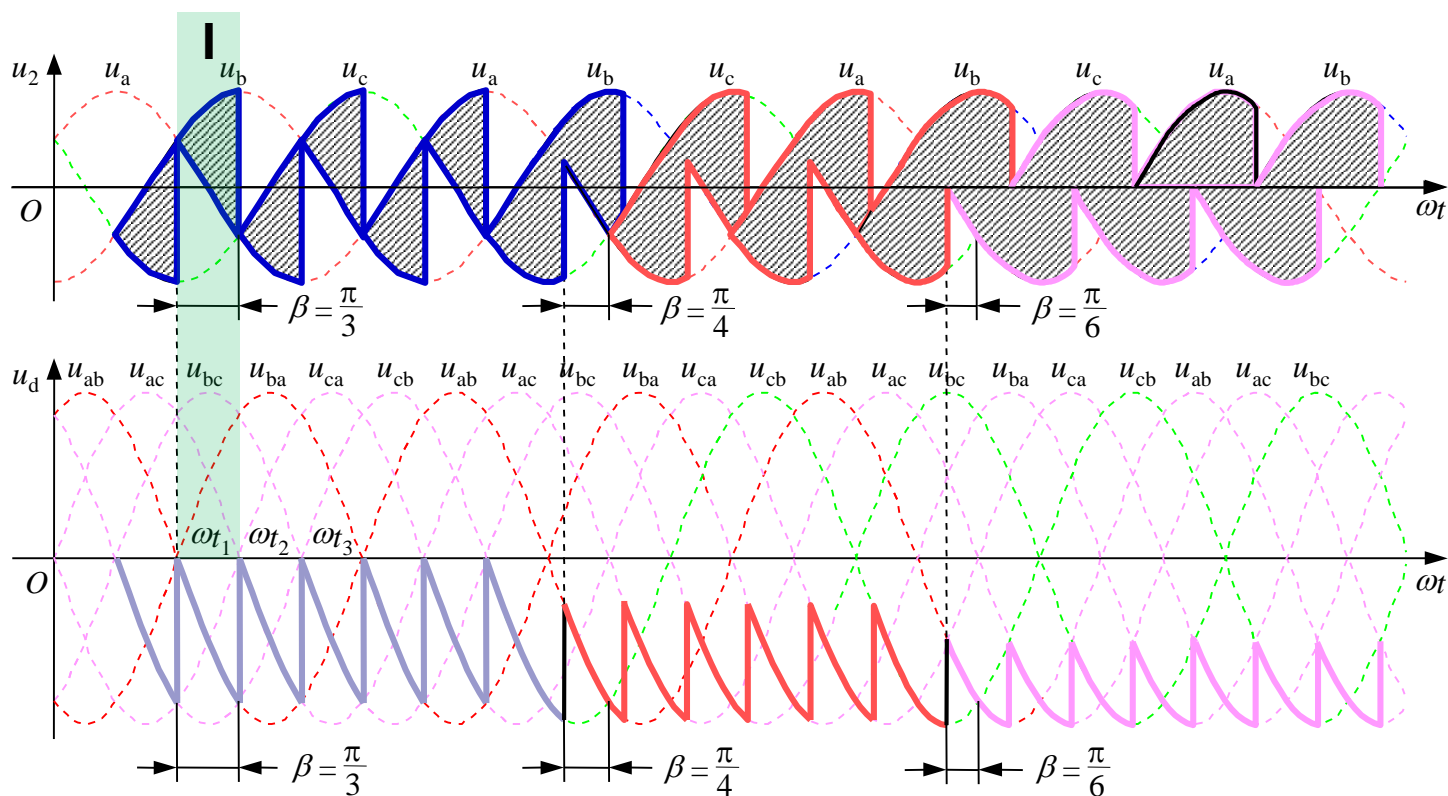


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

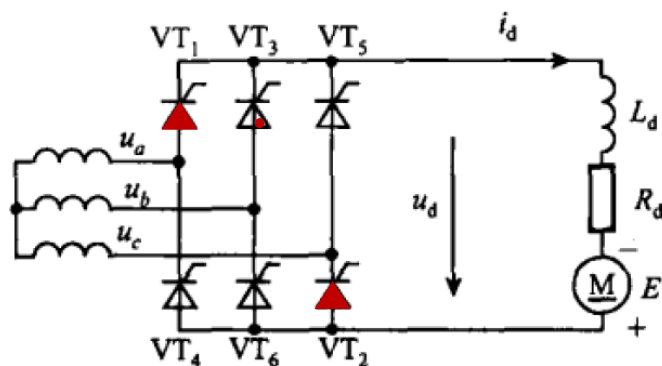


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

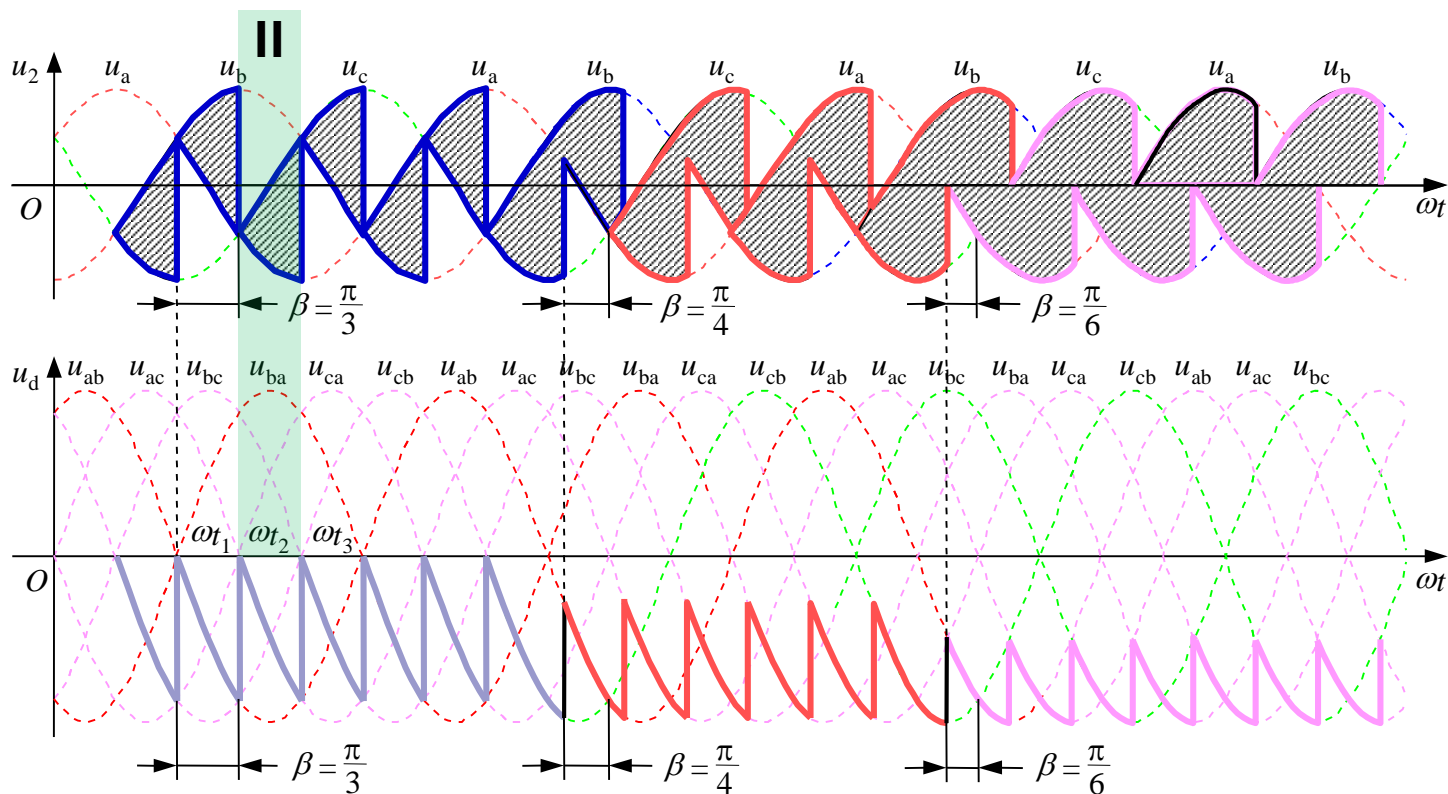


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

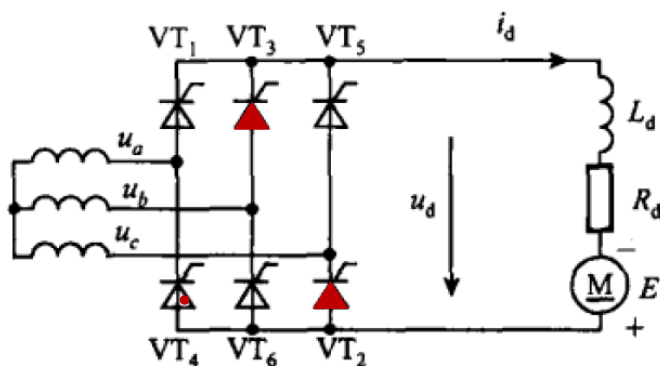


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

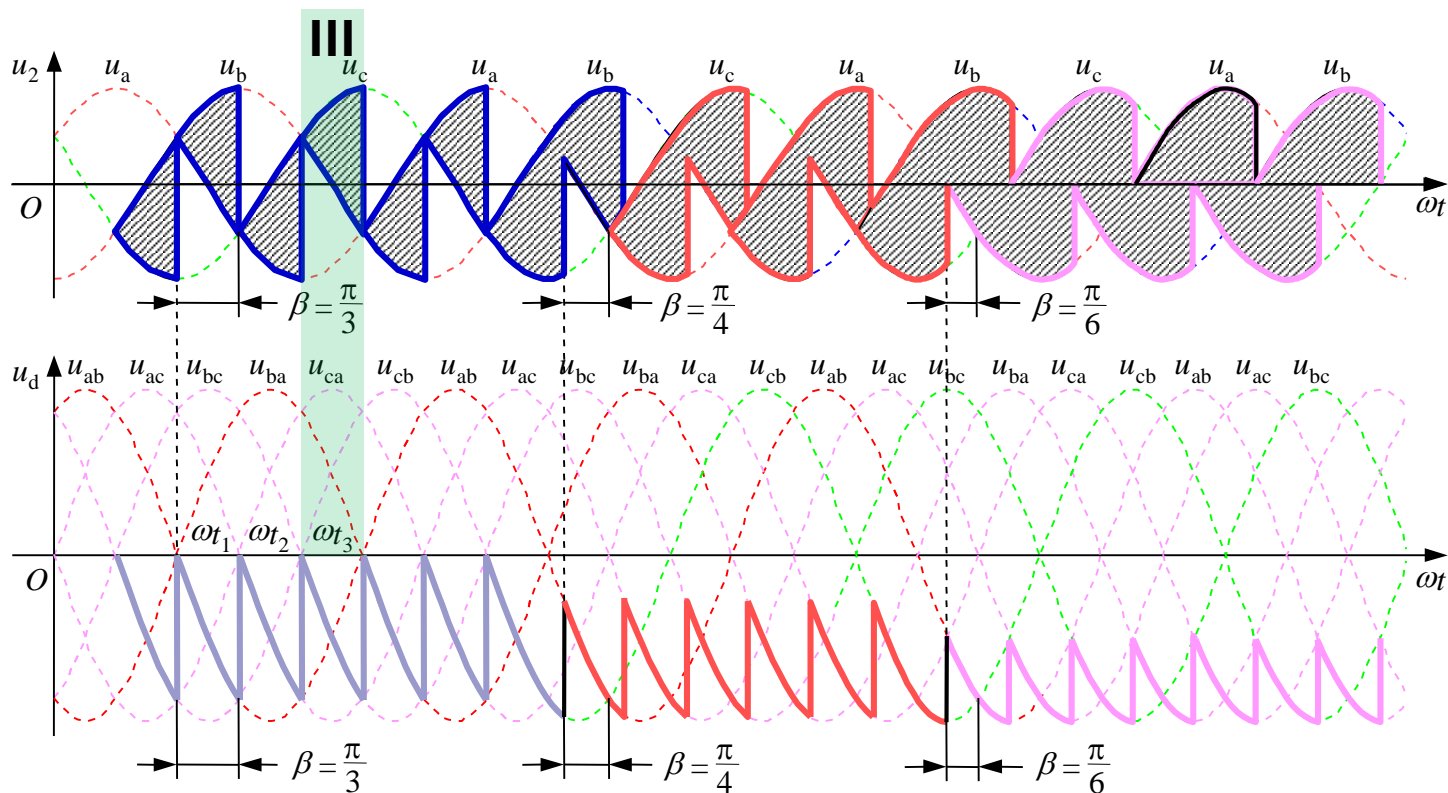


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

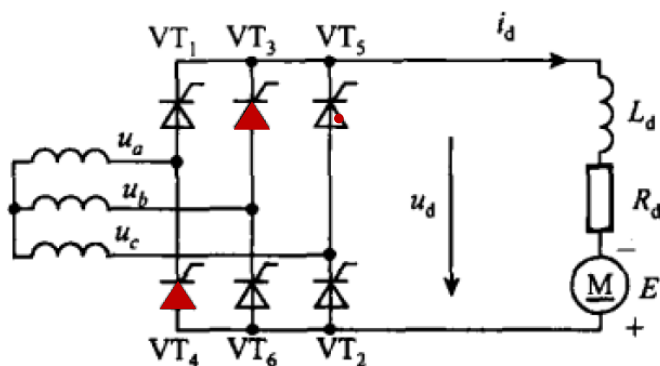


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

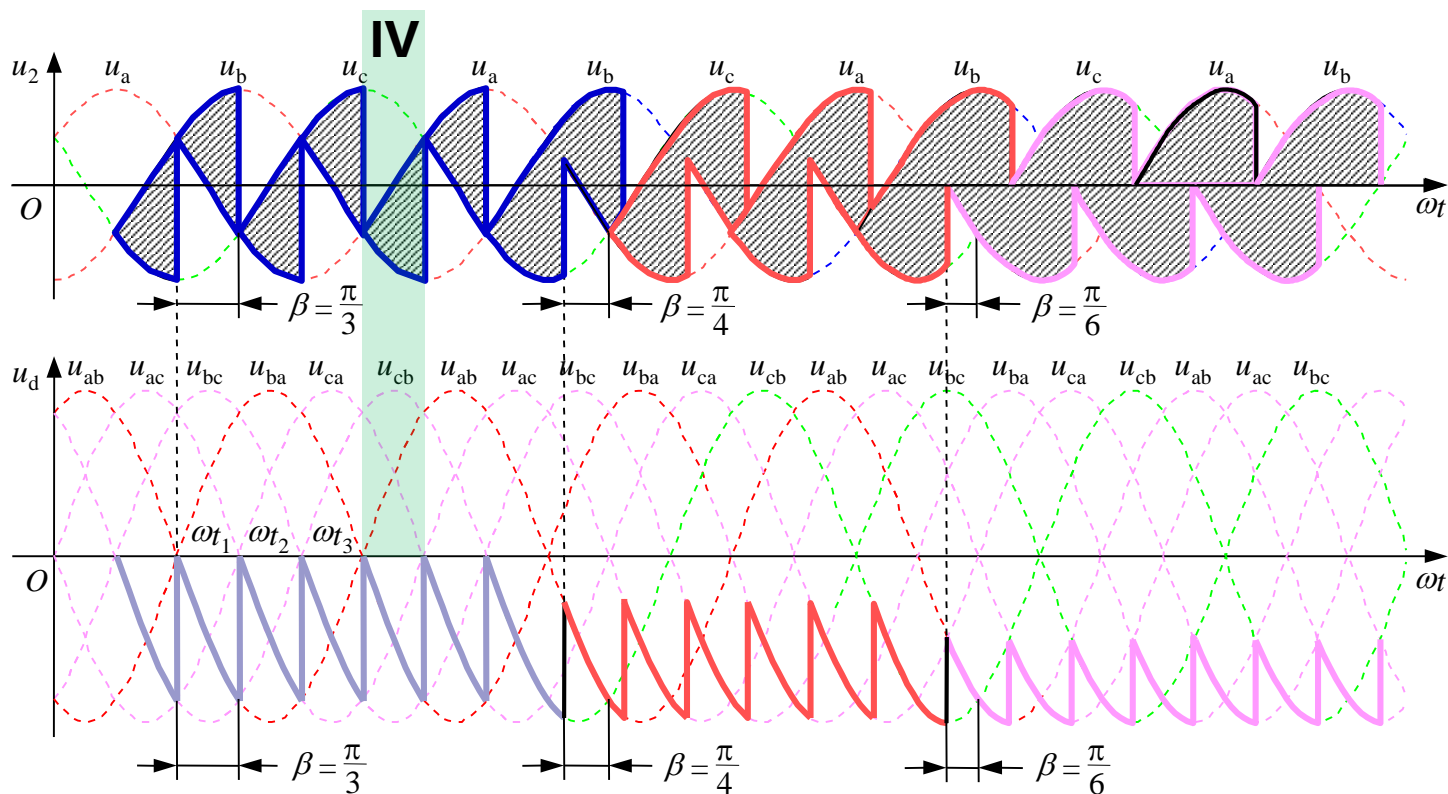


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

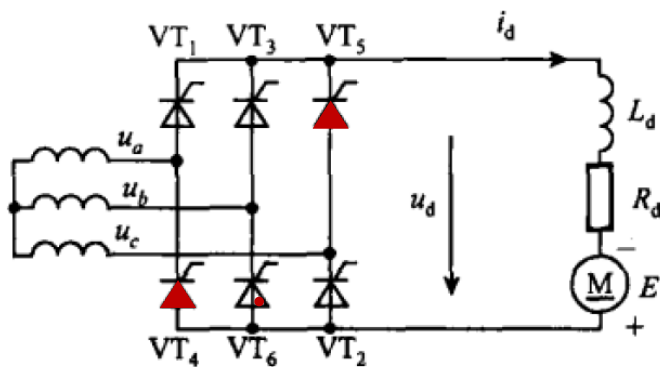


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

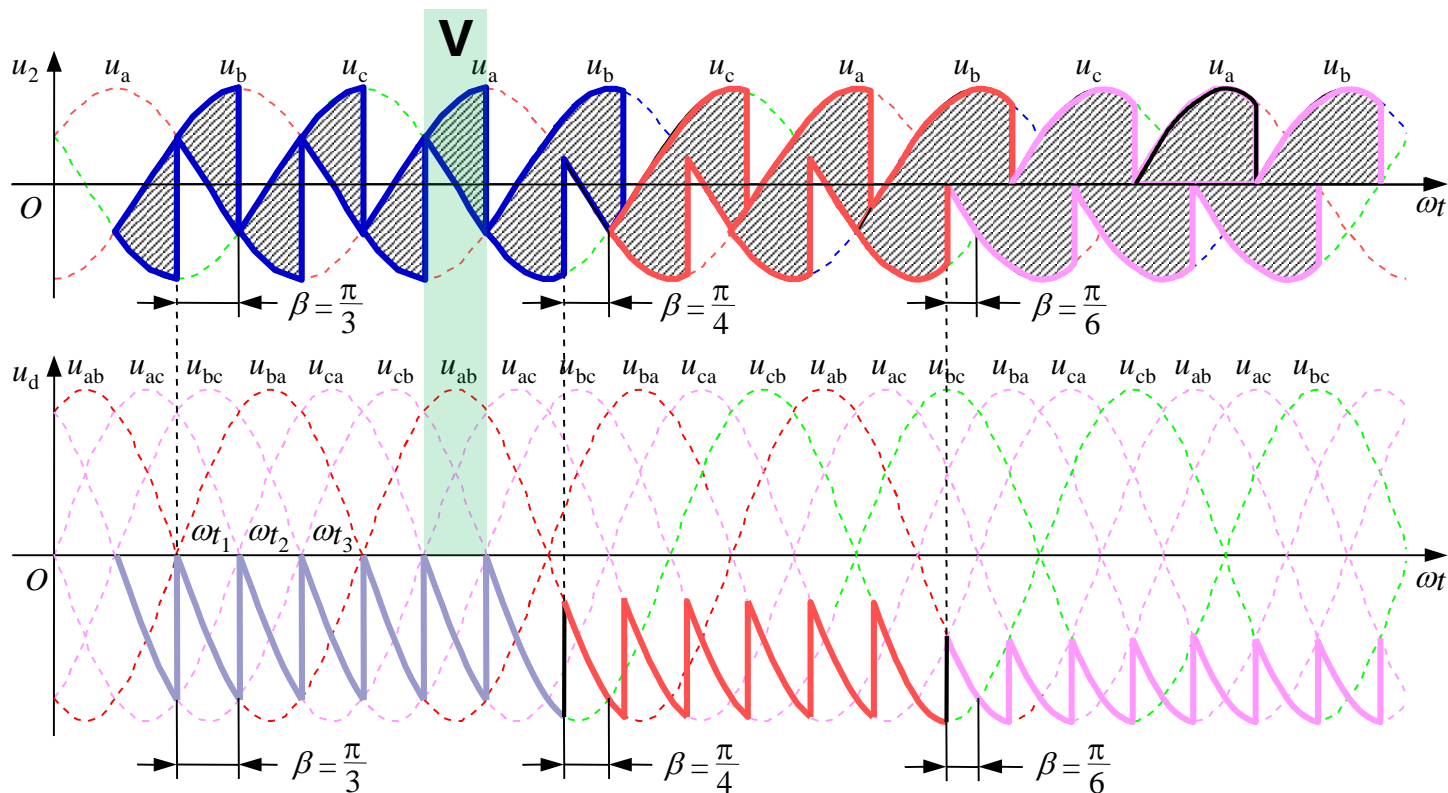


运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

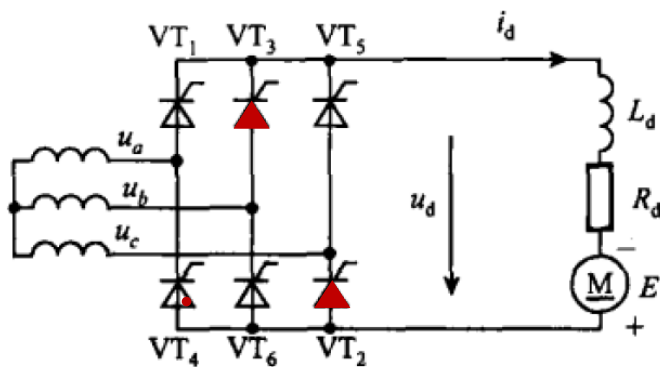


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

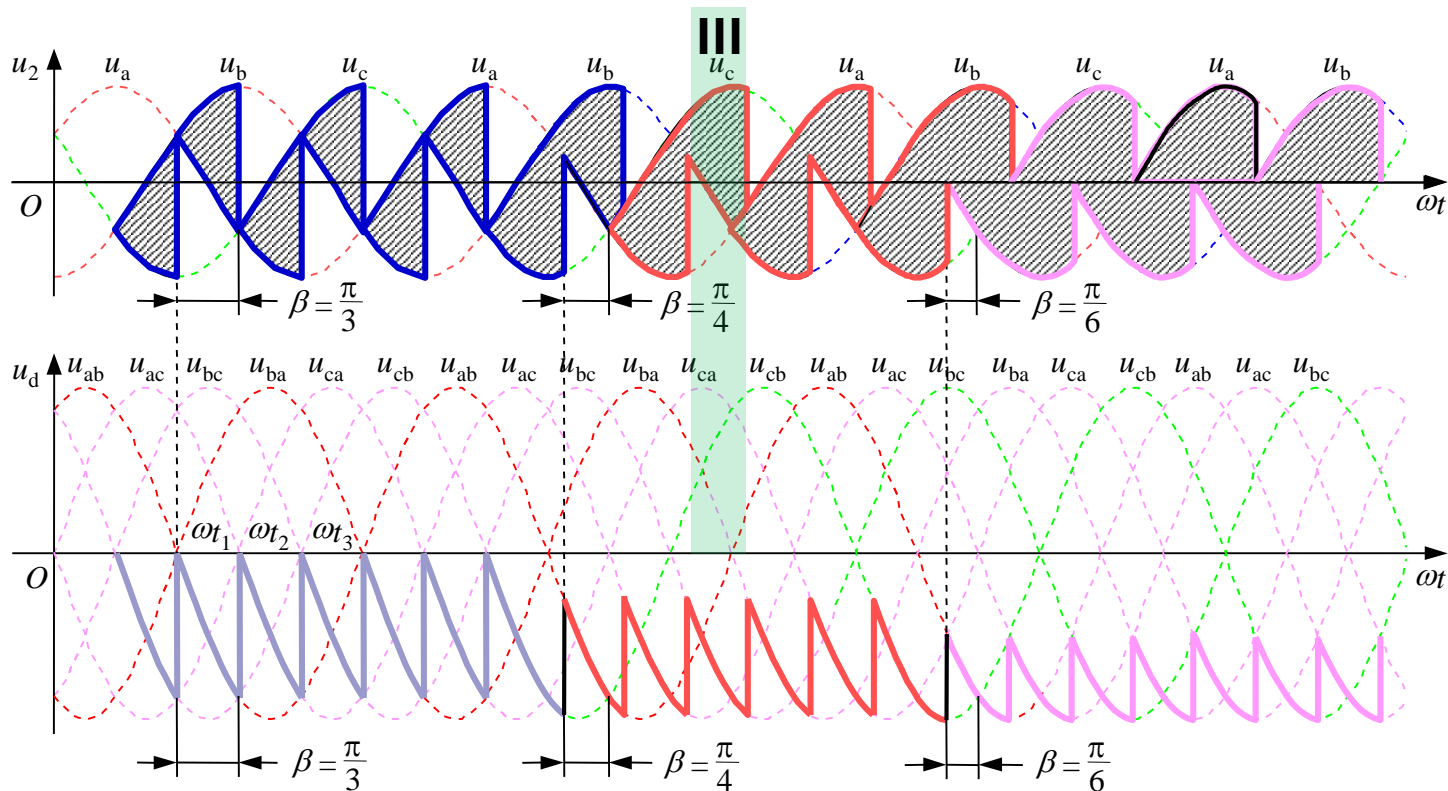


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

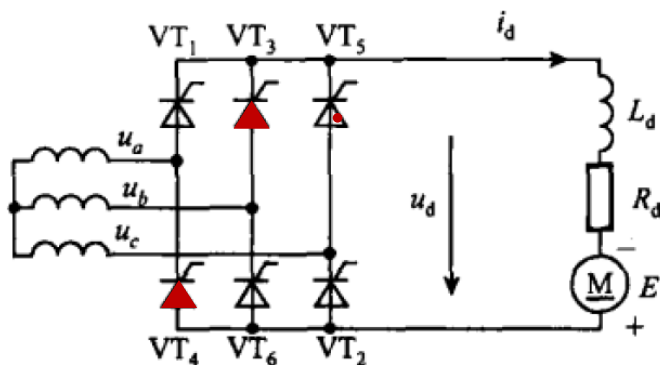


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

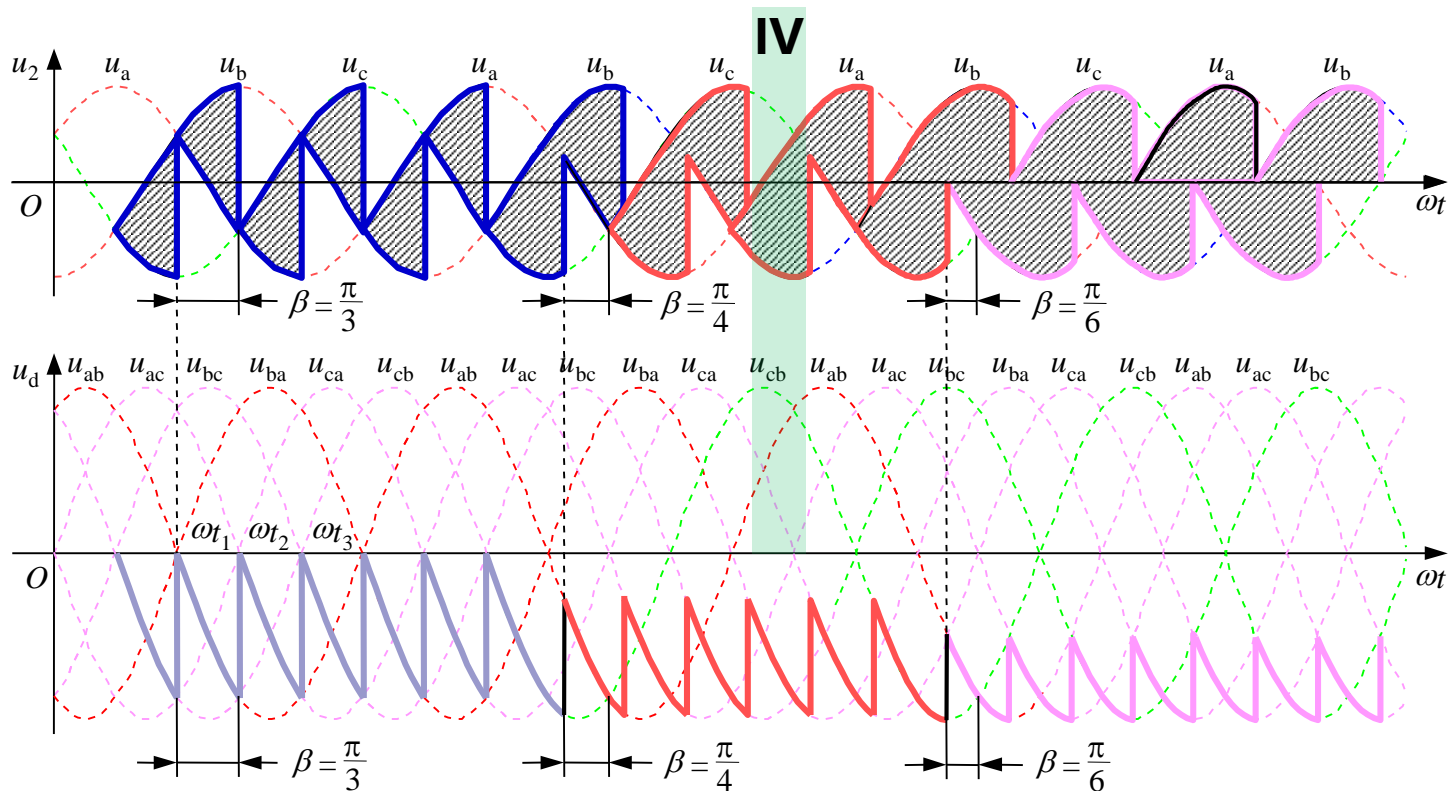


运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

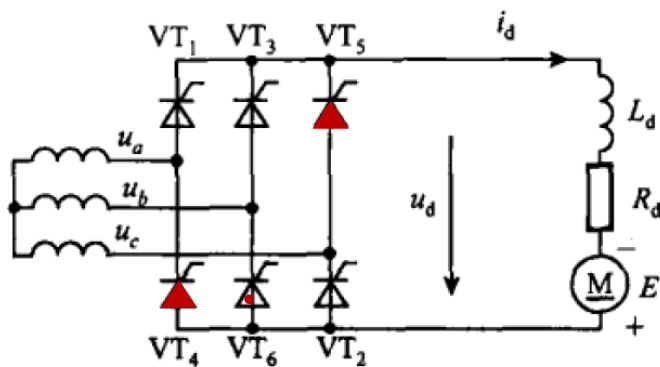


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

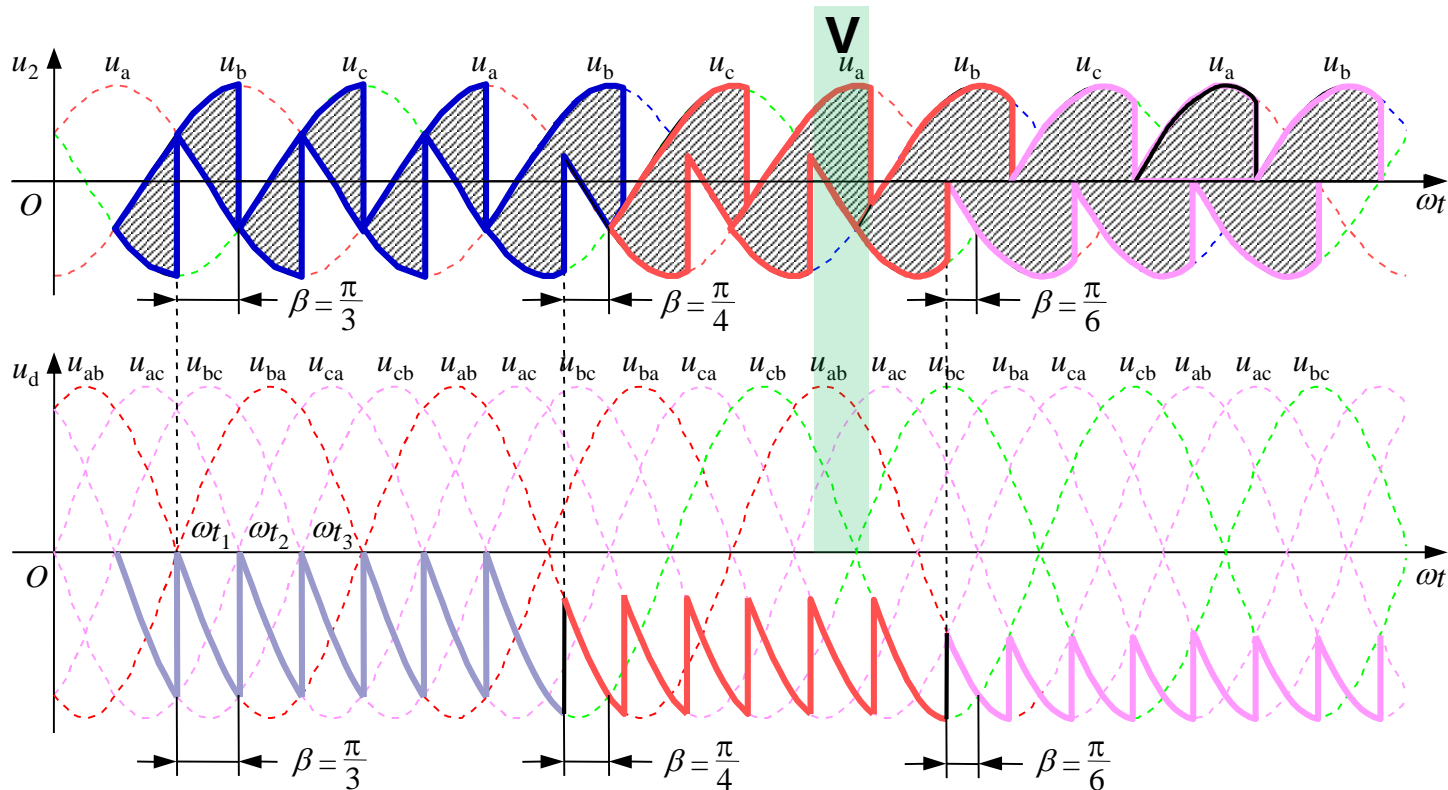


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

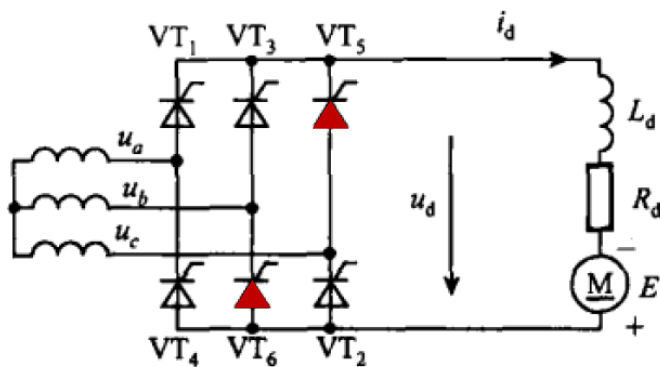


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

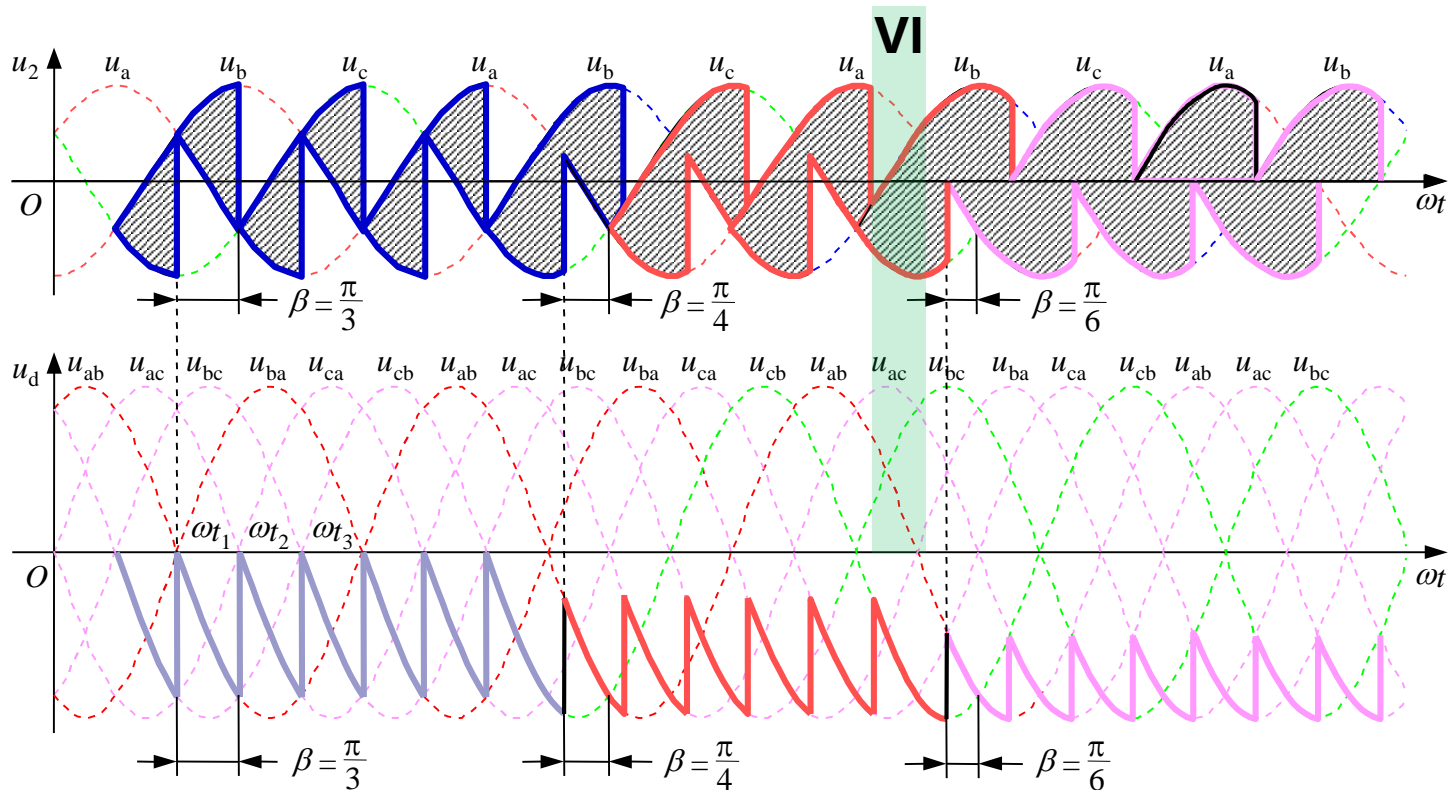


运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

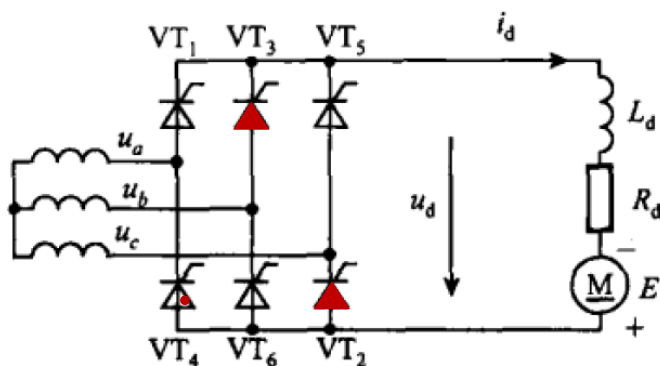


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

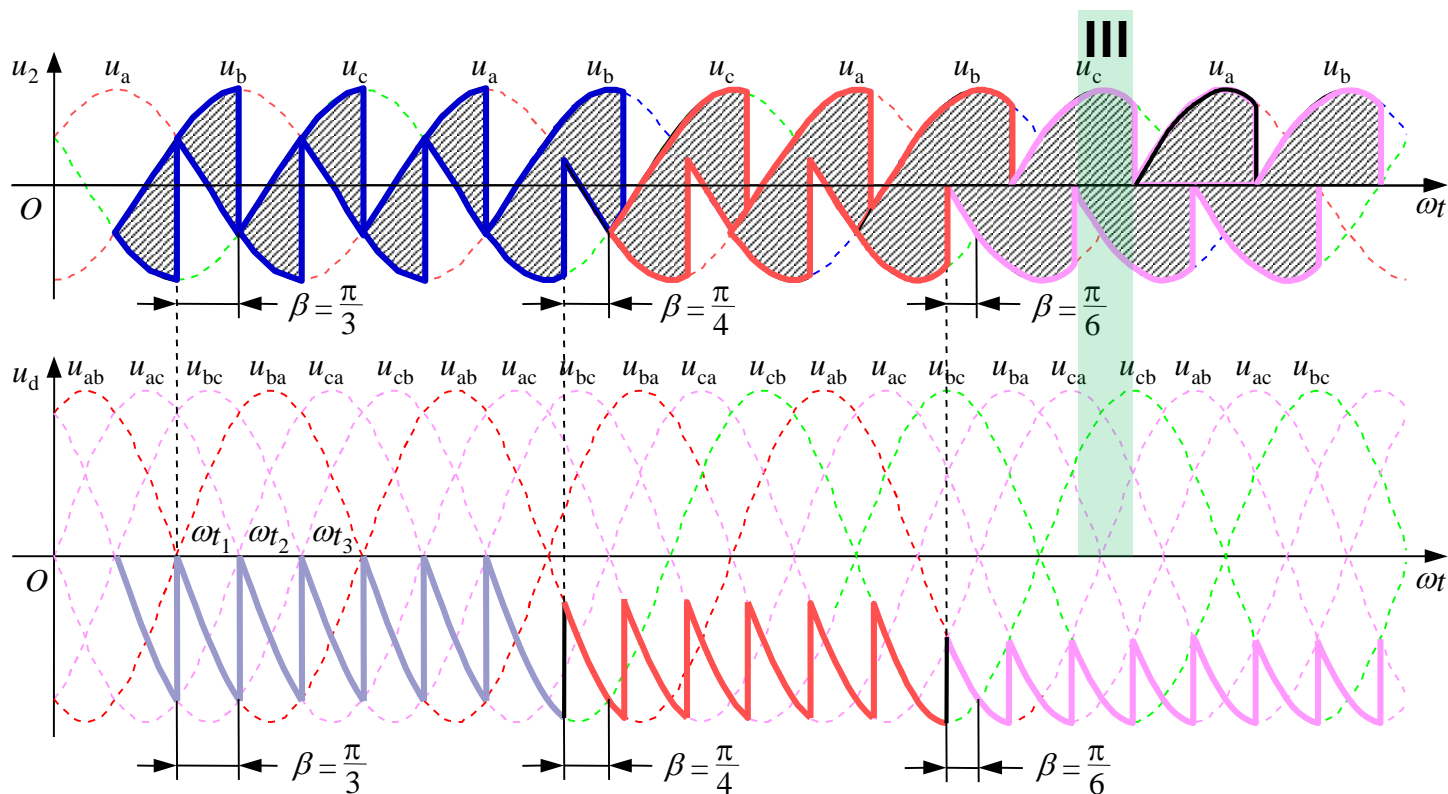


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

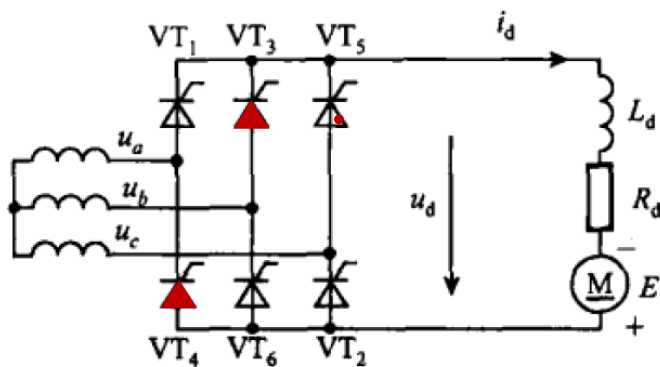


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

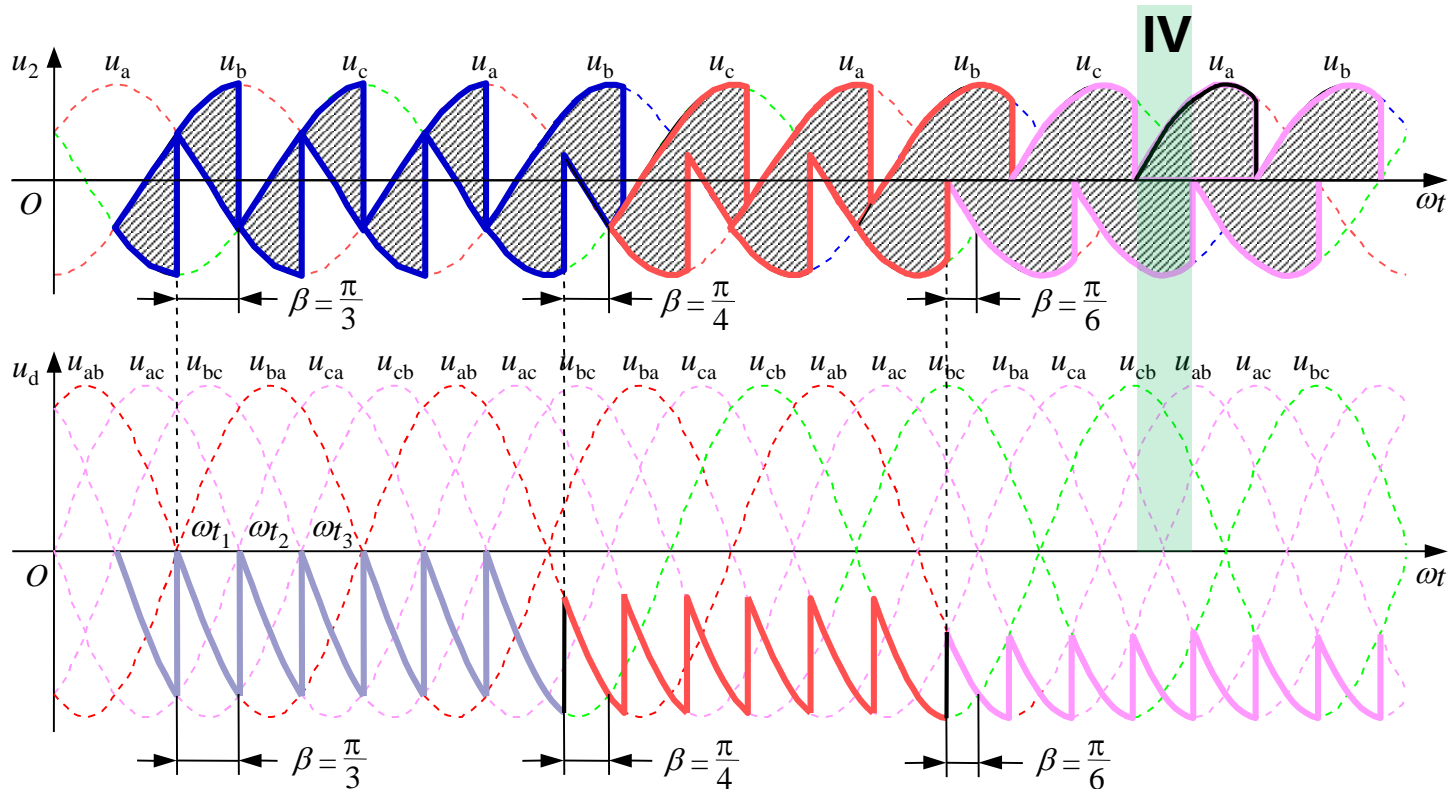


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

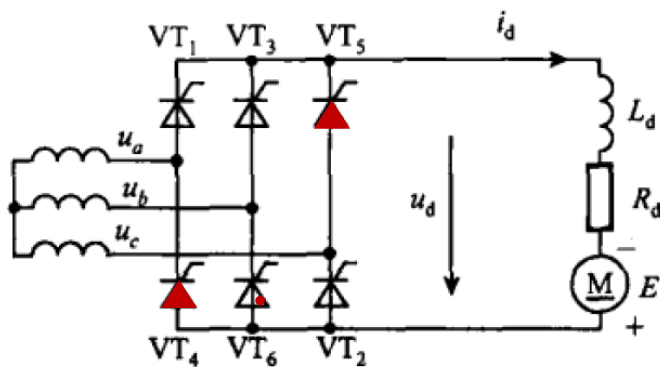


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

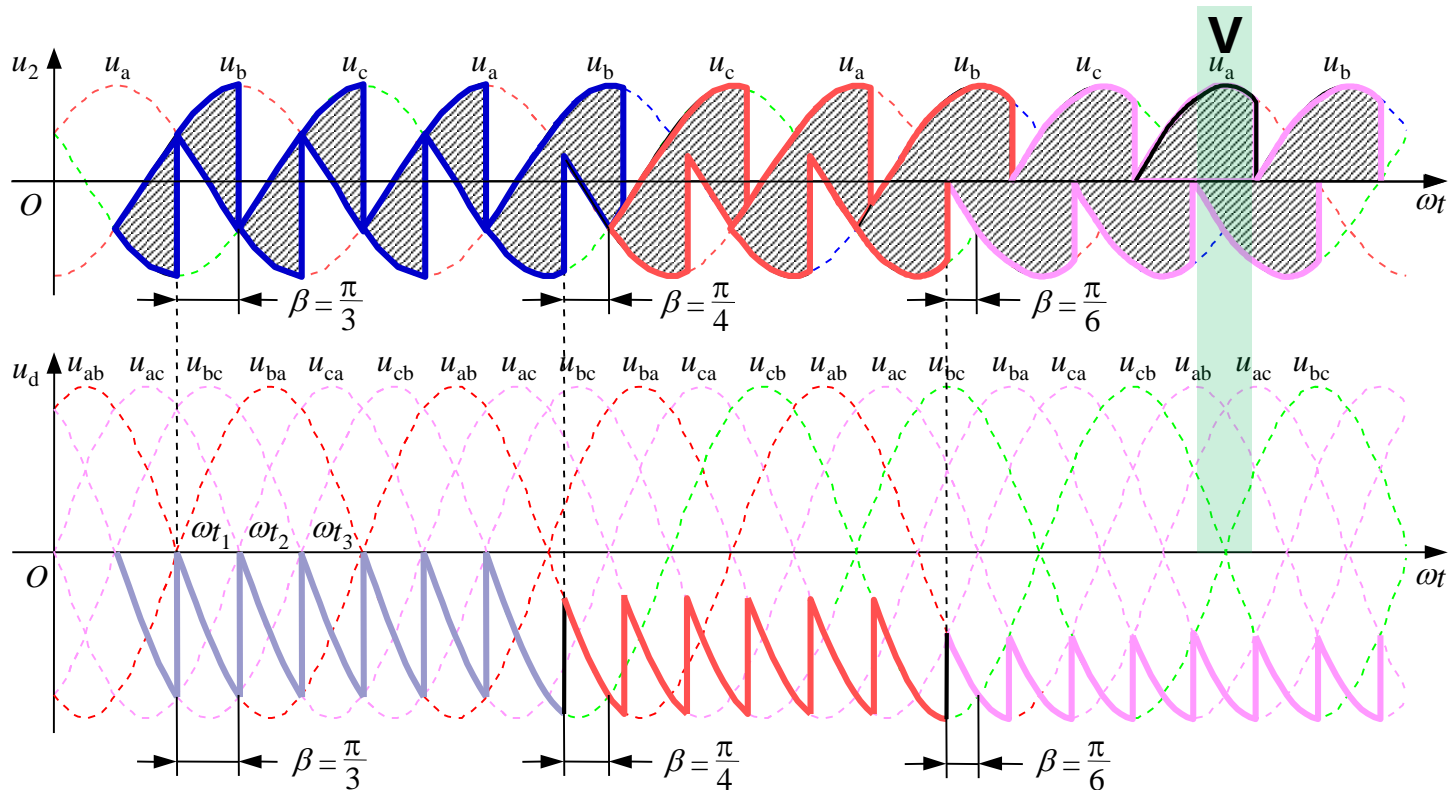


运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$

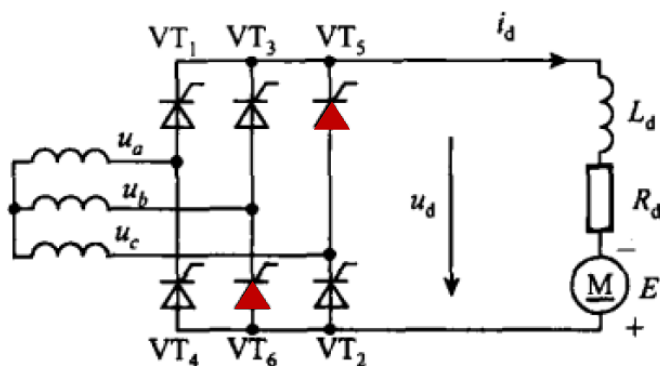


I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt

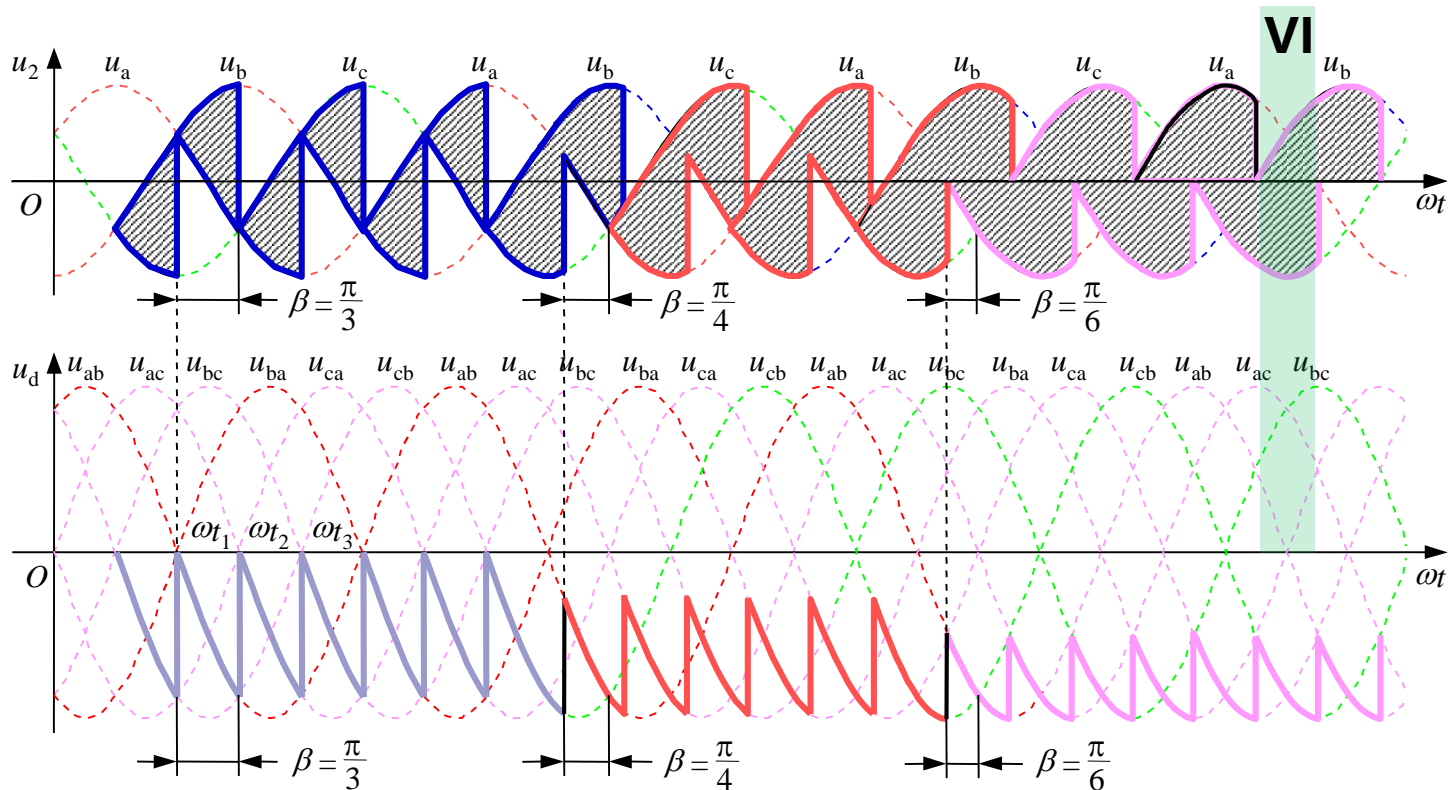


■ 运行 $\beta = \pi/3, \pi/4, \pi/6$



I	II	III	IV	V	VI
VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆

ωt



■ 直流平均电压:

$$U_d = -2.34U_2 \cos \beta$$

■ 直流平均电流:

$$I_d = \frac{U - E}{R_\Sigma}$$

■ 每个晶闸管导通 $2\pi/3$, 故流过晶闸管的电流平均值:

$$I_{dT} = \frac{I_d}{3}$$

有效值:

$$I_{VT} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = 0.577 I_d$$

■ 变压器副边电流有效值:

$$I_2 = \sqrt{2}I_T = \sqrt{\frac{2}{3}}I_d$$

5 逆变失败与最小逆变角的限制

■ 逆变失败（逆变颠覆）

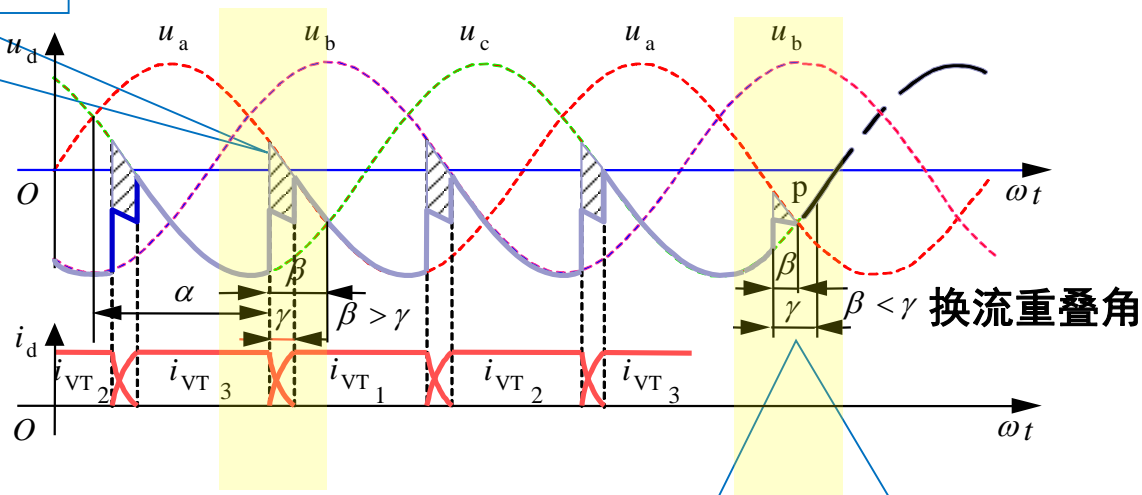
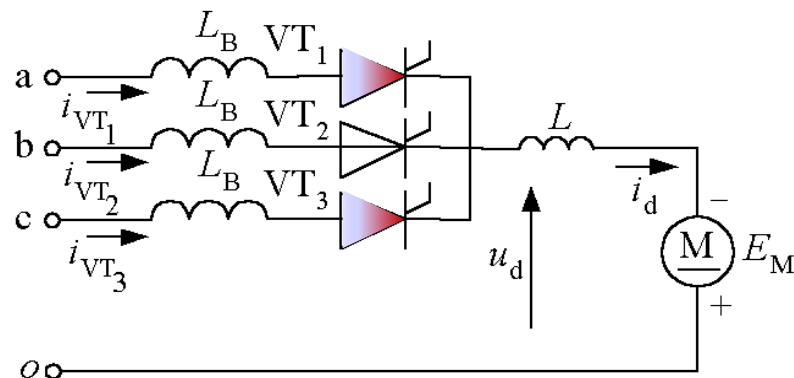
- 逆变时，一旦换相失败，外接直流电源就会通过晶闸管电路短路，或使变流器的输出平均电压和直流电动势变成顺向串联，形成很大短路电流。

■ 逆变失败的原因

- 触发电路工作不可靠（如脉冲丢失、脉冲延时等），致使晶闸管不能正常换相。
- 晶闸管发生故障（该断时不断，或该通时不通）。
- 交流电源缺相或突然消失。
- 换相的裕量角不足，引起换相失败。

■ 换流重叠现象的影响 (VT3换相于VT1为例)

① $\beta > \gamma$: 换相结束时, VT3能承受反压而关断。



□ 逆变电路:
换流重叠现象**增加**
了输出电压。

② $\beta < \gamma$: 该通的VT₁会关断, 而应关断的VT₃不能关断, 最终导致逆变失败。

■ 确定最小逆变角 β_{\min}

逆变时允许采用的最小逆变角 β 应等于

$$\beta_{\min} > \gamma \text{ 换流重叠角}$$

安全逆变工作条件：

$$\beta > \beta_{\min}$$

β_{\min} 一般取 $30^\circ \sim 35^\circ$

Thanks!

用四年的奋斗点亮最美青春，用四年的奋斗创造精彩人生。