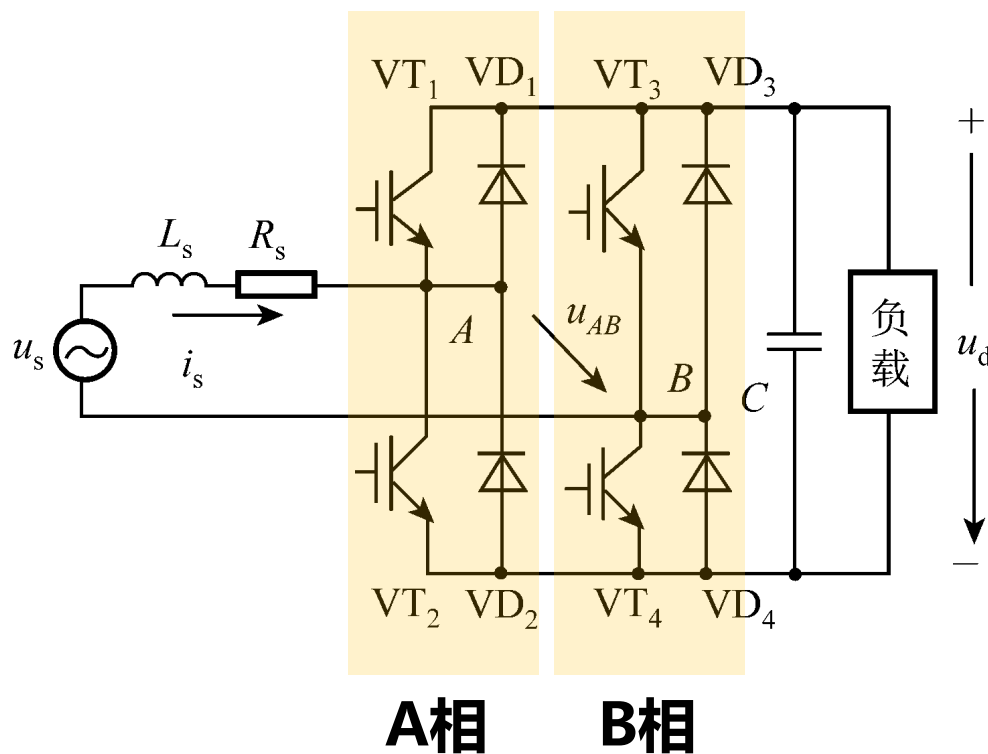


7.1 单相PWM整流电路工作原理

■ SPWM调制方式:

- 单极性调制
- 双极性调制



■ 调制信号:

A相调制信号: $y_A = m \sin(\omega t + \delta)$

B相调制信号: $y_B = -m \sin(\omega t + \delta)$

SPWM调制过程:

A相输出电压参考值:
(期望输出电压)

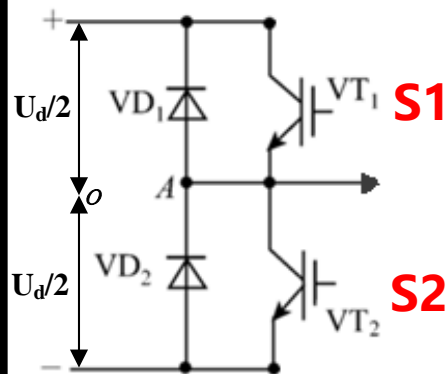
$$U_{AO} = U_m \sin(\omega t + \delta)$$

A相调制信号:

$$y_{AO} = \frac{U_{AO}}{U_{dc}/2} = m \sin(\omega t + \delta)$$

调制系数: $m = U_m / (U_{dc}/2)$ ($0 \leq m \leq 1$)

A相变换器

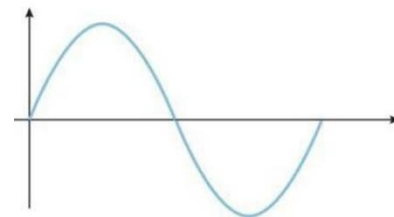


PWM驱动信号
S1 和 S2

单极性 &
双极性?

调制

A相调制信号



$$y_A = m \sin(\omega t + \delta)$$

等腰三角载波

单极性 & 双极性?

输出电压的基波分量:

$$U_{AO} = (U_{dc}/2) m \sin(\omega t + \delta) = U_m \sin(\omega t + \delta)$$



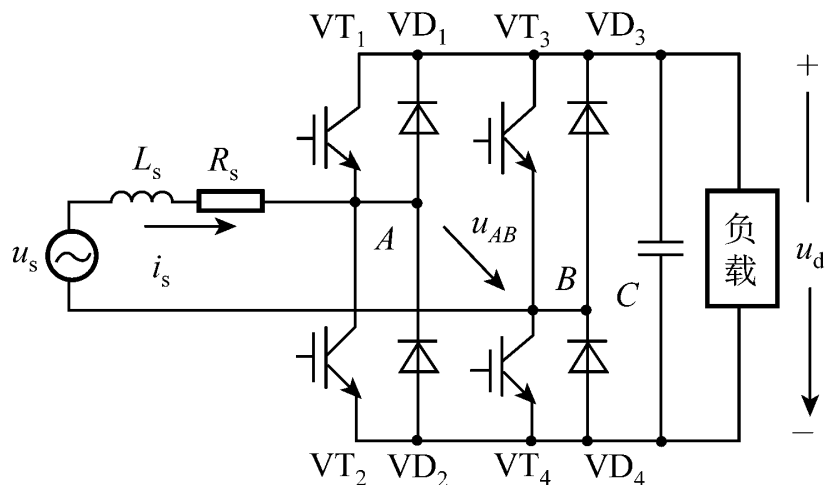
■ 输出电压

$$U_{AO} = (U_{dc}/2) m \sin(\omega t + \delta)$$

$$U_{BO} = -(U_{dc}/2) m \sin(\omega t + \delta)$$



$$U_{AB} = U_{dc} m \sin(\omega t + \delta)$$



调制信号

$$y = m \sin(\omega t + \delta)$$

■ 电路关系

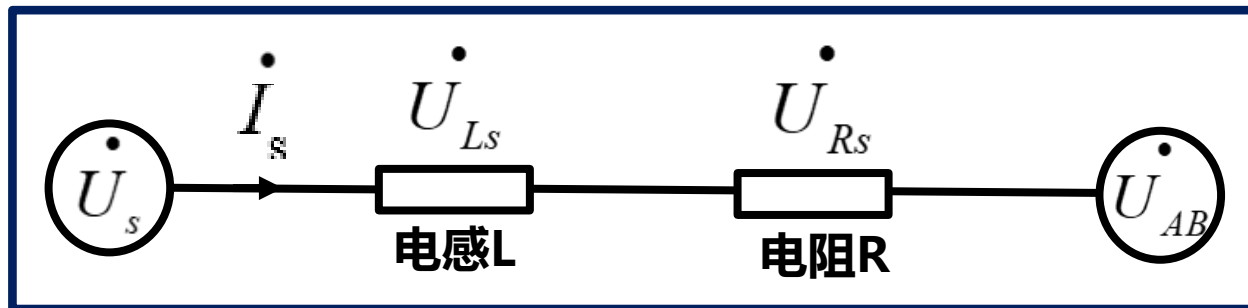
$$\dot{U}_s = \dot{U}_{Ls} + \dot{U}_{Rs} + \dot{U}_{AB}$$

$$\dot{U}_{Ls} = j\omega L_s \dot{I}_{Ls}$$



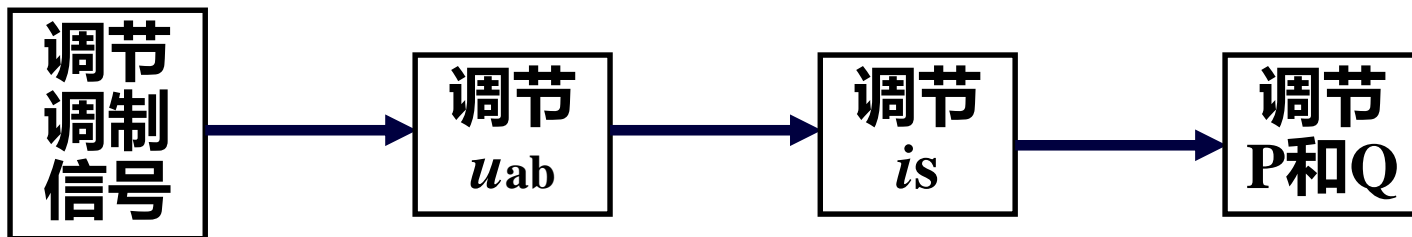
■ PWM变换器工作方式

等价
电路



$$\dot{U}_s = \dot{U}_{Ls} + \dot{U}_{Rs} + \dot{U}_{AB}$$
$$\dot{U}_{Ls} = j\omega L_s \dot{I}_{Ls}$$

本质：



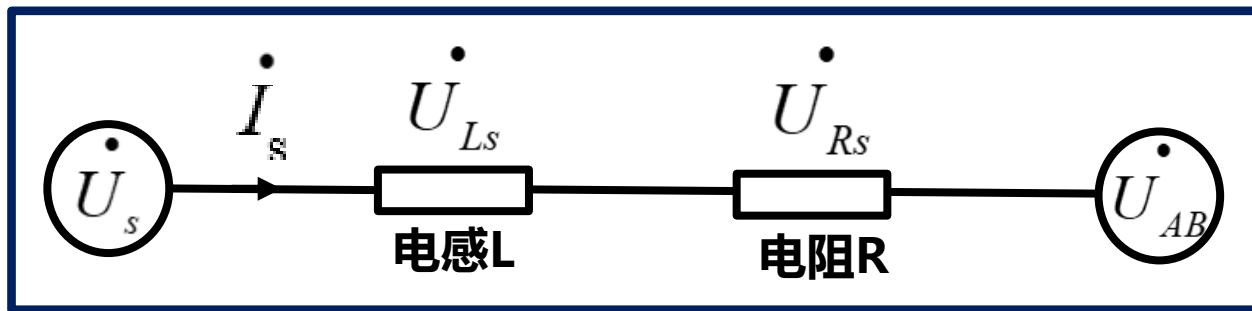
$$P = U_s I_s \cos(\delta)$$

$$Q = U_s I_s \sin(\delta)$$

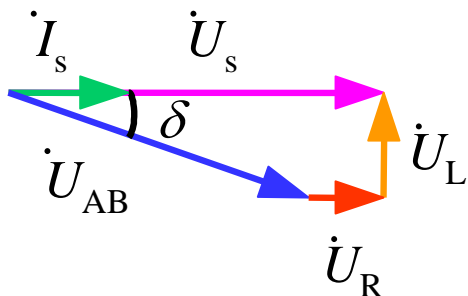
■ PWM变换器工作方式



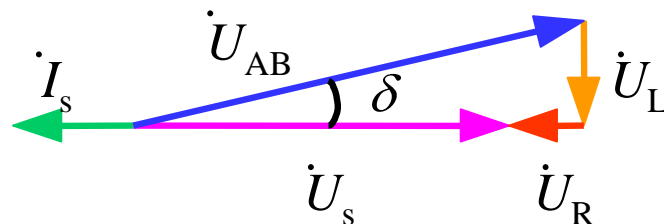
等价
电路



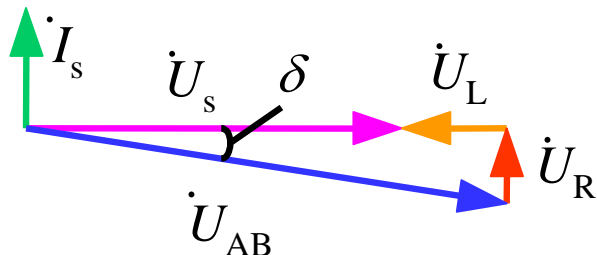
整流?
逆变?



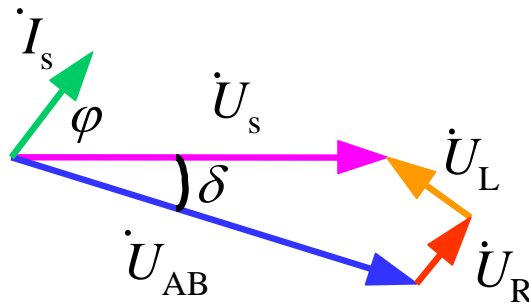
a) 整流运行



b) 逆变运行

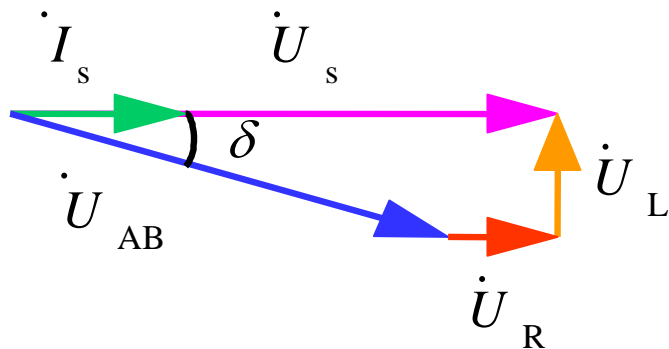
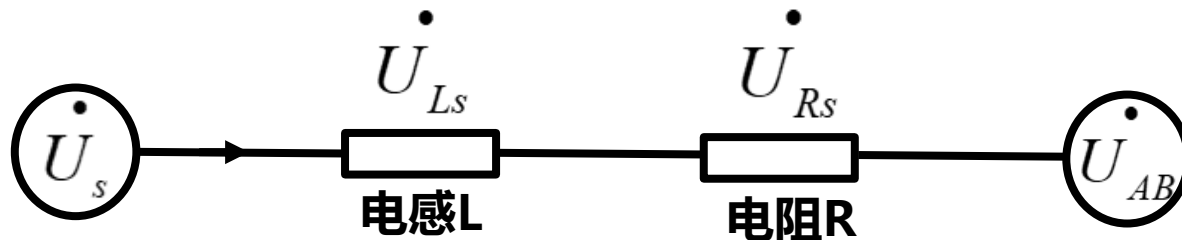


c) 无功补偿运行



d) \dot{I}_s 超前角为 φ

■ 整流运行

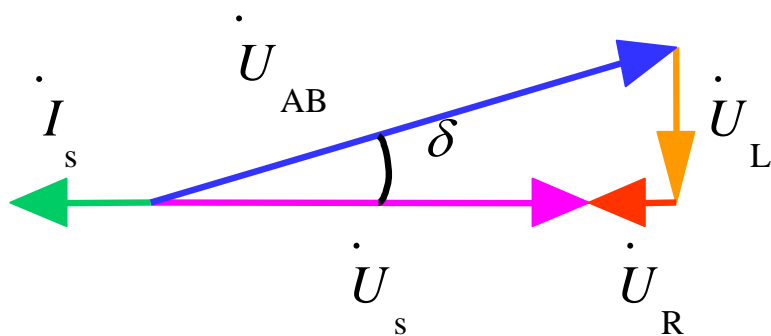
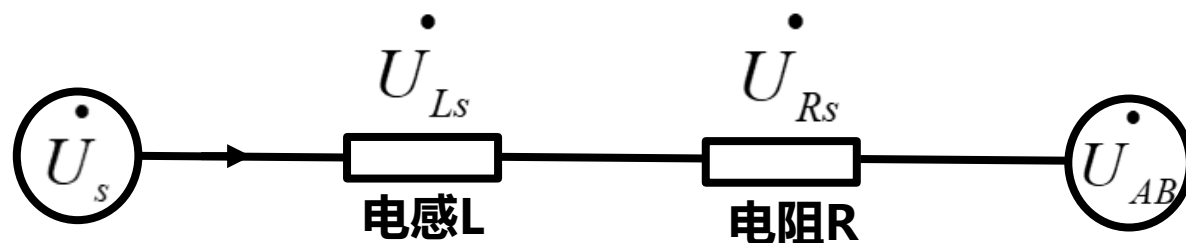


- a: \dot{U}_{AB} 滞后 \dot{U}_s 相角 δ , \dot{I}_s 和 \dot{U}_s 同相, **整流状态**, 功率因数为1。PWM整流电路最基本的工作状态。

$$\begin{aligned}\dot{U}_s &= \dot{U}_{Ls} + \dot{U}_{Rs} + \dot{U}_{AB} \\ \dot{U}_{Ls} &= j\omega L_s \dot{I}_{Ls}\end{aligned}$$

如何调节Uab?

■ 逆变运行

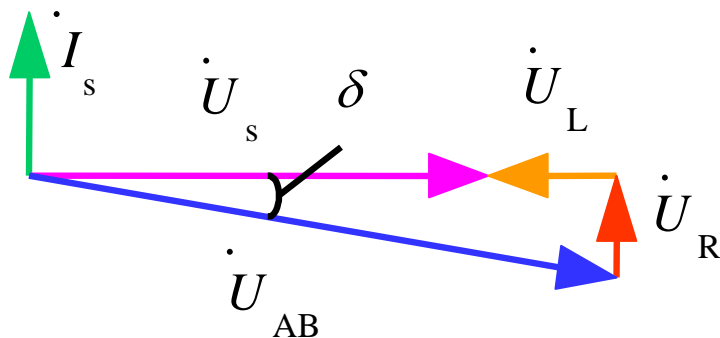
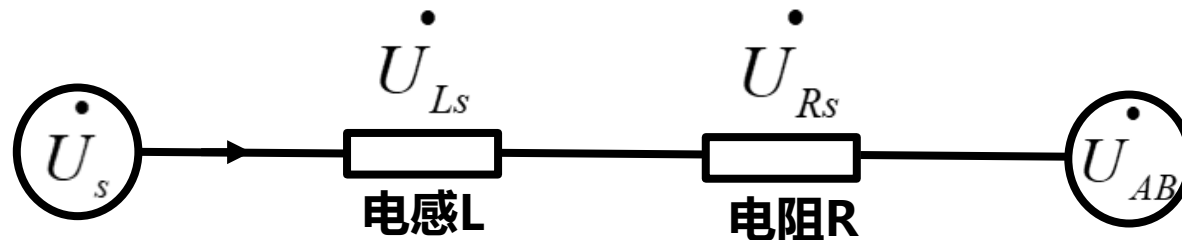


- b: \dot{U}_{AB} 超前 \dot{U}_s 相角 δ , \dot{I}_s 和 \dot{U}_s 反相, 逆变状态, 说明PWM整流电路可实现能量正反两个方向的流动, 这一特点对于需再生制动的交流电动机调速系统很重要

$$\begin{aligned}\dot{U}_s &= \dot{U}_{Ls} + \dot{U}_{Rs} + \dot{U}_{AB} \\ \dot{U}_{Ls} &= j\omega L_s \dot{I}_{Ls}\end{aligned}$$

如何调节Uab?

■ 无功补偿运行

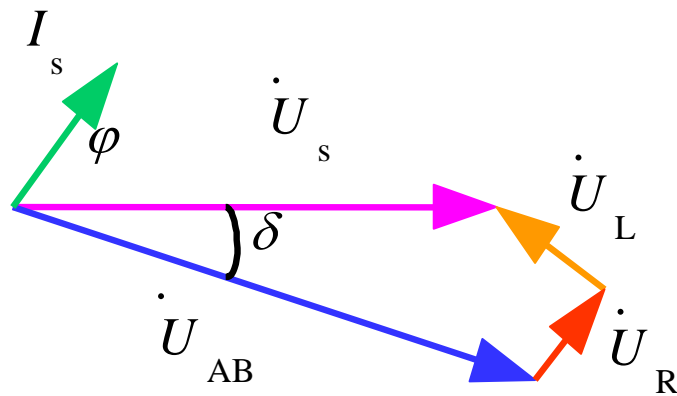
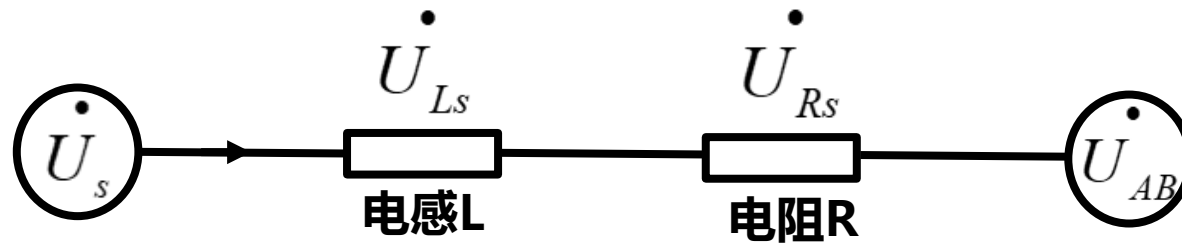


- c: \dot{U}_{AB} 滞后 \dot{U}_s 相角 δ , \dot{I}_s 超前 \dot{U} 90° , 电路向交流电源送出无功功率, 这时称为**静止无功功率发生器 (Static Var Generator—SVG)**。

$$\begin{aligned}\dot{U}_s &= \dot{U}_{Ls} + \dot{U}_{Rs} + \dot{U}_{AB} \\ \dot{U}_{Ls} &= j\omega L_s \dot{I}_{Ls}\end{aligned}$$

如何调节Uab?

■ 超前角运行

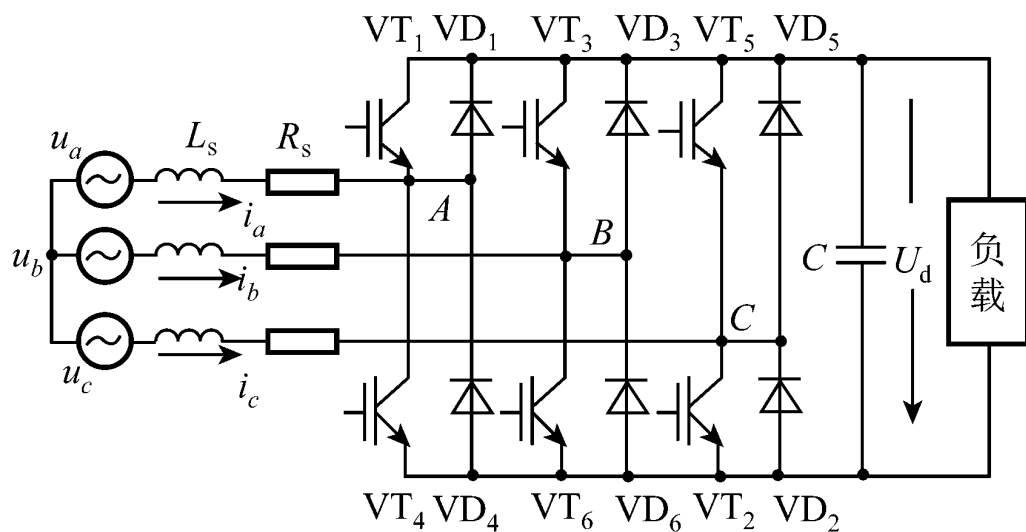


- d: 通过对 \dot{U}_{AB} 幅值和相位的控制，可以使 I_s 比 \dot{U}_s 超前或滞后任一角度 φ 。

$$\begin{aligned}\dot{U}_s &= \dot{U}_{Ls} + \dot{U}_{Rs} + \dot{U}_{AB} \\ \dot{U}_{Ls} &= j\omega L_s \dot{I}_{Ls}\end{aligned}$$

如何调节Uab?

7.2 三相PWM整流电路工作原理



进行SPWM控制，在交流输入端A、B和C可得SPWM电压，按类似单相PWM整流电路的相量图控制，可使 i_a 、 i_b 、 i_c 为正弦波且和电压同相且功率因数近似为1

总结

■ PWM整流电路特点

- (1) 输出直流电压平稳，可迅速调节控制
- (2) 输入交流电源电流波形正弦
- (3) 输入的交流电流功率因数可任意控制
- (4) AC-DC间的功率流向是可以双向可控的
- (5) 变换器低损耗