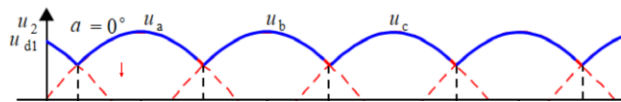




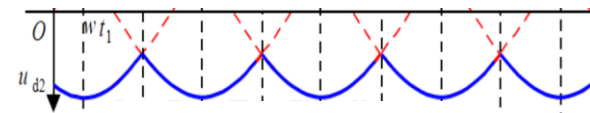
3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

■ 预备知识：习题 p97-9, p98-10

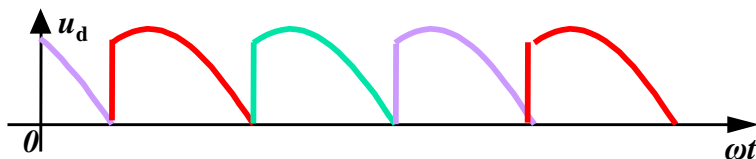
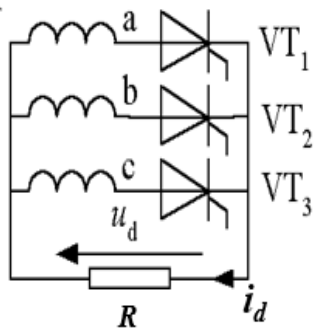
- 阴极连接在一起（共阴极接法）的3个晶闸管（ VT_1, VT_3, VT_5 ）称为**共阴极组**
- 阳极连接在一起（共阳极接法）的3个晶闸管（ VT_4, VT_6, VT_2 ）称为**共阳极组**



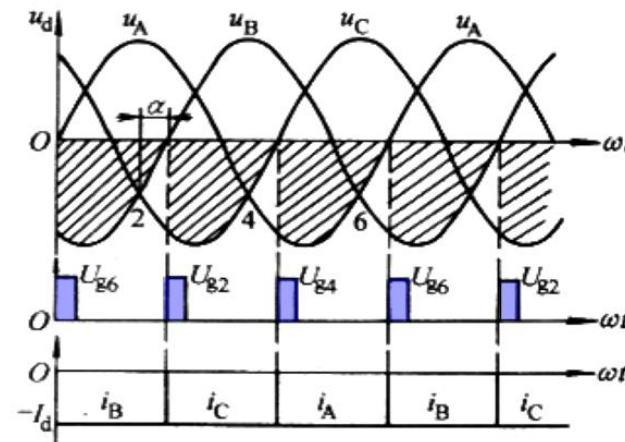
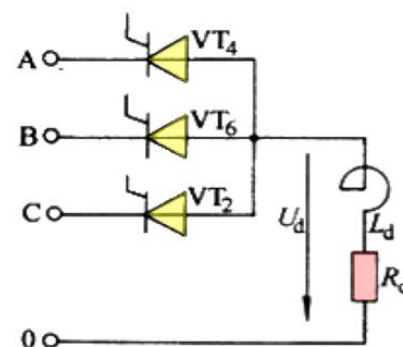
三相半波 u_d 波形 @ $\alpha=0^\circ$, 共阴极接法



三相半波 u_d 波形 @ $\alpha=0^\circ$, 共阳极接法



共阴极接法三相半波 u_d 波形 @ $\alpha=30^\circ$



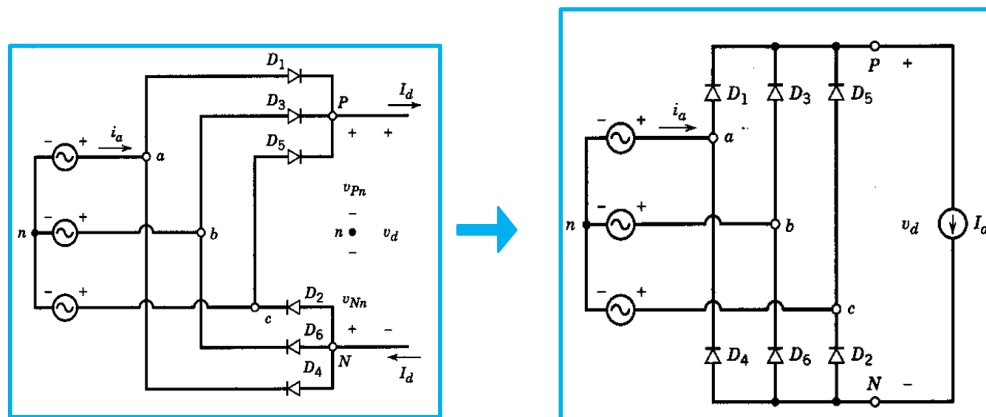
共阳极接法三相半波 u_d 波形（阴影部分） @ $\alpha=30^\circ$ 。



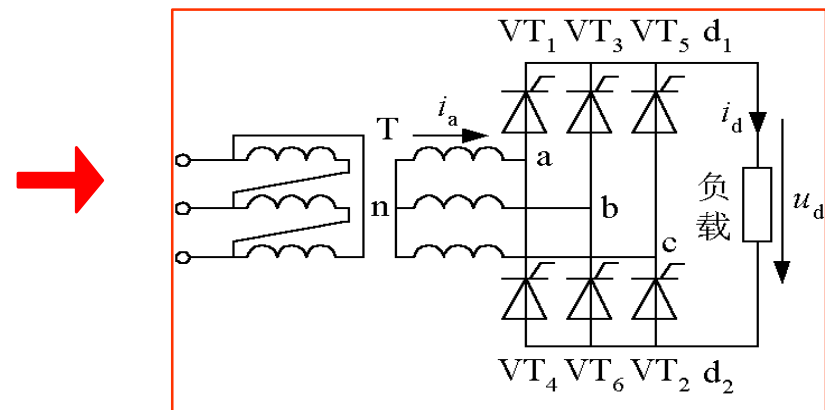
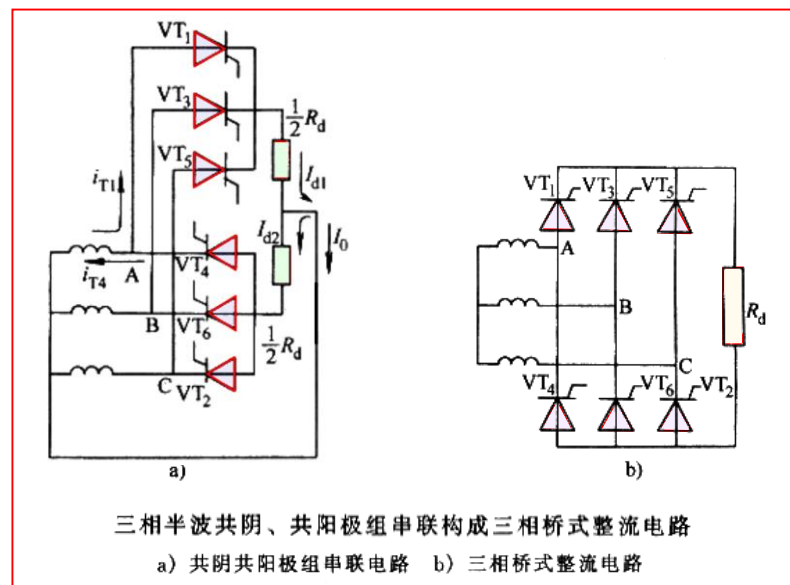
3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

■ 电路结构的由来：两个三相半波电路组合——共阴极组与共阳极组相串联

不可控：半波→桥式

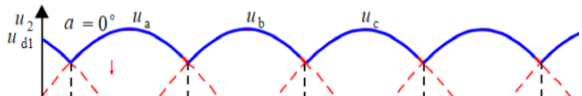


可控：半波→桥式

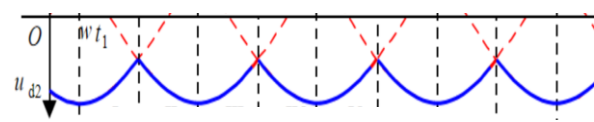
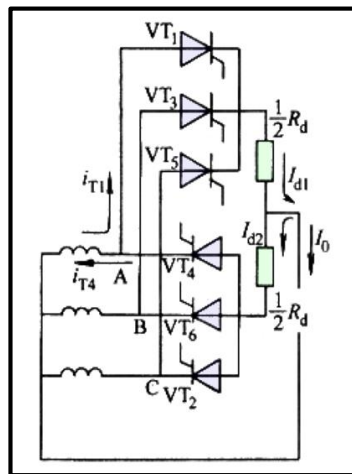
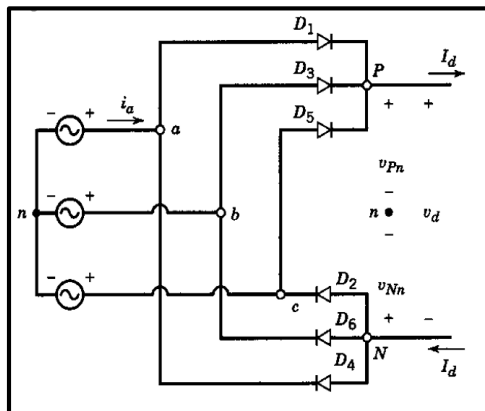




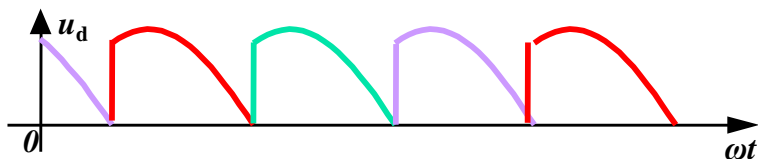
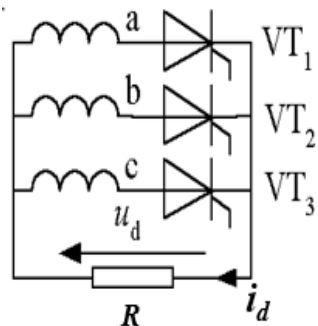
- 共阴极三相半波电路输出相电压中位于正半周的部分包络线 u_{Pn}/u_{d1}
- 共阳极三相半波电路输出相电压中位于负半周的部分包络线 u_{Nn}/u_{d2}



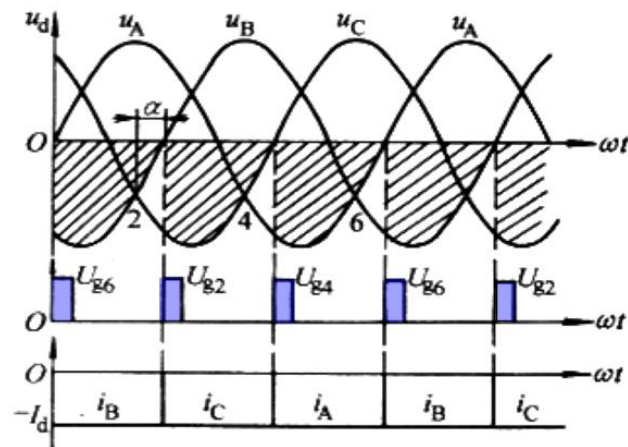
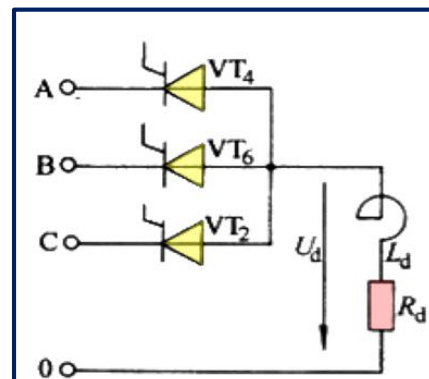
三相半波 u_d 波形 @ $\alpha=0^\circ$, 共阴极



三相半波 u_d 波形 @ $\alpha=0^\circ$, 共阳极



共阴极接法三相半波 u_d 波形 @ $\alpha=30^\circ$



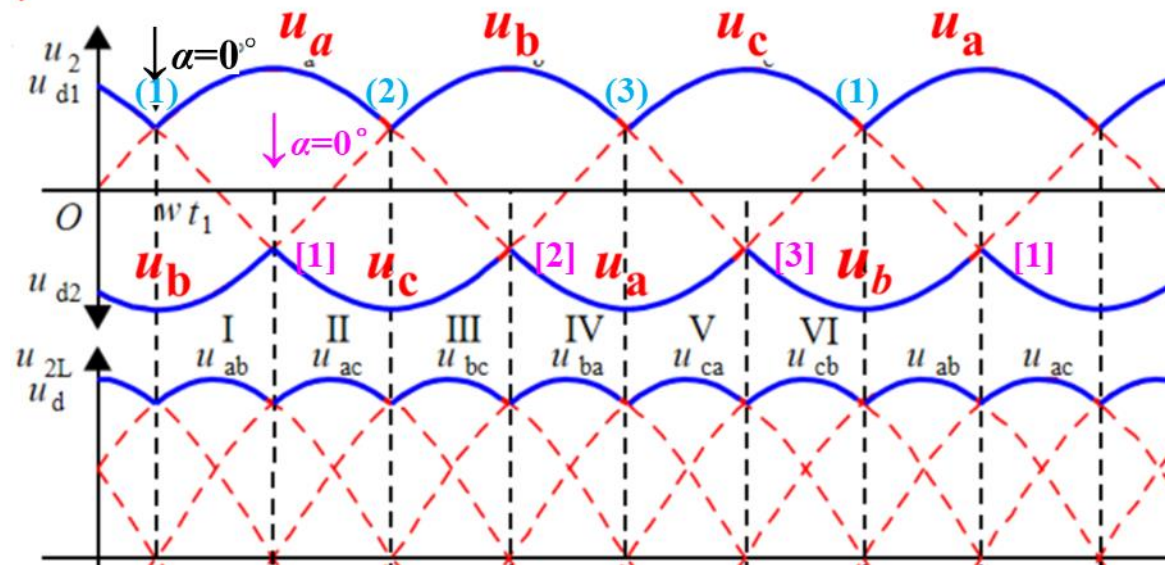
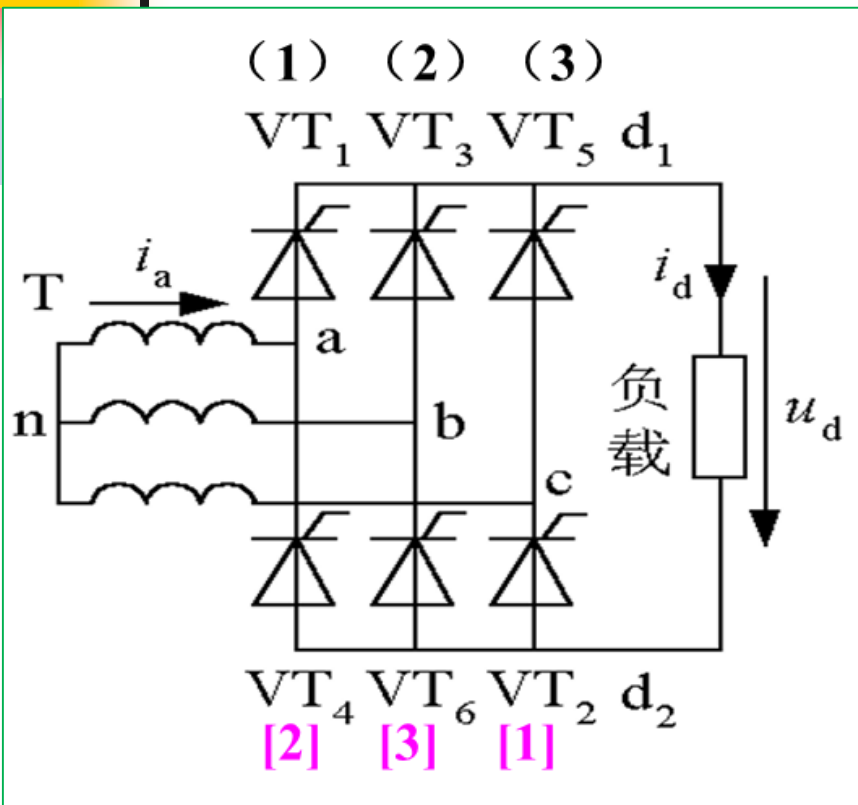
共阳极接法三相半波 u_d 波形 @ $\alpha=30^\circ$

■ 结论：两组叠加——桥式电路直流侧电压波形 u_d ($u_d = u_{d1} - u_{d2}$) 由6段线电压组成！



3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

■ 观察波形：1. 晶闸管触发脉冲如何安排？2. 晶闸管导通的顺序/编号？



时段	I	II	III	IV	V	VI
共阴极组中导通的晶闸管	VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
共阳极组中导通的晶闸管	VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆
整流输出电压 u_d	$u_a - u_b$ $= u_{ab}$	$u_a - u_c$ $= u_{ac}$	$u_b - u_c$ $= u_{bc}$	$u_b - u_a$ $= u_{ba}$	$u_c - u_a$ $= u_{ca}$	$u_c - u_b$ $= u_{cb}$

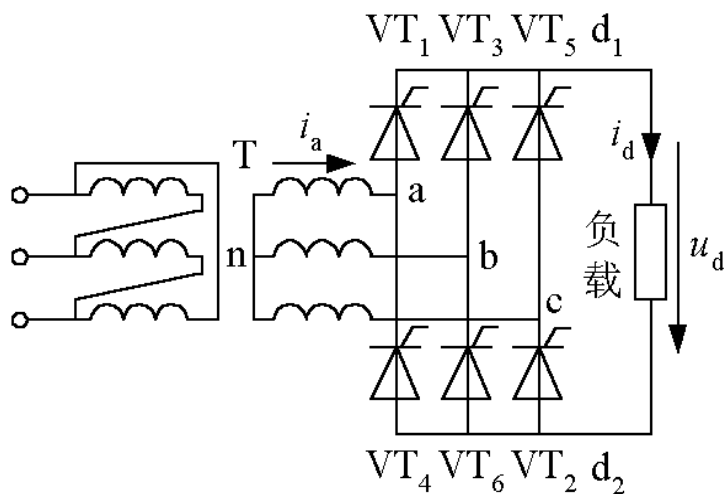
■ 电流通路的保证：

- 开始工作时必须要有两只器件同时导通
- 采用单宽脉冲触发（ $>60^\circ$ ，一般取 80° 左右）
- 或采用双窄脉冲触发

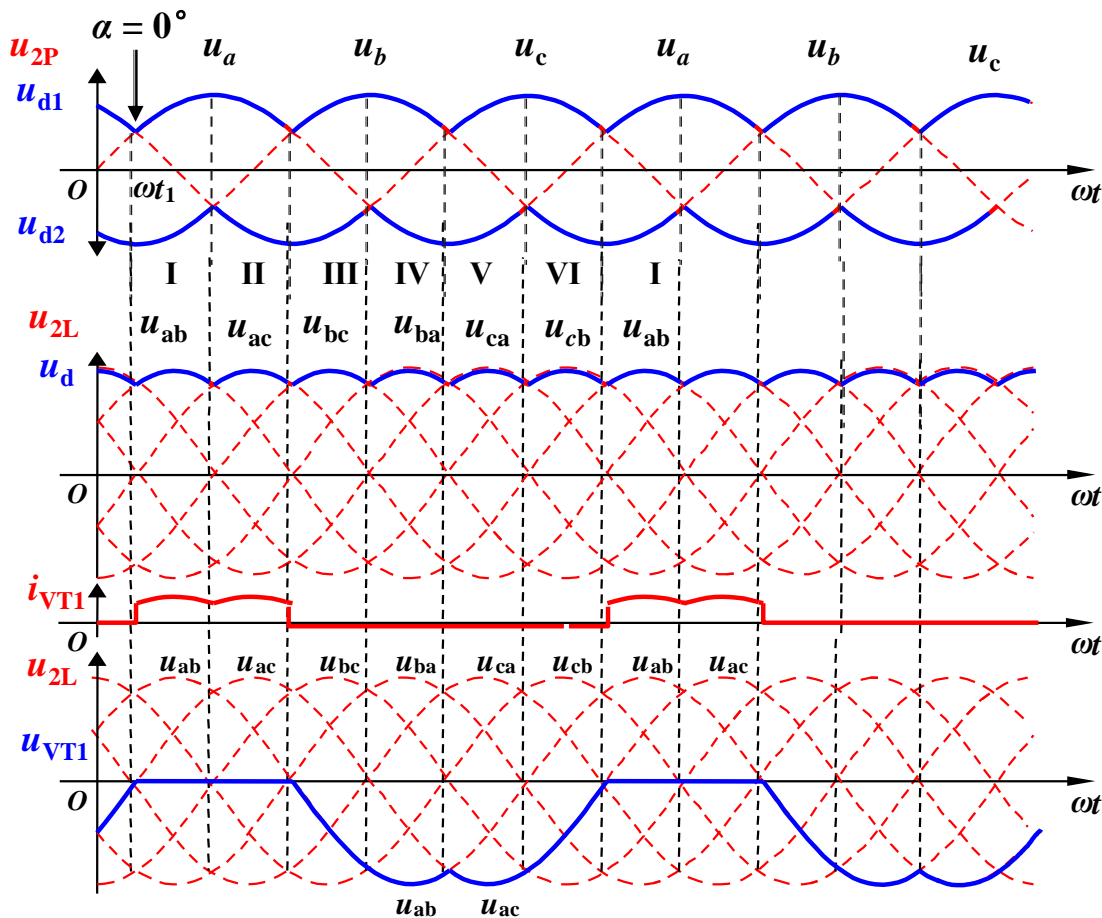


3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

$\alpha=0^\circ$ ，电阻负载，三相桥式全控整流电路工作原理分析



区间	I	II	III	IV	V	VI
共阴极组中导通的晶闸管	VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
共阳极组中导通的晶闸管	VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆
整流输出电压 u_d	u_{ab}	u_{ac}	u_{bc}	u_{ba}	u_{ca}	u_{cb}

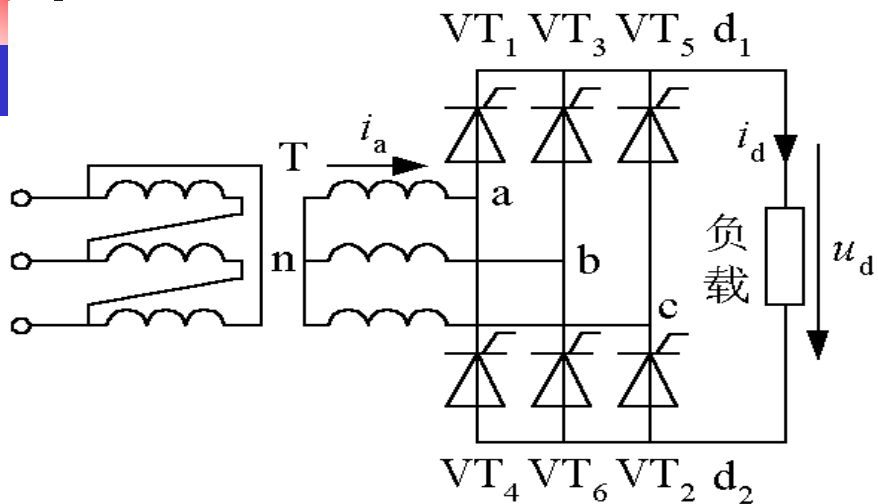


三相桥式全控整流电路带电阻负载 $\alpha=0^\circ$ 时的波形

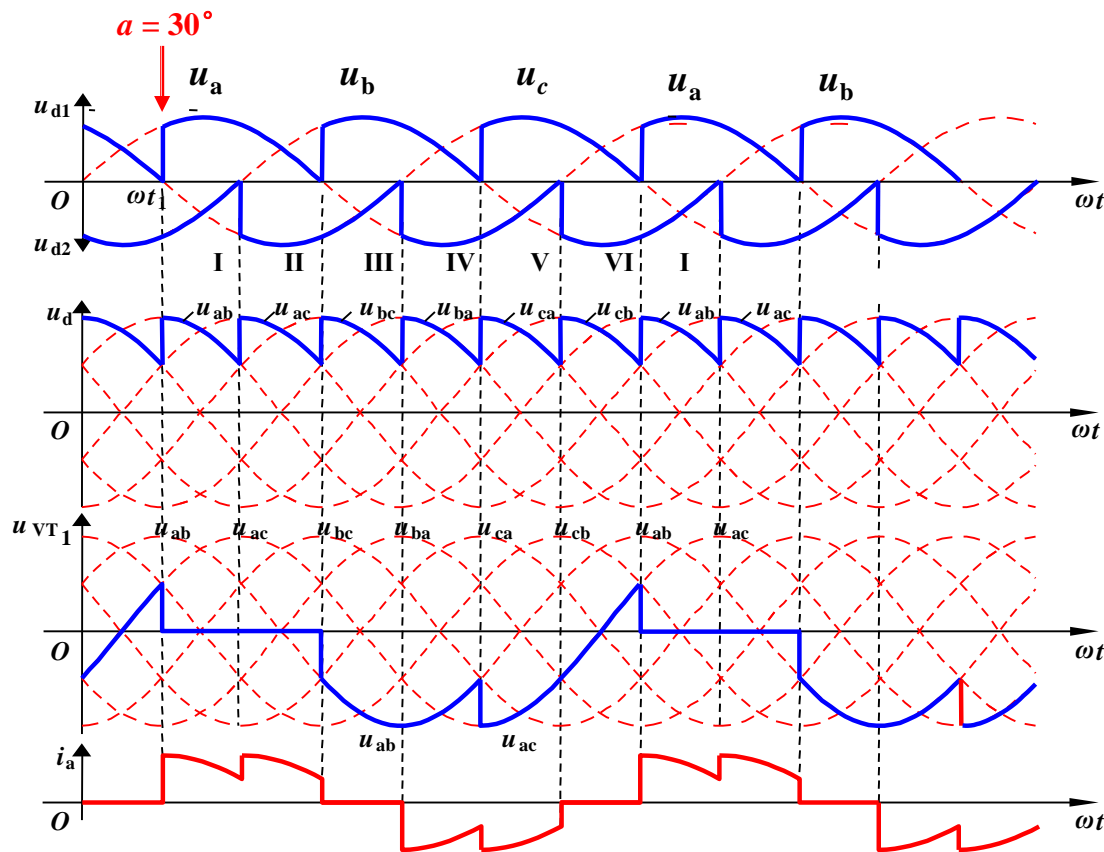


3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

$\alpha=30^\circ$ ，电阻负载，三相桥式全控整流电路工作原理分析



区间	I	II	III	IV	V	VI
共阴极组中导通的晶闸管	VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
共阳极组中导通的晶闸管	VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆
整流输出电压 u_d	u_{ab}	u_{ac}	u_{bc}	u_{ba}	u_{ca}	u_{cb}

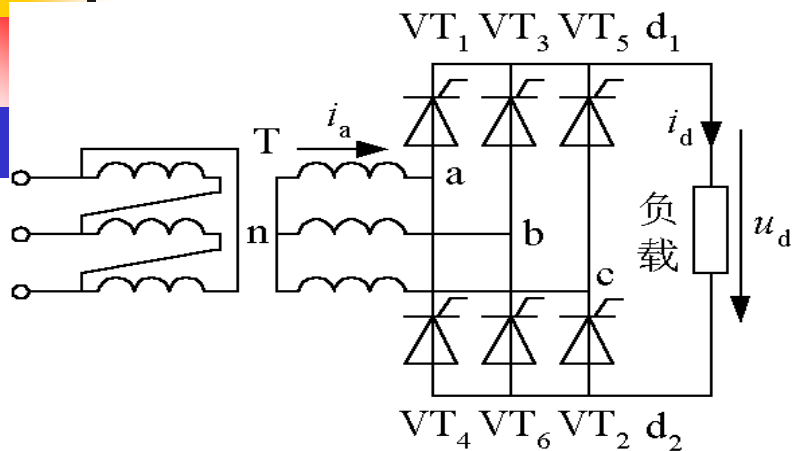


三相桥式全控整流电路带电阻负载 $\alpha=30^\circ$ 时的波形



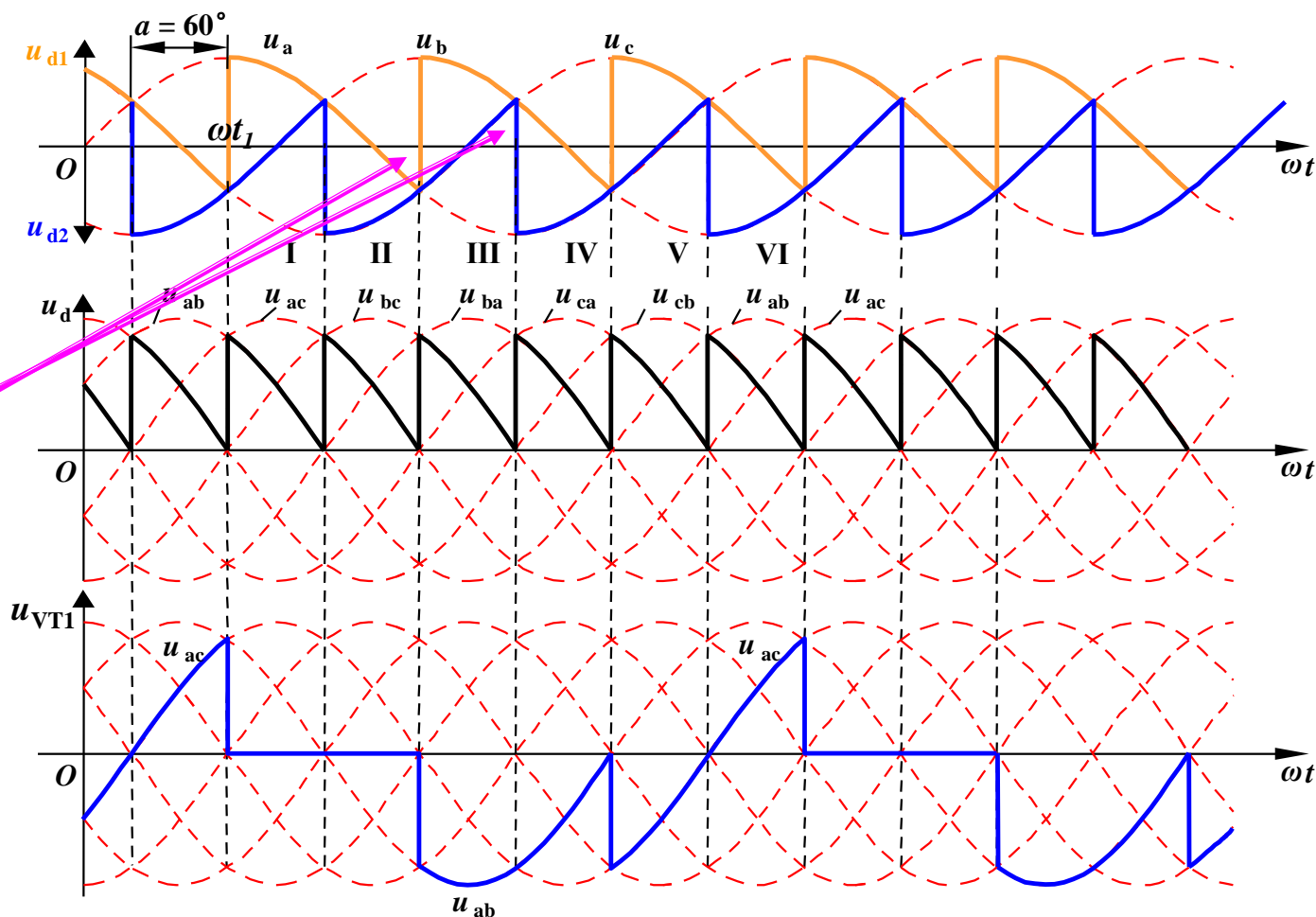
3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

$\alpha=60^\circ$ ，电阻负载，三相桥式全控整流电路工作原理分析



思考：为什么共阴（阳）极组在相电压为负（正）的期间内，晶闸管还能导通？

区间	I	II	III	IV	V	VI
共阴极组中导通的晶闸管	VT ₁	VT ₁	VT ₃	VT ₃	VT ₅	VT ₅
共阳极组中导通的晶闸管	VT ₆	VT ₂	VT ₂	VT ₄	VT ₄	VT ₆
整流输出电压 u_d	u_{ab}	u_{ac}	u_{bc}	u_{ba}	u_{ca}	u_{cb}

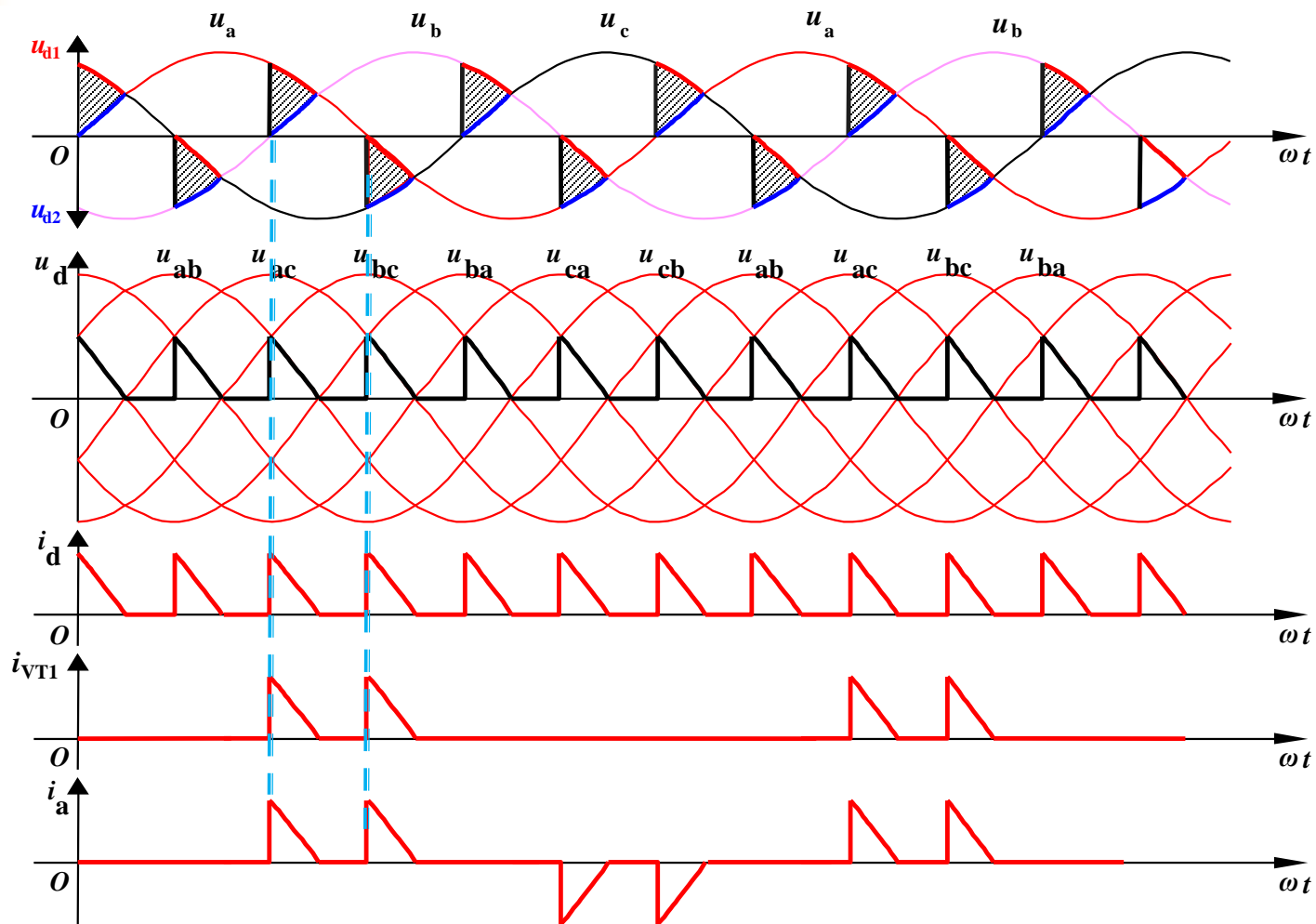


三相桥式全控整流电路带电阻负载 $\alpha=60^\circ$ 时的波形（临界连续）



3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

$\alpha = 90^\circ$ ，电阻负载，三相桥式全控整流电路工作原理分析



三相桥式全控整流电路带电阻负载
 $\alpha=90^\circ$ 时的波形（电压波形断续）

■ 思考：

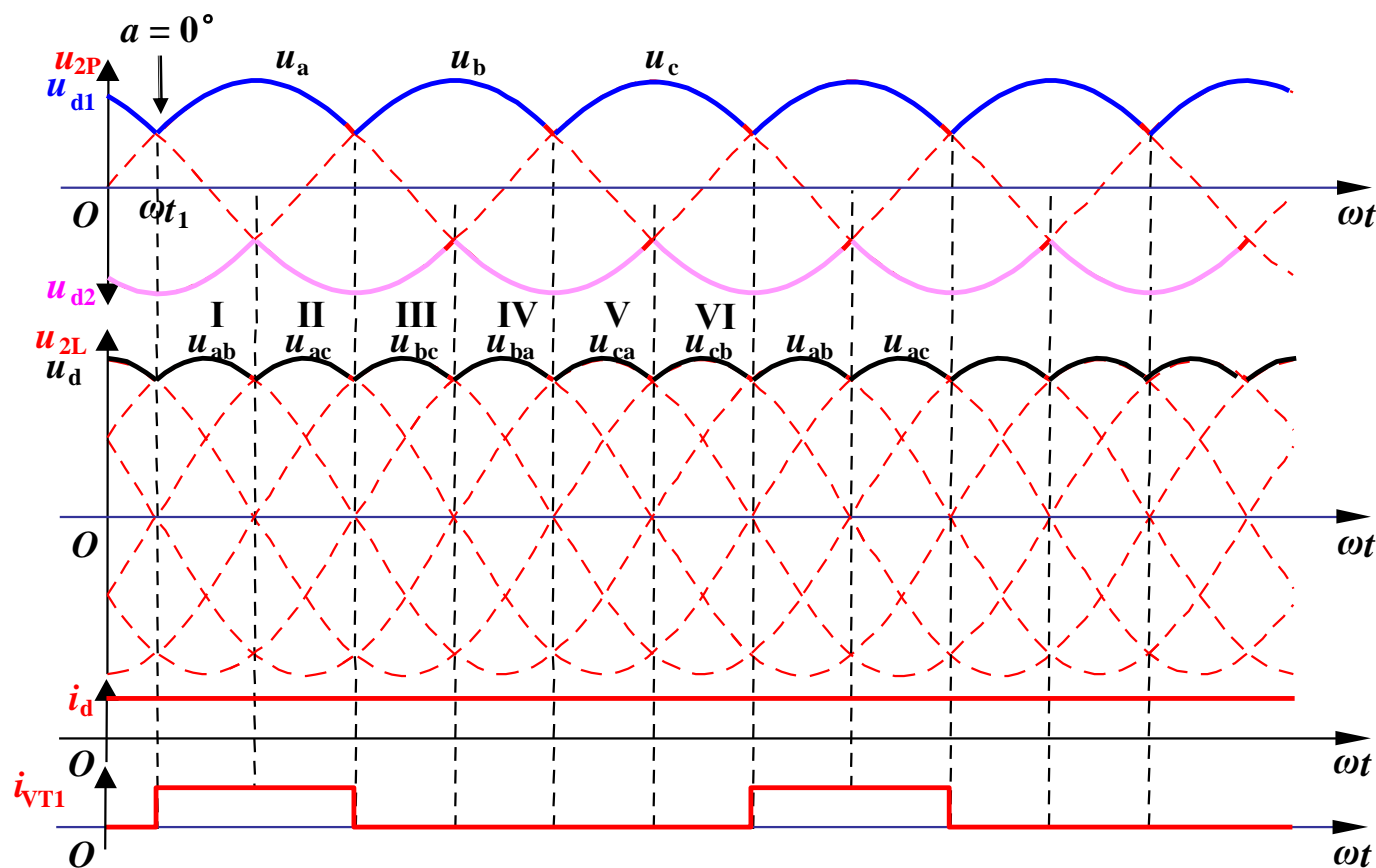
□ α 为何值时， $U_d=0$ ？

□ 电阻性负载时的移相范围？



3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

$\alpha = 0^\circ$ ，阻感负载（ $\omega L \gg R$ ），三相桥式全控整流电路工作原理分析

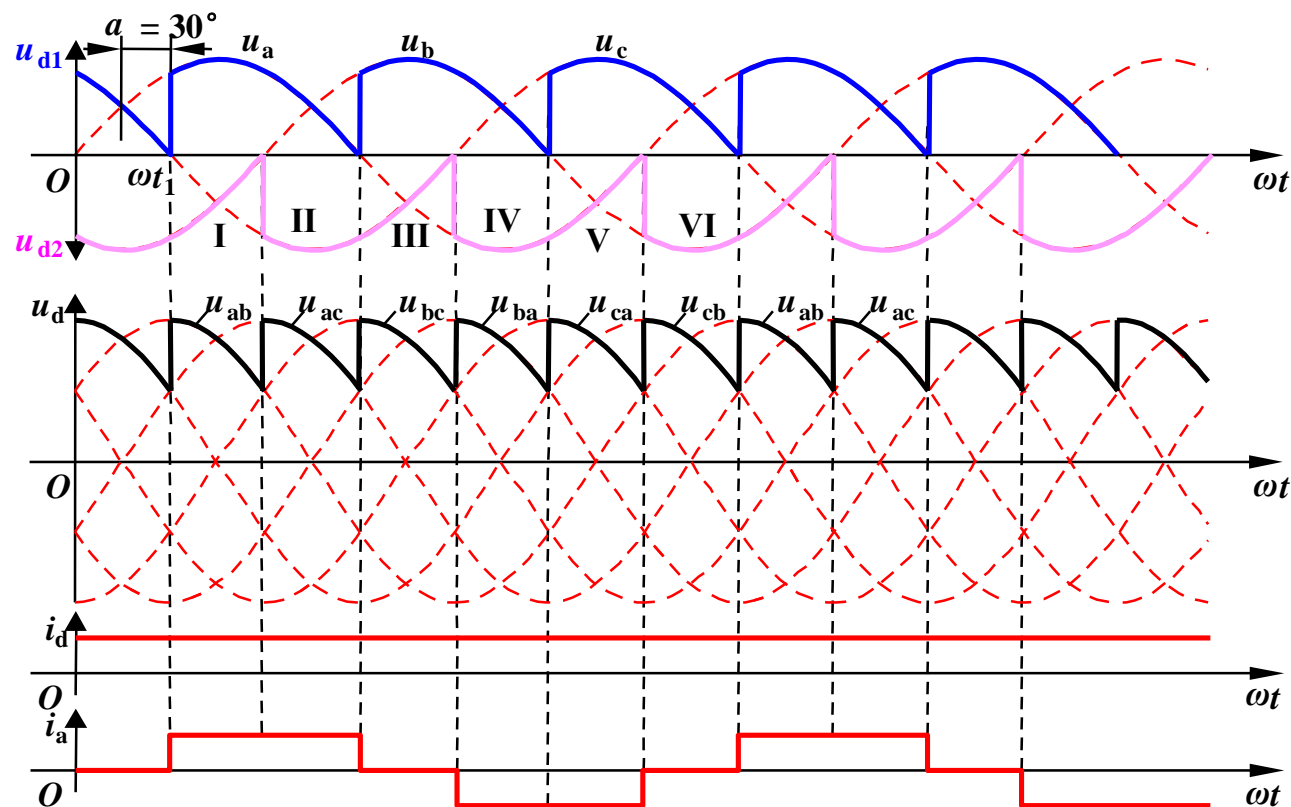


三相桥式全控整流电路带阻感负载 $\alpha=0^\circ$ 时的波形



3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

$\alpha = 30^\circ$ ，阻感负载（ $\omega L \gg R$ ），三相桥式全控整流电路工作原理分析



三相桥式全控整流电路带阻感负载 $\alpha=30^\circ$ 时的波形

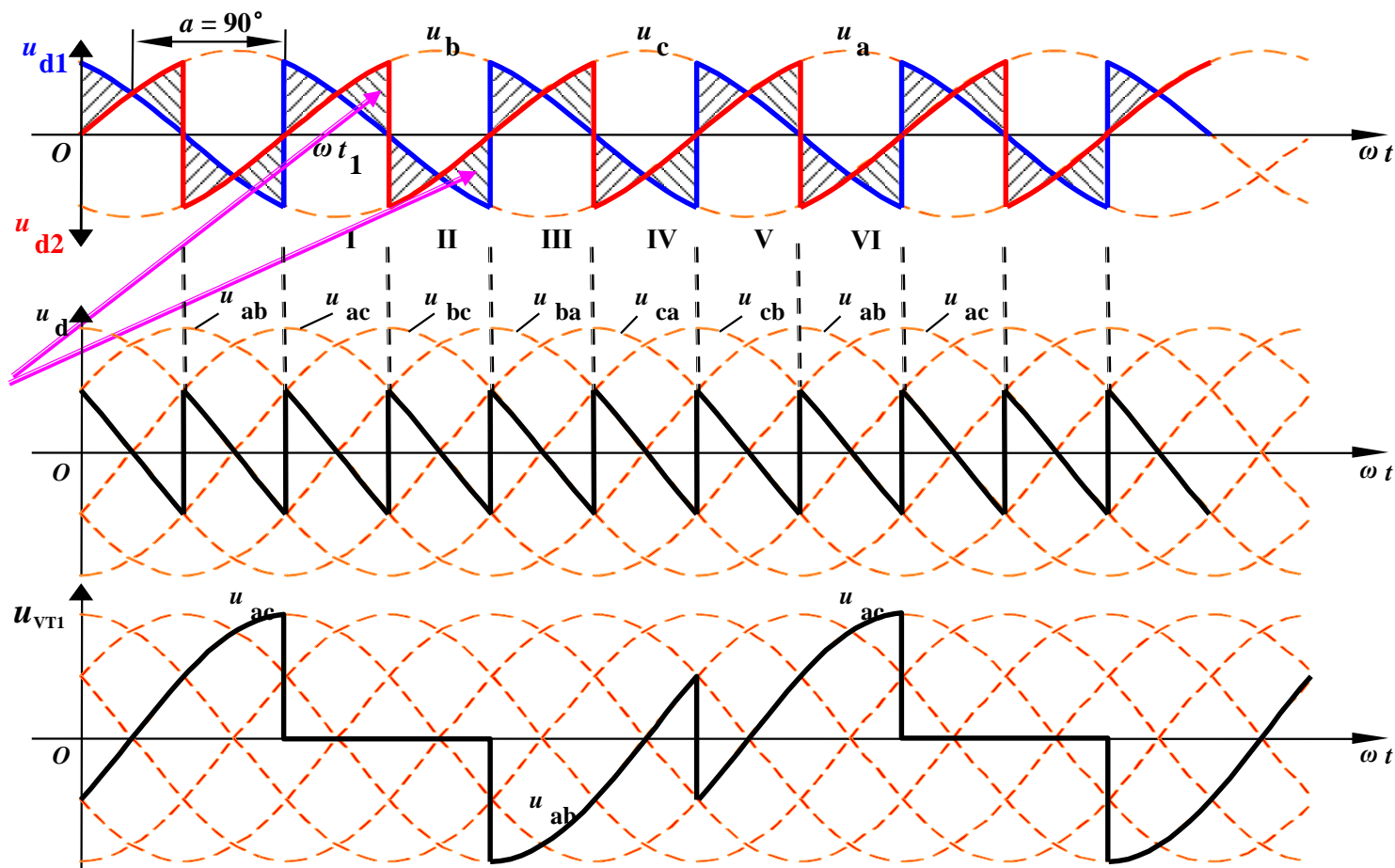


3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

$\alpha = 90^\circ$ ，阻感负载（ $\omega L \gg R$ ），三相桥式全控整流电路工作原理分析

思考：

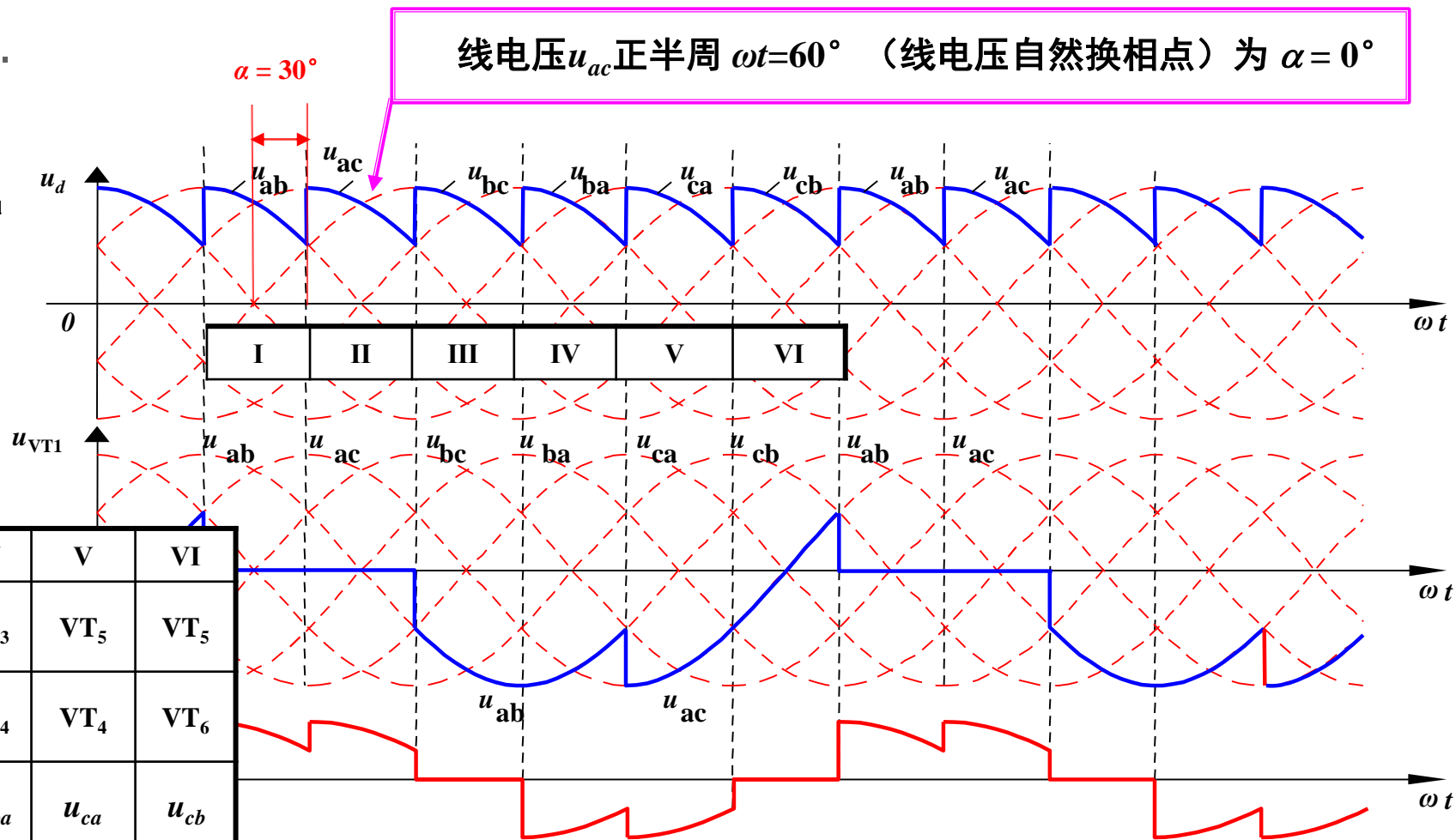
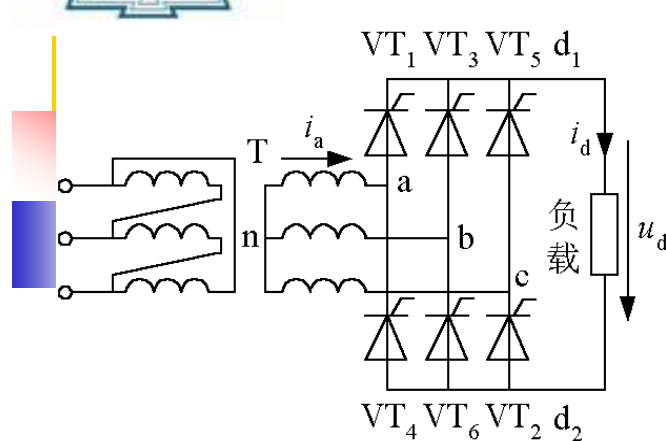
为什么共阴（阳）极组在相电压低于共阳（阴）极组的期间内，晶闸管还能导通？



三相桥式可控·整流电路，大电感负载， $\alpha = 90^\circ$ 时的波形



换个思路——用线电压分析 u_d 波形：以 u_{ac} 为例， $\alpha=30^\circ$ 。



三相桥式全控整流电路，电阻负载 $\alpha=30^\circ$ 时的波形

作业：p98-12



3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

■ 阻感负载时的工作情况分析

☞ 当 $\alpha \leq 60^\circ$ 时

- ✓ u_d 波形连续，电路的整流电压波形与电阻负载时相同；各晶闸管的通断情况、输出整流电压 u_d 波形、晶闸管承受的电压波形等都相同。
- ✓ 当电感足够大的时候， i_d 、 i_{VT} 、 i_a 等电流波形在导通段都可近似认为是一条水平线。

☞ 当 $\alpha > 60^\circ$ 时

- ✓ 输出整流电压 u_d 波形出现负值部分
- ✓ 当负载为纯电感、 $\alpha = 90^\circ$ 时，整流电压 u_d 波形正负面积相等 $\rightarrow U_d = 0$



3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

■ 控制特性

◆ 大电感性负载--移相范围为 90° ，阻性负载--移相范围是 120°

◆ 整流输出电压平均值 U_d 的计算

☞ 感性负载（ $\alpha = 0 \sim 90^\circ$ ）、电阻负载（ $\alpha \leq 60^\circ$ ）：

$$U_d = \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3} + \alpha}^{\frac{2\pi}{3} + \alpha} \sqrt{6}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = 2.34U_2 \cos \alpha$$

☞ 电阻负载， $\alpha > 60^\circ$ 时

$$U_d = \frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3} + \alpha}^{\pi} \sqrt{6}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = 2.34U_2 \left[1 + \cos\left(\frac{\pi}{3} + \alpha\right) \right]$$



3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

■ 其他数量关系

◆ 输出电流平均值 $I_d = U_d / R$ 。

◆ 带阻感负载时，变压器二次侧电流波形为正负半周各宽 120° 、前沿相差 180° 的矩形波，其有效值为：

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left(I_d^2 \times \frac{2}{3} \pi + (-I_d)^2 \times \frac{2}{3} \pi \right)} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d = 0.816 I_d$$

◆ 晶闸管电压、电流等的定量分析与三相半波时一致

◆ 三相桥式全控整流电路反电势+阻感负载时 I_d 为 $(U_d - E) / R$

作业： p98-13

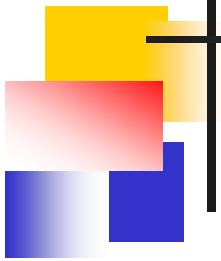


3.1.6 三相桥式全控整流电路（三相全控桥）

三相桥式全控整流电路的工作特点

◆桥式结构：直流磁化[×]；提高电源利用率[✓]

- ▣ 为保证形成电流通路，要有2只晶闸管同时导通（共阴极组的和共阳极组各1只），需要触发电路输出单宽脉冲或双窄脉冲。
- ▣ 按VT1-VT2-VT3-VT4-VT5-VT6的顺序，相位依次差 60° 。
- ▣ 共阴极组脉冲依次差 120° ，共阳极组也依次差 120° 。
- ▣ 上下两个桥臂，脉冲相差 180° ：VT1与VT4，VT3与VT6，VT5与VT2
- ▣ 输出电压 u_d 一周脉动6次——也称为6脉波整流电路



The End



关于实验1：三相桥式全控整流电路实验

一、实验目的

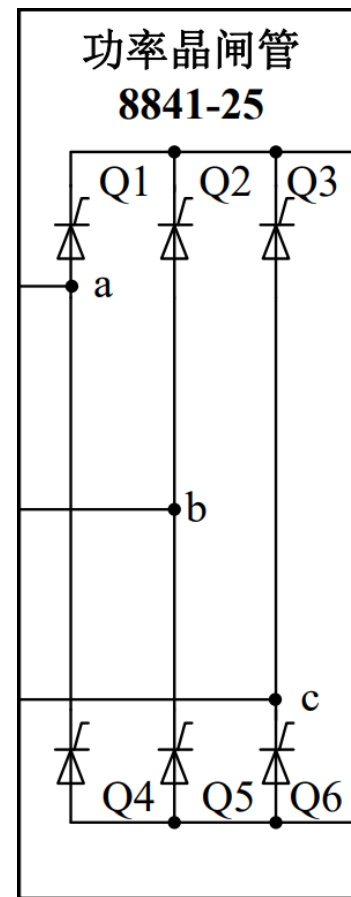
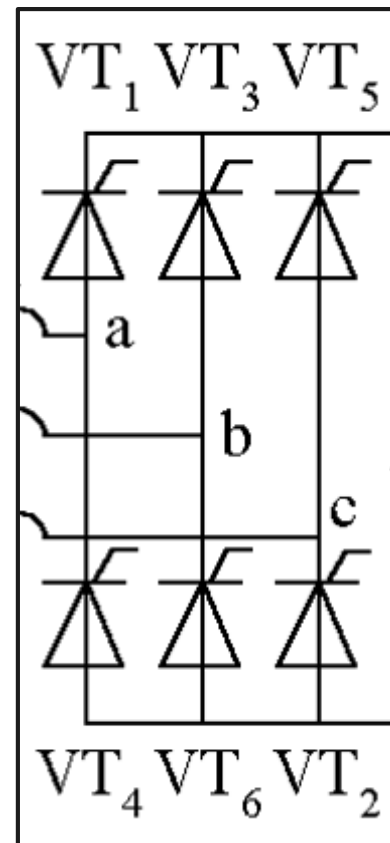
1. 深入理解三相桥式全控整流电路的工作原理及整流电压、电流波形。
2. 掌握不同性质的负载对三相桥式全控整流电路的波形和输出特性的影响。
3. 学习可控整流装置的调试技术。

二、实验要求

- 1、完成实验报告中的预习题。
- 2、明确所需测量的实验数据，并在实验过程记录页中做好实验数据表格等准备工作。

三、实验内容

1. 观察分析晶闸管的触发信号，掌握各晶闸管的导通顺序。
2. 三相桥式全控整流电路带纯电阻负载时的电路特性。
3. 三相桥式全控整流电路带阻感负载时的电路特性。
4. 三相桥式全控整流电路带反电动势负载时的电路特性。



提示：晶闸管编号——实验平台与教材不一致