

又称单相双半波可控整流电路。

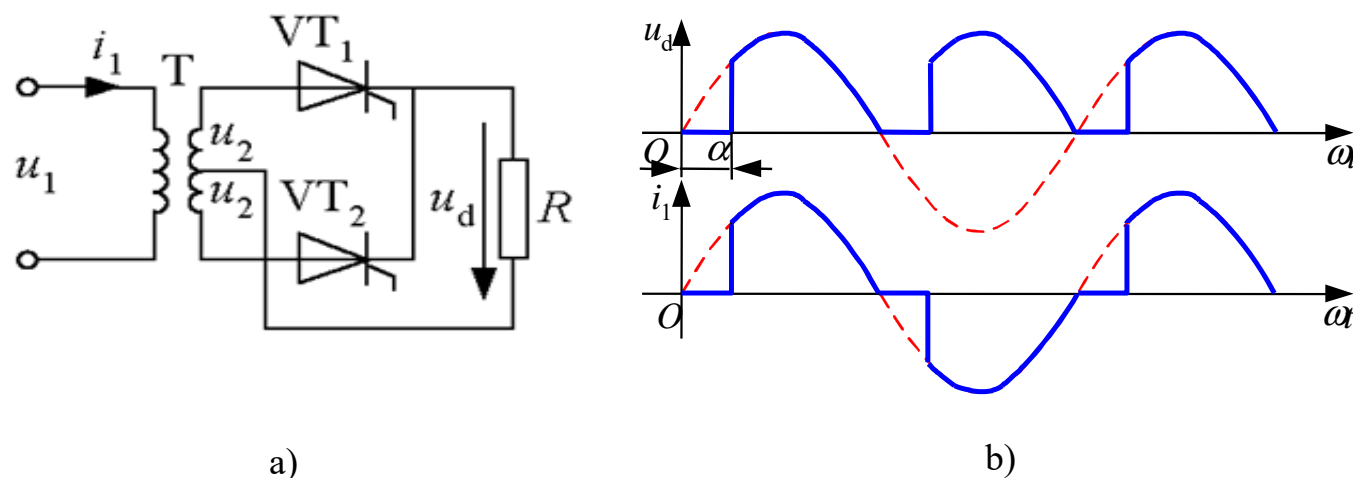


图2-10 单相全波可控整流电路及波形

- 单相全波与单相全控桥从直流输出端或从交流输入端看均是基本一致的。
- 变压器不存在直流磁化的问题。

## 单相半控桥带阻感负载的情况

每一个导电回路由1个晶闸管和1个二极管构成。

在 $u_2$ 正半周， $\alpha$ 处触发 $VT_1$ ， $u_2$ 经 $VT_1$ 和 $VD_4$ 向负载供电。

$u_2$ 过零变负时，因电感作用使电流连续， $VT_1$ 继续导通，但因a点电位低于b点电位，电流是由 $VT_1$ 和 $VD_2$ 续流， $u_d=0$ 。

在 $u_2$ 负半周， $\alpha$ 处触发 $VT_3$ ，向 $VT_1$ 加反压使之关断， $u_2$ 经 $VT_3$ 和 $VD_2$ 向负载供电。

$u_2$ 过零变正时， $VD_4$ 导通， $VD_2$ 关断。 $VT_3$ 和 $VD_4$ 续流， $u_d$ 又为零。

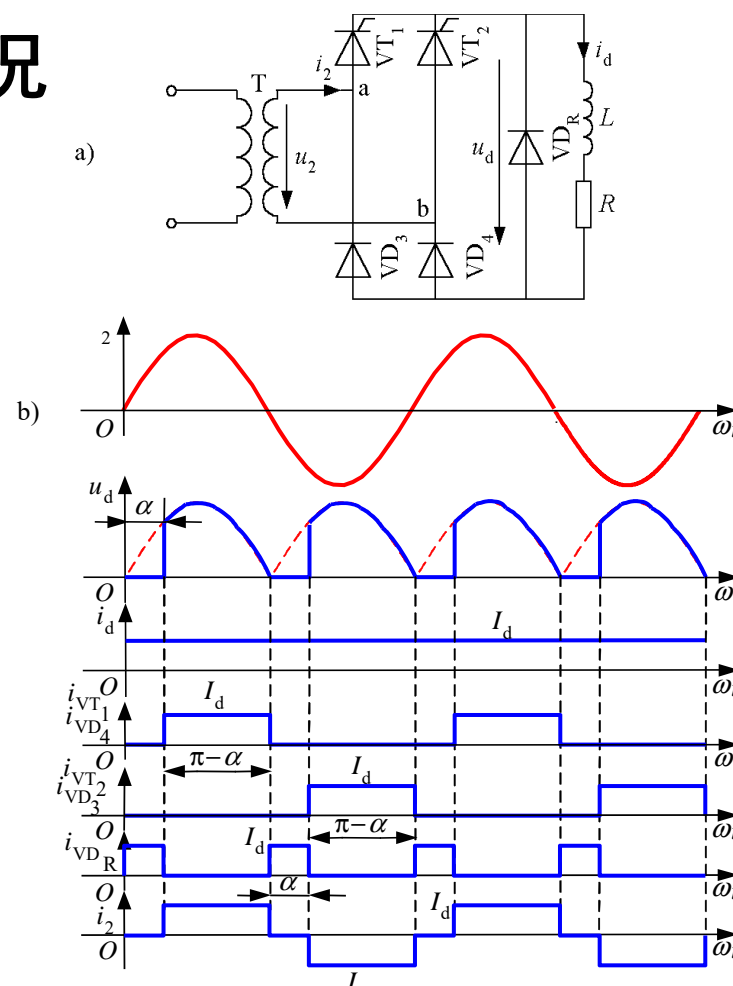


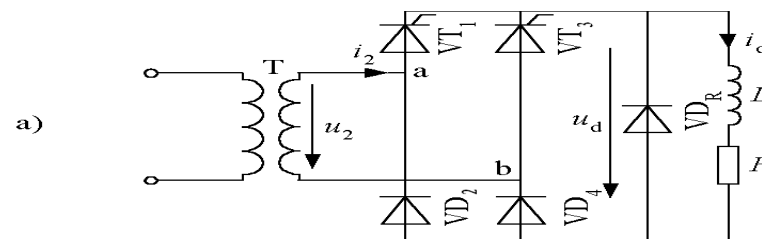
图3-11 单相桥式半控整流电路，有续流二极管，阻感负载时的电路及波形

## 续流二极管的作用

- 避免可能发生的失控现象。

若无续流二极管，则当 $\alpha$ 突然增大至 $180^\circ$ 或触发脉冲丢失时，会发生一个晶闸管持续导通而两个二极管轮流导通的情况，这使 $u_d$ 成为正弦半波，其平均值保持恒定，称为**失控**。

- 有续流二极管 $VD_R$ 时，续流过程由 $VD_R$ 完成，避免了失控的现象。
- 续流期间导电回路中只有一个管压降，有利于降低损耗。



## 第2章 AC-DC变换电路

2.1 概述

2.2 不控整流电路

2.3 单相可控整流电路

2.4 三相可控整流电路

2.5 PWM整流电路

本章小结

### 2.2.1 三相半波可控整流电路

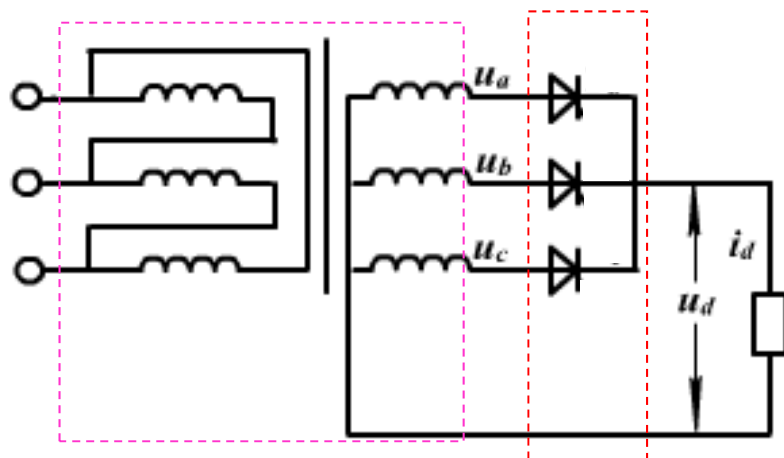
### 2.2.2 三相桥式全控整流电路

### 输出电压波形分析:

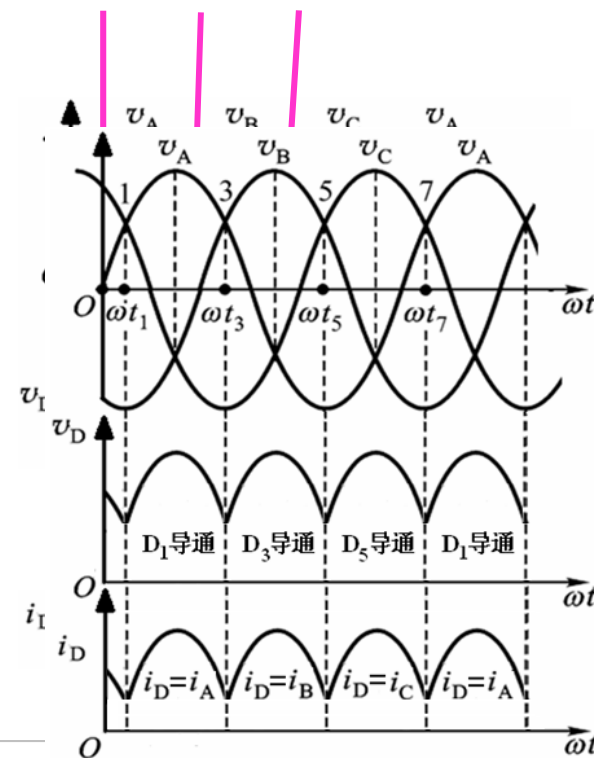
- 。共阴极连接的可控硅：有触发脉冲且阳极电位最高的T导通；
- 。共阳极连接的可控硅：有触发脉冲且阴极电位最低的T导通；
- 。二极管：总是在自然换相点换相
- 。是否构成电流回路、且电流方向正确？ 否则电流为零
- 。SCR何时关断？强迫换流或电流自然下降到零
- 。先分析输出电压，后T上压降
- 。回路电压定律

- 其交流侧由**三相电源**供电。
- 当整流负载容量较大，或要求直流电压脉动较小、易滤波时，应采用三相整流电路。
- 最基本的是**三相半波**可控整流电路。
- 应用最为广泛的**三相桥式**全控整流电路、以及**双反星形**可控整流电路、**十二脉波**可控整流电路等。

### 回顾：三相半波不控整流电路



自然换相点



触发脉冲按相序依次给a、b、c三相对应的可控硅  
(不是同时给所有可控硅！)



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### 1) 电阻负载

#### ● 电路的特点：

- ✦ 变压器二次侧接成星形得到零线，而一次侧接成三角形避免3次谐波流入电网。
- ✦ 三个晶闸管分别接入a、b、c三相电源，其阴极连接在一起——共阴极接法。

#### ● 自然换相点：

- ✦ 二极管换相时刻为**自然换相点**，是各相晶闸管能触发导通的最早时刻，将其作为计算各晶闸管触发角 $\alpha$ 的起点，即 $\alpha = 0^\circ$ 。

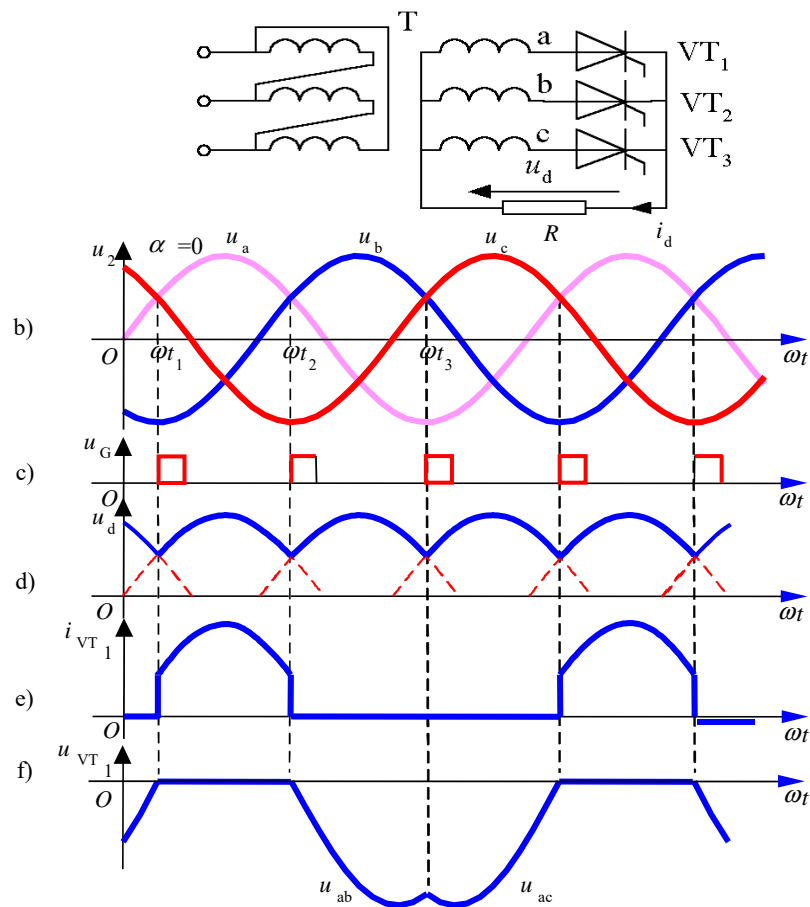
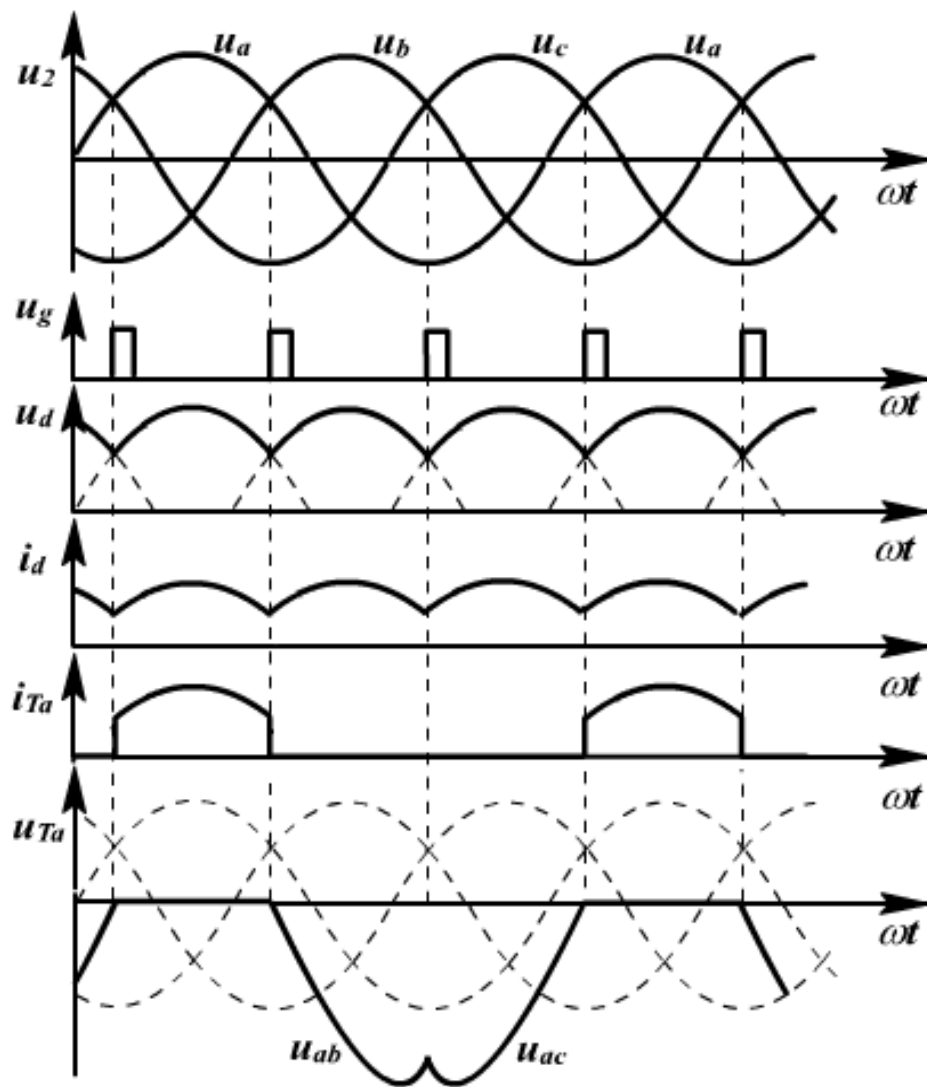
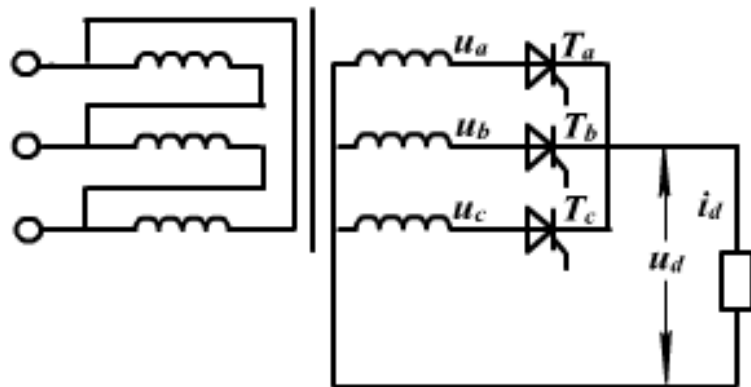


图2-13 三相半波可控整流电路共阴极接法电阻负载时的电路及 $\alpha = 0^\circ$ 时的波形

## 2.2.1 三相半波可控整流电路

控制角  $\alpha=0$

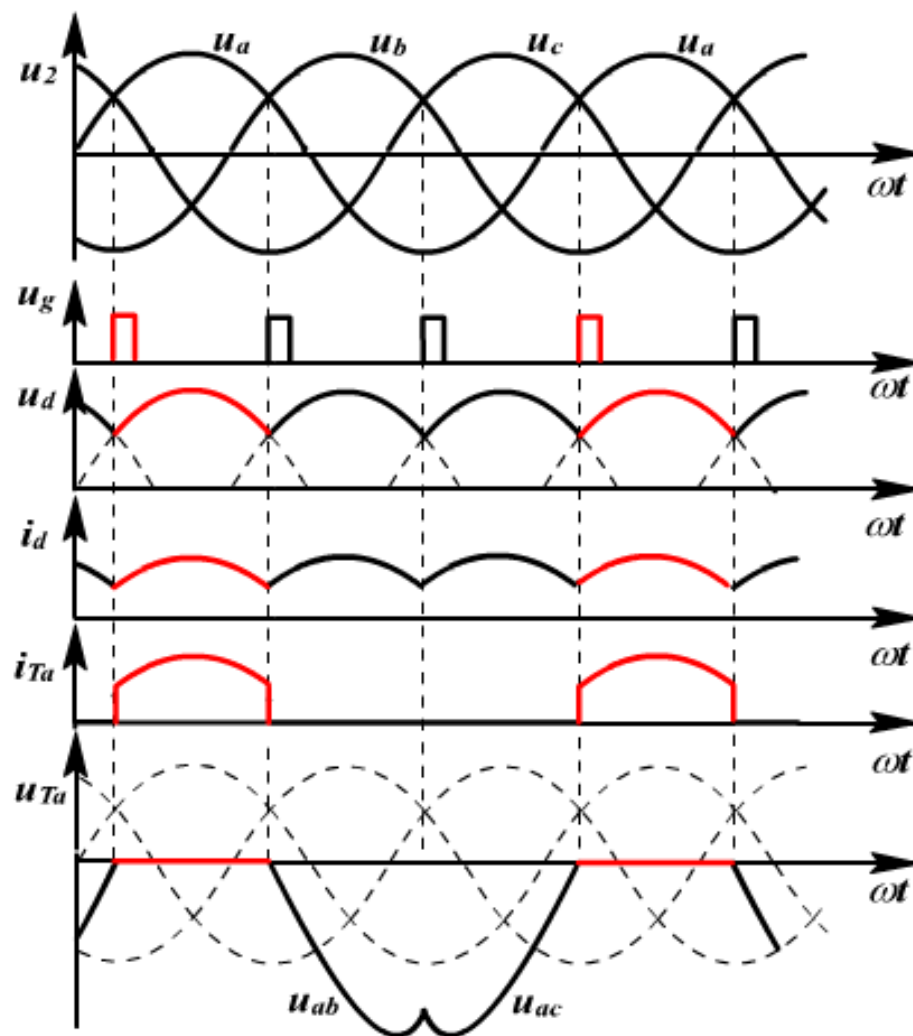
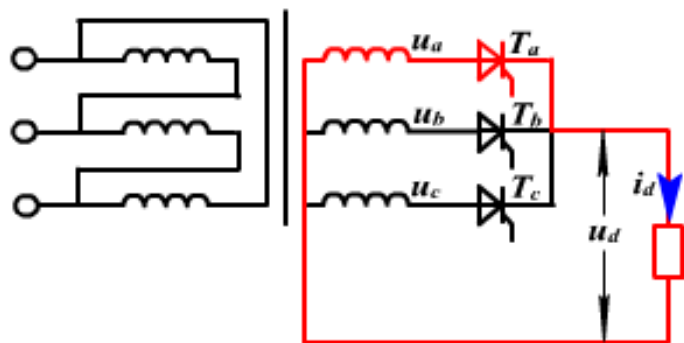
(相当于三个整流管情况)



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Ta导通

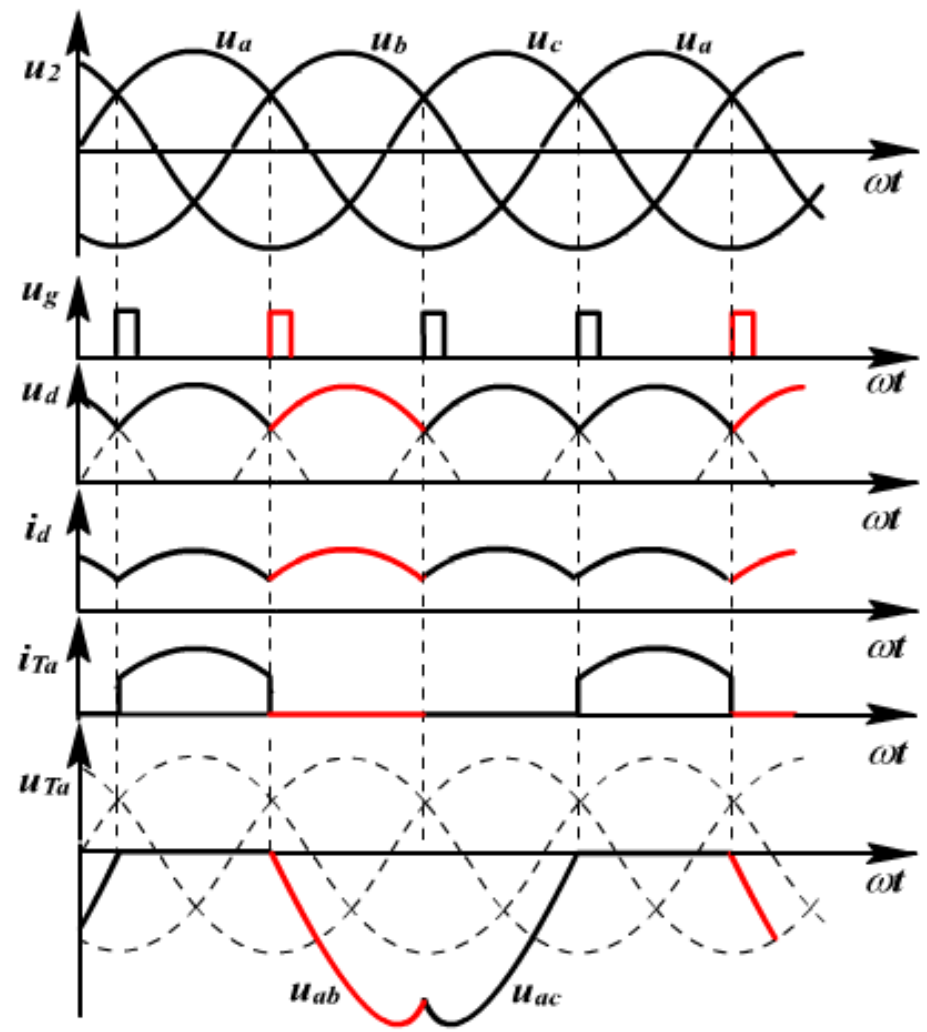
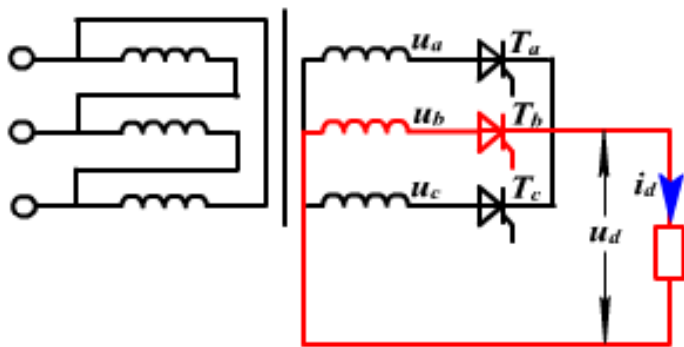
- 在三相相电压正半周波形的交点 $t_1$ 处触发
- 最高电压为a相，所以a相SCR导通



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Tb导通

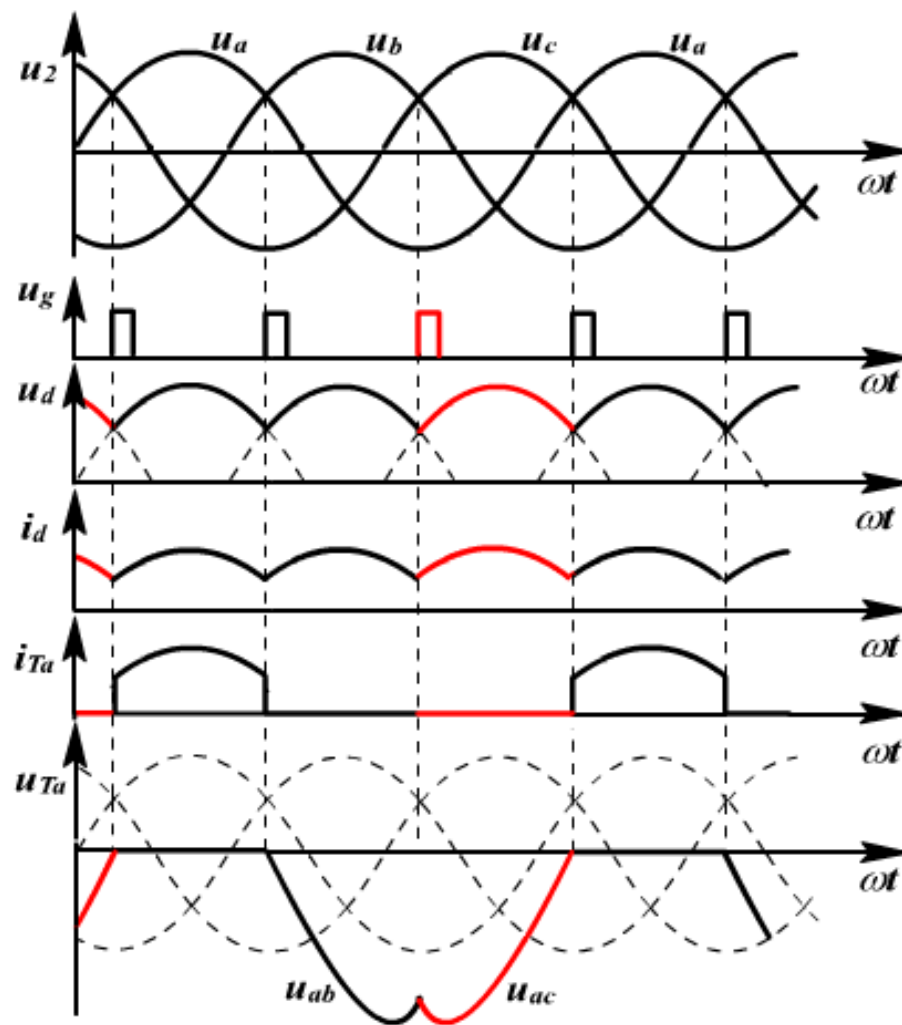
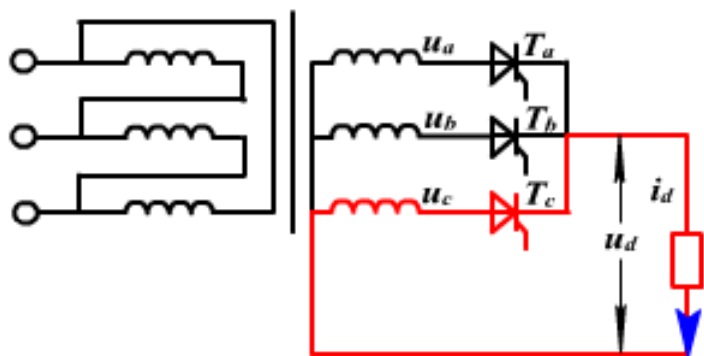
- 在三相相电压正半周波形的交点t2处触发
- 最高电压为b相，所以b相SCR导通
- $u_{Ta} = u_a - u_b = u_{ab}$  (线电压)



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Tc导通

- 在三相相电压正半周波形的交点 $t_3$ 处触发
- 最高电压为c相，所以c相SCR导通
- $u_{Ta} = u_a - u_c = u_{ac}$



### $\alpha=0^\circ$ 工作小结

- 在共阴极电路中,那相电压最高,则该相绕阻的整流管导通,其余两相上的整流管承受反压而截止, $u_d$ 波形为三相相电压的包络线,每相序每管依次导通 $120^\circ$ 。
- 二极管换相时刻(三相相电压正半周波形的交点 $\omega t_1$   $\omega t_2$   $\omega t_3$ )为自然换相点,是各相晶闸管能触发导通的最早时刻,将其作为计算各晶闸管触发角 $\alpha$ 的起点,即 $\alpha=0^\circ$

### 波形分析方法和步骤：

- 1) 选三相源的中点为参考电位点
- 2)  $u_d$ 的分析方法：在换相点 $u_d$ 换相为 $\max\{u_a, u_b, u_c\}$ ;  
 $u_d \geq 0$  (波形无负) (阻性负载)
- 3)  $u_T$ 的分析方法：  $u_{Ta} = u_a - u_d$  (线电压，或0)

可推论于其它 $\alpha$ 角

## 2.2.1 三相半波可控整流电路

控制角 $\alpha=30^\circ$

特点：负载电流处于连续和断续之间的临界状态。

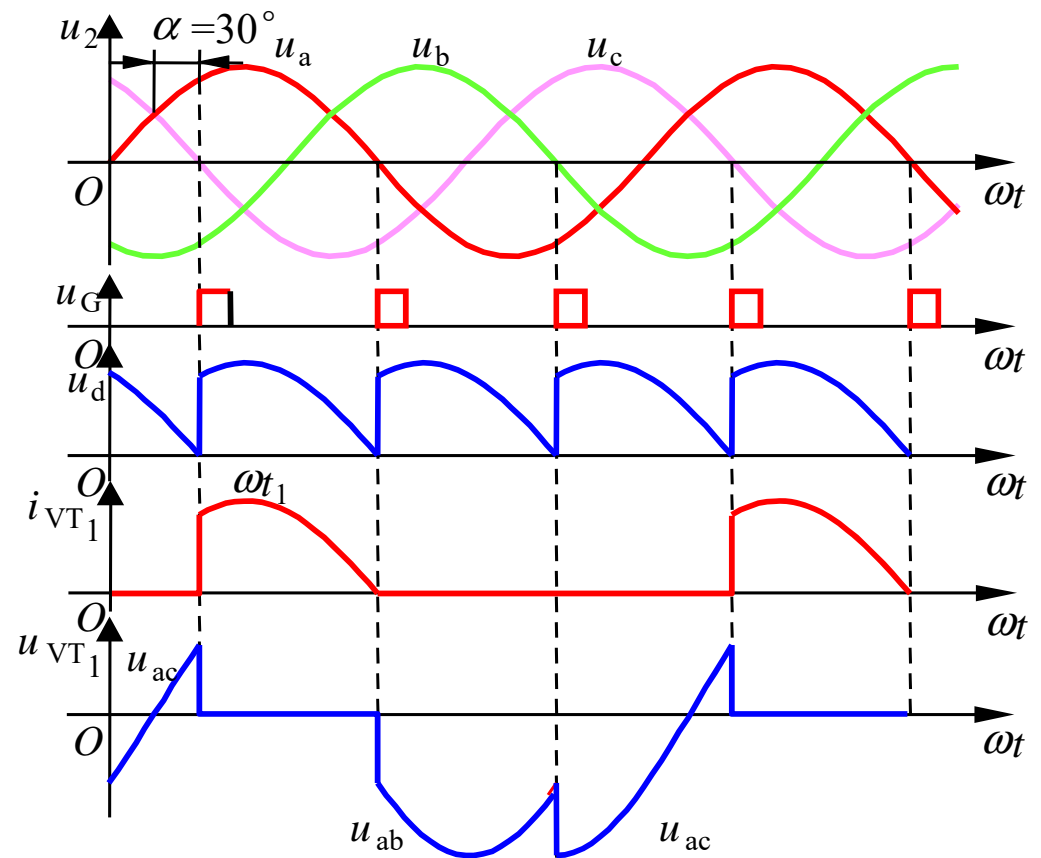
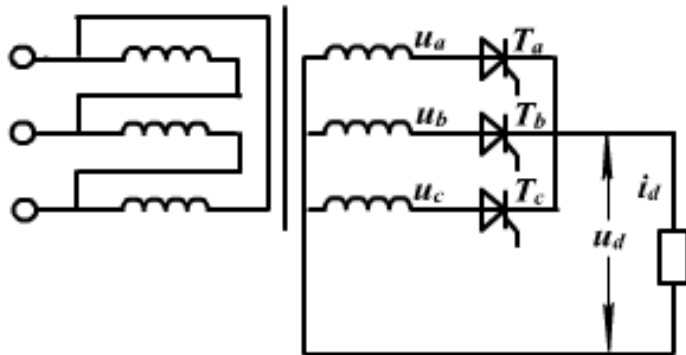


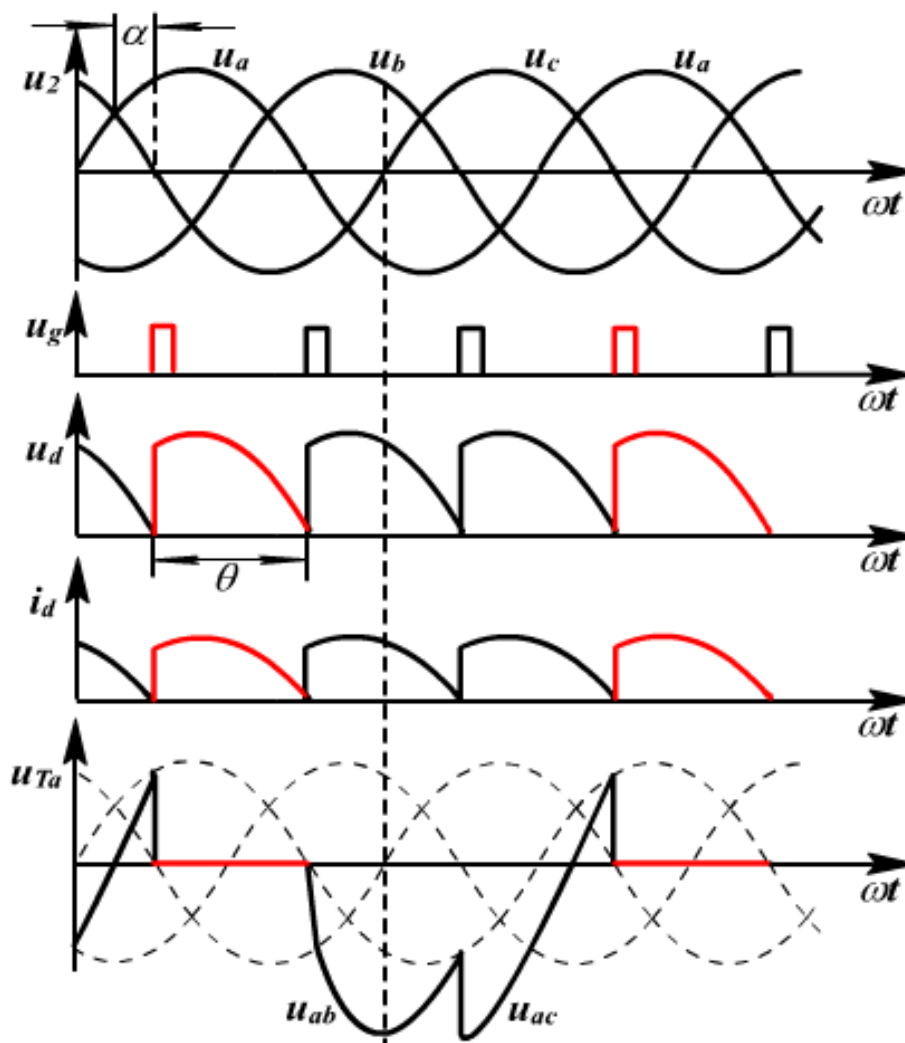
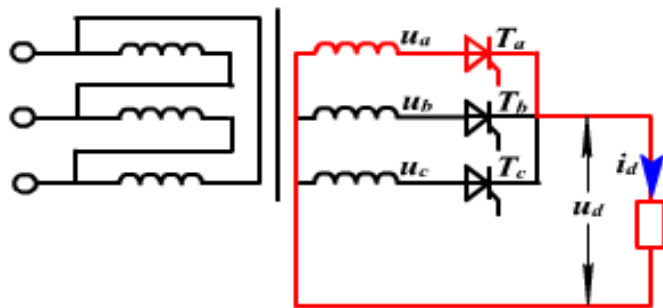
图2-14 三相半波可控整流电路，电阻负载， $\alpha=30^\circ$ 时的波形



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Ta导通

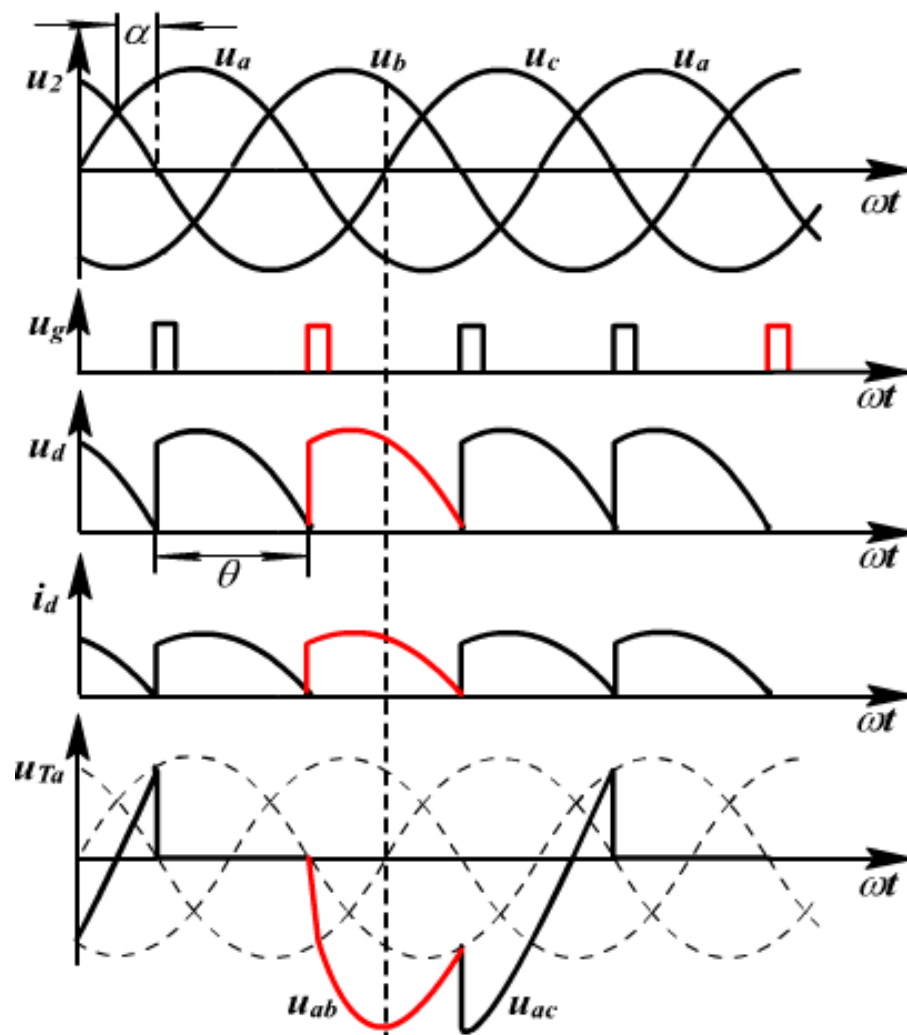
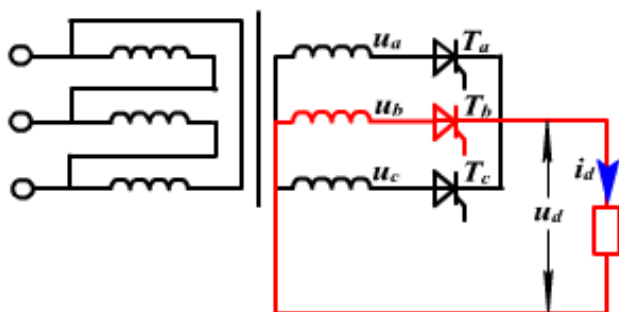
- 在换相角等于 $30^\circ$ 时 Ta 触发导通
- a相电流为 $i_d$ ，其余为零
- 当其电压变为零时，正好触发b相



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Tb导通

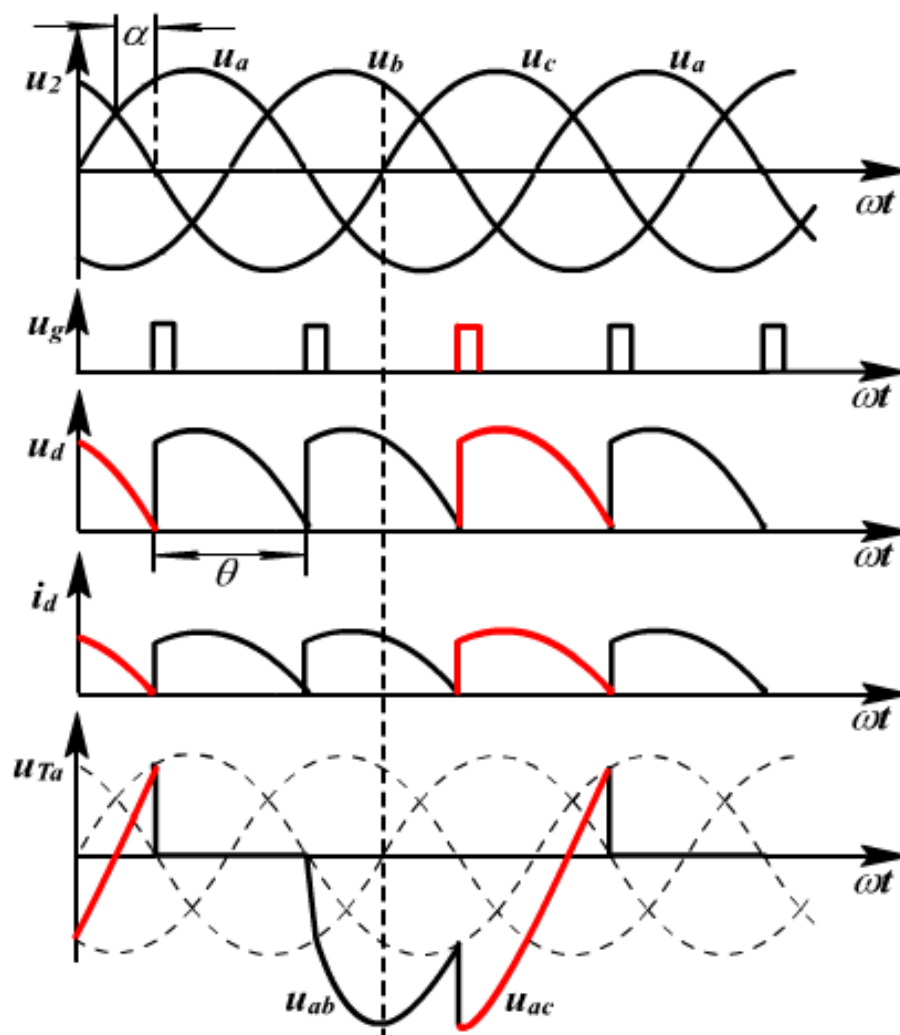
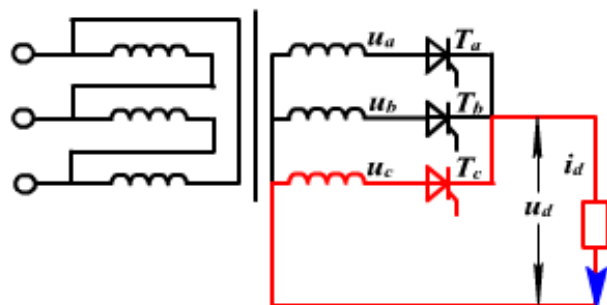
- Tb在换相角等于 $30^\circ$ 时触发导通，a相承受 $U_a-U_b$
- b相电流为 $i_d$ ，其余为零



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Tc导通

- Tc在换相角等于 $30^\circ$ 时触发导通，a相承受 $U_a-U_c$
- c相电流为 $i_d$ ，其余为零



### $\alpha \leq 30^\circ$ 时工作小结

- a相晶闸管的电压波形，由3段组成： $0$ ， $u_{ab}$ ， $u_{ac}$ ，最大电压为线电压峰值( $1.414U_L$ )。
- 增大 $\alpha$ 值，输出整流波形后移，每管依次导通**120度**。
- $\alpha=30^\circ$ 时，负载电流处于连续和断续之间的临界状态。

## 2.2.1 三相半波可控整流电路

控制角  $30^\circ < \alpha < 150^\circ$

以  $\alpha = 60^\circ$  为例

特点：负载电流断续，晶闸管导通角小于  $120^\circ$ 。

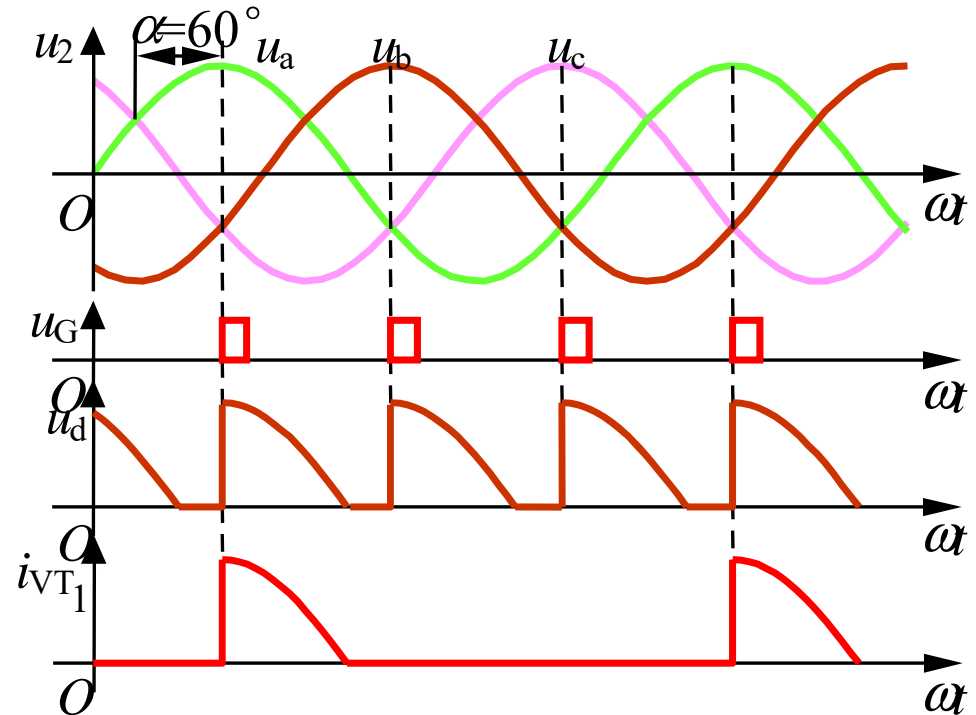
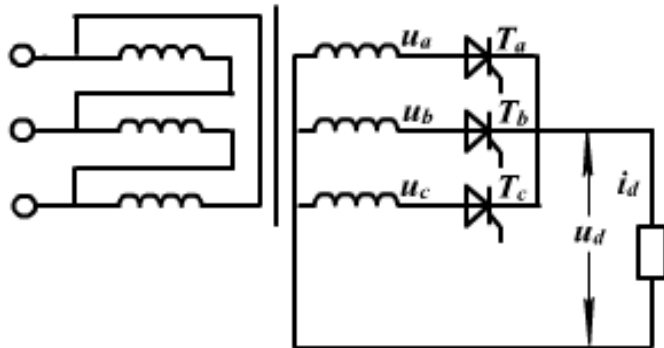
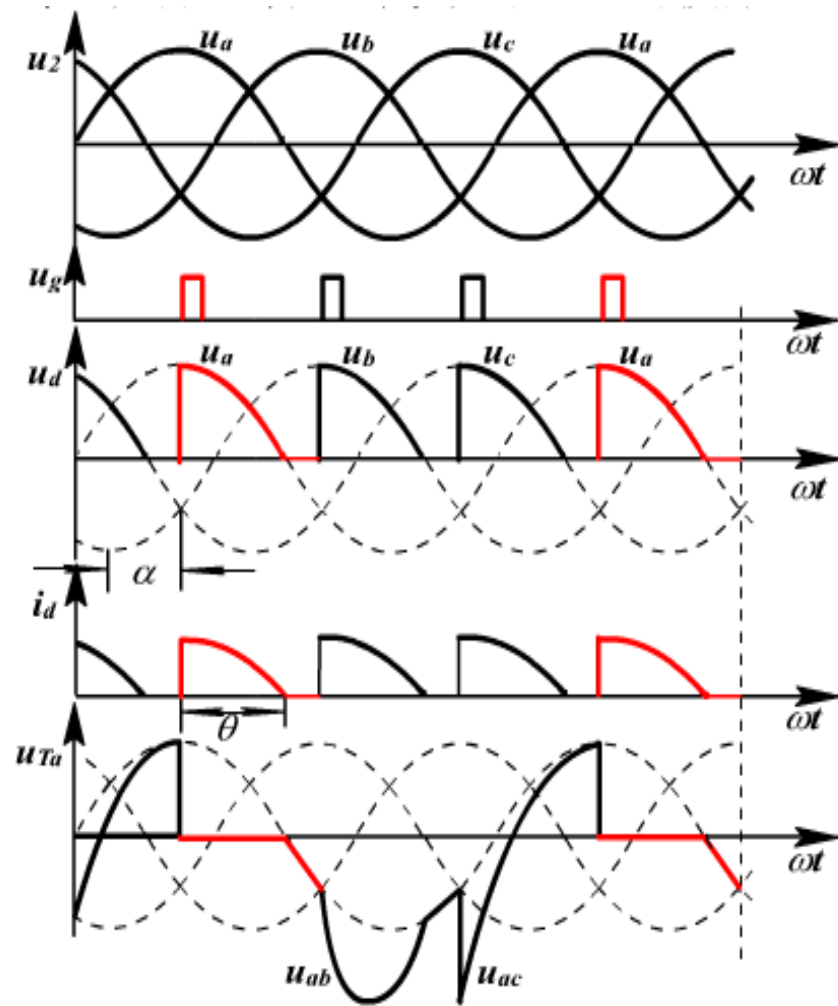
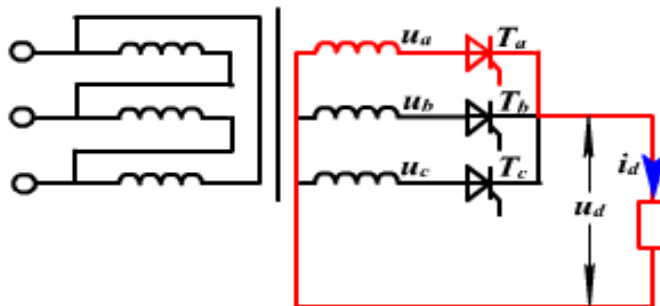


图2-15 三相半波可控整流电路，电阻负载， $\alpha = 60^\circ$ 时的波形

## 2.2.1 三相半波可控整流电路

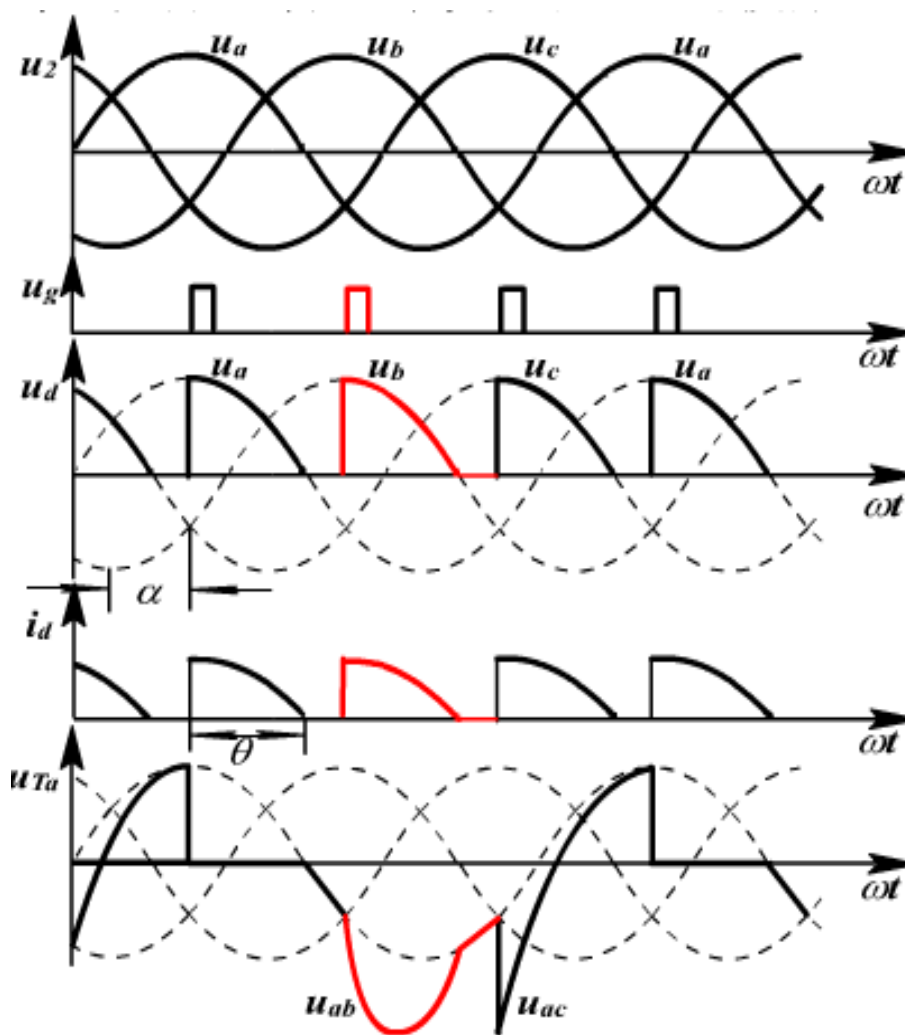
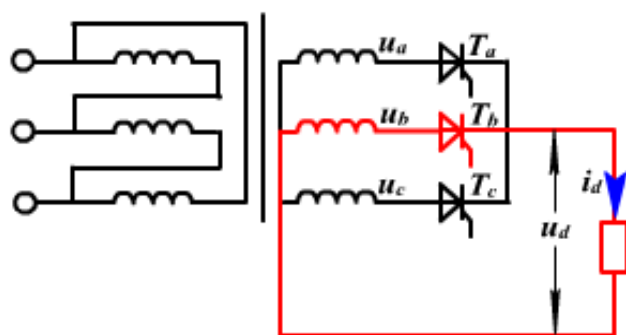
### Ta导通

- Ta导通在其 $\alpha=60^\circ$ 时触发导通，然后当其电压下降到零时自然关断
- a相电流为 $i_d$ ，其余相为零
- Tb承受电压 $u_{Tb}=u_b-u_a$



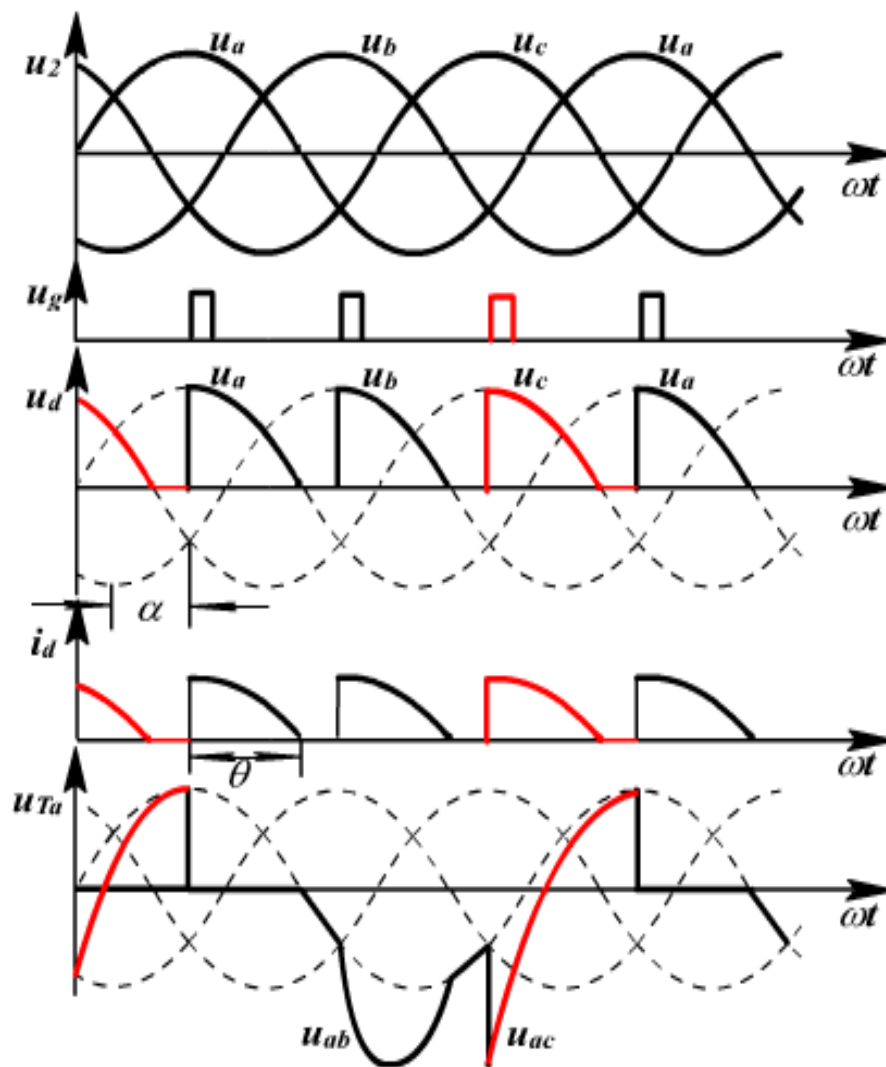
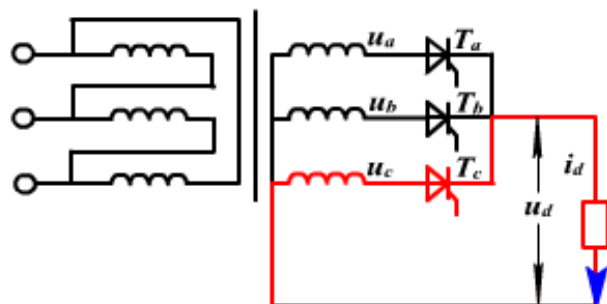
## 2.2.1 三相半波可控整流电路

**T<sub>b</sub>导通**



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

**T<sub>c</sub>导通**





### 导通角与电流连续关系

- $\alpha < 30^\circ$  时，输出电压  $u_d$  和输出电流  $i_d$  波形保持连续状态，各相晶闸管保持导通  $120^\circ$
- $\alpha = 30^\circ$  正好是  $u_d$  和  $i_d$  波形连续的临界状态，此时各相保持导通  $120^\circ$
- $\alpha > 30^\circ$  时，输出电压  $u_d$  和  $i_d$  波形出现断续，各相晶闸管导通小于  $120^\circ$

### ● 整流电压平均值的计算

⊕  $\alpha \leq 30^\circ$  时，负载电流连续，有：

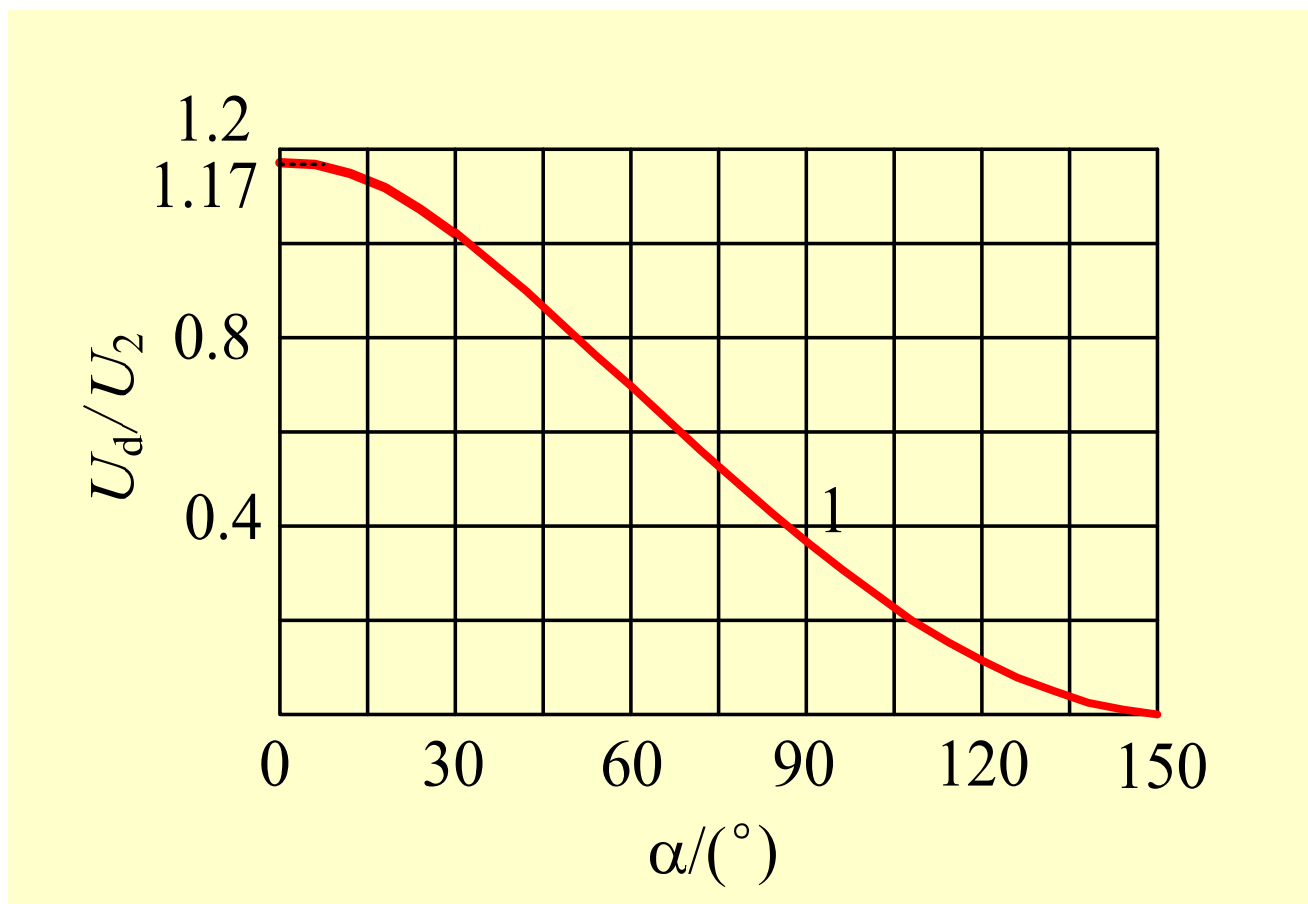
$$U_d = \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{5\pi}{6} + \alpha} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t d(\omega t) = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2 \cos \alpha = 1.17 U_2 \cos \alpha$$

当  $\alpha=0$  时， $U_d$  最大，为  $U_d = U_{d0} = 1.17 U_2$ 。

⊕  $\alpha > 30^\circ$  时，负载电流断续，晶闸管导通角减小，此时有：

$$U_d = \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\pi} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t d(\omega t) = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi} U_2 \left[ 1 + \cos\left(\frac{\pi}{6} + \alpha\right) \right] = 0.675 \left[ 1 + \cos\left(\frac{\pi}{6} + \alpha\right) \right]$$

### 电压量关系图—阻性负载



- 负载电流平均值为

$$I_d = \frac{U_d}{R}$$

- 晶闸管承受的最大反向电压，为变压器二次线电压峰值，即

$$U_{RM} = \sqrt{2} \times \sqrt{3} U_2 = \sqrt{6} U_2 = 2.45 U_2$$

- 晶闸管阳极与阴极间的最大正向电压等于变压器二次相电压的峰值，即

$$U_{FM} = \sqrt{2} U_2$$

### 2) 阻感负载

- 特点：阻感负载， $L$ 值很大， $i_d$ 波形基本平直。
- $\alpha \leq 30^\circ$  时：整流电压波形与电阻负载时相同。
- $\alpha > 30^\circ$  时（如  $\alpha = 60^\circ$  时的波形如图2-17所示）。
  - ⊕  $u_2$  过零时， $VT_1$  不关断，直到  $VT_2$  的脉冲到来，才换流，—— $u_d$  波形中出现负的部分。
  - ⊕  $i_d$  波形有一定的脉动，但为简化分析及定量计算，可将  $i_d$  近似为一条水平线。
- 阻感负载时的移相范围为  $90^\circ$ 。

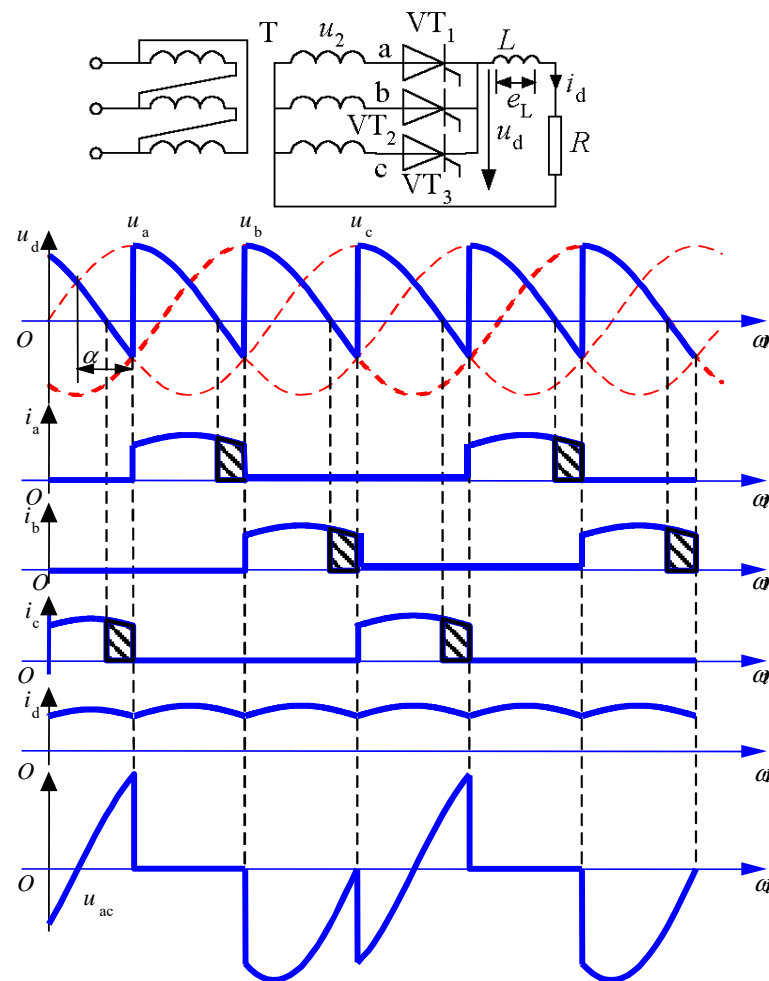
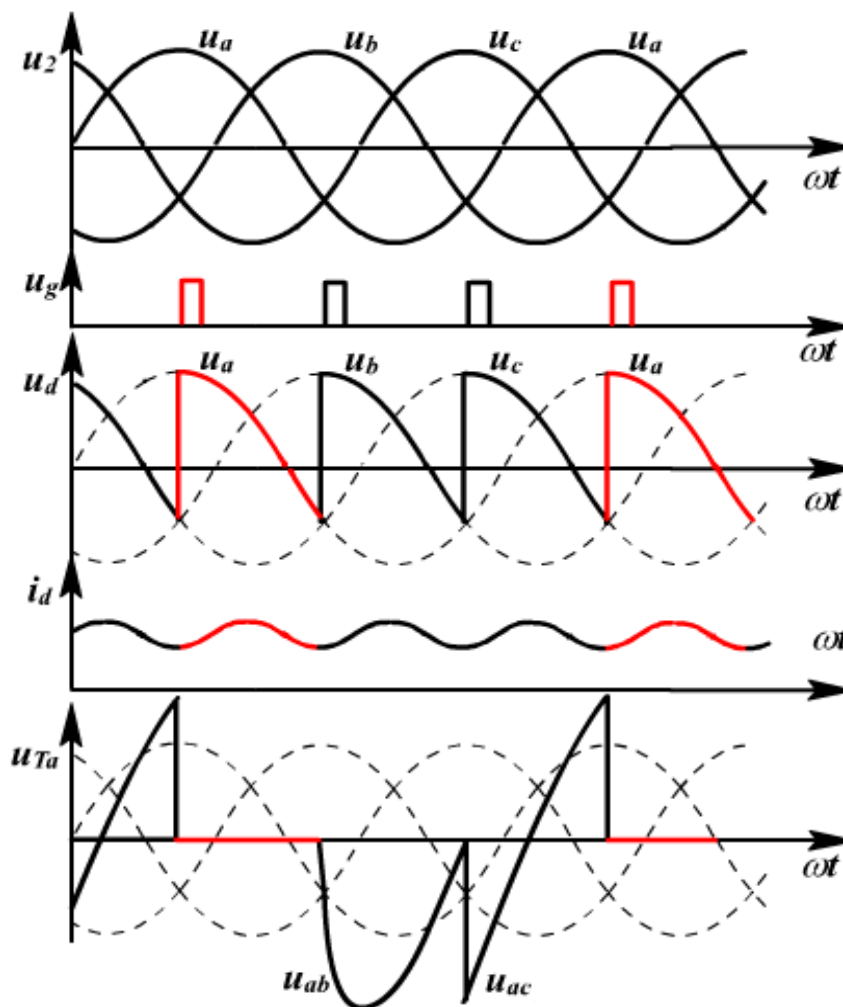
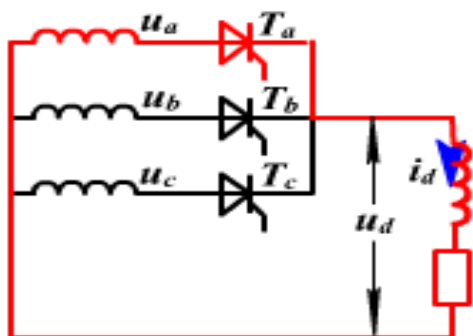


图2-17 三相半波可控整流电路，阻感负载时的电路及  $\alpha = 60^\circ$  时的波形

## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Ta导通

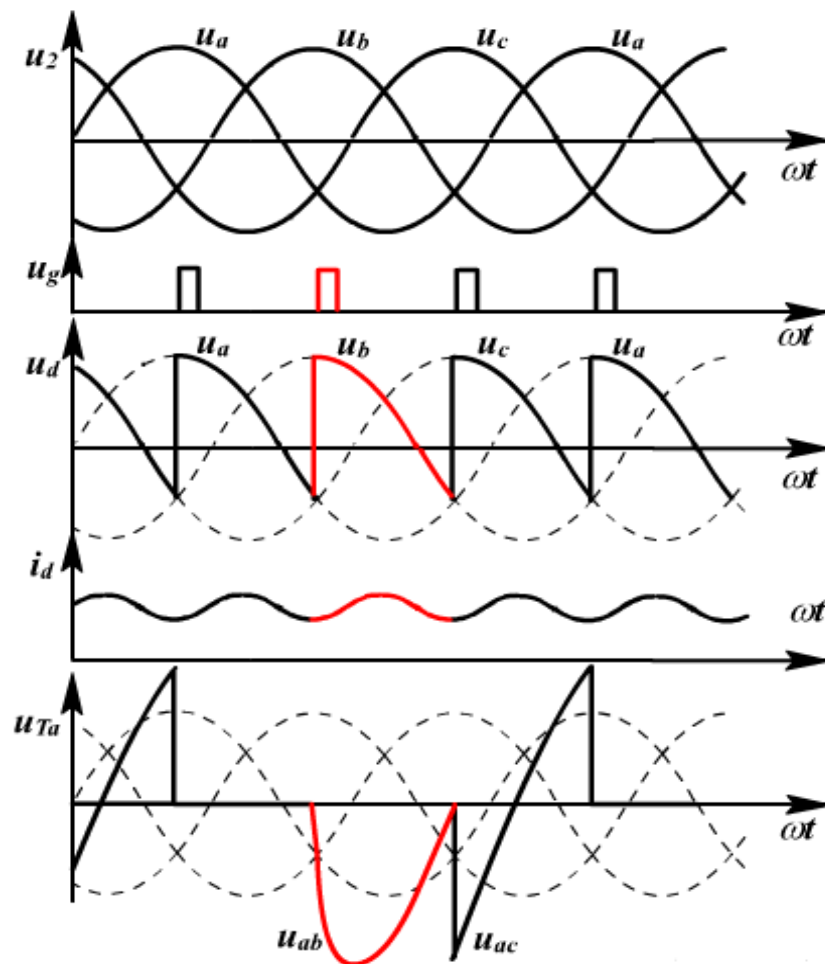
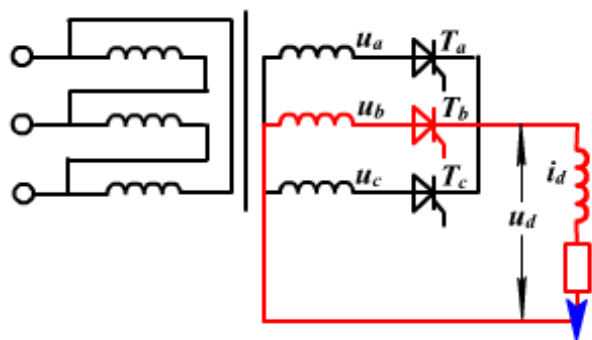
- Ta导通在换相角等于60度时触发导通
- 当其电压变为零时，Ta继续导通
- a相电流为 $i_d$ ，其余为零



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Tb导通

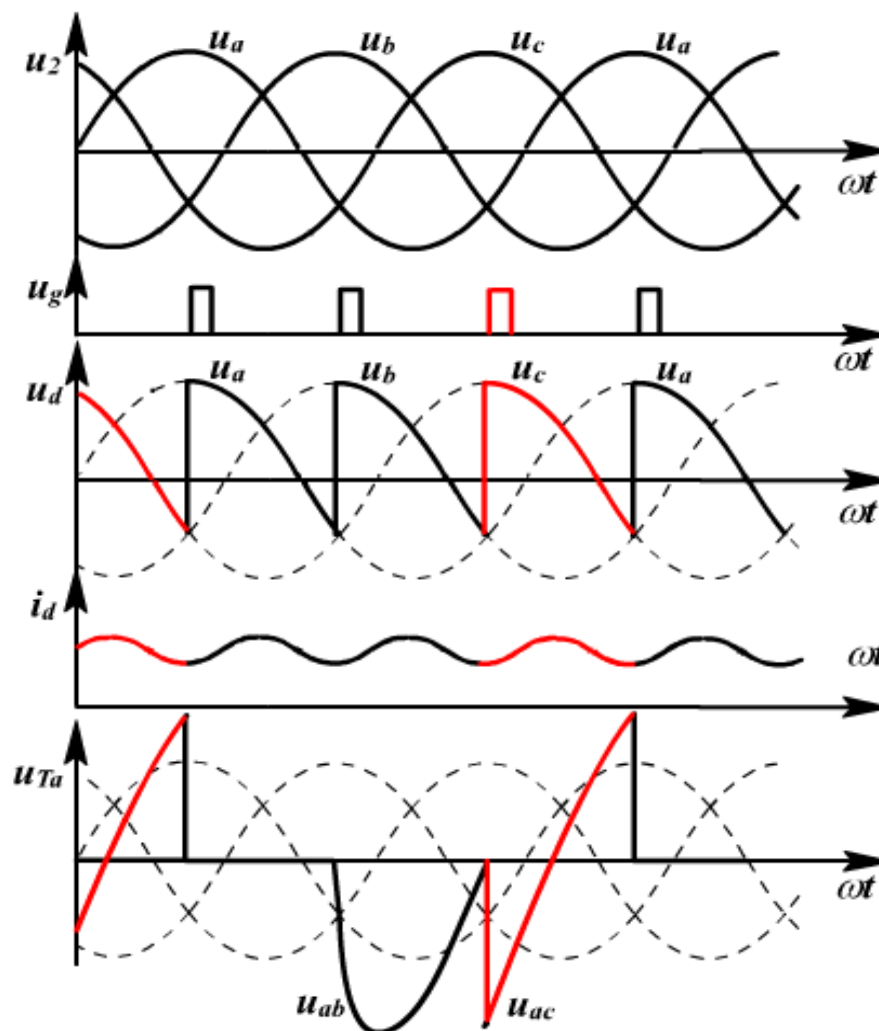
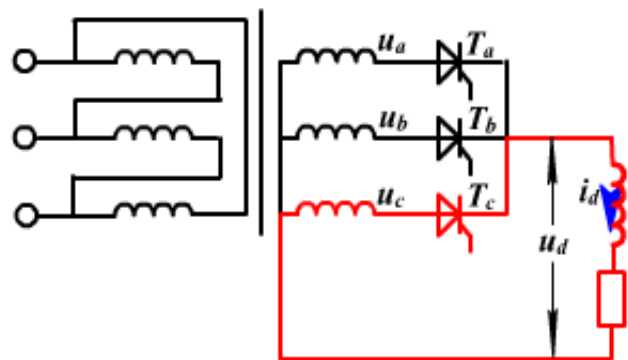
- Tb在换相角等于60度时触发导通，a相承受 $U_a-U_b$
- 当Tb电压变为零后，Tb继续导通，a相承受 $U_a-U_b$
- b相电流为 $i_d$ ，其余为零



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Tc导通

- Tc在换相角等于60度时触发导通，a相承受 $U_a-U_c$
- 当Tc电压变为零后，Tc继续导通，a相承受 $U_a-U_c$
- c相电流为 $i_d$ ，其余为零





### ● 整流电压平均值的计算

✦ 在电流连续条件下，晶闸管导通 $120^\circ$ 时，

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{5\pi}{6}+\alpha} \sqrt{2}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2 \cos \alpha = 1.17U_2 \cos \alpha$$

当 $\alpha=0^\circ$ 时， $U_d$ 最大，为

当 $\alpha=90^\circ$ 时， $U_d$ 为零

所以移相范围内 $90^\circ$

$$U_d = U_{d0} = 1.17U_2$$

## 2.2.1 三相半波可控整流电路

- $U_d/U_2$  随  $\alpha$  变化的规律如图2-15中的曲线1所示。

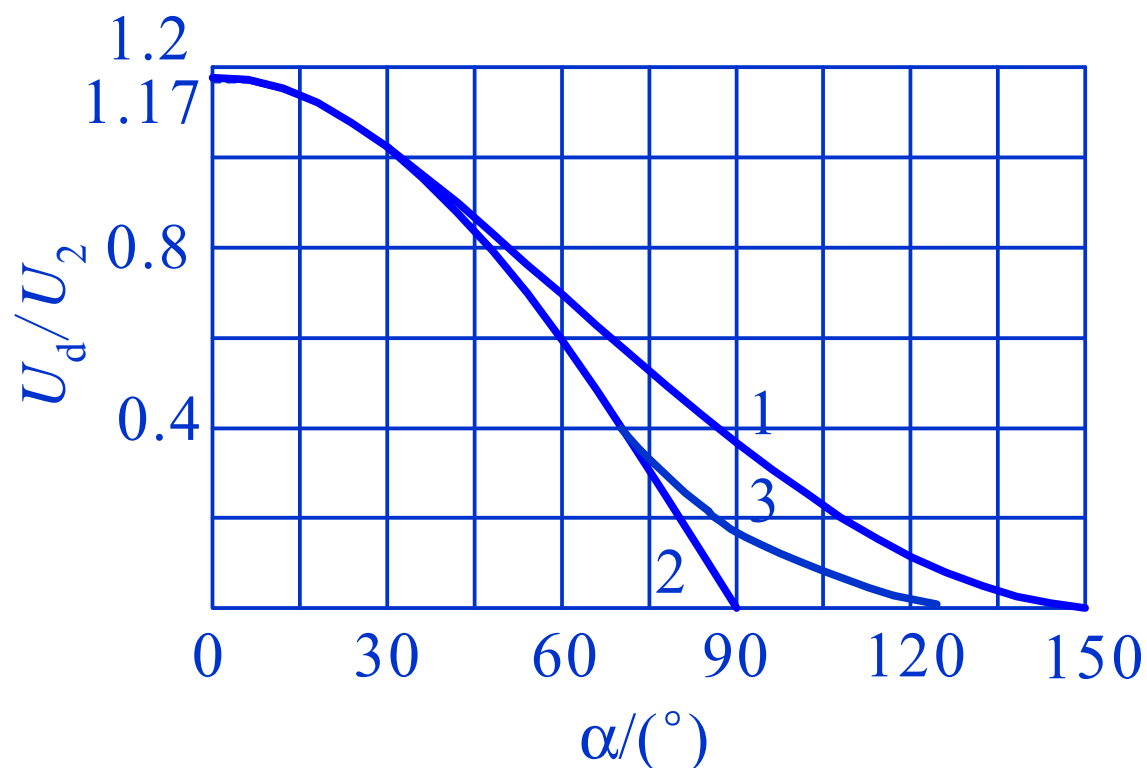


图2-16 三相半波可控整流电路  $U_d/U_2$  随  $\alpha$  变化的关系  
1—电阻负载    2—电感负载    3—电阻电感负载

## 2.2.1 三相半波可控整流电路

- ✦ 变压器二次电流即晶闸管电流的有效值为

$$I_2 = I_{VT} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_d = 0.577 I_d$$

- ✦ 晶闸管的额定电流为

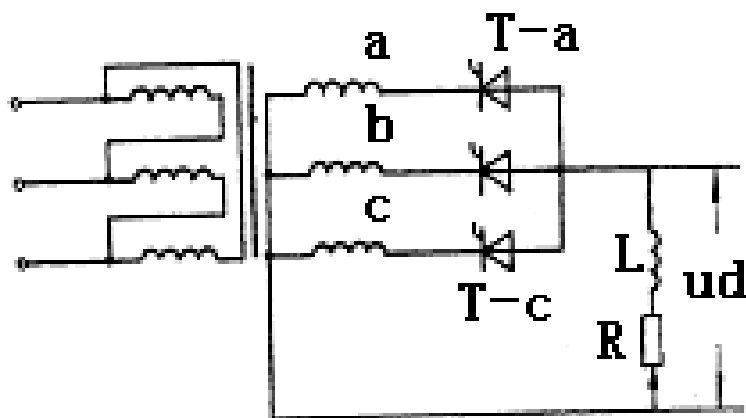
$$I_{VT(AV)} = \frac{I_{VT}}{1.57} = 0.368 I_d$$

- ✦ 晶闸管最大正、反向电压峰值均为变压器二次线电压峰值

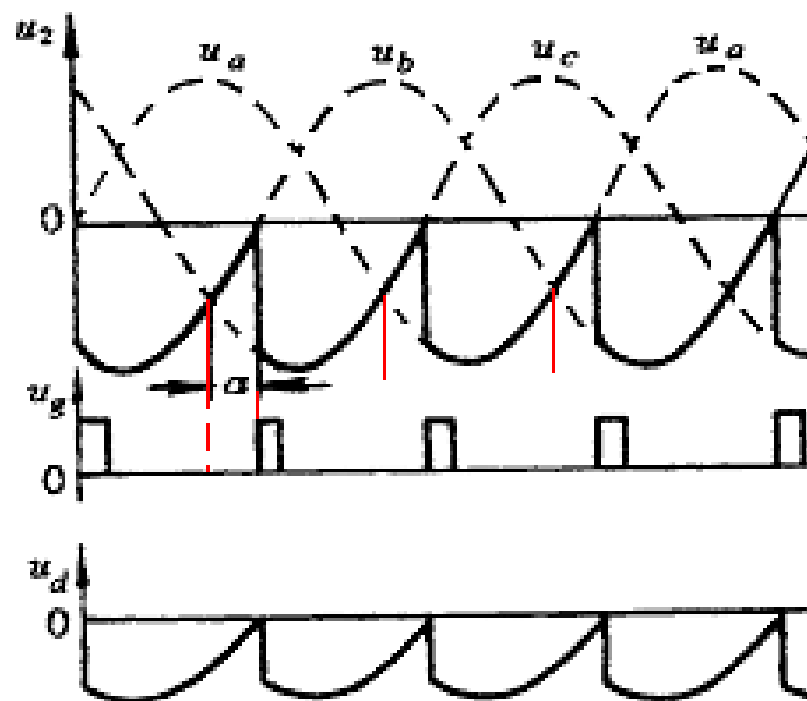
$$U_{FM} = U_{RM} = 2.45 U_2$$

- 三相半波的主要缺点在于其变压器二次电流中含有直流分量，为此其应用较少。

## 2.2.1 三相半波可控整流电路



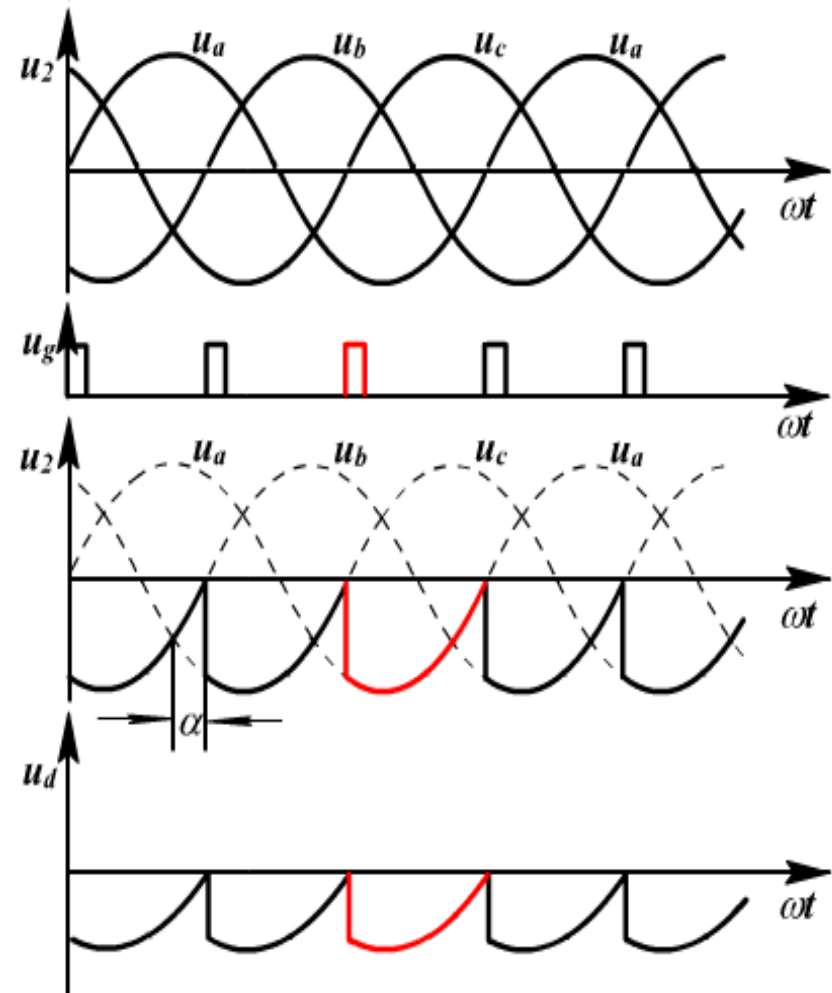
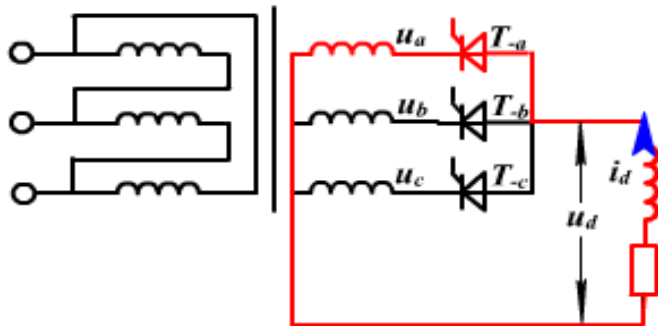
三个晶闸管的**阳极相连**  
 ---输出电压的负端  
 零线--输出电压的正端  
 相电压最低的晶闸管触发导通



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Ta导通

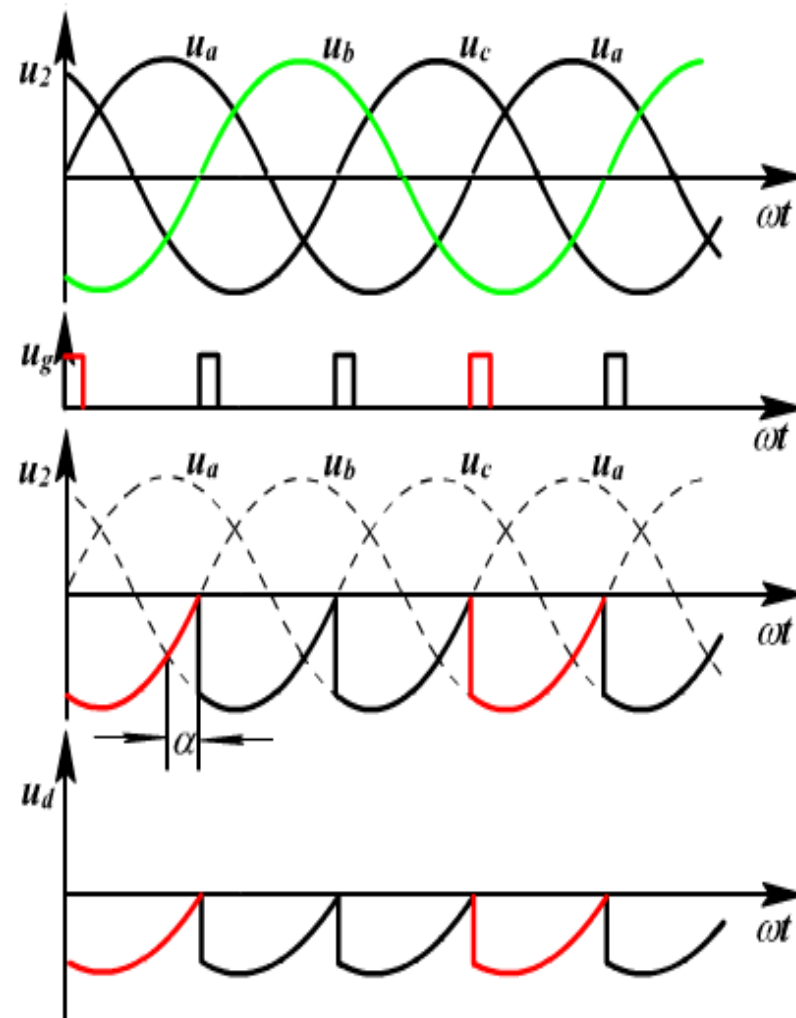
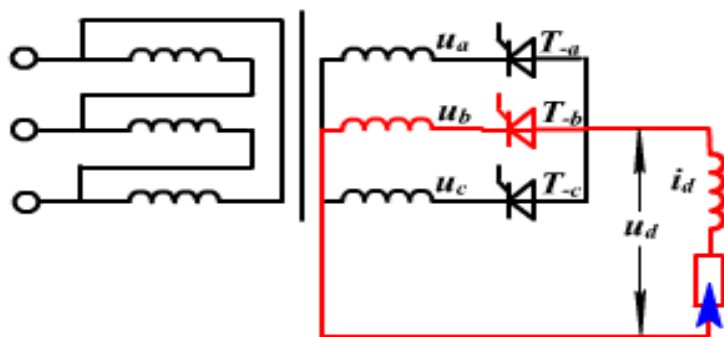
- 在三相相电压负半周波形的交点后 $\alpha$ 角处触发
- 最低电压为a相，所以a相SCR导通



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Tb导通

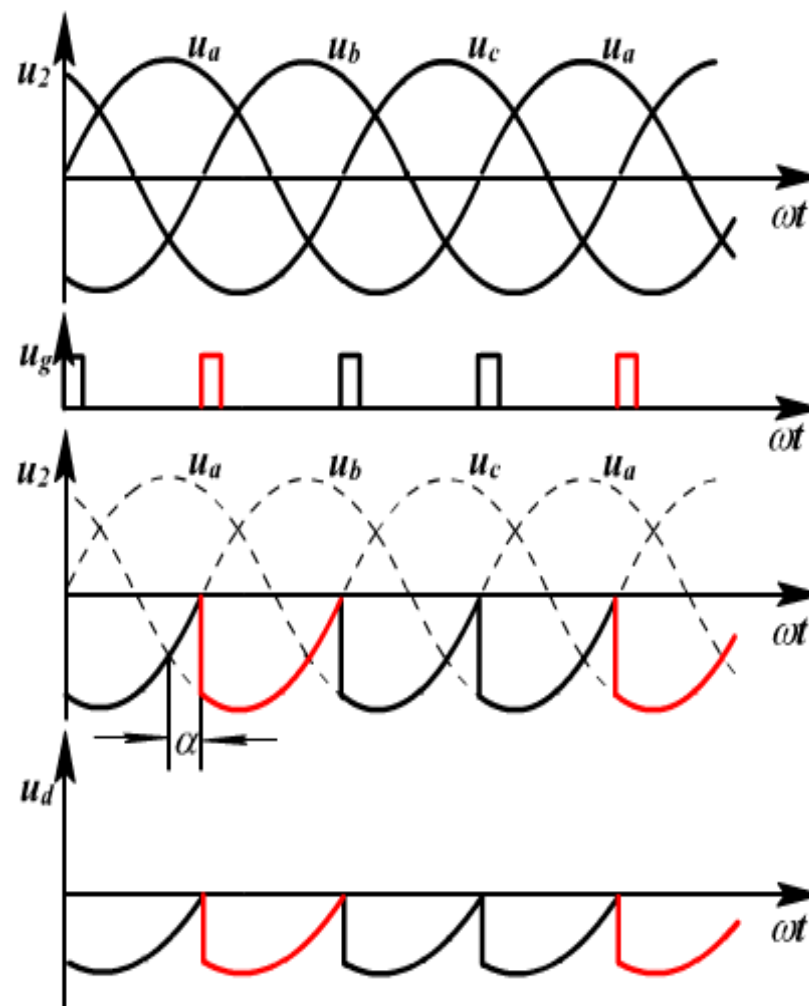
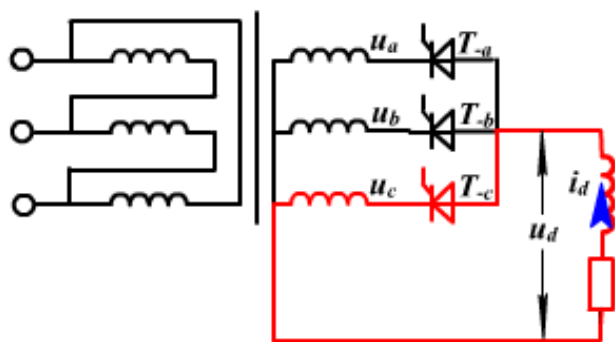
- 在三相相电压负半周波形的交点后 $\alpha$ 角处触发
- 最低电压为b相，所以b相SCR导通



## 2.2.1 三相半波可控整流电路

### Tc导通

- 在三相相电压负半周波形的交点后 $\alpha$ 角处触发
- 最低电压为c相，所以c相SCR导通

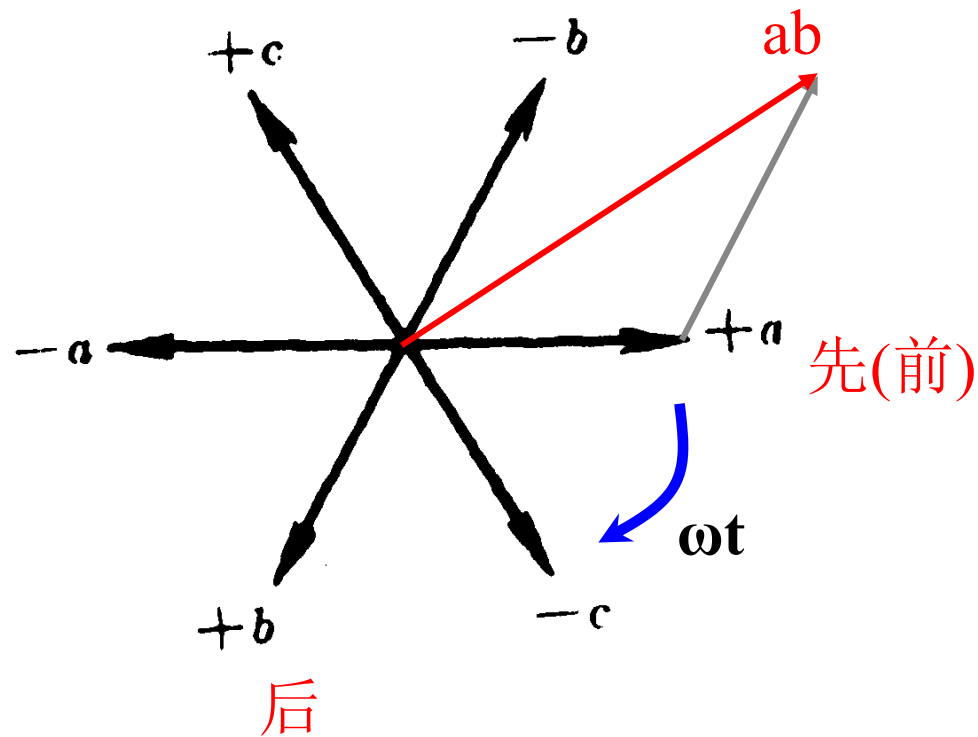


### 三相半波可控整流电路 - 小结

- **共阴极电路**：只在相电压为正时触发导通  
自然换相点：三相正半波的交点
- **共阳极电路**：只在相电压为负时触发导通  
自然换相点：三相负半波的交点
- 电流连续时：  $U_d = \pm 1.17U_2 \cos \alpha$
- 晶闸管承受的最大电压： 线电压峰值
- 移相范围：  $150^\circ$ (阻性)，  $90^\circ$ （大电感负载）



### 三相相电压和线电压的关系

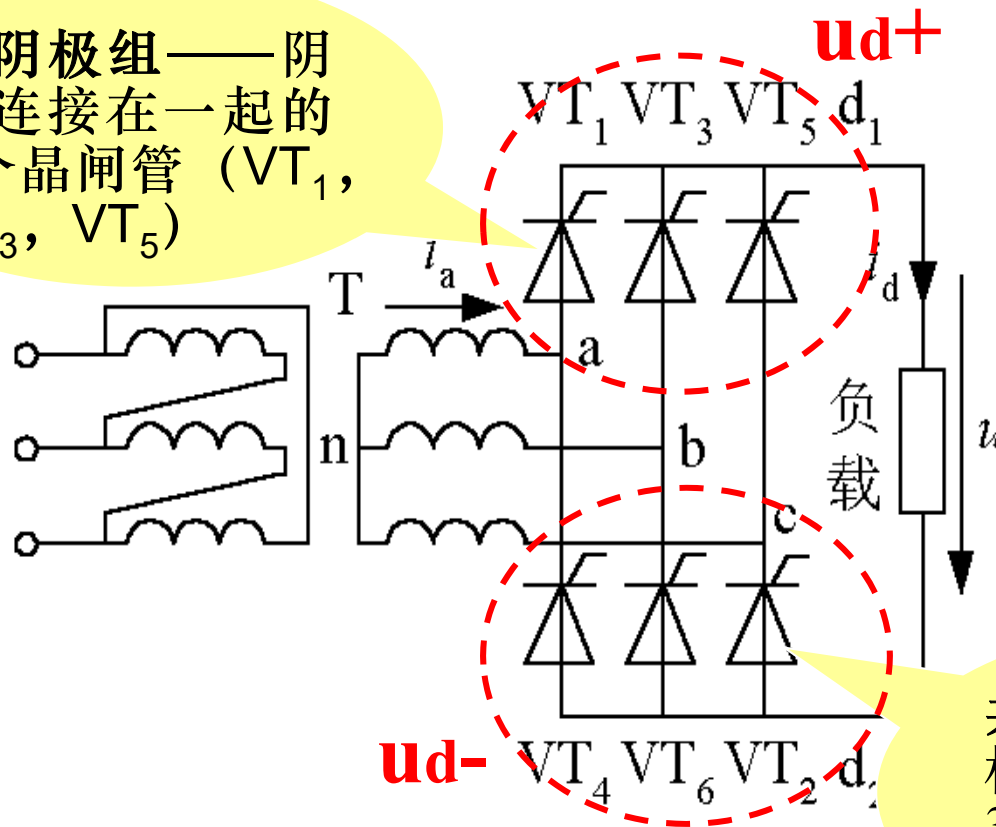


$$u_{ab} = u_a - u_b = u_a + (-u_b)$$

## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

### ● 三相桥是应用最为广泛的整流电路

共阴极组——阴极连接在一起的3个晶闸管 ( $VT_1$ ,  $VT_3$ ,  $VT_5$ )



导通顺序:

$VT_1 - VT_2$   
 $- VT_3 - VT_4$   
 $- VT_5 - VT_6$

共阳极组——阳极连接在一起的3个晶闸管 ( $VT_4$ ,  $VT_6$ ,  $VT_2$ )

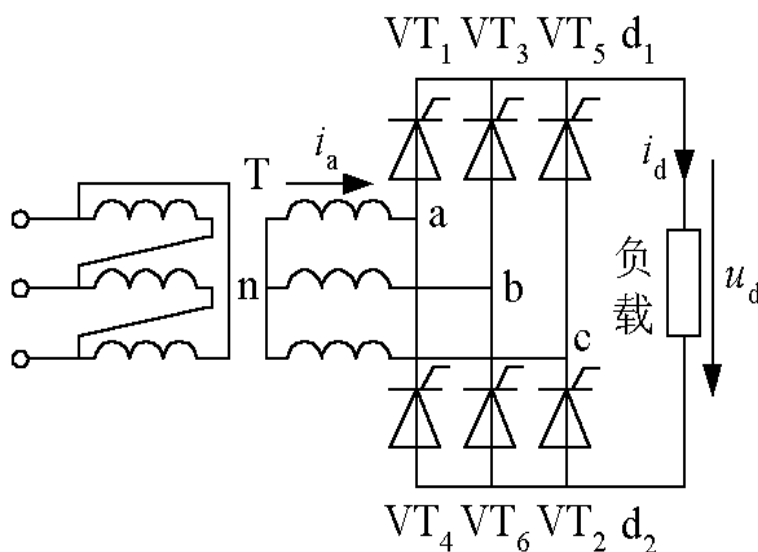
图2-18 三相桥式全控整流电路原理图

### 电路及其结构特点

可看作：半波共阴电路串联半波共阳电路

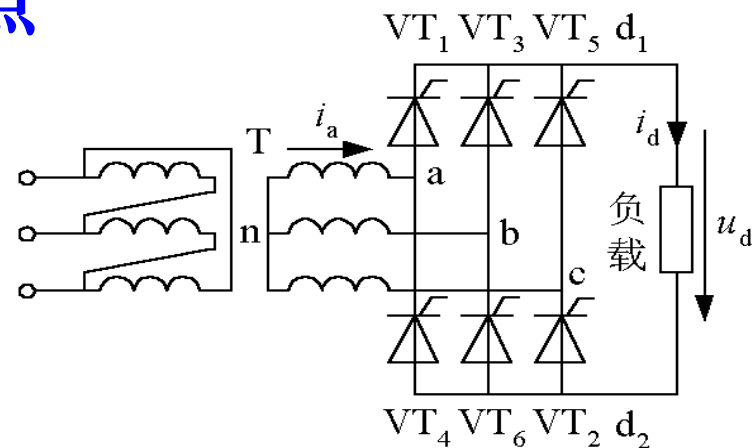
(**电流流出源端**)      (**电流流回源端**)

总是两个晶闸管（上下组各一个）同时导通



### ● 三相桥式全控整流电路的特点

(1) 2管同时通形成供电回路，其中共阴极组和共阳极组各1，且不能为同1相器件。



(2) 对触发脉冲的要求：

- ✦ 按 $VT_1$ - $VT_2$ - $VT_3$ - $VT_4$ - $VT_5$ - $VT_6$ 的顺序，相位依次差 $60^\circ$ 。
- ✦ 共阴极组 $VT_1$ 、 $VT_3$ 、 $VT_5$ 的脉冲依次差 $120^\circ$ ，共阳极组 $VT_4$ 、 $VT_6$ 、 $VT_2$ 也依次差 $120^\circ$ 。
- ✦ 同一相的上下两个桥臂，即 $VT_1$ 与 $VT_4$ ， $VT_3$ 与 $VT_6$ ， $VT_5$ 与 $VT_2$ ，脉冲相差 $180^\circ$ 。

### ● 三相桥式全控整流电路的特点

(3)  $u_d$ 一周脉动6次，每次脉动的波形都一样，故该电路为6脉波整流电路。

(4) 需保证同时导通的2个晶闸管均有脉冲

✦ 可采用两种方法：一种是宽脉冲触发

一种是双脉冲触发（常用）

(5) 晶闸管承受的电压波形与三相半波时相同，晶闸管承受最大正、反向电压的关系也相同。

### 输出电压波形分析:

- 。共阴极连接的可控硅：有触发脉冲且阳极电位最高的T导通；
- 。共阳极连接的可控硅：有触发脉冲且阴极电位最低的T导通；
- 。二极管：总是在自然换相点换相
- 。是否构成电流回路、且电流方向正确？ 否则电流为零
- 。SCR何时关断？强迫换流或电流自然下降到零
- 。先分析输出电压，后T上压降
- 。回路电压定律

### 波形分析要点

- 共阴极管组--看阳极电位
- 共阳极管组--看阴极电位
- 输出电压—“走” 在线电压包络线
- 线电压与相电压的关系：  
    相位（自然换向点）...幅度...
- 触发脉冲顺序（换向顺序）

## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

- 换向顺序：1) 每 $60^\circ$ 换一次相；2) 顺序

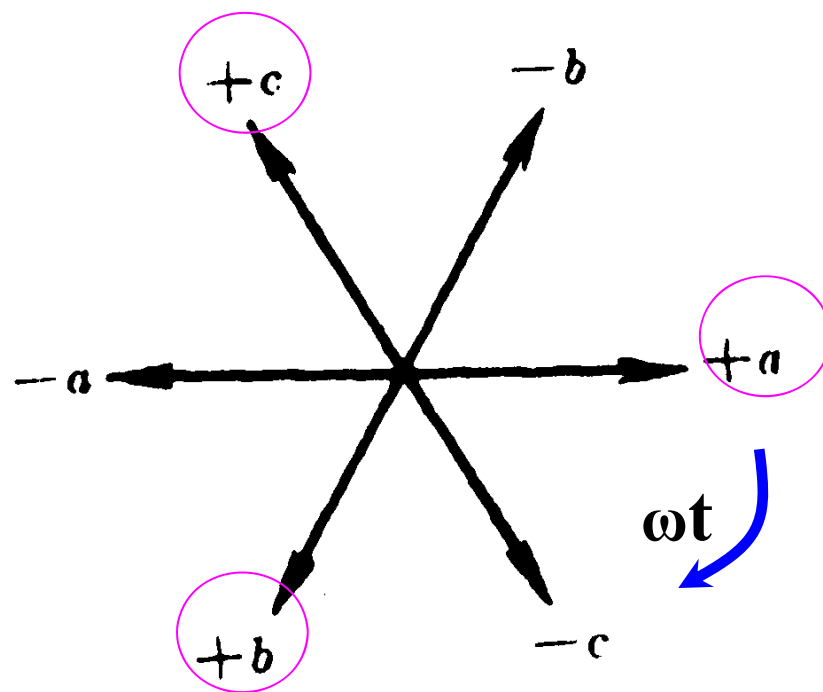


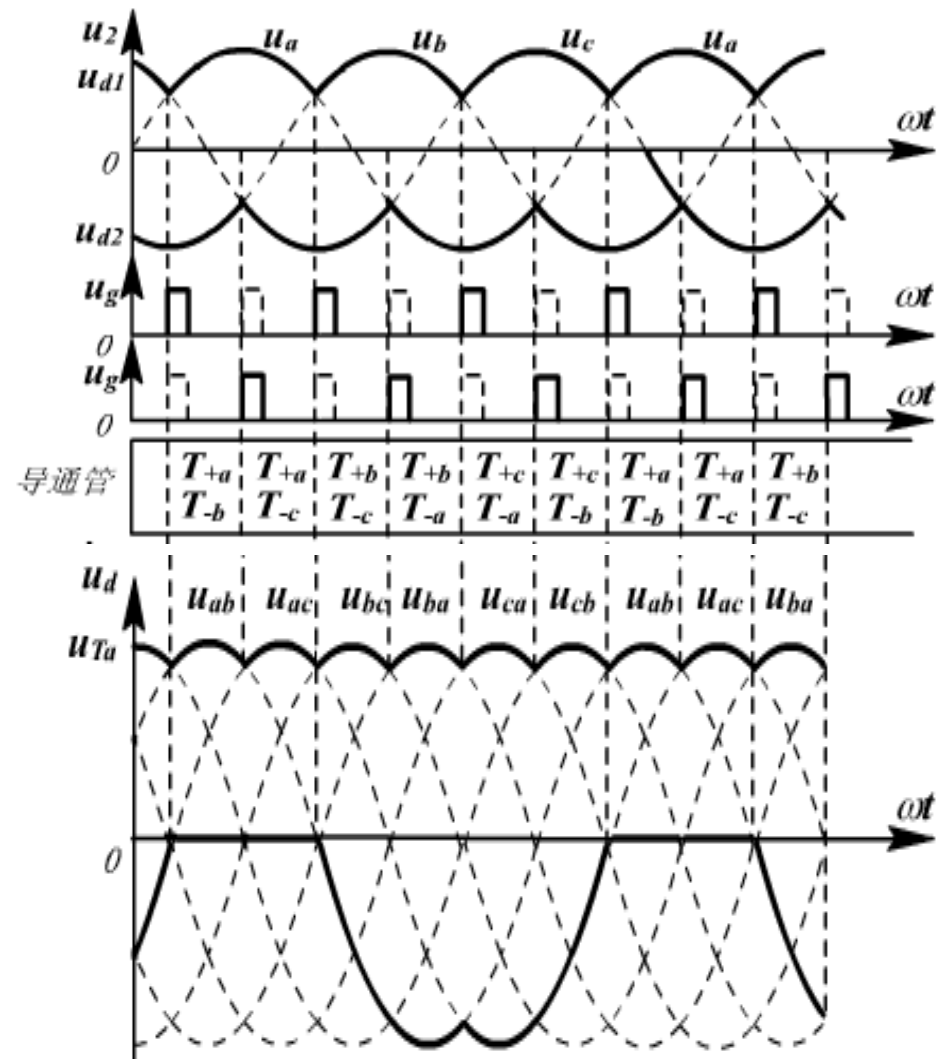
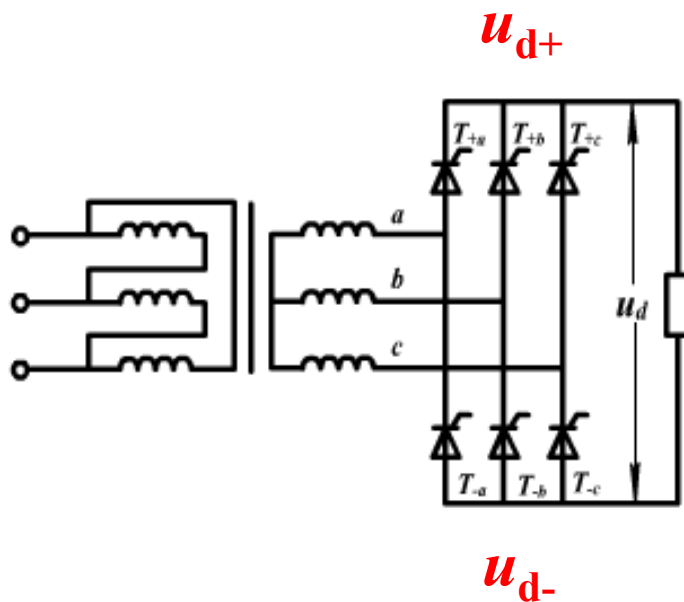
图 2-18 晶闸管换流顺序



## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

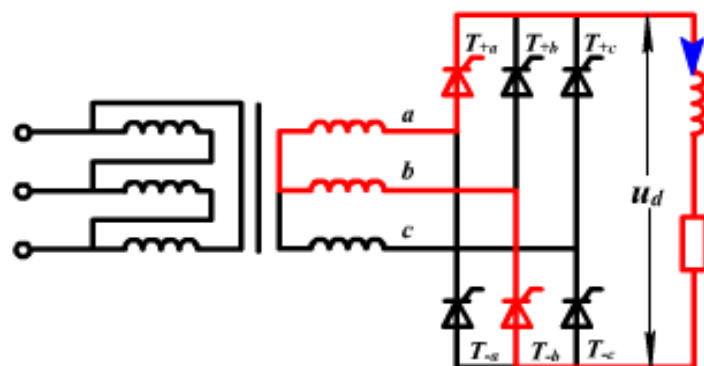
控制角  $\alpha=0^\circ$

相当于6个整流二极管情况

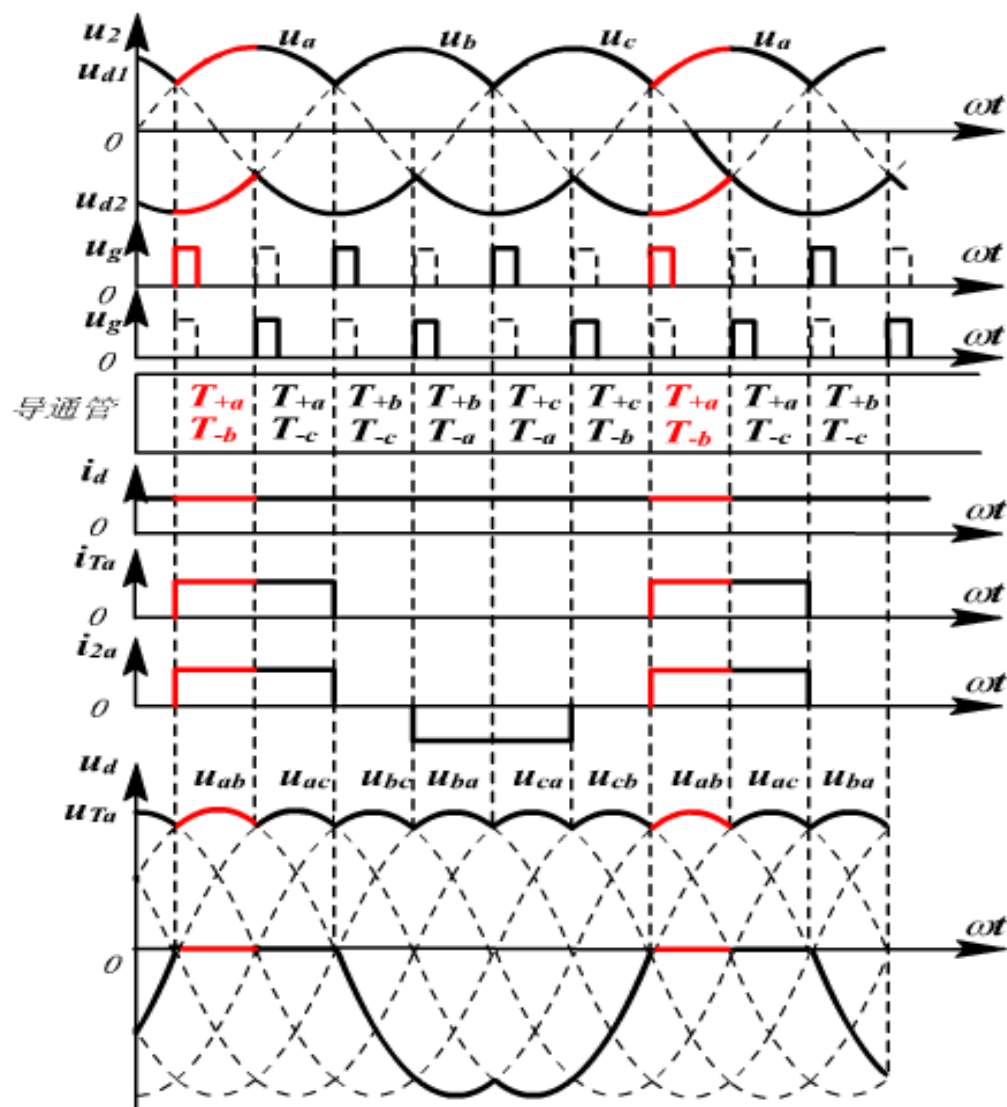


## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

(二) 电感负载工作过程

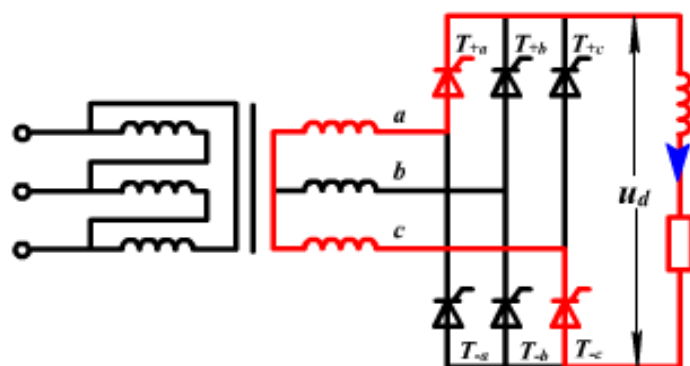


- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通

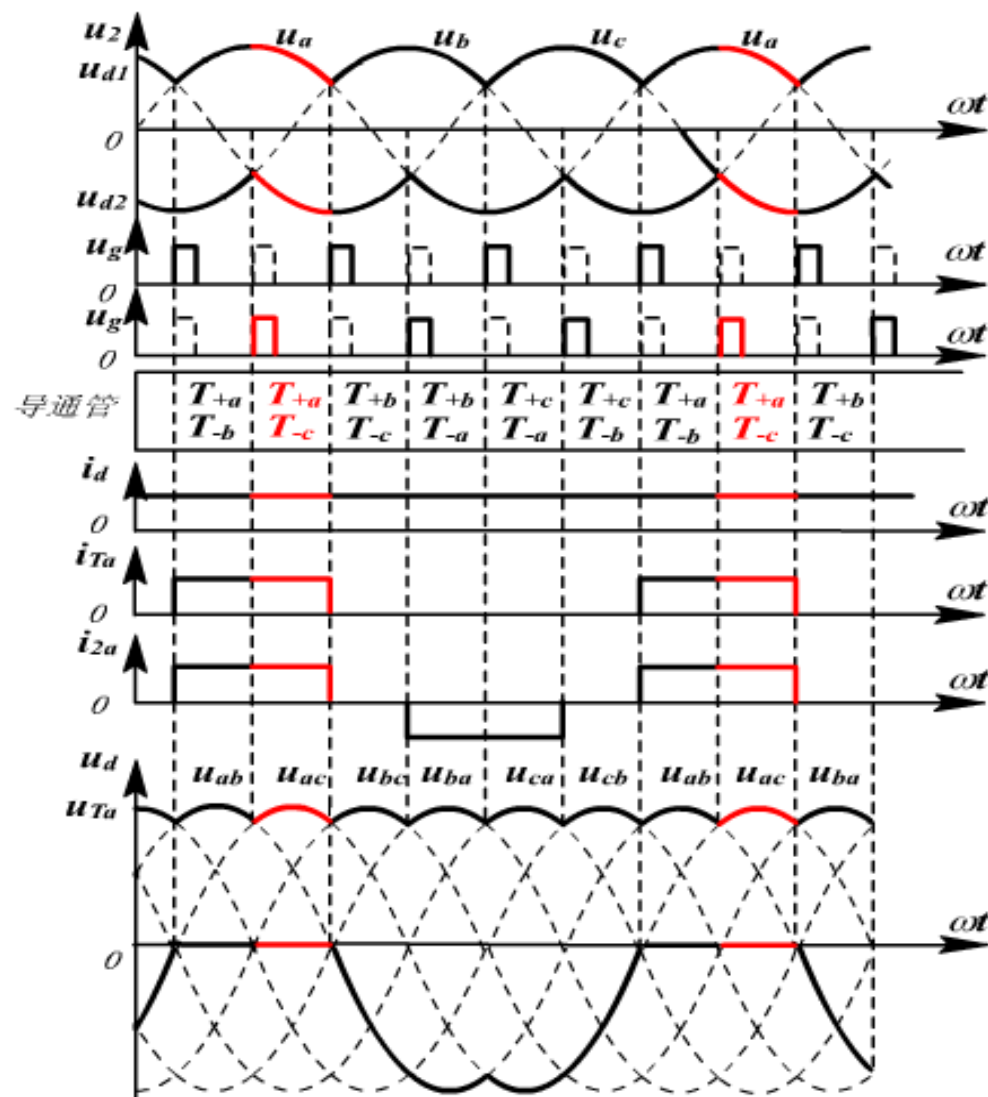


## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

(二) 电感负载工作过程

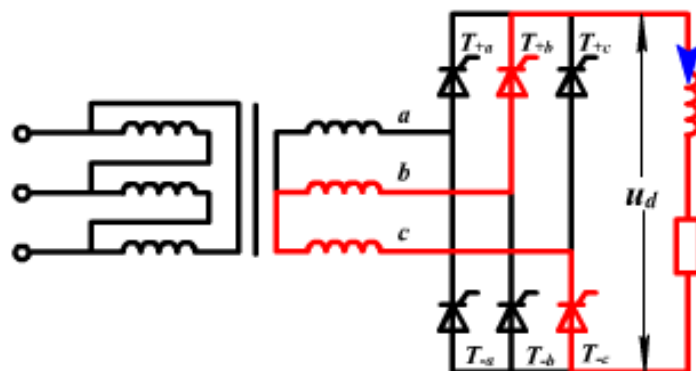


- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通

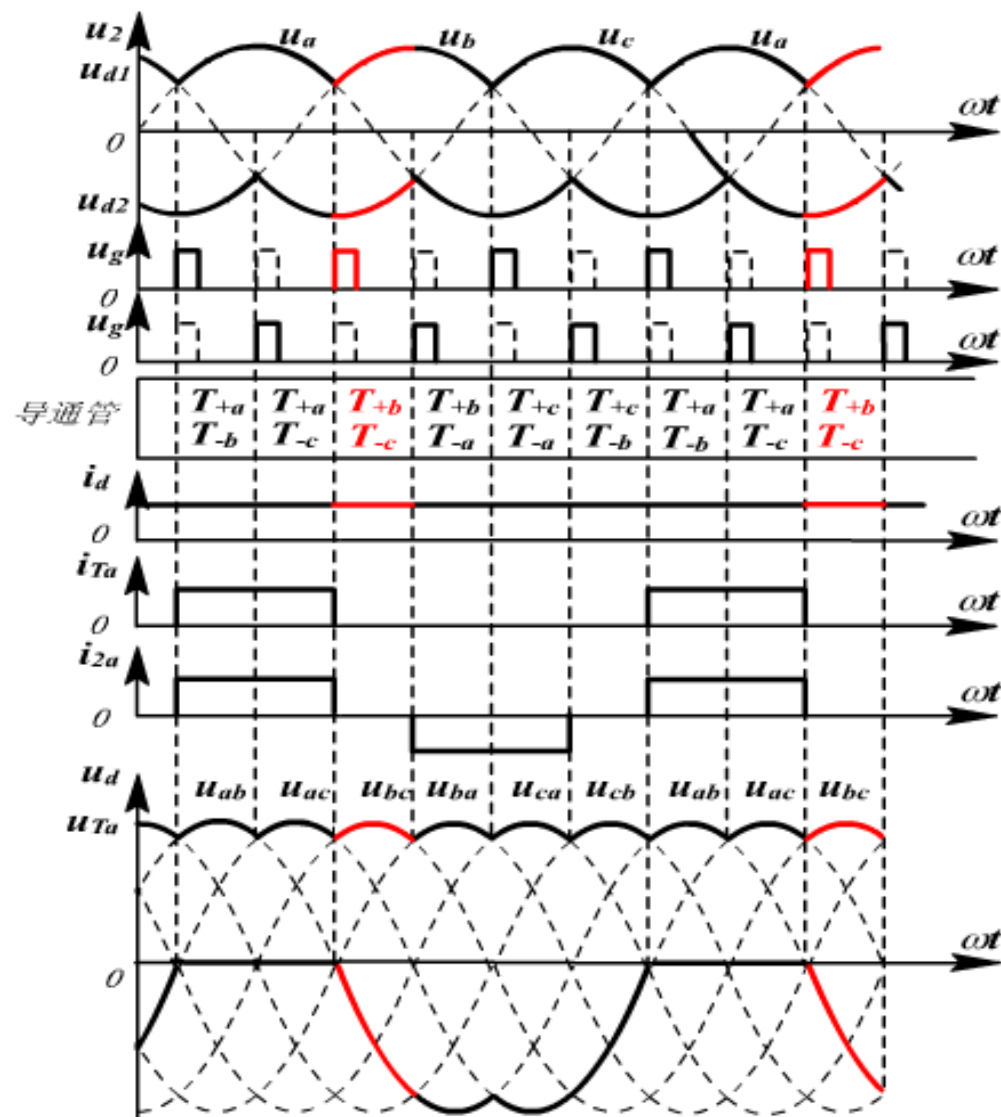


## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

### (二) 电感负载工作过程

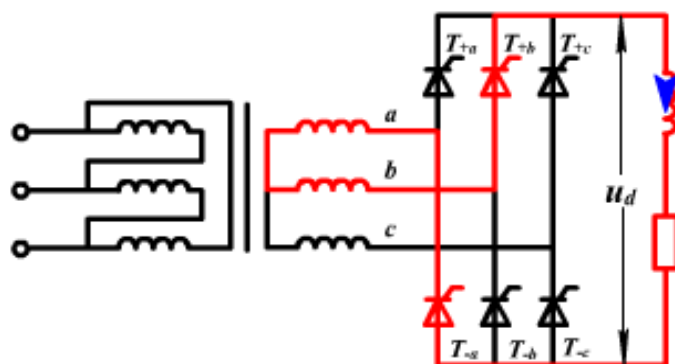


- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通

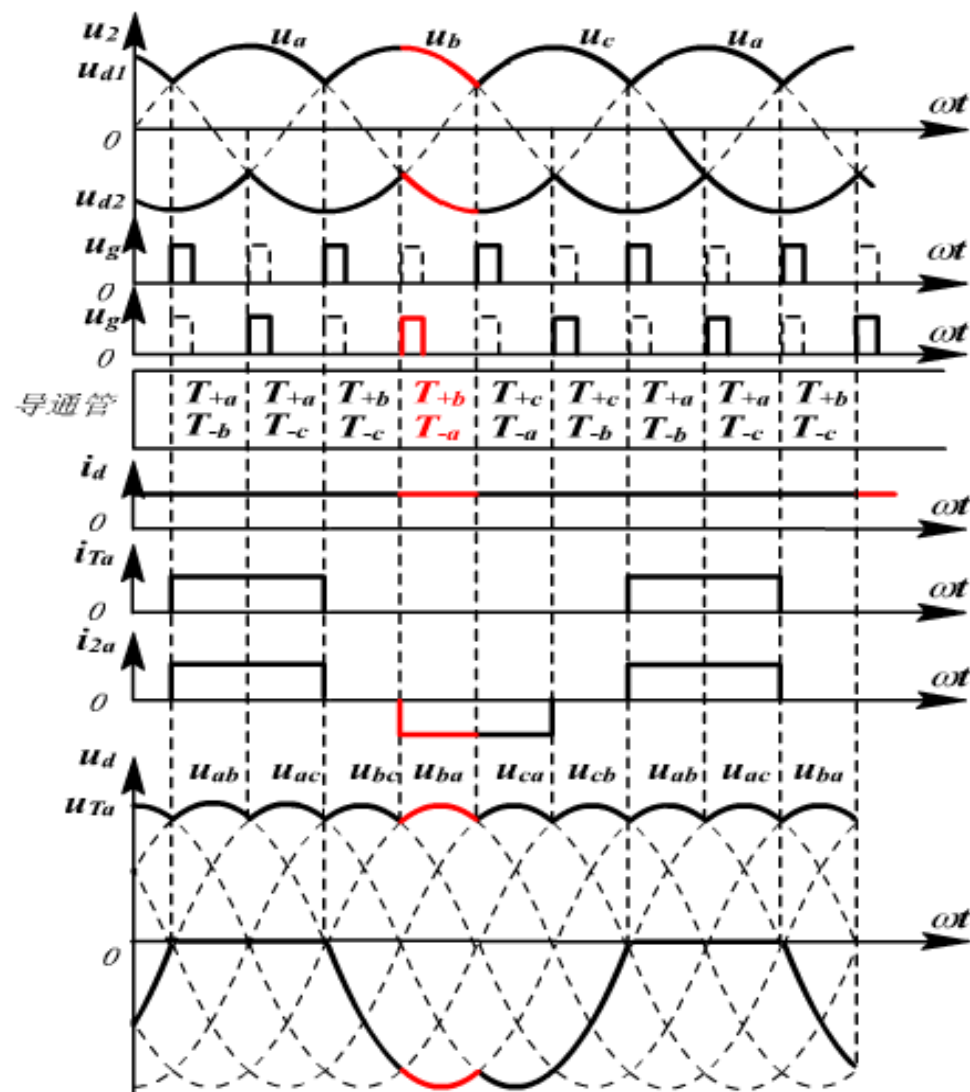


## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

(二) 电感负载工作过程

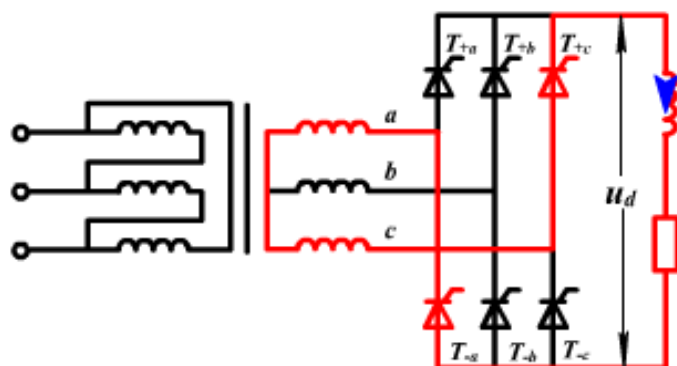


- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通

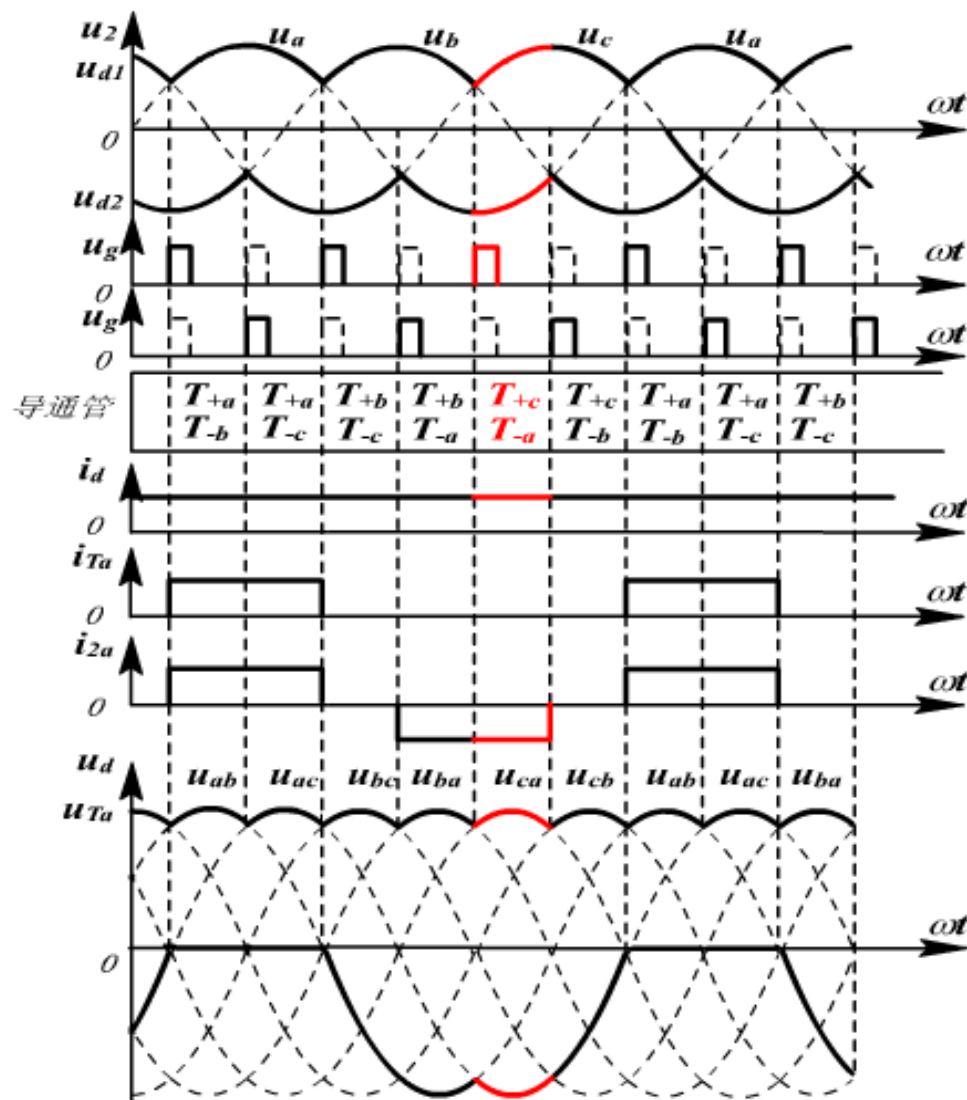


## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

(二) 电感负载工作过程



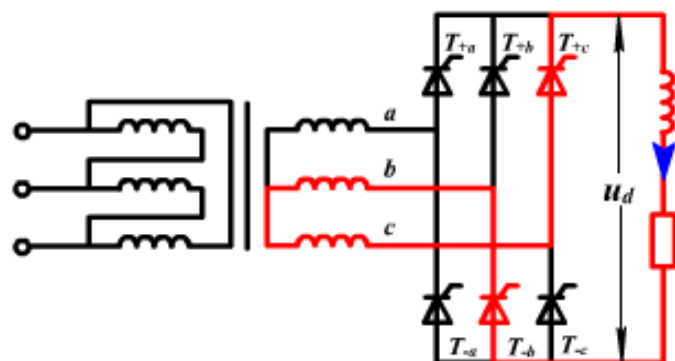
- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通



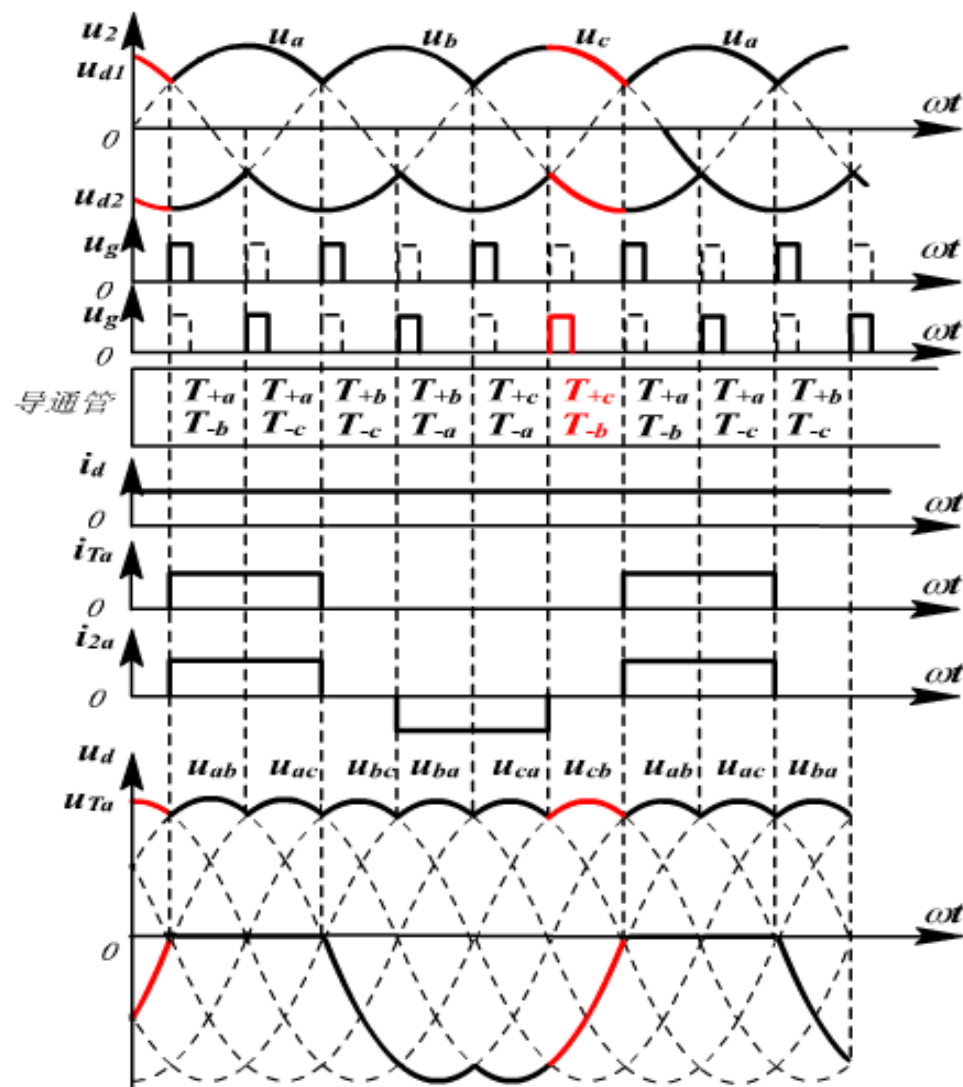


## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

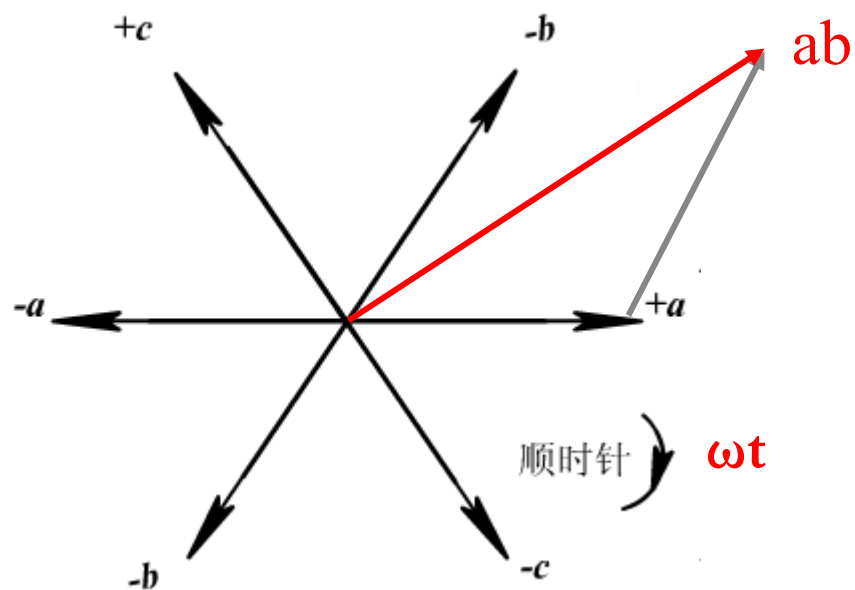
(二) 电感负载工作过程



- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通



## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

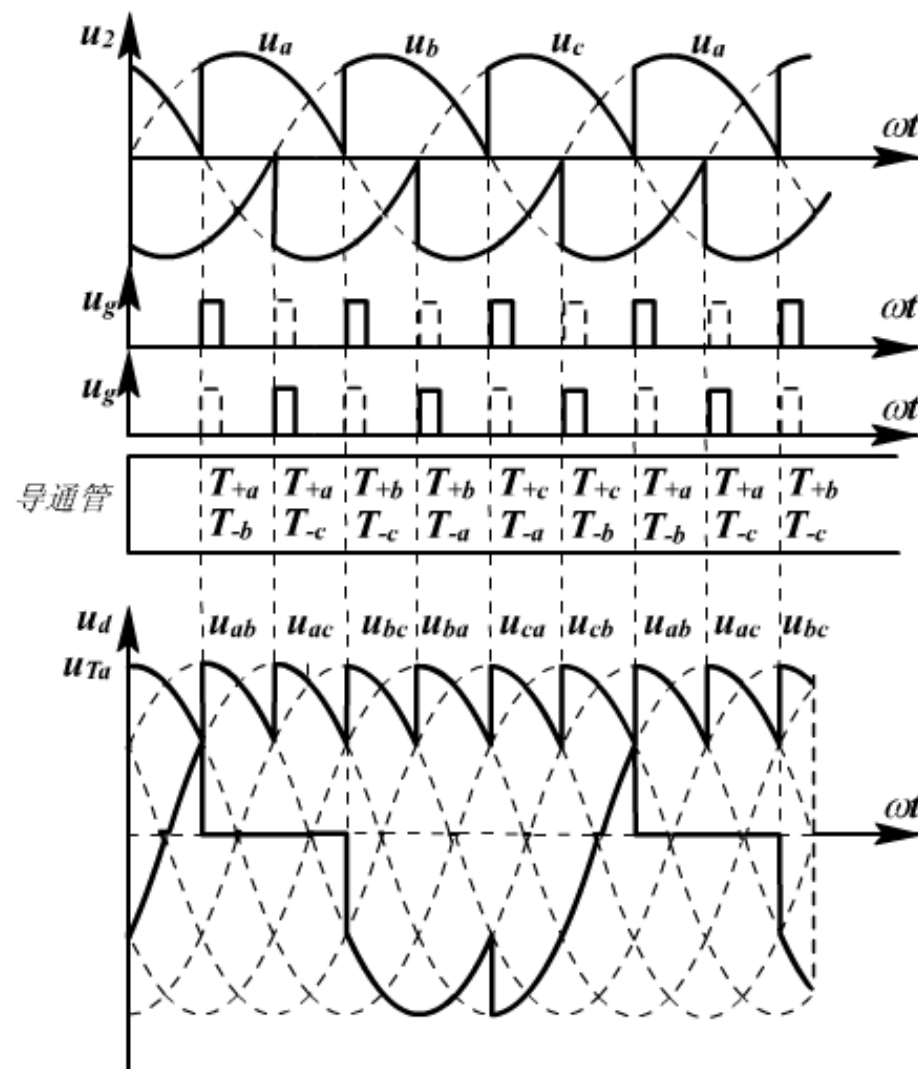
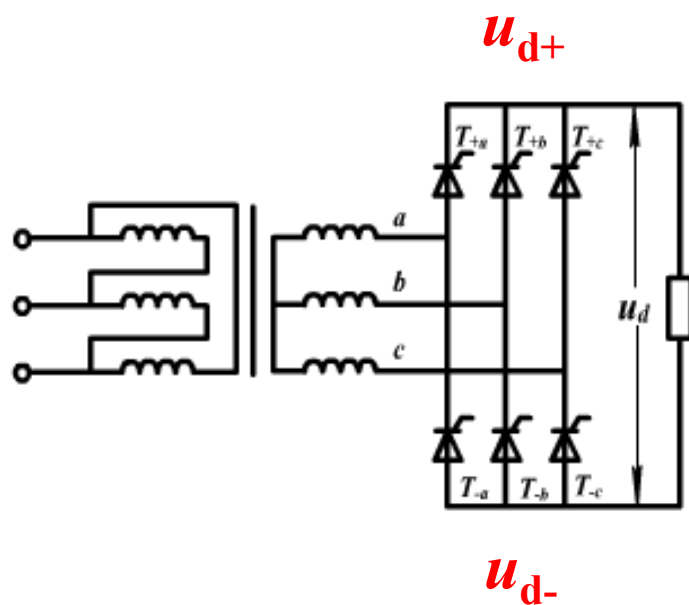


- 最重要
- 多重含义

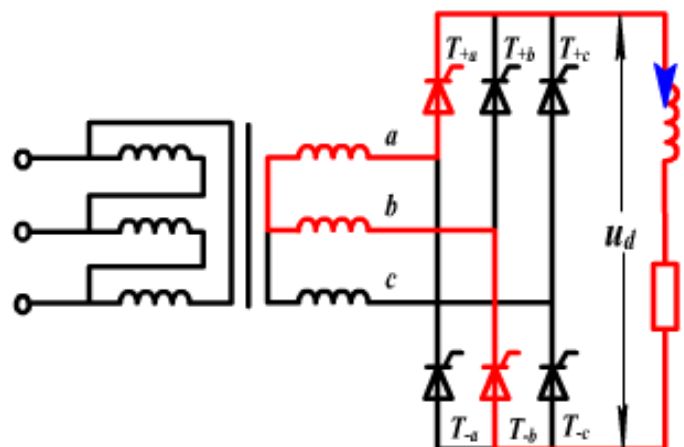


## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

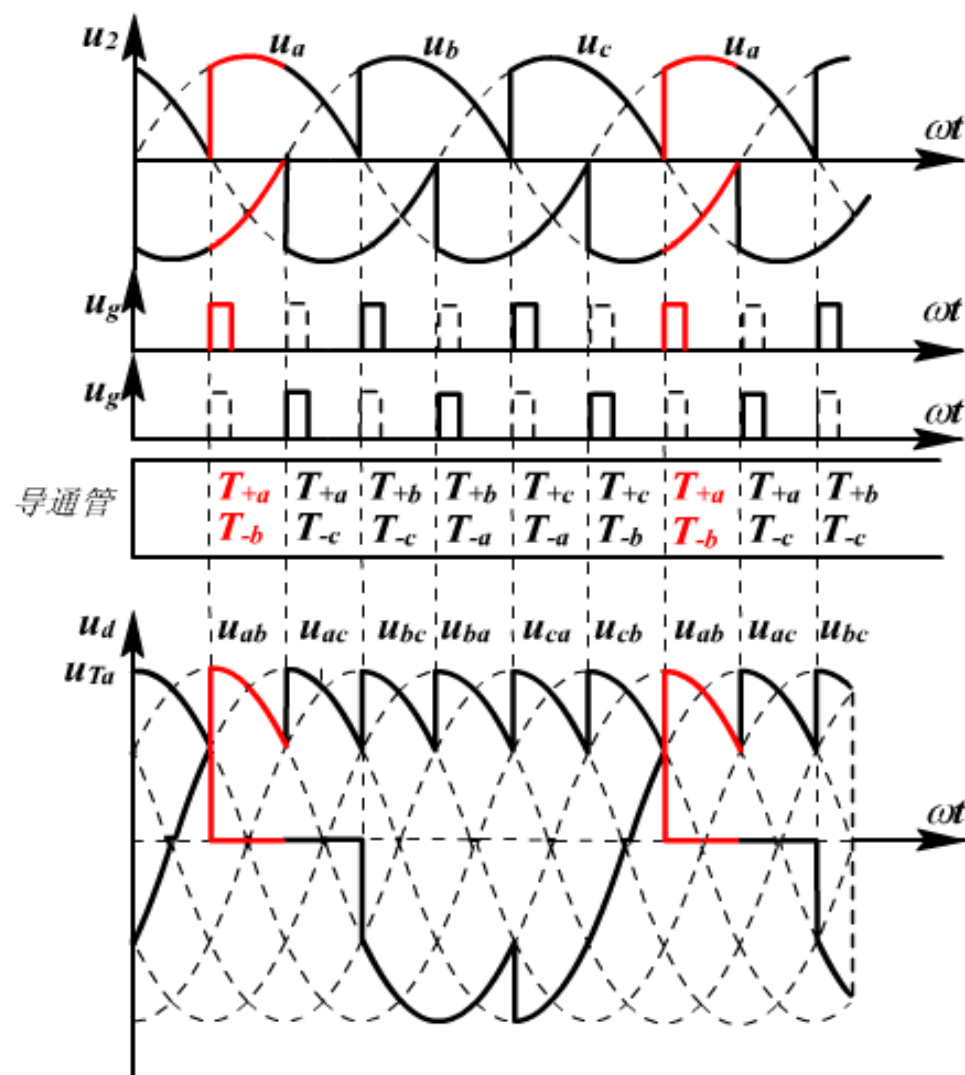
控制角  $\alpha=30^\circ$



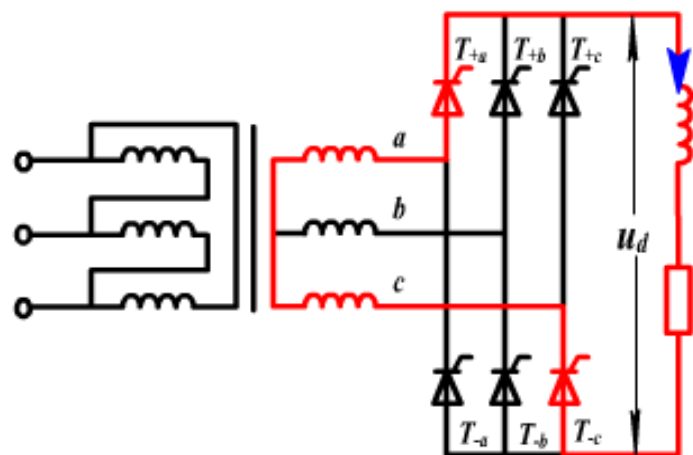
## 2.2.2 三相桥式全控整流电路



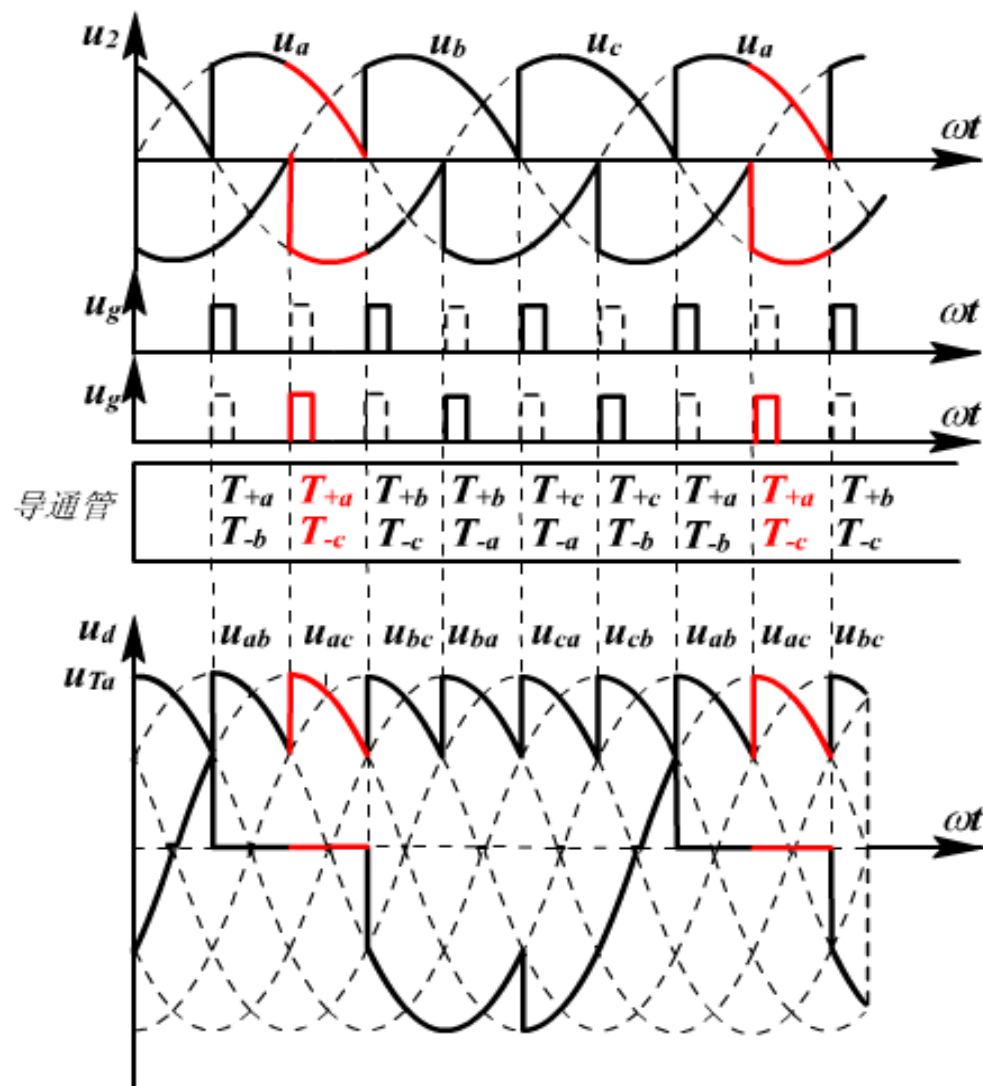
- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通



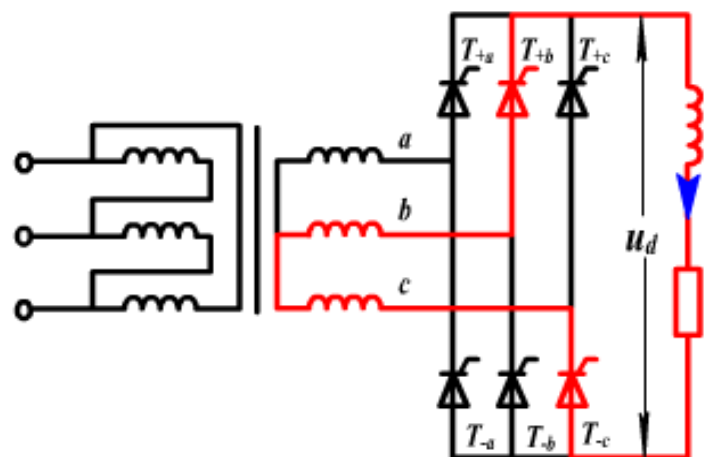
## 2.2.2 三相桥式全控整流电路



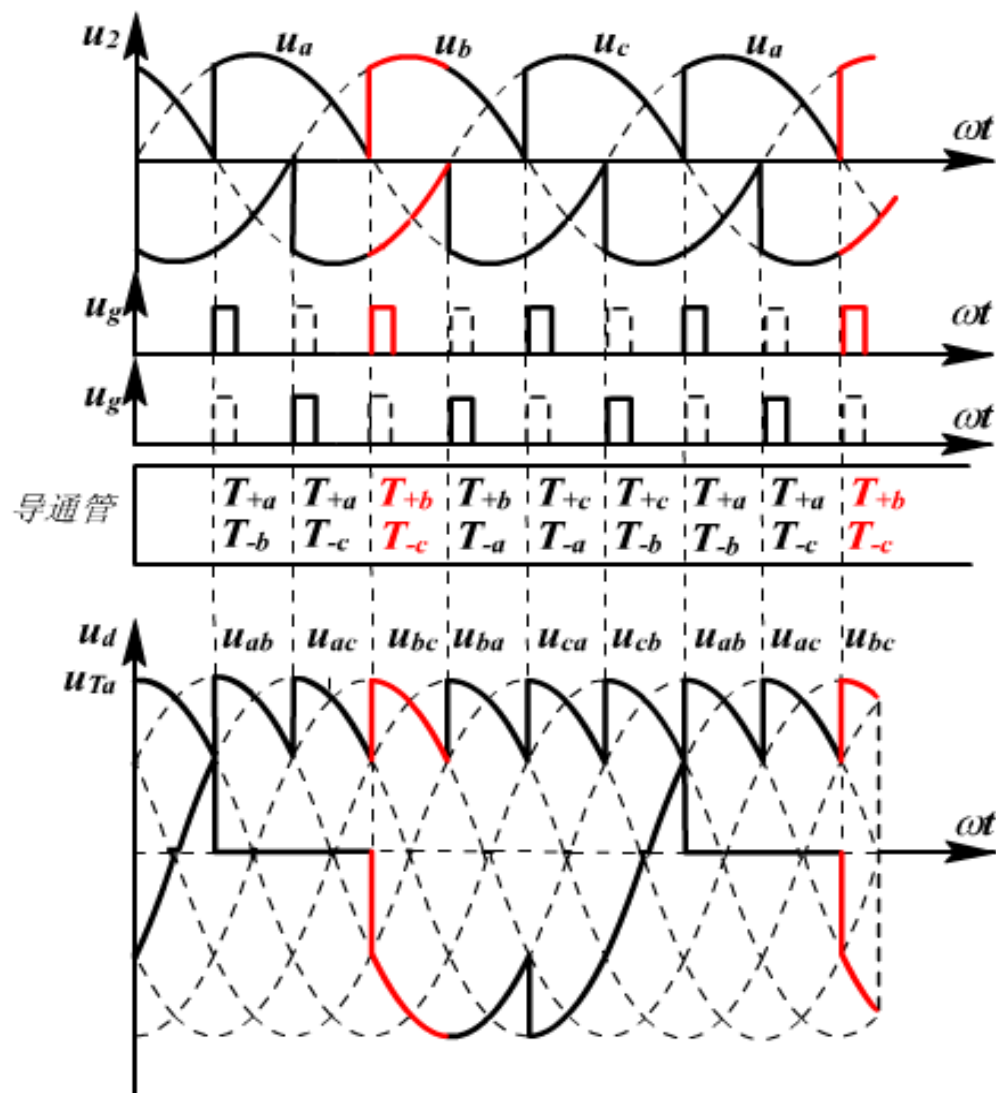
- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通



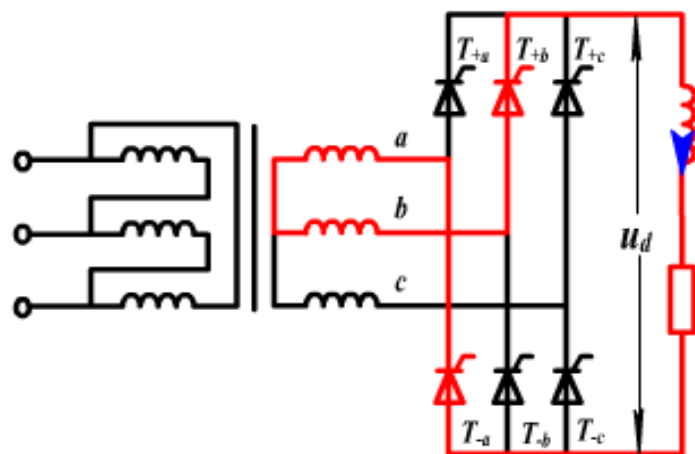
## 2.2.2 三相桥式全控整流电路



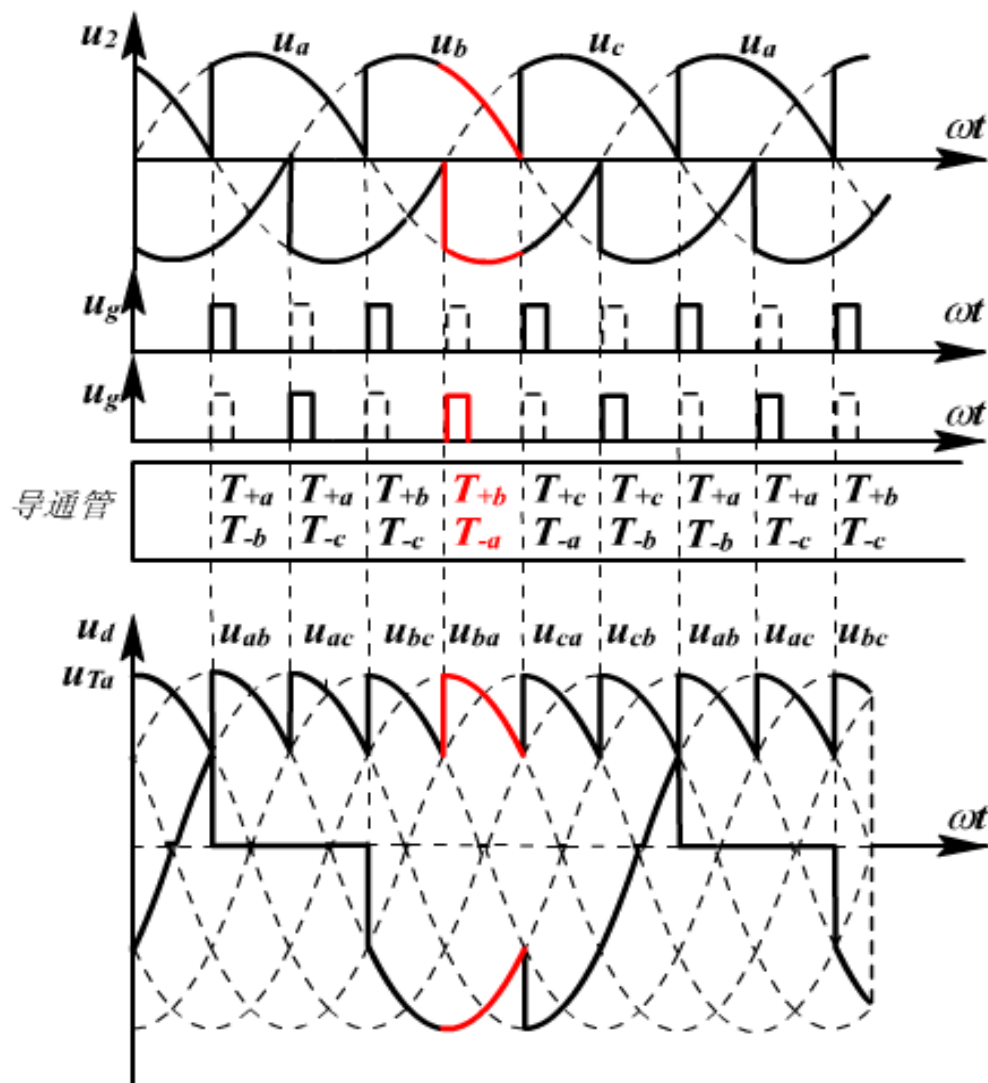
- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通



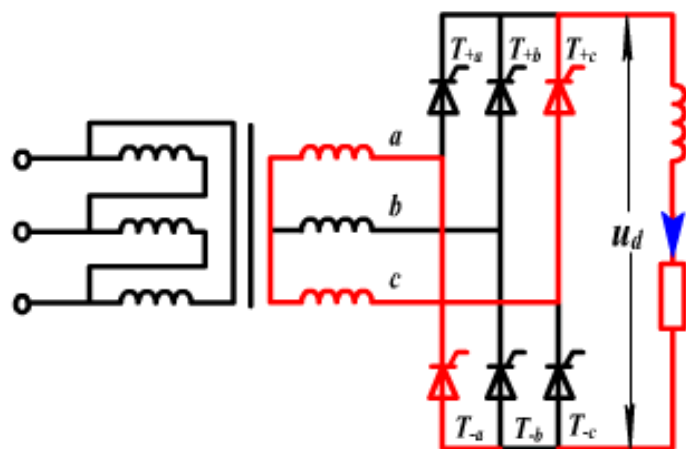
## 2.2.2 三相桥式全控整流电路



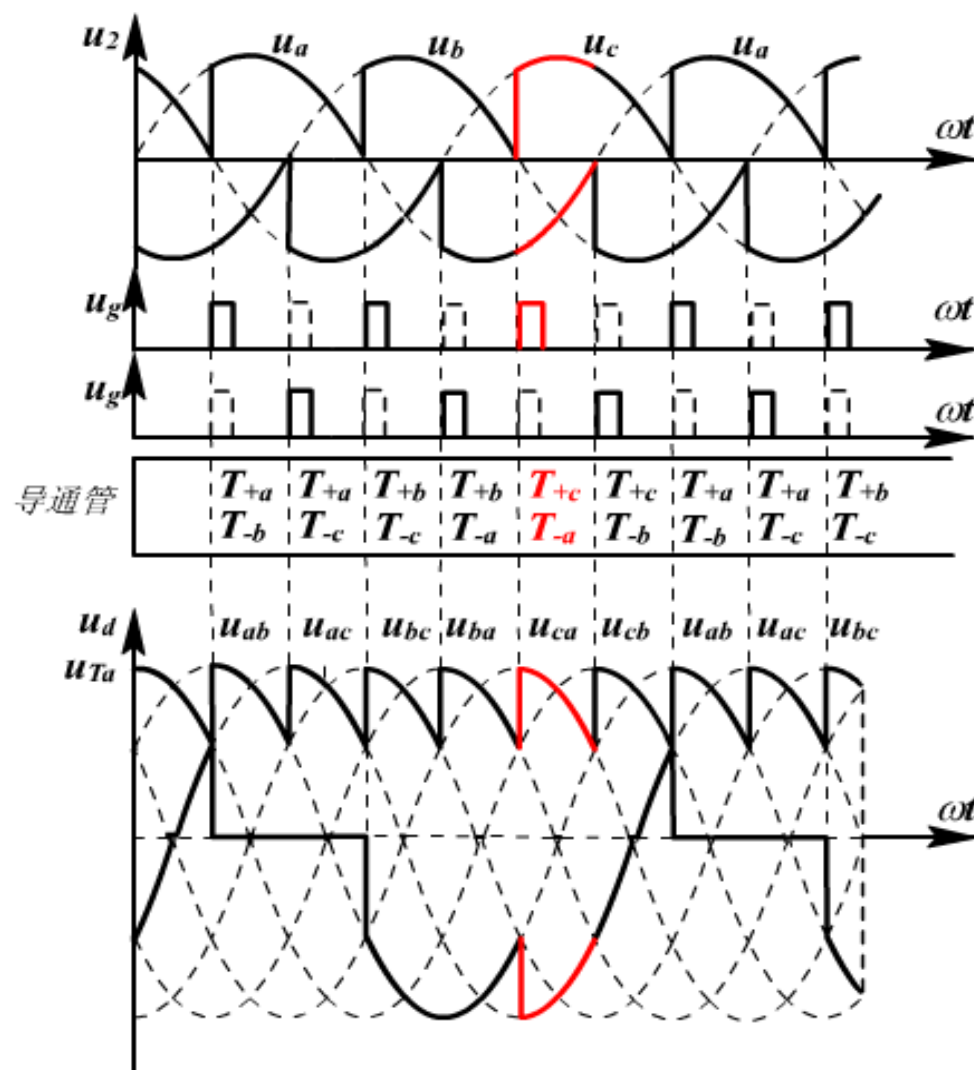
- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通



## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

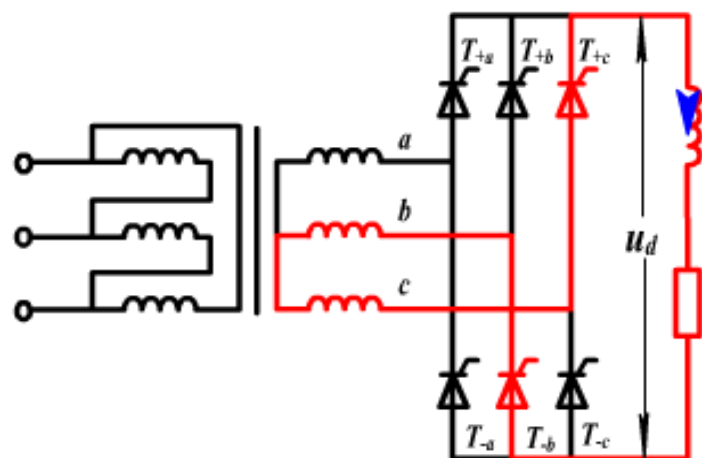


- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通

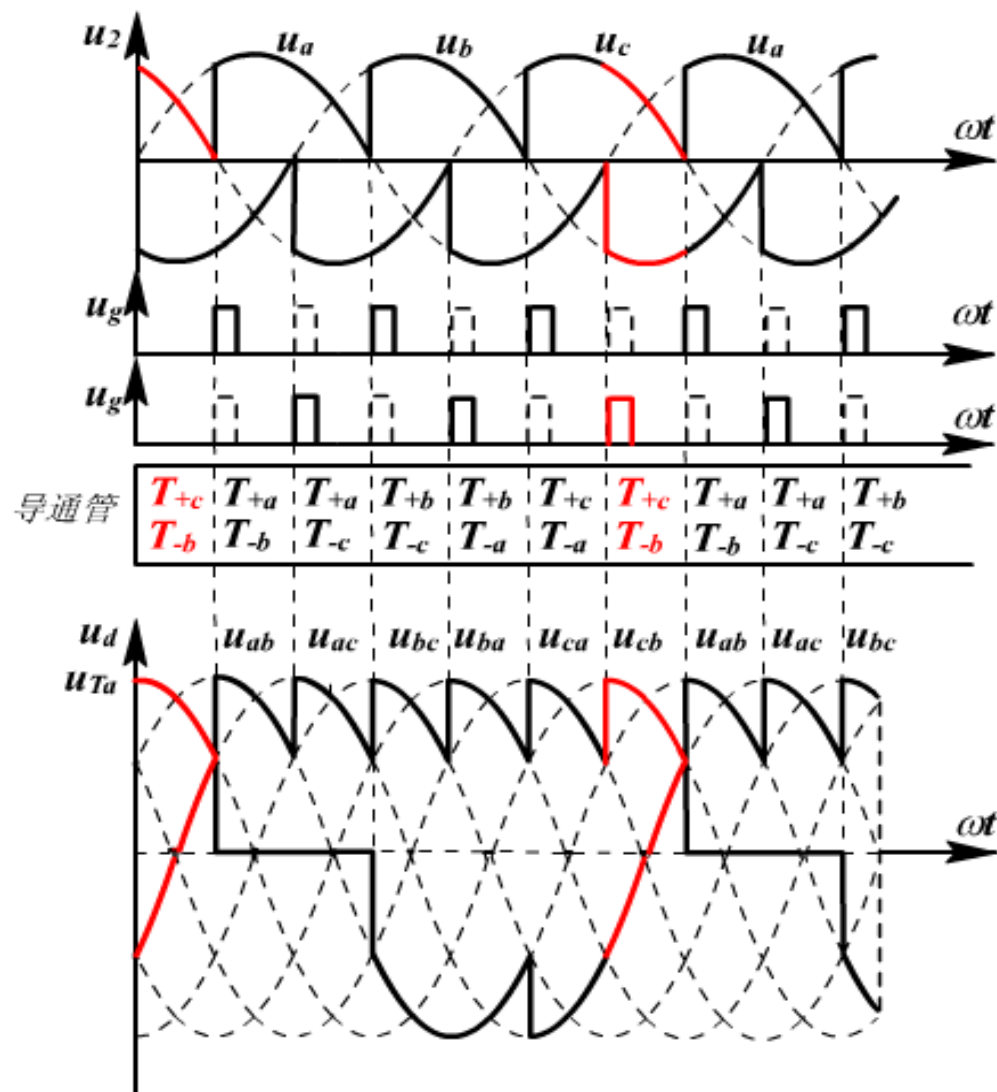




## 2.2.2 三相桥式全控整流电路



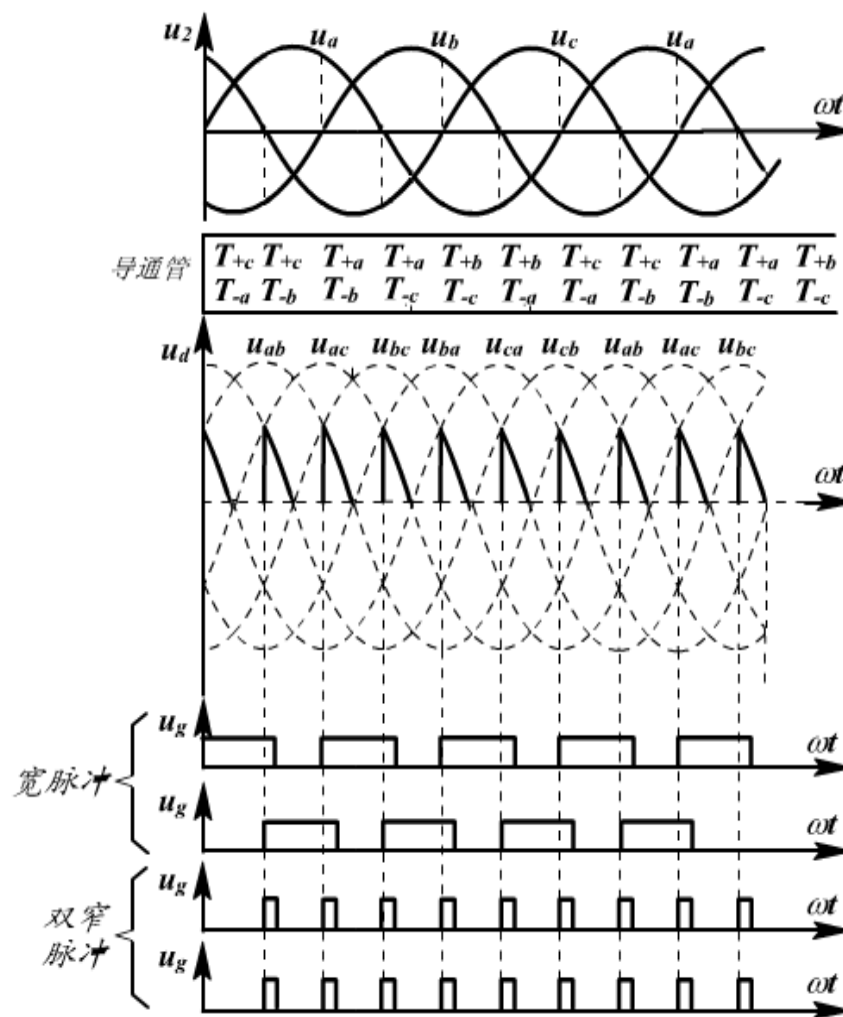
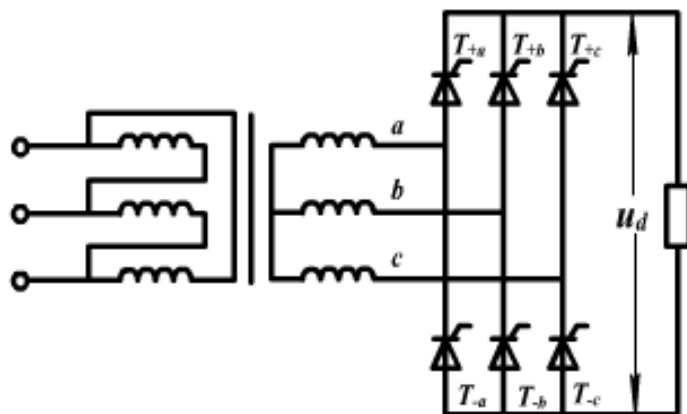
- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通



## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

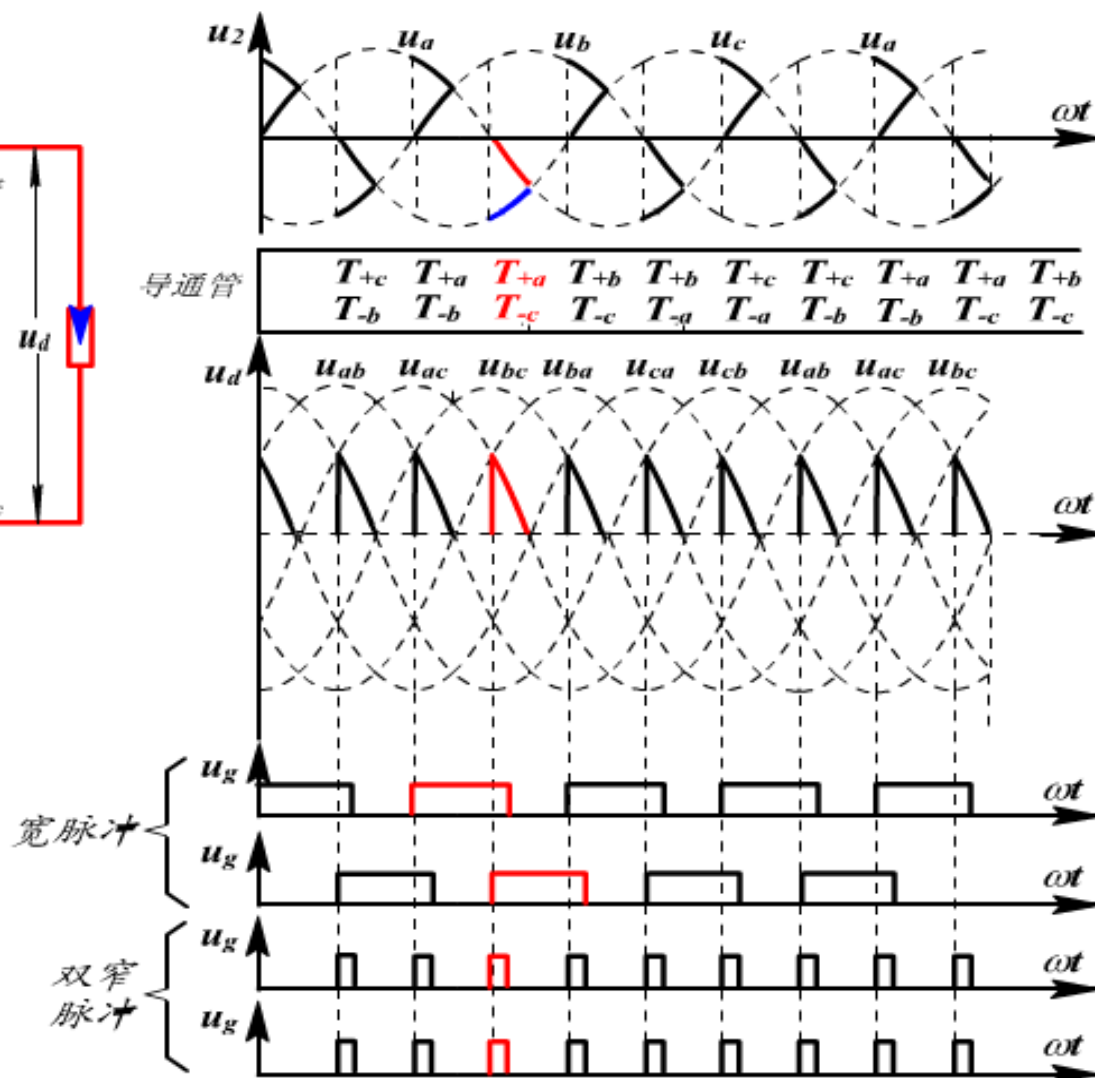
控制角 $\alpha > 60^\circ$

以控制角等于90度为例，当线电压过零时，晶闸管关断，电流波形断续

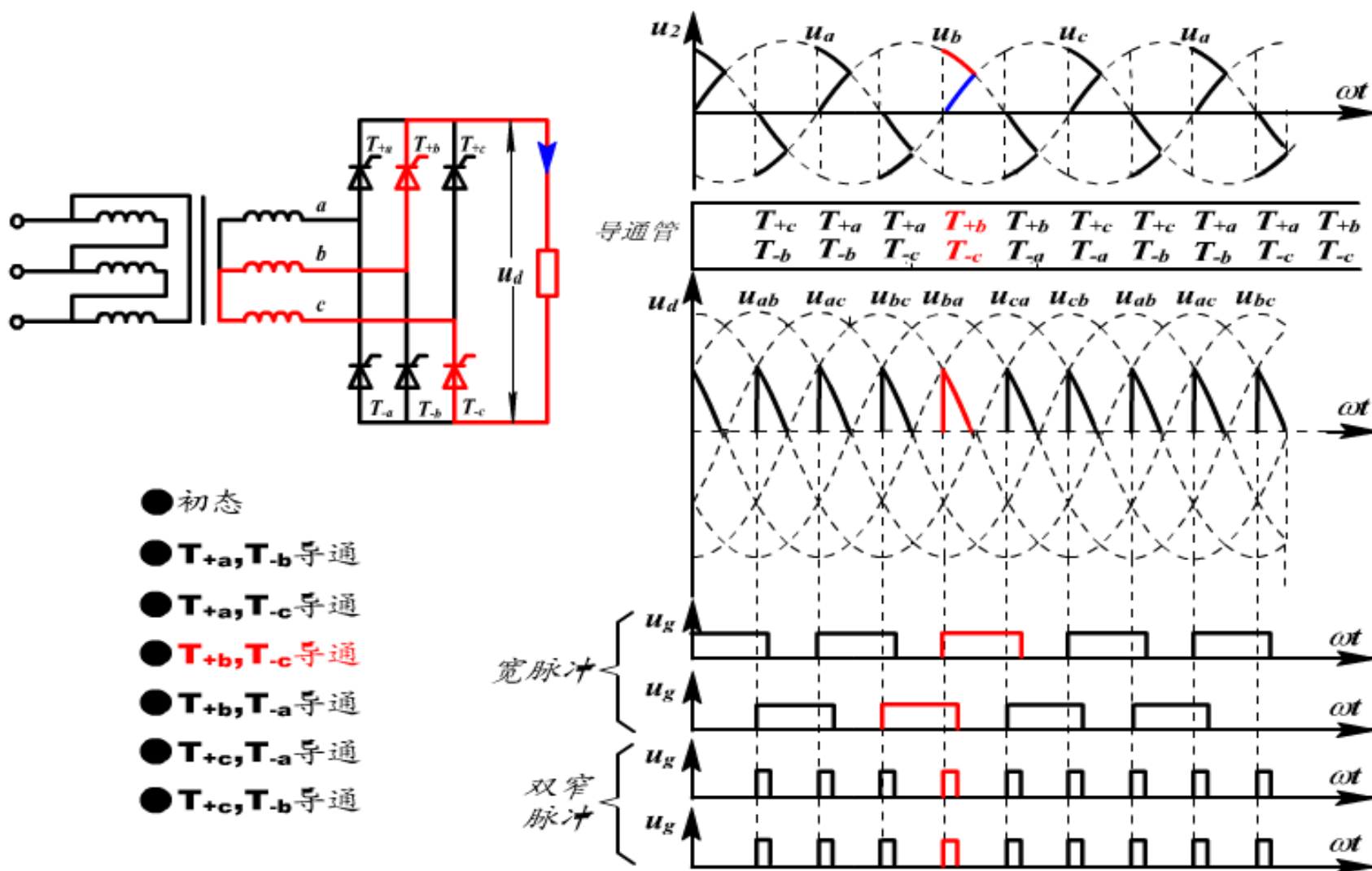








## 2.2.2 三相桥式全控整流电路



- 初态
- $T_{+a}, T_{-b}$  导通
- $T_{+a}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-c}$  导通
- $T_{+b}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-a}$  导通
- $T_{+c}, T_{-b}$  导通

## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

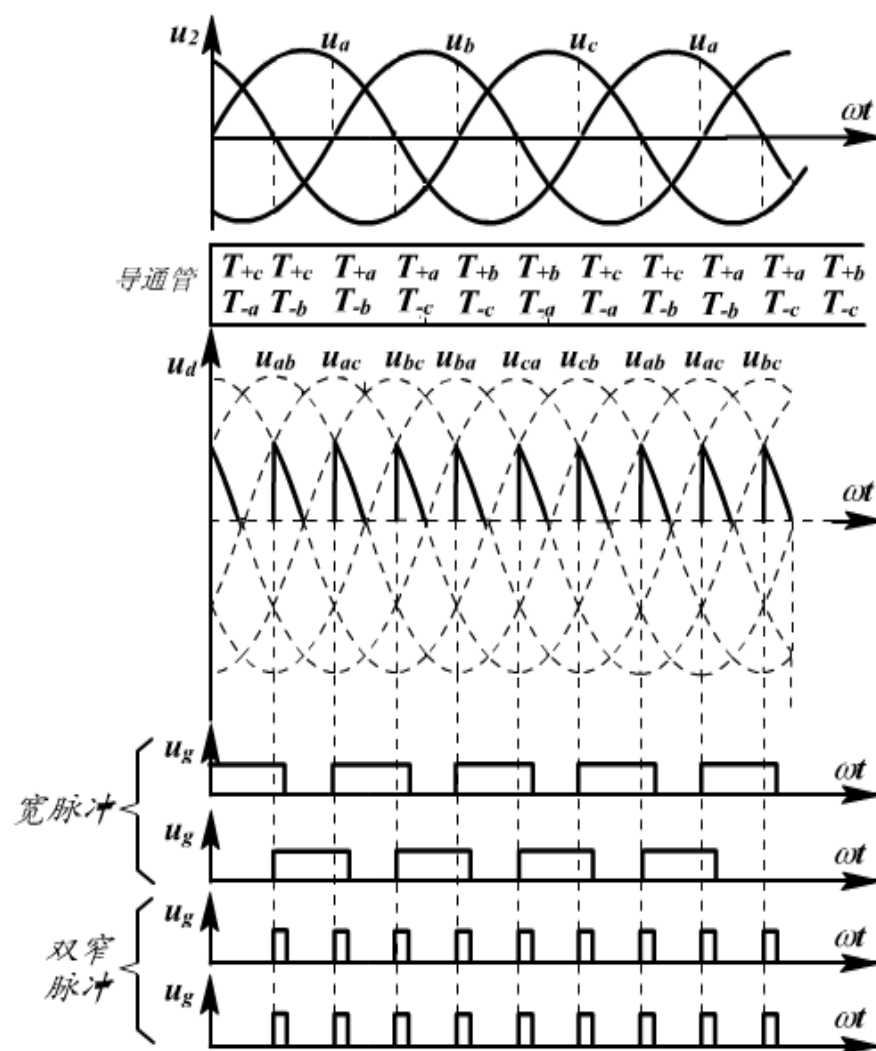
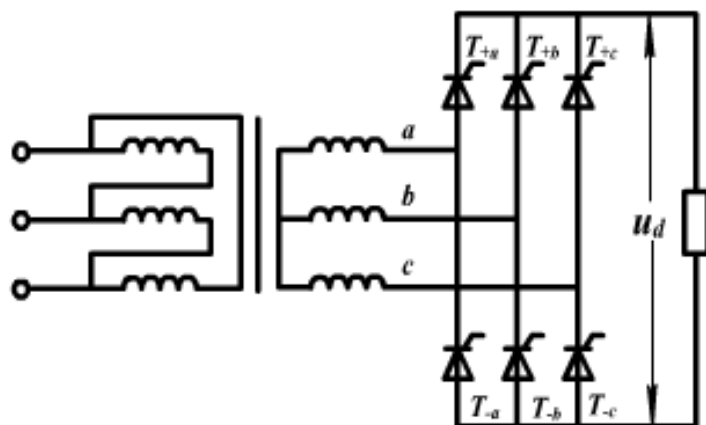
控制角 $\alpha > 60^\circ$

电流波形断续

在一个周期内每个晶闸管导电

$120^\circ - \alpha$

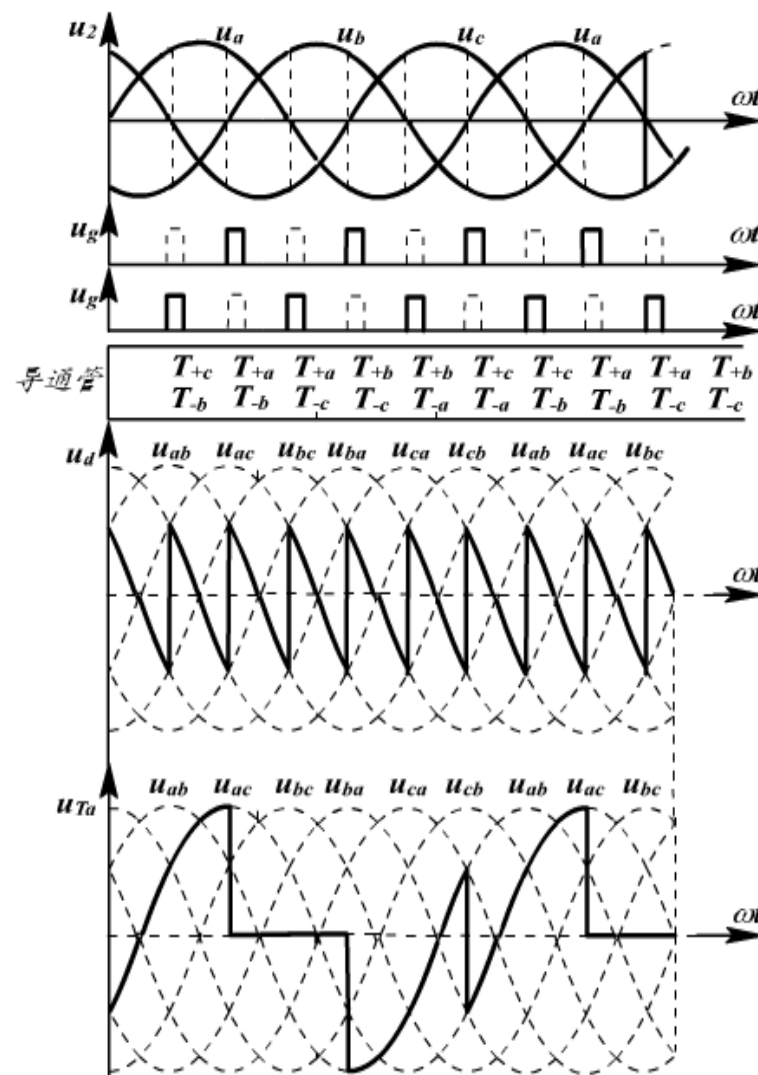
每个晶闸管需导通两次



## 2.2.2 三相桥式全控整流电路

### 控制角 $\alpha=90^\circ$ 阻感负载

- 此时输出电压波形正负两部分面积相等，因而输出平均电压等于零。
- 电感性负载当电感大小能保证输出电流连续时，控制角的最大移相范围为 $90^\circ$ 。



- 当整流输出电压连续时（即带阻感负载时，或带电阻负载 $\alpha \leq 60^\circ$ 时）的平均值为：

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

- 带电阻负载且 $\alpha > 60^\circ$ 时，整流电压平均值为：

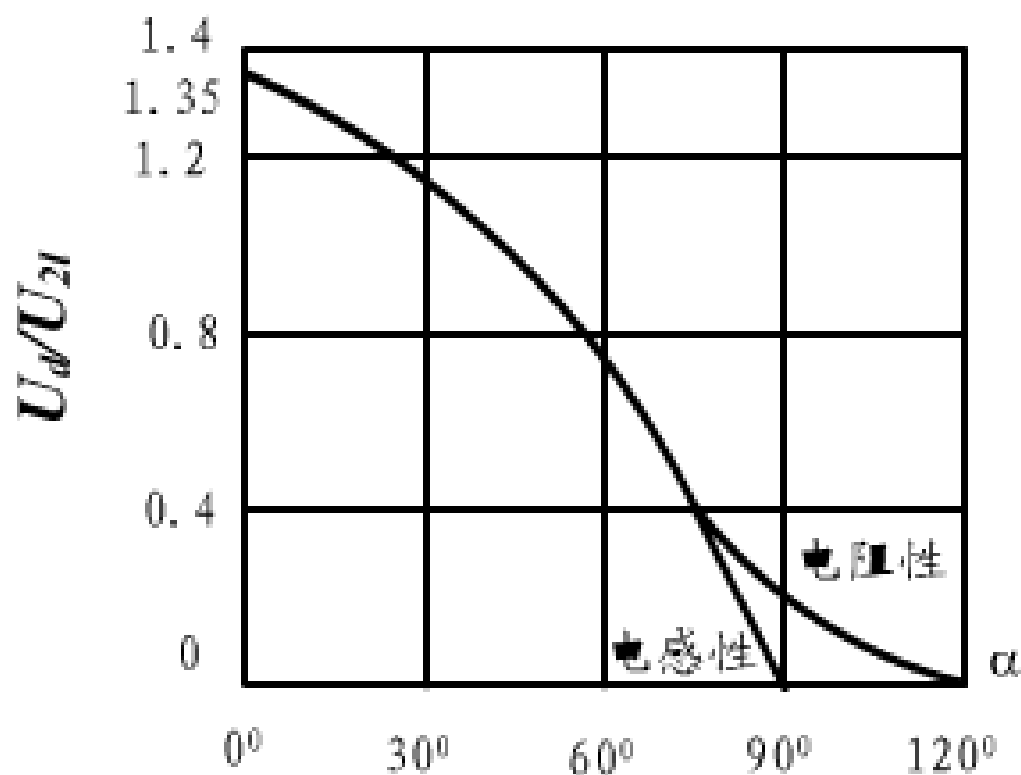
$$U_d = \frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3} + \alpha}^{\pi} \sqrt{6}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = 2.34U_2 \left[ 1 + \cos\left(\frac{\pi}{3} + \alpha\right) \right]$$

输出电流平均值为： $I_d = U_d / R$

当 $\alpha = 120^\circ$ 时， $U_d = 0$ ，控制角移相范围为 $120^\circ$

### 三相全控桥输出特性

$$2.34U_2=1.35U_{2l}$$



三相桥式全控整流电路特点：

(与三相半波电路相比)

- ◆输出电压提高一倍（两组半波电路串联构成）；
- ◆输出电压的脉动较小（6脉波）；
- ◆变压器利用率高，无直流磁化问题；
- ◆最常用（大容量负载供电，电力拖动系统）



1. 三相半波可控整流电路， $U_2=100\text{V}$ ，带电阻电感负载， $R=5$  欧姆， $L$  值极大，当  $\alpha=60^\circ$  度，要求：
  - (1) 画出  $u_d$ ,  $i_d$  和  $i_{VT1}$  的波形；
  - (2) 计算  $U_d$ ,  $I_d$ ,  $I_{dT}$  和  $I_{VT}$
12. 在三相桥式全控整流电路中，电阻负载，如果有一个晶闸管不能导通，此时的整流电压  $u_d$  波形如何？如果有一个晶闸管被击穿而短路，其他晶闸管受什么影响？
3. 三相桥式全控整流电路， $U_2=100\text{V}$ ，带电阻电感负载， $R=5$  欧姆， $L$  值极大，当  $\alpha=60^\circ$  度，要求：
  - (1) 画出  $u_d$ ,  $i_d$  和  $i_{VT1}$  的波形；
  - (2) 计算  $U_d$ ,  $I_d$ ,  $I_{dT}$  和  $I_{VT}$