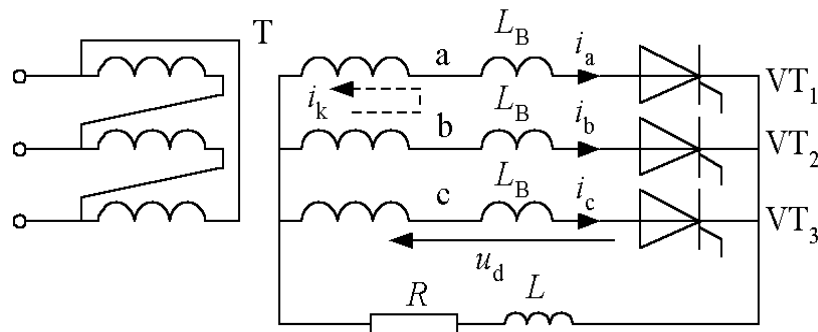




## 3.2 变压器漏感对整流电路的影响

### ■ 变压器漏感问题

◆ 实际上整流变压器绕组总有漏感。漏感和交流侧电感可用一个集中的电感 $L_B$ 表示，并将其折算到变压器二次侧



◆ 由于电感对电流的变化起阻碍作用，电感电流不能突变，因此换相过程不能瞬间完成，而是会持续一段时间

■ 现以三相半波为例进行分析，得到的结论可推广到其他电路

◆ 假设负载中电感很大，负载电流为水平线。



## 3.2 变压器漏感对整流电路的影响

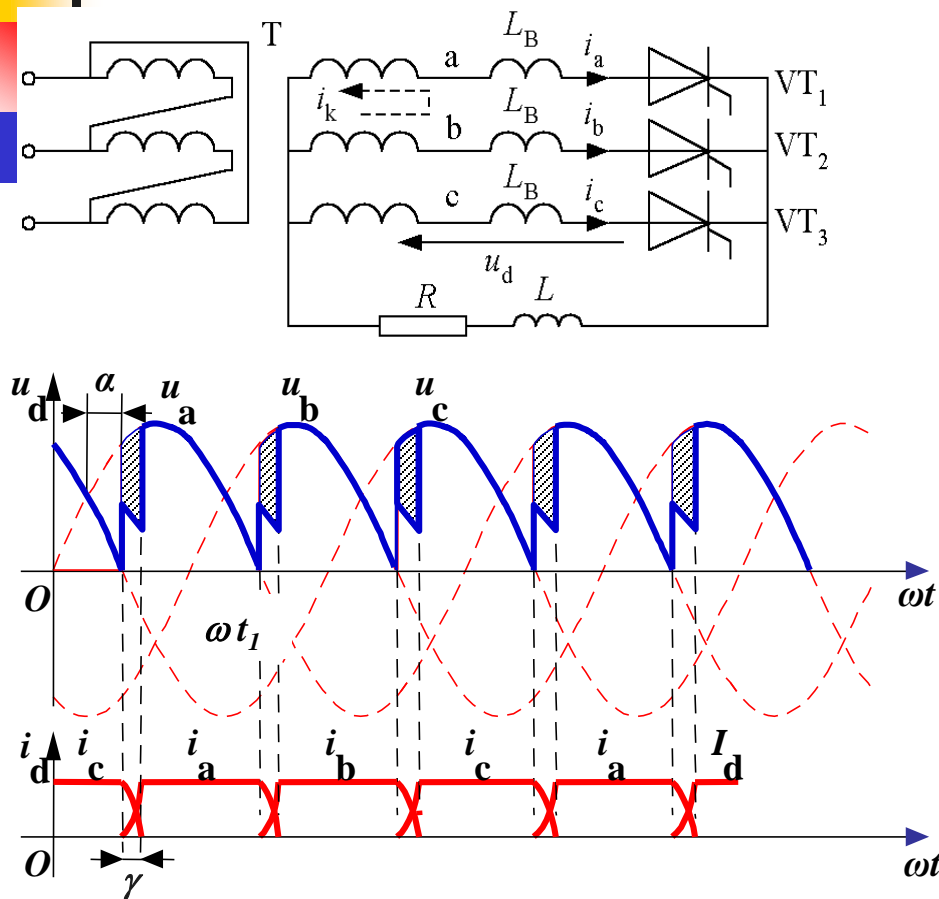


图3-26 考虑变压器漏感时的  
三相半波可控整流电路及波形

### ◆从 $VT_1$ 换相至 $VT_2$ 的过程分析

在 $\omega t_1$ 时刻之前 $VT_1$ 导通， $\omega t_1$ 时刻触发 $VT_2$ ，因a、b两相均有漏感，故 $i_a$ 、 $i_b$ 均不能突变，于是 $VT_1$ 和 $VT_2$ 同时导通，相当于将a、b两相短路，两相间电压差为 $u_b - u_a$ ，它在两相组成的回路中产生环流 $i_k$ 如图所示。

$i_k = i_b$  是逐渐增大的，而  $i_a = I_d - i_k$  是逐渐减小的。

当 $i_k$ 增大到等于 $I_d$ 时， $i_a = 0$ ， $VT_1$ 关断，换流过程结束。

换相过程持续的时间用电角度 $\gamma$ 表示，称为换相重叠角。



## 3.2 变压器漏感对整流电路的影响

### ■ 换相压降

🔑 换相过程中，整流输出电压瞬时值为

$$u_d = u_a + L_B \frac{di_k}{dt} = u_b - L_B \frac{di_k}{dt} = \frac{u_a + u_b}{2} \quad (3-30)$$

🔑 换相压降：与不考虑变压器漏感时相比， $u_d$ 平均值降低的数值，即

$$\begin{aligned} \Delta U_d &= \frac{1}{2\pi/3} \int_{\frac{5\pi}{6}+\alpha}^{\frac{5\pi}{6}+\alpha+\gamma} (u_b - u_d) d(\omega t) = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{5\pi}{6}+\alpha}^{\frac{5\pi}{6}+\alpha+\gamma} [u_b - (u_b - L_B \frac{di_k}{dt})] d(\omega t) \\ &= \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{5\pi}{6}+\alpha}^{\frac{5\pi}{6}+\alpha+\gamma} L_B \frac{di_k}{dt} d(\omega t) = \frac{3}{2\pi} \int_0^{I_d} \omega L_B di_k = \frac{3}{2\pi} X_B I_d \end{aligned} \quad (3-31)。$$



## 3.2 变压器漏感对整流电路的影响

### ■ 换相重叠角 $\gamma$

由式 (3-30) 得出:

$$\frac{di_k}{dt} = (u_b - u_a)/2L_B = \frac{\sqrt{6}U_2(\sin \omega t - \frac{5\pi}{6})}{2L_B} \quad (3-32)$$

由上式得:

$$\frac{di_k}{d\omega t} = \frac{\sqrt{6}U_2}{2X_B} \sin(\omega t - \frac{5\pi}{6}) \quad (3-33)$$

进而得出:

$$i_k = \int_{\frac{5\pi}{6} + \alpha}^{\omega t} \frac{\sqrt{6}U_2}{2X_B} \sin(\omega t - \frac{5\pi}{6}) d(\omega t) = \frac{\sqrt{6}U_2}{2X_B} [\cos \alpha - \cos(\omega t - \frac{5\pi}{6})] \quad (3-34)$$

当  $\omega t = \alpha + \gamma$  时,  $i_k = I_d$  , 于是

$$I_d = \frac{\sqrt{6}U_2}{2X_B} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)] \quad (3-35)$$

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = \frac{2X_B I_d}{\sqrt{6}U_2} \quad (3-36)$$



# 3.2 变压器漏感对整流电路的影响

☞  $\gamma$  随其它参数变化的规律:

- (1)  $I_d$  越大则  $\gamma$  越大;
- (2)  $X_B$  越大  $\gamma$  越大;
- (3) 当  $\alpha \leq 90^\circ$  时,  $\alpha$  越小  $\gamma$  越大。

☞ 其它整流电路的分析结果

表3-2 各种整流电路换相压降和换相重叠角的计算

电路形式	单相全波	单相全控桥	三相半波	三相全控桥	m脉波整流电路
$\Delta U_d$	$\frac{X_B}{\pi} I_d$	$\frac{2X_B}{\pi} I_d$	$\frac{3X_B}{2\pi} I_d$	$\frac{3X_B}{\pi} I_d$	$\frac{mX_B^{①}}{2\pi} I_d$
$\cos\alpha - \cos(\alpha + \gamma)$	$\frac{I_d X_B}{\sqrt{2}U_2}$	$\frac{2I_d X_B}{\sqrt{2}U_2}$	$\frac{2X_B I_d}{\sqrt{6}U_2}$	$\frac{2X_B I_d}{\sqrt{6}U_2}$	$\frac{I_d X_B}{\sqrt{2}U_2 \sin \frac{\pi}{m}}^{②}$

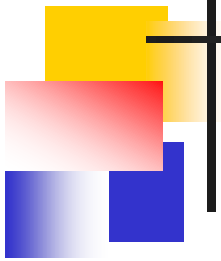
注: ①单相全控桥电路的换相过程中, 环流  $i_k$  是从  $-I_d$  变为  $I_d$ , 等效为  $m=4$ ;  
②三相桥等效为相电压等于  $\sqrt{3}U_2$  的6脉波整流电路, 故其  $m=6$ , 相电压按  $\sqrt{3}U_2$  代入。



## 3.2 变压器漏感对整流电路的影响

### ■ 变压器漏感对整流电路影响小结

- 出现换相重叠角 $\gamma$ ，整流输出电压平均值 $U_d$ 降低
- 整流电路的工作状态增多：6→12
- 晶闸管的 $di/dt$ 减小，有利于晶闸管的安全开通
- 在一定程度上取代了用以抑制晶闸管的 $di/dt$ 的进线电抗器
- 换相时晶闸管电压出现缺口，产生正的 $du/dt$ ，可能误导通→加吸收（缓冲）电路
- 换相使电网电压出现缺口，成为干扰源
- 分析举例：例 3-2 (p. 67)。



*The End*