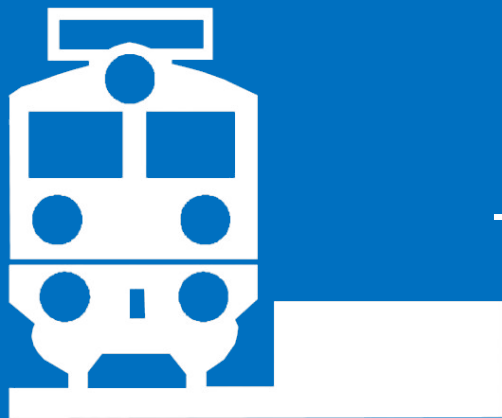




铁道机车专业教学资源库

电力机车控制



西安铁路职业技术学院
XI'AN RAILWAY VOCATIONAL & TECHNICAL INSTITUTE



电力牵引传动系统

电力牵引传动系统的分类



按电流制 - 牵引电机可分为

(1) 直 - 直型

(2) 交 - 直型

(3) 交 - 直 - 交型

(4) 直 - 交型

(5) 交 - 交型

直流传动系统

交流传动系统



1、“直-直”传动装置

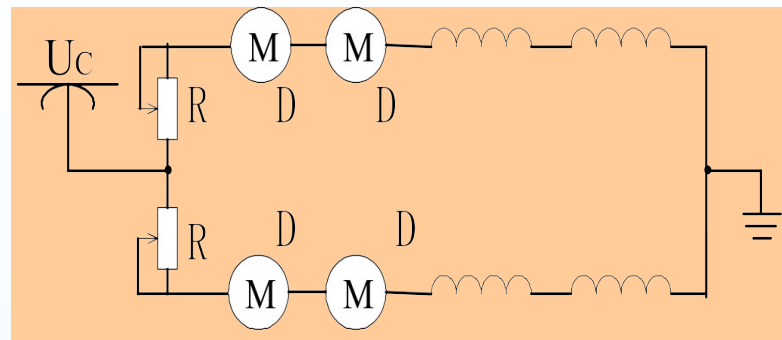
最早应用，直流供电、串励电动机传动。

特点：

(1) 直流串励电动机传动，其调速方便、结构简单、造价经济；

(2) 直流供电，网压不高，限制机车功率的提高，不适于铁路干线大功率机车。

应用：矿山、地铁电动车组等。（城市无轨电车亦之）



“直-直”传动装置示意图



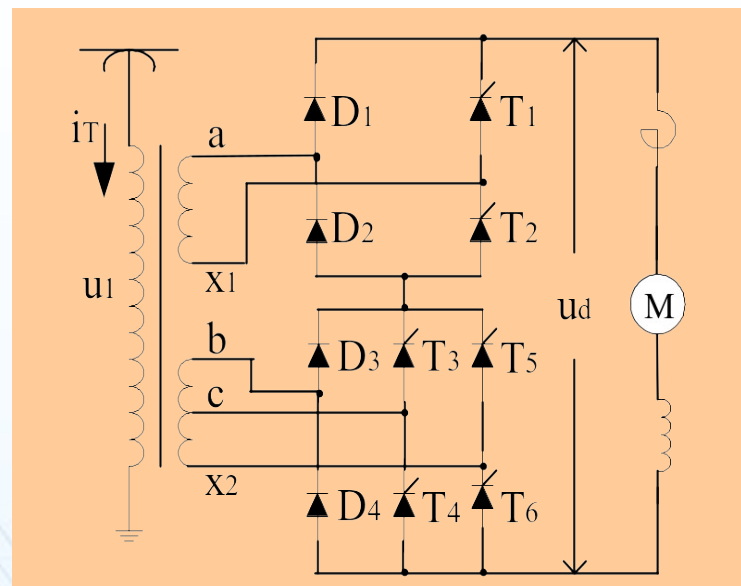
2、“交-直”传动装置

交流供电，经整流，直流（脉流）串励电机传动。

特点：交流高压供电（25KV 单相工频）

- （1）接触网用材↓、线路损耗↓；
- （2）利于提高机车功率（无“直-直”传动网压与电机端压间的制约）
- （3）可控硅多段桥整流→改善机车功率系数。

应用：铁路干线大功率机车。



“交-直”装置传动示意图



3、“交-直-交”传动装置

交流供电，经整流再逆变成交流，三相电机传动。

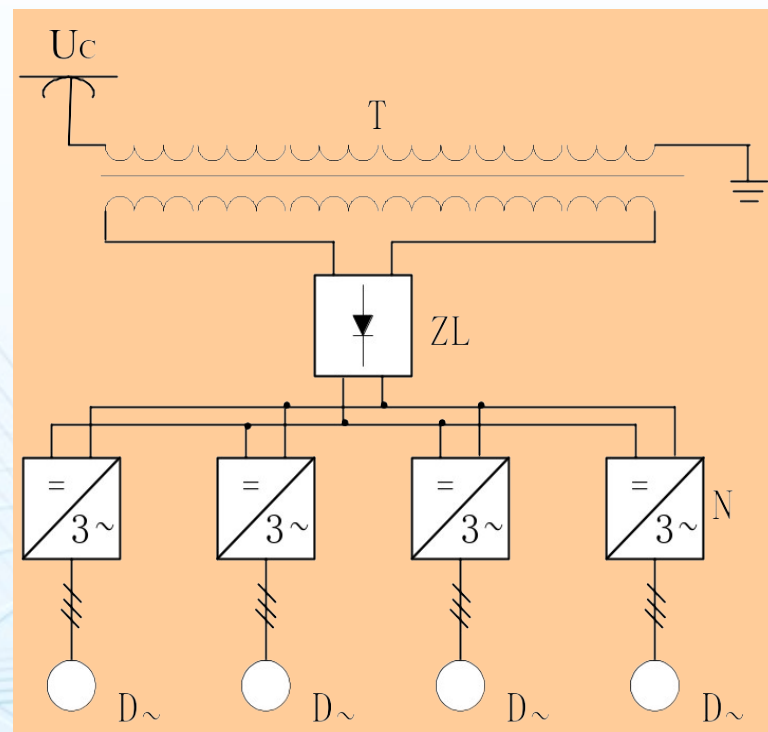
特点：

(1) 交流电机优点（结构简单、运行可靠、体积小、重量轻、造价低等优点）；

(2) 功率↑（电机无整流子对功率的限制）；

(3) 交流电机性能（动力指标良好、牵引性能优越→功率系数↑、通讯干扰↓、电机维修量↓）。

应用：重载、高速。



“交-直-交”传动装置示意图

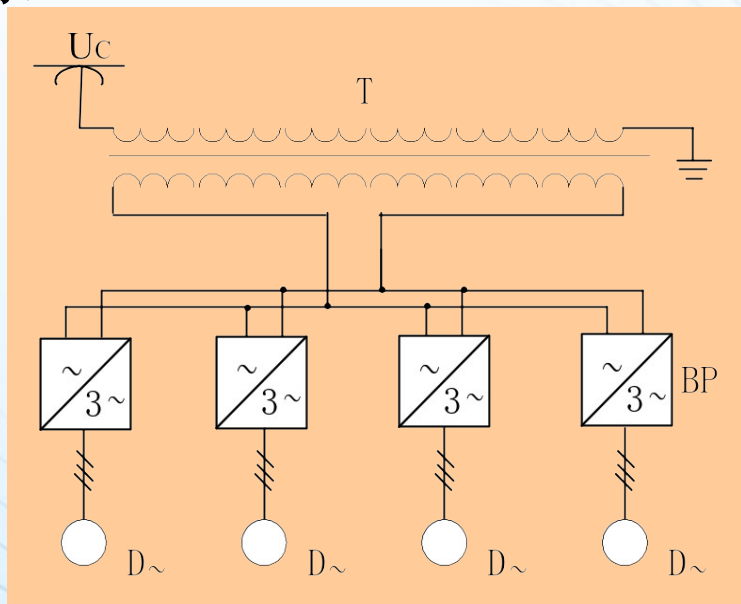


4、“交 - 交”传动装置

没有中间直流环节的交流变频传动。

5、“直 - 交”传动装置

直流供电，转变成三相交流变频传动。（目前，地铁广泛采用）



“交 - 交”传动装置示意图



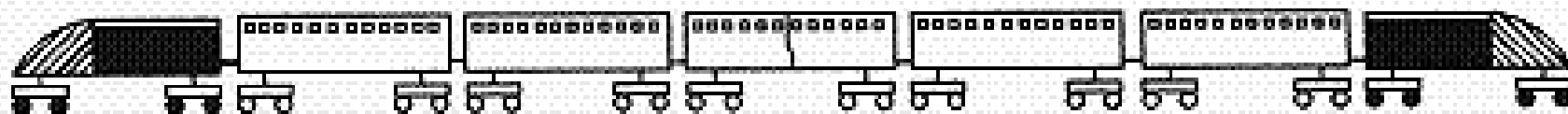
“直 - 交”传动装置示意图



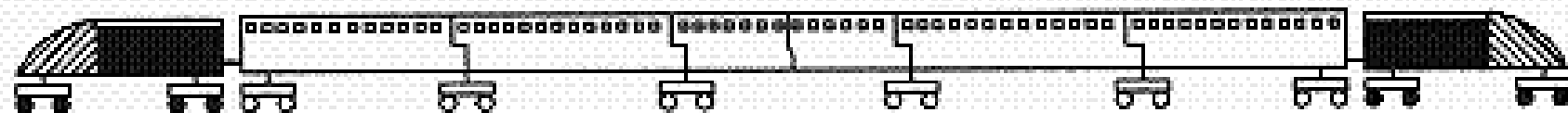
动车组的编组形式



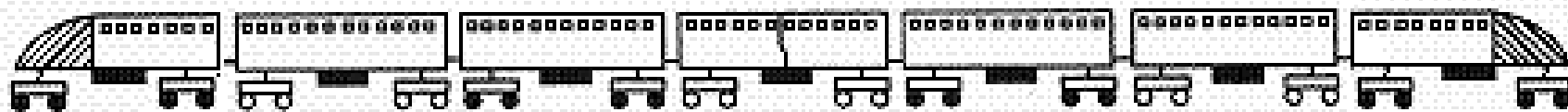
按照车辆之间的连接方式：
独立式动车组、铰接式动车组



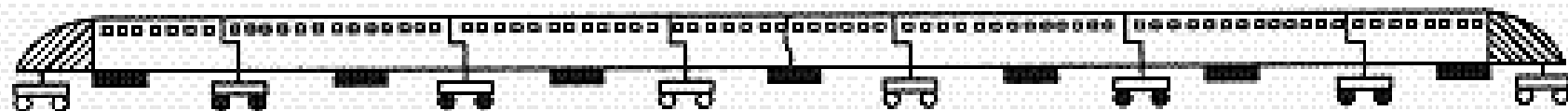
a. 独立式动力集中型



b. 铰接式动力集中型



c. 独立式动力分散型



d. 铰接式动力分散型

● 动力轮对 ○ 非动力轮对 ■ 动力设备 ▨ 司机室



动力集中型动车组

指将列车电气和动力设备集中安装于位于列车两端的动力车上，仅动力车的轮对是动力轮对。

动力车不载客或仅设置较小的客室，乘客主要集中在中间拖车组。

优点：

- ① 类似传统列车模式，便于传统习惯运营、维修管理；
- ② 故障相对较高的电气与机械设备集中在动力车，便于保养，且设备工作环境较清洁；
- ③ 由于拖车不设置牵引电气、机械设备，故拖车内噪声、振动小；
- ④ 动力车可以进行摘挂与转换，可以满足电气化区段与非电气化区段的直通运行需要。

缺点:



- ① 动力集中使列车相对载客量减少;
- ② 动力车轴重大, 与高速动车组运行要求小轴重和低轮轨动力作用形成矛盾;
- ③ 粘着重量不及动力分散动车组优, 提速受到功率和粘着的限制;
- ④ 列车制动性能欠佳。

注意: 欧洲各国 20 世纪 80 年代初主要发展动力集中式 (分散型比日本晚 20 年), 因为:

- i 、工业技术水平高。电力电子、自控理论、基础工业等, 为发展单轴大功率、粘着利用好的动力集中式提供了条件。
- ii 、铁路基础坚固, 允许机车轴重大; 动力学、粘着等理论研究充分, 为动力集中高速提供理论依据。
- iii 、原有电力机车比例大, 且有的已达 200km/h 水平。
- iv 、国土面积小, 常跨国运输, 且电流制式不同, 若分散式则设计、制造困难。

动力分散型动车组



将由电机驱动的动力轮对分散布置在列车的全部或部分轮对上，同时将列车的主要电气和机械设备吊挂在车辆下部，列车全部车辆可载客的列车模式。

优点：

- ① 动轴数量的增加一方面降低了牵引电动机质量，使其轴重分配均匀，较小的粘着系数要求也提高了动车组的粘着性能，这可以保证恶劣气象条件下动轮不空转，避免损坏钢轨和轮对，同时也提高了电动车组的加速能力；
- ② 具有可充分利用列车载客；
- ③ 由于动力设备分散设置在各车体下，可以减小动轴轴重；
- ④ 牵引、制动性能较好。

缺点：

- ① 车下吊装动力设备影响车内舒适性；
- ② 设备布置困难，设备工作环境差；
- ③ 动力布置模式的变化给传统维修与保养体制带来新问题。



注：日本高速规划始于**1957**年，采用动力分散式，因为：

- i 、**铁路路基松软，需轴重轻**，减少高速对线路的动力作用。
- ii 、**工业水平所限**，造不出单轴功率大、轻量化高速列车，只能分散式。
- iii 、**站间短**，启动、制动频繁，故采用**电动车组**。
- iv 、**粘着研究不够，受限技术水平**无高效的防空转－滑行装置，只好采用**多轴动力分散式**。



电力机车速度调节



一、电力牵引基本工况

电力牵引将接触网的电能转化为牵引力驱动机车及列车运行。

电力机车基本工况：牵引、惰行、制动。（三工况使机车牵引列车正常运行，实现铁路运输的目标。）

1、牵引工况

牵引电动机通电将电能转变为机械能，驱动机车及列车运行。

2、惰行工况

指牵引电动机**不**通电，机车及列车靠**惯性运行**。

3、制动工况

指给机车或列车**加制动力**，使其作**减速运行**。



一般情况下机车牵引列车的整个过程是由停车状态开始，经过起动加速再逐渐提高速度，直到机车工作在其自然特性上，此后司机根据列车运行图的要求及线路纵断面的变化随时进行速度调节。进站停车前进行制动，降低机车速度，直至最后停车。列车的整个运行状态，概括起来都离不开对速度的调节。



二、电力机车调速的本质

对电机转速的调节。

三、电力机车调速的基本要求

- 宽广的调速范围。
- 冲击力小，牵引力变化平滑。
- 调整经济。
- 运行可靠，控制简单，操作方便。



直流传动电力机车的调速



直流电机的转速特性：

$$n = \frac{U_d - I_a \sum R}{C_e \Phi}$$

调速方法：

- 1、改变牵引电动机回路电阻 R
- 2、改变牵引电动机的端电压 U_d
- 3、改变磁通量 Φ



励磁调节

磁场削弱系数：在同一牵引电动机电枢电流下，磁场削弱后（削弱磁场）牵引电动机磁势与磁场削弱前（满磁场）牵引电动机磁势之比。

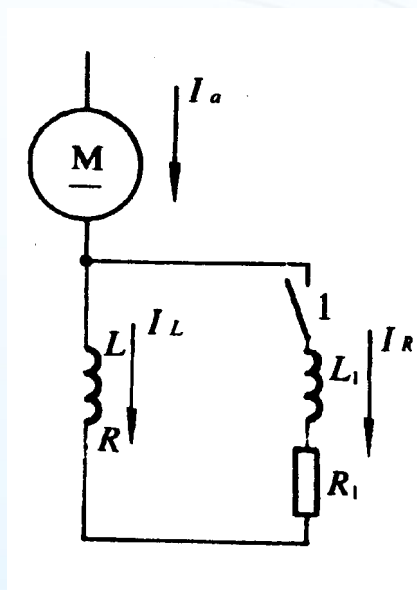
$$\beta = \frac{(IW)_{\beta}}{(IW)_m}$$

磁场削弱方法：交－直型电力机车采用保持励磁绕组匝数不变，通过对励磁绕组分流，使牵引电动机电枢电流中的一部分流过励磁绕组，以实现磁场削弱。

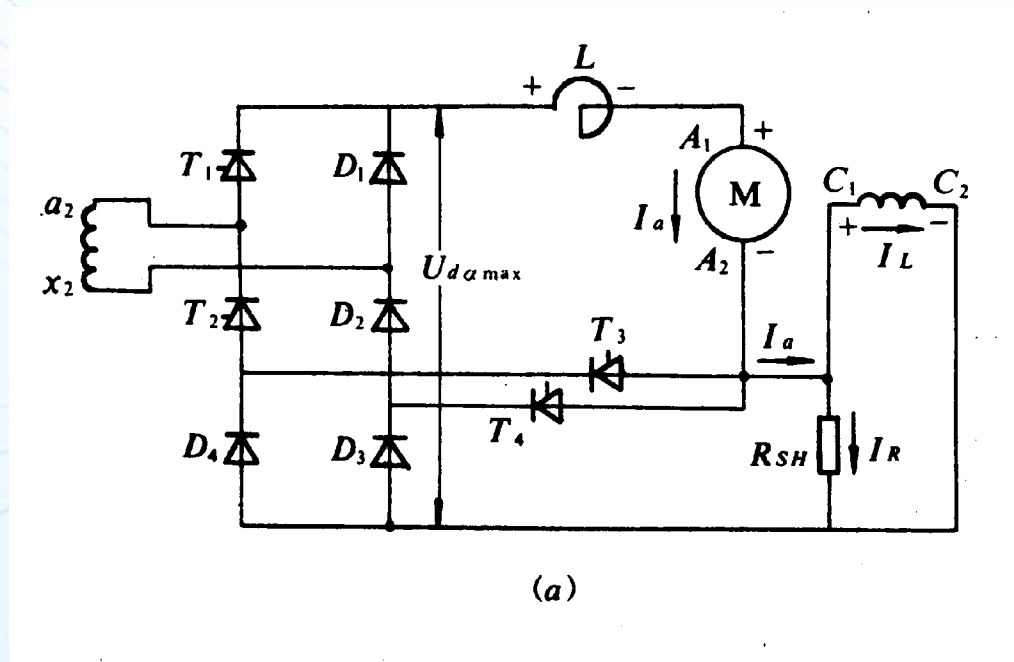


改变励磁绕组的电流:

1. 电阻分路法



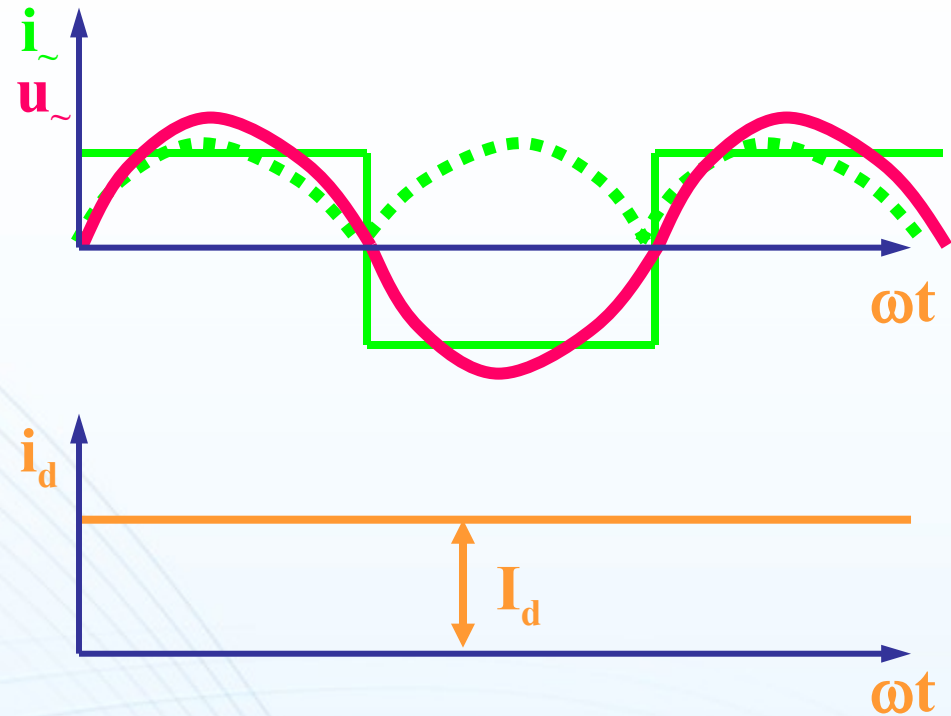
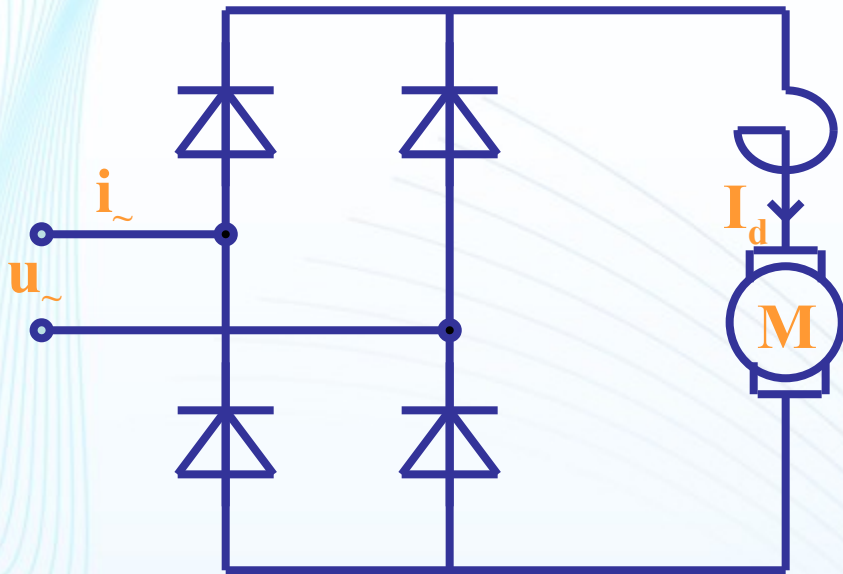
2. 晶闸管分路法



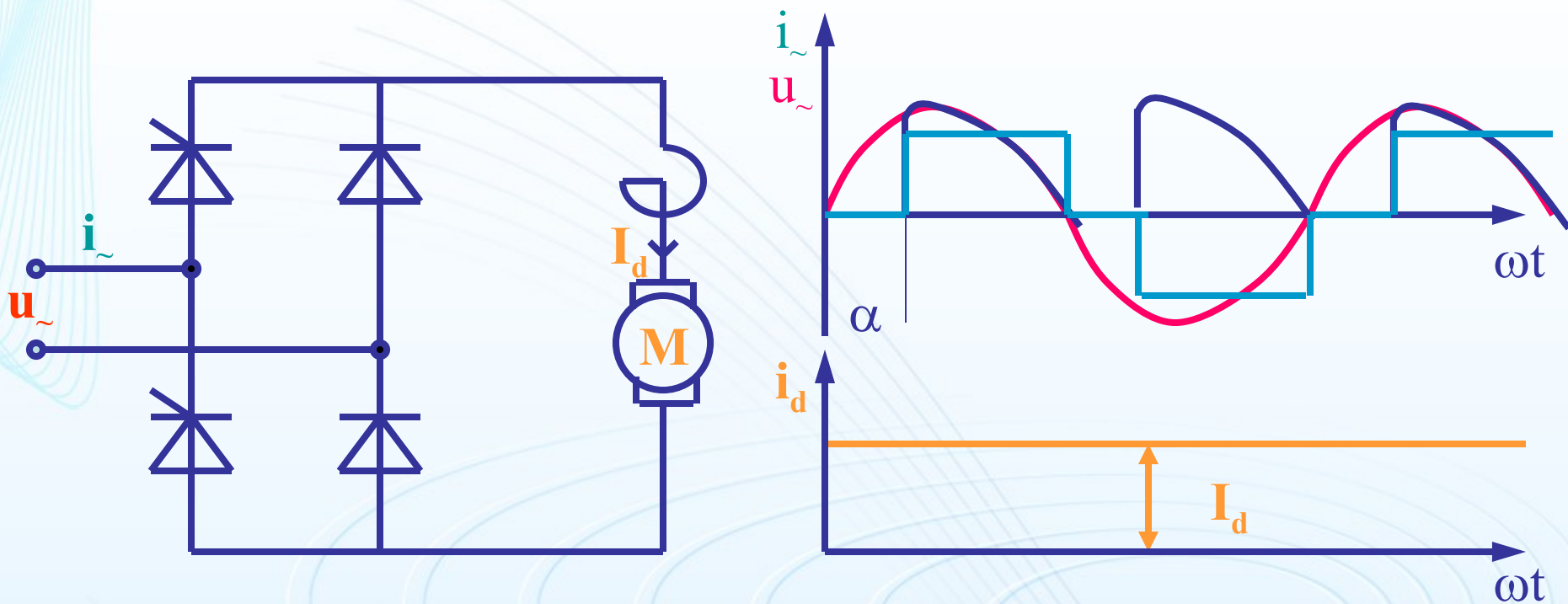


相控调压

不可控整流电路：SS1

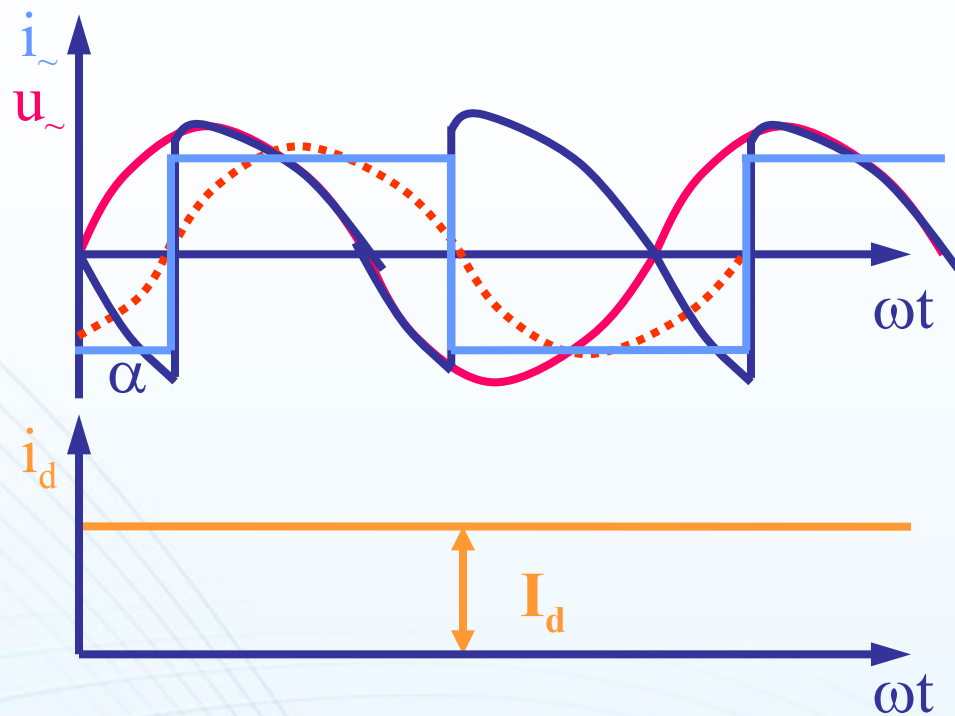
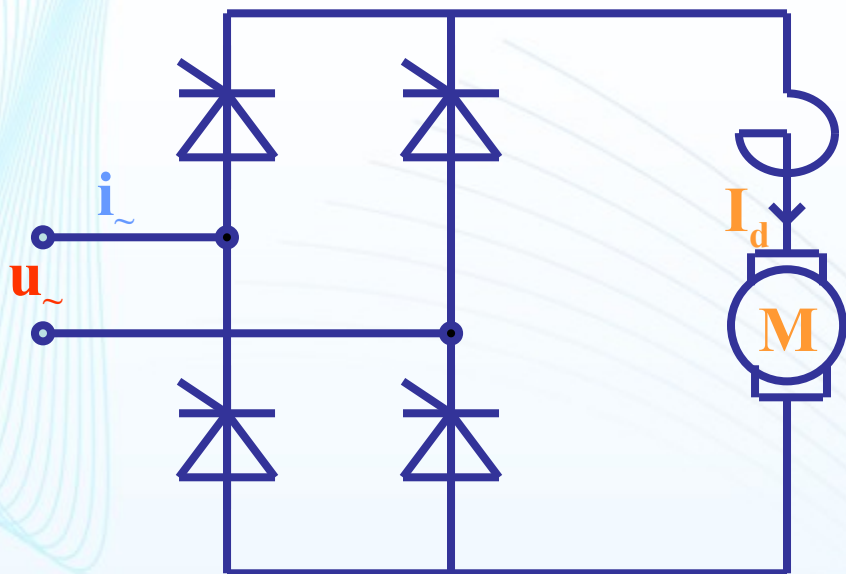


半控整流电路



电流有畸变

全控整流电路



$\cos\varphi_1 = \cos\alpha$ 电流有畸变 两个台阶

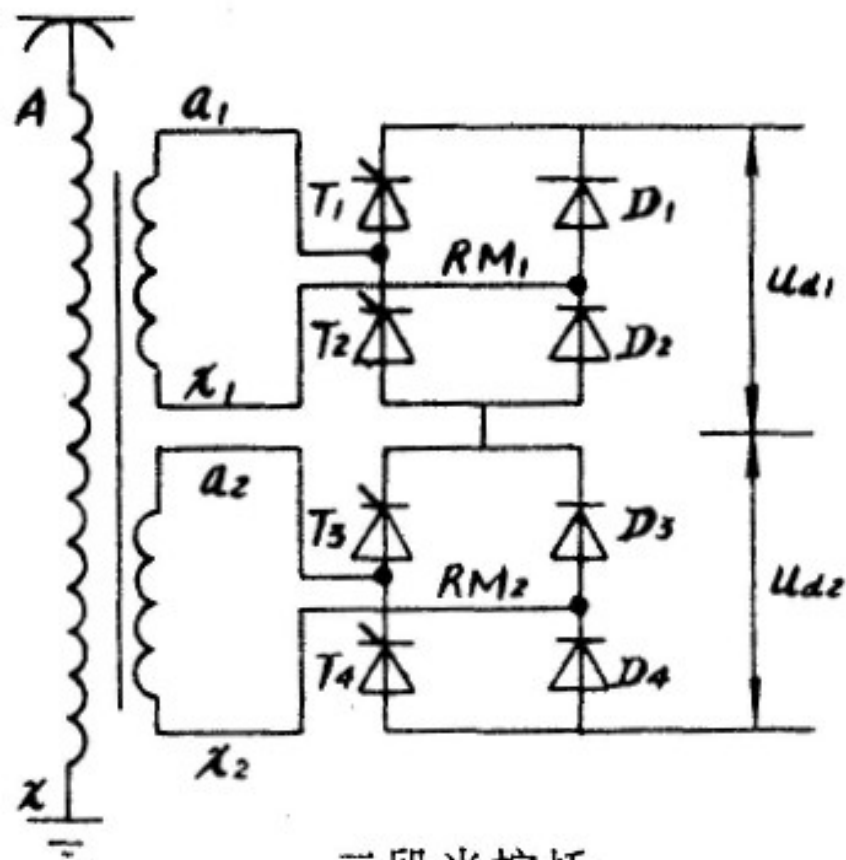


提高功率因数的方法

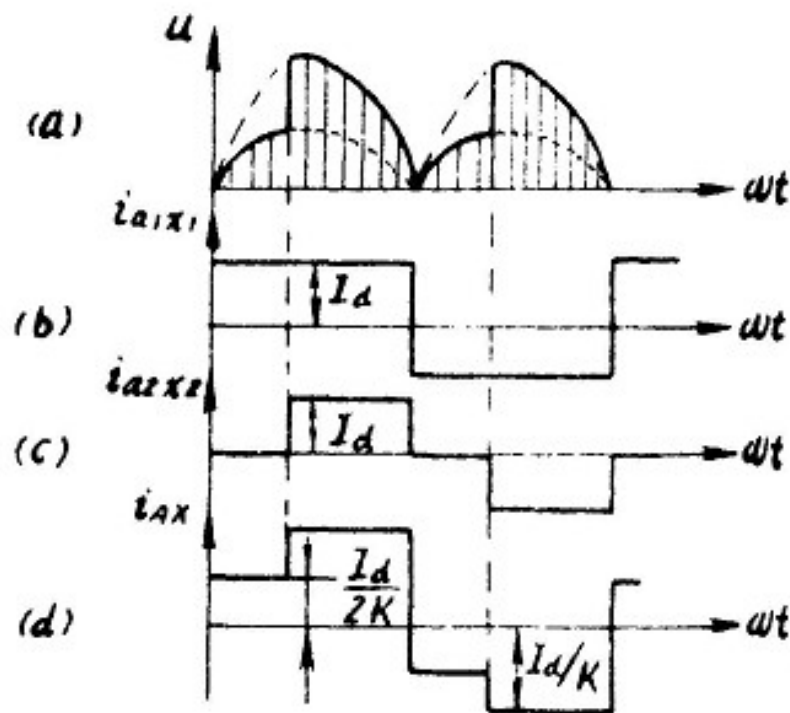
1. 多段桥顺序控制

2. 功率因数补偿器

二段半控桥整流电路



二段半控桥



二段半控桥波形

图2-6-10 二段半控桥整流电路工作原理

其他机车主电路工作原理

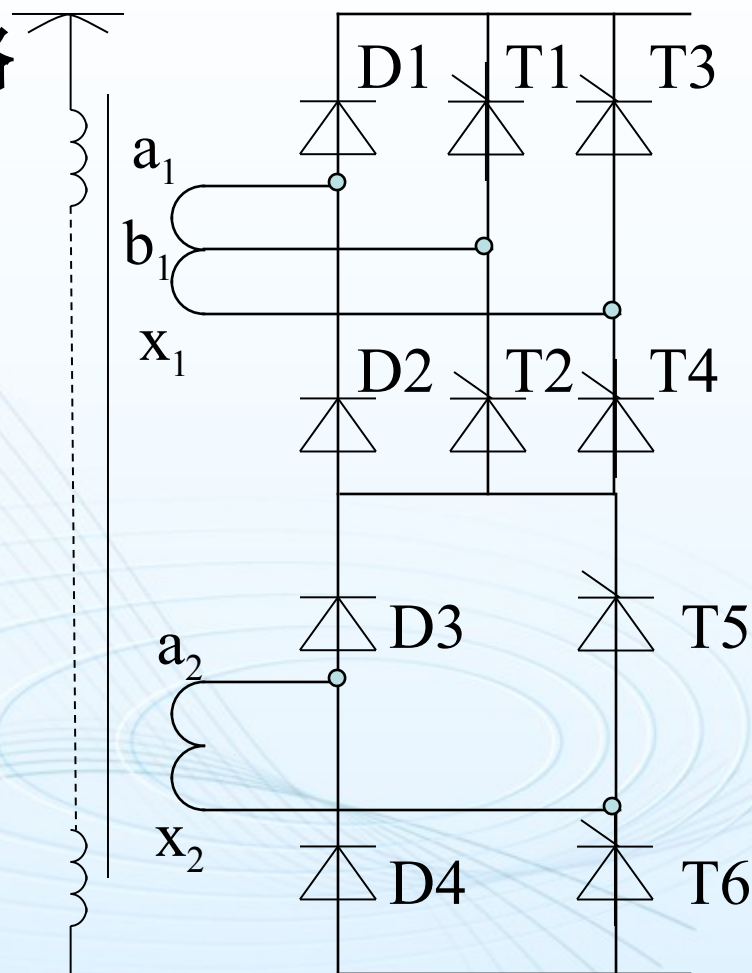
一、SS4 型电力机车主电路工作原理

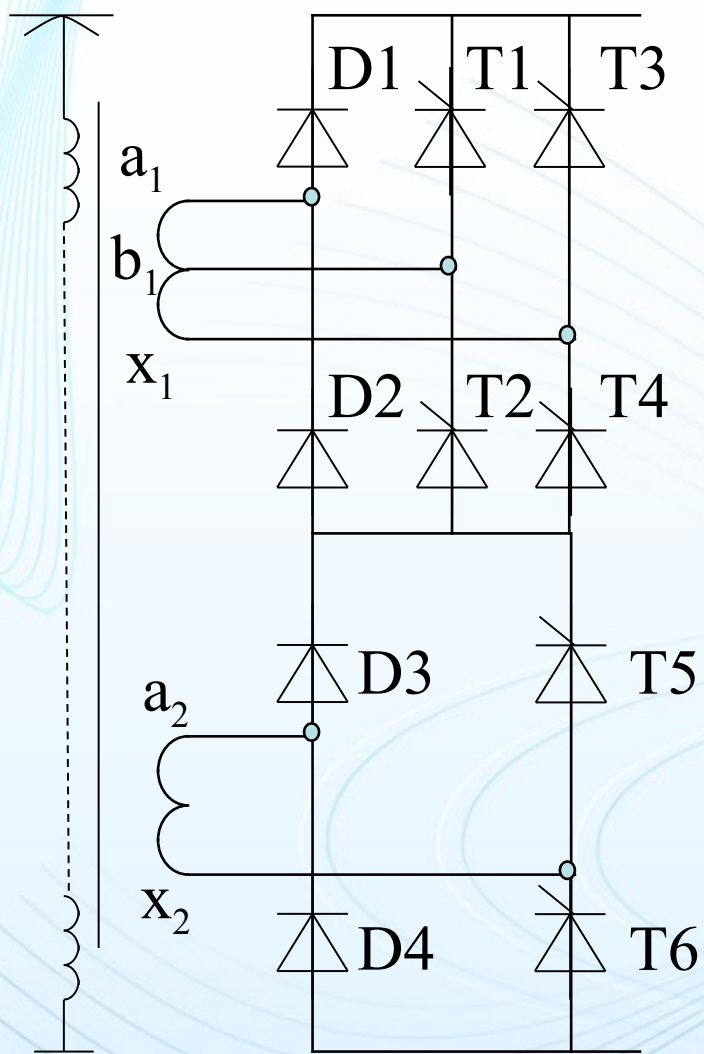
- 八轴电力机车
- 轴式 2 (B₀ — B₀)
- 三段不等分整流桥
- 顺序控制与开关控制相结合

三段绕组:

$$a_1b_1 = b_1x_1 = 335V$$

$$a_2b_2 = 670V$$





T₃T₄T₅T₆ 都封锁

$$\mathbf{U}_d = \mathbf{0} \sim 1/4 \quad \mathbf{U}_{d0}$$

第二段: $T_1 T_2$ 满开放 触发 $T_3 T_4$

4

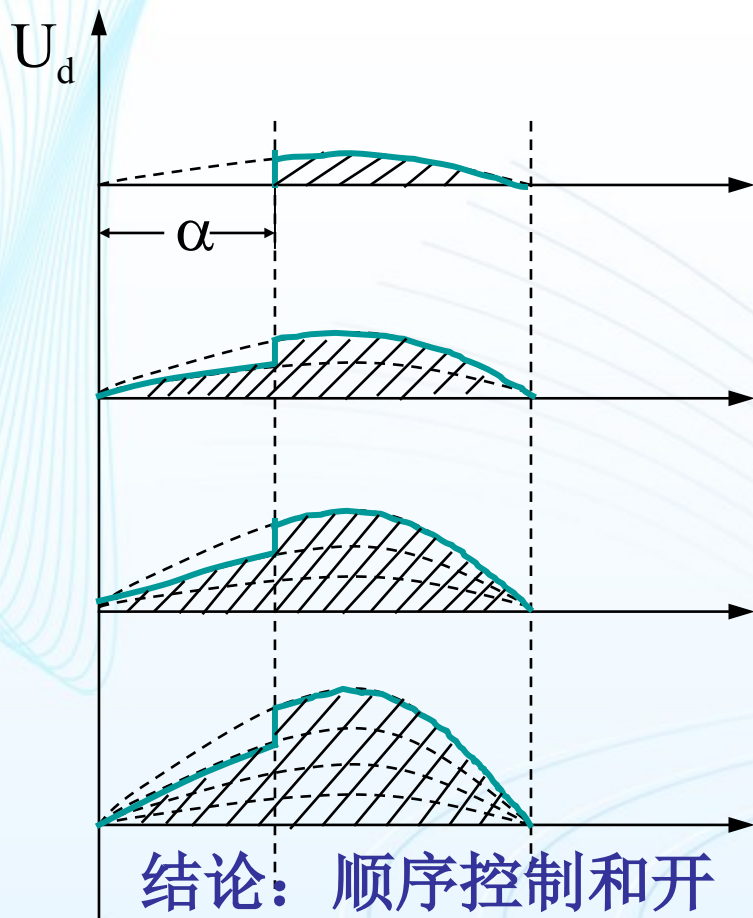
开关控制： $T_1 T_2 T_{3d} T_4$ 封锁 $\frac{1}{2} T_{5d} T_6$ 满开

第三段: $T_5 T_6$ 放满开放 触发 $T_1 T$

2

第四段: $T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6$ 满开放U触发

$$U = 3/4 \approx 1$$



结论：顺序控制和开关控制相结合使三段桥实现四个调压区
又称“经济四段桥”

第一段： T_1T_2 移相 D_3D_4 续流

$T_3T_4T_5T_6$ 都封锁

$$U_d = 0 \sim \frac{1}{4} U_{d0}$$

第二段： T_1T_2 满开放 触发 T_3T_4

4

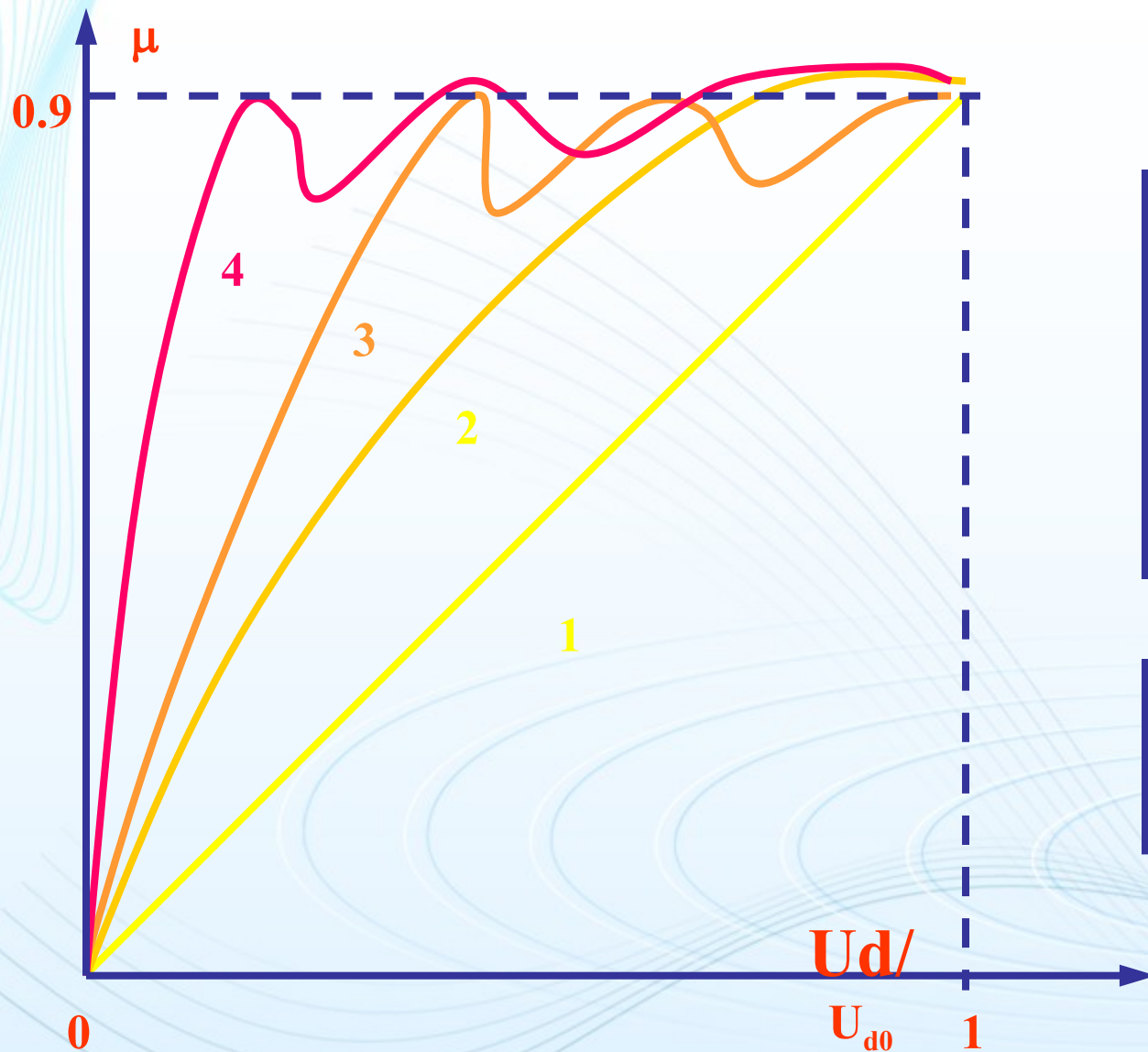
开关控制： $T_1T_2T_3T_4$ 封锁 $\frac{1}{2} U_d$ T_5T_6 满开

第三段： T_5T_6 满开放 触发 T_1T_2

2

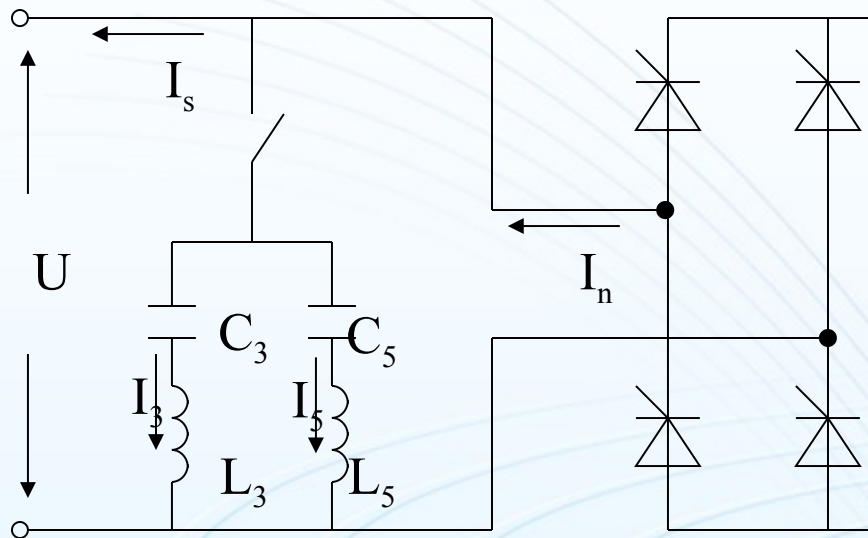
第四段： $T_1T_2T_3T_4$ 满开放 $\frac{1}{2} U_d$ 触发 T_5T_6

$$U_d = \frac{3}{4} \sim 1 U_{d0}$$





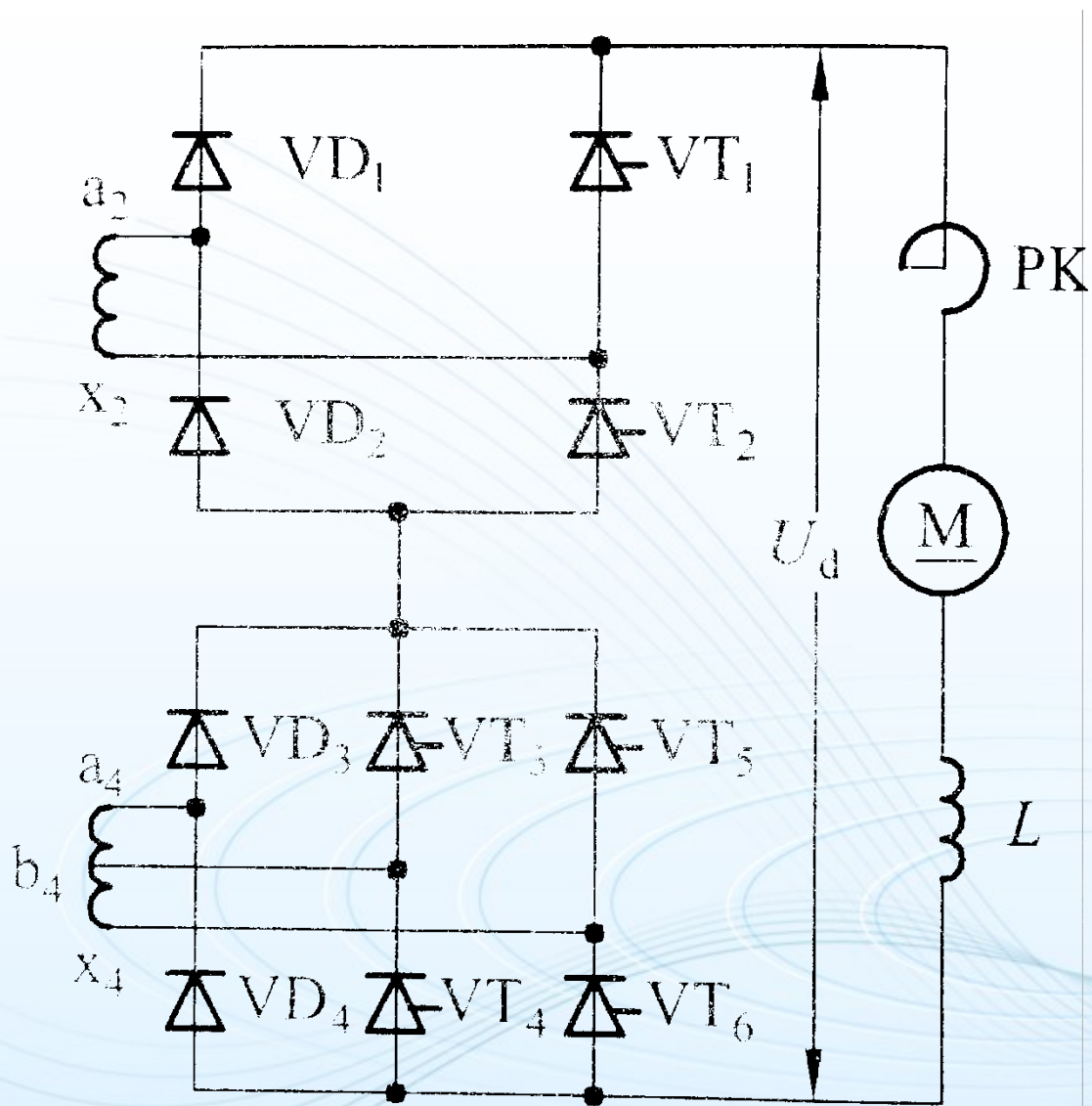
功率因数补偿装置



L—C 谐振电路：
150Hz 谐振电路
250Hz 谐振电路



作业：请分析以下电路图的工作过程？





交流传动电力机车的调速



交流异步电机的转速：

$$n = \frac{60f_1}{P}(1-s)$$

调速方法：

- 1、改变定子极对数 P
- 2、改变转差率 s
- 3、改变电源频率 f_1



作业：

- 1、请说明在干线铁路运输中直流牵引传动系统和交流牵引传动系统分别采用哪种传动形式？
- 2、直流牵引传动系统和交流牵引传动系统分别应用哪种调速手段？为什么？