

# 9 电力电子技术的应用

## 9.1 电动机调速

9.1.1 直流电动机调速

9.1.2 直流可逆电路

9.1.3 交流电动机串级调速

9.1.4 交流电动机变频调速

# 8 电力电子技术的应用

9.2 电力控制补偿器

9.3 无触点开关

9.4 电加热

9.5 电压调节

9.6 不间断电源（UPS）

9.7 电化学

9.8 高压直流输电

9.9 蓄电池充电机

9.10 开关电源

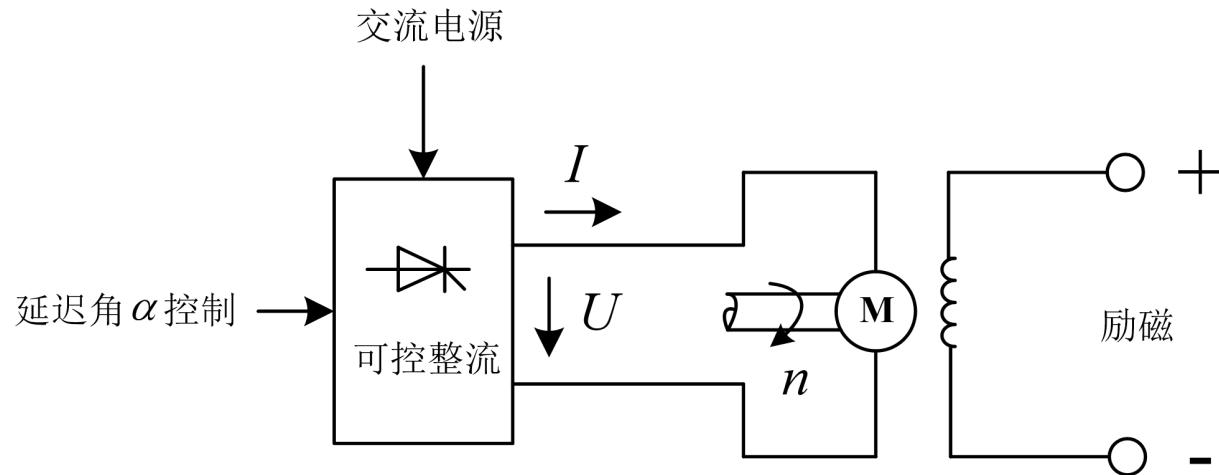
9.11 电子镇流器

9.12 其他应用领域

# 9.1 电动机调速

## 9.1.1 直流电动机调速

直流由可控整流电路 $\alpha$ 控制它的输出电压U，随着电枢端电压的变化，电动机转速也跟着改变。



直流电动机开环调压调速

# 9.1 电动机调速

## 9.1.1 直流电动机调速

输出转速n为：

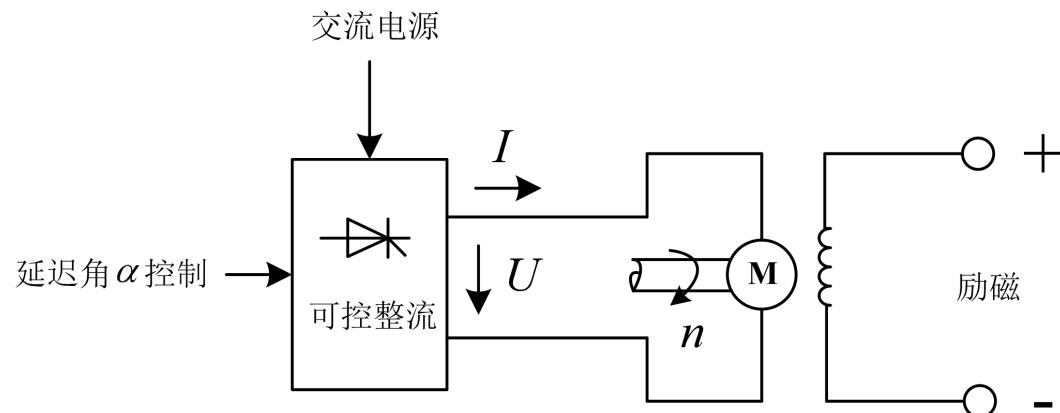
$$n = \frac{1}{C_e} (U - IR)$$

$C_e$  —— 直流电动机电势常数

$R$  —— 电枢回路总电阻

$I$  —— 电枢电流

速度方向不能改变。



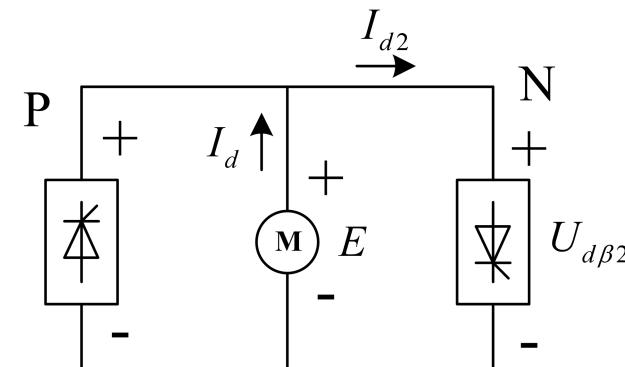
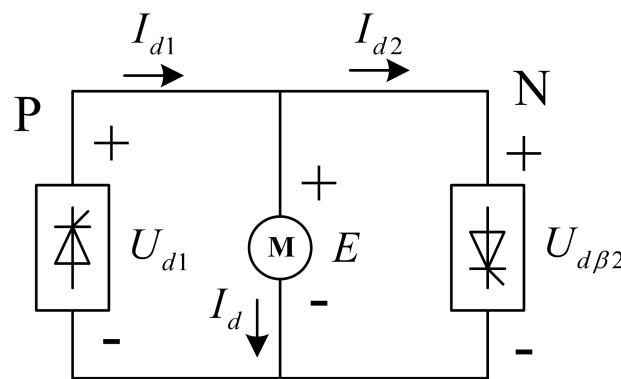
# 9.1 电动机调速

## 9.1.2 直流可逆电路

### 1) 反并联电路的工作原理

P为正组； N为反组， 电路有4种工作状态：

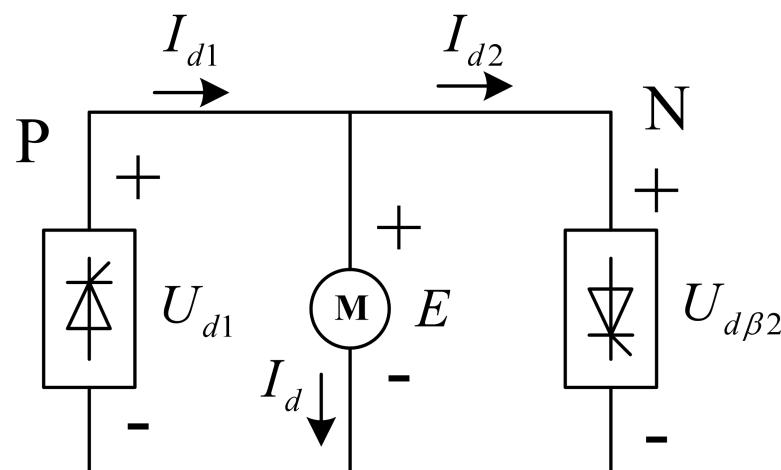
- 正组整流
- 反组逆变
- 反组整流
- 正组逆变



# 9.1 电动机调速

## ➤ 正组整流

- P在某一延迟角 $\alpha_1$ 作用下输出整流电压 $U_{d1}$ ，加于电动机M使其正转。
- P组处于整流工作状态时，反组N**绝对不能**也工组在整流状态，否则会产生**环流**。此时，反组应关断或处于**待逆变状态**。



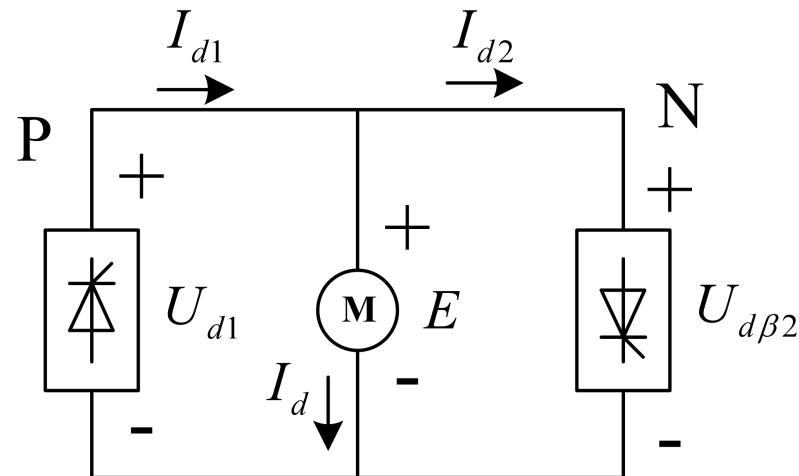
# 9.1 电动机调速

待逆变状态

N组由超前角 $\beta_2$ 控制，且使

$$U_{d\beta 2} \geq U_{d1}$$

此时，没有平均电流流过反组，不产生逆变。



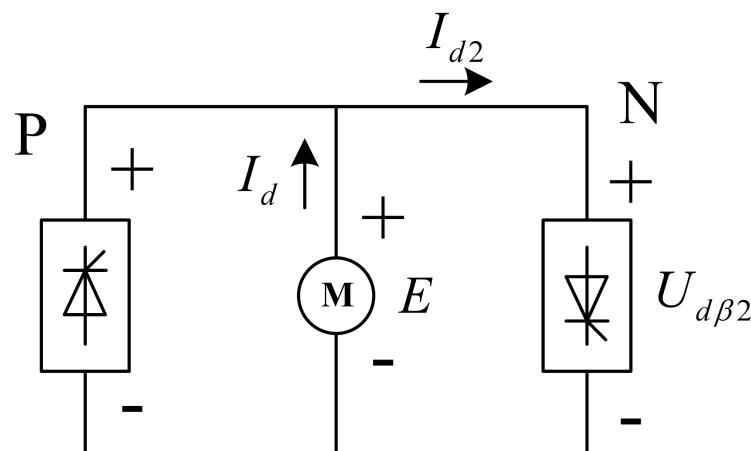
# 9.1 电动机调速

## ➤ 反组逆变

当 $I_{d1} = 0$ 时，电动机反电势 $E > U_{d\beta 2}$ ，则N组产生逆变。

流过电流 $I_{d2}$ ，电动机的电流 $I_d$ 反向。

反组**有源逆变**将电势能E通过反组送回电网，实现回馈制动。



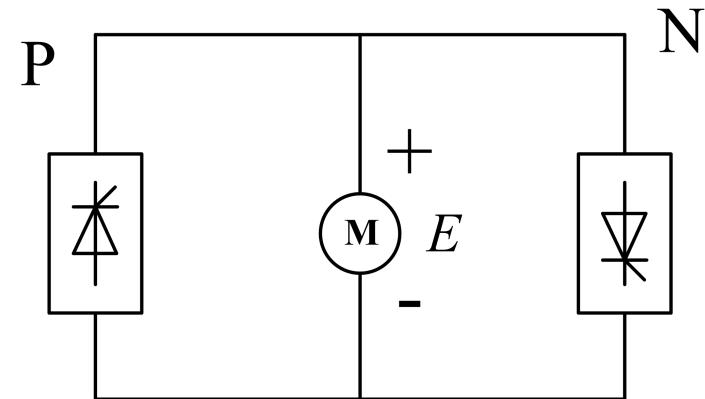
# 9.1 电动机调速

➤ 反组整流

N组整流，使电动机反转。

➤ 正组逆变

P组逆变，产生反向制动转矩。

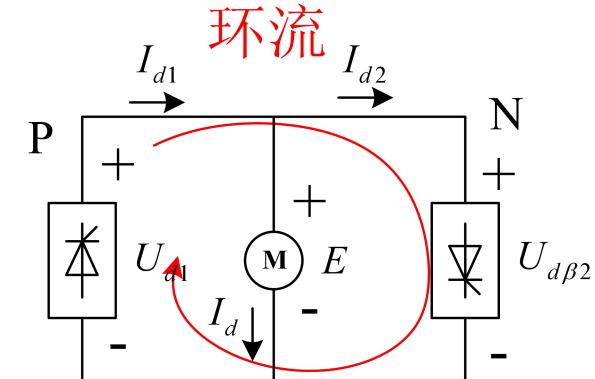


变流器的整流和逆变状态对应于电动机的电动和回馈制动状态。

# 9.1 电动机调速

## 可逆电路中的环流

- 可逆电路中的一个重要问题；
- 实际上就是交流电源的短路电流。
- 强制环流
- 脉动环流



$U_{d1} > U_{d\beta 2}$  时，存在的环流称为强制环流。

即使  $U_{d1} \leq U_{d\beta 2}$  (平均电压)，但由于瞬时电压不等，也会产生环流，称为脉动环流。

# 9.1 电动机调速

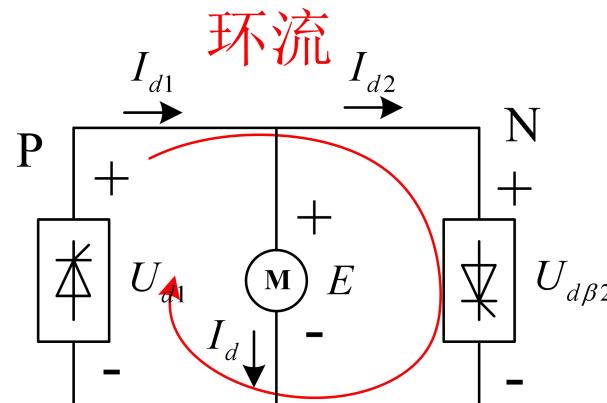
## 可逆电路中的环流

总结：

- (1)  $\alpha_1 < \beta_2$ , 则  $U_{d1} > U_{d\beta2}$ , 存在强制环流;
- (2)  $\alpha_1 = \beta_2$ , 则  $U_{d1} = U_{d\beta2}$ , 存在脉动环流;
- (3)  $\alpha_1 > \beta_2$ , 则  $U_{d1} < U_{d\beta2}$ , 有较小的脉动环流。

差值越大，环流越小。

某一瞬时，若  $U_{d\beta2}$  总是大于  $U_{d1}$ , 则无环流。

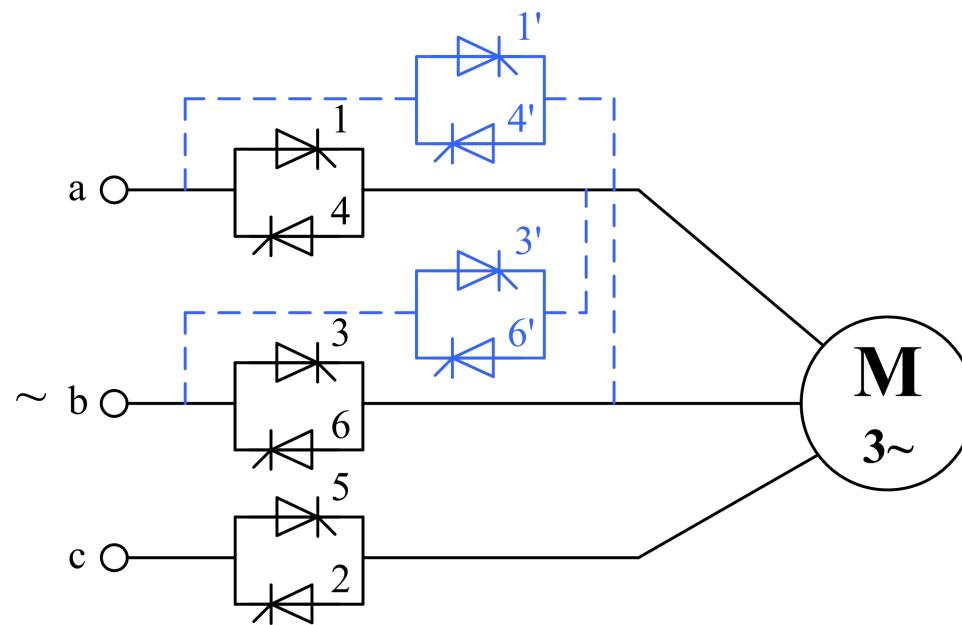


# 9.1 电动机调速

## 交流电动机的调压调速

电动机的电磁转矩M与加在电动机定子绕组上的电压U的**平方**成正比。

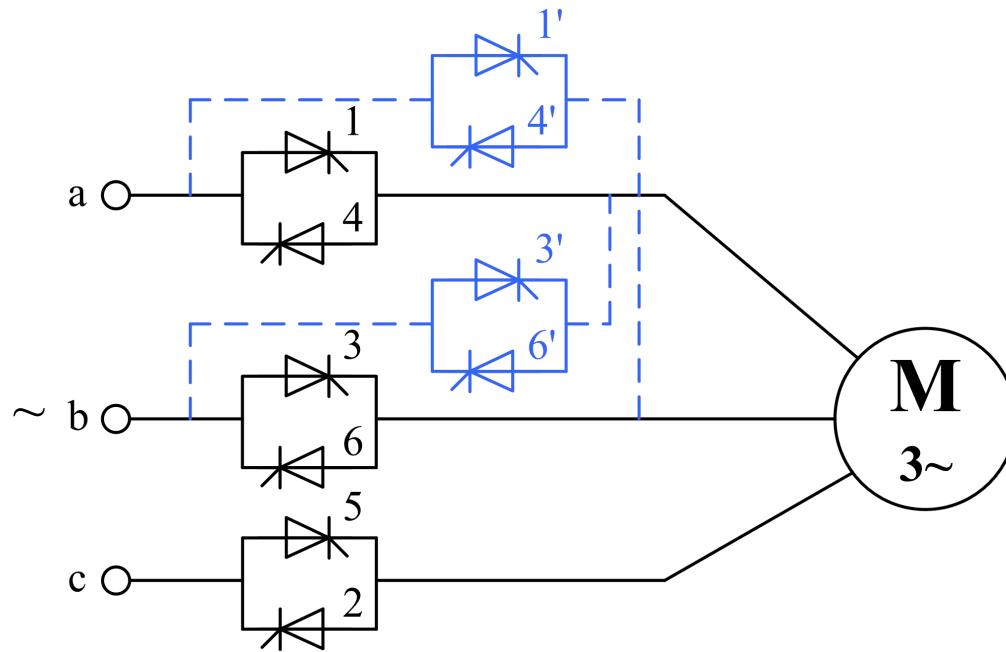
因此，改变电动机的定子电压，就可以改变电动机在一定输出转矩（M）下的转速（n）。



# 9.1 电动机调速

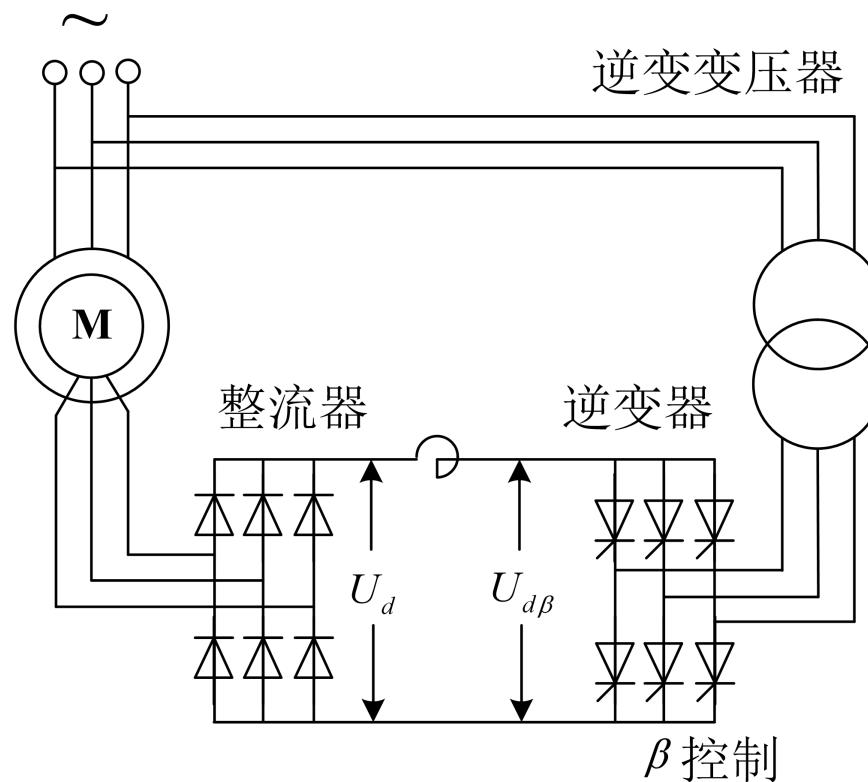
## 交流电动机的调压调速

交流调压调速随着转速下降其转差率增加，电动机转子的损耗增加，效率将下降。因此，此种方式**不适宜长时间低速运行。**



### 9.1.3 交流电动机串级调速

转子绕组交流电压经过滑环输出后，先通过三相不可控桥式整流电路整流成直流电压 $U_d$ ，直流功率再通过逆变器回馈到电网。



### 9.1.3 交流电动机串级调速

交流电动机的转速公式：

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

$n$ ——转速

$f_1$ ——供电频率

$P$ ——极对数

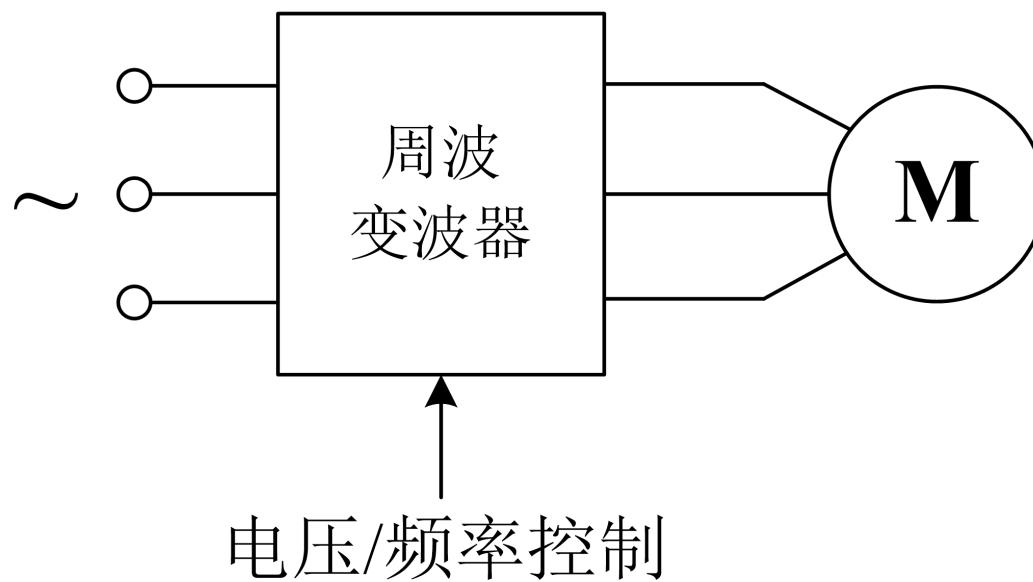
$S$ ——转差率

改变频率，是有效的调速手段。

在许多场合，要求在改变 $f_1$ 的同时  
也改变定子电压 $U_1$ ，以维持气隙磁通 $\Phi$ 近似不变。

## 9.1.4 交流电动机变频调速

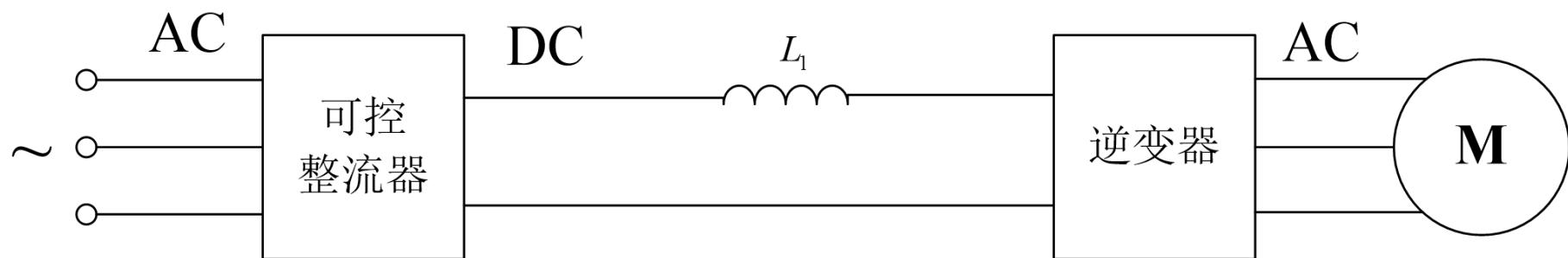
交—交变频调速



不常用。

## 9.1.4 交流电动机变频调速

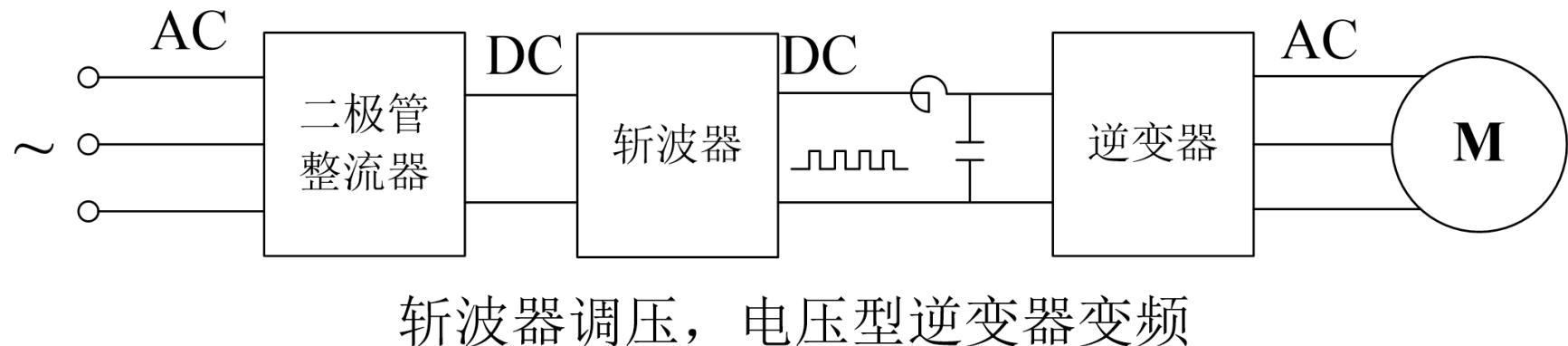
### 交一直一交变频调速 (I)



可控整流器调压，电流型逆变器变频

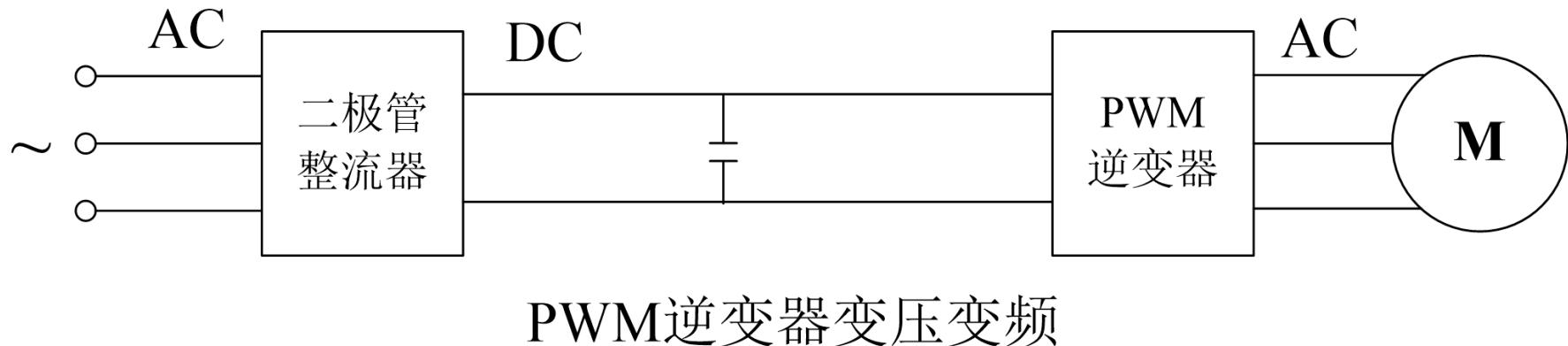
## 9.1.4 交流电动机变频调速

### 交—直—交变频调速（II）



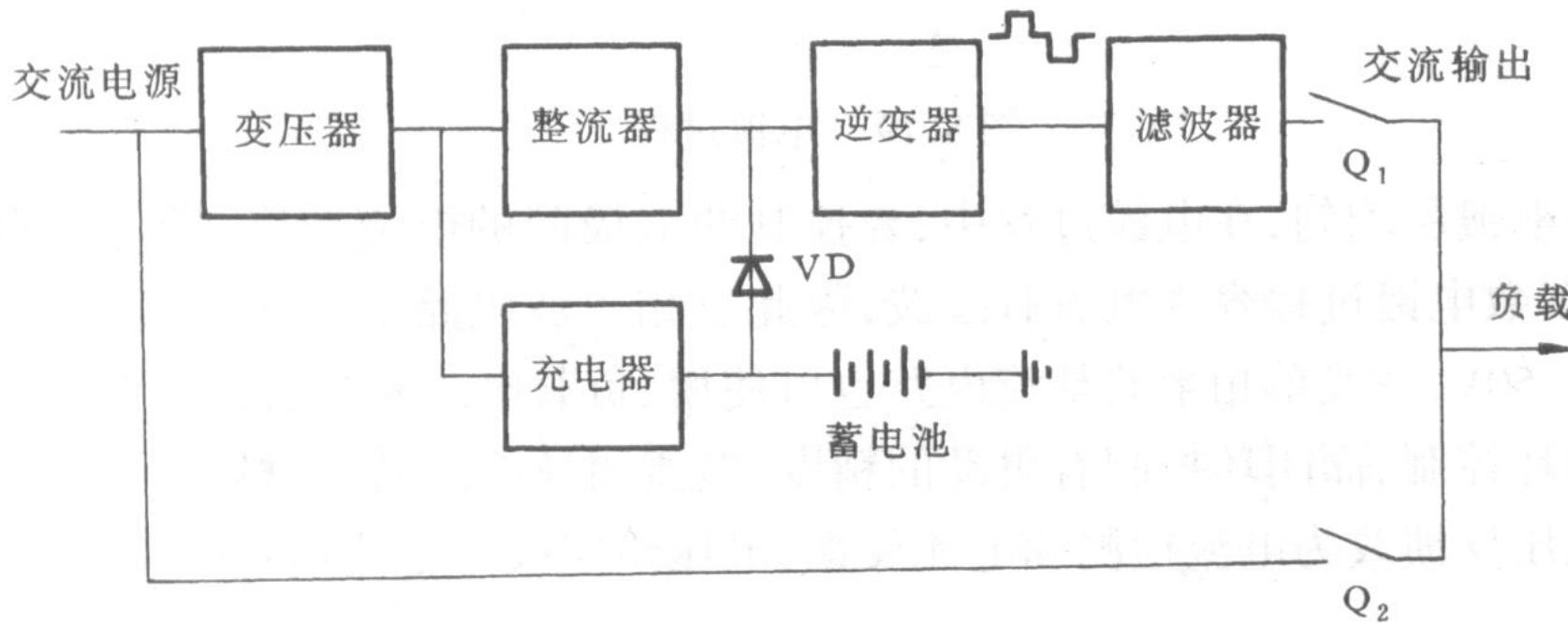
## 9.1.4 交流电动机变频调速

### 交一直一交变频调速（III）



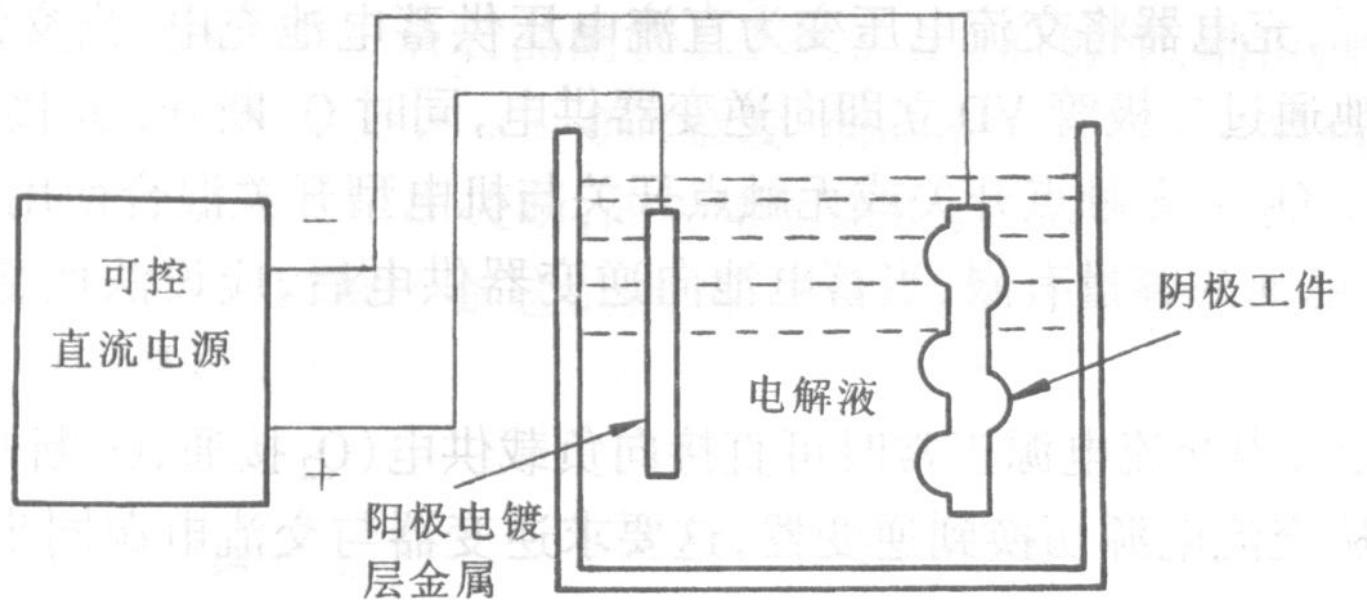
- 最常用。
- 多用IGBT实现。

## 9.6 不间断电源 (UPS)



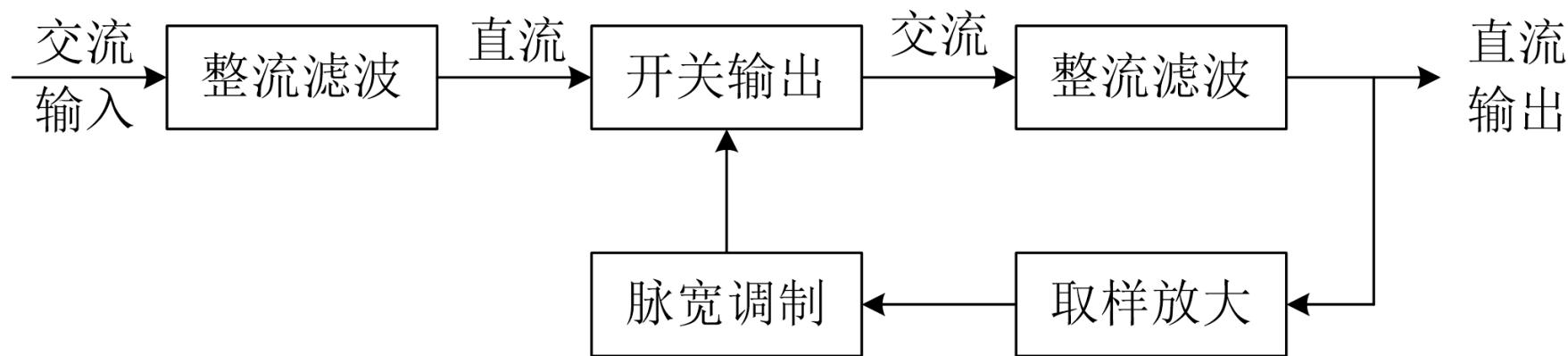
## 9.7 电化学

- 在电镀或电解等电化学加工中，需**低压直流电源**。
- 为了保证电镀层均匀，在电镀过程中，要控制两电极间的电流密度，即可控直流电源的输出电流。



## 9.10 开关电源

➤利用**误差电压**来形成**高频脉宽调制**，去控制功率开关输出导通与截止时间占空比，以保持输出电压不变。



## 9.11 电子镇流器

- 一种AC-DC-AC变换器。
- 产生**20~30kHz**交流电。

