

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

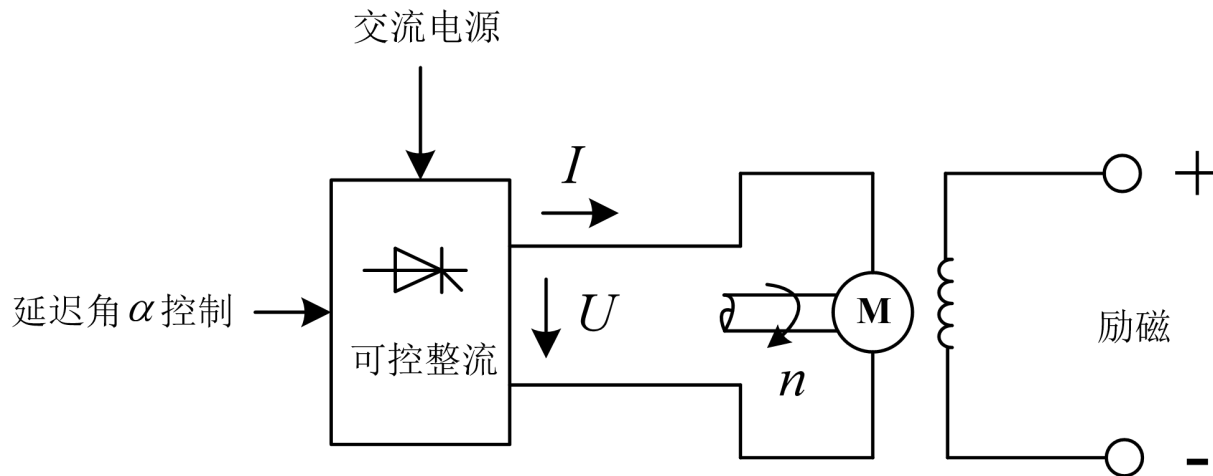
9.11 电子镇流器

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 α 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：

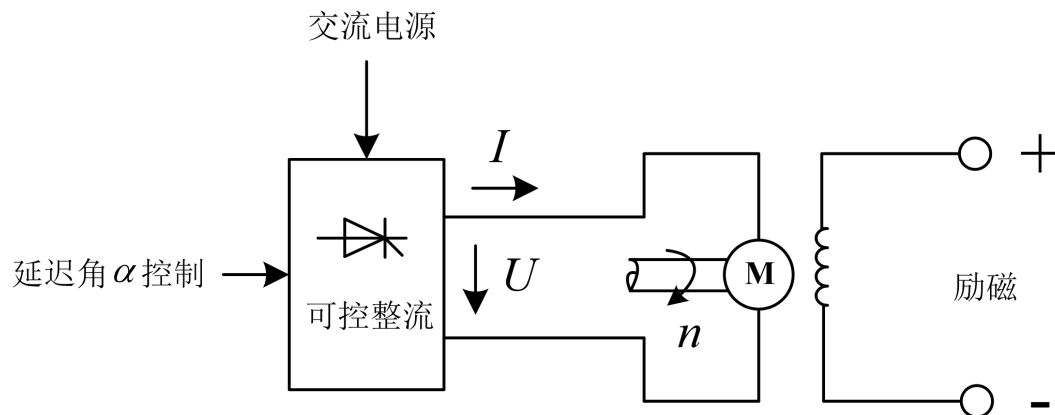
$$n = \frac{1}{C_e} (U - IR)$$

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。



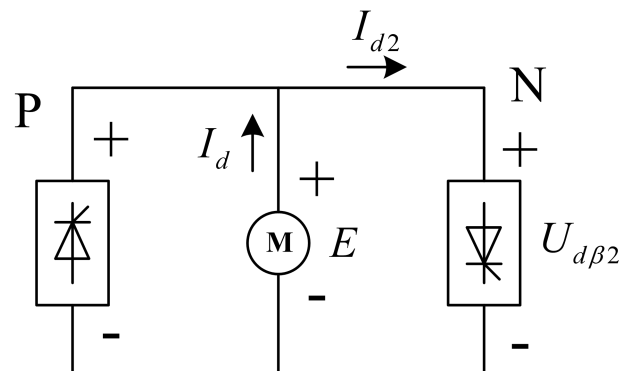
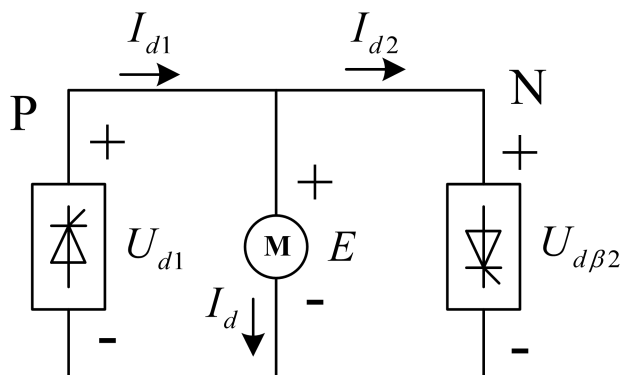
9.1 电动机调速

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

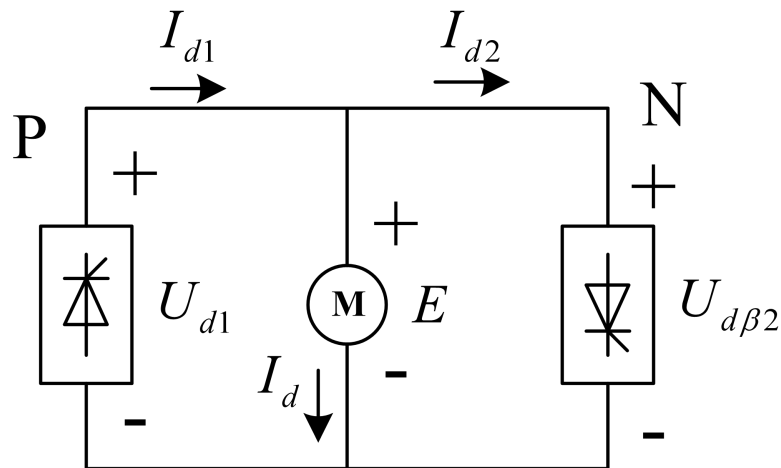


9.1 电动机调速

➤ 正组整流

➤ P在某一延迟角 α_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**。



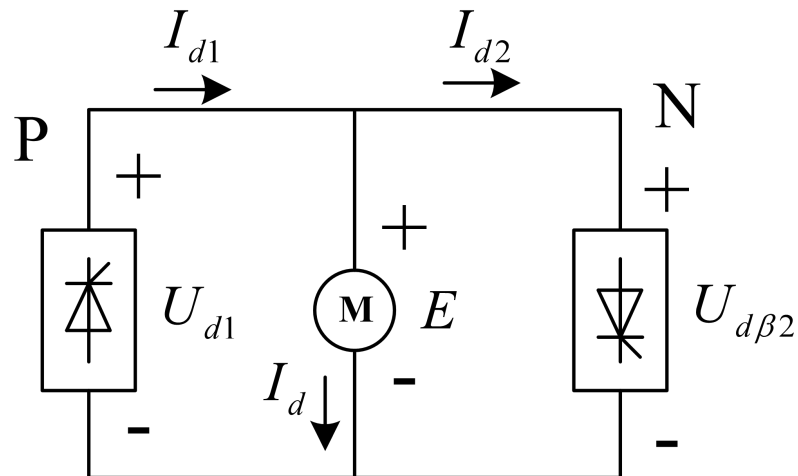
9.1 电动机调速

待逆变状态

N组由超前角 β_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。



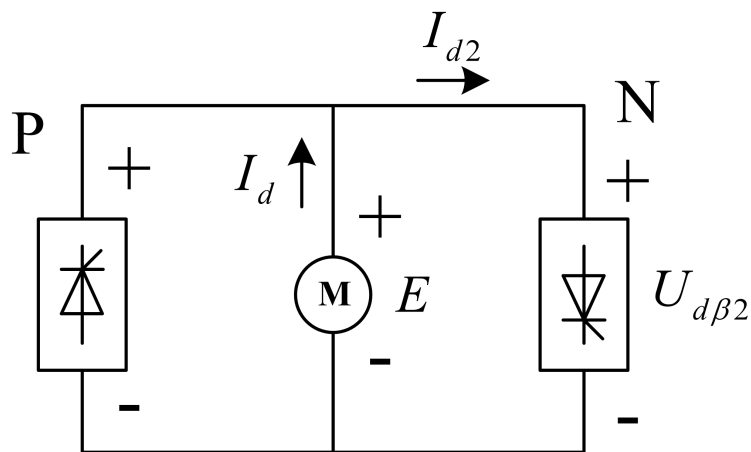
9.1 电动机调速

► 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。



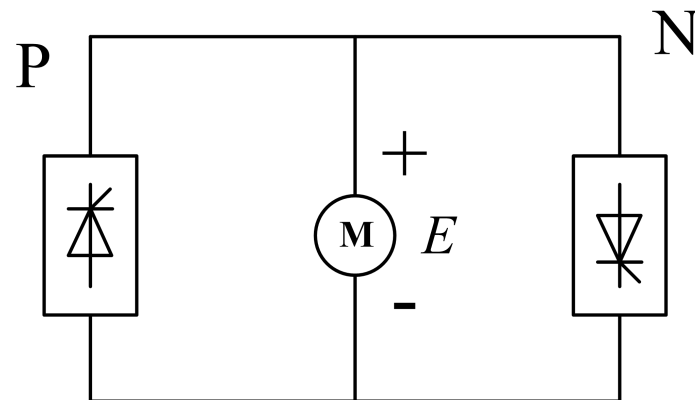
9.1 电动机调速

➤ 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。



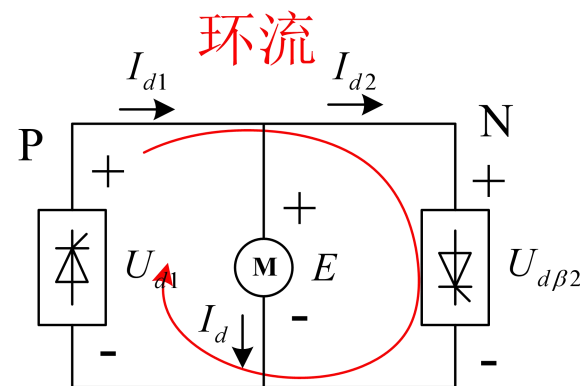
变流器的**整流**和**逆变**状态对应于电动机的**电动**和**回馈制动**状态。

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

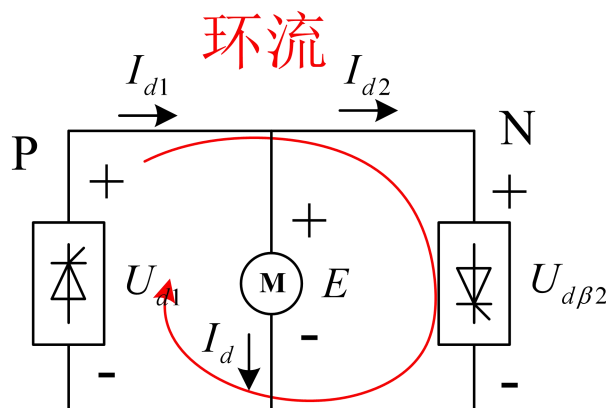
可逆电路中的环流

总结：

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

差值越大, 环流越小。

某一瞬时, 若 $U_{d\beta 2}$ 总是大于 U_{d1} , 则无环流。

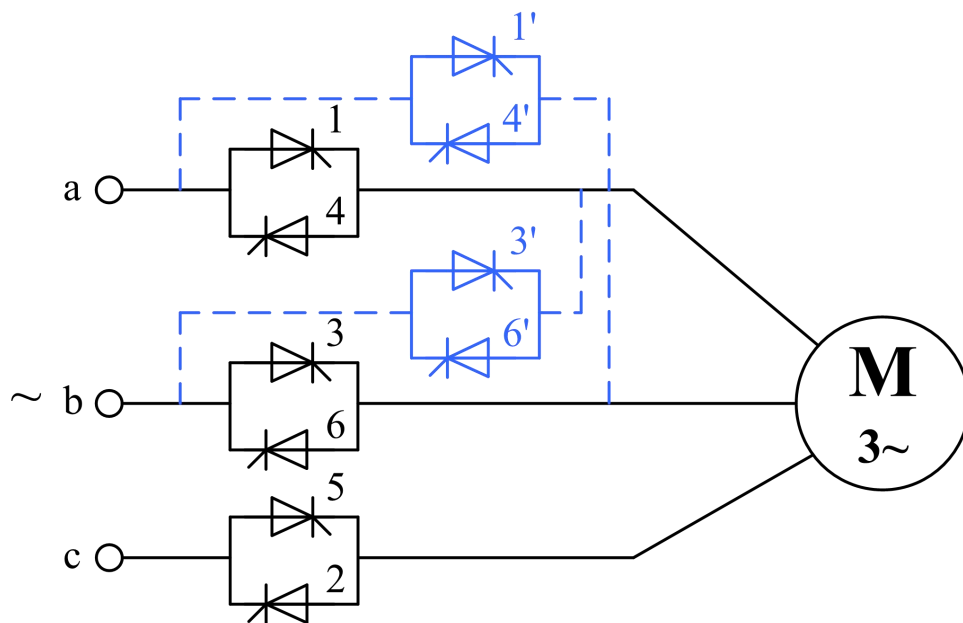


9.1 电动机调速

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。

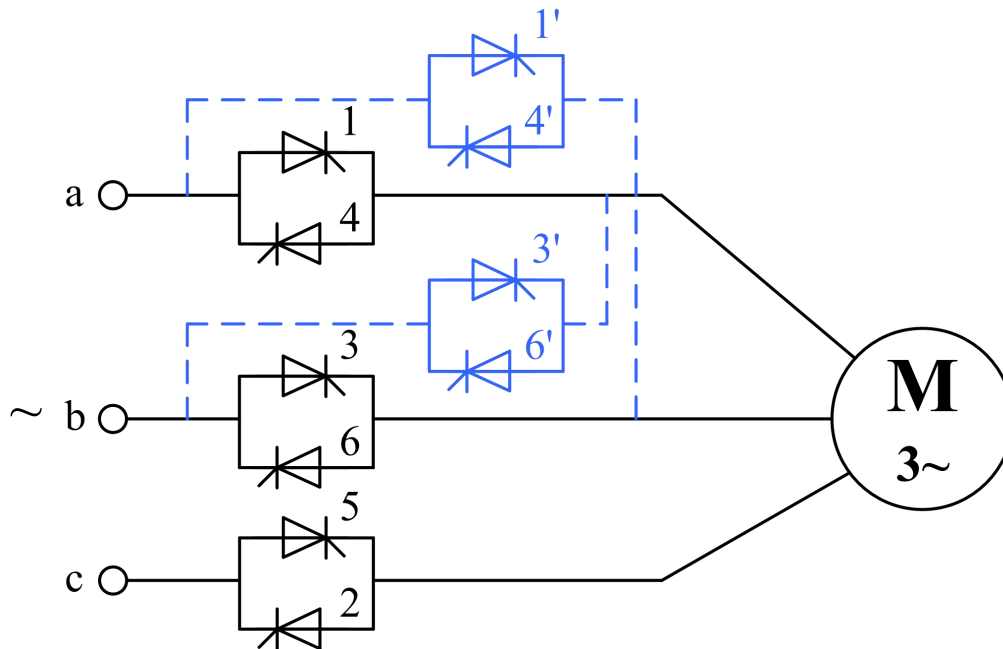
因此，改变电动机的定子电压，就可以改变电动机在一定输出转矩（ M ）下的转速（ n ）。



9.1 电动机调速

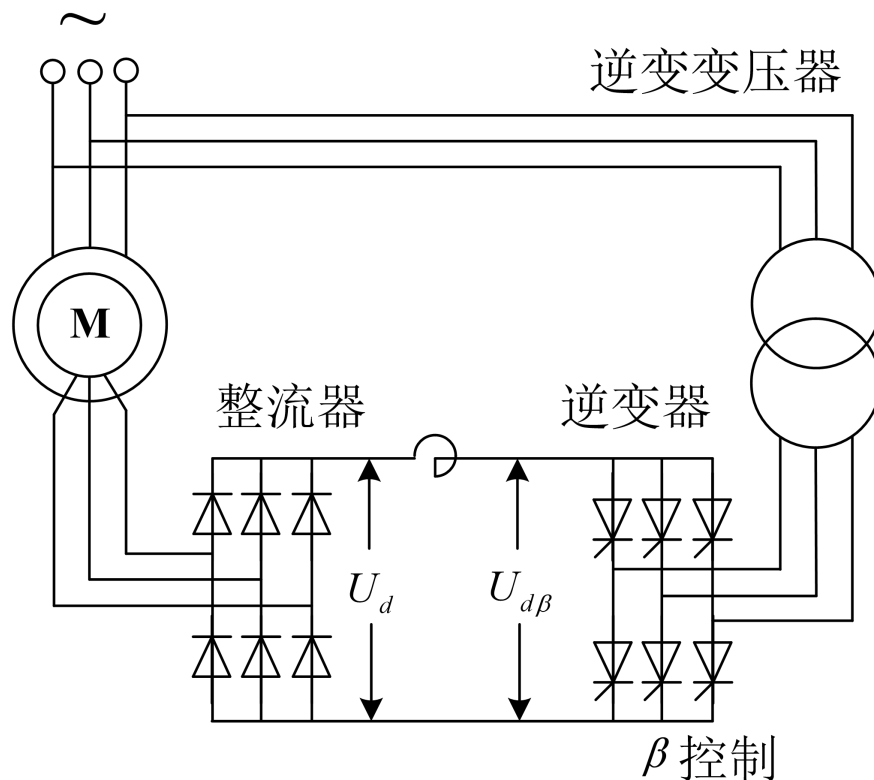
交流电动机的调压调速

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

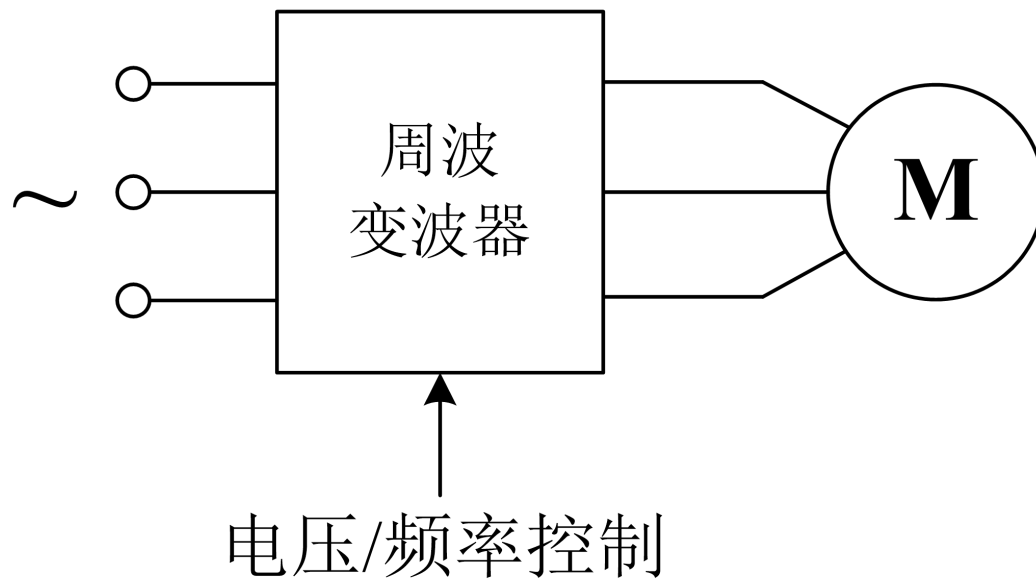
S ——转差率

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 Φ 近似不变。

9.1.4 交流电动机变频调速

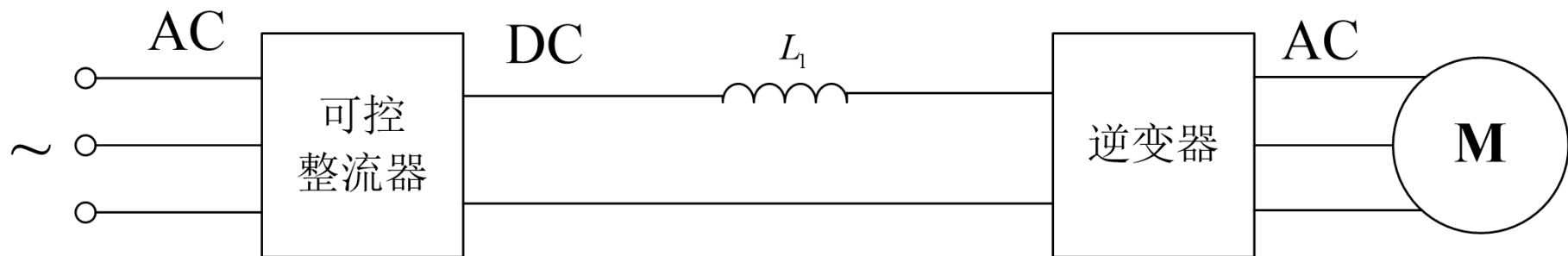
交—交变频调速



不常用。

9.1.4 交流电动机变频调速

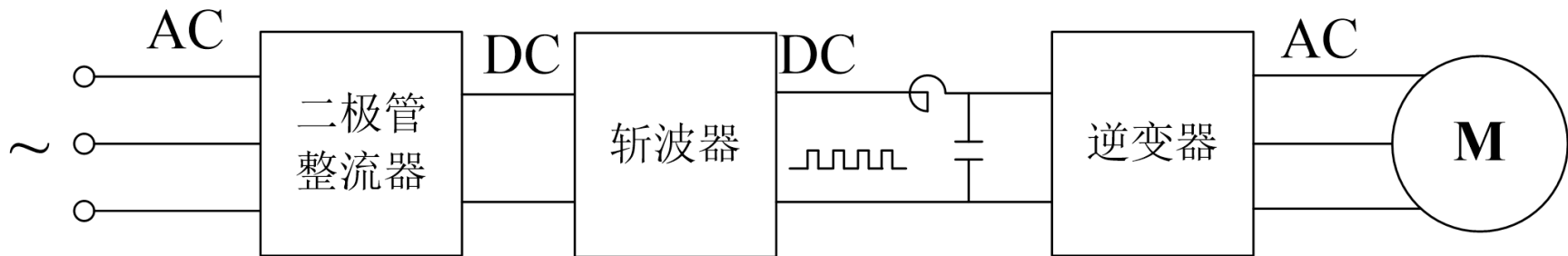
交—直—交变频调速（I）



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

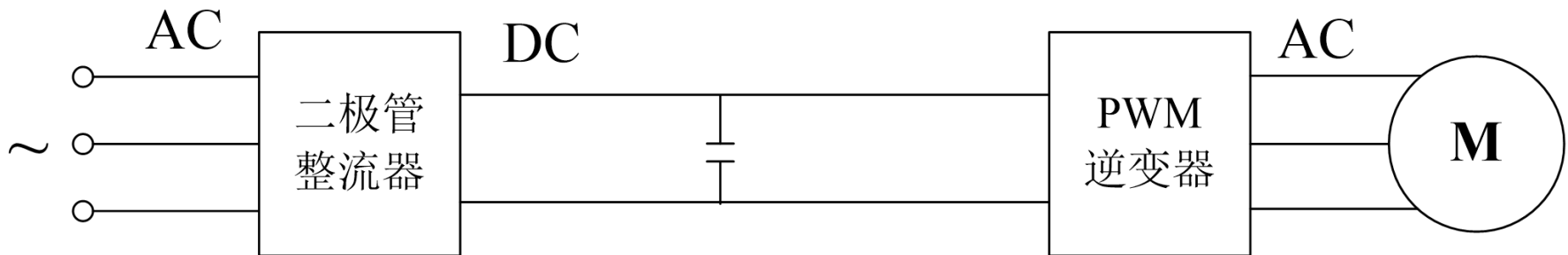
交—直—交变频调速（II）



斩波器调压，电压型逆变器变频

9.1.4 交流电动机变频调速

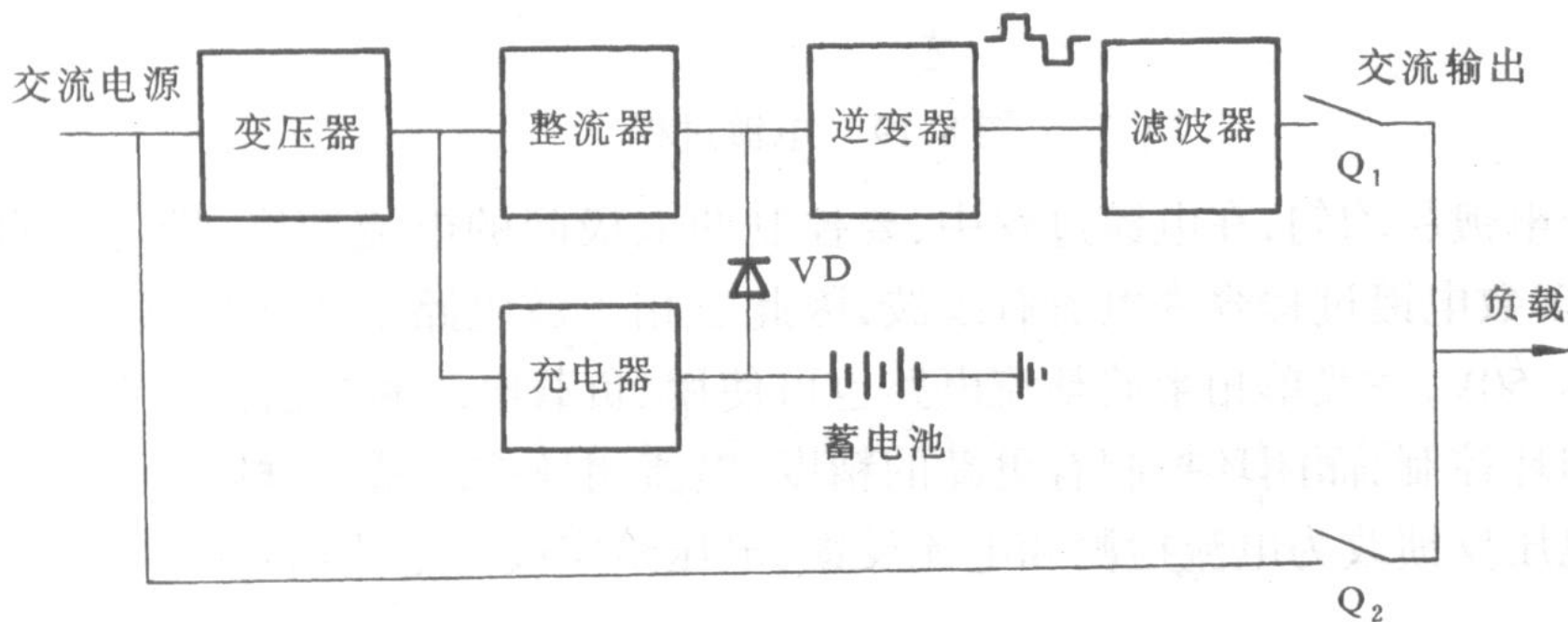
交—直—交变频调速（III）



PWM逆变器变压变频

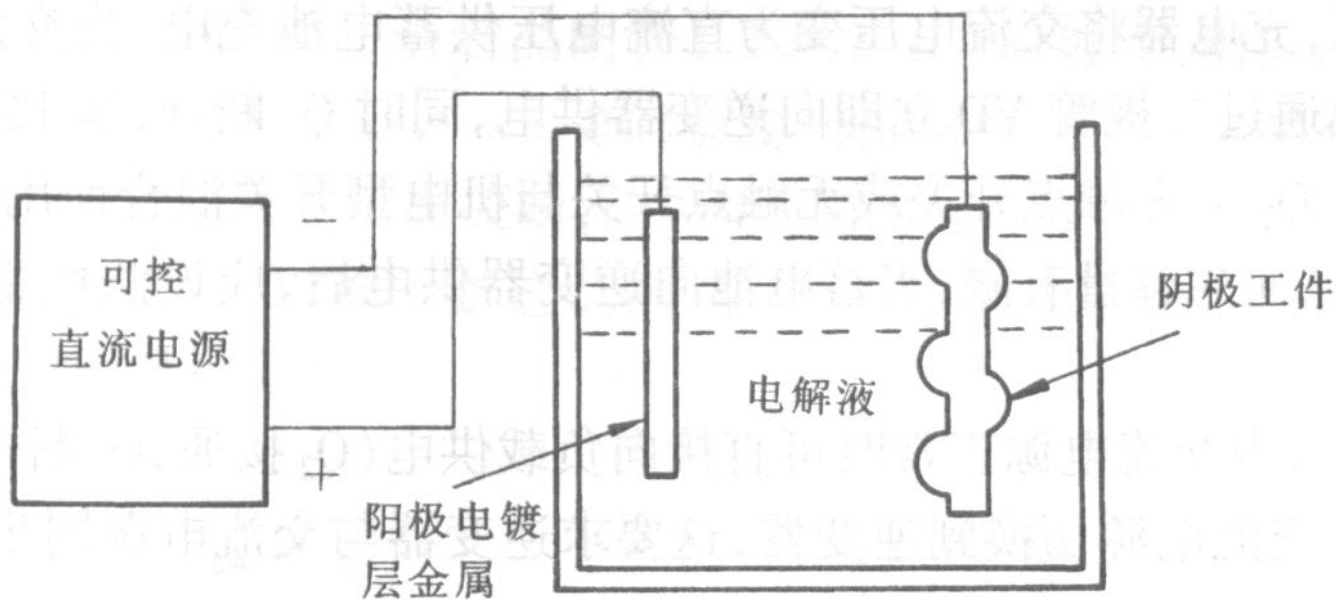
- 最常用。
- 多用IGBT实现。

9.6 不间断电源 (UPS)



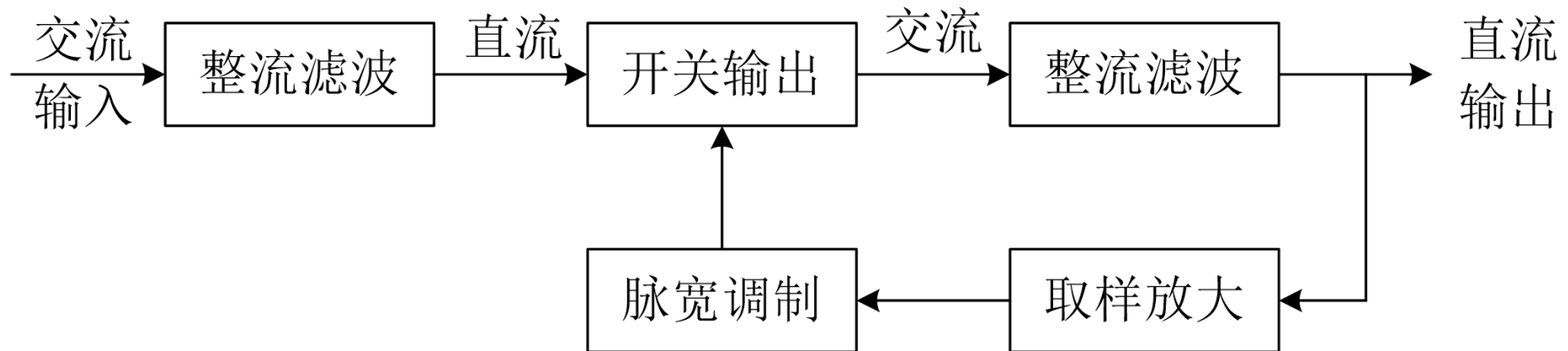
9.7 电化学

- ▶ 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。

