

科技与教育

译文集
(二)

3

1982

本溪钢铁学校

科技与教学

(内部刊物)

1982年 第3期

总字 第13期

编辑出版

校科技情报室

印

刷

校

印

刷

厂

¥ 1元1角0分

谢尔毕斯可控硅整流器装置·····	尚溪波译 (1)
交流电动机P W M变换器·····	孙仁译 (17)
有关噪音公害的行政管理的展望·····	朱辉译 (31)
最新应急发电装置·····	包晓峰译 (42)
管路加热·····	高伟译 (58)
气动马达·····	李平春译 (80)
滑动轴承的损伤状态原因及其对策·····	张庆恩译 (86)
火力发电站的煤炭能源的利用和防止公害的 对策·····	刘庄达译 (100)
海外主要国家的电力事业近况·····	徐可芬译 (112)
便用于狭窄地方的自动焊接及角焊缝 M I C焊接装置M I C夹具系统·····	孙荣刚译 (124)
转炉用炭结合的喷补料·····	张菊芬译 (142)
关于汽车发动机用甲醇的研究·····	李维琴译 (152)
光电解提炼金属及充电式蓄电池·····	张卓英译 (168)
氢氧化镁共沉淀、原子吸收光谱法测定饮用水 中的铁和锰·····	李若楠译 (184)

· 谢菲尔毕斯可控硅整流装置

大容量卷线形感应电动机的谢菲尔毕斯可控硅整流控制装置，在速度范围较窄时，由于经济效果显著，控制性和保养性好，所以，多用于水泵和鼓风机等设备上。神钢公司，为了防止由瞬时停电造成的换相失败，对 $0.3 \sim 0.5$ 秒之内的瞬时停电，采取了不滞后检测的措施，以适用于不断增长的公共设施——水泵、鼓风机等的需要。

1 前 言

感应电动机由于经济效果好，保养方便，因此，广泛地应用于电力拖动领域。卷线形感应电动机可变速运转的代表之一——谢菲尔毕斯可控硅整流装置（以下简称谢菲尔毕斯装置），在效率、控制性和保养性方面效果显著，加之可变速范围较窄时，于价格方面有利，所以，特别适用于大容量的电动机。

尤其是，近几年来，从节能的观点上看，要求高效率运转已成必然趋势。例如，鼓风机等设备，以前是用阻尼控制的方法进行风量调节的（电动机以恒速运转），而现在，采用高效率可变速电动机的实例日益增多。为此，在现有设备中，当使用卷线形感应电动机时，改造成谢菲尔毕斯装置的实例也很普遍。

本文叙述谢菲尔毕斯装置的原理，优点以及应用情况，作为选定感应电动机的速度控制方式资料 and 作为帮助推进现有设备节能化的研究资料。

2 优 点

谢菲尔毕斯装置作为可变速电动机具有很多优点。下面，就说明

一下其中的主要优点。

(1)效率高

不象用电阻起动感应电动机那样，要消耗二次滑差功率，而是通过可控硅整流装置把滑差功率返回电源，因此，损失极少，效率很高。

(2)保养简单

因为电动机是感应型的，所以，很坚固，几乎没有必要维修。

(3)速度范围较窄时，于价格方面有利

谢菲尔毕斯装置的二次返回容量，与调速范围大致成正比。因此，比起其它方式（指：与调速范围几乎无关，而要求和电动机额定容量相等的可变电源）来说，经济得多。

(4)出故障时，能进行特殊运转

即使可控硅整流装置等万一出现了故障，通过二次电阻控制方式（以下简称二次电阻控制）的运转，或者通过二次短路运转，也可以不中止电动机，使之连续工作。

(5)能实现现有感应电动机的节能化

用卷线形感应电动机进行二次电阻控制时，只增加二次电力变换装置就可变换为谢菲尔毕斯装置，做成高效率可变速电动机，因此，可以简单地解决节能问题。

3 原理

3.1 直流电压和转差率之间的关系

图1表示谢菲尔毕斯装置的原理图。由以下几部分组成：卷线形感应电动机，（以下简称电动机），（ TM ）；硅整流器（以下简称整流器），（ REC ），作用是，将电动机的二次滑差功率（交流）

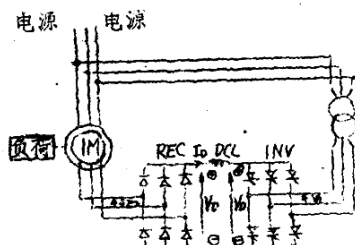


图7 谢菲尔毕斯原理图

转换为直流电；滤波用的直流电抗器，〔DCL〕；可控硅整流逆变器，〔以下简称逆变器〕，〔INV〕，作用是：将直流电转换为与电源频率值相等的交流电；逆变器用的变压器〔TR〕等。

电动机二次电压 E_{2s} 和转差率 s 之间有如下关系：

$$E_{2s} = sE_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

其中： E_2 — 堵转时的二次电压

$$s = \frac{N_s - N}{N_s}$$

N — 旋转速度

N_s — 同步速度

忽略了回路电压降的直流回路电压 V_D ，在考虑整流器输出电压的时候，用式(2)表示；在考虑逆变器直流侧电压的时候，用式(3)表示。

$$V_D = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} sE_2 = 1.35 sE_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$V_D = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_L \cos\beta = 1.35 V_L \cos\beta \quad \dots\dots\dots (3)$$

其中： V_L — 变压器〔用于逆变器〕的二次电压

β — 逆变器的逆变角

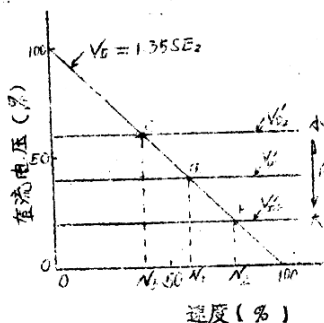


图2 谢菲尔毕斯装置中速度和电压之间的关系

因此，整流器输出电压如图2所示，它与电动机的转速成直线关系，如果改变逆变器角的话，也可以改变逆变器直流侧电压。

3.2 速度控制

谢菲尔毕斯装置，用改变逆变器角的方法来改变逆变器直流侧电压，从而，进行速度控制。

如果把包括整流器在内的全回路电压降和逆变器直流侧电压相加的话，（其中：忽略了直流电抗器的电压降），那么，与式(3)对应的逆变器直流侧电压 V_D' 则表示如下：

$$V_D' = 1.35 V_L \cos \beta + A + B I_D \quad \text{..... (4)}$$

其中：A—硅整流元件和可控硅整流器的正向电压降。

B—全回路的等值电阻。

在图2中，当电动机以 N_2 的速度（转差率为 S_1 ）运转时，就流动与负荷转矩相应的直流电流 I_{D1} ，滑差功率可以送回电源。这时，整流器输出电压 V_D 和逆变器直流侧电压 V_D' 则分别等于：

$$V_{D1} = 1.35 S_1 E_2$$

$$V_{D1}' = 1.35 V_L \cos \beta + A_1 + B I_{D1}$$

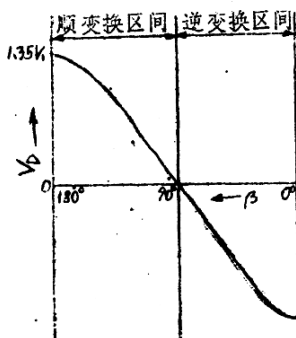


图3 整流器的直流侧电压

V_{D1} 和 V_{D1}' 这两个值在 a 点平衡。

从速度 N_1 开始, 升高转速, 做增大逆变器的逆变角 β 的控制。通过这种控制, V_D' 下降, I_D 增加, 电动机因增大转矩而加速:

$$V_{D2} = 1.35 S_2 E_2$$

$$V_{D2}' = 1.35 V_L \cos \beta_2 + A_2 + B I_{D2}$$

电动机被加速到 V_{D2} 和 V_{D2}' 的值相等的 b 点, 并在该点平衡, 速度是 N_2 (转差率是 S_2)。 I_{D2} 是以 N_2 的速度运转时, 与负荷需要的转矩相平衡的值。

相反, 降低转速, 做减小 β 角的控制。如果在平衡的状态下, 以 N_1 的速度做这种控制的话, 那么, V_D' 上升, I_D 不流动, 电动机转矩消失, 因负荷转矩的反作用, 使电动机减速。

$$V_{D3} = 1.35 S_3 E_2$$

$$V_{D3}' = 1.35 V_L \cos \beta + A_3 + B I_{D3}$$

V_{D3} 和 V_{D3}' 这两个值在 c 点平衡, 并且, 速度降到 N_3 (转差率为 S_3)。 I_{D3} 是以 N_3 的速度运转时, 与负荷需要的转矩相平衡的值。

4 特性

4.1 直流电流

当电动机的二次电流为 I_2 时，直流电流可以用下式表示：

$$I_D = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{I_2}{\sqrt{1-3\varphi(u)}}$$

其中： u — 整流器的换向重合角

$$\varphi(u) = \frac{\sin u(2 + \cos u) - u(1 + 2\cos u)}{2\pi(1 - \cos u)^2}$$

这里，通常， $u \approx 30^\circ$ 左右，因此， $\varphi(30^\circ) = 0.0223$ 可以近似为： $\varphi(u) = 0$

4.2 速度——转矩特性

当谢菲尔毕斯装置工作时，可以认为：电动机产生的转矩与二次电流成正比。

忽略硅整流元件和可控硅整流器的正向电压降，可由(2)式和(4)式求出速度公式，其形式如下：

$$N = N_s(1 - K_1 \cos \beta - K_2 I_D) \dots\dots\dots (6)$$

其中： $K_1 = \frac{V_2}{E_2}$

$$K_2 = \frac{B}{1.35 E_2}$$

4.3 综合效率

当电动机以转差率 s 运转时，如果忽略电动机各部分的损失，那么，输入功率和输出功率之间有如下的关系：

$$P_M = (1 - s) P_1 \dots\dots\dots (7)$$

$$P_{2out} = s P_1 \dots\dots\dots (8)$$

其中： P_M ——电动机的输出功率

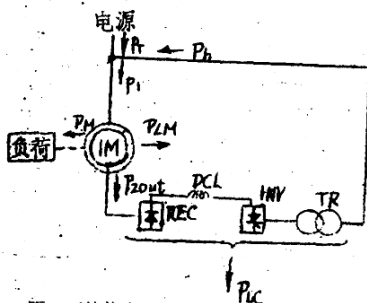
P_1 ——电动机的输入功率

P_{2out} ——电动机的二次滑差功率

因此，在二次电阻控制中，该二次滑差功率 $s P_1$ 已经被电阻器产生的热消耗了，所以，它的综合效率 η_R 等于下式所求的值，该效率不高。

$$\eta_R = \frac{P_M}{P_1} = \frac{(1-s)P_1}{P_1} = 1 - s \dots\dots\dots (9)$$

另一方面，谢菲尔毕斯装置，通过转换机构，把这个二次滑差功



率变换为电源。电流的流动情况如图4所示，其总损耗由以下几部分组成：电动机的自身损耗 P_{LM} 以及整流器、直流电抗器、逆变器、用于逆变的变压器等转换机构的损耗。图中的 P_T 表示综合输入功率， P_b 表示返回功率。因此，谢菲尔毕斯装

置，在考虑了电动机自身损失的情况下，其综合效率如下式所示：

$$\eta_s = \frac{P_M}{P_M + P_{LM} + P_{LC}} \dots\dots\dots (10)$$

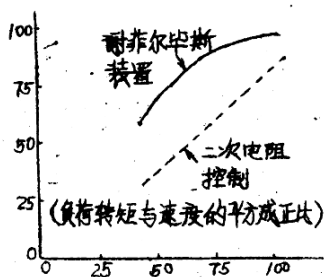


图5 谢菲尔毕斯装置的综合效率

图5表示谢菲尔毕斯装置和二次电阻控制的效率比较情况。

由上所述，可以清楚地知道，谢菲尔毕斯装置的效率非常高。

4.4 综合功率因数

谢菲尔毕斯装置的综合功率因数 $\cos \varphi_T$ ，可由下式求出：

$$\cos \varphi_T = \frac{P_1 - P_b}{\sqrt{(P_1 - P_b)^2 + (Q_1 + Q_b)^2}} \quad (1)$$

其中： Q_1 ——电动机输入的无功功率

Q_b ——返回的无功功率

由于在电动机的二次侧接入了整流器，所以，因该整流器的换向重合角，造成电动机二次功率因数降低。

由于存在返回的无功功率和二次功率因数下降的问题，所以，谢菲尔毕斯装置的综合功率因数预计比二次电阻控制时的功率因数要低。

4.5 高次谐波的影响：

由于电动机二次侧接入了整流器，所以，二次电流含有高次谐波，并且，这个换向重合角，使基波电流成分成为滞后电流，功率因数下降。为了产生同一转矩，谢菲尔毕斯装置要比二次电阻控制增加10%左右的电流。另外，由于存在高次谐波，在同步速度的 $\frac{2}{3}$ 左右时，一次电流要产生脉动，但在实际应用中是不成问题的。

转的切换，要按如下顺序进行：

起动指令→6 投入工作→CB 投入工作→谢菲尔毕斯切换速度
→42 投入工作→谢菲尔毕斯运转。

5.2 停止

和起动时一样，为了防止切换时的坏影响，无论是一般停止，还是特殊停止，都要按如下顺序进行：

停止指令→6 投入工作→42 释放→CB 释放→电动机停止

5.3 自动速度控制

如图 6 所示，把从速度指令和速度发电机来的速度反馈，送入速度调节器 PI，构成速度控制的主环，并带有电流控制的局部环。

另外，在图 6 中，是用速度发电机进行速度检测的。但是，在使用现有电动机的谢菲尔毕斯化时，如果给电动机安装测速发电机有困难，要采用如下的方法，即：借助脉冲检波器检测速度或利用电动机二次电压来检测速度。

5.4 瞬时停电对策

使用谢菲尔毕斯装置时，因可控硅整流变换装置经常做逆变换，所以，交流电源即使在瞬间有扰动（一般叫瞬时停电）的话，那么，可控硅整流器换向失败的概率就高，有时因事故，会使电动机停止工作。所以，近几年来，对于上下水道中所使用的水泵等公共设施，由于自身的重要性和公共性的要求，对于瞬时停电，大多数需采用不停止电动机，做连续运转的对策。

神钢公司，备有供选择时参考的瞬时停电对策，如表 1 所示。图 7 表示带有瞬时停电对策的谢菲尔毕斯控制区间。现在，正在研究能

表1 瞬时停电对策的标准

停电的种类	适用范围	备注
0.3~0.5s以内的电源干扰 【瞬时停电】	不停止电动机, 进行连续运转	根据电源的干扰情况, 改变时间
0.5s以上的停电 【长时间停电】	迅速停止电动机(设备不发生任何事故); 复电后, 通过自动或手动的方法, 进行再次启动。	

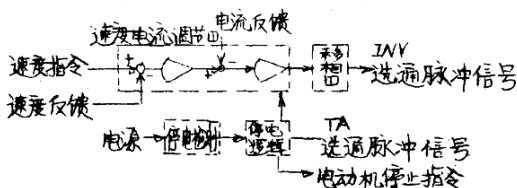


图7 带有瞬时停电对策的谢菲尔毕斯装置控制图

准确检测出3相停电和缺相停电等现象的设备,【正在申请专利】。一旦检测出停电,就要把信号送到接在速度电流调节器和电动机二次回路中的可控硅整流减振器(TA)上,使电流立即为0,以防止换相失败。复电后,按照常规的顺序操作,使电动机恢复运转。当停电时间长的時候,要停止电动机。

图8和图9是实施了瞬时停电对策的谢菲尔毕斯试验数据。即使发生停电现象,也不产生换相失败,使电流为0;复电时,也不流动异常电流,恢复运转,它充分体现了瞬时停电对策的良好效果。

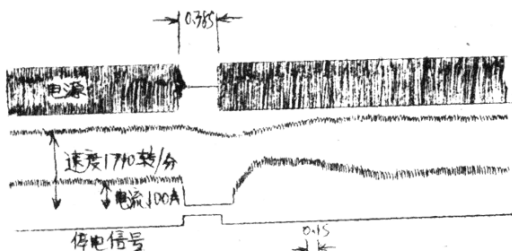


图8 谢菲尔毕斯装置的瞬时停电特性

(缺相停电0.38s, 最高速度时, 负荷是80%)

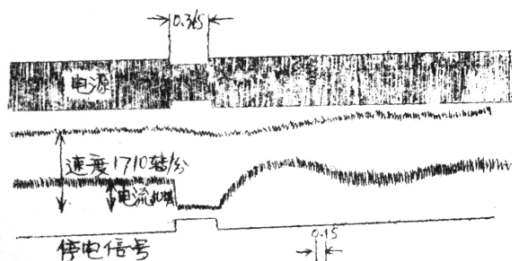


图9 谢菲尔毕斯装置的瞬时停电特性

(缺相停电0.36s, 最高速度时, 负荷是80%)

6. 应用

图10表示应用于水泵设备中的谢菲尔毕斯装置。这个例子, 是工业用水加压式水泵的电气产品。设置了5台水泵, 即使在需要量最大时, 2台水泵也能正常工作, 另1台作为备用。根据流量, 切换水泵的台数。在速度控制回路(835转/分~1675转/分)的外侧, 做了末端压力恒定的控制。制定了前述的瞬时停电对策, 并且, 为防

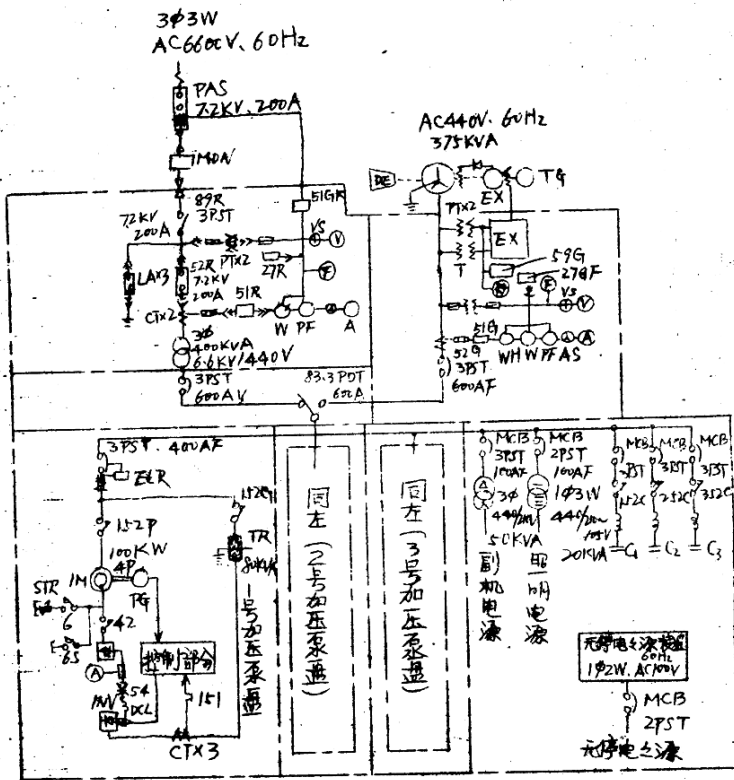


图 10 用于加压泵中的谢菲尔半斯装置单线连接图

备长时间停电，安装了公司专用的发电设备以及无停电电源装置。由于采取了这些措施，泵房在无人工作的情况下，也可以不断地供给工业用水。

6.2 应用于鼓风机

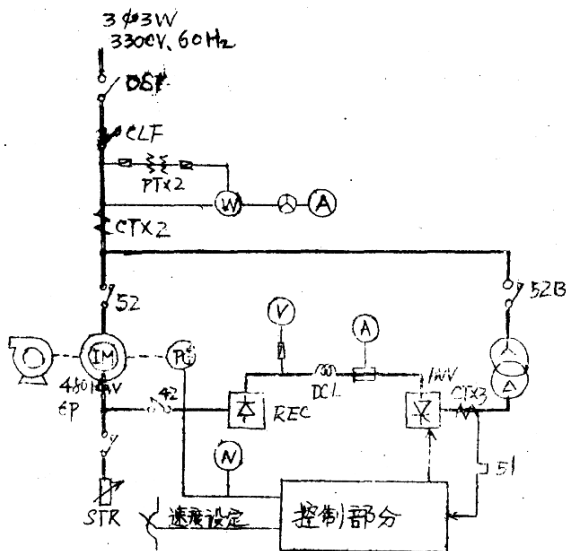


图 11 用于鼓风机驱动的 480 KW 谢菲尔毕斯单线连接图

图 11 表示谢菲尔毕斯装置应用于鼓风机设备上的情况。这一实例，考虑到节能问题，把以前靠阻尼控制进行风量调节的设备，改造成了谢菲尔毕斯装置。

需要最大风量时，进行二次短路运转，（速度是 100%，1180