

技术革新资料

节电专辑

上海市计划用电办公室

上海科学技术出版社

技术革新资料

节 电 专 辑

上海市计划用电办公室编

上海科学技术出版社

技术革新资料

节电专辑

上海市计划用电办公室编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.75 字数 58,000

1978年10月第1版 1978年10月第1次印刷

印数 1—20,000

书号: 15119·1969 定价: 0.25 元

目 录

1000千瓦异步电动机同步运行·····	1
大型同步电动机的无刷励磁·····	8
可控硅串级调速装置·····	15
1511型织布机节电装置·····	25
可控硅自动温度控制器·····	36
催化燃烧热风循环漆包机·····	45
石墨流动粒子电炉·····	51
DM 型埋入式电极盐浴炉·····	55
铅酸蓄电池快速充电机·····	62
负荷定量器·····	74

1000 千瓦异步电动机同步运行

上海长桥水厂

在英明领袖华主席关于电力工业的重要指示鼓舞下，各条战线的计划用电、节约用电、群众办电的“三电”工作正在扎扎实实地开展起来。电是工农业生产的命脉，是实现四个现代化必不可少的物质条件。异步电动机同步化对挖掘供电潜力和节约用电具有一定的现实意义。

我厂水泵房原有 1000 千瓦线绕式异步电动机二台。转速为 592 转/分，功率因数为 0.84，长期连续运行，每台向电网吸取 670 千乏无功功率，造成我厂 35KV 电网功率因数长期过低，影响了电厂发电机的出率，加深了电力供不应求的矛盾。1971~1972 年在供电局和我公司党委的支持下，将这两台电动机先后改成同步运行，收到了显著效果。改进后的技术性能：转速提高到 600 转/分，功率因数从滞后 0.84 提高到超前 0.97，向电网反馈无功功率 284 千乏。而且对于我厂的出水量和水压都相应有了提高，改善了供水质量。

1000 千瓦异步电动机同步化后，由华东电业管理局中心试验所作了试验，并将二种运行情况进行了比较，其结果如表一所示。

由表中可得出如下结论：

(1) 该电动机同步运行带额定负载，当转子电流为 800 安时，可向系统送出无功功率 284 千乏，连同异步运行时需从

表一 异步与同步运行比较

运行方式		无功 负荷 (千乏)	定子 电流 (安)	定子 电压 (伏)	功率因数	转子 电流 (安)	转子 电压 (伏)	有功 负荷 (千瓦)
异步负载运行		670	93.8	6360	0.81	—	—	787
同步 负载 运行	转子电流 700A	-101	71.2	6520	-0.994	703	20.9	797
	转子电流 750A	-198	73.5	6520	-0.984	748	21.5	806
	转子电流 800A	-284	75.4	6530	-0.962	797	23.0	802
	转子电流 850A	-381	78.4	6540	-0.930	850	24.8	803

注：1. 无功负荷“-”值为向电网送出无功功率

2. 功率因数“-”值为进相运行(过激)

系统吸收无功功率 670 千乏, 其效益共计 954 千乏。

当转子电流为 750 安时, 效益共计 868 千乏。

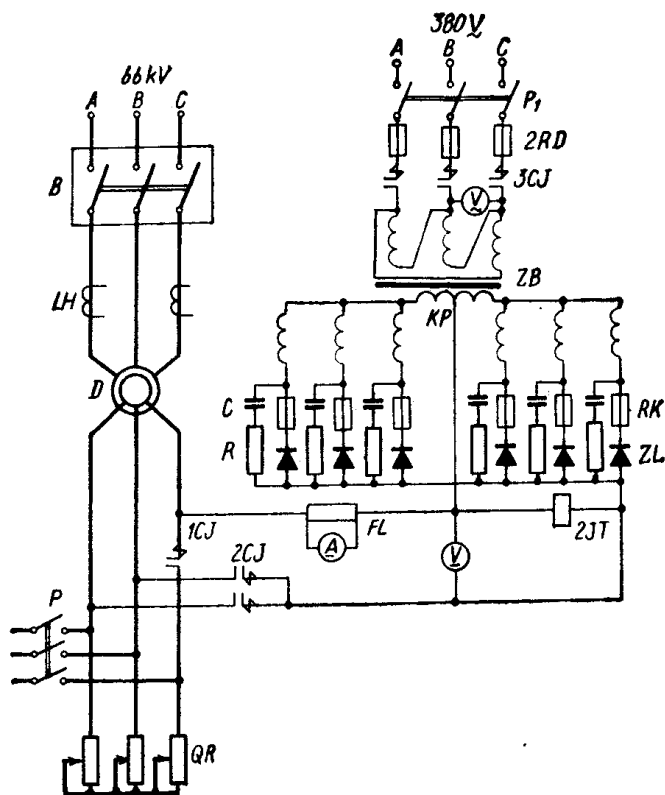
当转子电流为 700 安时, 效益共计 771 千乏。

(2) 可在转子电流 800 安时同步运行, 非夏日可连续运行。

根据五年来的实践, 我厂长期同步运行在 730 安左右, 效益在 771~868 千乏之间。由于加强了日常维护检修工作, 在夏日即使车间温度高达 40°C 以上, 电动机仍可长期同步运行。

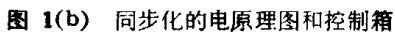
综上所述, 绕线式异步电动机同步化是一种节约用电, 挖掘供电潜力, 投资省、收效快的有效措施。

现将同步化的电气装置作简略介绍(见图 1)。



注：三相关 P 左端应该短接

图 1(a) 同步化的电原理图和控制箱



序号	代号	名 称	规 格	数量
1	D	高压感应电动机	JRZ-140/49-10 1000KW	1
2	B	高压油断路器	SN ₃ -10 600A	1
3	QR	油浸变阻器	PM-1670	1
4	P	闸刀开关	HD1-3 1000A	1
5	P ₁	闸刀开关	HD1-3 500V100A	1
6	2RD	熔断器	RL ₁ -60/40A	3
7	1RD	熔断器	RL ₁ -60/20A	3
8	RK	快速熔断器	RSO-350/500	6
9	ZL	硅元件	2CZ-200/500	6
10	ZB	整流变压器	30KVA380/19V	1
11	1CJ2CJ	交流接触器	CJ ₄ -600S/2 48V	2
12	1CJ ₁ 2CJ ₁	1CJ 2CJ接触器分闸线圈	48V	2
13	3CJ	交流接触器	CJ ₁ -75/3	1
14	V	电压表	1C1-V0~50V	1
15	A	电流表	1C1-A0~1000V	1
16	FL	分流器	75mV 1000A	1
17	V	电压表	1T1-V 0~450V	1
18	1DS	时间继电器	DS-113 48V	1
19	2DS	时间继电器	DS-112C 48V	1
20	1JT	直流继电器	JT ₃ -22/5 48V	1
21	2JT	直流继电器	JP ₀ -11 48V	1
22	TD, YD	指示灯	ZSD-38, 48V8W黄红	2
23	1KK	电动机控制开关	LW ₁ -6/A5	1
24	2KK	同步控制开关	LW ₄ -2/R8	1
25	LH	电流互感器	LGF10 150/5A	2
26	R	电阻	20 Ω 7.5~10W	6
27	C	电容	1000V 0.47 μ f	6
28	KP	平衡电抗器	3.8KVA 9.5V800A	1

1. 励磁设备

(1) 我厂电动机为哈尔滨电机厂 1961 年制造的 JRZ-140/49-10 型绕线式电动机, 转子开路电压 671 伏, 短路电流 930 安, 绕组为 Δ 接法。同步化时应将转子改接成 Y, 使转子电流减小 $\sqrt{3}$ 倍, 即为 537 安, 经计算取直流励磁电流为其 $\sqrt{2}$ 倍, 故转子实际的励磁电流为 $537 \text{ 安} \times \sqrt{2} \doteq 760 \text{ 安}$ 。

同步运行时, 供给转子直流励磁电压, 原有三相绕组接成二并一串, 励磁电压 $V_{\text{励}} = I_{\text{励}} \times R_{\text{转}}$

转子三相绕组热态电阻经测定分别为:

$$R_A = 0.0161 \Omega, R_B = 0.0159 \Omega, R_C = 0.0153 \Omega$$

测定时环境温度为 35.5°C 。

$$R_{\text{转}} = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B} + R_C = \frac{0.0161 \times 0.0159}{0.0161 + 0.0159} + 0.0153$$

$$= 0.0233 \text{ 欧}$$

$$\text{则 } V_{\text{励}} = I_{\text{励}} \times R_{\text{转}} = 760 \times 0.0233 \doteq 17.7 \text{ 伏}$$

考虑到滑环、导线的电压降, 取 $V_{\text{励}}$ 为 22 伏。

(2) 整流变压器采取三相供电, 变压器容量为:

$$P = V_{\text{励}} \times I_{\text{励}} / 0.85 \doteq 20 \text{ 千伏安}$$

(3) 整流电路采用三相双反星形带平衡电抗器的型式, 这样可降低对整流元件的技术要求, 其中每只硅元件承受的电流为 $\frac{1}{6} I_{\text{励}}$, 即 125 安, 可用 200 安的硅元件。

(4) 在主回路中, 并接了一只 JP9-11、48 伏型直流继电器 2JT 壹只, 释放电压为 16.8 伏, 用以保证在硅元件损坏时失步而自动转入异步运行, 不致损坏电动机。经测定, 当励磁电流为 700 安时, 六只硅元件中如有一只损坏, 励磁电压降到 13 伏, 电动机即转入异步运行。

2. 控制回路

电动机启动前 $1CJ$ 闭合, $2KK$ 位于同步位置, 1 和 3 触头闭合, 油断路器 B 合闸, 电动机控制开关 $1KK$ 的 1 和 2 触头也闭合, $3CJ$ 动作使整流电路接入 380V 交流电源, 整流电路进入工作状态, $2JT$ 吸合。当启动完毕后, QR 全部短路, 闸刀 P 合上, 其辅助触头将 $1DS$ 接通, 一定时限后 $1JT$ 动作, 遂使 $1CJ$ (分) 动作分闸而使 $2CJ$ (合) 动作合闸, 至此转子通入直流电流, 电动机便很快被牵入同步运行。当直流电源电压低于整定值时, $2JT$ 返回, $2CJ$ (分) 动作分闸, 由于 $1CJ$ 、 $2CJ$ 之联锁, $1CJ$ (合) 动作闭合, 电动机便转入异步运行。

为了防止 $1CJ$ 、 $2CJ$ 都未动作而使转子开路, 故串联触头使 $2DS$ 动作, 一秒钟后油断路器 B 便跳闸。 $2DS$ 的设置还可避免 $1CJ$ 、 $2CJ$ 动作交替时有短暂时间的闭合使油断路器误跳闸之弊病。

大型同步电动机的无刷励磁

上海吴泾化工厂

同步电动机以它的转速恒定、无功功率可调等优点,在石油、化工、冶金系统广泛地被用作拖动、压缩、轧制等动力。由于它的工作条件与感应电动机不同,所以在电气结构上显得复杂一些。它的工作原理是当电动机定子送入交流电以后,即在定子上产生一个旋转着的磁场,这时又在电动机的转子磁极绕组上送入一定功率的直流电,这个直流电使转子磁极产生一个固定磁场。当这两个磁场按 N 、 S 极的规律一一对应吸住时,电动机的转子即与定子旋转磁场同步旋转,进行工作。所以,这种电动机又称同步电动机。我们把直流电送到转子绕组中产生固定磁场的过程称为励磁。同步电动机励磁所需要的直流电,原来是采用一台交流电动机带动直流发电机,将交流电转换成直流电。然后再把直流电通过操作柜的大容量开关送到同步电动机一侧的碳刷上,由碳刷——集电环来完成静止、转动的电气接触,使转子获得励磁。

交流电动机和直流发电机组成的励磁机组在运行过程中存在着好几个能量转换,而这些过程必定带来一定的能量损耗。

根据实测,1000 千瓦同步电动机需要的励磁功率约为 20 千瓦左右,加上交流电动机——直流发电机组的铜损、铁损和机械传动、摩擦、鼓风等损耗,使得进入交流电动机的功率约

为 32 千瓦左右。如再加上一台 560 千伏安变压器的（把 6 千伏降到 380 伏供给 55 千瓦交流电动机用）能量损失，总计可达 12 千瓦以上，则每年损耗的电能为：

$$12 \text{ 千瓦} \times 24 \text{ 小时} \times 365 \text{ 天} = 105120 \text{ 千瓦小时}$$

这是多么惊人的一个数字！因此促使我们想方设法改革同步电动机的励磁方式。

我们在 1000 千瓦同步电动机的主轴上装了一个同轴交流励磁机，它是一个转子为电枢的发电机，定子上有 20 个磁极。当送入直流电后就产生磁场，转动的电枢切割了磁场，然后用导线把发出的交流电直接送到装在转子上同轴的旋转整流器，整流器把交流电变为直流电，再把直流电送到主机的转子磁极，进行励磁。整个过程如图 1 所示：这样由于交流励磁机气隙中的电磁感应代替了原来的碳刷、集电环的机械接触，去除了碳刷，所以称为“无刷励磁”。这种型式的励磁由交流励磁机提供了励磁的能源，而交流励磁机的动力直接由主机的转子提供，减少了上述的能量转换关系和损耗。交流励磁机磁极上所需的功率很小，实测仅需 0.8 千瓦左右。

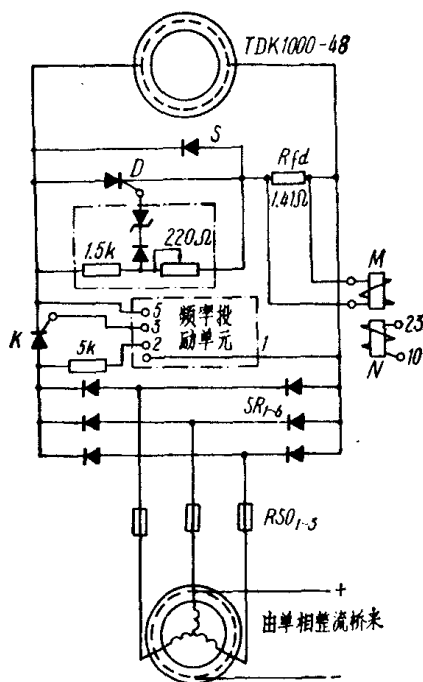


图 1 励磁原理图

此外由于去除了碳刷和集电环，彻底消除了因碳刷和集电环引起的火花，以及电动机在起动过程中集电环绝缘套管击穿事故。这对石油、化工系统易燃、易爆场合下的安全生产具有重要意义。“无刷励磁”的控制线路也并不复杂，确是同步电动机励磁方式发展的一个方向。

“无刷励磁”由主机、交流励磁机、旋转整流器、操作箱四部分组成，下面分别作一简单介绍：

一、主机

我厂试验的电动机技术指标为：

型号，TDK 1000-48；主机电压，6 千伏；每分钟转速，125；频率，50 赫；励磁电压，154 伏；励磁电流，205 安。

二、交流励磁机

我们在 1000 千瓦同步电动机原集电环位置上同轴安装了一台交流励磁机，它的技术指标为：

输出功率，43 千瓦；接法， Δ 接法；极数，20 极；频率，20.8 赫；输出电流，190 安；输出电压，90 伏〔注〕。

三、旋转整流器

它安装在同步电动机转子上，因为同轴的旋转体上，一边旋转一边工作，所以称为“旋转整流器”。它采用的是效率很高的半导体硅二极管，这样励磁上只要考虑交流励磁机的效率和本身的损失即可。整流回路输入端装置了三个快速熔

〔注〕 根据上海电机厂同步设计组的建议，为防止电动机在运行中发生主机与励磁部分的电谐振等不利因素，所以把交流励磁机频率设计成与主机频率不成整数倍。

断器 $RSO-350$ 安。三相整流桥以及元件 S 均为 $2CZ-200$ 安/800 伏; D 元件和 K 元件为 $3CT-200$ 安/800 伏, 结构都是螺旋式。放电电阻 R_{fd} 选用了上海起重电器厂生产的铁铬铝电阻片, 阻值为 $0.2 \text{ 欧} \times 7$ 。固接元件 D 的分压触发单元以及频率投励单元都用环氧树脂封固, 以增高机械强度。分压触发单元整定值为 450 伏峰值。频率投励单元整定值为 2.5 赫。

固接励磁回路由元件 D 、 S 以及放电电阻 R_{fd} 组成, 它们的作用是当电动机异步起动时, 转子从静止加速到亚同步转速时, 旋转磁场切割转子磁极绕组所产生的强大的电流正半波通过 S (控制单元打开), 负半波通过可控硅 D , 分别进入 R_{fd} 转换成热能泄放掉。它的感应波形如图 2 所示:

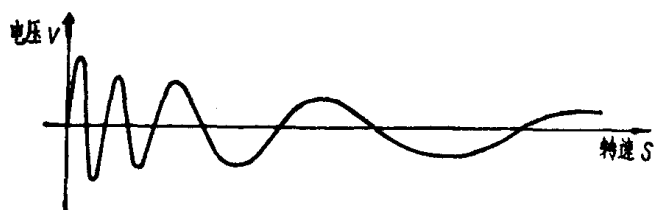


图 2 感应波形图

在电动机起动时, 交流励磁机产生的电动势随转速的上升而增加, 如图 3 所示。

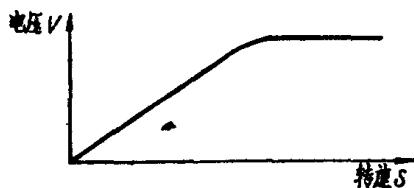


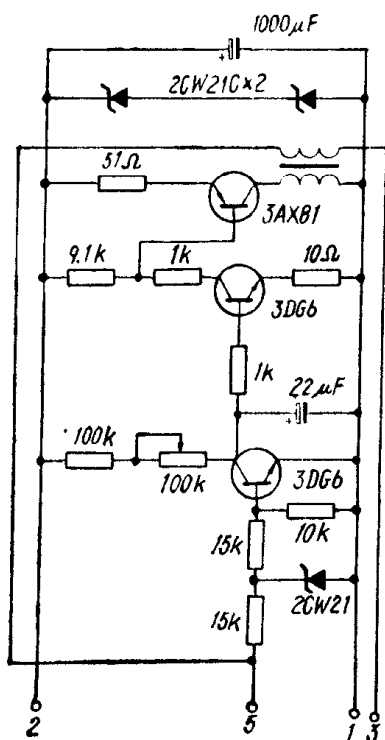
图 3 电动势和转速关系曲线

然后由整流桥整为直流而输出。

的部件，在结构上要简化不少。

打开 K 元件的“频率投励单元”是专门检测转子感应频率的，当感应频率达到2.5赫时，主机的转速已到同步转速的95%，频率投励单元发出脉冲打开 K 元件，这部分因装在旋转体中，所以工作必须非常可靠。

图 4 频率投励单元原理图



幅值限制在 7.5 伏，并进入晶体管 BG_1 ，当 BG_1 基极为正时该管导通，基极为负时该管截止。截止时电容 C_1 由正电通过 R 对其充电， BG_1 导通时 C_1 通过该管放电。电动机起动的最初阶段，感应波形的周期较短， C_1 不断地充电并通过 BG_1 放电，当起步后阶段感应波形的周期长到一定的时刻（2.5 赫）电容 C_1 上充电幅值达到 BG_2 导通值时， BG_2 导通， BG_3 导通，在脉冲变压器的初级回路形成一个突变，这个突变感应到次级成为触发 K 元件的信号。

为确保在全电压投励和日常运行中这个回路的工作，我们设置了一个监视和处理这部分故障的“灭磁回路”。这个回路的工作过程如下。

在 R_{fa} 两端并联接入一个感应线圈 M ，将此感应线圈固定安装在电动机转子的最外缘，再在此感应线圈的运动轨迹上安排一个传感线圈 N ，以便接受信号。当运行时发生固接误导通现象或由于起动时顺极性全电压投励时，直流电压叠加上转子感应波形的峰值，偶而可能顶开固接元件 D 。在这两种情况下， R_{fa} 将流过电流，而直流感应线圈同时产生磁场。这个磁场通过 2.5 厘米的气隙掠过传感器，传感器将感应过来的脉冲信号，送到激磁控制部分的固接关闭单元上。该单元是由单稳态触发器组成的。此时回路发生翻转，使继电器动作，从而切断交流励磁机的激磁直流，使整个励磁系统停止工作迫使 D 元件两端失压关闭，电动机进入异步运行状态。3 秒钟后单稳态触发器自动翻转，使整个励磁系统重新正常工作，电动机再次被牵入同步。

单稳翻转时间整定原则是：翻转时间必须保证主机转子中因电感缓慢下降的电流到零值，但又必须在主机过电流尚未动作之前恢复，经试验测定，我们机组取为 3 秒，满足要求。