

982761

同步电动机 运行与检修 技术问答

刘景峰 主编



1.06



水利电力出版社

同步电动机运行与检修 技术问答

刘景峰 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

同步电动机运行与检修技术问答

刘景峰 主编

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京市地矿局印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.25印张 155千字 1插图

1994年6月第一版 1994年6月北京第一次印刷

印数 0001—2800册

ISBN 7-120-01975-9 T·M·532

定价 7.00 元

前 言

同步电动机具有效率高、转速稳定、可通过调节励磁改善工厂和电网功率因数等特点，在工矿企业中应用广泛。特别是近十几年来，由于同步电动机晶闸管励磁技术、失步保护技术的迅速发展和推广应用，要求从事同步电动机运行与检修工作的人员不断提高专业技术水平。为此，编写本书，以满足从事同步电动机运行与检修的广大工人的需要。

本书针对工矿企业中从事同步电动机运行与检修的工人在监盘、操作、巡视、维护、检修、调试等工作中所遇到的实际问题及基本知识进行解答。解答力求理论联系实际，由浅入深，通俗易懂。读者可根据自己的需要选择阅读。

本书由保定电力学校刘景峰同志主编。书中第39~41题、43~45题、48~52题、56题由赵国连同志编写，第13、19、27题及87~90题由王文玉同志编写，其余部分由刘景峰同志编写。

在编写过程中，我们结合自己在现场工作的实践，并参考了许多有关资料，得到了王新诚同志等工程技术人员的大力支持。书稿承蒙赵家礼同志进行修改和审阅。在此谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中错误之处一定不少，敬请广大读者批评指正。

编 者

1992年4月

EA002/1501

内 容 提 要

本书以问答的形式，介绍了工矿企业中从事同步电动机运行与检修的工人在监盘、操作、巡视、维护、检修、调试等工作中所遇到的实际问题及基本知识。全书分为同步电动机、晶闸管励磁系统和其它同步电动机三部分。

本书可供从事同步电动机运行与检修工作的技术工人阅读，也可作为技工学校电机及拖动专业的教学参考书。

目 录

前 言

同步电动机	1
1. 工矿企业中为什么要采用同步电动机?	1
2. 同步电动机是根据什么原理工作的?	2
3. 同步电动机的结构有什么特点?	8
4. 同步电动机铭牌数据的意义是什么?	10
5. 同步电动机的转速和极数有什么关系?	12
6. 同步电动机的功率和转矩是怎样传递的?	13
7. 什么是同步电动机的过载能力?	15
8. 什么是同步电动机的工作特性?	17
9. 同步电动机的U形曲线有什么意义?	20
10. 怎样调节转子励磁电流, 来改善工厂和 电网的功率因数?	22
11. 为什么同步电动机转子上装有阻尼绕组?	25
12. 为什么同步电动机要装设灭磁电阻?	26
13. 同步电动机起动前应做哪些准备工作?	26
14. 同步电动机如何起动? 起动方法有几种?	28
15. 为什么同步电动机一般采用降压异步起动?	32
16. 同步电动机不能起动是什么原因?	34
17. 起动后投励, 牵入同步困难是什么原因 造成的?	36
18. 同步电动机一相绕组断电, 还能正常 起动吗?	37

19. 同步电动机在运行过程中应注意哪些问题?	40
20. 同步电动机运行时, 温升过高是什么原因? 应如何处理?	41
21. 同步电动机采用哪几种冷却方式?	43
22. 同步电动机运行时振动过大是什么原因? 应如何处理?	45
23. 同步电动机定子过电流是什么原因造成的? 过电流保护应如何整定?	47
24. 同步电动机转子在什么情况下会出现 过电压?	50
25. 什么原因可能引起同步电动机着火? 应怎样处理?	51
26. 引起同步电动机主回路跳闸的原因有哪些?	52
27. 同步电动机一旦发生事故停车, 应怎样 处理?	53
28. 同步电动机应装设哪些保护?	53
29. 电网电压变动对同步电动机的运行有什么 影响?	57
30. 三相电压不对称对同步电动机运行有什么 影响?	59
31. 同步电动机变频调速是怎么回事?	63
32. 频率变动对同步电动机运行有什么影响?	66
33. 同步电动机失磁后会出现什么现象?	69
34. 同步电动机振荡是怎么回事?	72
35. 什么是同步电动机的失步? 引起失步的 原因有哪些?	74
36. 同步电动机失步有什么危害? 应采用什么	

保护措施?	76
37. 什么是同步电动机的自动再整步?	81
38. 同步电动机能作为发电机运行吗?	83
39. 同步电动机定子绕组接地是什么原因 造成的?应如何检修?	85
40. 同步电动机定子绕组短路故障产生的原因 是什么?应如何检修?	89
41. 同步电动机定子绕组断路故障的原因 是什么?应如何检修?	94
42. 什么原因引起转子接地?应如何检修?	97
43. 阻尼绕组常发生哪些故障?应怎样修复?	99
44. 同步电动机励磁绕组匝间短路是怎样 形成的?应如何检修?	101
45. 同步电动机集电环击穿的原因是什么? 应如何检修?	104
46. 电刷和集电环异常磨损的原因是什么? 应怎样处理?	105
47. 在同步电动机运行过程中应如何更换电刷?	107
48. 同步电动机转轴断裂应如何修复?	108
49. 同步电动机轴承常发生哪些故障? 应如何检修?	110
50. 同步电动机定子铁心应如何修理?	114
51. 同步电动机转子铁心应如何修理?	115
52. 同步电动机大修时需要哪些工装设备 和仪表?	117
53. 同步电动机应如何拆卸和装配?	119
54. 同步电动机定、转子之间的气隙应	

如何调整?	122
55. 同步电动机大修后需进行哪些试验项目?	125
56. 同步电动机定期维修的主要内容和方法 有哪些?	125
57. 同步电动机最初起动电流和最初起动转矩 应如何测定?	130
58. 什么叫同步电动机的名义牵入转矩? 应如何测定?	133
59. 同步电动机的最大转矩应如何测定?	135
60. 怎样测量同步电动机的飞轮转矩 GD^2 ?	137
61. 往复式压缩机用同步电动机的飞轮转矩 如何选择?	138
62. 如何测定同步电动机的效率?	140
晶闸管励磁系统	145
63. 同步电动机对励磁系统有什么要求?	145
64. 同步电动机有哪几种励磁方式?	146
65. 晶闸管励磁系统由哪些环节组成? 原理如何?	150
66. 如何选择励磁主回路的晶闸管元件?	151
67. 三相晶闸管整流电路与同步变压器和触发 脉冲环节不同步是怎么回事?应怎样处理?	153
68. 在调试励磁装置时, 主回路晶闸管击穿及 快速熔断器报警是怎么回事?	155
69. 为什么励磁装置转换开关置于“调定”位置, 励磁电位器置于零位时, 就有励磁电压和 电流输出, 而调节励磁电位器基本上无变化?	158
70. 同步电动机起动到亚同步转速, 励磁不能	

投入的原因是什么? 应如何处理?	160
71. 同步电动机起动时过早投励会有什么现象?	
应如何处理?	163
72. 为什么合上励磁系统的电源, 还未起动同步电动机时, 励磁即自行投入?	164
73. 投励环节应如何调整?	165
74. 同步电动机降压异步起动时, 投全压时间应如何整定?	169
75. 为什么同步电动机在起动瞬间, 励磁装置主回路有晶闸管击穿和快速熔断器熔断报警?	169
76. 同步电动机运行过程中, 灭磁电阻 R_{fd} 异常发热的原因是什么? 应如何检修?	171
77. 应该怎样调整灭磁环节?	172
78. 强励有什么作用? 投强励动作后应注意什么?	175
79. 交流电网电压降至80%时, 强励环节仍不工作是什么原因?	177
80. 同步电动机运行中, 励磁电压不稳, 随其它负荷的起动而摆动, 这是什么原因?	178
81. 为什么调节励磁电位器在约1/4阻值时, 输出电压即已达最大值; 或运行中励磁电位器未调节时, 励磁电压突然上升到电压表的满刻度值?	179
82. 为什么调节励磁电位器装置无励磁电压输出, 或运行中励磁电压突然消失?	181
83. 移相环节对励磁装置外特性有什么影响?	183
84. 同步电动机投励后, 励磁电位器手柄放在正常位置, 励磁电流比正常值小得多, 而定子电流升高很多, 这是为什么?	188

85. 同步电动机运行中励磁电流、电压突然下降, 停机调节励磁电位器时, 励磁电流、电压可以调上去, 但励磁电流偏低, 为什么?	190
86. 高温季节同步电动机正常起动后, 运行数小时后励磁电流下降, 而必须依靠调高励磁电压维持运行, 这是什么原因?	191
87. 励磁装置绝缘不良会引起什么现象?	192
88. 同步电动机在运行过程中, 励磁电压和励磁电流全无指示是什么原因?	193
89. 调整励磁装置时, 只有励磁电压, 而无励磁电流指示是怎么回事?	193
90. 调整励磁装置时, 只有励磁电流, 而无励磁电压指示是怎么回事?	194
91. 如何根据励磁电流和电压的指示变化, 迅速判断出励磁装置的故障?	195
92. 检修励磁装置常用哪些方法? 常用的仪器设备有哪些?	199
其它同步电动机	204
93. 无刷励磁同步电动机有什么优缺点?	204
94. 罩极式同步电动机有什么特点? 工作原理如何?	206
95. 永磁式同步电动机有什么特点?	208
96. 使用和维护永磁式同步电动机应注意哪些问题?	211
97. 反应式同步电动机的结构特点是什么? 它是如何工作的?	212
98. 什么是磁滞同步电动机?	214
99. 同步异步电动机有什么用途? 其特点是什么?	218

同步电动机

1. 工矿企业中为什么要采用同步电动机？

同步电动机是一种把电能转换成机械能的定、转子双边励磁的交流电动机。与异步电动机比较,同步电动机的优点是:

1) 功率因数高。同步电动机不但本身具有良好的功率因数,还可以通过调节转子励磁电流,在超前的功率因数下运行,向电网馈送感性无功功率,从而有利于提高电网的功率因数。异步电动机的功率因数总是滞后的,且在轻载时功率因数很低。

2) 运行稳定性高。同步电动机在超前功率因数下运行时,其过载能力比相应的异步电动机大。如果同步电动机的励磁电流不受电网电压的影响,其转矩与电网电压成正比,而异步电动机的转矩与电网电压的平方成正比。当电网电压下降到额定值的80%或85%时,同步电动机的励磁系统一般都能自动调节实行强励磁,以保证运行的稳定性。

3) 运行效率高。异步电动机因功率因数低,因此效率也低。而同容量或同极数的同步电动机则效率较高,尤其是低速同步电动机,这一优点更为突出。

4) 转速不随负载变化。同步电动机在正常运行过程中,只要定子电源频率一定,其转速是不随负载的大小而改变的。负载的变动只使其功角(定、转子磁场轴线夹角)发生变化。异步电动机的转速是随负载的大小而变化的。

同步电动机的缺点是:

1) 起动过程比较复杂;

- 2) 需要两种电源;
- 3) 结构复杂, 造价较高;
- 4) 维护保养技术要求较高。

同步电动机的这些优、缺点, 都是由于它采用双边励磁(定子施加交流电, 转子施加直流电)所决定的。

由于同步电动机和异步电动机各有自己的优缺点, 因此, 在选用时要综合分析负载所要求的特性和电动机的特性、可靠性、维护保养的难易程度、设备费、运行费及负载条件等, 然后决定采用异步电动机还是同步电动机。一般来说, 在拖动低速大功率的恒速负载时, 采用同步电动机更为合适。这是因为大功率同步电动机与同容量异步电动机相比其功率因数较高, 在运行时, 不仅不会使电网的功率因数降低, 相反地, 还可提高电网的功率因数。这一点是异步电动机做不到的。其次, 大功率低速的同步电动机比异步电动机的体积小、效率高。因此, 在工矿企业中同步电动机主要用于拖动空气压缩机、鼓风机、水泵、球磨机及连续式轧钢机等大型恒速运转的机械, 其功率多在200kW以上, 转速为100~1500r/min。

随着我国工业的迅速发展, 工矿企业中大量使用异步电动机, 致使整个电网的功率因数降低, 线路损耗增加, 电厂的发电设备能力不能充分发挥。因此, 电力部门加强了对工厂用电的管理, 规定了工厂的功率因数不得低于0.85~0.9。用同步电动机代替异步电动机, 除了作为生产机械的拖动设备外, 还可以向电网输送无功功率, 改善工厂和电网的功率因数, 提高了电能的利用率。

2. 同步电动机是根据什么原理工作的?

当同步电动机定子绕组通入三相交流电流, 转子励磁绕

组通入直流电流后，同步电动机转子就会旋转起来（先不考虑它的起动）。那么同步电动机通电后为什么会旋转呢？同步是指什么呢？

让我们先来看一个实验，如图2-1所示。在一个马蹄形永久磁铁3上安装摇把1，并用轴承2支撑起来，使之能够用手摇转。然后，再把一块小条形永久磁铁4装在小轴6上，并使轴6能在轴承5内自由旋转。

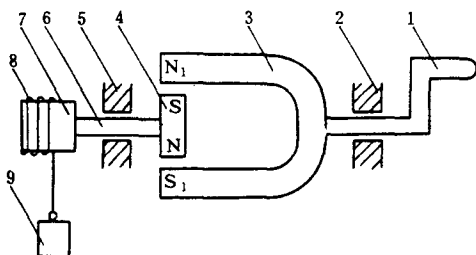


图 2-1 同步电动机原理演示图

- 1—摇把；2—轴承；3—马蹄形永久磁铁；4—条形磁铁；5—轴承；
6—轴；7—滑轮；8—绳子；9—砝码

显然，由于异性磁极之间的相互吸引作用，条形磁铁4上的N极会自动地对准并拉住马蹄形磁铁3上的S₁极，S极对准并拉住N₁极。条形磁铁上的N极所受马蹄形磁铁S₁极的磁拉力与另一对极的磁拉力恰好大小相等，方向相反，从而使条形磁铁处于平衡状态，如图2-2(a)所示。

假如把马蹄形磁铁3卡住不动，而在小轴6的另一端套上一个滑轮7，再用绳子8系吊一砝码9，那么就会发现条形磁铁N极、S极不再对准马蹄形磁铁S₁极、N₁极了，而是要扭过一定的角度 δ 。在一定的吸力范围内，砝码越重， δ 角便越大。这是因为吊上砝码后，条形磁铁失去平衡，在砝

码产生的重力作用下发生扭转，扭转角 δ 开始逐渐增大，直到作用在条形磁铁 N 极、S 极上的一对磁拉力，由于 δ 角出现所产生的切向分力构成的力矩，和砝码产生的重力矩相平衡为止。条形磁铁的受力情况，如图 2-2 (b) 所示。

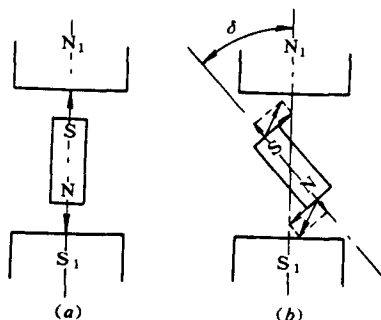


图 2-2 条形磁铁的受力情况

当条形磁铁与砝码达到上述平衡状态后，如果再通过摇把转动马蹄形磁铁，那么，条形磁铁在磁拉力的吸引下也随之转动。马蹄形磁铁旋转多快，条形磁铁也会跟着旋转多快，只是 N、S 极始终比 S_1 、 N_1 极落后一个 δ 角。与

此同时，通过滑轮挂在小轴上的砝码也随之被提升起来。

尽管这个实验所演示的并不是真实的电动机，而是一种借助磁拉力作为传递旋转运动的“手动机”，但是我们从中得到启示，要是能用电的方法产生一种旋转的磁极（或磁场），来代替马蹄形永久磁铁，那么，处于这种磁场作用下的条形磁铁同样也会随着旋转起来。实际上，同步电动机正是按照这样的原理制造出来的。

下面我们以三相两极同步电动机为例，来解释旋转磁场是怎样形成的。如图 2-3 (a) 所示，在同步电动机定子铁心槽内按一定规律嵌有三相绕组 U_1-U_2 、 V_1-V_2 、 W_1-W_2 （图中以一匝线圈表示一相绕组），它们在空间位置上互相间隔 120° ，其尾端 U_2 、 V_2 、 W_2 连接在一起，构成星形接法。如果在三相绕组中分别通以三相对称交流电流 i_U 、 i_V 、 i_W ，并规定各

相电流的正方向是从首端流入，以 $\otimes$ 表示；由尾端流出，以 $\odot$ 表示。设三相交流电流为

$$i_U = I_m \sin \omega t$$

$$i_V = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_W = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

则三相交流电流随时间变化的波形如图2-3(b)所示。我们

依次观察 $t = 0, \frac{T}{6}, \frac{T}{3}, \frac{T}{2}, \frac{2T}{3}, \frac{5T}{6}, T \left(T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \right)$,

这7个瞬时的定子磁场情况。每个瞬时各槽内绕组中电流的实际方向标在三相绕组中，电流以首进尾出为正，用右手螺旋定则判定出每个瞬时的三相合成磁场方向，如图2-3(c)所示。我们可以发现该磁场有如下特点：

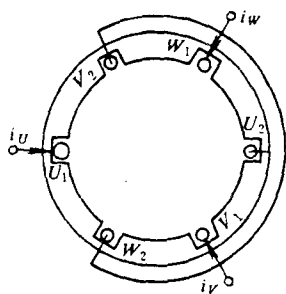
1) 这种磁场是二极的，即极对数 p 等于1；

2) 这种磁场是旋转的。时间上每经过 $\frac{T}{6}$ s，即 ωt 每改变 60° 时间角，磁场分布位置也转过 60° 空间角。电流交变一个周期，磁极 N_1-S_1 在空间上转过 360° ，所以旋转磁场的转速为

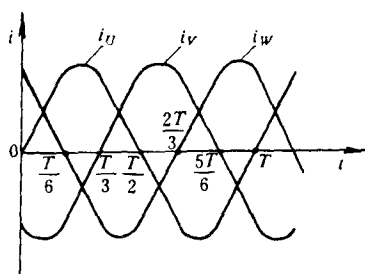
$$n_1 = \frac{1}{T} \times 60 = 60 f$$

由此可知，若交流电的频率为50Hz，对于极对数 $p=1$ 的三相同步电动机，定子旋转磁场的转速为 $n_1 = 60 \times 50 = 3000$ (r/min)。

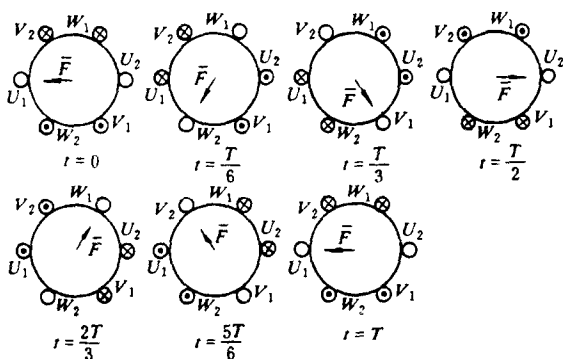
如果把定子铁心的槽数增加一倍，即由6个槽增加到12个槽，并使三相绕组的线圈分布多重重复一次，就成为如图2-4所示的四极三相定子绕组。图中 U 相由 $1U_1-1U_2$ 和 $2U_1-2U_2$ 两个线圈串联构成； V 相和 W 相则分别由 $1V_1-1V_2$ 和 $2V_1-2V_2$ ，



(a)



(b)



(c)

图 2-3 定子旋转磁场的形成

1 W_1 -1 W_2 和2 W_1 -2 W_2 串联构成。这时若给三相绕组通入三相对称交流电流，用前面同样的方法观察几个瞬时的磁场变化情况，可以发现，此时的定子磁场为四极的，即极对数 $p=2$ ；在时间上每经过 $\frac{T}{6}$ s，既 ωt 每改变 60° 时间角，磁场只转过 30° 空间角，电流交变一个周期，磁极 N_1 - S_1 只转过 180° 空间角。于是，定子磁场转速就变为