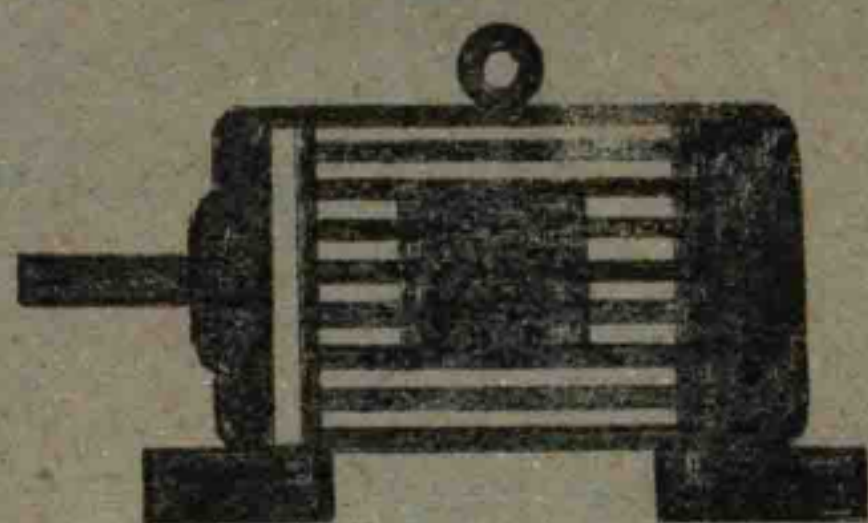


三相异步电动机的修理

许萃群编



常州市工人文化宫科技短训班

三相异步电动机的修理

目 录

第一章	三相异步电动机的故障及其处理方法	1
第一节	三相异步电动机的常见故障及其处理方法	1
第二节	怎样推断电动机故障的原因	6
第二章	电动机的修理工艺	15
第一节	电动机的修理工艺程序	15
第二节	电动机的拆卸	16
第三节	电动机的检查	21
第四节	定子绕组的修理	43
第五节	转子绕组的修理	89
第六节	转子校静平衡与动平衡	105
第七节	三相铝线异步电动机的焊接	118
第八节	绕组的浸漆与烘干	124
第九节	滑环和刷握的修理	151
第十节	机械部分的修理	152
第十一节	三相异步电动机修理后的组装	158

TM 343 / 1

第三章 电动机修理后的试验 -----163

第一节 试验项目与试验前准备工作 -----163

第二节 试验方法 -----164

第三节 试验结果的分析 -----214

第四章 三相异步电动机定子绕组的简易重绕计算 -----217

第一节 绕组型式和节距的选择 -----217

第二节 有铭牌、无绕组的简易重绕计算 -----219

第三节 无铭牌无绕组的简易重绕计算 -----229

第五章 三相异步电动机的改造简易计算 -----234

第一节 以铝代铜的绕组 -----234

第二节 改变电压 -----235

第三节 不同直径导线的代用 -----239

第四节 改变极数的简易计算 -----241

第五节 单速电动机改绕成多速电动机
的简易计算 -----257

第一章 三相异步电动机的故障及其处理方法

三相异步电动机的故障一般可分为电气和机械两部分。电气方面故障包括各种类型的开关、按钮、熔断器、电刷、定子绕组、转子绕组及起动设备等；机械方面故障包括轴承、风叶、机壳、联轴器、端盖、轴承盖、转轴等。

当电动机发生故障时，应仔细观察所发生的现象，如转速快慢程度、温度变化、是否有不正常响声和剧烈振动、开关和电动机绕组内是否有串火冒烟及焦臭味等，具体诊断故障的方法见后节。根据故障现象分析原因迅速作出判断找出故障。

第一节 三相异步电动机常见的故障及其处理方法

三相异步电动机常见的故障及其处理方法如下：

(1) 不能起动：不能起动的原因及处理方法如下：

(a) 电源未接通——检查开关、熔丝、各对触点及电动机引线，将故障处查出修理。

(b) 定子或转子绕组断路、定子绕组相间短路、定子绕组通地、定子绕组接线错误。处理方法见后节。

(c) 熔丝烧断——查出烧断原因，排除故障，然后按电动机规格配上新熔丝。

(d) 绕线式转子电动机起动误操作——检查滑环短路装置及起动变阻器的位置。起动时应分开短路装置，串接变阻器。

(e) 过电流继电器调得太小——适当调高。

(f) 老式起动开关油杯缺油——加新油至油面线。

(g) 负载过大或传动机被卡住——选择较大容量电动机或减

轻负载，如传动机器被轧住，应检查机器，消除障碍。

(h) 控制设备接线错误——校正接线。

[2] 电动机带负载运行时转速低于额定值。其原因及处理方法如下：

(a) 电源电压过低——用电压表、万用表检查电动机输入端电源电压。

(b) 鼠笼转子断条——见后节。

(c) 绕组式转子一相断路——用校验灯、万用表检查断路处，排除故障。

(d) 绕组式转子电动机起动变阻器接触不良——修理变阻器接触点。

(e) 电刷与滑环接触不良——调整电刷压力及改善电刷与滑环接触面。

(f) 负载过大——选择较大容量电动机或减轻负载。

(g) 应该接成 Δ 接线的电动机，接成了Y接线，因此电动机能空载起动，却不能满载起动。——按正确的接线法改正接线。

[3] 电动机空载或负载时电流表指针来回摆动，其原因及处理方法如下：

(a) 绕组式转子电动机一相电刷接触不良——调整电刷压力及改善电刷与滑环接触面。

(b) 绕组式转子电动机的滑环短路装置接触不良——修理或更换短路装置。

(c) 鼠笼转子断条——见后节。

(d) 绕组式转子一相断路——用校验灯、万用表检查断路处，排除故障。

[4] 接地失灵，电机外壳带电。其原因及处理方法如下：

(a) 电源线与接地线搞错——纠正接线。

(b) 电动机绕组受潮、绝缘老化或引出线与接线盒碰壳。——

——电动机绕组干燥处理，绝缘严重老化的要更换绕组，整理接地线。

[5] 电动机运转时声音不正常。其原因及处理方法如下：

(a) 定子与转子相擦——锉去定转子硅钢片突出部分，轴承如有走外圆或走内圆，可采取镶套办法，或更换端盖，或更换转轴。

(b) 电动机二相运转有嗡嗡声——检查熔丝及开关接触点，排除故障。

(c) 转子风叶碰壳——校正风叶，旋紧螺丝。

(d) 转子擦绝缘纸——修剪绝缘纸。

(e) 轴承严重缺油——清洗轴承加新油，润滑油的容量不宜超过轴内容积的70%；正确参用润滑脂。

(f) 轴承损坏——更换轴承。

[6] 电动机振动。其可能原因及处理方法如下：

(a) 转子不平衡——校动平衡。

(b) 皮带轮不平衡——校静平衡。

(c) 皮带盘轴孔偏心——车正或镶套。

(d) 轴头弯曲——校直或更换转轴。弯曲不严重时，可车去1~2毫米，然后配上套筒（热套）。

(e) 电动机的地基不平，电动机安装不好——检查地基情况，及电动机安装情况。

(f) 滑动轴承的电机轴颈与轴承的间隙过小或过大——检查滑动轴承情况。

(g) 滚动轴承在轴上装配不良或滚动轴承本身的缺陷——检查滚动轴承的装配情况或换以良好的轴承。

(h) 转子铁心变形或轴弯曲——拆开电动机，将转子在车床上用千分表找正。

(i) 定子绕组有局部短路或接地故障，这时三相电流也不均

衡——处理方法见后节。

(j) 绕线式转子绕组有局部短路故障——处理方法见后节。

(k) 定子铁心硅钢片压得不紧——重新压紧后用电焊点焊数处。

(l) 定子铁心外径与机座内径之间的配合不够紧密。

[7] 轴承过热可能的原因和处理方法如下：

(a) 轴承损坏——更换轴承。

(b) 轴承与轴配合过松（走内圆）或过紧——过松时轴镶套，如镶套有困难则轴外圆加电焊后重新加工；过紧时重新加工到标准尺寸。

(c) 轴承与端盖配合过松（走外圆）或过紧。——过松时端盖镶套；过紧时重新加工到标准尺寸。

(d) 滑动轴承油杯轧煞或转动过慢——查明轧煞处，修好或更换油杯。油质太厚时应更换较薄的润滑油。

(e) 润滑油过多、过少或油质不好——加油或换油，润滑脂的容量不宜超过轴承内容积的70%，润滑脂应适当选用。

(f) 皮带过紧或联轴器装得不好——调整皮带张力，校正联轴器传动装置。

(g) 电动机两侧端盖或轴承盖未装平——将端盖或轴承止口装进装平，旋紧螺丝。

[8] 电动机温升过高或冒烟，可能的原因及处理方法如下：

(a) 负载过大——选择较大容量的电动机或减轻负载；

(b) 两相运转——检查熔丝、开关接触点，排除故障；

(c) 电动机风道阻塞——清除风道油垢及灰尘。

(d) 环境温度增高——采取降温措施。

(e) 定子绕组匝间或相间短路——见后节。

(f) 定子绕组通地——见后节。

(g) 电源电压过低或过高——用电压表、万用表检查电动机

输入端电源电压

(h) 鼠笼式两极电动机在起动时由于起动时间较长，起动电流较大，转子中感应电动势较高，因而产生微小的火花，起动完毕后火花也就消失。

(9) 电动机空载或加负载时三相电流不平衡，其可能原因及处理方法如下：

(a) 三相电压不平衡——用电压表测量电源电压。

(b) 定子绕组有部分线圈短路，同时线圈局部过热——可用电压表测量三相电流或用手检查过热的线圈。

(c) 重换定子绕组后，部分线圈匝数有错误——可用双臂电桥测量各相绕组的直流电阻。

(d) 重换定子绕组后，部分线圈之间的接线错误——应按正确的接线法改正接线。

[10] 电动机有局部过热，可能的原因及处理方法如下。

(a) 定子铁心部分硅钢片之间绝缘漆不良或毛刺——拆开电动机检修定子铁心。

(b) 由于转子在运转时和定子相摩擦致使定子局部过热——拆开电动机，抽出转子检查铁心是否变形，轴是否弯曲，端盖的止口是否过松，轴承是否磨损。

(c) 定子绕组有短路或接地——拆开电动机，抽出转子，用双臂电桥测量各相线圈或各元件的直流电阻，或用兆欧表测量对机壳的绝缘电阻，局部或全部更换线圈。

(d) 重换线圈后的电动机由于接线错误或绕制线圈时匝数错误——按正确图纸检查和改正。

(e) 在运转中的三相电动机一相断路，如电源断一相或电动机绕组断一相——分别检查二相电源电压和电机绕组。

(f) 绕线式转子绕组的焊接点脱焊，因而转子过热，且转速和转矩也显著降低——仔细检查各焊接点，将脱焊点重焊。

[11] 电刷冒火，滑环过热或烧坏。可能的原因及其处理方法：

(a) 电刷的牌子或尺寸不符——按电动机制造厂的规定更换电刷。

(b) 电刷的压力不足或过大——调整电刷的压力。

(c) 电刷与滑环的接触面磨得不好——仔细研磨电刷。

(d) 滑环表面不平，不圆或不清洁——修理滑环。

(e) 电刷的质量不好或总面积不够——换以质量好的电刷——换以质量良好的电刷，必要时可以增加电刷的数量或换以截面积较大的刷握和电刷。

[12] 电动机修理后，但未更换线圈，空载损耗变大。可能的原因和处理方法如下：

(a) 滚动轴承的装配不良，润滑脂的牌子不适合或装得过多——检查滚动轴承的情况。

(b) 滑动轴承与转轴间的摩擦阻力过大——应检查轴颈和轴承的表面光洁度、间隙及润滑油的情况。

(c) 电动机的风扇或通风管道的故障——检查电动机的风扇或通风管道的情况。

第二节 怎样推断电动机故障的原因

在上节中罗列了故障的现象和可能发生的原因，很明显电动机发生故障，可以有各种病源，要确定发热的原因何在，就必须将许多原因加以分析，找出病缘。

要确定电动机的故障，并不简单。有许多故障的一般现象相同，很易混淆，非详加分析，无从区别。要确定究竟是那一种原因，作进一步了解其他各种现象和熟悉其故障的各种区别不可。纵然熟悉各种故障的区别，假使观察现象不够仔细，也还不易找

出确实的原因。寻找故障最有效的办法，便是从所有故障现象和电动机的构造，应用基本理论和熟悉现象，予以逐步分析和推断，必要时再进一步观察其他的现象。最后总可找出故障所在。至于坏了的电动机，在损坏以前的现象，已不可完全追寻，只可以损坏后的现象去寻找损坏的原因，更作详加分析，仔细推断不可。至于怎样去分析推断呢？下面介绍分析一种故障的步骤：

①先尽可能的明了这一电动机的规格和构造。旧的还要明了过去的使用情况。

②仔细观察所有现象，如电压、电流、声响、振动情形，以及有无焦臭气味及发热出烟等。

③利用基本理论和熟悉的现象，先假定所有可能的原因，再逐步分析淘汰；或从比较异常的现象，追求原因，便可寻出故障所在。

④最初查出的故障现象和电动机的构造或许不够，可在初步分析后，再予观察和查考。

例如一只三相鼠笼式异步电动机，空载运转时三相电流不平衡，便可有许多原因：①电源电压不平衡；②定子与转子间磁路不均匀；③相与相间短路；④一相内线圈间短路；⑤一线圈内线与线间短路；⑥每相每极的线圈组接错；⑦每极每相线圈组内部分线圈接错（这种错误大多发生在每极每相的线圈不连成在一起的形势下）；⑧双路或多路并联时，有一路断路；⑨ Δ 联接时有一相断路等。

如果有一只旧的电动机，过去运转情形正常，它是6极 Δ 联接，Y- Δ 开关起动，绕组是双路并联（这应当在平常检修时查明记出，假若没有查过，也不必先将电动机拆开去查）。现在空载时三相电流大小相差20%以上，电流电压相差1%，无响声，亦不发热出烟。从基本理论和普通经验可断定：电流不平衡不是由于电压不平衡或磁路的不平均，因为这两种原因不致使电

流相差过多的，也不是有短路故障，因为嗡之叫声和发热出烟是短路的必有现象。又因为这是一只旧电动机，过去运转情形正常，不可能有接错情形。分析到这里，初步观察的现象已不能再行分析了，须进一步观察电动机的空载运转现象，经查出三相电流中两小一大，振动较平常剧烈。从前面分析的结果，已知可能的故障只有断路。如果绕组一相断路如图 1 X 处，从基本理论可以知道 I_B 大于 I_A 及 I_C ，但一相内所有磁极的位置是对称的，一相整个断电，转子所受其他两相的转矩仍是平衡的。电动机的振动所以加剧，是由于转子所受转矩不平衡，因此可推断不是整相断路，可能是双路绕组中部分断路。再看图 1，CA 相绕组如在 Y 处断路，三相电流也是两小一大，并且转子所受转矩不平衡。图 2 是这一只电动机绕组的联接图，只画出 II 相的联接线，这一相的 6 组线圈在对称位置，如果左面的一路断路，转子只受到一边的转矩，因此而振动。从上面分析结果，可确定这一电动机的故障是双路绕组中有一路断路。要证明分析结果是否准确，可量这一电动机的各相电阻（各相分开量，不要连成 Y 或 Δ 否则不易直接看出故障），有故障的一相电阻比其他两相高出一倍。

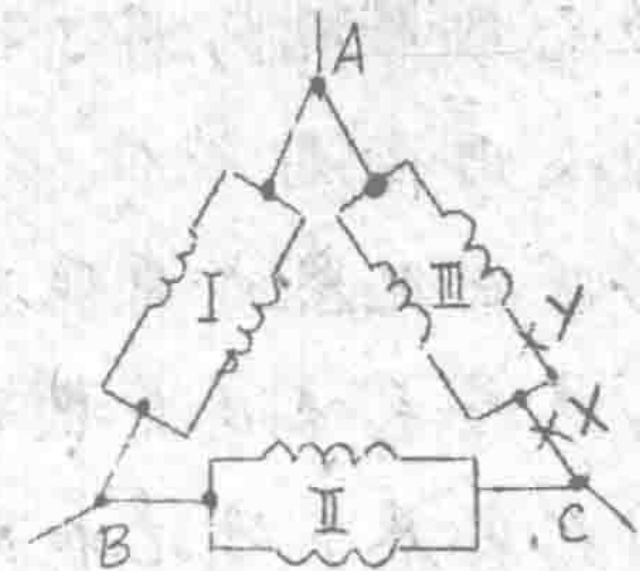


图 1 三相绕组中 CA 相在 X 处断线，电流两相小，一相大

从上例看来，这种方法应用起来好象很麻烦，实际上在初步分析时，所有可能的障碍不需要分得过份仔细，只需分成几类，确定某一类后再详细分析。例如上例 3~9 的障碍先分成短路、断路、接错三类，分

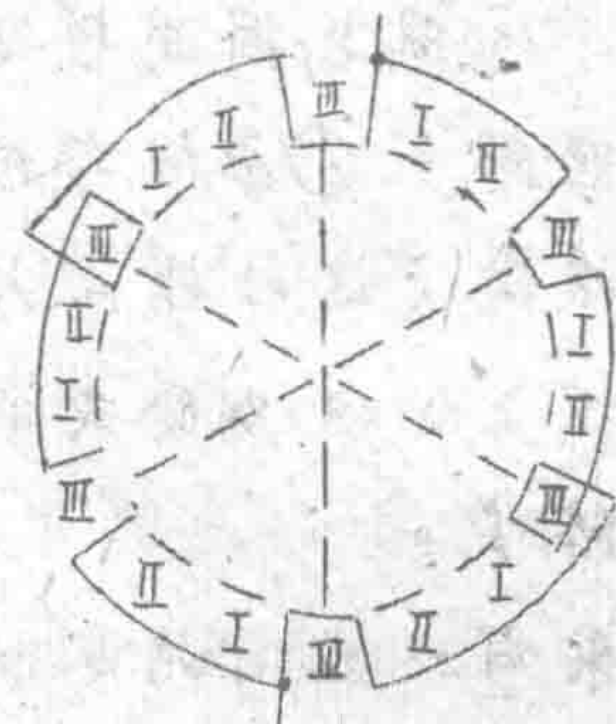


图 2 电动机绕组的联接图，一相的六绕组在对称位置上

析时便简单得多了。再个5瓦实例，来证明这一方法可靠而并不麻烦。

例：有一台20千瓦双鼠笼式电动机，用一时期后，重载不能起动，负荷减轻后方可起动，但负荷运转情形尚正常。

〔分析〕电动机用一时期后，重载不能起动，可能由于下列情形：(1)负荷突然增加；(2)转子和定子相擦；(3)转子振坏。由于负荷增加而不能起动时，运转时要因过载而发热。转子和定子相擦时，轻则发热，重则出烟。现在运转情形正常，可断定不是这两种原因。从基本理论知道双鼠笼转子的内外两层导体作用不同，起动时以外层导线为主，运转时以内层导线为主，外层损坏时（导线断裂，或焊接时局部氧化），起动力减小，内层损坏时，转差率及电流均增加，甚至不能荷重。根据起动困难运转尚正常的现象，可断定是由于外层导体有部分断裂。分析的结果是不是可靠呢？还可利用下面方法加以证实。

一、久好的鼠笼式转子，定子通入低压电（约为额定电压的10%左右），用手拨转子以极慢转速转动时，定子电流稳定不变。如果转子导体有部分断裂，转子各部分的电流不平衡，转动极慢时，定子三相电流便循环大小变动。电流的变化超过5%时，起动便可能困难（5%以内的变动，可能由于转子偏心，转子部分槽口未开出，以及各部分阻抗稍不平衡，尚无妨碍）。根据这一方法，便可查出转子是否损坏。

例：新修绕线转子式异步电动机，转子是波形绕组联接，初次试验时，量出滑环间的电压分别是173、100、100伏，转子开路时的定子三相电流，无明显的不平衡现象。

〔分析〕转子电压不平衡，可能由于定子或转子的短路断路接错等。由于定子的故障三相电流要相差很大；由于转子短路，转子开路时定子电流也要显著的不平衡；由于转子断路，只可量得一个电压值，这些都与上述现象不符。可确定故障是由于转子

绕组接错。接错情形有好多种，要确定是那一种，假若仍用以前的方法，将各种可能情形一一举出，再行分析淘汰，便觉麻烦了。比较简单的方法，是从故障的主要现象倒推上去。先画出转子三相电压向量图，如图3所示。

$$V_{AB} = 173 \text{ 伏}, V_{BC} = 100 \text{ 伏}$$

$$V_{CA} = 100 \text{ 伏}。$$

从上面的数字看来， V_{AB} 是线电压， V_{BC} 及 V_{CA} 是相电压，只有 $V_{OC} = 0$ 的情况下，才可能有上述关系，即 $V_{OA} = V_{OB} = 100 \text{ 伏}$ ， $V_{OC} = 0$ 。从波形绕组

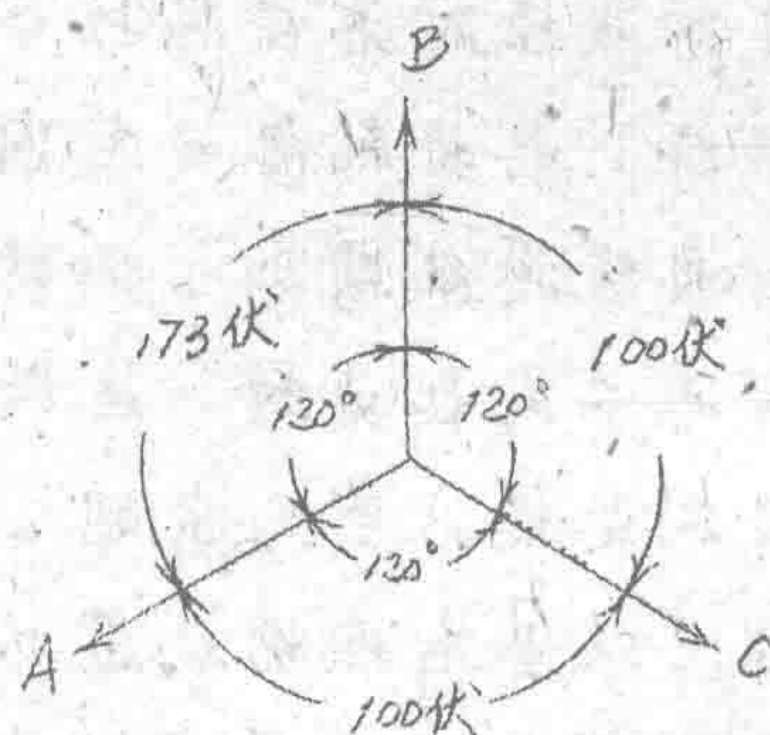


图3 转子电压的向量图

组的构造，知道每一相绕组通常是两组导线数相等的绕组串联而成，假若串联的线接反了，这一相的两组绕组的感应电压因为大小相等方向相反，它们的和是零（见图4）。因此可断定转子电压不平衡，是由于一相的两相绕组接反，要证明分析的结果是否准确，还可利用一只电压表去量这一相的电压，量出结果应当是每一段各等于50伏，但它们的和是零。

例 有一台40千瓦8极电动机，从220伏Y接法60赫，8路并联，改成4路并联Y接，用于380伏50赫电源，改后空载运转时电动机剧烈振动，有噪声，但三相电流相差不大，走1小时后亦无发热出烟现象。

〔分析〕绕组短路，内部接错，如双路或多路绕组中部分断路，都使电动机转子所受转矩不平衡而振动加剧。短路要发热出烟，部分断路空载时几无噪音，因此这一只电动机

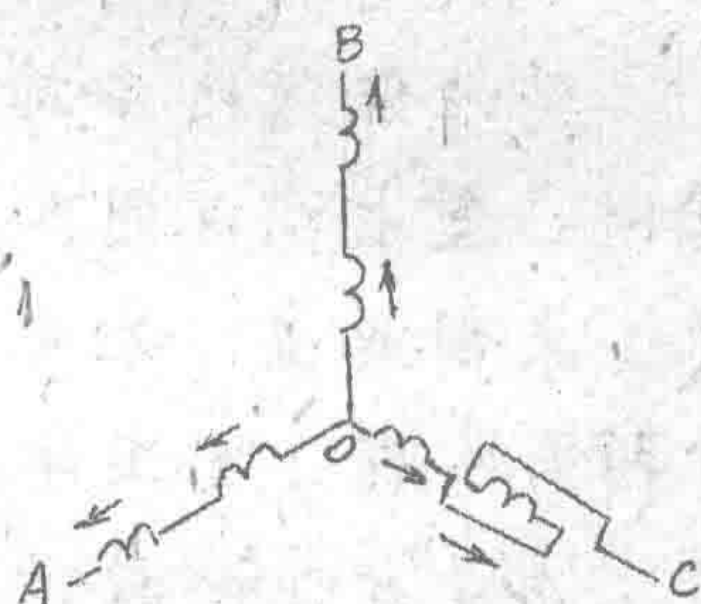


图4 转子OC相绕组的两部分接反， V_{OC} 因此为零

仅改变绕组的联接，线圈没有重换，只可有下例三种情形：(1)一相内的绕组接反，(2)一相的绕组接到另一相去，(3)各并联电路的绕组有多接少接情形。(1)、(2)两种情形，是子电流要增加很多，三相电流相差很大，和上述现象不符，可断定不是的。第(3)种原因使一相的一路电流增加一路减少，这一相电流总和的增加不显著，但转子所受转矩不平衡以致剧烈振动。这与上述现象符合，可断定这一台电动机的故障是一相各路绕组中的绕组有多接少接情形。分析结果是不是正确呢？拆开检查绕组的接线就可看出。(如图5所示)。

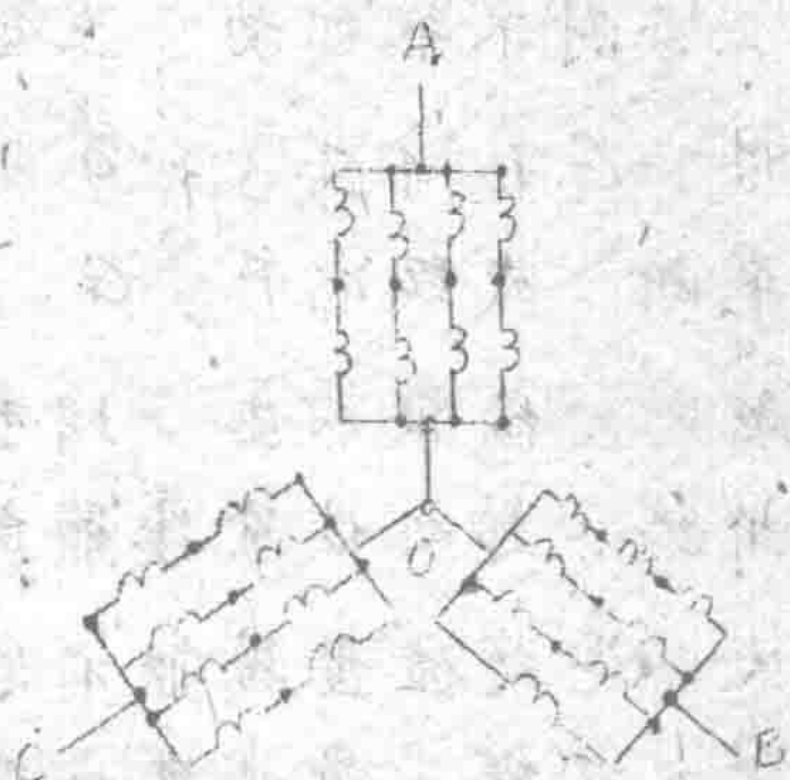


图5 OB绕组 一路有三组线圈，另一路只有一组线圈，OA及OC相每路均有两组线圈

例 有一台旧的40千瓦4极三相鼠笼式电动机，380伏77.7安， Δ 联接，用Y- Δ 开关起动，用一时期后，起动正常，负载运转1小时后即发热，但不出烟，是子三相电流为61.6、60、104.5安。

【分析】这是一台旧的电动机，只有短路和断路可使它的定子三相电流不平衡，空转1小时无出烟现象，可证明不是短路。再从三个电流数值看，61.6和60近于相等，而 $104.5 = \sqrt{3} \times 61.6$ ，即一相电流是其他两相的 $\sqrt{3}$ 倍。从基本理论知道，这是一相断路成为V形联接现象。(如图6所示)。因为每一相电流的满载值是 $77.7 / \sqrt{3} = 45$ 安，现在AB和CA两相的电流是60和61.6安，超过满载值，所以短时间内要发热。这一电动机是用Y- Δ 开关起动，起动情形正常，证明起动时不断路，否则不能起动(Y接法一相断路时便不能起动)。起动时一切正常，运转时一相断路，可断定障碍不在电动机内部，也不可能在线路上，一定在Y- Δ 开关内部，而且在这转侧。试看图7 Y- Δ 开关(鼓形)的接线

图，接到电源的 L_1 、 L_2 、 L_3 和接到电动机的 A_1 、 B_1 、 C_1 、 A_2 、 B_2 、 C_2 等处接触良好，并且在起动位置。铜片D、E、H、J和接头1、2、3、4、5、6、7、8、9、10的接触良好，而且无断线处，否则不能起动。在运转位置时，G和M及3和9的联接线中断，或铜片F、G、K、M和触头的接触不良，均可使一相断路。起动位置接触良好的触头，运转位置接触不好的情形很少可能。所以这一故障最可能发生的地方是F和3接触不良，或G、M及3、9的联接线中断。

例：新修20千瓦4极滑环式电动机一只，转子是迭绕组，双路Y联接，转子开路时，定子电流很大（通常和空载时的电流相近），转子能转动，转子短路后，一切情形正常。

〔分析〕 转子短路后，

一切情形正常，显示电动机在转子短路后没有任何故障，也表明定子没有故障，否则转子开路时有故障现象。转子短路后仍须存在，不因转子变更联接而消灭的。再谈转子开路时能够转动而且使定子电流增加的障碍，只有短路和接错两种。如转子绕组内部有短路现象，在转子外部被开路后也仍然存在的。因此可断定故障是转子绕

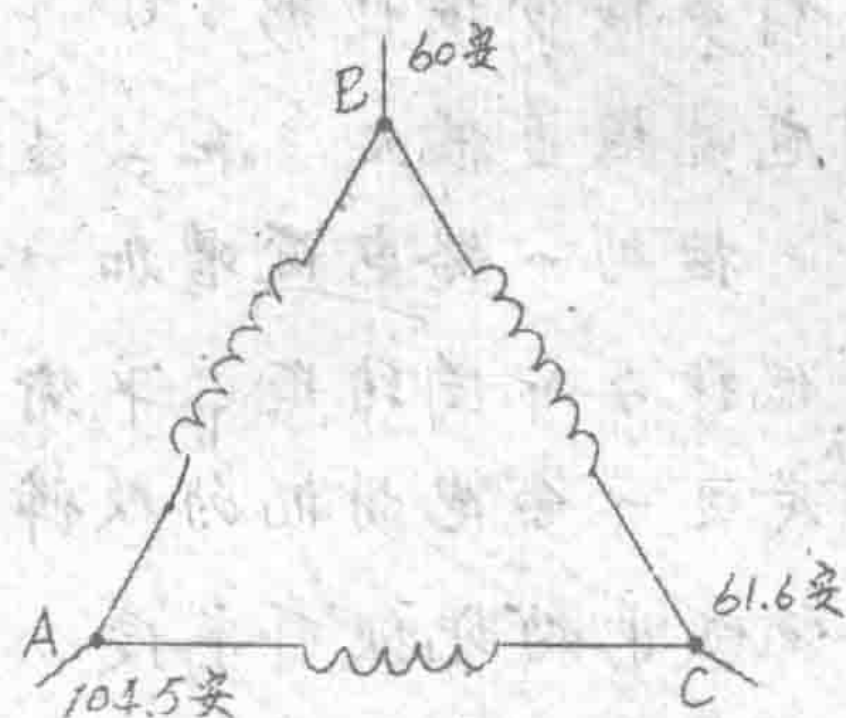


图6 定子一相绕组断路
三相电流不平衡

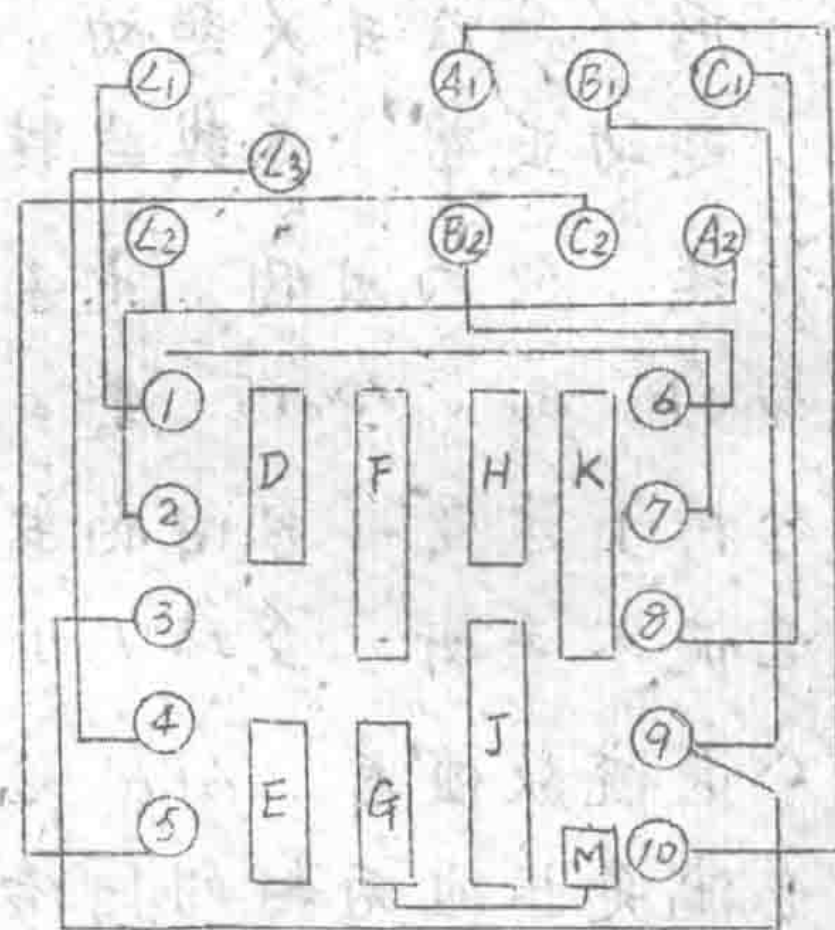


图7 Y-Δ开关接线图

组接错。究竟是那一种接错故障呢？为了使分析步骤简单化，可先看图8的转子绕组接线图。正当的接法应该是 A_1 和 A_2 、 B_1 和 B_2 以及 C_1 和 C_2 联接后接到滑环上。在修理时，很可能将 A_2 和 B_1 、 B_2 和 C_1 、 C_2 和 A_1 相联。外部断路时转子绕组内仍产生环流，使转子转动而且使定子电流增大。转子外部短路后， A_1 、

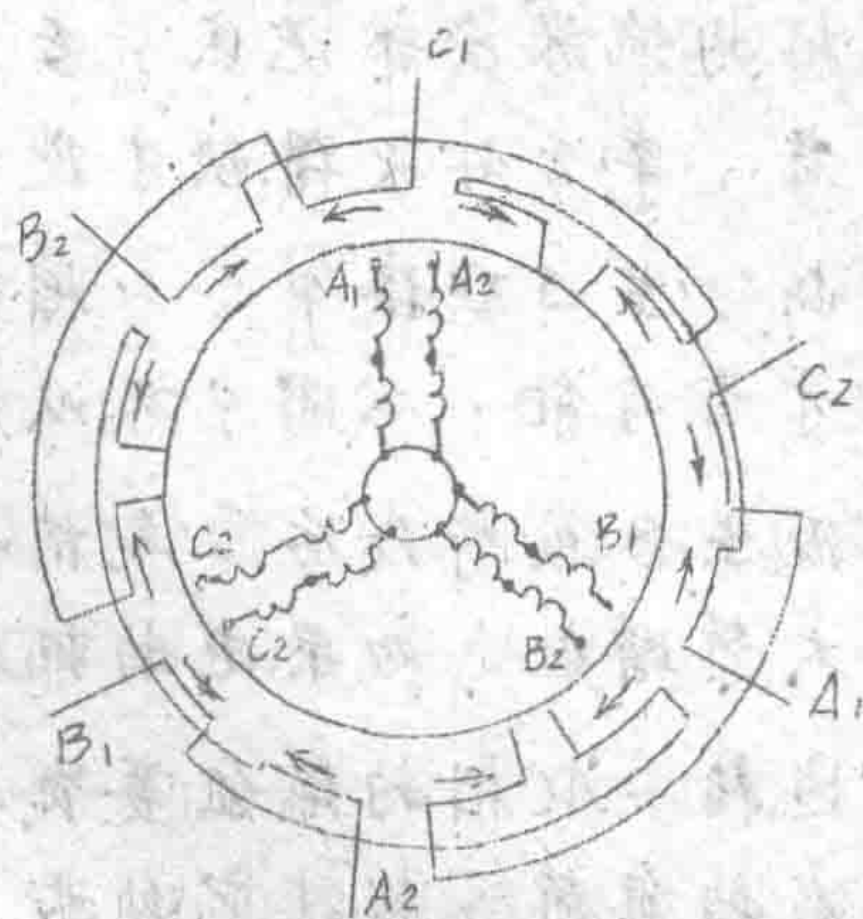


图8 转子绕组(双路Y联接)接线图

B_1 、 C_1 、 A_2 、 B_2 、 C_2 联在一起。接错的情形已不复存在，因此一切现象正常。除了上述接错情形外，是不是还有其他可能呢？可以肯定地说没有，因为其他的接错现象，如一相内的绕组接反，一相的绕组接到另一相去，以及一相各并联电路中绕组多接少接等，在转子短路后，故障现象仍然存在的。要证明分析结果是否准确，将转子实际的联接图查明画出，便可给你一个很清楚的答案。

例 有一台30千瓦双鼠笼电动机，380伏 Δ 联接，鼓形Y- Δ 开关起动，一切情形正常，停车后不久即出烟燃烧，立即将火扑灭，拆开检查绕组，一相线圈的绝缘完全烧焦，其他两相只有部分烧坏。

〔分析〕这一只电动机在停机后起火燃烧，由于外在的原因呢？还是由于内部的原因？如果由于内部原因没有电怎么能起火？停机后电从何来？这一连串的问题，不难从仔细分析后求得答案的。首先我们从绕组烧坏的情形来看，如果由于外在的原因而起火的，应当全部烧坏或三相各烧坏一部分。因为一相的绕组平均分布在定子四周，一相全部烧坏了，相邻两相的各线圈不可能

不同时烧毁，所以可以断定不是外来的原因。再从烧坏的情形来看，一相的绝缘全部烧焦，表示这一相首先发热起火，其他两相是受害者，幸亏扑灭得快才没有全部烧坏。我们现在先假定电源没有切断。在 Δ 联接中，一相绕组烧焦，只有在电源一相断线情形下，才有可能。从图9可以看出，电源在B点断线后，AC相的电流要大量增加，如果电动机仍在负载运转，AC相的绕组要负担三倍左右的负荷，超过它的最大出力（电动机的最大出力，通常在200%左右），因此拖不动而停下来。停后电流更大，这一相绕组便发热，而将绝缘烧焦，热至相当温度后起火。分析到这里，对于一相电源断线以致引起燃烧，

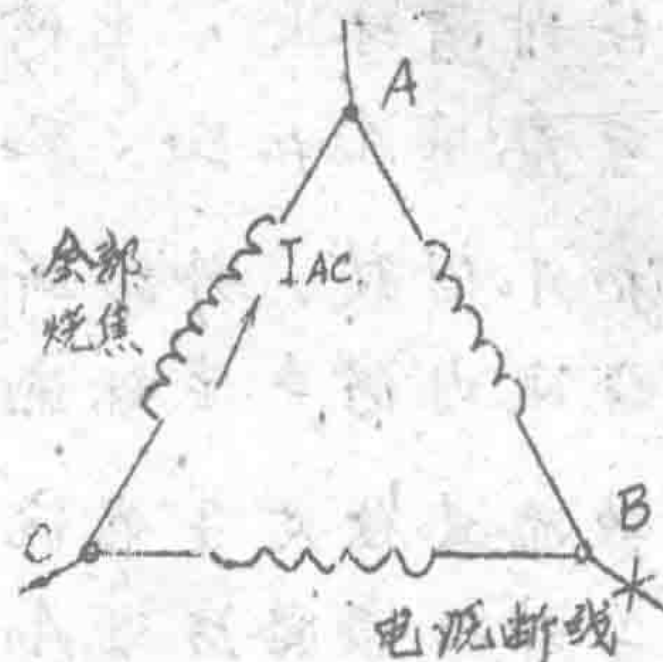


图9 电源一相断线，
绕组一相电流增大

已可确定。至于电从何来呢？有两种可能，第一是熔丝断了一根，电动机恰于放工时停止，而将Y- Δ 开关忘记拉到停止位置；第二是Y- Δ 开关设计和制造不好，在停止位置时，接触片和钢片的间隔太小，三相也不同时接触，开关可在运转和停止间的中间位置停顿，以致开关未拉到适当位置，电源仍有两相未切断。运转情形正常，熔丝无故断去一根是不大可能，恰巧在停工时断的可能性更少；因此可确定是第二种原因，检Y- Δ 开关即可证明。