

三相异步电动机 延边三角形起动法

上海五一电机厂 上海工农电器厂

上海人民出版社

00
43

三相异步电动机延边三角形起动法

上海五一电机厂 上海工农电器厂

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海东方红印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 1.375 字数 27,000

1971年1月第1版 1971年1月第1次印刷

书号: 15·4·79 定价: 0.09 元

毛主席语录

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

毛主席语录

备战、备荒、为人民。

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

在伟大领袖毛主席“**备战、备荒、为人民**”的伟大战略方针指引下,我们工人阶级发扬敢想敢干的革命精神,大搞技术革新和技术革命,在三相异步电动机上成功地应用了“延边三角形起动法”这一先进技术,为改变我国异步电动机起动方法上的落后面貌作出了贡献。

“延边三角形起动法”经过不少单位的实际使用,实践证明效果良好。为了迅速推广这一先进技术,我们整理编写了这本小册子,供广大电工和从事这项工作的同志们参考。希望通过技术革新的群众运动,使这一新生事物更加充实发展,提高到一个新的水平,更好地为社会主义建设服务。

编 者

1970 年 11 月

目 录

一、概况.....	1
二、原理.....	3
三、电动机接线、抽头的方式	8
四、旧电动机的改接.....	16
五、接线图.....	18
六、电气控制线路.....	37

一、概 况

三相鼠笼式异步电动机，是目前用得最多的一种动力设备。它具有结构简单，坚固耐用，使用、维护方便等优点。但是，三相鼠笼式异步电动机的起动电流很大，约为额定电流的七倍。在电动机经常起动的情况下，过大的起动电流将会造成电动机严重发热，以致加速绝缘老化，大大缩短电动机的使用寿命；同时在大电流的冲击下，电动机绕组（尤其是端部）受电动力的作用，有发生位移和变形的趋势，若在操作工艺和绝缘处理上不够完善（绕组包扎得不好或漆浸得不牢），或是使用日久的情况下，电动机绕组就容易发生短路，甚至烧毁电动机。另外，过大的起动电流，将会给电网带来不良影响，使电网电压波动，如果波动较大，就可能使其它正在运转的电动机突然停车或使某些电器产生误动作，给生产造成不必要的损失。因此，一般较大容量的感应电动机都采用“降压起动”的办法来限制其起动电流。

降压起动的办法一般有：“电阻器降压”、“星-三角降压起动”和“补偿器起动”等，它们都有较大的缺点。电阻降压起动时，需要在定子电路中串接很大的电阻箱，不仅设备体积大大增加，还要消耗很多电能，因此用得不多。“星-三角起动”的起动力矩很小，只适用于电动机处在空载或轻载状态下的起动。而重载或满载起动就必须用补偿器起动。但是，补偿器价格昂贵，制造时要耗用大量的有色金属和黑色金属，而且它还有不允许频繁起动的缺陷，不适用于需要经常起动的电动机，所以，用补偿器起动也不是一个好办法。

伟大领袖毛主席教导我们：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。”我们机电工人，怀着对毛主席无限忠诚的无产阶级感情，发扬“一不怕苦，二不怕死”的革命精神，通过反复实践终于试验成功了三相异步电动机新型起动法——延边三角形起动法。运用这种方法起动，可以完全丢掉电阻器、补偿器等等包袱，它利用电动机的九个接线头（在电动机定子绕组中多抽三个接线头）的一定接法，起动时就能达到降压的目的，因而可以大大节省铜、硅钢片和其它金属材料。同时，使用这种起动法还能改善起动性能，扩大使用范围，克服了原来补偿器不允许频繁起动的缺陷。它不仅比同容量的补偿器体积小、重量轻，而且便于机床设备成套、便于用户自制，达到运行可靠、维修方便，完全符合多、快、好、省地建设社会主义的精神。

二、原 理

伟大领袖毛主席教导我们：“大家明白，不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”

在电气线路中， Δ 和 Y 形接法是用得很普遍的，这是大家都熟悉的。现在若是将这二种接法结合起来，使电动机的定子绕组一部分接成 Y 形，另一部分则接成 Δ 形，从图形符号上看，就好像是将一个 Δ 的三条边延长，因此称之为“延边三角形”，以符号 $\triangleleft$ 表示。为简便起见，在下面的叙述中，我们就将符号 $\triangleleft$ 来代替“延边三角形”的名称。

一台电动机正常运行时，接成 Δ 形接法（就是通常所谓 380/660 伏电机），若起动时改接成 Y 形，起动电流就会大大下降，这就是目前普遍使用的“ Y - Δ 起动法”。为什么电动机三相绕组由 Δ 接法改成 Y 形接法后会减低电流呢？原来， Δ 接法时，电动机每相绕组所承受的电压（相电压）等于线路施加于电动机的电压（线电压），换句话说，当电网电压是 380V 时电动机的相电压也是 380V。而 Y 形接法时，相电压却只有线电压的 58%（即 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ），就是说当线电压是 380V 时， Y 形接法电动机定子绕组的相电压只有 220V，如图 1。相电压的减低使电流也随之减低。延边三角形接法可以减低电流也是这个道理。当我们把三相绕组接成 $\triangleleft$ 时，绕组所承受的相电压即有所降低，电流也随之下降。而相电压的大小是随电动

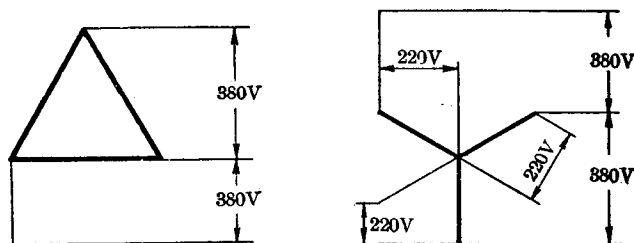


图 1

机绕组抽头比例的不同而变化。如果将 Δ 看成为一部分是 Δ 形接法,另一部分是 Y 形接法,那么接成 Y 形部分的线圈数目越多,电动机的相电压就越低。根据实际试验,在电动机

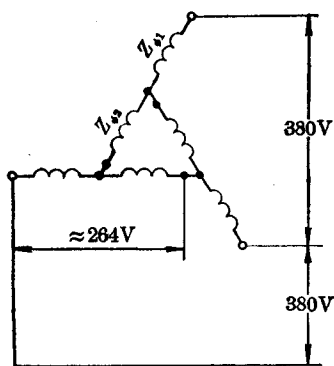


图 2

制动状态下,当抽头比例是 1:1 时(即在 Δ 接法中, Y 形部分绕组和 Δ 部分绕组的数量恰好相等),电动机的相电压为 264V 左右,如图 2。

当抽头比例是 1:2 时 ($Z_{\phi 1}:Z_{\phi 2}=1:2$),相电压为 290V。

由此可见, Δ 接法可以降低电动机的相电压,使相电流也随着减小。这里的道理和 Δ 形接法改成 Y 形接法时一样。

但是,“我们必须学会全面地看问题,不但要看到事物的正面,也要看到它的反面。”随着相电压的降低、起动电流的减小,起动力矩也要随之减小。在理论上,力矩是和电压成平方

关系,例如相电压从 380V 降到 220V,降低了 $\sqrt{3}$ 倍,那么力矩就要降低 $(\sqrt{3})^2=3$ 倍。实际上不同的电动机,不同的设计参数,力矩的降低率也不完全一致。以 JO₂62-4 为例,当电动机以 Δ 接法满压起动时,起动力矩为 25.5 公斤·米,改为 Y 形接法后只有 6.3 公斤·米,力矩下降将近 4 倍,这种情况与电动机齿磁密度的饱和程度有关。在设计中,齿磁密度取得越高,降压起动时力矩的下降率也愈大。

由此可见“Y- Δ 起动”的起动力矩较小,只适用于空载或轻载起动,“ Δ 起动”由于相电压比 Y 接法高,因此起动力矩也较大,而且可以采用不同的抽头比例来适合不同的使用要求。

不同抽头比例电动机的起动电流可以由公式来估算。假如某台电动机实际所需的起动力矩和允许的起动电流是确知的话,那么电动机的抽头接线应当抽在什么地方,也就是说抽成什么比例可以通过简单的运算,约略地估算出来,其公式如下:

$$I_{KA} = \frac{\frac{U_e}{\sqrt{3}}}{Z_{\phi 1} + \frac{1}{3} Z_{\phi 2}}$$

$$I_{K\Delta} = \frac{\sqrt{3} U_e}{Z_{\phi}}$$

$$Z_{\phi} = Z_{\phi 1} + Z_{\phi 2}$$

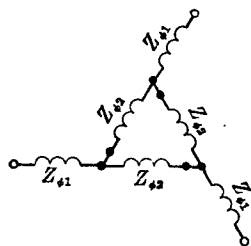


图 3

式中: U_e ——线电压;

Z_{ϕ} ——电动机每相阻抗;

$Z_{\phi 1}$ —— Δ 接法时,接成 Y 形部分的每相阻抗;

$Z_{\phi 2}$ —— Δ 接法时,接成 Δ 部分的每相阻抗;

$I_{K\Delta}$ —— Δ 接法时, 满压起动的起动电流;

I_{KA} —— Δ 接法的起动电流。

这个公式根据的原理是: 当电动机的外施电压不变时, 若改变电动机内部的阻抗 (用改变接法来达到此目的), 则电流也改变; 阻抗增大, 电流减小。这就和直流电路的“欧姆定律”是很相象的。

【例 1】 某一台电动机定子绕组 Δ 接法, 1:1 抽头, 求 $I_{K\Delta}$?

$$\begin{aligned}\text{解: } I_{K\Delta} &= \frac{\frac{U_e}{\sqrt{3}}}{Z_{\phi 1} + \frac{1}{3} Z_{\phi 2}} = \frac{\frac{U_e}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{2} Z_{\phi} + \frac{1}{6} Z_{\phi}} = \frac{\frac{U_e}{\sqrt{3}}}{\frac{4}{6} Z_{\phi}} \\ &= \frac{U_e}{\sqrt{3}} \times \frac{6}{4Z_{\phi}} = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{3} U_e}{Z_{\phi}}\end{aligned}$$

$$\text{因为} \quad I_{K\Delta} = \frac{\sqrt{3} U_e}{Z_{\phi}}$$

$$\text{所以} \quad I_{KA} = \frac{1}{2} I_{K\Delta}$$

【例 2】 某一台电动机定子绕组 Δ 接法, 3:5 抽头, 求 $I_{K\Delta}$?

$$\begin{aligned}\text{解: } I_{KA} &= \frac{\frac{U_e}{\sqrt{3}}}{Z_{\phi 1} + \frac{1}{3} Z_{\phi 2}} = \frac{\frac{U_e}{\sqrt{3}}}{\frac{3}{8} Z_{\phi} + \frac{5}{8} \times \frac{1}{3} Z_{\phi}} \\ &= \frac{24}{42} \cdot \frac{\sqrt{3} U_e}{Z_{\phi}} = 0.57 I_{K\Delta}\end{aligned}$$

上述这些计算是否正确, 生产上是否适用; 判定认识或理论之是否真理, 不是依主观上觉得如何而定, 而是依客观上社会实践的结果如何而定。我们经过实际的试验, 证明根据这个公式计算的结果与实际情况相差不远。然而由于电动机的起动电流是由许多因素所决定, 决非一个简单的公式所能

精确地反映的，何况不同极数，不同设计参数的电动机情况也不完全一样，所以实际上不可能也不必要进行很精确的计算。

在上述公式里，反映的只是电流的比例，实际上转矩的比例也相仿，只是较电流的下降率更大一些，极数愈多下降率也愈大。

型 式	抽头比例	百分率 $\frac{I_{K\Delta}}{I_{K\Delta}}$ 计 算 值	实 测 值	
			$\frac{I_{K\Delta}}{I_{K\Delta}}$	$\frac{M_{K\Delta}}{M_{K\Delta}}$
JO ₂ 62-2	△ 1:1	50%	49.7%	46.7%
JO ₂ 62-4	△ 1:1	50%	48.7%	43.5%
JO ₂ 62-6	△ 1:2	60%	59%	53%
JO ₂ 62-8	△ 3:5	57%	55.7%	48%
JO ₂ 52-2	△ 1:3	66.6%	67.2%	64.5%

〔注〕 $M_{K\Delta}$ ——△接法的起动力矩；

$M_{K\Delta}$ ——△接法的起动力矩。

各种抽头比例 △ 起动电流和 △ 起动电流之比例如下：

$$\triangle 1:1 \quad I_{K\Delta} \approx 50\% I_{K\Delta}$$

$$\triangle 1:2 \quad I_{K\Delta} \approx 60\% I_{K\Delta}$$

$$\triangle 2:1 \quad I_{K\Delta} \approx 43\% I_{K\Delta}$$

$$\triangle 3:5 \quad I_{K\Delta} \approx 57\% I_{K\Delta}$$

$$\triangle 1:3 \quad I_{K\Delta} \approx 66.6\% I_{K\Delta}$$

$$\triangle 3:1 \quad I_{K\Delta} \approx 40\% I_{K\Delta}$$

三、电动机接线、抽头的方式

初想起来,一台电动机要接成九个出线头,即另外再加三个中间抽头并不是什么复杂的事情,只要在每相绕组中间或是其它适当的地方抽一个头出来就行了。然而事实上并不这么简单,伟大领袖毛主席教导我们:“世界上的事情是复杂的,是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看,不能只从单方面看。”电动机定子绕组接成“延边三角形”后,它的性能有什么影响呢?根据一些初步的试验表明:不同的接线和抽头方法对电动机的起动和运转性能有一定的影响。如果接得不适当会带来不良的后果,严重的甚至不能起动。因此,对此问题必须进行认真的讨论。

1. 关于“单边磁拉力”问题

大家知道,所谓单边磁拉力是指在一对磁极中,若磁极甲的吸力大于磁极乙的吸力,则处于二磁极中的转子就要受到一个径向的拉力,这个拉力就是“单边磁拉力”。

单边磁拉力的存在使电动机的振动和噪音增加,轴承磨损加快,电动机寿命缩短,这对于电动机是非常不利的。产生这种拉力的原因主要在于电路或磁路的不平衡。

电动机接成延边三角形起动时,往往容易造成单边磁拉力,这可以用下面的例子来说明。

现有一台二极电动机,线头接法是串联,1:1抽头接成延边三角形起动(如图4)。从图4中可以看到:1、4二个极相组是同相的一对磁极,在正常使用时它们的吸力应该是相等的,现在改接成 Δ 接法二者的吸力就不等了,因为极相组1是

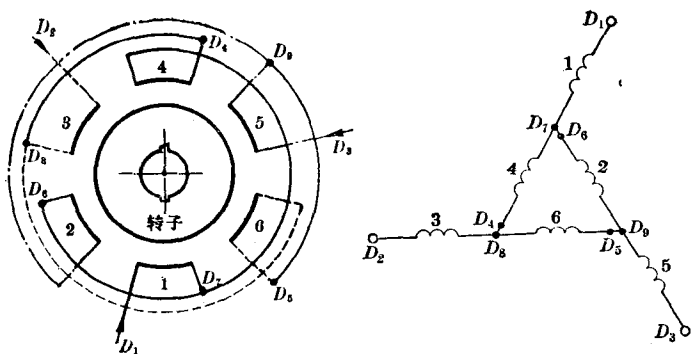


图 4

接成 Y 形，极相组 4 是接成 Δ 形的，二者的电压分布不均（实际测得：极相组 1 电压为 152V，极相组 4 为 114V），二者的电压不等吸力也就不等，转子受到一个较大的单边拉力，以致造成起动时噪音振动很大，甚至不能起动的现象。同样极相组 2 和 5、5 和 6 情况也是一样。

上面说的是二极电动机，实际上其它极数的电动机也存在同样的问题，只是情况不如二极那样严重，极数愈多，情况就愈缓和。

伟大领袖毛主席教导我们：“无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。”我们了解上述情况只是为了更好地解决它。而“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决”，单边磁拉力这个矛盾只有用平衡磁对极的电压分布的方法才能解决。要想平衡磁对极的电压分布就必须将原来的接线方法加以适当的改变，才能达到目的。现在先谈串联的改接法。

【例 1】电动机型式：JO₂52-2，10KW，2 极，单层同心绕组，线头接法：串联，抽头比例 1:1，定子槽数：24，每个极相组有一大一小二

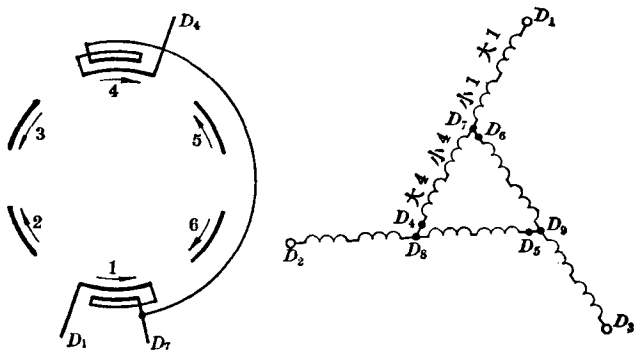


图 5

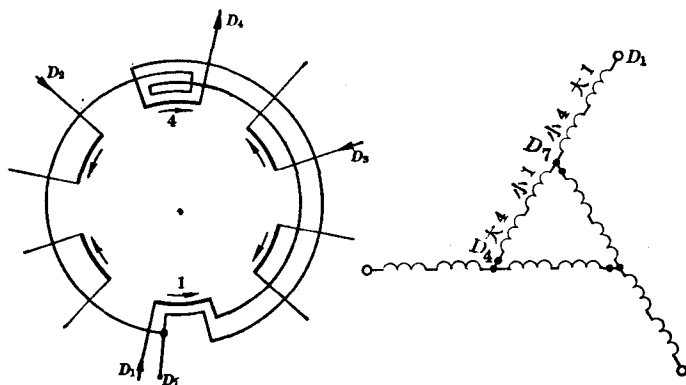


图 6

个线圈,原来的接法如图 5, 变换后的接法如图 6。

在图 5 中,同一极相组的大小线圈串联后,再与本相的另一极相组串接,这种接法在 Δ 起动时有严重的单边磁拉力(为简单、清晰起见这里都只画一相)。

如果改用图 6 接法后,单边磁拉力现象大大改善。因为当 Δ 接法

时, 每个极相组各有一半线圈接成 Y 形, 一半接成 Δ 形, 这样二个极相组间, 电压分布基本上一致。但由于线圈有大小, 因此还不能做到完全一致。

【例 2】电动机型式: JO₂52-4, 4 极, 双层绕组, 1:1 抽头, 原来的接法如图 7, 变换后的接法如图 8。

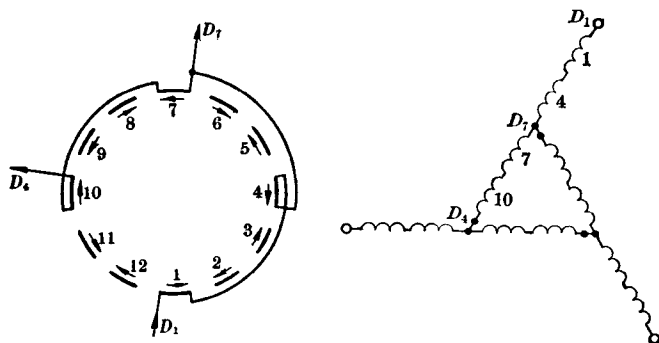


图 7

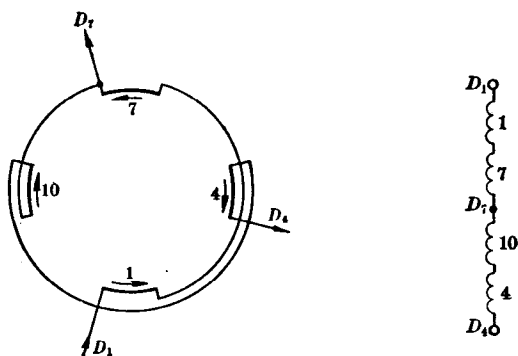


图 8

在图 7 中, 电动机四极单并(串联) 1:1 抽头, 此种接法有较明显的单边磁拉力存在。如果改用图 8 接法后, 相对的二个极电压分布一致,