

农业机械化丛书

农用机井电动机的 控制和保护

亦 农 编 著

科 学 出 版 社



农用机井电动机的 控制和保护

亦 农 编著

科 学 出 版 社

1979

内 容 简 介

本书深入浅出地介绍了农用机井电动机的控制、保护和运转状态的显示电路；也介绍了有关控制电器的原理与使用的基本知识。全书共包括机井电动机、机井电动机的控制电器、机井电动机的继电-接触控制电路、晶体管电路和机井电动机的总体控制电路等五章。

本书可供具有中等文化程度的农村的电工和知识青年阅读。

农用机井电动机的控制和保护

刘 德 编著

机械工业出版社

北京朝阳门大街136号

中国铁道印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

1979年12月第1版 787×1092 1/32

1979年12月第一次印刷 印张：5 1/4

印数：0001—9,130 字数：102,000

统一书号：15031·255

本社书号：1562·15—3

定价：0.44 元

目 录

第一章 机井电动机	1
1-1 电动机与电源的联接	2
1-2 电动机的起动和起动方式	5
1-3 电动机的过载	14
1-4 电动机功率和电源变压器容量间的关系	19
第二章 机井电动机的控制电器	27
2-1 闸刀开关	27
2-2 熔断器	30
2-3 按钮	36
2-4 交流接触器	37
2-5 热继电器	43
2-6 磁力起动器	54
2-7 继电器	57
2-8 导线的选择	65
第三章 机井电动机的继电-接触控制电路	70
3-1 电动机的最简单控制电路	70
3-2 机井电动机控制电路的设计	73
3-3 机井电动机的全压起动控制电路	78
3-4 机井电动机的降压起动控制电路	83
3-5 控制电路中几个有关的问题	86

第四章 晶体管电路	94
4-1 晶体二极管及其应用	94
4-2 晶体三极管及其开关特性	105
4-3 RC 充放电电路	121
4-4 晶体管自激多谐振荡器	127
4-5 晶体管电路在机井电动机控制电路中的应用	139
第五章 机井电动机的总体控制电路	147
5-1 机井电动机的控制电路	147
5-2 机井电动机控制电路的接线	153
5-3 印刷电路板的制作	161

出版说明

为了提高农业机械化队伍的技术水平,加快农业机械化的步伐,中央和地方有关出版社联合出版这套《农业机械化丛书》。

《农业机械化丛书》包括耕作机械、农田基本建设机械、排灌机械、植物保护机械、运输机械、收获机械、农副产品加工机械、化肥、农药、塑料薄膜、林业机械、牧业机械、渔业机械、农村小型电站、半机械化农具、农用动力、农机培训、农机管理、农机修理、农机制造等二十类。可供从事农业机械化工作的贫下中农、工人、干部、知识青年和技术人员参考。

本书属于《农业机械化丛书》排灌机械类。

第一章 机井电动机

这本书介绍的是农用机井电动机的集中控制和保护(以下简称机井控制),所谓机井集中控制是指把分散在各处的机井电动机的起动和停转都集中到控制房内进行远距离控制;各电动机的正常运转、事故停车以及水泵是否正常抽水等情况都能在控制房内有不同信号显示,以便对机井电动机的运行状态进行可靠的监视;对各种危及电动机使用寿命的过载故障进行有效的保护。

机井电动机的控制电路采用继电器、接触器、控制按钮等

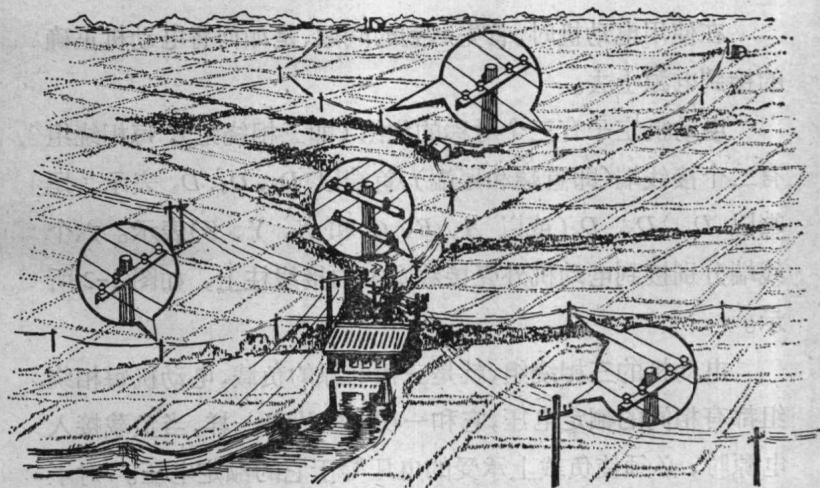


图 1-1

有触点电器组成的继电-接触控制,并与晶体管电子元件组成的电路相配合,以实现上述控制要求。机井控制示意图如图 1-1 所示。

我们知道,绝大多数农用机井水泵是用三相鼠笼式电动机(以下简称电动机)拖动抽水的。电动机只有将定子绕组与三相交流电源接通,才能将电能转换成机械能。电动机因型号、定子绕组、接法及功率大小的差异,使得机井控制线路也有所区别。为了正确的选择控制线路,有必要认识电动机这些差异和电动机正常运转的关系,现将有关问题做一简单的介绍。

1-1 电动机与电源的联接

在使用电动机时,首先遇到的问题,是如何将电动机正确的接到电源上去。

电动机定子有三个对称的绕组(即三相绕组),每相绕组有二个接线端(即首端和尾端),首端以 D_1 、 D_2 、 D_3 表示,尾端以 D_4 、 D_5 、 D_6 (或以 A 、 B 、 C 和 X 、 Y 、 Z)表示。六个线端分别接到电动机外壳接线盒中的接线柱上,如图 1-2 所示。

电动机的三相绕组,就是三相电源的负载,电动机每相绕组都有相同的额定电压,它和一切电气设备一样,当负载接入电源时,必须使负载上承受的电压等于它的额定电压。对于电动机,三相绕组必须正确地接线,才能从三相电源上得到电

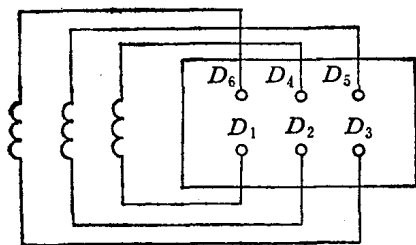


图 1-2

动机所需的额定电压，这是保证电动机正常运转最重要的条件之一。

我国采用线电压为 380 伏的三相电源。个别地区或单位因特殊要求有线电压为 220 伏的三相电源。

过去生产的 J、JO 系列的电动机以及现在大量生产的 J₂、JO₂ 系列的电动机，容量在 4 千瓦以下的，每相绕组额定电压均按 220 伏设计的。因此，这类电动机接到线压为 380 伏的三相电源时，为了使电动机每相绕组的电压为 220 伏，电动机绕组必须按星形联接，即尾端互相联接在一起，首端接三

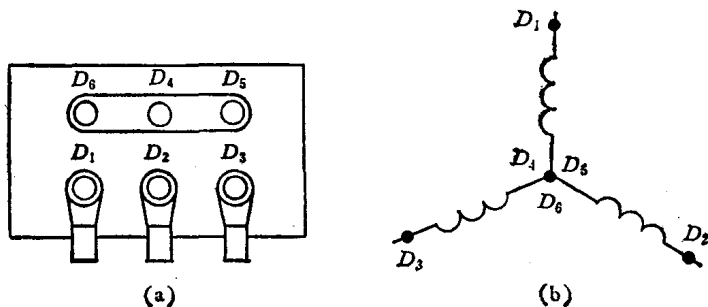


图 1-3

相电源,其接线方法和接线图,如图 1-3 所示。在这类电动机铭牌上虽然刻有电压——220/380 伏,接法—— Δ/Y 的标志。因为农村没有线电压为 220 伏的电源,所以不存在电动机绕组三角形联接的问题。

J_2 及 JO_2 系列容量在 4 千瓦以上的电动机,每相绕组的额定电压是按 380 伏设计的。电动机接到线压为 380 伏的三相电源时,绕组必按三角形联接,即绕组之间彼此首尾端相接,其接线方法和接线图如图 1-4 所示,以使电动机每相绕组

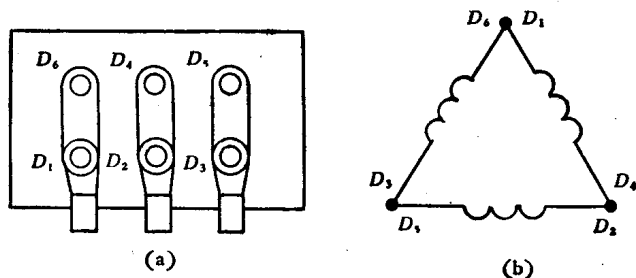


图 1-4

承受 380 伏的额定电压值。电动机绕组如果接成星形,则每相承受的电压只有 220 伏,低于绕组额定电压 $\sqrt{3}$ 倍,电动机就会出力不足。此时,若在不超其额定电流的情况下,电动机可处于轻载下工作,但决不允许按电动机铭牌功率运行。否则,将超过其额定相电流 $\sqrt{3}$ 倍,电动机可能烧坏。因为没有线压为 660 伏的电源,所以电机绕组不存在星形联接的问题。这类电动机铭牌上,刻有电压——380 伏,接法—— Δ 的标志。

按照习惯,不论电动机绕组是什么联接方式,电源线和电

动机接线盒中 D_1, D_2, D_3 接线柱相连。

1-2 电动机的起动和起动方式

所谓电动机的起动,是指将静止的转子转动起来。电动机从开始起动到稳定(等速)运转的过程,称为电动机的起动过程。

电动机之所以能带动水泵负载转动起来,是因为接通三相电源后,在定子绕组中产生了旋转磁场,旋转磁场以一定速度切割转子,并在转子导条(鼠笼转子笼条)上产生感应电势和感应电流,通过转子导条的感应电流和旋转磁场的相互作用,在转子上便产生可供输出的转矩,产生的转矩如小于所带水泵机械负载的转矩时,电动机转动不了;若大于水泵负载的转矩时,电动机就转动起来,完成起动过程,并投入正常运行,此时电动机的转矩和水泵负载的转矩大小相等,电动机带动机械负载稳定运转。

我们要了解电动机起动问题,因它是电动机实际应用时重要问题,要使电动机转动起来,不仅要求接线正确,并要考虑除让电动机有足够大的起动转矩、保证电动机顺利地起动外,并设法将起动电流对电网电压的影响尽量地减小,这就涉及到电动机起动方式等有关问题了。

一、全压起动

如果按电动机的额定电压接到电源上,这种起动方式称

为全压(直接)起动。

起动刚开始时,由于转子不动转速等于零,旋转磁场和转子间相对运动速度最大,此时转子导条上的感应电势和感应电流最大,因此,电源向电动机输送的电流也很大,这个电流称为起动电流。电动机一般起动电流是额定电流的(5—7)倍。如以 JO₂-51-4 型功率为 7.5 千瓦的电动机为例,其额定电流是 14.5 安,起动电流若是额定电流的 7 倍,则达 100 安左右,这样大的电流是指电动机刚起动瞬间的电流。随着转速的上升,转子与旋转磁场间相对运动的速度逐渐减小,起动电流也逐渐小下来。

应当指出,起动电流大小与电动机是否带上负载起动无关。对同一台电动机说来,所不同的是,带负载起动只是比不带负载起动(空载起动)的起动过程时间稍长一些。

电动机起动电流虽然很大,但对水泵负载来说,起动过程一般只约数秒,只要不是在频繁起动的情况下(一般规定:空载起动,不得连续超过五次;带载起动,不得连续超过三次)对电动机本身发热危害不大。每一事物的运动都和它的周围其他事物互相联系着和互相影响着,这么大的起动电流,尤其相对于电网容量说来,电动机的功率较大时,势必对电网电压引起明显的波动,电压的波动将给正在起动的电动机本身和用同一电源的其他用电设备带来不利的影响。由于电动机的转矩与电压平方成正比,电网电压降低,不仅会使正在起动机器的起动转矩变小,同时使正在运行着的电动机的电流增大。严重时,会造成带不动负载而使电动机堵转(停转)的事故。如

果线路中还有照明负载，电压的降低致使灯光照明的亮度变暗。这些问题的存在，促使我们要研究起动问题，并采取措施尽量减少起动电流对电网电压的影响。

引起电网电压的波动是由于起动电流通过联接导线到电源变压器时，因导线有电阻、电源内部有阻抗产生电压损失 Δu （电压降落）所致，起动电流越大，电压损失越多，对电网电压的影响越严重。

为了保证电网电压质量，限制起动电流对电网电压的冲击，需对全压起动电动机的功率做一些限制，各地电业部门根据具体情况有不同的规定方法。一种是按电动机功率和电源变压器容量之比来确定：最大电动机的容量，如不经常起动的，可为变压器容量的30%；如果是经常起动的，可为变压器容量的20%。另一种方法是按允许电压损失来确定：最大电动机的功率，如不经常起动的，起动时的电压损失不应大于电网额定电压的15%；如果是经常起动的，起动时的电压损失应小于电网额定电压的10%。

我国农村电力能源多样，低压电网电压质量差别较大。随着农业机械化水平不断提高，用电负荷迅速增长，尤其农业用电季节性很强，农村电网电压一般均低于额定值，因此全压起动的电动机功率还得根据具体情况低于上述比值。为保证电源质量，有些地区（如北京市郊）规定功率在7千瓦以下的电动机允许全压起动，7千瓦以上必须降压起动。

二、降 压 起 动

如果变压器容量不允许电动机全压启动时，电动机功率和变压器容量之间的矛盾怎么解决呢？矛盾既然是由电动机起动电流引起的，解决矛盾的途径就得采取措施来减少起动电流。其办法是：使电动机定子绕组在低于额定电压下启动，当电动机转速上升接近稳定转速时，定子绕组上再换接成额定电压。由于降压，使电动机启动时功率减小，从而解决电动机功率和变压器容量之间的矛盾。这种启动方式称为降压启动。

降压启动时，由于定子绕组上外加电压的降低，能使启动电流几乎与外加电压成比例地减小，但电动机的转矩与电压的平方成正比，电压的降低必然使启动转矩也大大地减小，所以降压启动只适合于轻负载启动的情况。

电动机正常运行时，因定子绕组有星(Y)接与三角形(Δ)接两种接法，现分别讨论这两种接法的降压启动方式。

1. 星(Y)接电动机的降压启动

星接电动机的降压启动，可在定子绕组上串接电阻或串接自耦减压启动器以及其他方法降压启动，均能达到降低启动电流的要求。

一般降压电阻器上有三种不同电压抽头，分别是电源电压的 80%、65% 和 40%。其抽头根据电动机带载启动的轻重选用：轻载时，选用较低的电压抽头；重载时，选用较高的

电压抽头。串接电阻降压起动的原理如图 1-5 所示。起动时, C_1 合上, 电阻 R 串入, 使电动机定子绕组实际承受的电压低于 220 伏。起动过程完成后, C_1 断开, C_2 合上, 电动机绕组接全压投入正常运转。

因为降压电阻器体积大, 消耗电能较多, 所以实际应用的不多。

图 1-6 为自耦减压起动器原理图。

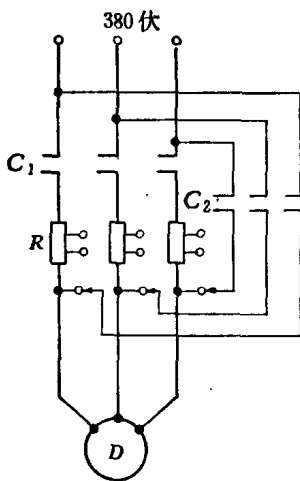


图 1-5

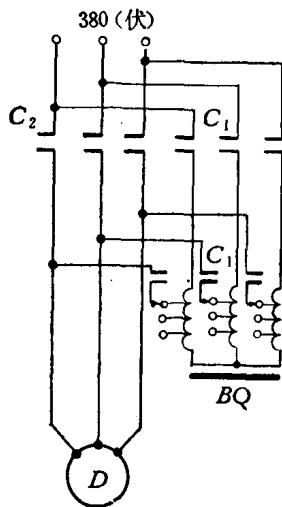


图 1-6

自耦减压起动器的三个线圈星接, 为适应不同带载的起动要求, 有三种不同电压的抽头, 分别是电源电压的 80%、65% 和 40%。起动时, C_1 合上, 减压起动器串入, 电动机降压起动。起动过程完成后, C_1 断开, C_2 合上, 电动机绕组接全压投入正常运转。

目前在农村较普遍使用手动式 QJ₃ 型油浸式自耦减压起动器,它具有起动电流较小,起动转矩较大的优点,但这种产品体积大,耗用较多的有色和黑色金属,触头易于磨损,要求用质量较高的变压器油,不允许频繁起动和成本高(一台配 10 千瓦电动机 QJ₃ 型起动器的出厂价格约为电动机价格的 40%)等缺点,这限制了它进一步的推广。

2. 角(Δ)接电动机的降压起动

从原理来说,串接电阻和串接自耦减压器的起动方法对各种接法的电动机均可适用。实际上,对机井和排灌用的水泵电动机,凡属角接的均不用上述起动方法,而采用结构简单,价格低廉并能满足起动要求的星-角($Y-\Delta$)起动器起动。目前,有些专为农用水泵电动机配套的自耦减压起动器制造厂,已改为生产 $Y-\Delta$ 起动器。

用 $Y-\Delta$ 起动器起动时,定子绕组按 Y 接,电动机每相绕组承受电压降为 220 伏,比直接起动电压减少了 $1/\sqrt{3}$,定子电压减小了,起动电流也相应地减少到直接起动时线电流的 $1/3$ 。当电动机转速接近稳定时,再将定子绕组换接成 Δ 接。 $Y-\Delta$ 起动,既限制了大的起动电流,起动完毕后,又保证了电动机定子绕组处于额定电压下运行,起动设备简单,只要将电动机定子绕组本身改变接法即可,这是它较为突出的优点。 J_2 和 JO_2 系列中 4 千瓦以上的电动机,为了必要时可按 $Y-\Delta$ 方式起动,因而把定子绕组的额定电压设计为 380 伏。 $Y-\Delta$ 起动方法的缺点是起动转矩不大,它只有直接起动

时的起动转矩的 $1/3$ 。这个缺点对农用水泵电动机的起动并不显得突出,因为机井或排灌所用大多是离心式水泵,它对电动机起动转矩要求不高,均属轻载起动。以后介绍的农用电机电动机控制线路就是以 $Y-\Delta$ 起动方式为例的。

一般 J_2 和 JO_2 系列电动机,全压起动转矩约为额定转矩的 1.4 倍。采用 $Y-\Delta$ 起动后,电机起动转矩是全压起动转矩的 $1/3$,此时, $M_{st} = 0.47 M_{N}$, 起动转矩值略小于自耦减压起动器的 65% 抽头时的起动转矩。实践证明, 10 千瓦左右的水泵电机, $Y-\Delta$ 起动过程不到 3 秒即可完成。随着我国社会主义建设事业的蓬勃发展,以农业为基础的方针进一步贯彻,机电工业支援农业的物质基础越来越雄厚, JO_3 系列高起动转矩(起动转矩是额定转矩的 $1.8-2.2$ 倍)的鼠笼式电动机在农业战线将广泛使用, $Y-\Delta$ 起动方式有着更广泛的前景。

图 1-7 是 $Y-\Delta$ 起动原理图,起动时, C_Y 合上,电动机 Y 接起动,起动过程完成后, C_Y 断开、 C_Δ 合上,绕组接线由 Y 接改为 Δ 接,电动机接全压正常运转。

近年我国新发展了一种新型起动方式,叫做延边三角形(又称延边 $Y-\Delta$) 起动。同

时制造了适合这种方式起动的绕组有抽头的电动机和起动

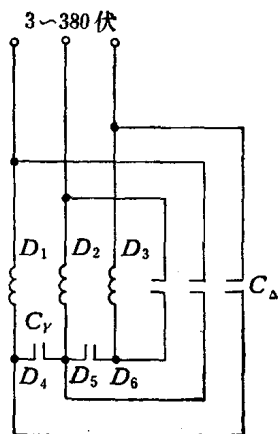


图 1-7

器。

延边三角形起动,是在深入地分析了 $Y-\Delta$ 起动方式特点的基础上发展起来的。它在起动性能上利用了 Y 接起动电流小, Δ 接起动转矩大的优点,它具有自耦减压起动器的起动性能但又克服了自耦减压起动器不允许频繁起动的缺点,并从结构上保持了 $Y-\Delta$ 起动器简单,体积小、价格低的优点。实际上,延边三角形起动方式就是在起动电动机时,定子绕组既有 Y 接又有 Δ 接的形式。从图 1-8 (a) 绕组图形看,好象是 Δ 接的三相绕组的延伸,因此称之为“延边三角形”,并以符号“ Δ ”表示。当 Y 形部分绕组和 Δ 形部分绕组比例(抽头比例)不同时(如 1:1, 1:2 和 1:3),起动效果也不同,抽头比例较小时,起动转矩就较大,起动电流也高些。

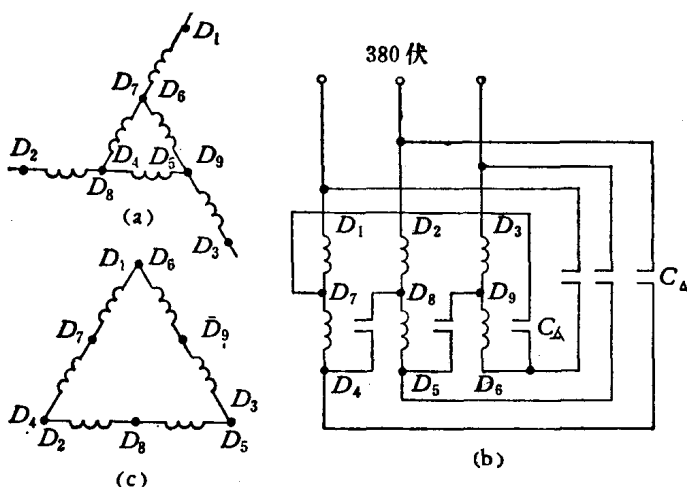


图 1-8