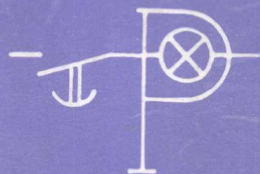


泵站电气

二次接线

陈锦基 张锦德等 编著



东南大学出版社

泵站电气二次接线

陈锦基 张锦德等 编著

东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

内 容 提 要

本书详细地介绍大中型泵站电气二次接线的基本概念、基本原理和有关计算,主要内容有泵站的继电保护、泵站的操作监测系统以及同步电动机的励磁装置。

本书可作为大专院校机电排灌专业和大型泵站骨干电工培训班的教材,也可供工矿和城市供水泵站以及排灌站工作人员参考。

责任编辑 张 克 陈基甫

泵 站 电 气 二 次 接 线

陈锦基 张锦德等 编著

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210018)

江苏省新华书店经销 扬州日报印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 9.625 字数: 206 千

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册

ISBN 7—81023—940—6/TM·2

定价: 10 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

前 言

《泵站电气二次接线》系统介绍大中型泵站电气二次接线的基本概念、基本原理和有关计算方法。主要内容有泵站的继电保护、泵站的操作系统和同步电动机的励磁装置。

本书是在《排灌站电气二次接线讲义》的基础上重新改写而成。它既重视二次接线原理的普遍性又重视服务于泵站的特殊性，努力反映我国泵站二次接线的现状和内在联系。全书努力贯彻最新国家标准。

本书可作大专院校机电排灌专业和大中型泵站骨干电工培训班教材，也可供工矿和城市供水泵站以及排灌站工作人员使用。

扬州大学水利与农业工程系陈锦基等参加本书编写工作，第一章由张锦德、孙贵根编写，第二章由陈锦基、钱忠南编写，第三章由陈锦基、葛强编写，陈锦基担任主编。由江苏省水利勘测设计研究院金霖桃担任主审。

在编写过程中扬州大学曹志高和金兆森、江苏省水利厅黄莉新和陆一忠以及江苏省机械设备成套局韩琦等同志曾给予热情鼓励和支持，承江苏农学院学报编辑部电脑排版与作图，在此一并表示衷心感谢。

编 者

1994.6

目 录

1 泵站的继电保护	(1)
1.1 继电保护的基本要求和分类	(1)
1.2 继电器	(5)
1.2.1 电磁型继电器结构原理	(6)
1.2.2 几种常用电磁型继电器的结构特点	(8)
1.2.3 感应型继电器的工作原理	(9)
1.3 电流保护	(12)
1.3.1 过电流保护	(12)
1.3.2 电流速断保护	(24)
1.3.3 带时限电流速断保护	(30)
1.3.4 三段式电流保护	(32)
1.4 电压保护	(35)
1.5 方向过电流保护	(40)
1.5.1 方向过电流保护的工作原理	(40)
1.5.2 方向过电流保护的原理图	(43)
1.5.3 感应型功率方向继电器的工作原理	(44)
1.6 不对称短路的分析	(46)
1.6.1 对称分量法的应用	(47)
1.6.2 电力系统中各元件的各序电抗	(51)
1.6.3 不对称短路的三序网络图	(54)
1.6.4 不对称短路时, 故障点电压、电流的分析计算	(56)
1.6.5 对称分量滤过器	(69)
1.7 互感器	(74)
1.7.1 电压互感器	(75)

1.7.2	电流互感器	(78)
1.8	电力网接地故障的零序电流保护	(83)
1.8.1	大接地电流系统中接地短路的零序保护	(83)
1.8.2	小接地电流系统的单相接地保护	(87)
1.9	变压器保护	(97)
1.9.1	变压器故障和不正常工作状态	(97)
1.9.2	变压器的瓦斯保护	(98)
1.9.3	变压器的电流速断保护	(101)
1.9.4	变压器的纵联差动保护	(103)
1.9.5	变压器的过电流保护	(119)
1.9.6	变压器的过负荷保护	(127)
1.9.7	变压器的单相接地保护	(128)
1.10	高压电动机的保护	(131)
1.10.1	电动机的故障及不正常工作状态	(132)
1.10.2	电动机的电流速断保护	(133)
1.10.3	电动机的纵差保护	(136)
1.10.4	电动机的单相接地保护	(139)
1.10.5	电动机的过负荷保护	(141)
1.10.6	电动机的低电压保护	(146)
1.10.7	电动机的失步保护	(149)
2	泵站电气设备控制、信号和测量系统	(153)
2.1	泵站二次接线图	(153)
2.1.1	电气文字符号	(156)
2.1.2	电气图形符号	(156)
2.2	泵站断路器的距离控制	(164)
2.2.1	按对象分别操作的强电控制	(166)
2.2.2	弱电选线控制	(176)
2.2.3	闪光装置	(181)

2.3	泵站的信号系统	(183)
2.3.1	位置信号	(183)
2.3.2	事故信号	(185)
2.3.3	故障信号	(188)
2.3.4	保护装置动作信号	(193)
2.3.5	中央信号系统	(193)
2.3.6	泵站的“坐标制”信号	(194)
2.4	泵站电气测量系统	(195)
2.4.1	强电“一对一”电气测量	(196)
2.4.2	弱电选线测量	(198)
2.4.3	互感器的配置	(203)
2.5	绝缘监视装置	(205)
2.5.1	直流系统的绝缘监视	(205)
2.5.2	交流系统的绝缘监视	(207)
2.6	泵站的 ¹ 操作电源	(209)
2.6.1	站用变压器的接线方式	(210)
2.6.2	电容器储能式硅整流直流操作电源	(211)
2.6.3	镉镍电池补偿式硅整流直流操作电源	(215)
2.6.4	碱性蓄电池式直流操作电源	(217)
2.7	二次接线安装图	(219)
2.7.1	展开图中的回路编号	(219)
2.7.2	屏面布置图	(222)
2.7.3	端子排图	(226)
2.7.4	屏背面接线图	(235)
3	同步电动机的励磁装置	(240)
3.1	概述	(240)
3.2	可控整流电路	(242)
3.2.1	单相可控整流电路	(242)

3.2.2	三相桥式可控整流电路	(251)
3.3	晶闸管的触发电路	(262)
3.3.1	对触发电路的要求	(262)
3.3.2	单结晶体管及其主要特性	(264)
3.3.3	单晶体管的移相触发电路	(268)
3.4	同步电动机可控硅励磁装置	(273)
3.4.1	KGLF11 型同步电动机可控硅励磁装置	(274)
3.4.2	BKL-1 型同步电动机可控硅励磁装置简介	(293)
	参考文献	(297)

1 泵站的继电保护

1.1 继电保护的基本要求和分类

继电保护装置是用来对发电机、变压器、母线、输配电线路和电动机等主要电气元件(下简称元件)进行监视和保护的一种自动装置,当这些元件发生故障或出现不正常运行状态时,即能发出使故障元件退出运行的操作“命令”,或给值班人员发出警告信号,它和其他自动装置配合工作,可以大大地提高电力系统的安全运行水平。

电力系统在运行过程中应尽量避免事故的发生,一旦发生故障时,则要求尽快地将故障元件切除,以保证系统内无故障部分继续运行,缩小停电范围。由于电磁过程非常迅速,为了避免故障的扩大,要求切除故障元件的时间要小到十分之几秒,甚至更短,靠值班人员手动操作将故障元件切除是无法办到的,只有借助于继电保护装置才能实现。因此,继电保护的任务是:

(1) 发生故障时自动、迅速且有选择地将故障元件切除,以保证电力系统无故障部分迅速恢复正常运行,并使故障元件免受更严重的破坏。

(2) 当电力系统出现不正常工作状态时能作出反应,根据不正常工作状态的种类以及设备运行维护条件发出信号,由值班人员进行处理或自动进行调节,将那些继续运行会引

起事故的元件切除。

为了完成上述任务，继电保护必须满足以下四个基本要求：

(1) 选择性。继电保护动作的选择性，是指保护装置工作时，仅将故障元件切除，使停电范围最小，而非故障部分仍能继续安全运行。以图 1-1 单侧电源供电网络为例，当 k_1 点短路时，应由距离短路点最近装于 QF5 处的保护将断路器 QF5 断开。在 k_2 点短路时，则应由装于 QF3 和 QF4 处的保护将断路器 QF3 和 QF4 断开，此时双回线的另一回路线路仍能继续运行。

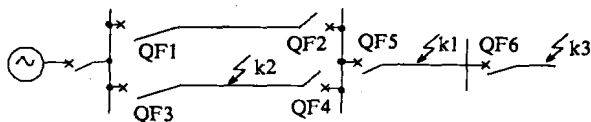


图 1-1 有选择性切除故障的网络示意图

(2) 速动性。对作用于断路器跳闸的继电保护要求快速动作，以提高电力系统运行的稳定性，加速恢复正常工作的过程，减轻设备的损坏程度，防止事故扩大。因此，迅速切除故障，对于提高电力系统可靠性有着重要的意义。

切除故障的时间是指从发生故障起到断路器跳闸并灭弧为止的一段时间，它等于保护动作时间和断路器动作时间（包括灭弧时间）之和。因此，为了保证快速切除故障，除需要采用快速动作的断路器外，还需要加快保护动作时间，现代快速保护的最小动作时间可达 $0.02 \sim 0.03s$ 。但也不是所有场合都要求动作时间越小越好，实际上对不同电压等级

和不同结构的电网，其故障切除时间有着不同的要求。

(3) 灵敏性。继电保护的灵敏性是指对其保护范围内发生故障或不正常工作状态的反应能力，能够满足灵敏性要求的保护，在事先规定的保护范围内故障时，不论短路点的位置和短路的性质如何，都应该灵敏地感觉并正确地反应。

为了使继电保护在它的保护范围内出故障时均能起到保护作用，要求它不仅在系统最大运行方式下金属性短路时（这时，系统等效阻抗最小，通过保护装置的短路电流最大）能可靠地动作，而且在系统最小运行方式下和经过较大的过渡电阻短路时（这时，系统等效阻抗最大，通过保护装置的短路电流最小）也能可靠地动作。

所谓系统最大运行方式，是指系统中所有电气元件都投入运行，而且所选定接地的中性点全部接地时的运行方式；所谓最小运行方式，是指系统在最小负荷或检修时，投入的机组、线路和接地的中性点最少时的运行方式。

保护的灵敏性用灵敏系数 K_s 来衡量。

对于反应故障时参数量(如电流)增加的保护其灵敏系数由下式表示：

$$K_s = \frac{I_{k \min}}{I_{op}} \quad (1-1)$$

式中 $I_{k \min}$ —— 系统处于最小运行方式下，保护区内规定地点的最小短路电流；

I_{op} —— 保护装置的一次动作电流整定值。

对于反应故障参数量（如电压）降低的保护，其灵敏系数由下式表示：

$$K_s = \frac{U_{op}}{U_{k \max}} \quad (1-2)$$

式中 U_{op} —— 保护装置的一次动作电压整定值；

U_{kmax} —— 保护区末端金属性三相短路时，在保护安装处母线上的最大线电压。

总之，保护的灵敏系数应根据最不利的运行方式和故障类型进行计算，必要时应计及短路电流衰减的影响，但可不考虑可能性很小的运行情况，各类保护灵敏系数的最低要求值在《继电保护和安全自动装置设计技术规程》中都有规定。

(4) 可靠性。保护的可靠性是指在保护范围内发生属于它应该动作的故障时，它应可靠地动作，不应由于它本身的故障而拒绝动作；而且，在其他任何不应由它动作的情况下，它应该不动作。

要求保护有很高的动作可靠性是非常必要的，因为保护拒绝动作或误动作都将使事故扩大，给电力系统和用户带来严重的损失。

电力系统发生故障时会引起电流的增大、电压的降低以及电流与电压相位的变化等，因此，绝大多数的保护装置都是以反应这些物理量变化为基础，利用正常运行时与故障时各物理量的差别来实现的。根据所反应物理量的不同，可构成不同类型的保护。例如，反应电流量变化的为电流保护，反应电压量变化的为电压保护，既反应电流又反应相角改变的为过电流方向保护等。

根据保护所采用的继电器不同，保护可分为机电型保护、晶体管型保护和数字式保护三类。目前应用最多的还是机电型保护。近年来，晶体管型保护的应用亦逐渐增多，此外，随着电子计算机的发展和运用，特别是微处理机的发展，计算机作为继电保护已成为现实，而且发展很快，这种

利用电子计算机来实现的保护称为数字式保护，又称计算机式保护。数字式保护是把电力系统中的物理量数字化，然后通过接口装置输入电子计算机或微处理机，进行分析和处理，以判断是否发生故障和确定保护的動作方式。

根据保护的功能不同，它又分为主保护、后备保护和辅助保护三种。

主保护是指能以較小的動作時限而且有選擇地切除被保護電氣元件整個範圍內故障的保護，它的動作時限應滿足電力系統穩定及設備安全的要求。

后备保护是指当被保护元件的主保护拒绝动作或退出工作(如调度时)，以及相邻元件的保护或断路器拒绝动作时，能保证带一定延时使断路器跳闸以消除故障的保护。例如在图 1-1 中 k3 点故障时，应由装于 QF6 处的保护动作，使断路器 QF6 动作跳闸将故障切除，若由于某种原因使装于 QF6 处的保护或断路器 QF6 拒绝动作，故障就不能消除，这就要求上一段线路装于 QF5 处的保护动作，将断路器 QF5 跳闸，使故障范围不致再扩大，这时 QF5 处保护所起的作用，称为下一段线路的后备保护。后备保护动作虽然是越级动作，但亦应认为是有选择性的保护。

辅助保护是指能补充主保护和后备保护的不足，或为了缩短切除某部分故障的动作时间，但又不能取代主保护和后备保护，仅起到辅助作用的保护。

1.2 继电器

继电保护要借助于其内部各个继电器去完成预定的任务，所以继电器是继电保护的基本元件。

继电器是一种能自动动作的电器，当控制它的物理量达

到一定数值时，它能使被控制的物理量发生突然变化，在上述两个物理量中至少有一个是电气量。

继电器种类很多，总的说来，根据继电器所反应物理量的种类不同，可分为电量继电器(如电流继电器、电压继电器、阻抗继电器和功率继电器等)，和非电量继电器(如瓦斯继电器、温度继电器、转速继电器和压力继电器等)两大类。

对于电量继电器，通常按下列原则和方法分类：

(1) 根据所反应物理量的增减，继电器可分为过量继电器(如过电流继电器和过电压继电器等)和低量继电器(如低电压继电器和阻抗继电器等)；

(2) 根据在保护装置中作用的不同，继电器分为电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器和信号继电器等；

(3) 根据结构原理上的不同，继电器分为电磁型继电器、感应型继电器、整流型继电器和晶体管型继电器等。

1.2.1 电磁型继电器的结构原理

电磁型过电流继电器是反应电流增加而动作的一种继电器，其结构如图 1-2 所示，当线圈 1 中没有电流通过时，其动触点 5 与定触点 6 断开，当线圈中通过电流时，则产生磁场，磁通 Φ 通过铁芯 2、可动舌片 4 和空气隙 3 构成闭合回路。这样，由铁磁材料制成的可动舌片被磁化，并被铁芯的磁极所吸引，作用于可动舌片的力矩与线圈中通过电流的平方成正比。在正常运行时，线圈中通过的电流较小，电磁力矩不足以克服由弹簧及摩擦等产生的反抗力矩，因此可动舌片不会被吸引，即继电器不动作；当通过线圈的电流增大，直至继电器的电磁力矩大于反抗力矩时，可动舌片被吸引，导致触点 5 与 6 接通，称为继电器动作。能使过电流继

电器动作的最小电流称为继电器的动作电流，用 I_{opka} 表示。

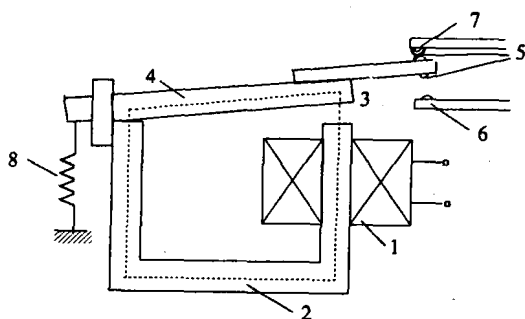


图 1-2 电磁型继电器的原理结构示意图

- 1 线圈；2 铁芯；3 空气隙；4 可动舌片；5 动触点；
6、7 定触点；8 弹簧

在继电器动作以后，为了使它重新返回到起始位置，必须减小电磁力矩，即减小电流，以便在弹簧作用下，将可动舌片拉回到起始位置，这时摩擦力矩起到阻碍返回的作用，当电流减小到一定的数值时，继电器返回。能使过电流继电器返回的最大电流称为继电器的返回电流，用 I_{re} 表示。

返回电流 I_{re} 与动作电流 I_{opka} 的比值称为继电器的返回系数，以 K_{re} 表示，即

$$K_{re} = \frac{I_{re}}{I_{opka}} \quad (1-3)$$

它是继电器的重要质量指标，对于过量继电器 K_{re}

< 1 ，实用上 K_{re} 一般为 $0.85 \sim 0.9$ 。

低电压继电器是反应电压降低而动作的继电器，其结构原理与过电流继电器基本相同，但其工作情况则相反，仍以图 1-2 予以阐述。正常运行时，由于加到低电压继电器上的工作电压约等于其额定电压，所以继电器线圈便通过与工作电压成正比的电流，该电流产生足够大的电磁力矩，它能克服弹簧和摩擦所产生的反抗力矩，因而可动舌片被吸引，触点 5 与 7 断开，即低电压继电器处于正常工作状态。当外加电压降低到继电器的动作电压 U_{opkv} 时，通过继电器的电流和电磁力矩都相应降低，此时弹簧力矩大于电磁力矩与摩擦力矩之和，可动舌片被释放，触点 5 和 7 接通，即低电压继电器动作。在继电器动作之后，需升高电压，增大电磁力矩才能使可动舌片重新被吸引，称为低电压继电器的返回。显然低电压继电器和一切低量继电器的返回系数 $K_{re} > 1$ 。

1.2.2 几种常用电磁型继电器的结构特点

目前常用的电磁型继电器有：电流继电器、电压继电器、信号继电器、中间继电器和时间继电器等。

电流继电器。其线圈通常串联在电流互感器的二次侧，继电器按预先整定的电流值动作，其线圈阻抗很小。

电压继电器。其线圈通常并联在电压互感器的二次侧，继电器按预先整定的电压值动作，其线圈阻抗很大。

电流继电器和电压继电器在保护装置中皆起到判别和起动的作用，故称为起动元件。

信号继电器。它用来作为整套保护或个别元件的动作指示器，并利用其触点接通灯光和音响信号回路，继电器内有信号牌（或信号灯），信号继电器动作时，信号牌掉落（或

信号灯点亮), 可以从外壳的玻璃小孔看到信号继电器的动作标志。信号继电器有电流型和电压型两种, 前者线圈的阻抗很小, 串联在二次回路内, 在回路中它不是主要的压降元件, 如图 1-3(a)所示, 回路中主要压降元件是跳闸线圈 YR; 后者线圈的阻抗较大, 并联在二次回路上, 如图 1-3(b)所示, KS 是回路中的主要压降元件。

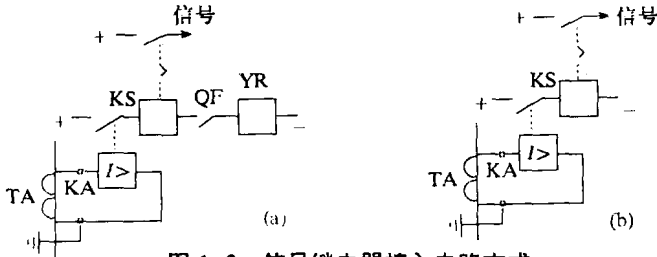


图 1-3 信号继电器接入电路方式

(a) 电流型 (b) 电压型

中间继电器。从结构上看, 类似于电压继电器, 但它的触点对数多而且其容量较大, 它有两个功用: 一是当电流或电压继电器触点的容量不够时, 可借助于它接通容量较大的执行回路; 二是可用它来增加触点数目, 控制多条电路。

时间继电器。它由电磁机构和延时机构等组成, 其电磁机构与电压继电器类似; 其延时机构通常是一套钟表机构, 在保护装置中起到延时的作用。

1.2.3 感应型电流继电器的工作原理

感应型电流继电器由感应元件和电磁元件组成, 两元件有机地组成为一体, 它们共用一套电磁铁芯和一只线圈。

感应元件由电磁铁芯、线圈、旋转铝盘、动定触点以及减速、离合和阻尼等机械机构组成, 其结构详图有关参考书