

电机工程手册

第 31 篇 继电器与保护装置

(试 用 本)

机械工程手册
电机工程手册

编辑委员会



机械工业出版社

73.21073
210
31:2

电机工程手册

第 31 篇 继电器与保护装置

(试 用 本)

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会

31.652.60



机械工业出版社

本篇概述电力系统中各种继电器及保护装置的主要类型，介绍有代表性品种的设计和性能参数等。对于目前应用面大的产品和晶体管型产品，则着重加以介绍。

电机工程手册
第31篇 继电器与保护装置
(试用本)
许昌继电器研究所 主编

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

浙江新华印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行·新华书店经营

开本787×1092 1/16·印张27/8·字数142千字
1979年9月浙江第一版·1979年9月浙江第一次印刷
印数00,001—70,000册·定价0.44元

统一书号: 15033·4620

编 辑 说 明

(一)我国自建国以来，机械工业在毛主席的革命路线指引下，贯彻“独立自主、自力更生”和“洋为中用”的方针，取得了巨大的成就。为了总结广大群众在生产和科学研究方面的经验，同时采用国外先进技术，加强机械工业科学技术的基础建设，适应实现“四个现代化”的需要，我们组织编写了《机械工程手册》和《电机工程手册》。

(二)这两部手册主要供广大机电工人、工程技术人员和干部在设计、制造和技术革新中查阅使用，也可供教学及其他有关人员参考。

(三)这两部手册是综合性技术工具书，着重介绍各专业的理论基础，常用计算公式，数据、资料，关键问题以及发展趋向。在编写中，力求做到立足全局，勾划概貌，反映共性，突出重点。在内容和表达方式上，力求做到深入浅出，简明扼要，直观易懂，归类便查。读者在综合研究和处理技术问题时，《手册》可起备查、提示和启发的作用。它与各类专业技术手册相辅相成，构成一套比较完整的技术工具书。《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品六个部分，共七十九篇；《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化七个部分，共五十篇。

(四)参加这两部手册编写工作的，有全国许多地面和部门的工厂、科研单位、大专院校等五百多个单位、两千多人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员，更为广泛。许多地区的科

技交流部门,为审定稿件做了大量的工作。各篇在编写、协调、审查、定稿各个环节中,广泛征求意见,发挥了广大群众的智慧和力量。

(五) 为了使手册早日与读者见面,广泛征求意见,先分篇出版试用本。由于我们缺乏编辑出版综合性技术工具书的经验,试用本在内容和形式方面,一定会存在不少遗漏、缺点和错误。我们热忱希望读者在试用中进一步审查、验证,提出批评和建议,以便今后出版合订本时加以修订。

(六) 本书是《电机工程手册》第31篇,由许昌继电器研究所主编,参加编写的有山东工学院,上海继电器厂,许昌继电器厂等单位,许多有关单位对编审工作给予大力支持和帮助,在此一并致谢。

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会编辑组

常用符号表

A ——线圈窗口面积	P_{sr} ——输入功率
B ——磁通密度	R_{BL} ——并联电阻
b ——宽度	R_{fh} ——负载电阻
d ——导线直径	R_{fk} ——反馈电阻
E ——电动势,材料弹性系数	S ——截面
F ——力	$S_{d,min}$ ——最小动作功率
f_o ——动作频率	T ——环境温度
f_s ——制动频率	T_0 ——振荡周期
H ——磁场强度	t_d ——动作时间
h ——厚度	t_f ——返回时间
$I_{d,max}$ ——最大动作电流	t_s ——整定时间
$I_{d,min}$ ——最小动作电流	$U_{d,max}$ ——最大动作电压
I_e ——额定电流	$U_{d,min}$ ——最小动作电压
I_g ——工作电流	U_J ——执行电压,极化电压
I_J ——执行电流	U_{jc} ——击穿电压
I_{LO} ——励磁电流	U_{jg} ——精确工作电压
I_{sr} ——输入电流	U_{mn} ——输出电压
I_s ——制动电流	U_{sr} ——输入电压
J ——转动惯量,惯性矩	W ——线圈匝数
K_f ——返回系数	Y ——挠度
K_k ——可靠系数	Z_{sd} ——整定阻抗
L ——长度	β ——闭锁角
M_d ——动作力矩	δ ——位移,气隙
M_f ——返回力矩	ρ ——电阻系数,材料密度
M_m ——摩擦力矩	ϕ ——磁通
M_y ——反作用力矩	τ ——温升
N ——每伏匝数	φ ——相位
P_d ——动作功率	$\varphi_{M,max}$ ——最大灵敏角

目 录

编辑说明 常用符号表

第1章 概 述

- 1 继电保护的任务和基本要求31-1
- 2 继电器的结构原理31-2

第2章 继 电 器

- 1 电流、电压继电器31-3
 - 1.1 构成与动作原理31-3
 - 1.2 动态特性31-4
 - 1.3 动作值的调整范围31-4
 - 1.4 应用扩展方法31-5
 - 1.5 消除低电压继电器抖动的措施31-5
- 2 过流继电器31-6
 - 2.1 感应型过流继电器31-6
 - 2.2 整流型过流继电器31-7
- 3 差动继电器31-9
 - 3.1 动作原理31-9
 - 3.2 速饱和变流器31-9
- 4 功率方向继电器31-10
 - 4.1 整流型功率方向继电器的构成原理31-10
 - 4.2 整流型功率方向继电器的特性31-13
- 5 阻抗继电器31-14
 - 5.1 分类31-14
 - 5.2 整流型阻抗继电器31-14
 - 5.3 整流比较电路31-16
 - 5.4 主要参数31-18
- 6 低频继电器31-19
 - 6.1 主要技术要求31-19
 - 6.2 构成31-19
 - 6.3 频敏回路31-19
- 7 时间继电器31-20
 - 7.1 构成31-20
 - 7.2 电机或电磁机构31-20
 - 7.3 离合器31-20

- 7.4 延时机构31-20
- 7.5 接触机构31-21
- 8 中间继电器31-21
 - 8.1 构成31-22
 - 8.2 设计要点31-22
 - 8.3 改变延时的方法31-25
- 9 舌簧继电器31-25
 - 9.1 动作原理及性能31-25
 - 9.2 设计要点31-26

第3章 晶体管继电保护 装置的基本电路

- 1 电压形成回路31-27
 - 1.1 小型变压器31-27
 - 1.2 简单的电压形成回路31-28
 - 1.3 负序电流过滤器31-28
 - 1.4 复合电流过滤器31-30
 - 1.5 复合电压形成回路31-30
 - 1.6 小型变压器的设计31-31
- 2 比较回路31-32
 - 2.1 绝对值比较回路31-32
 - 2.2 相位比较回路31-33
- 3 执行电路31-36
 - 3.1 基本要求31-36
 - 3.2 零指示器的具体电路31-36
 - 3.3 温度补偿31-37
 - 3.4 抗干扰措施31-37
- 4 门电路31-37
- 5 延时电路31-38
 - 5.1 时间电路31-38
 - 5.2 记忆电路31-39
- 6 出口电路31-40
- 7 基本电路应用举例——晶体管型
方向阻抗继电器31-41

第4章 继电保护装置

- 1 定子接地保护装置31-42

1.1	零序过电压型定子接地保护装置	31-42
1.2	100% 定子接地保护装置	31-42
1.3	利用发电机固有的三次谐波电压的 定子接地保护装置	31-42
2	失励磁保护装置	31-44
2.1	失磁时机端阻抗轨迹	31-44
2.2	中小型发电机失磁保护装置	31-44
2.3	容量较大的发电机欠磁保护装置	31-45
3	变压器差动保护装置	31-45
3.1	特点	31-45
3.2	保护方案的选择	31-46
3.3	鉴别波形间断原理的差动保护装置	31-46
3.4	二次谐波制动的差动保护装置	31-46
4	距离保护装置	31-48
4.1	距离保护装置的构成	31-48
4.2	距离保护通常需要考虑的几个问题	31-49
4.3	整流型距离保护装置	31-52
5	高频保护装置	31-52
5.1	高频通道	31-52
5.2	高频收发讯机	31-53
5.3	高频相差保护装置	31-53
5.4	高频闭锁方向保护装置	31-55
5.5	高频闭锁距离保护装置	31-59
5.6	高频远方跳闸装置	31-60

第5章 自动重合闸装置

1	重合闸装置分类	31-62
2	对重合闸装置的基本要求	31-62
3	重合闸装置的起动	31-62
4	重合闸装置的加速	31-62
4.1	加速方式类别	31-62
4.2	分相后加速的起动	31-62
5	重合闸装置的闭锁	31-62

6	重合闸时间	31-63
7	三相重合闸装置	31-63
8	单相及综合重合闸装置	31-63
8.1	选相元件	31-64
8.2	接地故障判别元件	31-64

第6章 工艺与试验

1	机电型继电器制造工艺	31-65
1.1	触点制造	31-65
1.2	接触片制造	31-65
1.3	导磁片和导磁体制造	31-65
1.4	磁轭板制造	31-66
1.5	轴承板的制造	31-66
1.6	小模数齿轮的制造	31-67
1.7	转轴的制造	31-68
1.8	粉末冶金件的制造	31-69
1.9	压铸件的制造	31-70
1.10	热固性塑料件的制造	31-71
1.11	工程塑料件的制造	31-72
2	晶体管继电保护装置的制造工艺	31-72
2.1	晶体管的筛选	31-72
2.2	印制电路板的钎焊	31-73
3	继电器基本试验方法	31-74
3.1	接触电阻试验	31-74
3.2	动作及返回值试验	31-74
3.3	时间参数试验	31-75
3.4	温升试验	31-75
3.5	绝缘试验	31-75
3.6	触点过载能力试验	31-76
3.7	寿命试验	31-76
4	电力系统动态模拟试验	31-76
	参考文献	31-76

第1章 概述

继电保护装置是电力系统中的不可缺少的重要保护设备。

电力系统在运行时，难免要发生某些故障与不正常运行状态。最常见的故障是各种类型的短路。各种短路的后果和发生短路的地点与持续的时间有关，可能局限于系统中的某一部分，也可能影响到整个系统的运行，造成大面积的停电事故。必须及时地和正确地从系统中切除其故障部分。有时系统中发电设备功率不足，引起电压和频率下降，或发电设备因突然甩负荷引起过电压等等，都属于不正常运行状态，也须采取措施，使系统迅速恢复正常运行，以提高运行的稳定性和供电的可靠性。一般从发电机开始，在电力系统中的各种设备上，都设置各种类型的继电保护装置。图 31.1-1 为继电保护装置保护范围划分示意图。

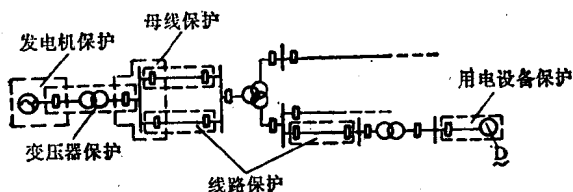


图 31.1-1 继电保护装置保护范围划分示意图

关于电力系统的事故分析及其对继电保护装置的要求，可参看本书第 14 篇“电力系统”的有关章节。关于低压线路中所用的继电器，可参阅本书第 30 篇“低压电器”的控制继电器等章节。

1 继电保护的任务和基本要求

继电保护装置，应能完成以下几方面的任务：

(1) 当电力系统中的被保护设备发生故障时，它能自动发出指令，通过断路器，将故障设备从电力系统中断开，以保证其他非故障部分的继续运行和防止故障设备的损坏。

(2) 当电力系统发生不正常运行状态时，它能发出信号，以便使值班人员采取必要的措施。或过一段时间后，切除故障设备。

(3) 继电保护装置与自动重合闸等自动装置配

合工作，可使发生非永久性故障的设备，恢复正常运行，从而提高电力系统供电的可靠性。

继电保护装置为了完成上述任务，必须满足下列四个基本要求：

a. 可靠性 继电保护装置应经常处于完善准备动作状态，不应由于本身的缺陷而误动和拒动。

b. 选择性 要求继电保护装置只将系统中的故障设备切除，使停电范围尽量缩小，保证非故障设备继续运行。

c. 快速性 为了限制故障扩大，减轻设备损坏，提高系统的稳定性，必须快速切除故障。

故障切除时间是指从发生故障时起，到断路器跳闸灭弧时为止的一段时间，它等于保护装置动作时间与断路器跳闸时间(包括灭弧时间)之和。在采用断路器跳闸时间为 0.04~0.06 秒的情况下，主保护装置瞬时动作时间一般要求如下：

输电线路电压等级 kV	110	220~330	500~750
主保护装置瞬时动作时间 s	0.1~0.5	0.04~0.1	0.02~0.04

d. 灵敏性 要求保护装置对被保护的设备中发生的故障或不正常工作状态，应灵敏地反应和正确地动作。

继电保护的基本组成和在电力系统中所起的作用

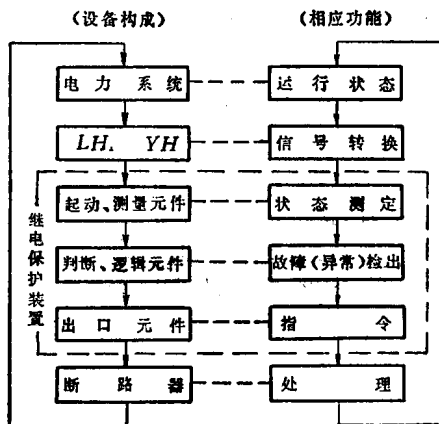


图 31.1-2 继电保护装置在电力系统中的功能示意图

用如图 31.1-2 所示。图中只列出继电保护的主要部分,各部分之间有时还存在着反馈联系。

图 31.1-3 是常用的简单的电流保护装置的原理接线图示例。这种保护装置由电流继电器、时间继电器、中间继电器和信号继电器组成。电流继电器用来判断保护范围内是否发生故障,当被保护设备发生故障时,短路电流增长至大于保护装置的起动电流,电流继电器就起动。时间继电器用来建立适当的延时,以保证保护装置动作的选择性。电流继电器动作后,借其触点将时间继电器的线圈回路接通,于是时间继电器开始动作,经过预定的延时后,其触点闭合,随即起动中间继电器。中间继电器触点闭合后,使断路器的跳闸回路接通,断路器随即跳闸。在跳闸回路中,还串联一个信号继电器,它用来给出保护装置动作的信号。当保护装置动作跳闸时,信号继电器动作,信号牌掉下,同时接通灯光或音响信号回路,以便值班人员能及时发现事故,并在事后进行事故分析。

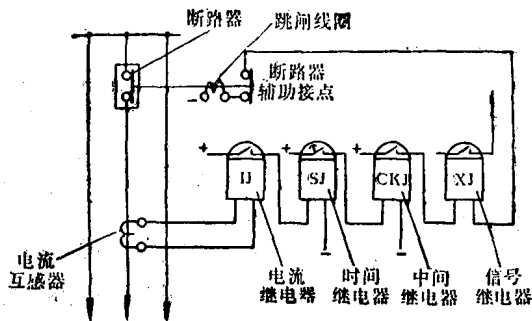


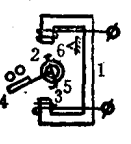
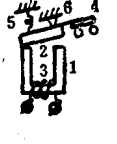
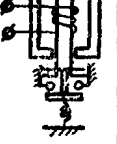
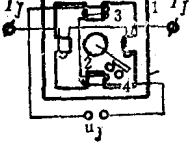
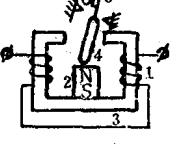
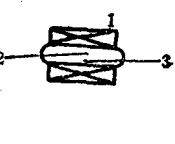
图 31.1-3 定时限过电流保护装置的原理接线图

2 继电器的结构原理

构成各种继电保护装置的继电器,按其构成方式可分为机电型、整流型和晶体管型三大类。

机电型继电器包括电磁型、感应型、极化型和干簧型等。常用的机电型继电器的结构原理见表 31.1-1。

表 31.1-1 机电型继电器的结构原理

类型	电 磁 型			感 应 型	极 化 型	干 簧 型
结 构 原 理						
	(1) 转动舌片式 1—电磁铁 2—可动衔铁 3—线圈 4—触点 5—反作用弹簧 6—止挡	(2) 吸引衔铁式 1—电磁铁 2—可动衔铁 3—线圈 4—触点 5—反作用弹簧 6—止挡	(3) 螺管线圈式 1—电磁铁 2—转动铝杯 3—线圈 4—触点	1—电磁铁 2—转动铝杯 3—线圈 4—触点	1—线圈 2—永久磁铁 3—铁芯 4—衔铁 5—触点	1—线圈 2—玻璃管 3—触点片
简 要 说 明	由载流线圈的磁场和电磁铁之间相互作用,而使触点闭合 (1) 转动舌片式可组成电流、电压继电器 (2) 吸引衔铁式,可组成中间继电器 (3) 螺管线圈式,可组成时间继电器			由载流的两组固定线圈,产生的旋转磁场,与在转动的铝杯上所感应的电流之间的相互作用,而使触点闭合,构成功率继电器、阻抗继电器	由载流线圈的磁场和永久磁铁的磁场,相互作用而动作,只有一定方向的电流,加入线圈时才能动作,构成极化继电器。所以只能反应直流电极性变化	由载流线圈的磁场,使两触点金属片磁化而动作,构成干簧继电器

整流型继电器是利用二极管的整流原理配合其他线路或元件构成的继电器。图 31-1-4 为一种整流型阻抗继电器的原理方框图。它的执行元件是一个极化继电器。

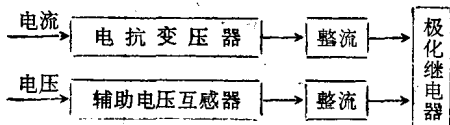


图 31-1-4 整流型阻抗继电器的原理方框图

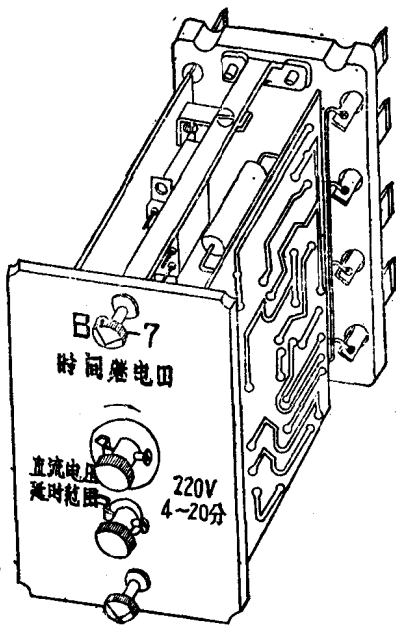


图 31-1-5 晶体型时间继电器外形和内部结构图

晶体管型继电器是利用晶体三极管的放大和开关作用原理构成的,它是由晶体三极管和二极管、小型变压器及电阻、电容等元件组成。图 31-1-5 为晶体型时间继电器的外形和内部结构图。

机电型(以感应型产品为代表)、整流型和晶体管型继电器的主要性能,可概括对比如表 31-1-2。各种性能之间是相对的、有矛盾的,应综合考虑,加以选定。

表 31-1-2 三种类型继电器主要性能比较

性 能	类 型		
	机电型	整流型	晶体管型
动作速度	慢	中	快
灵敏度	低	中	高
功率消耗	大	中	小
抗干扰性	好	好	差
抗温度影响	好	好	差
稳定直流电源	不要	不要	要
机械加工量	大	中	小
成本	低	中	高

目前晶体管型(包括集成电路)继电器与保护装置已大量投入运行。大规模集成电路和电子计算机等在继电保护技术中的应用,是当前的一个重要的发展趋向。

第2章 继电器

继电器按作用可分为测量继电器和辅助继电器两大类。

测量继电器是直接反映电气量变化的继电器,主要的有电流继电器,电压继电器,功率方向继电器,阻抗继电器,频率继电器,差动继电器六类约 20 个系列。

辅助继电器有中间继电器,时间继电器,舌簧继电器和信号继电器四类约 50 个系列。

现将九种产量大应用面广的基本产品分述于后。

1 电流、电压继电器

电流、电压继电器在继电保护装置中作为最基本的测量元件,用以进行电流、电压测量,即当电流、电压达到整定值时动作,从而发出信号或给出跳闸指令。

1.1 构成与动作原理

电流、电压继电器一般采用电磁型工作原理,其结构见图 31-2-1。当线圈中通过电流时,所产生的

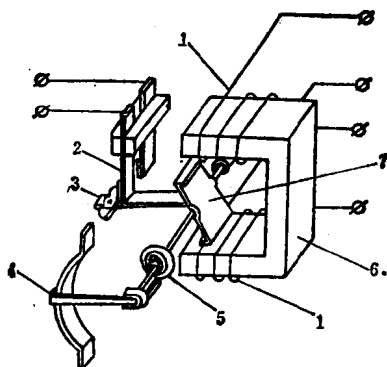


图 31-2-1 电流、电压继电器结构图

1—线圈 2—静触点 3—动触点 4—调整手柄
5—游丝 6—电磁铁 7—衔铁

磁通经过电磁铁、空气隙和衔铁构成的闭合磁路。Z形衔铁7在磁场作用下产生电磁力矩。当电流增加至动作电流(I_d)时,作用于衔铁的电磁力矩克服游丝和摩擦所产生的反作用力矩,使衔铁转动吸向电磁铁,继电器动作,触点闭合。继电器动作后,当电流减小至返回电流(I_f)时,游丝的反作用力矩等于衔铁的电磁力矩与摩擦力之和,继电器即返回,触点断开。因此,继电器动作和返回时的条件为

$$M_d = K \frac{(I_d W)^2}{\delta_a^2} \geq M_v + M_m \quad (31.2-1)$$

$$M_f = K \frac{(I_f W)^2}{\delta_f^2} \leq M_v - M_m \quad (31.2-2)$$

式中 M_d ——继电器的动作力矩 gf·cm

M_f ——继电器的返回力矩 gf·cm

M_v ——游丝的反作用力矩 gf·cm

M_m ——摩擦力矩 gf·cm

W ——继电器线圈的匝数

δ_a ——动作时的气隙 mm

δ_f ——返回时的气隙 mm

K ——常数

继电器的返回系数可以表示为

$$K_f = \frac{I_f W}{I_d W} = \frac{I_f}{I_d} \quad (31.2-3)$$

一般要求继电器的返回系数在0.8以上(对过量继电器而言)。

1.2 动态特性

电流、电压继电器的动态特性是产品设计的主要依据,见图31-2-2。图中各曲线分别表示最小刻度和最大刻度下,动作及返回时的力矩、反作用力矩

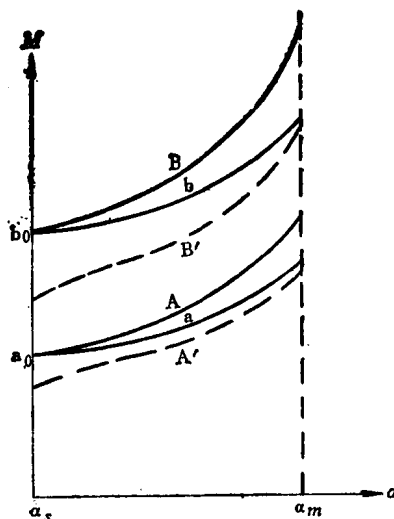


图 31-2-2 动态特性曲线

与衔铁转动角度间的关系。图中, α_s 为Z形衔铁转动时的起始角; α_m 为Z形衔铁转动后的终了角。A为整定在最小刻度时动作力矩与转角的关系曲线;A'为整定在最小刻度时返回力矩与转角的曲线;a为整定在最小刻度时反作用力矩与转角的关系曲线;b为整定在最大刻度时反作用力矩与转角的关系曲线;B为整定在最大刻度时动作力矩与转角的关系曲线;B'为整定在最大刻度时返回力矩与转角的关系曲线。从曲线图看,在任何角度下,继电器能正常动作的必要条件为:

$$A > a > A'$$

$$B > b > B'$$

上述条件,可通过选定电磁气隙、Z形衔铁的工作角度、以及游丝的初始力矩来达到。

1.3 动作值的调整范围

继电器的动作值,可通过调整游丝的反作用力矩来改变。表31-2-1为常用的电流、电压继电器在使用不同游丝时,最大刻度与最小刻度的动作安匝。

表 31-2-1 动作安匝整定范围

游丝扭转90°时的力矩(mgf·mm)	DL-1		DL-10	
	最小刻度	最大刻度	最小刻度	最大刻度
800	7	14	8	16
4000	30	60	50	100
5000	38	76	—	—

继电器的整定值范围,一般是最大值为最小值的二倍。此外,继电器有两个线圈,可以接成串联或并联,使继电器的整定值范围在1~4之间变化。如再变换线圈规格和游丝的反作用力矩,则继电器的动作整定值可在很宽的范围内变化。因此,这类继电器规格繁多,应用广泛,并且派生的品种也很多。例如,同步继电器,接地继电器,差流继电器等。

1.4 应用扩展方法

为了适应各种需要,例如扩大使用范围,改善继电器性能等,可以在基本的电流、电压继电器的基础上,附加一些元件来达到。表31.2-2列举了扩大应用范围的方法。

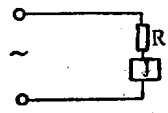
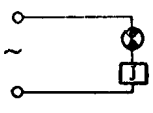
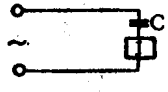
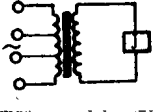
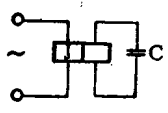
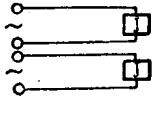
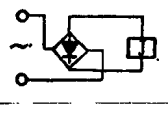
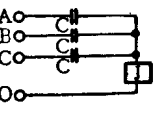
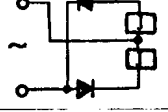
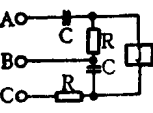
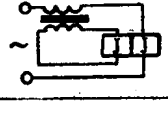
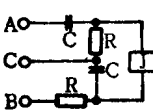
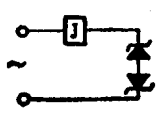
1.5 消除低电压继电器抖动的措施

电流、电压继电器工作于交流电路中,又没有短路环设施,所以继电器本身存在抖动现象。低电压继电器一般整定值较小,在长时间接入额定电压下,由于游丝力矩较小,电磁力矩较大,可动系统以两倍的交流电源周率振动,使触点接触不良,同时易导致轴尖、轴承过早损坏,因此应力求消除抖动。可采取如下措施:

(1) 调整触点系统,使动触点转动灵活,两静触点片的弹力一致,防震片与静触点片的距离适当;使初始接触角合适,动触点有一段滑动行程。

(2) 在额定电压下,放松铝架,调整衔铁与导磁

表 31.2-2 应用范围扩展方法

类别	原理接线	性能特点	类别	原理接线	性能特点
改善性能		降低内角,减少继电器的励磁安匝在动作前和动作后的变化,改善继电特性	改善性能		灯泡的热态电阻约为冷态电阻的八倍,串接灯泡后,可以提高热稳极限功率的倍数
		在达到同上目的的情况下还可以不增加功率消耗			用变流器一次抽头的改变来扩大量限
		对电流源补偿内角,提高灵敏度;通过二次绕组以提高电压,减小所需补偿电容的容量	扩大使用范围		可测量电流和电压的和或差,以及两个电源的频率差
		附加全波整流以减少抖动			用以反应零序分量
		附加双半波整流以减少抖动			用以反应正序电压分量
		用变流器及补偿绕组以减少电源交流成份的影响			用以反应负序电压分量
应用范围		用串联稳压管以提高返回系数 $\frac{U_f + U_w}{U_d + U_w} > \frac{U_f}{U_d}$ U_f ——返回电压 U_d ——动作电压 U_w ——稳压管电压			

体之间气隙,以触点无振动为准,但应注意气隙不得小于1毫米,以防止动作过程中卡住。

(3) 调整可动系统,使转动角度不要太大,避免触点接触时冲击太大。

(4) 必要时可将衔铁端部向内弯曲。但弯曲后应重复检验动作及返回电压。

(5) 采取如下改进措施:在衔铁上加弹簧片(如图31·2-3所示),或在止挡螺杆上加弹簧片(如图31·2-4所示),避免衔铁和止挡螺杆的直接碰撞。

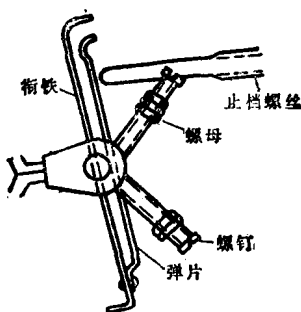


图 31·2-3 可动系统改进结构图

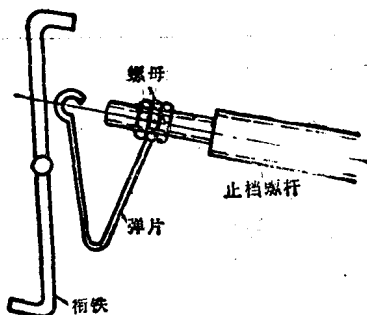


图 31·2-4 采用弹片消除抖动结构图

(6) 增加可动部分的惯量以减轻抖动。改进结构图如图31·2-3所示。图中弹片作缓冲用,螺母增加了可动部分惯量,其上螺杆采用三个螺母,下螺杆用两个螺母,这就使继电器在动作时,由于上面三个螺母产生的重力矩,有助于加快动作,加速返回,从而保证其触点工作可靠,动作干脆。

2 过流继电器

过流继电器广泛用作10千伏以下的馈电线和几百千伏安级的变压器或电动机的主保护。当被保护的上述设备发生故障或过负荷时,有较大的电流

流过继电器的线圈,使继电器动作,接通跳闸回路,断开被保护设备的电源。目前,在系统中应用的为感应型和整流型两种过流继电器。

2.1 感应型过流继电器

图31·2-5为感应型过流继电器结构图。感应型过流继电器具有有限反时限特性。当通过继电器线圈的电流为动作电流的较小倍数时,其动作时限与电流平方成反比。继电器的动作时限随电流的增加而缩短的特性,称为反时限特性。当电流增大到某一数值时(约10倍动作电流),继电器的动作时限不再随电流而变化,而具有定时限特性。此外,继电器还有瞬动特性。当电流达到瞬动电流的整定值时,继电器接通触点回路。

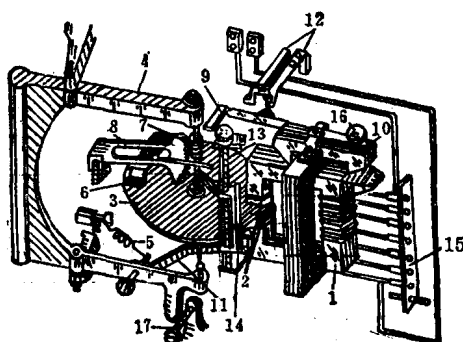


图 31·2-5 感应型过流继电器结构图

- 1—电磁铁 2—短路环 3—铝盘 4—可动框架
- 5—拉力弹簧 6—永久磁铁 7—蜗杆
- 8—扇形齿轮 9—衔铁杠杆 10—瞬动衔铁
- 11—舌形钢片 12—接点 13—时间调整旋钮
- 14—时间指示器 15—电流整定板 16—速断整定旋钮 17—框架返回限制螺丝

继电器由感应元件和电磁速断元件两部分组成。

2.1.1 感应元件铝盘转动原理

图31·2-6为感应元件的原理图,向量图示于图31·2-7。感应元件具有带短路环的电磁铁,当继电器线圈中通过交流电流时,产生两个在空间上分开。在相位上差 φ 角的磁通 ϕ_I 和 ϕ_{II} 。根据电磁感应原理,产生一导前磁通 ϕ_{II} 向滞后磁通 ϕ_I 方向移动的旋转转矩,使铝盘转动。铝盘的动作转矩为

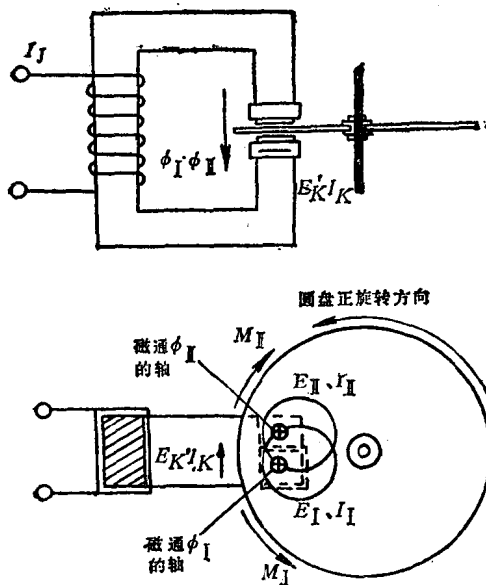


图 31-2-6 感应元件原理图

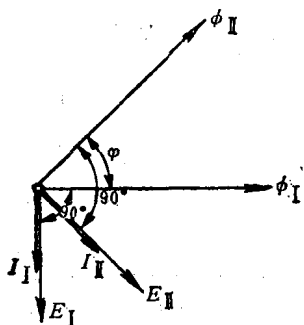


图 31-2-7 感应元件向量图

$$M_d = K \phi_I \phi_{II} \sin \varphi = K' I^2 \quad (31-2-4)$$

当继电器线圈中的电流达到 20~30% 动作电流时, 铝盘开始转动, 但继电器不动作, 因为这时扇形齿板尚未与蜗杆啮合。在铝盘转动时, 电磁铁和永久磁铁产生两个作用在铝盘上的力, 这两个力企图使铝盘和框架一起转动, 但弹簧的反作用力正好是克服这两个力。当线圈中的电流达到动作电流时, 电磁铁和永久磁铁产生的两个力的合力大到足以克服弹簧的反作用力, 这时, 铝盘与框架一起转动, 蜗杆与扇形齿板啮合。随着铝盘转动, 扇形齿板上升, 它的臂推动衔铁臂达到一定位置, 瞬动衔铁啮合, 使触点闭合。当线圈中的电流等于或小于返回电流时, 继电器的触点就断开。

2.1.2 反时限部分原理

继电器的动作时限的长短, 取决于扇齿与蜗杆啮合到触点闭合时, 铝盘所转过的角度 \$\alpha\$ 和转速 \$\omega\$, 故动作时限可由下式决定:

$$t_d = \frac{\alpha}{\omega} \quad (31-2-5)$$

由式 31-2-5 可知, \$t_d\$ 的长短与 \$\alpha\$ 和 \$\omega\$ 有关。\$\alpha\$ 的大小可由改变时间整定旋钮的位置而定, 当 \$\alpha\$ 一定时, \$\omega\$ 越大 \$t_d\$ 越短。反之则越长。当继电器线圈中的电流 \$I\$ 增加时, 铝盘的角速度 \$\omega\$ 与 \$I^2\$ 成正比地增大, 故动作时间就缩短。

2.1.3 电磁元件动作原理

继电器的电磁元件由电磁铁、瞬动衔铁及磁分路铁芯组成, 磁分路磁通作用于瞬动衔铁上, 当电流超过感应元件动作电流的 4~8 倍时, 瞬动衔铁瞬时被吸下, 从 31-2-5 图中, 可看出衔铁臂将触点 12 闭合。瞬动电流的大小可用调整螺丝 16 改变衔铁与电磁铁间的空气隙来调节。由于瞬动衔铁与电磁铁间空气隙的大小对于瞬动电流影响极大, 因此整定螺丝应可靠地固定。

感应型过流继电器的动作时限特性见图 31-2-8。

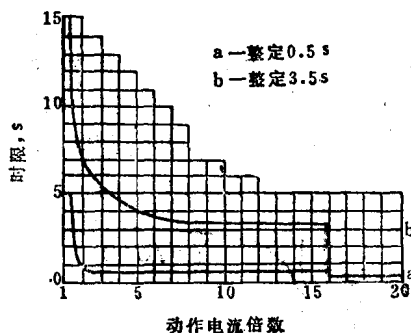


图 31-2-8 感应型过流继电器的时限特性

2.2 整流型过流继电器

由于感应型过流继电器的机械结构比较复杂, 传动机构精度要求较高, 制造不易, 而且在使用中由于机械变形、磨损和振动等原因, 往往会引起性能变化, 产生拒动、误动等现象。近年来, 发展了整流型过流继电器, 它克服感应型过流继电器的上述缺点, 目前在电力系统逐步推广应用。

整流型过流继电器的构成方式如图 31·2-9 所示。其中起动元件与一般的电流继电器相同,执行元件为微型中间继电器,整流部分为通用的单相桥式整流回路,速断部分为常用的电阻分压回路。

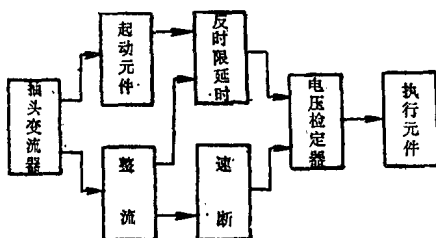


图 31·2-9 构成方框图

2.2.1 抽头变流器的设计与反时限特性的获得

设计抽头变流器时要考虑以下几个问题:

- (1) 在 2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、6、7、8、9、10 安各整定电流下,其励磁安匝数尽量相同,变差不应大于 5%;
- (2) 能提供起动元件与整流回路以足够的功率;
- (3) 其磁饱和特性曲线能构成反时限特性;
- (4) 尽可能小的体积与功率消耗,并满足额定电流下长期工作中的热稳定要求。

图 31·2-10 中曲线 A 是抽头变流器的综合磁化曲线 $\phi-IW$, 曲线 B 是在理想的动作条件下,继电器的动作时间 T_0 与励磁安匝 IW 的曲线。通过改变磁路的截面、气隙等可以改变曲线 A、B 的形

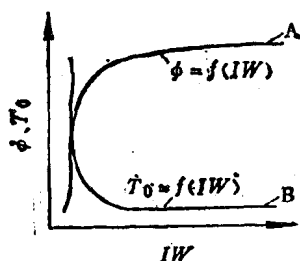


图 31·2-10 综合特性曲线

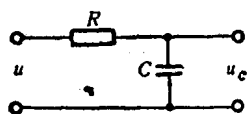


图 31·2-11 充电延时回路

状。因为对于一般的 RC 充电延时回路 (图 31·2-11) 的延时

$$t = RC \ln \frac{u}{u - u_0} \quad (31 \cdot 2 - 6)$$

t 为电容器两端电压由零充电到 u_0 所需的时间。在同一曲线 A 的情况下,通过选用不同的 u 值,不但能改变延时的长短,而且能改变曲线 B 的形状。所以整流型过流继电器的反时限特性是由磁饱和曲线和充电曲线复合而成。为使 u_0 值保持不变,需要一个比较稳定的电压检定器。

2.2.2 电压检定器

图 31·2-12 为整流型过流继电器的电压检定器原理接线图。这是一个简单的双基极二极管触发器。在整个充电过程,能量在逐渐积累,而只在放电瞬间供给执行元件动作。所以整个充电回路的消耗

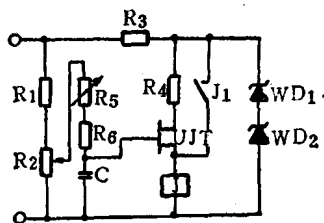


图 31·2-12 电压检定器原理接线图

功率较低,且由于双基极二极管性能较稳定,就能使整个电压检定环节的精度保证在 3% 的范围内。

执行元件 J 有两付常开触点,一付用作出口,另一付用作自保持 (图 31·2-12 中的 J_1)。其动作速度约在 8ms 以下,保证在放电瞬间能可靠工作。

图 31·2-13 为整流型过流继电器的时限特性。

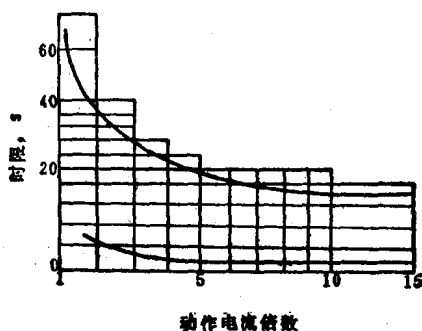


图 31·2-13 整流型过流继电器的时限特性

3 差动继电器

差动继电器用于保护变压器和发电机等设备,它反应被保护对象(变压器或发电机)的线路两侧电流的大小和相位的差异。

3.1 动作原理

以变压器的差动保护为例,其原理接线图见图 31.2-14。

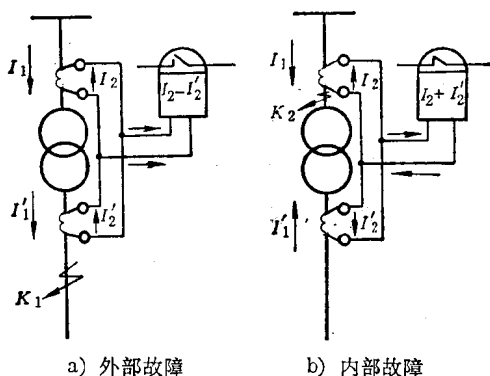
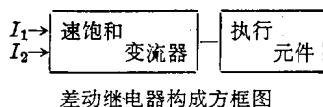


图 31.2-14 变压器差动保护原理接线图

在变压器正常运行或发生外部故障时,如图 31.2-14a,两个电流互感器的一次侧的电流 I_1 和 I_1' 大小相等(假设被保护变压器的变压比等于 1,并忽略励磁电流时),方向相同,因而两个二次侧的电流也大小相等,方向相同。这时,通过差动继电器的电流 $I_J = I_2 - I_2' = 0$,差动继电器不动作。

在发生内部故障时,如图 31.2-14b,两个电流互感器的一次侧的电流 I_1 和 I_1' 大小不等,且相位相反,二次侧的电流 I_2 和 I_2' 亦然。这时,通过差动继电器的电流 $I_J = I_2 + I_2'$ 。在这个电流的作用下,差动继电器动作,使断路器跳闸,变压器与电力系统断开,从而保护了变压器。

差动继电器的构成方式如下图。其执行元件是一般的电流继电器。



3.2 速饱和变流器

速饱和变流器是差动继电器中的一个重要部件,它的作用为:

(1) 作为一般的抽头变流器,利用不同的抽头来补偿正常运行时 I_2/I_2' 的不平衡;

(2) 利用它的速饱和特性来避开励磁涌流和穿越性故障造成的暂态不平衡电流。

3.2.1 具有短路绕组的速饱和变流器

图 31.2-15 是具有短路绕组 W_d 的速饱和变流器的原理接线图。因为励磁涌流含有大量的直流成分,速饱和变流器的作用就是当输入电流 I 含有直流成分时,随着 $\frac{I}{I_{\text{ac}}}$ 比值的增加而使变流器的传变效率相应降低,从而降低二次绕组 W_2 供给执行元件 J 的电流,使继电器的起动电流 I_d 提高,以避免非内部故障时产生保护误动。

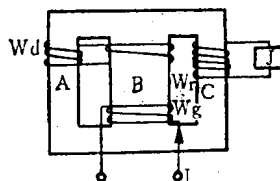


图 31.2-15 具有短路绕组的速饱和变流器原理接线图

图 31.2-16 表示继电器的起动电流 I_d 与 $\frac{I}{I_{\text{ac}}}$ 的关系。曲线 A 表示非饱和的一般变流器 I_d 不因 $\frac{I}{I_{\text{ac}}}$ 而变化;曲线 B 表示一般的饱和变流器因直流成分使导磁率降低,使 I_d 有所提高;曲线 C 表示带短路绕组 W_d 的速饱和变流器 I_d 值随直流成分增加而急骤增加。

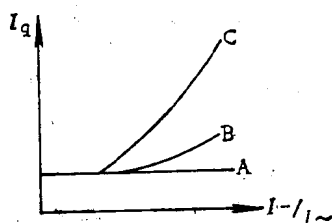


图 31.2-16 直流偏磁特性

速饱和变流器参数的选择如下:

铁芯截面 $S_B = 2S_A = 2S_O$

短路绕组匝数 $W_{dA} = 2W_{dB}$

铁芯磁通密度 $B_O \approx 3B_B \approx 3B_A$

功率传变效率 $\alpha = \frac{P_d}{P_{\text{pr}}} \approx 0.15$