

繼電保护和 二次回路

白文潤編

第十三册

发电厂和变电所的电气工人丛书

水利电力出版社

出版者的話

随着工农业的大跃进，各省、市、专区、县和有条件的农业生产合作社，都在迅速地建設着中小型的火力发电厂和水电站。因之电气工人也将大量增加。为了适应电气工人的技术学习和工作的需要，我們决定出版一套“发电厂和变电所的电气工人丛书”。这套丛书共二十三册，内容包括：发电厂和变电所的电气設備概論、发电机和調相机、发电机的故障和修理、交直流电动机和励磁机、发电厂和变电所的自用电、电力变压器和調压装置、开关設備、配电装置、电纜、电力整流装置、蓄电池、繼电保护和二次回路、电气仪表、发电厂和变电所的继电保护、发电厂和变电所的安全設備和用具、发电厂和变电所的自动控制 and 信号設備、发电厂和变电所的遙远測量 and 遙远調整、发电厂和变电所的通訊設備、发电机和发動机的安裝、电力变压器的安裝、开关安裝和母綫的安裝等。文字通俗易懂，沒有高深的理論，并适当地附了一些插图来帮助理解文字叙述；它能使具有小学至初中文化程度的电气工人比較系統地从書中得到发电厂和变电所电气設備的結構、性能、安裝、运行和維護等各方面的知識。

因为担任这套丛书編写工作的各位作者写作进度不一，所以这套丛书将不根据順序出版，而是根据作者脫稿的先后陸續出版，在編写这套丛书时，我們考虑了丛书的系統性，也考虑了每册的独立性，所以不按順序出版，对讀者的影响不会太大。我們誠懇的希望讀者提出寶貴意見。

目 录

第一章 繼电保护装置的一般概念	5
第一节 繼电保护装置的功用	5
第二节 对繼电保护装置的基本要求	7
第三节 繼电器及繼电保护装置的分类	10
第四节 繼电器常用的表示符号	13
第五节 繼电器作用于开关的方法	15
第六节 仪表交流器与繼电器的接綫	16
第七节 繼电保护装置的操作电流	30
第二章 繼电器的种类和构造	34
第一节 电磁型电流繼电器	34
第二节 电磁型电压繼电器	41
第三节 感应型电流繼电器	43
第四节 具有速饱和交流器的电流繼电器	52
第五节 电力方向繼电器	58
第六节 时间繼电器	65
第七节 輔助繼电器	70
第八节 信号繼电器	75
第三章 各种繼电保护装置的結綫方式	77
第一节 电力系统的过电流繼电保护装置	77
第二节 电力系统的电流速断装置与电压速断装置	83
第三节 电力系统的接地保护装置	88
第四节 电力系统的电流方向保护装置	91
第五节 电力系统的横差动保护装置	95
第六节 电力系统的縱差动保护装置	101
第七节 电力系统的距离保护装置	102
第八节 发电机的繼电保护装置	104

第九节 电力变压器的繼电保护装置.....116

第十节 母綫繼电保护装置.....126

第十一节 电动机的繼电保护装置.....131

第四章 新类型的繼电保护装置.....136

第一节 具有电磁放大器的发电机接地保护装置.....136

第二节 HCB型綫路縱差动保护装置.....138

第三节 相位比較式高周波保护装置.....142

第四节 单一繼电器的发电机橫差动保护装置.....145

第五节 带交流助磁綫卷速飽和变压器差动保护装置.....146

第五章 二次結綫.....148

第一节 二次結綫在电力系统中的重要性.....148

第二节 二次結綫回路的定义和分类.....149

第三节 二次結綫图的分类及其代表符号.....151

第四节 二次結綫的构造.....155

第六章 二次結綫的檢驗与维护.....166

第一节 二次結綫的檢查.....166

第二节 絕緣电阻測定.....170

第三节 二次結綫回路中联结设备的檢查.....172

第四节 交流耐压試驗.....173

第五节 仪表变流器联结的校对.....176

第六节 测量仪表联结的檢查.....179

第七节 繼电器的联结和相互动作的檢查.....181

第八节 其他器具的动作檢查.....181

第七章 各类繼电器的主要試驗.....182

第一节 外部檢查.....182

第二节 内部及机械部分檢查.....183

第三节 絕緣檢驗.....188

第四节 电气特性校驗.....189

第八章 繼电保护装置的試驗.....210

第一节 定期校驗的重要性.....210

第二节 檢驗工作的种类和期限.....212

第三节 仪表变流器的試驗.....215

第四节	繼电保护装置的整組試驗	221
第五节	繼电保护装置的相互动作檢驗	224
第六节	用一次电流檢驗繼电保护装置	227
第七节	用工作电压和負荷电流檢驗繼电保护装置	237
第九章	繼电保护装置及二次結綫在安装时的要求和	
	注意事項	250
第一节	总的要求	250
第二节	繼电器、輔助器具及零件	250
第三节	控制盘和繼电保护盘	253
第四节	二次結綫	255
第五节	控制電纜	258
第十章	繼电保护装置在檢修时的要求和注意事項	260
第一节	总的要求	260
第二节	檢驗前的准备工作	261
第三节	控制電纜	262
第四节	二次結綫	262
第五节	繼电器	263
第六节	校对結綫图	265
第十一章	可熔保險器	265
第一节	可熔保險器的应用及一般概念	265
第二节	可熔保險器的选择	266
第三节	选择性的配合	268
第四节	計算选择保險絲的实例	270
第十二章	繼电保护装置发生誤动作的实例及对策	278
第一节	繼电保护事故产生的原因	278
第二节	繼电保护装置誤动作的实例	279
第三节	繼电保护事故的对策	291
附录1.	繼电器的技术数据	294
附录2.	繼电器外形尺寸图	306
附录3.	HP 1型可熔保險器的技术数据	312

第一章 繼电保护装置的一般概念

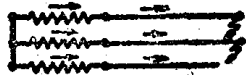
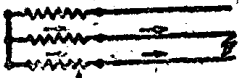
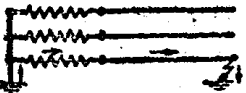
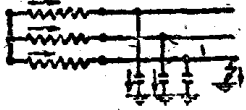
第一节 繼电保护装置的功用

在电力系統中发生短路或电流增加、周波或电压的上升下降等不正常工作情况，都会破坏电力系統的电气設備及用户的正常工作。

电力系統中的不正常工作情况随着将产生电压及周波的下降，严重地影响电力用户的正常工作及破坏电机間的同步运行，在电流增加或超过額定电压值的不正常工作情况下，可能造成电气設備损坏的危險。

在电力系統中，最危險的故障就是各种相間短路或单相

表 1-1 电力网中的各种类型故障

短 路 种 类	图 例
三相短路	
两相短路	
单相接地短路	
小电流接地电网的单相接地	

接地。

除了上述各种短路故障以外，在电机及变压器中，还有单相匝間短路。

通常产生短路的主要原因是：

1. 絕緣损坏，引起这种损坏的主要原因是由于在綫路上发生了直接落雷或过电压及机械破坏(如导綫折断，向导綫上投擲金屬物及其他)。

2. 运行人員的誤操作，例如带負荷拉刀閘，带短路地綫合閘及其他等。

运行經驗指出，架空綫路的故障較电机、变压器及其他电器的故障要多些。

短路故障是最严重的一种故障，因为短路故障不仅是电流的增加，同时将使电压随之剧烈的下降，以致引起以下严重后果：

1. 流經短路地点的电流，将引起设备的絕緣损坏，如果电流愈大，則损坏的范围也愈大。因而破坏了电气设备工作的連續性。

2. 短路电流沿着未故障部分流过，使其超过允許范围或載流部分的过热，引起絕緣损坏。

3. 短路时由于电压大量下降，使用戶的正常工作遭受破坏。

因为异步电动机是电能的主要电力用戶，异步电动机的轉矩 M_e 是与其端子上的电压成平方正比的关系 ($M_e = U^2$)，当电压突然下降时，电动机的轉矩随之减少。如果电压低于額定电压60~70%时，电动机的轉矩将小于机械力矩，則电动机即停止旋轉。

4. 电压下降会引起并列运行的电机失去同步，結果使事

故扩大，因而破坏了电力系统的并列运行的稳定性。

在小电流接地的电力系统中常常发生单相接地短路，在这种情况下，不会直接破坏电力系统的正常运行。然而这种故障有可能从一相接地转变为相间短路。为了防止破坏电力用户的正常工作，当发生接地时保护装置只发出信号。

这样看来，继电保护装置的主要功用就是迅速地将故障部分与电力系统中其余未故障的部分自动断开，以保证电力系统的运行恢复正常工作并缩小故障的范围，避免事故扩大。

继电保护装置的第二个功用是区别电力系统的设备处于不正常运行状态（例如过负荷，变压器中的油分解成轻微瓦斯气体等），向运行人员发出警报信号或经过一定的时限以后断开设备。

在这种不正常运行情况下，没有必要迅速地断开设备，继电保护装置可以作用于信号，以便使运行人员采取必要的措施（例如减少变压器或电动机的负荷等）。但在无经常运行值班人员的发电厂或变电所中，而是经过一定的时限以后再作用于跳闸。

第二节 对继电保护装置的基本要求

对继电保护装置的基本要求如下：

1. 选择性 当发生短路故障时，继电保护装置仅使故障的线路断开的性能称继电保护装置有选择性。

图1-1所示说明选择性断开线路的一个例子，在 K 点短路时，线路 I 的保护装置应使开关 3 跳闸，也就是使靠近故障点的开关断开，而电力系统中所有其他未故障的线路则仍然继续运行。

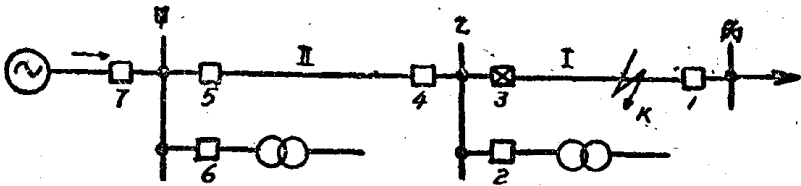


图 1-1 繼电保护装置动作选择性的原理

假如由于綫路 I 的繼电保护装置或其开关拒絕动作，以致使靠近故障地点的开关未断开时，則向电源側的次一个开关 5 应断开。

2. 动作迅速 为了达到下列目的，繼电保护装置的**动作迅速**是必要的。

(1) 当短路时，必須加速切断故障，借以提高电力系統中发电机并列运行的稳定性。

(2) 当短路时，迅速地将故障部分断开可以防止或减少由于短路电流而造成的损坏。

(3) 动作迅速可以减少电力系統在短路时因电压大量下降对用户的影响。

(4) 迅速切断故障，可以提高故障架空綫路自动重合閘的效果。

(5) 迅速切断故障，能改善电气照明用电。

如果在电力系統中未故障部分不低于額定电压 60~70% 时，允許保护装置带有 0.5~1 秒的动作时限。

总之，为了保証电力系統可靠地运行，所有輸电綫路及电气设备上均应安装具有快速动作的保护装置及自动开关。近代的速动保护装置的动作时限約为 0.02~0.04 秒，空气开关已經制造出具有 0.05~0.08 秒的动作时限。

3. 灵敏性 繼电保护装置，对于在被保护的电气設備內

发生的任何一种故障和不正常工作状态来说应当是很灵敏的，也就是说，希望继电保护装置在线路或电气设备上发生微小的故障时能反应动作。同时要求它在故障发生时就动作，因为继电保护装置的灵敏度愈高，则对电力系统未故障部分的影响就愈小，并且能够缩小在故障处的设备损坏程度。但从另一方面来看，作为反应故障的继电保护装置，在电力系统或电气装置正常工作时，或者不是危险的过负荷时，它就不应该动作（跳闸或发出信号）。

4. 可靠性 继电保护装置应经常准备着动作，并且在各种故障和不正常的运行情况下要可靠地动作，它不应该误动作或拒绝动作。

继电保护装置的可靠性极为重要。为了说明其重要性以图1-2为例，在K点发生短路时，由于线路I的继电保护装置或开关3拒绝动作，线路IV继电保护装置动作致使开关4跳闸，结果使系统中无故障的线路II及III全部失去电源。

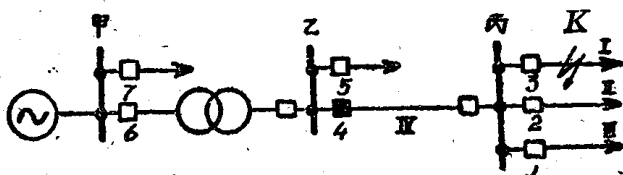


图1-2 单电源的电力系统整定原理图

如果由于变压器的继电保护装置不正确动作，而使开关6跳闸，其结果将使乙和丙变电所全部失去电源。

因此，为了保证继电保护装置可靠地动作，必须注意以下几点：

(1) 继电保护装置的构成应采用质量优良的继电器及各种部件。

(2) 繼电保护装置結綫方式构成的要簡單，同时使結綫回路中繼电器及接点的数量最少。

(3) 繼电保护装置的安裝应当可靠而質量高，也就是說在安裝时，应消除保护装置結綫回路中的导綫断綫、导綫間短路或接地，由于机械振动而使繼电器动作，以及接点联接的损坏及其他等。

(4) 所有应用于繼电保护装置結綫回路中的輔助設備、联接端子、导綫及其他均应可靠。

此外，正确地运行和維護繼电保护装置，正确地計算繼电保护装置的正定值，正确地运行管理及有計劃地进行檢驗与調整繼电保护装置也是很重要的。

第三节 繼电器及繼电保护装置的分类

繼电器可依照几种不同方法分类。

一、依照构造型式分类

1. 电磁式 在电磁鉄的磁場里，利用一个可动銜鉄的动作原理。

2. 感应式 利用感应式瓦特小时計的原理。

3. 电动力式 在一个固定綫卷的磁場里，利用一个可动綫卷的动作原理。

4. 螺綫管式 利用磁化的螺綫管对一根活动鉄柱的吸力而动作的原理。

5. 热力式 利用温度上升而使金屬膨脹的原理。

二、依照反应量的变化特性分类

1. 过量繼电器 当数值上升时，繼电器即反应动作；

2. 欠量繼电器 当数值下降时，繼电器即反应而动作。

三、依照反应电气量与非电气量来分类

1. 反应电气量的繼电器 依照电流、电压或电力的变动而产生动作的繼电器。

2. 反应非电气量的繼电器 依照速度，压力或温度的高低而产生动作的繼电器。

四、依照作用分类

1. 主繼电器 直接反应电气量的变化的繼电器，例如电流、电压、电力或周波繼电器。

2. 輔助繼电器 用于繼电保护装置結綫回路中作为产生时限、增加主繼电器接点数目、主繼电器动作傳送脉冲使开关跳閘及作为实现繼电保护装置各元件之間相互联系之用，例如時間繼电器、輔助繼电器、电碼繼电器等。

五、依照其接入被保护电路的方法分类

1. 一次式繼电器 其反应机构直接接在被保护設備的一次电路中，即繼电器綫卷与被保护电路串联起来(参看图1-3甲)。

2. 二次式繼电器 其反应机构是經過仪表变压器或仪表变流器以后再接入(参看图1-3乙)。

目前使用得最广泛的是二次式繼电器，因为它具有下列很多优点：

1. 繼电器与高压完全絕緣，因此在檢修时，可以不断开被保护的設備；另外因为繼电器的綫卷絕緣仅考虑仪表变压器二次电压的絕緣，所以繼电器在制造上較簡單。

2. 繼电器可以安装在距被保护設備較远而适当的場所。

3. 繼电器构造部分灵巧，耗損电力也較小，因之准确性与灵敏度大大提高。

4. 繼电器在制造上采用統一的一个标准电流或电压（額定电流为 5 安或額定电压为 100 伏）。这样与被保护設備的一次回路的电压与电流无关，因为所有仪表变压器与仪表变流器的二次电流与电压均是一样的，也就是說二次电流为 5 安电压为 100 伏。

但是二次式繼电器也有如下缺点：

1. 构造較为复杂；

2. 須敷設控制电路，因而使成本大大提高。

在高压設備上，采用一次式繼电器时有以下优点：

1. 結綫簡單，成本較低，因为它不需要仪表变压器与仪表变流器。

2. 直接动作的一次式繼电器使开关跳閘不需要任何操作电源。

但一次式繼电器也有以下一些缺点：

1. 繼电器不可能用标准的及实现相应的一次系統被保护設備的額定电流与額定电压。

2. 在檢驗与調整繼电器时，仅能在被保护設備无电压并断开下进行。

3. 繼电器必需装設在被保护設備的附近。

所以一次式繼电器主要应用于小容量的設備上及 3 ~ 10 千伏的电力系统內。

每一組繼电保护装置在大多数情况下，是由数个繼电器組成的。繼电保护装置依照組成的原理可以分为下列各种繼电保护装置：

1. 电流保护装置 它是反应预先规定的电流超过某一固定数值时便动作的繼电保护装置(这种保护装置的動作可构成带时限或不带时限的)。

2. 电压保护装置 它是反应预先规定的电压, 当降低或超过某一固定的数值时即动作的繼电保护装置。

3. 差动电流保护装置 它是反应当两个或几个相互比较的电流的差額而瞬时动作的繼电保护装置。

4. 电力方向保护装置 它是反应当短路电力的符号是一定的时候(換言之即按着电力的方向而動作)便动作的繼电保护装置。

5. 距离保护装置 它是反应故障点与装設保护装置地点(变电所內、輸电綫路上)之間的距离的一种繼电保护装置。

6. 高周波保护装置 它是利用高周波的原理, 当互相比較的电流差額超过预先规定的数值或当在被保护綫路两端的电力符号(电力方向)相同时, 保护装置則瞬时動作。

对于每一个具体的电气設備来說, 需要装設那些繼电保护装置, 应根据“电气設備安裝規程”来确定。

第四节 繼电器常用的表示符号

繼电器的表示方法, 通常是用一个方块来表示, 上面有一个半圓, 表示繼电器的接点系統。在方块里面用字母表示繼电器反应的参数, 方块的上面有一个半圓, 表示繼电器的接点系統。

表 1-2 表示繼电器常用的表示符号。

繼电器的接点在結綫图中常用的表示方法如表 1-3 所示。

表 1-2

繼电器的常用表示符号











































順序	繼 电 器 名 称	常 用 符 号	
		方 案 1	方 案 2
1	瞬动式电流繼电器		
2	具有有限反时限特性的电流繼电器		
3	具有动作指示器的, 带电流速断装置并且具有有限反时限特性的电流繼电器		
4	瞬动式电压繼电器		
5	时間繼电器		
6	輔助繼电器		
7	无接点的信号繼电器		
8	有接点的信号繼电器		
9	电力方向繼电器		
10	阻抗繼电器		
11	有制动綫卷的电流差动繼电器		
12	瓦斯繼电器		
13	有一对正常分开接点和一对正常閉合接点的輔助繼电器		

表 1-3 繼电器接点常用的表示方法

順序	繼 电 器 接 点 的 名 称	表 示 方 法	
		方 案 1	方 案 2
1	常时开路瞬时闭合接点		
2	常时闭路瞬时打开接点		
3	常时一开路一闭路瞬时切换接点		
4	常时开路延时闭合接点		
5	常时开路延时打开接点		
6	常时闭路延时打开接点		
7	常时闭路延时闭合接点		
8	常时开路瞬时滑动接点		

第五节 繼电器作用于开关的方法

通常繼电器作用于开关有直接作用与間接作用两种方法。

直接作用的繼电器直接装設在开关的跳閘机构上。图 1-3 所示为直接作用的繼电器的原理結綫图,当回路中电流增大到繼电器的动作电流时,鉄心 2 被吸入綫卷內,此时杠杆 3 被提起,于是在彈簧 4 的作用下使开关跳閘。

图 1-4 所示为間接作用的繼电器的原理結綫图,这种結

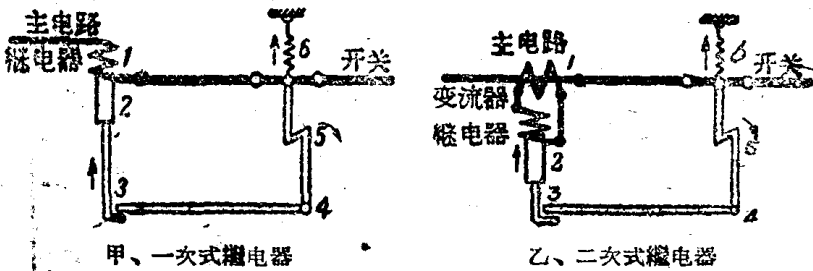


图 1-3 直接作用的继电器原理接线图

1—跳闸线圈；2—铁心；3—杠杆；4—弹簧；5—搭钩。

线图应采用具有接点的间接作用的继电器。当回路中电流增大到继电器的动作电流时，铁心2被吸入线圈内，同时继电器的接点4闭合，使跳闸机构的线圈5接通至操作电流回路，因而释放开关的搭钩7，于是在弹簧8的作用下使开关跳开。

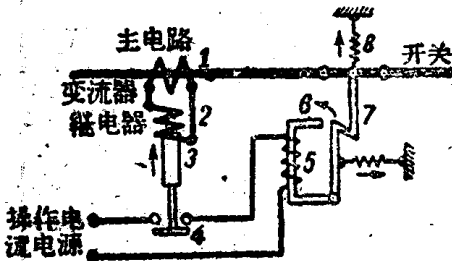


图 1-4 间接作用的继电器原理接线图

1—变流器；2—继电器线圈；3—铁心；4—接点；5—跳闸线圈；6、7—搭钩；8—弹簧。

第六节 仪表变流器与继电器的接线

一、仪表变流器与继电器的星形接线

图 1-5 所示为星形接线方法，这种接线是借助于三个仪表变流器和三个继电器组成。

依照这种接线组成的继电保护装置，当系统发生各种不同类型的相间短路以及单相或两相接地短路时，都能发生作用，其电流分配和向量如图 1-6 所示。

依照这种接线的继电保护装置的接线系数， $K_{cx} = 1$ 。流