

高等学校教材

继电保护基础

山东工业大学 马长贵 主编

水利电力出版社

高等学校教材

继电保护基础

山东工业大学 马长贵 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书着重于继电保护基本原理的阐述, 特别对各种继电器的性能进行了系统分析, 同时对有关继电保护的一些技术新成就也进行了介绍。

全书共分八章。第一、二两章为绪论、互感器和对称分量滤波器, 第三、七两章为各种继电器性能的分析, 第四、五、六章为电流电压保护、方向保护和距离保护, 第八章为差动保护。

本书可作为高等院校“电力系统继电保护及自动化”专业的教学用书, 也可供从事继电保护工作的工程技术人员参考。

高等学校教材

继电保护基础

山东工业大学 马长贵 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 14.5印张 327千字

1987年6月第一版 1987年6月北京第一次印刷

印数0001—9410册 定价2.40元

书号 15143·6373

前 言

本书是根据1983年水利电力部制订的高等学校水利电力类专业教材编审出版规划并作为高等学校“电力系统继电保护及自动化”专业的“继电保护基础”课程的教材而编写的。

本书由山东工业大学马长贵（第一、三章）、王广延（第七、八章）桑在中（第二、四、五、六章）三位同志编写，马长贵同志任主编。王广延同志负责统稿。全书承华中工学院吕继绍同志审阅。

在编写过程中，各兄弟院校和有关部门曾给予支持并提供大量参考资料，为此表示衷心感谢。

由于编写人员的理论水平和实践经验有限，加之编写时间匆促，书中错误在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

1986年9月

下角符号说明

b	变压器	lm	灵敏
bh	保护	LH	电流互感器
BH	变换	m	磁、摩擦
bho	背后系统	max	最大
bp	不平衡	min	最小
btq	不同期	N	线圈、匝数
BZ	半导体整流管或整流桥	n	变比
C	电容	0·xt	系统(零序)
cd	差动	sc	输出
ch	插入	sr	输入
CY	残压	sh	剩余
D	二极管	t	弹簧
d(dl)	短路	TZ	跌闸
dc	电磁	tx	同型
dx	导引线	wc	误差
dz	动作	wy	稳压
ed	额定	xl	线路
f	返回	xt	系统
fh	负荷	xt·d	等值系统
fg	非故障	yd	裕度
fqx	非全相	YH	电压互感器
fzh	分支	Z	整定
fzq	非周期	zd	制动
gz	工作	zg	自感
gzh	故障	zhd	非全相振荡
h	霍尔	ZL	整流
J	继电器	ZLM	最灵敏
jq	精确工作	zn	阻尼
jh	极化	zq	自起动
ix	接线	zx	正向系统
K	可靠		
L	电感		
lc	励磁		

目 录

前言

下角文字符号说明

第一章 绪论	1
1-1 电力系统继电保护的任 务.....	1
1-2 对电力系统继电保护的基本 要 求	2
1-3 电力系统故障状态的基本特征.....	4
1-4 继电保护的基本 概 念.....	6
一、反应电流量变化的 保 护.....	7
二、反应 电压量变化的保护.....	7
三、方向 保 护.....	9
四、距离 保 护.....	9
五、差动保护	11
第二章 互感器和对称分量滤序器	13
2-1 电流互感器和电压互感器的 作 用.....	13
一、直接引入方式.....	13
二、二次引入方式.....	13
2-2 电流互感器.....	14
一、电流互感器工作 原 理.....	14
二、电流互感器误差及10%误差曲线.....	15
2-3 电压互感器.....	18
一、电磁式电压互 感器.....	18
二、电容式电压互感器的工作原理及暂态过 程.....	20
2-4 电流——电压 变 换 器.....	22
一、电流互感器式电流——电压变 换 器.....	22
二、电抗变压器式电流——电压变 换 器.....	24
2-5 对称分量 滤 序 器.....	26
一、对称分量滤序器 的基本原理.....	26
二、负序电流滤序器及复合电流滤序 器.....	28
三、负序电压滤 序 器.....	32
四、零序电压及零序电流滤 序 器.....	35
五、引起滤序器不平衡输出 的 因素.....	36
六、滤序器的暂态 输 出.....	37
第三章 继电器的基本构成原理	40
3-1 反应一个电气量的继电器	40

一、电磁型电流继电器	40
二、反应平均值的电流继电器	44
三、反应瞬时值的电流继电器	47
四、反应电流增量的继电器	49
3-2 两电气量幅值(绝对值)比较原理的继电器	51
一、幅值比较原理继电器普遍方程	51
二、幅值比较原理常用继电器在阻抗复数平面上的特性曲线	57
三、幅值比较电路与执行电路	59
四、幅值比较原理常用继电器举例	62
3-3 两电气量相位比较原理继电器	64
一、概述	64
二、两电气量相位比较原理继电器的普遍方程	65
三、两电气量相位比较原理继电器普遍方程的几种重要的特殊情况	67
四、相位比较原理常用继电器在阻抗复平面上的特性曲线	69
五、相位比较器原理	71
六、相位比较原理继电器举例	86
3-4 两电气量幅值比较原理与相位比较原理的互换性	89
第四章 相间短路的电流电压保护	91
4-1 过电流保护工作原理及构成	91
一、过电流保护的工作原理	91
二、过电流保护的构成	92
4-2 过电流保护的接线方式	92
一、三种基本接线方式及其工作情况	92
二、变压器后短路时各种接线方式过电流保护的工作	94
4-3 过电流保护装置的整定计算	96
一、过电流保护的动作电流	96
二、过电流保护的灵敏度	97
三、过电流保护的时限级差和时限配合	98
4-4 电流速断保护	99
一、无时限电流速断保护	99
二、限时电流速断保护	101
4-5 电压电流联锁速断保护	103
4-6 三段式电流保护原理接线图	106
4-7 方向电流保护的工作原理	106
一、双侧电源情况下电流保护出现的新问题及解决途径	106
二、整流型方向继电器的作用原理	109
三、整流型方向继电器的最小动作电压和最小动作电流	113
四、整流型方向继电器的潜动问题	114
4-8 方向继电器 90° 接线方式和按相起动	114
一、三相对称短路	114

二、两相直接短路	116
4-9 方向电流保护整定计算特点	119
一、方向过电流保护整定计算的特点	119
二、保护装置相继动作	120
三、保护装置的灵敏度校验	120
4-10 对电流、电压保护的评价	121
第五章 接地故障的保护	123
5-1 大接地电流系统的零序电流保护	123
一、变压器中性点接地方式的选择	123
二、零序电流保护的构成原理	124
三、零序方向电流保护	130
5-2 小接地电流系统的接地保护	136
一、中性点不接地电网单相接地的特点	136
二、中性点不接地电网的接地保护	138
三、中性点经消弧线圈接地电网的单相接地故障	141
四、中性点经消弧线圈接地电网的接地保护	143
5-3 对零序电流保护的评价	143
第六章 距离保护的基本问题	145
6-1 距离保护的原理	145
一、距离保护的基本概念	145
二、距离保护的时限特性	146
三、距离保护的原理方框图	146
6-2 方向阻抗继电器的构成	149
一、具有记忆回路的幅值比较方向阻抗继电器	149
二、相位比较方向阻抗继电器的特性及极化电压的选取	152
6-3 阻抗继电器的精确工作电流	161
一、 $Z_{set} = f(I_r)$ 曲线与精确工作电流的概念	161
二、幅值比较方向阻抗继电器最小精确工作电流的计算公式	162
三、相位比较方向阻抗继电器的最小精确工作电流的计算公式	163
6-4 阻抗继电器的接线方式	164
一、对阻抗继电器接线方式的要求	164
二、反应相间故障的接线方式	165
三、反应接地故障的接线方式	166
四、其他接线方式	170
6-5 距离保护的整定计算	173
一、距离I段的整定计算	173
二、距离II段的整定计算	173
三、距离III段的整定计算	174
第七章 多输入量继电器	176

7-1 相间多相补偿阻抗继电器	176
一、相位比较式相间多相补偿阻抗继电器	176
二、幅值比较式相间多相补偿阻抗继电器	182
7-2 接地多相补偿阻抗继电器	186
一、继电器基本工作原理	186
二、单相接地短路时继电器的动作特性	186
7-3 四边形阻抗继电器	189
一、由四条直线组成的四边形阻抗继电器	190
二、两组两边折线组成的四边形阻抗继电器	192
三、杯形与直线组成的四边形阻抗继电器	192
四、理想的四边形阻抗继电器的特性	193
7-4 圆锥曲线阻抗继电器	194
一、幅值比较原理圆锥特性阻抗继电器	194
二、混合比较原理圆锥特性	196
第八章 线路差动保护	199
8-1 带辅助导线的纵联差动保护	199
一、纵联差动保护的基本原理	199
二、纵联差动保护的不平衡电流	200
三、减小差动保护不平衡电流的主要方法	202
四、纵联差动保护的整定	204
8-2 电流差动保护动作判据及其分析方法	204
一、动作判据一	205
二、动作判据二	206
三、动作判据三	208
8-3 桥式导引线纵联差动保护	211
一、电流综合装置	211
二、桥式比较电路及其工作原理	212
三、纵联差动保护的补偿回路	214
四、导引线监视元件	214
8-4 平行双回线路的横联保护	216
一、横联方向差动保护	216
二、电流平衡保护	221
参考文献	224

第一章 绪 论

1-1 电力系统继电保护的任务

电力系统在运行中,可能出现各种故障和不正常运行状态。最常见且最危险的故障是各种类型的短路。在三相电力系统中,常见的短路故障类型有三相短路、两相短路、两相接地短路、一相接地短路和两点接地短路等。电力系统短路故障可导致以下后果:

(1) 数值很大的短路电流通过故障点时,会燃起电弧,烧坏故障设备。

(2) 短路电流通过故障设备和非故障设备时,产生热和电动力,致使其绝缘遭到破坏或缩短设备使用寿命。

(3) 电力系统中,短路点附近电压下降,使大量电能用户的正常工作遭到破坏,或产生废品。

(4) 破坏电力系统各发电厂之间并联运行的稳定性,从而使事故扩大,甚至造成整个电力系统瓦解。

此外,输电线路还可能发生一相或两相断线故障。如果断线和短路同时发生,或两种以上类型的短路同时发生,称为复杂故障。

电力系统中电气元件正常工作遭到破坏,但没有发生故障,这种情况属于不正常运行状态。例如,因负荷超过电气设备的额定值而引起的电流升高,称为过负荷,就是一种最常见的不正常运行状态。由于过负荷,使元件载流部分和绝缘材料的温度升高,加速绝缘老化和损坏,甚至引起故障。此外,由于电力系统有功功率缺额引起的频率降低,水轮发电机突然甩负荷所引起的过电压等也都属于不正常运行状态。

故障和不正常运行状态,都可能在电力系统中引起事故。事故就是指系统或其中一部分的正常工作遭到破坏,并造成对用户的少送电或造成人身伤亡和电气设备损坏。前者称为停电事故,后者称为人身和设备事故。

系统事故的发生,除自然界的因素(如遭受雷击等)以外,一般都是由于设备制造上的缺陷,设计和安装的错误,检修质量不高和运行维护不当而引起的。因此应提高设计及运行水平,并提高制造与安装质量,以消灭事故。

电力系统各设备之间都存在着电或磁的联系,当某一个设备发生故障时,在极短的时间内就会影响到整个系统。因此为了防止事故扩大,保证非故障部分仍能可靠地供电并维护电力系统运行的稳定性,必须尽快地切除故障。切除故障的时间有时甚至要求短到百分之几秒。显然在这样短的时间内,由运行人员来发现故障设备并将故障设备切除是不可能的。要完成这样的任务,只有借助于安装在每一电气设备上具有保护作用的自动装置——继电保护装置。

由此可见,所谓继电保护装置,就是安装在被保护元件(如发电机、变压器、输电

线、母线和电动机等)上,反应被保护元件的故障并作用于被保护元件断路器跳闸的一种自动装置或反应不正常工作状态并发出信号的一种自动装置。它的任务是:

(1)发生故障时,自动地、迅速地借助于断路器将故障设备从电力系统中切除,以保证系统无故障部分继续正常运行。此外,也使故障设备免于继续遭受破坏。

对于某些故障,如小接地电流系统的单相接地,由于它不会直接破坏电力系统的运行,因此在大多数情况下,继电保护装置只作用于信号,而不立即动作断路器跳闸。

(2)反应电气设备的异常工作情况。根据异常工作情况的种类和设备运行维护的条件(例如有无经常值班人员),发出信号由值班人员进行处理或自动地进行调整或将那些继续运行会引起事故的电气设备予以切除。反应异常工作情况的继电保护装置容许带一定的延时动作。

继电保护装置是电力系统自动化的重要组成部分,是保证电力系统安全运行的重要措施之一。在现代化的电力系统中它是维持系统正常工作必不可少的。

1-2 对电力系统继电保护的基本要求

动作于跳闸的继电保护,在技术上一应满足四个基本要求,即选择性、速动性、灵敏性和可靠性,现分述如下。

1. 选择性

选择性是指电力系统发生故障时,保护装置仅将故障设备切除,保证系统中的非故障部分仍然可以继续运行,以尽量缩小停电范围。例如在图1-1中 D_1 点发生短路时,应由距短路点最近的保护装置3作用于断路器3DL跳闸,将故障线路BC切除。此时,除由变电所C供电的用户停电以外,所有其他用户都能继续得到供电。当 D_2 点短路时,则应由保护装置1和2分别作用于断路器1DL和2DL跳闸,将连接A、B变电所的故障线路切除,另一条连接A、B变电所的平行线路将继续向所有用户供电。以上两种情况说明,保护装置的动作都是有选择性的。当 D_3 点短路且保护装置4或断路器4DL由于本身的缺陷而拒绝动作时,应由保护装置3作用于3DL跳闸将故障切除。这种由上一级设备的保护装置切除故障的情况,虽然切除了部分非故障线路,但是在故障设备的保护装置或断路器拒动的情况下,还是保证缩小了停电范围,限制了故障的发展,因而也是有选择性的。保护装置3所

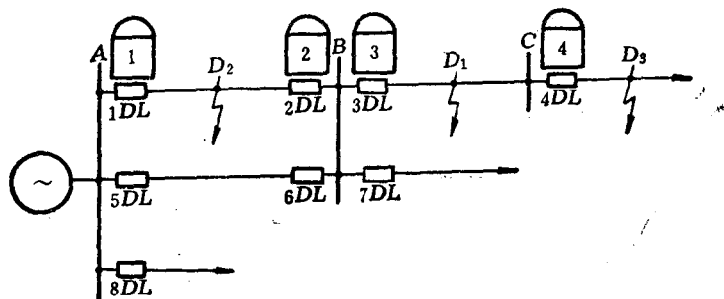


图 1-1 有选择切除故障的说明图

起的这种作用，称为远后备作用。如果保护装置4和4DL完好， D_3 点短路时由断路器3DL跳闸，这就是无选择性。

保护装置动作的选择性是保证对用户安全供电最基本的条件之一。因此，在研究和设计保护时，必须首先考虑。

2. 速动性

速动性就是快速切除故障。作用于断路器跳闸的保护要求动作迅速，其主要原因如下：

(1) 快速切除故障可以减少用户在低电压下工作的时间，从而保持用户电气设备不间断运行。电力系统短路时，系统各处电压下降，当用户电压降至70%额定电压及以下时，异步电动机的最大力矩将减小一半以上，从而使电动机制动。保护动作太慢，电压下降的时间就长，待故障切除电压恢复时，电动机就很难自启动，从而影响生产。

(2) 快速切除故障可以提高发电厂并联运行的稳定性。如图1-2所示，当发电厂A母线附近发生三相短路时，该电厂母线上的电压会大大下降，甚至降为零，发电厂A将送不出负荷，发电机的转速迅速升高。而发电厂B的母线上还保持较高的残压，能送出一部分负荷，发电机的转速增加较少。这样，两个发电厂的发电机出现转速差。如果故障切除时间太长，两个发电厂就会失去同步。快速切除故障，使在故障切除时两发电厂电势的相角差不大，就能比较容易地再拉入同步，恢复正常运行。

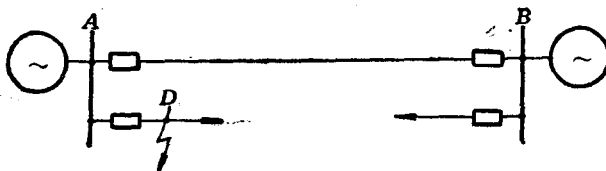


图 1-2 发电厂并联运行示意图

(3) 快速切除故障可以减小电气设备损坏的程度。因为短路时，不仅出现很大的短路电流，且故障点常常伴随有电弧，由于电流热效应及电弧的作用，设备将遭到严重损伤。故障切除越慢，短路电流持续时间越长，设备损坏就越严重，甚至全部被烧毁。

(4) 快速切除故障可以避免故障进一步扩大。由于短路点常常发生电弧，故障切除时间越长，电弧燃烧的时间就越长，这就有可能使接地故障发展为相间故障，有可能使两相短路发展为三相短路，甚至使暂时性故障发展为永久性故障。

下面列举一些必须快速切除的故障：

(1) 根据系统稳定的要求，必须快速切除的高压输电线路上的故障；

(2) 使发电厂或重要用户的母线电压低于允许值（一般为0.6倍额定电压）的故障；

(3) 大容量的发电机、变压器内部发生的故障等。

故障切除时间等于保护装置动作时间与断路器动作时间（跳闸时间加灭弧时间）之和。所以采用快速保护和快速断路器才能减小切除故障时间。目前，国内外保护一般动作

时间为0.01~0.12s。断路器最快的动作时间为0.05~0.06s。

3. 灵敏性

继电保护装置的灵敏性是指对于其保护范围内发生故障或不正常运行状态的反应能力。满足灵敏性要求的保护装置应该是在事先规定的保护范围内部故障时，不论短路点的位置以及短路的类型如何，都能灵敏地感觉到并正确地反应。保护装置的灵敏性，通常用灵敏系数 K_{lm} 来衡量。

反应故障时数值上升的参数（例如电流）的保护，其灵敏系数为

$$K_{lm} = \frac{I_{min}}{I_{dz}}$$

式中 I_{min} ——保护区内金属性短路时，故障参数的最小计算值；

I_{dz} ——保护的動作参数。

反应故障时数值下降的参数（例如电压）的保护，其灵敏系数为

$$K_{lm} = \frac{U_{dz}}{U_{max}}$$

式中 U_{dz} ——保护动作参数；

U_{max} ——保护区内金属性短路时，故障参数的最大计算值。

水利电力部颁发的《继电保护和安全自动装置技术规程》中，对各类保护灵敏系数的要求都作了具体规定。

4. 可靠性

保护装置的可靠性是指发生了属于它应该动作的故障时，它能可靠动作，即不发生拒绝动作；而在任何其他不属于它应该动作的情况下，可靠不动作，即不发生误动作。

可靠性是对继电保护性能的最根本的要求。对于高压电网与大型机组的继电保护来说，这个基本要求更为突出，这是因为它们不正确动作会给电力系统带来十分严重的后果。发生误动作或拒绝动作的原因是多种多样的，如装置本身的缺陷，整定配合不当，装置配置不合理，以及电网结构或运行方式不合理等。

除上述四个基本要求外，在选择保护装置时，还应从国民经济的全局出发，适当考虑经济性。即除了要考虑保护装置的初期投资和运行维护管理费用以外，还必须考虑由于保护装置不完善而发生误动或拒动时对国民经济所造成的损失。因为停电给国家带来的损失不仅是少发电的电能价值，还应包括用户停产和生产废品的损失。

1-3 电力系统故障状态的基本特征

电力系统故障状态的基本特征是继电保护装置工作的根据。如图1-3(a)所示网络接线，在电力系统正常运行时，每条线路上都流过由它供电的负荷电流 $\dot{I}_{M!fh}$ 、 $\dot{I}_{N!fh}$ 。越靠近电源端的线路上负荷电流越大，即 $I_{M!fh} > I_{N!fh}$ 。各变电所母线上的电压，一般都在额定电压的 $\pm(5\sim10)\%$ 范围内变化，靠近电源的母线上电压较高。在每条线路送端的负荷阻抗为

$$Z_{M, fh} = \frac{\dot{U}_M}{\dot{I}_{M, fh}} \quad (1-1)$$

$$Z_{N, fh} = \frac{\dot{U}_N}{\dot{I}_{N, fh}} \quad (1-2)$$

式中 $\dot{U}_M$ 、 $\dot{U}_N$ ——分别为母线M、N的相电压；

$\dot{I}_{M, fh}$ 、 $\dot{I}_{N, fh}$ ——分别为线路MN、NP上的负荷电流。

由式(1-1)、(1-2)可知，正常运行时，在每条线路的送端，电压与电流之间的相位差就是由它供电的负荷的阻抗角，即功率因数角；电压与电流比值所反映的测量阻抗，即负荷阻抗。

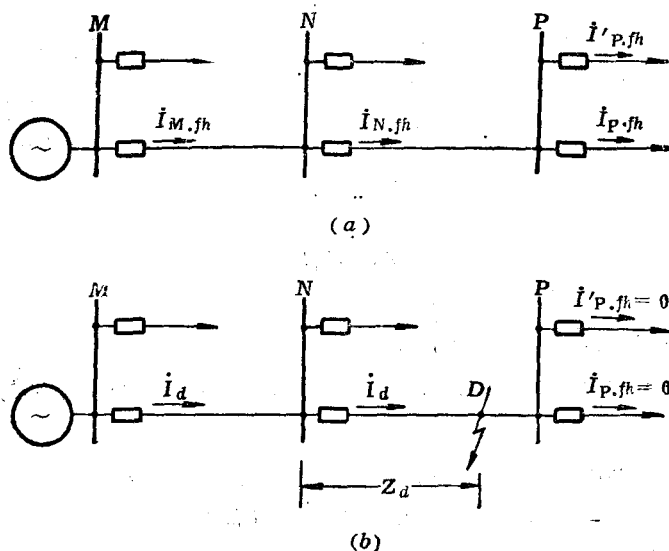


图 1-3 单侧电源网络接线
(a)正常运行情况，(b)D点三相短路情况

当系统发生故障时，如图1-3(b)所示。假定在线路NP上D点发生了金属性三相短路，则短路点电压降低到零，电源至短路点之间的电气元件上流过的短路电流 $\dot{I}_d$ 为

$$\dot{I}_d = \frac{\dot{E}_M}{Z_M + Z_{MN} + Z_d} \quad (1-3)$$

式中 $\dot{E}_M$ ——电源M的相电势；

Z_M 和 Z_{MN} ——分别为电源M和线路MN的正序阻抗；

Z_d ——母线N与短路点之间的线路正序阻抗。

M、N母线上的残余电压（相电压）分别为

$$\dot{U}_{M, oy} = \frac{Z_{MN} + Z_d}{Z_M + Z_{MN} + Z_d} \dot{E}_M \quad (1-4)$$

$$\dot{U}_{N, oy} = \frac{Z_d}{Z_M + Z_{MN} + Z_d} \dot{E}_M \quad (1-5)$$

因 Z_d 远远小于由N侧看进去的线路NP的负荷阻抗 $Z_{N, fh}$ ，所以 $\dot{I}_d$ 较负荷电流大得多， $\dot{U}_{M, oy}$ 、 $\dot{U}_{N, oy}$ 较正常运行时的电压低得多。

将式(1-3)代入式(1-4)、(1-5)得

$$U_{M\dot{O}Y} = (Z_{MN} + Z_d) \dot{I}_d$$

即

$$\frac{\dot{U}_{M\dot{O}Y}}{\dot{I}_d} = Z_{MN} + Z_d \quad (1-6)$$

$$\dot{U}_{N\dot{O}Y} = Z_d \dot{I}_d$$

即

$$\frac{\dot{U}_{N\dot{O}Y}}{\dot{I}_d} = Z_d \quad (1-7)$$

由式(1-6)可知, 线路MN始端残压 $\dot{U}_{M\dot{O}Y}$ 与短路电流 $\dot{I}_d$ 的比值所反映的阻抗为线路MN的阻抗与短路阻抗之和。由式(1-7)可知, 故障线路NP始端残压 $\dot{U}_{N\dot{O}Y}$ 与短路电流 $\dot{I}_d$ 的比值所反映的阻抗就是短路阻抗 Z_d 。 $\dot{U}_{M\dot{O}Y}$ 与 $\dot{I}_d$ 之间的相角差为阻抗 $Z_{MN} + Z_d$ 的阻抗角; $\dot{U}_{N\dot{O}Y}$ 与 $\dot{I}_d$ 之间的相角差就是 Z_d 的阻抗角。

短路阻抗 Z_d 又可表示为

$$Z_d = Z_1 l \quad (1-8)$$

式中 Z_1 ——输电线路单位长度的正序阻抗;

l ——N母线与故障点之间的距离。

因为 Z_1 为常数, 所以N母线至短路点之间的阻抗 Z_d 与N母线至短路点之间的距离 l 成正比。

比较正常运行和故障情况可见, 电力系统故障时的基本特征是:

(1) 电流增大, 即连接短路点与电源的电气设备上的电流增大。

(2) 电压降低, 即故障点附近的电气设备上的电压降低, 而且距故障点的电气距离越近, 电压下降越多, 甚至降为零。

(3) 线路MN、NP始端电压、电流间的相位差发生变化。正常运行时, 同相电压、电流间的相位差为负荷功率因数角, 约 20° 左右; 三相短路时, 同相电压、电流的相位差为线路正序阻抗角, 对于架空线路, 为 $60^\circ \sim 85^\circ$ 。

(4) 线路MN、NP始端电压、电流的比值——测量阻抗发生变化。正常运行时, 测量阻抗为负荷阻抗 $Z_{M\dot{I},\dot{I}_N}$ 、 $Z_{N\dot{I},\dot{I}_N}$, 数值较大; 故障时, 测量阻抗分别为 $Z_{MN} + Z_d$ 和 Z_d , 数值较小。

因此, 利用这些故障时的基本特征, 便可以构成不同原理的保护。例如: ①根据故障时电流增大的特征, 可以构成电流保护; ②根据故障时电压降低的特征, 可以构成低电压保护; ③根据故障时线路始端测量阻抗下降的特征, 可以构成距离(阻抗)保护; ④根据短路时线路始端电压、电流间的相位关系可以构成方向保护等。

1-4 继电保护的基本概念

继电保护的构成方式虽然很多, 但一般均由测量元件、逻辑元件和执行元件三部分组成

成。其方框图如图1-4所示。测量元件的作用是测量被保护设备的物理量，如电流、电压、阻抗、电压电流间的相位差等），以确定电力系统是否发生故障或出现不正常工作情况，而后输出相应的信号至逻辑元件。逻辑元件的作用是根据测量元件送来的信号进行逻辑判断，以决定保护动作还是不动作，瞬时动作还是延时动作。执行元件的作用是根据逻辑元件的判断，执行保护的任务，跳闸或发信号。

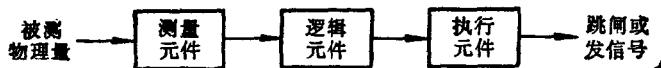


图 1-4 继电保护装置的方框图

一、反应电流量变化的保护

反应电流量变化的保护称为电流保护，它的原理图如图1-5所示。测量元件由电流继电器 LJ 构成，被测物理量为电流互感器 LH 的二次电流。电流互感器的作用有二：①将被保护元件的大电流成比例地变成小电流；②将保护装置与高电压隔离，使电流继电器工作在低电压的情况下。

正常运行时，通过被保护元件（图1-5中为输电线路）的电流为负荷电流，小于电流继电器的动作电流 $I_{L,ds}$ ，电流继电器 LJ 不动作，其接点不闭合。只有当系统故障，流经电流继电器的电流 $I_L \geq I_{L,ds}$ 时，电流继电器 LJ 才会动作。

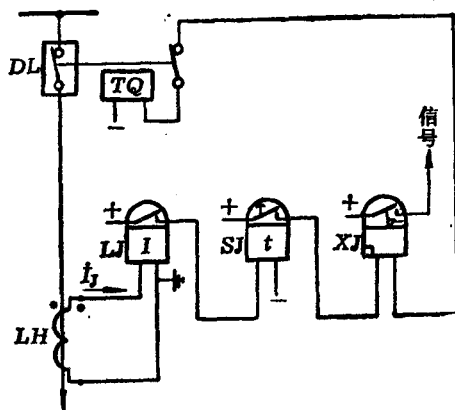


图 1-5 电流保护单线原理图

逻辑元件和执行元件由时间继电器 SJ （或中间继电器 ZJ ）担任。当电流继电器不动作时，时间继电器 SJ 的线圈不励磁，因此它不动作。当电流继电器 LJ 动作时，其接点闭合，将时间继电器的线圈接通电源，因此时间继电器 SJ 动作，经整定时间 t_s 闭合其接点，接通断路器跳闸回路，使断路器跳闸。

信号继电器 XJ 构成信号回路。当保护作用于跳闸时，跳闸电流流经信号继电器的电流线圈，使它动作并且自保持。信号继电器动作后，通过其接点发出远方信号和就地信号。该信号由值班人员做好记录后手动复归。

因此，电流保护的动作为：正常运行时，通过被保护元件的电流为负荷电流，此时 $I_L < I_{L,ds}$ ，电流继电器不动作，整套保护亦不动作；当系统发生故障且 $I_L \geq I_{L,ds}$ 时，电流继电器动作，起动时间继电器 SJ ，经整定时间 t_s 作用于断路器跳闸，并通过信号继电器发出保护动作信号。

二、反应电压量变化的保护

反应电压量变化的保护称为电压保护。它又分为低电压保护和过电压保护，低电压保护是根据故障时电压降低而构成的电压保护；过电压保护，是根据故障时某种电压升高而

构成的保护，例如，反应非对称接地故障时零序电压升高的零序过电压保护和反应非对称相间故障时负序电压升高的负序过电压保护。最常用的是低电压保护。现以电压速断保护为例，说明低电压保护的作用原理。图1-6为电压速断保护单相原理接线图。图中，电压继电器YJ为测量元件，被测物理量为电压互感器YH的二次电压。电压互感器的工作原理近似变压器，其作用有二：①将被保护元件上的高电压成比例地变成低电压；②从电路上进行隔离，使电压继电器既工作在低压回路里又反应被保护元件电压变化的情况。我们还注意到图1-6中，电压继电器YJ的接点是向下画的，该接点为常闭接点，其他继电器的接点是向上画的，为常开接点。所谓常开接点，就是在继电器线圈不带电时，断开的接点；所谓常闭接点，就是在继电器线圈不带电时，闭合的接点。正常运行时，系统电压较高，加在YJ上的电压 U_J 大于继电器的动作电压 $U_{J.dz}$ ，继电器不动作，其常闭接点断开；只有当系统故障，且使 $U_J \leq U_{J.dz}$ 时，电压继电器YJ的常闭接点才闭合。

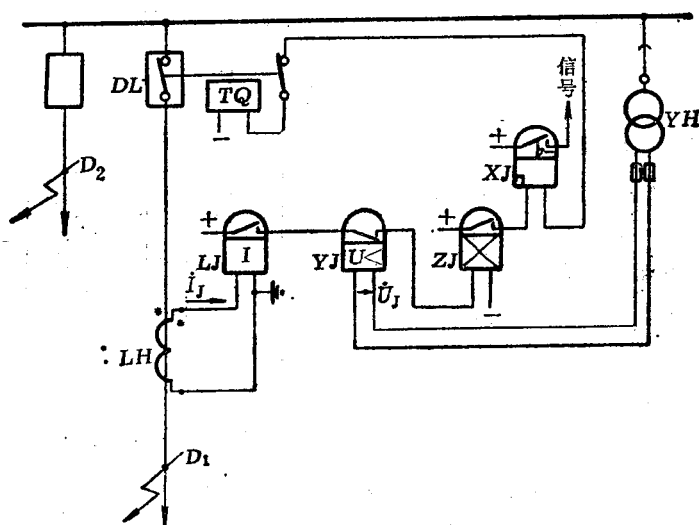


图 1-6 电压速断保护单相原理接线图

电流继电器LJ为闭锁元件，它的作用是当系统正常运行时或被保护线路背后发生故障且电压互感器二次侧熔断器熔断或电压二次回路发生断线时闭锁保护，以防止在上述情况下因电压继电器动作而造成电压速断保护误动作。电流继电器LJ的动作电流按大于线路的最大负荷电流来整定，这样，既可以防止上述误动作，又能在被保护线路上（ D_1 点）发生故障时可靠动作。

电压速断保护的执行元件是中间继电器ZJ，它的作用是增加接点容量和数量，解决LJ、YJ接点容量小不能直接接通跳闸回路的问题。

这样，电压速断保护的動作情况为：当被保护元件在 D_1 点故障时，LJ、YJ同时动作，起动ZJ，使其作用于跳闸，跳闸回路电流又起动XJ，发出保护动作信号；当电压互感器二次熔断器熔断或电压二次回路断线时，发生穿越性短路，此时该种保护要误动作，故很少采用之。