

电力系统 继电保护基础

继电器行业学会 组编

机械工业部继电器专业技术培训教材

机械工业出版社

机械工业部继电器专业技术培训教材

电力系统继电保护基础

继电器行业学会 组编

郝连仲 王义章 刘甲申 任志成
郑建欣 罗昌民 等编著



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

内 容 提 要

本书为继电器行业、电力系统继电保护及其自动化专业的技术培训教材。全书对电力系统继电保护的基本原理及装置做了系统的阐述,同时对目前继电保护及装置的新原理及其构成方案也进行了介绍。

第一章绪论;第二章阐述了继电器的基本构成原理;第三章介绍了电流、电压保护及方向保护;第四章至第七章讲述了电网的继电保护和自动重合闸;第八章阐明了电网的主设备保护及其保护方案。

本书也可供电力系统继电保护及自动化专业的教学及从事继电保护工作的工程技术人员参考。

机械工业部继电器专业技术培训教材

电力系统继电保护基础

继电器行业学会 组编

*

责任编辑:李振标 版式设计:李松山

封面设计:姚 毅 责任校对:郝连仲

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

河南第二新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 10·字数 388 千字

1995 年 9 月北京第 1 版·1995 年 9 月北京第 1 次印刷

印数 00 001—8000·定价:17.8 元

*

ISBN7-111-04275-1/TM·534(X)

编审委员会成员名单

主任委员：	张铁昌	许昌继电器厂党委书记(兼副厂长)、继电器行业职工教育研究会理事长、高级工程师
副主任委员：	何光华	许昌继电器厂副厂长、高级工程师
副主任委员：	过克绍	许昌继电器厂副厂长、高级工程师
副主任委员：	涂东明	许昌继电器研究所副所长、高级工程师
副主任委员：	钟锡铃	许昌继电器研究所副所长、高级工程师
委员：	朱景云	高级工程师
委员：	郝连仲	高级工程师
委员：	晋国运	许昌继电器厂教育处处长、讲师
委员：	牟福林	继电器行业职工教育研究会秘书长、工程师
委员：	郭广然	高级讲师
委员：	张道山	工程师

前 言

本书是根据原机电部第一装备司和电器工业职工教育研究会的统一安排,为适应继电器行业职工培训、技工学校专业教学、继电保护人员培训及本行业的技术人员等需要而编写的。

全书共分八章,主要阐述了继电器的基本原理;电流、电压保护及方向保护;电网的继电保护和自动重合闸以及电网的主设备保护和保护方案。

本书的内容是按照电力系统继电保护教学大纲编写的。既考虑了职工的接受能力,又照顾了教材内容的全面性和实用性,对各类问题,由浅入深地进行了论述。

本书的第一、二、三章由许昌继电器厂郝连仲同志编写;第四章由许昌继电器研究所王义章同志编写;第五章由许昌继电器研究所刘甲申同志编写;第六章由许昌继电器研究所任志成同志编写;第七章由许昌继电器研究所郑建欣同志编写;第八章由许昌继电器研究所罗昌民同志编写。

全书由以张铁昌同志为主的编审委员会主审。由郝连仲同志主编并负责统稿。

本书在编写过程中,得到了阿城继电器厂、上海继电器厂、北京继电器厂等兄弟单位的协助,并提供了大量资料,在此一并致谢。

由于编写时间仓促,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

符 号 说 明

一、设备、元器件符号

G 发电机
T 变压器
L 线路,电感
Q 断路器
VT 晶体三极管
VD 二极管
C 电容器
K 继电器
QF 灭磁开关断路器
W 跳闸线圈
AAR 自动重合闸装置
TA 电流互感器
TV 电压互感器
TE 电抗变压器
BC 小型电流变换器
BU 小型电压变换器
TAM 中间电流互感器
VS 稳压管
KAI 电流继电器
KV 电压继电器
KA 中间继电器
KS 信号继电器
KT 时间继电器
KD 方向继电器

二、电压类符号

u_U, u_V, u_W 三相电压瞬时值
 $\dot{U}_U, \dot{U}_V, \dot{U}_W$ 三相电压相量
 $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}_0$ 正序、负序、零序电压相量
 u_e 额定电压
 u_{bp} 不平衡电压
 u_z 振荡中心电压

三、电流类符号

i_u, i_v, i_w 三相电流瞬时值
 $\dot{I}_u, \dot{I}_v, \dot{I}_w$ 三相电流相量
 $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$ 正序、负序、零序电流相量

I_{dmax} 最大短路电流

I_{dmin} 最小短路电流

I_{fz} 负载电流

I_e 额定电流

I_{bp} 不平衡电流

四、阻抗类符号

Z_f 发电机阻抗

Z_b 变压器阻抗

Z_1, Z_2, Z_0 正序、负序、零序阻抗

Z_1, Z_2, Z_0 线路单位长度的正、负、零序阻抗

Z_L, Z_M 线路单位长度的自感、互感阻抗

Z_s 系统阻抗

Z_Σ 总阻抗

五、继电器和保护装置参数

$I_{dx.J}$ 继电器动作电流

$I_{fh.J}$ 继电器返回电流

$U_{dx.J}$ 继电器动作电压

$U_{fh.J}$ 继电器返回电压

$Z_{dx.J}$ 继电器动作阻抗

Z_{zd} 继电器整定阻抗

U_J 加入继电器的电压

I_J 加入继电器的电流

Z_J 继电器的测量阻抗

I_{dx} 保护装置动作电流一次值

U_{dx} 保护装置动作电压一次值

Z_{dx} 保护装置动作阻抗一次值

六、常用系数

K_k 可靠系数

K_{LM} 灵敏系数

K_{fh} 返回系数

K_{fsh} 分支系数

K_{fseq} 非周期分量影响系数

K_{LX} 电流互感器同型系数

K_{eq} 电动机自启动系数

ISBN7-111-04275-1/TM • 5341XJ

定价:17.80 元

目 录

前言

符号说明

第一章 绪论	(1)
第一节 电力系统继电保护的的任务	(1)
第二节 对电力系统继电保护的基本要求	(2)
第三节 电力系统故障状态的基本特征	(4)
第四节 继电保护的基本概念	(5)
第二章 继电器的基本原理	(11)
第一节 反映一个电气量的继电器	(11)
第二节 反映两个电气量(绝对值)比较的继电器	(14)
第三节 反映两个电气量相位比较的继电器	(17)
第三章 相间短路的电流、电压保护	(21)
第一节 过电流保护的工作原理及构成	(21)
第二节 过电流保护的接线方式	(22)
第三节 过电流保护装置的整定	(23)
第四节 电流速断保护	(24)
第五节 电压、电流联锁速断保护	(26)
第六节 三段式电流保护原理接线	(27)
第七节 电网相间短路的方向电流保护	(28)
第八节 对电流、电压保护的评价	(35)
第四章 电网的接地保护	(37)
第一节 电网接地故障的特点	(37)
第二节 变压器中性点接地的选择	(38)
第三节 中性点直接接地系统的零序电流保护	(38)
第四节 中性点直接接地系统的零序电流方向保护	(41)
第五节 对零序电流保护和零序电流方向保护的评价	(44)
第六节 小接地电流系统单相接地保护	(45)
第五章 电网的距离保护	(51)
第一节 距离保护的作用及基本原理	(51)
第二节 阻抗继电器	(53)
第三节 方向阻抗继电器的动作原理分析	(56)
第四节 阻抗继电器的接线方式	(59)
第五节 系统振荡对阻抗继电器的影响	(62)
第六节 距离保护的定值整定	(65)
第七节 影响距离保护正确工作的因素及其对策	(67)
第八节 四统一相间距离保护装置的技术性能要求	(69)
第九节 距离保护的评价和发展	(71)

第六章 电网的高频保护	(74)
第一节 高频保护的作用及分类	(74)
第二节 高频通道的概念	(75)
第三节 相差动高频保护	(78)
第四节 方向高频保护	(87)
第五节 高频闭锁距离(零序)保护	(90)
第六节 远方直跳式和允许跳闸式高频保护	(92)
第七章 自动重合闸	(94)
第一节 自动重合闸的基本概念	(94)
第二节 自动重合闸方式的选择	(95)
第三节 自动重合闸的基本要求	(96)
第四节 三相一次重合闸	(97)
第五节 综合重合闸	(101)
第八章 主设备保护	(108)
第一节 主设备保护的配置和要求	(108)
第二节 同步发电机的继电保护	(114)
第三节 电力变压器的继电保护	(135)
第四节 母线保护	(143)
参考文献	(147)
附录 电力系统继电保护基础(中级、高级)培训大纲	(148)

第一章 绪 论

第一节 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) 通过短路故障点的短路电流所燃起的电弧使故障设备或线路烧毁或遭受破坏。
- (2) 短路电流通过非故障的电气设备和输电线路时,由于发热和电动力的作用,将引起电气设备与输电线路的损伤或损坏,导致其使用年限大大缩短。
- (3) 系统中各点的电压大量下降,将破坏用户工作的稳定性,影响产品质量。
- (4) 破坏电力系统并列运行的稳定性,使系统发生振荡,甚至使整个系统瓦解,造成大面积停电。

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,这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。

电力系统事故的发生,除自然界的因素(如遭受雷击)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)上,反映被保护元件的故障并用于被保护元件断路器跳闸的一种自动装置,或反映不正常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,而不立即作用于断路器跳闸。

(2)反映电气设备的不正常工作情况。根据不正常工作情况种类和设备运行维护的条件(例如无经常值班人员),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。反映不正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。在现代的电力系统中,它是维持电力系统正常工作必不可少的。

第二节 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,即满足选择性、速动性、灵敏性和可靠性的要求,现分述如下。

1. 选择性 选择性是指电力系统发生故障时,保护装置只将故障设备切除,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 3Q 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,所有其它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 1Q 和 2Q 跳闸,将连接变电所 A、B 的故障线路切除,另一条连接变电所 A、B 的平行线路将继续向所有用户供电。以上两种情况说明,保护装置的動作都是有选择性的。当 D_3 点短路且保护装置 4 或断路器 4Q 由于本身的缺陷而拒绝动作时,应由保护装置 3 作用于 3Q 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绝动作的情况下,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 所起的这种作用,称之为远后备作用。如果保护装置 4 和 4Q 完好, D_3 点短路时由断路器 3Q 跳闸,即越级跳闸,这就是无选择性。

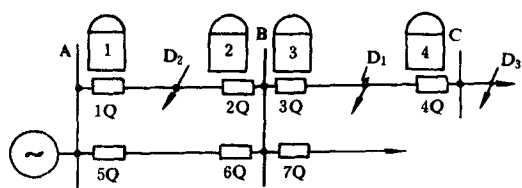


图 1-1 有选择切除故障的说明

保护装置动作的选择性是保证对用户安全供电的最基本条件之一,因此,在研究和设计保护系统时,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装置要求动作迅速,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,异步电动机的最大转矩将减小一半以上,从而使电动机制动。保护动作太慢,电压下降的时间就长,待故障切除而电压恢复时,电动机就很难自起动,从而影响生产。

(2)快速切除故障可以提高发电厂并列运行的稳定性,如图 1-2 所示。当发电厂母线 A 附近发生三相短路时,该电厂母线上的电压会大大

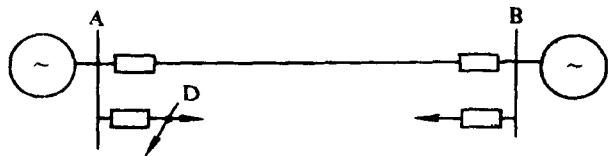


图 1-2 发电厂并列运行示意图

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,使故障切除时两发电厂电动势的相角差不大,就能比较容易地再拉入同步,恢复正常运行。

(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,设备损坏越严重,甚至全部烧毁。

(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,甚至使瞬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。
- (4) 可能危及人身安全、对通信系统或铁道信号系统有强烈干扰的故障等。

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少切除故障时间。目前,国内外保护装置一般动作时间为 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的故障或不正常运行状态的反映能力。满足灵敏度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映。保护装置的灵敏性,通常用灵敏系数 K_{LM} 来衡量。

反映故障时数值上升的参数(如电流)的保护,其灵敏系数

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

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。

反映故障时数值下降的参数(如电压)的保护,其灵敏系数

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

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。

原能源部颁发的《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应该动作的故障时,能可靠动作,即不发生拒绝动作;而在任何其它不属于动作的情况下,不能动作,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,这是因为当继电保护不正确动作时会给电力系统带来十分严重的后果。发生误动或拒动的原因是多种多样的,如保护装置本身的缺陷、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作或拒动作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。

第三节 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工作的判据。图 1-3a 所示图网络接线,在电力系统正常运行时,每条线路上都流过供电的负荷电流 $I_{M.fz}$ $I_{N.fz}$ 。越靠近电源端的线路中,负荷电流越大,即 $I_{M.fz} > I_{N.fz}$ 。各变电所母线上的电压,一般都在额定电压的 $\pm(5\sim 10)\%$ 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

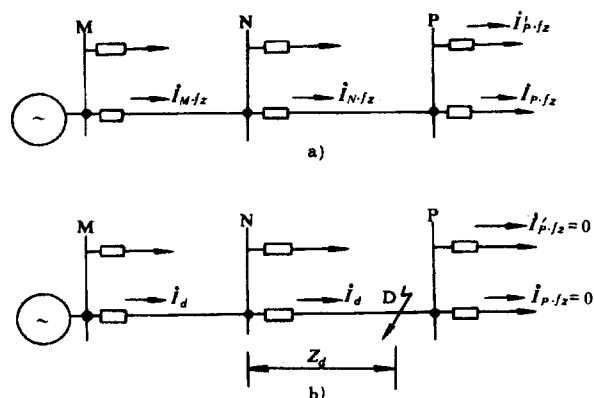
$$Z_{M.fz} = \frac{\dot{U}_M}{I_{M.fz}} \quad (1-1)$$

$$Z_{N.fz} = \frac{\dot{U}_N}{I_{N.fz}} \quad (1-2)$$

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

$I_{M.fz}, I_{N.fz}$ ——线路 MN、NP 中的负荷电流。

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。



如图 1-3 所示,当系统发生故障时,假定在线路 NP 的 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中流过的短路电流

$$I_d = \frac{E_M}{Z_M + Z_{MN} + Z_d} \quad (1-3)$$

式中 E_M ——电源 M 的相电动势;

Z_M, Z_{MN} ——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。

母线 M、N 上的残压(相电压)分别为

$$\dot{U}_{M.cy} = \frac{Z_{MN} + Z_d}{Z_M + Z_{MN} + Z_d} E_M \quad (1-4)$$

$$\dot{U}_{N.cy} = \frac{Z_d}{Z_M + Z_{MN} + Z_d} E_M \quad (1-5)$$

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

将式(1-3)代入式(1-4)、(1-5)得

$$\dot{U}_{M.cy} = (Z_{MN} + Z_d) I_d$$

即

$$\frac{\dot{U}_{M.cy}}{I_d} = Z_{MN} + Z_d \quad (1-6)$$

$$\dot{U}_{N.cy} = Z_d I_d$$

$$\frac{\dot{U}_{N.cy}}{I_d} = Z_d \quad (1-7)$$

由式(1-6)可知,线路 MN 始端残压 $\dot{U}_{M.cy}$ 与短路电流 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 $\dot{U}_{N.cy}$ 与短路电流 I_d 的比值所反映的阻抗就是短路阻抗 Z_d 。 $\dot{U}_{M.cy}$ 与 I_d 之间的相角差为阻抗 $Z_{MN} + Z_d$ 的阻抗角; $\dot{U}_{N.cy}$ 与 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 ——母线 N 与故障点之间的距离。

因为 Z_1 为常数,所以母线 N 至短路点之间的阻抗 Z_d 与母线 N 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中的电流增大。

(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、电流间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 始端电压对电流的比值——测量阻抗发生变化。正常运行时,测量阻抗为负荷阻抗 $Z_{M.fh}$ 、 $Z_{N.fh}$,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,可以构成距离保护,即阻抗保护;

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。

第四节 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,其框



图 1-4 继电保护装置的框图

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,以决定保护是动作还是不动作,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。

一、反映电流变化的保护

反映电流变化的保护称为电流保护,原理如图 1-5 所示。测量元件由电流继电器 KA 构成,被测物理量为电流互感器 TA 的二次电流。电流互感器的作用有两个:

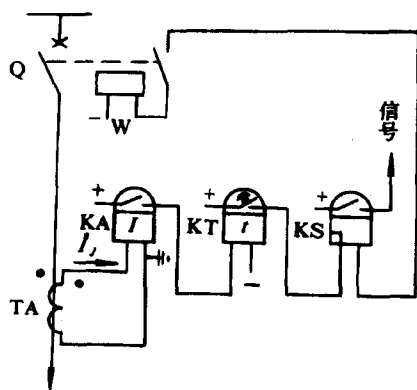


图 1-5 电流保护单线原理图

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,通过被保护元件的电流为负荷电流,小于电流继电器的动作电流 $I_{dz.J}$, 电流继电器不动作,其触点不闭合。只有当系统故障,流经电流继电器的电流 $I_J \geq I_{dz.J}$ 时,电流继电器才会动作

逻辑元件和执行元件由时间继电器 KT(或中间继电器 KA)担任。当电流继电器不动作时,时间继电器的线圈不励磁,因此不动作。当电流继

电器动作时,其触点闭合,将时间继电器的线圈接通电源,因此时间继电器动作,经整定时间 t_z 闭合其触点,接通断路器跳闸回路,使断路器跳闸。

信号继电器 KS 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,通过其触点发出远方信号和就地信号,该信号由值班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 $I_J < I_{dz.J}$, 电流继电器不动作,整套保护亦不动作;当系统发生故障且 $I_J \geq I_{dz.J}$ 时,电流继电器动作,启动时间继电器,经整定时间 t_z 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、反映电压量变化的保护

反映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,反映非对称接地故障时零序电压升高的零序过电压保护和反映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 KV 为测量元件,被测物理量为电压互感器 TV 的二次电压。电压互感器的工作原理近似变压器,其作用有两个:

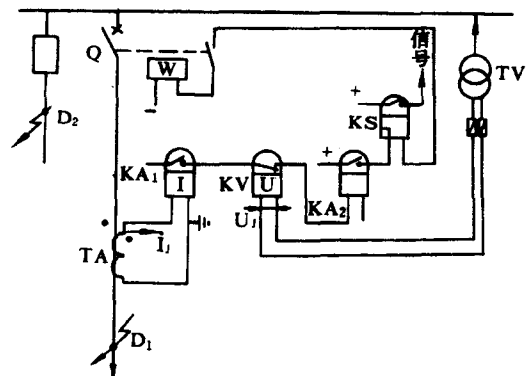


图 1-6 电压速断保护单相原理图

1) 将被保护元件上的高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映被保护元件电压变化的情况。还

应注意到图 1-6 中,电压继电器的触点是向下画的,

该触点为动断触点,其他继电器的触点是向上画的,为动合触点。所谓动合触点,就是在继电器线圈不带电时,断开的触点;所谓动断触点,就是在继电器线圈不带电时,闭合的触点。正常运行时,系统电压较高,加在电压继电器上的电压 U_J 大于继电器的动作电压 $U_{dx,J}$,继电器动作,其动断触点断开;只有当系统故障,且 $U_J \leq U_{dx,J}$ 时,电压继电器的动断触点才闭合。

电流继电器为闭锁元件,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 KA_2 ,它的作用是增加触点容量和数量,解决电流电压继电器触点容量小不能直接接通跳闸回路的问题。

电压速断保护的动作为:当被保护元件在 D_1 点故障时, KA_1 、 KV 同时动作,起动 KA_2 ,使其作用于跳闸,跳闸回路电流又起动 KS ,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,此时该保护要误动作,故很少采用。

三、方向保护

双电源辐射形网络如图 1-7 所示,有一个特点,就是任何一个负荷都可以从两端得到供电。例如当 D_1 点短路,断路器 1、2 跳开后,母线 B 上的负荷仍能从另一端电源得到供电,可见这种网络大大提高了供电的可靠性。

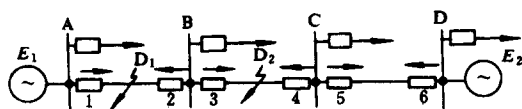


图 1-7 两侧电源的供电网络

根据上述网络的特点,当系统某一点发生故障时,要求继电保护装置迅速地将故障点所在线路两侧断路器跳开,例如, D_1 点故障时,将断路器 1、2 跳开, D_2 点故障时,将断路器 3、4 跳开,使故障部分脱离系统,保证电源对负荷的继续供电。

为了实现这一要求,就要做到:

(1)使各种保护具有方向性,如图 1-7 所示。正方向故障(短路电流的方向由母线指向线路)时,允许保护动作;反方向故障(短路电流的方向由线路指向母线)时,不允许保护动作。

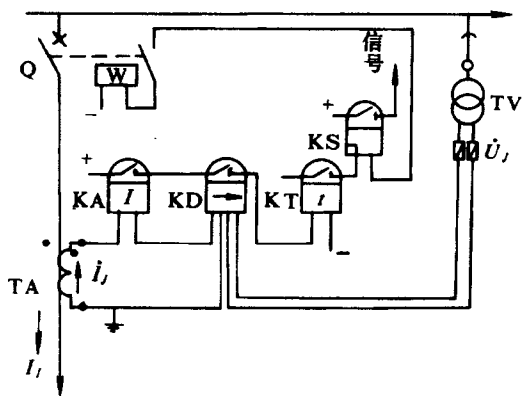


图 1-8 方向电流保护的原理图

(2)各保护动作时间的关系为 $t_1 > t_3 > t_5, t_6 > t_4 > t_2$ 。这里 $t_1 \sim t_6$ 为相应保护的断路器动作时间。

这样,当 D_1 点短路时,保护 1 动作。保护 2、4、6 起动,因保护 4、6 的动作时间较保护 2 长,所以保护 2 起动后先动作跳闸,保护 2 跳闸后,故障被切除,保护 4、6 自行返回,不会再作用于跳闸。结果只有断路器 1、2 跳开。 D_2 点故障时,仅保护 1、3、6、4 起动,因 $t_6 > t_4, t_1 > t_3$,所以仅断路器 3、4 跳闸。

现以方向电流保护为例,说明方向保护的工作原理。方向电流保护的原理如图 1-8 所示。它与电流保护的不同点是多了一只方向继电器 KD 。 KD 的作用是判断短路电流的方向,它在正向故障时动作,反向故障时不动作。这样,将 KA 和 KD 的常开触点串联去起动时间继电器 KS ,就能够实现正向故障时保护动作,反向故障时保护不动作。通常,方向继电器是通过比较母线电压与被保护

元件的电流间相位关系来判断短路电流方向的,因此,它需要输入电压、电流两个量。关于方向继电器的工作原理,在后面的章节中再讨论。

四、距离保护

反映保护安装处与故障点之间阻抗的保护称之为阻抗(距离)保护,其原理如图 1-9 所示。距离保护的测量元件为阻抗继电器 KI。

由图 1-9 不难看出,阻抗继电器的测量阻抗

$$Z_J = \frac{U_J}{I_J} = \frac{U_1/n_{yH}}{I_1/n_{LH}} = \frac{n_{LH}}{n_{yH}} Z_1 \quad (1-9)$$

式中 U_J, I_J ——阻抗继电器的测量电压和电流;

U_1, I_1 ——被保护元件的电压和电流;

n_{yH}, n_{LH} ——电压互感器和电流互感器的变比;

Z_1 ——阻抗继电器一次侧测量阻抗。

正常运行时, $Z_1 = Z_{fh} = \dot{V}_s / \dot{I}_{fx}$, 继电器感受阻抗为负荷阻抗, 即

$$Z_J = \frac{n_{LH}}{n_{yH}} Z_{fh} \quad (1-10)$$

被保护线路上发生故障时, $Z_1 = U_{cy} / I_d$, U_{cy} 为保护安装处的母线残余电压, I_d 为通过被保护线路的短路电流。继电器测量阻抗

$$Z_J = \frac{n_{LH}}{n_{yH}} Z_d \quad (1-11)$$

式中 Z_d ——短路阻抗, $Z_d = U_{cy} / I_d$ 。

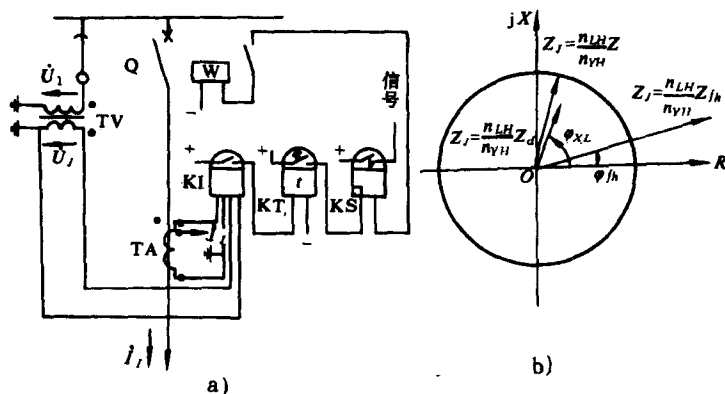


图 1-9 距离保护原理

a) 距离保护简化线路 b) 圆特性阻抗继电器动作区

阻抗继电器在阻抗复平面上的动作区通常为一个圆,如图 1-9b 所示。阻抗继电器动作与否,取决于其测量阻抗 Z_J 的矢端落在哪里;当 Z_J 的矢端落于圆内时,阻抗继电器动作;当 Z_J 的矢端落于圆外时,阻抗继电器不动作;当 Z_J 的矢端落在圆上时,则阻抗继电器处于临界状态。

正常运行时,由于 Z_{fh} 很大,所以 $Z_J(\frac{n_{LH}}{n_{yH}} Z_{fh})$ 的矢端落于圆外,阻抗继电器不动作;当被保护线路上发生短路时,由于短路至保护安装处的阻抗 Z_d 小于继电器整定阻抗(一次侧),所以 $Z_J(\frac{n_{LH}}{n_{yH}} Z_d)$ 的矢端落于圆内,阻抗继电器动作。