



高等学校教材

专科适用

电力系统继电保护

下 册

南京电力高等专科学校 许正亚 主编



高等学校教材

————— 专 科 适 用 —————

电力系统继电保护

下 册

南京电力高等专科学校 许正亚 主编

11177
X99 V.2
中国电力出版社

内 容 提 要

本书是电力高等专科学校电力系统继电保护专业的教材,共分上、下两册。

本书是下册,共分七章,分别是:输电线路的高频保护;继电保护高频通道;超高压输电线路保护的的特殊问题;电力变压器的保护;同步发电机的保护;母线保护和断路器失灵保护;电动机和并联电容器组保护。

本书可作电力工程类高等专科学校电力系统继电保护专业的专业课教材,也可供从事继电保护整定计算、调试、设计以及电力系统中从事继电保护工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护 下册/许正亚主编. -北京:
中国电力出版社, 1997
高等学校教材
ISBN 7-80125-312-4

I. 电… II. 许… III. 电力系统-继电保护-
高等学校-教材 IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 04595 号

中国电力出版社出版
(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)
冶金联合印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经销

1997 年 10 月第一版 2003 年 1 月北京第二次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.25 印张 552 千字
印数 3381—5380 册 定价 22.20 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

本书系根据1994年10月召开的电力工程类高等工程专科学校教学指导会议上审定的《电力系统继电保护》编写大纲编写的,为电力工程类高等专科学校电力系统继电保护专业的“电力系统继电保护”课程教材。

全书分为上、下两册。

本书是下册,共分七章。第七章为输电线路的高频保护,第八章为继电保护高频通道,第九章为超高压输电线路保护的的特殊问题,第十章为电力变压器的保护,第十一章为同步发电机的保护,第十二章为母线保护和断路器失灵保护,第十三章为电动机和并联电容器组保护。

本书在编写过程中,注意从高等工程专科学校培养应用人才的角度出发,结合电力生产实际,着重于继电保护原理与运行特性分析,并且对近年来继电保护的发展也作了相应介绍。

由于微机保护另有专门课程讲授,本书不作叙述。

本书第十章的第一、四、五、六、七、八、九、十节,第十一章的第一、四、十、十一节,第十二章的第一、七节,第十三章的第一、二节由南京电力高等专科学校吴必信编写;第七、八、九章由许正亚编写;其余各节由吴必信、许正亚合写。全书由许正亚任主编。

太原电力高等专科学校罗少樵同志仔细审阅了本书,并提出许多宝贵意见;在编写本书过程中,参阅了国内许多兄弟单位的有关资料,在此一并表示深切的感谢。

限于编者水平,书中不妥和错误之处,恳切希望广大师生和读者批评指正。

编 者

1996. 12

符 号 说 明

一、设备文字符号

QF——断路器	KWN——负序功率方向继电器
QS——隔离开关	KAP——正序电流继电器
G——发电机	KI——阻抗继电器
TM——电力变压器	KST——起动继电器
TV——电压互感器	KCO——出口继电器
TA——电流互感器	KCW——切换继电器
T——中间变压器	KCB——闭锁继电器
UR——电抗变压器	KCE——重动继电器
UA——中间变流器	KCC——合闸位置继电器
K——继电器	KCT——跳闸位置继电器
KV——电压继电器	KCX——固定继电器
KVO——过电压继电器	KSS——停信继电器
KVU——欠电压继电器	KSR——收信继电器
KA——电流继电器	KRC——重合闸继电器
KAO——过电流继电器	KD——差动继电器
KAU——欠电流继电器	KRD——干簧继电器
KS——信号继电器	KVS——电源监视继电器
KC——中间继电器	KVI——绝缘监察继电器
KT——时间继电器	KCP——重合闸后加速继电器
KVZ——零序电压继电器	KP——极化继电器
KVN——负序电压继电器	APR——自动重合闸
KW——功率方向继电器	KL——保持继电器
KWZ——零序功率方向继电器	D——数字集成电路和器件
KAZ——零序电流继电器	V——二极管、三极管、稳压管
KAN——负序电流继电器	U——整流桥

二、系 数

K_{re} ——返回系数	K_{sd} ——自启动系数
K_{re} ——可靠系数	K_{pe} ——配合系数
K_{sen} ——灵敏系数	K_{con} ——接线系数
K_b ——分支系数	K_{st} ——同型系数

三、符号下角注

A、B、C——三相（一次侧）

a、b、c——三相（二次侧）

TA——电流互感器

TV——电压互感器

[o]——故障前瞬间

μ ——瞬磁

los——负荷

max——最大

min——最小

sat——饱和

br——转移

in——输入

out——输出

oper——动作

set——整定

res——返回

on——合闸

off——跳闸

err——误差

sen——灵敏

unf——非故障相

unc——非全相

m——测量

per——周期

ac——精确

swi——振荡

aper——非周期

unb——不平衡

brk——制动

四、符号上角注

(1)——单相接地

(2)——两相短路

(3)——三相短路

(1.1)——两相接地短路

I、I、I——I段、II段、III段保护

目 录

前 言

符号说明

第七章 输电线路的高频保护	1
第一节 高频保护基本工作原理	1
第二节 高频通道工作方式和高频信号	4
第三节 方向高频保护原理	8
第四节 非方向性起动元件	16
第五节 方向元件	17
第六节 高频闭锁距离保护	29
第七节 高频闭锁零序方向电流保护	38
第八节 工频变化量方向高频保护	41
第九节 相差高频保护工作原理	44
第十节 相差高频保护的起动回路	50
第十一节 远方起动	52
第十二节 相差高频保护的操作系统	54
第十三节 相差高频保护的比相回路	66
第十四节 对相差高频保护的评价	75
第八章 继电保护高频通道	78
第一节 继电保护高频通道概念	78
第二节 高频电流沿三相输电线路的传播	83
第三节 高频通道连接设备的基本特性	86
第四节 高频通道损耗及其测量	103
第五节 关于收信的几个问题	105
第六节 高频通道的阻抗匹配和分支线对高频通道的影响	119
第七节 高频电流信号传输时间和反射信号对相差高频保护的影响	122
第八节 短输电线路高频通道特点	126
第九节 继电保护使用通道方式	127
第九章 超高压输电线路保护的特殊问题	133
第一节 串补电容对继电保护的影响	133
第二节 非全相运行对继电保护的影响	145
第三节 分布电容对高频保护的影响	155
第四节 分支线路对高频保护的影响	169
第十章 电力变压器的保护	177
第一节 电力变压器的故障类型、不正常运行状态和保护方式	177

第二节	变压器纵差动保护的工作原理	178
第三节	变压器的纵差动保护	189
第四节	变压器的瓦斯保护	215
第五节	变压器相同短路的后备保护和过负荷保护	218
第六节	变压器的接地保护	223
第七节	三绕组变压器保护的特点	227
第八节	自耦变压器保护的特点	230
第九节	变压器的匝间短路保护	237
第十节	变压器的过励磁保护	240
第十一章	同步发电机的保护	244
第一节	发电机的故障类型、不正常运行状态和保护方式	244
第二节	同步发电机的纵差动保护	248
第三节	同步发电机定子绕组匝间短路保护	255
第四节	同步发电机的后备保护	262
第五节	同步发电机的负序电流保护和过负荷保护	264
第六节	同步发电机定子绕组的单相接地保护	272
第七节	同步发电机励磁回路接地保护	283
第八节	同步发电机失磁保护	292
第九节	同步发电机失步保护、逆功率保护	310
第十节	发电机—变压器组保护特点	319
第十一节	发电机—变压器组保护接线举例	321
第十二章	母线保护和断路器失灵保护	327
第一节	母线保护的作用	327
第二节	故障母线选择方法	329
第三节	母线电流差动保护	336
第四节	母联电流相位比较式母线保护	341
第五节	电流比相式母线保护	345
第六节	母线保护评价及其他	347
第七节	断路器失灵保护和其他	354
第十三章	电动机和并联电容器组保护	360
第一节	电动机的故障和不正常运行状态	360
第二节	电动机保护	361
第三节	综合式电动机保护	367
第四节	并联电容器组保护	371
参考文献		378

第七章 输电线路的高频保护

第一节 高频保护基本原理

一、高频保护的作用

输电线路的电流电压保护、方向电流保护、零序电流保护、距离保护的瞬动段（Ⅰ段）一般只能保护线路全长的一部分，最多也只能保护线路全长的85%，余下15%线路上的短路故障，只能由带时限的Ⅱ段保护来切除。

在220kV及以上电压等级的超高压输电线路，通常要求线路两侧瞬时切除本线路上任一点的短路故障。显然，仅由线路一侧电气量的测量信息构成的保护是无法实现这一要求的，同时测量线路两侧电气量构成的保护才可快速切除本线路上任一点的短路故障。例如第六章第四节中叙述的电流差动原理、电流相差原理、方向比较原理构成的保护。由于技术和经济上的原因，电流差动原理构成的纵差动保护只适用于中、高压电网中的短距离线路。利用微波通道和电力线载波通道传送测量信息并根据电流相差原理、方向比较原理构成的高频保护适用于各种长度的线路。目前我国电力系统中几乎所有的高频保护都以电力线载波通道传送测量信息。因此，在以后的讨论中，不作特别说明时，高频保护的通道就指电力线载波通道。

应用电力线载波通道传送测量信息时，采用载波技术，即将工频测量信息调制在40~500kHz的高频波上，通过电力线传送到对侧，再还原为工频测量信息。此时在各自的保护中将该信息与本侧测量信息进行比较，从而判断区内外短路故障。

图7-1示出了高频保护结构框图。该框图由继电部分、收发信机和高频通道组成，图中AT为收发信机。



图 7-1 高频保护结构框图

高频保护的作用是：高频保护是超高压输电线路的主保护，能对全线路的短路故障瞬时切除，一般高频保护的动作为0.04~0.08s，所以能保持电力系统的稳定运行；高频保护能瞬时切除全线路的短路故障，所以减少了瞬时性故障转化为永久性故障及单相故障转化为多相故障的几率，因而高频保护可提高重合闸的成功率；在短线路特别是环网中的短线路，阶段式保护的瞬时段是没有保护区的，延时段为获得选择性，时间也整定得较

长,采用高频保护后,不仅本线路保护性能得到改善,而且使相邻线路延时段整定时间缩短,改善了电网保护性能,对某些线路,如采用阶段式保护和高频保护互为备用的双重化方式,则可提高切除故障的可靠性。

二、高频保护的基本工作原理

(一) 电流相位比较式

电流相位比较式高频保护(相差动高频保护)的基本工作原理是比较被保护线路两侧工频电流的相位,以判别区内、外短路故障。为测量工频电流的相位,规定电流正方向是从母线流向被保护线路。在图 7-2 (a) 中,内部短路故障时, $\dot{I}_m$ 与 $\dot{I}_n$ 同相位(两侧等效电动势同相位且全系统阻抗角相等);图 7-2 (b) 中,外部短路故障时, $\dot{I}_m$ 与 $\dot{I}_n$ 反相。借助高频通道将一侧的相位信息传送到另一侧,与本侧电流的相位信息比较后,判别出区内、外短路故障。

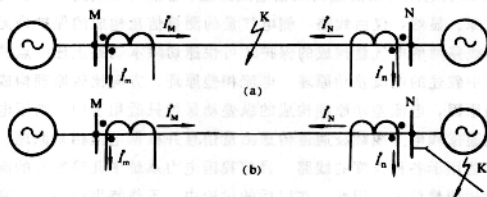


图 7-2 区内、外短路故障

(a) 区内故障; (b) 区外故障

(二) 方向比较式

方向比较式高频保护(方向高频保护)的基本工作原理是比较被保护线路两侧测量到的故障方向,以判别区内、外短路故障。图

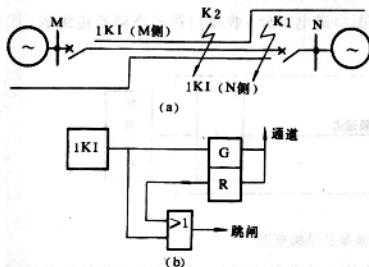


图 7-3 远方直跳式高频保护原理说明

(a) 系统图及时限特性; (b) 结构框图

7-2 (a) 中,内部 K 点短路故障时,线路两侧测量到的故障方向均在保护方向上;图 7-2 (b) 中,外部 K 点短路故障时,远离故障点的 M 侧测量到的故障方向在保护方向上,而靠近故障点的 N 侧测量到的故障方向在保护反方向上。借助高频通道将一侧测量到的故障方向信息传送到另一侧,与本侧故障方向信息比较后,判别出区内、外短路故障。

(三) 远方直跳式

远方直跳式高频保护是利用高频通道直接传送跳闸信号的。如图 7-3 (a) 中,线路 MN 两侧均装有阶段式保护,其中两侧带方向性的瞬动段[即 I 段,如图中 1KI (M 侧) 和 1KI (N 侧)]保护区有重叠,每侧的保

护范围不伸过对侧母线。图 7-3 (b) 示出了远方直跳式高频保护的结构框图, 图中 G 为发信机, R 为收信机。

在线路内部 K1 点短路故障时 (N 侧保护的 I 段内、M 侧保护的 I 段外), N 侧的 I 段测量元件 1KI 动作, 跳开本侧断路器; 同时, 向 M 侧发出跳闸信号, M 侧收到跳闸信号后, 立即将断路器跳闸, 从而实现两侧快速切除故障。若在两侧 I 段保护的重叠区内 K2 点发生短路故障, 则两侧的 1KI 动作, 跳开两侧断路器, 同时, 均向对侧传送跳闸信号, 这样即使有一侧保护拒动, 依靠对侧传送来的跳闸信号, 也能将断路器跳闸。可见, 在占全线 60% ~ 70% 的两侧 I 段保护重叠区内发生短路故障时, 远方直跳式高频保护具有双重保护的效果。

远方直跳式高频保护除能快速切除全线的短路故障外, 还能用来解决线路保护灵敏度不足的问题。在图 7-4 (a) 中两侧电源容量相差悬殊的线路上, 靠近大电源侧发生短路故障, 小电源侧保护灵敏度不够, 此时大电源侧保护动作后发送跳闸信号将对侧断路器跳闸。

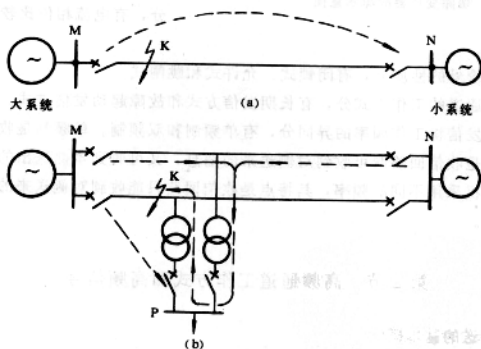


图 7-4 远方直跳式高频保护解决线路保护灵敏度不足问题

(a) 大、小系统联络线; (b) T 接线

图 7-4 (b) 中平行双回线路上 K 点短路故障时, 在分支线 P 侧, 由于两台变压器串联限制了 P 侧的短路电流, 保护因灵敏度不足而拒动, 此时由 M 侧保护动作后发送跳闸信号将 P 侧低压断路器跳开。此外, 在线路变压器组接线的终端变电所内, 变压器高压侧不装断路器, 此时远方跳闸装置与变压器差动保护、瓦斯保护配合, 可加速切除变压器的内部故障。当变压器内部短路故障时, 差动保护、瓦斯保护动作, 在跳开变压器低压侧断路器的同时, 通过远方跳闸装置发送跳闸信号, 将电源侧断路器跳开, 达到了快速切除变压器故障的目的, 如图 7-5 所示。

应当指出, 图 7-3 所示的远方直跳式高频保护, 两侧带方向的瞬动段必须有重叠区且保护区不能伸过对侧母线, 故在短线路上应用较困难, 易于长线路。

远方直跳式高频保护因高频通道中传送的是跳闸信号, 所以当高频干扰产生伪跳闸信

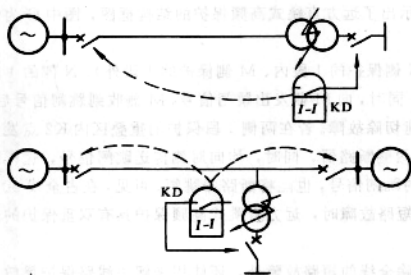


图 7-5 远方跳闸式高频保护快速
切除变压器故障示意图

式和远方直跳式。

- (2) 按高频信号的性质分，有闭锁式、允许式和跳闸式。
- (3) 按高频通道的工作方式分，有长期发信方式和故障起动发信方式。
- (4) 按两侧发信机工作频率的异同分，有单频制和双频制。单频制是收发信机共用同一频率，其特点是收信回路既可收到对侧送来的信息，又可收到本侧送出的信息。双频制是一侧的收发信机采用不同的频率，其特点是收信回路只能收到对侧送来的信息而收不到本侧送出的信息。

第二节 高频通道工作方式和高频信号

一、信息传送的基本概念

高频保护要快速切除全线上任一点的短路故障，必须将线路一侧的测量信息传送到另一侧。在保护中，测量信息一般是继电器触点的接通或断开、电流的相位以及直流脉冲等，有时测量信息就是工频信号。这种低频信号是不能从线路的一侧直接传送到另一侧的，必须进行处理，变成适合在高频通道中传送的形态，这就称作调制。图 7-6 示出了信息传送



图 7-6 信息传送框图

框图。测量信号经高频收发信机进行调制变为高频信号，放大后通过高频通道传送到接收侧，接收侧收到高频信号后，再经放大、解调，还原为测量信号，从而将测量信息从线路

号时，保护容易误动，故应采用能抗强干扰的收发信机；在高频通道中，若采用故障时发送高频信号的方式，则应注意跳闸信号跨越故障点时存在的附加衰减。

有时，也将图 7-3 示出的远方直跳式高频保护归并在方向比较式高频保护中。

三、高频保护的分类

高频保护有以下几种分类方法。

- (1) 按高频保护的工作原理分，有电流相位比较式、方向比较

的一侧传送到另一侧。图中的高频通道可以是电力线载波通道、微波通道和光纤通道，目前广泛应用的是电力线载波通道。

二、高频通道的工作方式

高频保护中高频通道的工作方式与高频保护信号有着密切联系，所以在讨论高频保护信号前，先对高频通道的工作方式进行讨论。继电保护中的高频通道按工作方式可分为故障起动发信方式、长期发信方式和移频方式三大类。

（一）故障起动发信方式

故障起动发信方式在正常条件下发信机不工作，通道中没有高频电流，只在电力系统发生故障期间才由起动元件起动发信。

故障起动发信方式，为确知高频通道是否完好，一般采用定期检查的方法。定期检查可手动或自动进行。自动检查较为复杂，是利用特殊装置实现的，按规定时间自动检查通道，并向值班员发出信号。手动检查较为简单，通常是每班检查一次，其缺点是不能发现相邻两次检查之间通道发生的破坏，但因其几率是很小的，故后一种方式在我国电力系统中得到了广泛采用。

（二）长期发信方式

长期发信方式在正常工作条件下发信机始终处于发信状态，沿高频通道传送高频电流。这种方式的优点是高频通道经常处于监视状态，可靠性较高，也无需发信机的起动元件，装置可稍为简化，并可提高保护灵敏度。其缺点是增大了通道间的相互干扰，降低了收发信机的使用年限。实践证明，在晶体管使用有足够余度条件下以及通道中频率间隔较宽时，采用该方式不会产生大的问题。

但是，在长期发信方式下，通道能否得到完整的监视，要视具体情况而定。一般在高频保护中，两侧的发信机工作在同一频率（单频制），任何一侧的收信机不仅收到对侧传送来的高频电流，而且也同时收到本侧发信机发出的高频电流，因此任一个发信机损坏或通道中断都不能从收信结果判断出来，仍需采用其他附加措施才能达到完全监视通道的目的。对于两侧发信机工作频率不同的情况（双频制），任一侧的收信机只收到对侧传送来的高频电流，故能及时发现收发信机损坏和通道中断，达到监视目的。

（三）移频方式

在正常工作条件下，发信机处于发信状态，向对侧传送频率为 f_1 的高频电流，对侧收到这一高频电流可作通道的连续检查或闭锁保护用。线路发生短路故障时，继电保护装置控制发信机移频，停止发送频率为 f_1 的高频电流，而发出频率为 f_2 的高频电流。这种方式能经常监视通道的工作状况，提高了通道工作的可靠性，并具有较强的抗干扰能力。

三、高频信号

高频信号就是高频电流信号，可分为闭锁信号、允许信号和跳闸信号。

信号反映需要传送的信息。在线路内部发生短路故障时，信号的作用是使保护动作，因此传送的应是允许信号或跳闸信号；在线路外部发生短路故障时，信号的作用应使保护不动作，所以传送的应是闭锁信号。

对于故障起动发信方式，有高频电流 i_f 为有信号，如图 7-7（a）所示；对于长期发信

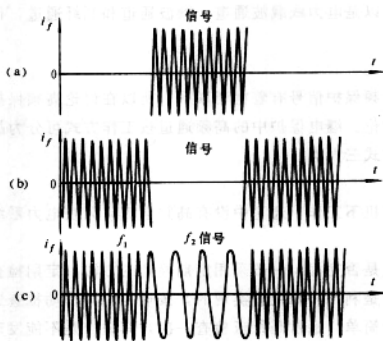


图 7-7 高频信号

(a) 故障起动发信方式; (b) 长期发信方式; (c) 移频方式

方式, 无高频电流 i_f 为有信号, 如图 7-7(b) 所示。可见, 有高频电流和有高频信号的含义是不完全相同的。对于移频方式, 有频率为 f_2 的高频电流为有信号, 如图 7-7(c) 所示。

(一) 闭锁信号

闭锁信号是阻止保护动作跳闸的信号, 所以无闭锁信号是继电保护作用于跳闸的必要条件, 其逻辑关系如图 7-8(a) 所示。由图可见, 只有同时满足以下两个条件保护才作用于跳闸: 本侧保护元件 PR 动作和无闭锁信号。

在方向高频保护中, 如图 7-2(b) 所示外部短路故障时, 闭锁信号 (b) 所示外部短路故障时, 闭锁信号从靠近故障点的 N 侧发出, M 侧收到闭锁信号时, 其保护元件 PR 虽动作, 但不能作用于跳闸; 图 7-2(a) 中内部短路故障时, M 侧和 N 侧均不发出闭锁信号, 保护元件 PR 动作后即作用于跳闸。

在电流相位比较式高频保护中, 如图 7-2(b) 所示外部短路故障时, $\dot{i}_M$ 与 $\dot{i}_N$ 的相位关系相当于传送闭锁信号; 图 7-2(a) 中内部短路故障时, $\dot{i}_M$ 与 $\dot{i}_N$ 的相位关系相当于无闭锁信号, 线路 MN 两侧保护元件 PR 动作后即作用于跳闸。

需要指出的是, 在故障起动发信方式条件下, 收到高频电流 i_f 为有闭锁信号; 在长期发信方式条件下, 收不到高频电流为有闭锁信号; 对于移频方式, 收到移频后频率的电流为有闭锁信号。

此外, 对于电流相位比较式高频保护, 高频信号的性质不仅由是否收到高频电流来决定, 而且还应由收到的高频电流与反映本侧电流相位的信号的相对关系来决定。

(二) 允许信号

允许信号是允许保护动作于跳闸的信号, 即允许信号的存在是保护动作于跳闸的必要条件, 其逻辑关系如图 7-8(b) 所示。由图可见, 只有同时满足以下两个条件保护才作用于跳闸: 本侧保护元件 PR 动作和有允许信号。

在方向高频保护中, 如图 7-2(b) 所示外部短路故障时, 近故障处的 N 侧不发出允许信号, 远离故障处的 M 侧保护元件 PR 虽动作, 但不作用于跳闸; 图 7-2(a) 中内部短路故障时,



图 7-8 高频信号逻辑图

(a) 闭锁信号; (b) 允许信号;
(c) 跳闸信号

M 侧和 N 侧互送允许信号, 保护元件 PR 动作后即作用于跳闸。

在电流相位比较式高频保护中, 线路外部短路故障时, 被保护线路两侧电流的相位关系相当于无允许信号; 线路内部短路故障时, 两侧电流的相位关系相当于传送允许信号。

应当指出, 在故障起动发信方式下, 收到高频电流 i_f 为有允许信号; 在长期发信方式下, 收不到高频电流 i_f 为有允许信号; 对于移频方式, 收到移频后的频率为 f_2 的高频电流为有允许信号。此外, 在相位比较式高频保护中, 还应注意收到的高频电流信号与反映本侧电流相位的信号间的相位关系。

(三) 跳闸信号

跳闸信号是直接引起跳闸的信号, 即有跳闸信号是保护作用于跳闸的充分条件, 其逻辑关系如图 7-8 (c) 所示。由图可见, 跳闸信号与保护元件动作与否无关, 只要收到跳闸信号, 就作用于跳闸。

四、高频信号的选择

高频保护的动作性能与高频信号的性质有着密切关系, 应根据采用通道的类型和对高频保护的要求来选用高频信号。

(一) 从保护动作速度分析

当采用闭锁信号时, 因闭锁信号只在外部短路故障时才传送, 所以为保证保护不误动, 必须等到确定已无闭锁信号后, 才能送出跳闸脉冲, 故必须延缓跳闸时间, 这样就使高频保护的动作时间增长。

当采用允许信号时, 因允许信号只在内部短路故障时才传送, 在外部短路故障时不存在允许信号, 所以无需时间配合, 这样就可使高频保护的动作时间缩短。

(二) 从保护的灵敏度和选择性分析

当采用闭锁信号时, 因闭锁信号是在外部短路故障时传送, 所以若收不到闭锁信号, 保护就可能误动作。因此, 线路任何一侧发出闭锁信号元件的灵敏度应高于对侧保护动作跳闸元件的灵敏度, 即必须保证两侧保护灵敏度的配合, 否则可能发生误动。

当采用允许信号时, 因允许信号只在内部短路故障时传送, 所以只要线路任一侧发出允许信号元件的灵敏度足够即可, 无需与对侧保护灵敏度配合。

可见, 采用允许信号较为简单, 也无需与对侧保护灵敏度配合, 故保护的灵敏度有时可提高。

(三) 从保护的可靠性分析

在双侧电源线路上, 无论采用闭锁信号或允许信号, 当线路内部短路故障时, 高频保护都能可靠动作。在单电源或环网中的线路上, 则有些区别。对于闭锁信号, 因内部短路故障时不发出闭锁信号, 所以只要保护元件灵敏度足够, 就能切除故障线路。对于允许信号, 当内部短路故障时, 要求向对侧发送允许信号, 而在单电源线路上或环网线路上, 因无电源侧保护元件灵敏度不够, 不能发出允许信号, 影响对侧保护跳闸, 必须另外采取措施。

从通道可靠性来看, 在电力线载波通道情况下, 输电线路内部短路故障可能引起通道破坏, 不宜在内部短路故障时传送高频电流。考虑到在故障发信方式条件下, 采用闭锁信号是在外部短路故障时传送高频电流, 采用允许信号是在内部短路故障时传送高频电流; 对

于长期发信方式,采用闭锁信号是在内部短路故障时传送高频电流,采用允许信号是在外部短路故障时传送高频电流。因此,对于故障起动发信的高频保护,应优先考虑采用闭锁信号;对于长期发信的高频保护,应优先考虑采用允许信号。

从抗干扰能力看,采用跳闸信号的高频保护的抗干扰能力最差,因为只要通道中出现与跳闸信号性质相同的干扰就可使保护动作跳闸,所以必须采用有效的抗干扰措施。对于采用闭锁信号和允许信号的高频保护,由图 7-8 (a)、(b) 可见,即使通道中出现干扰,因有保护元件动作条件的限制,是不会引起保护误动作的。应当看到,在外部短路故障时,干扰可能引起保护元件误动;内部短路故障时,干扰可能引起保护元件拒动。实践证明,由于干扰引起的误动或拒动几率是很小的。这是因为,在故障起动发信方式条件下,有闭锁信号是有高频电流传送,若要抵消闭锁信号,必须要有一个与该高频电流大小相等、相位相反的干扰,所以因干扰而造成外部短路故障时保护误动是很不容易的。

可见,采用闭锁信号的高频保护的主要优点是动作可靠性高,缺点是需要两侧元件的动作时间和灵敏度配合,动作速度稍慢。在电力线载波通道条件下,高频信号传送不受故障点的影响,所以故障起动发送闭锁信号的高频保护在高压线路上得到了广泛的应用。采用允许信号的高频保护的主要优点是动作速度快,有较高的安全性,缺点是动作可靠性较低,需采取附加措施。采用长期发信工作方式时,发送允许信号的高频保护也不受故障点的影响。

在超高压输电电路上,主保护要双重化,采用闭锁信号和允许信号的配合,可得到取长补短的效果。

第三节 方向高频保护原理

一、概述

方向高频保护的基本工作原理是比较线路两侧各自测得的故障方向,以综合判断被保护线路内部还是外部发生故障。如果以被保护线路内部短路故障时测得的故障方向为正方向,则当被保护线路外部短路故障时,总有一侧测得的故障方向为反方向。因此,当线路两侧方向元件测得故障都是正方向时,表明是区内故障,线路两侧保护均应立即动作,跳开两侧断路器;而当线路两侧方向元件测得故障方向不同时,表明是区外故障,两侧保护应不动作。在这里,方向元件是指本身具有方向性的元件,如方向阻抗继电器、零序功率方向继电器、负序功率方向继电器等,此外还有动作值能区别正、反向故障的电流元件,如相电流速断元件、零序电流保护 I 段等。

两侧方向元件测得的故障方向借助高频信号进行传送,以便比较。高频信号可以传送两种方向的信息。

一种是传送反方向故障的信息。如图 7-2 (b) 所示,线路 MN 外部 K 点短路故障时,近故障点的 N 侧方向元件测得反向故障,N 侧保护不动作,同时 N 侧发出高频信号,M 侧收到该高频信号后闭锁保护,同样不能动作跳闸。在图 7-2 (a) 中,线路 MN 内部 K 点短路故障时,两侧方向元件均测得正方向故障,均不发高频信号,两侧保护均动作,瞬时跳

开两侧断路器将故障切除。由于高频信号在这种情况下是专门闭锁保护的，故传送的是闭锁信号。在我国将这种保护称为高频闭锁方向保护。可见，当收到对侧高频信号时，保护就判断为无故障或区外故障，应断开本侧保护的出口跳闸回路。当收不到对侧高频信号且本侧的故障判别元件动作时，就判断为区内故障，发出跳闸命令。显然，当区外短路故障时，若本侧的故障判别元件动作，但收不到对侧的高频信号，则保护将误动作。故高频通道的监视、区外短路故障及时发信以及收到闭锁信息对保护正确动作是极为重要的。

另一种是传送正方向故障的信息。当一侧保护测量到故障在正方向时，就向对侧发送高频信号，此高频信号允许对侧保护动作于跳闸。如图 7-2 (a) 所示，线路内部 K 点短路故障时，线路两侧方向元件均测得正向故障，并且均收到对侧发送来的高频信号，两侧保护立即作用于跳闸。图 7-2 (b) 中，外部 K 点短路故障时，N 侧方向元件测得反方向故障，N 侧保护不动作，同时也不向 M 侧发送高频信号；M 侧的方向元件虽动作，但收不到允许跳闸的高频信号，所以不会跳闸。可见，高频通道传送的是允许信号，即传送的是正方向故障的信息。当收到对侧传送来的高频信号且本侧的故障判别元件动作时，就判断为区内故障，发出跳闸命令。在内部短路故障时，若收不到对侧的高频信号，保护将拒动。因此，当使用电力线载波通道时，需要考虑高频信号能否跨越故障点而被对侧收到的问题。

二、构成原理

方向高频保护中的高频信号有闭锁信号、允许信号和跳闸信号之分，发信方式也有故障起动发信、长期发信和移频等，所以方向高频保护可按参与组合的不同信号原理构成。此外，控制发信的元件除了有方向性外，正方向的保护范围可分为小于线路全长和大于线路全长两种，又称为欠范围和保护范围保护。结合高频信号的分类，方向高频保护一般可分为超范围闭锁式、欠范围闭锁式、超范围允许式和欠范围允许式。现将国内外广泛采用的方向高频保护构成原理介绍如下。

(一) 方向元件起动的高频闭锁方向保护原理

这是按故障起动发信传送闭锁信号原理构成的超范围闭锁式方向高频保护。图 7-9 (b) 示出了一侧保护的原理方框图 (另一侧相同)，1KW 为反方向元件，反向短路故障时动作，起动发信；2KW 为正方向元件，正向短路故障时动作，准备跳闸。M 侧和 N 侧 1KW、2KW 的动作方向示于图 7-9 (a) 中，一侧的 2KW 的动作范围不超过对侧 1KW 的动作范围，当然 2KW 的动作范围超过线路全长并有一定的灵敏度。

1. 方向元件

方向元件的作用是测量故障方向。方向元件可由各种原理 (如零序功率、负序功率和方向阻抗等) 构成。由图 7-9 (b) 可见，反方向元件 1KW 动作后，立即起动发信，发出闭锁信号。正方向元件 2KW 动作后，准备作用于跳闸。为保证保护正确动作，在外部短路故障条件下，远离故障点侧的 2KW 能开放跳闸，则近故障点侧的 1KW 必须先动作起动发信，发出闭锁信号，否则保护将误动。可见，1KW 的灵敏度必须高于 2KW 的灵敏度。

2. 时间元件

时间元件的作用是保证保护正确动作。时间元件 T1 延时 t_1 动作，瞬时返回，其作用是防止区外短路故障 [如图 7-9 (a) 中的 K1 点短路故障] 时，靠近故障点侧 (N 侧) 发出的