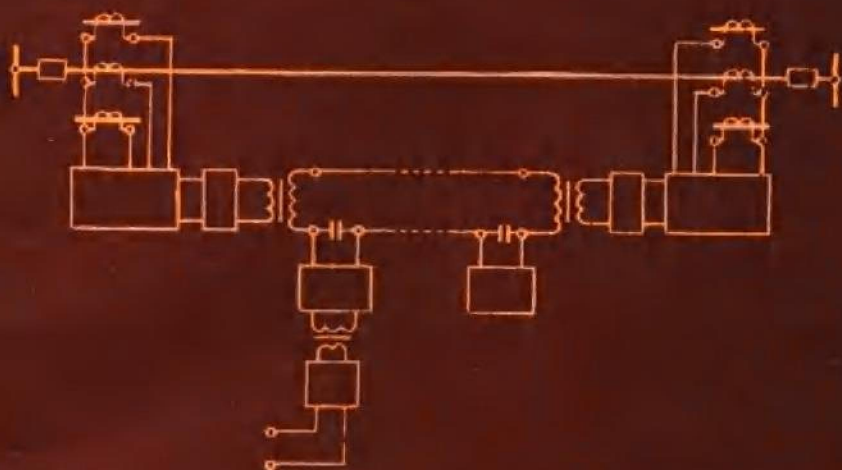




苏宇铨

导引线纵联电流差动保护

水利电力出版社

导引线纵联电流差动保护

苏 宇 铨

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.125印张 154千字 2插页

1990年2月第一版 1990年2月北京第一次印刷

印数0001—2760册

ISBN 7-120-01006-9/TM·289

定价4.45元

内 容 提 要

在总结华东电网导引线纵联电流差动保护运行经验的基础上,本书全面论述了该保护的理论、设计、制造和运行等有关问题。详细介绍改进完善化后的国产LCD-12型和英国TRANSLAY-S、SOLKOR-RF型导引线纵差保护装置,并简单介绍了几种国外同类型产品。对保护的整定计算,特别是对该保护的调试技术作了详细阐述。当前城市用电密度剧增、电缆供电方式日益广泛应用的情况下,对短线路超短线路的保护设计选型和维护运行都有实用指导价值。

本书可供从事继电保护专业设计、制造、安装、试验和运行等工作的工程技术人员参考,也可供厂矿企业中从事电气运行检修工作的工人及技术人员参考。

前 言

导引线纵差保护是线路纵联保护的一种型式。由于它具有动作迅速,装置简单可靠,整定、校验和维护方便,对系统运行方式适应性强以及技术成熟等独特的优点,因而在高、中压电网中的短距离线路上日益得到广泛采用。

60年代阿城继电器厂研制出我国第一种ZCD-1A整流型导引线纵差继电器,满足了当时电力系统的需要。70年代中期它应用到上海220kV输电线路,发挥了导引线纵差保护的优点,其运行的良好效果是显著的。但是随着电力系统短路容量的增大,保护出现过外部故障时误动和内部故障时拒动等不正确动作情况。运行部门在长期运行实践中,逐步认识到在系统发生接地故障时,导引线可能出现严重过电压,而且继电器存在某些原理性缺陷。华东电管局针对存在问题,组织进行反事故措施和技术改造,最后在上海继电器厂协助下,生产出LCD-12改进型的导引线纵差保护,从而适应了系统发展需要。此后,整流型导引线纵差保护可靠应用到包括超高压电网中的线路上。

在超高压电网上与其他纵联保护(诸如电流相位比较式载波保护、方向比较式载波或特高频保护)相比较,导引线纵差保护有着无可比拟的优点:装置简单可靠,运行维护量极少,投运率高,动作快且不受单电源运行方式或非全相运行方式等的影响。

随着我国经济改革深入发展,城市用电将迅猛地增长,用电密度剧增,故必然导致大量出现短或超短距离的高压、

超高压架空线路及电缆线路，尤其是大量出现通过超高压电力电缆供电的方式。因此可以预言，我国对导引线纵差保护的需求势必猛增。为适应并促进导引线纵差保护的推广应用，本书试图通过阐述导引线纵差保护的工作原理、特点和特性，导引电缆的特点、特性及其过电压的原因以及防御过电压入侵的措施，保护的运行情况等，使读者加深对该保护的认识。本书还详细介绍完善化后的国产LCD-12型导引线纵差保护装置和英国近期产品——TRANSLAY-S、SOLKOR-RF型导引线纵差保护装置。简要介绍几种国外其他厂家生产的导引线纵差保护装置。对整定计算，特别是对保护调试技术作了较详细的叙述。本书可供从事继电保护专业的设计、制造、安装和运行等工作的工程技术人员参考。

近年来许多单位（电科院、广州供电局、广东电力勘测设计院、华东电力试验研究所、上海供电局、珠海供电局、金山供电所等）对导引线纵差保护做了大量试验研究工作并编写成技术资料。这些资料虽未正式公开发表，但是具有特殊参考价值。本书在编写过程中参考并引用了这些资料。本书稿经郑奎璋同志详细审阅并提出宝贵意见，上海继电器厂刘培同志协助制图，在此一并表示衷心感谢。

由于作者才疏学浅，错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者

1988年2月

目 录

前 言

第一章 总论	1
1.1 绪 论	1
1.2 导引线纵差保护装置的优缺点及其应用范围	2
1.3 导引线纵差保护的分类	3
1.4 导引线纵差保护的工作原理及其特性	7
1.5 导引线纵差保护的主要构成电路	14
第二章 导引线	20
2.1 概 述	20
2.2 导引线过电压的原因及其危害性	23
2.3 导引线的纵向电磁感应电压	24
2.4 电站地电位升高	28
2.5 导引电缆的纵向电磁感应电压及电站地网接地阻抗 的实测方法	30
2.6 导引线纵向电磁感应电压及电站地网接地阻抗的 实测数据	34
2.7 有关导引电缆的几个问题	37
2.8 防御导引线过电压入侵的技术措施	44
第三章 LCD-12型导引线纵差保护装置	50
3.1 装置的特点和构成	50
3.2 纵联电流差动元件的工作原理	55
3.3 电压检测元件	60
3.4 导引线监视装置	61
3.5 防御导引线过电压入侵的设施	65
3.6 直流逻辑回路	66

3.7 主要技术数据	67
第四章 屈兰斯雷-S (TRANSLAY-S) 型导引	
线纵差保护装置	70
4.1 装置的特点和构成	70
4.2 纵差继电器的工作原理	78
4.3 过电流检测继电器	93
4.4 导引线监视装置	95
4.5 跳闸回路及远方跳闸回路	100
4.6 主要技术数据	102
4.7 应用问题	108
第五章 其他类型导引线纵差保护装置	120
5.1 以导引通道电气中心点电压为判据的导引线纵差保护装置	120
5.2 AEG公司SQL型导引线纵差保护装置简介	131
5.3 三菱公司HCB-6型导引线纵差保护装置简介	138
5.4 BBC公司DL91型导引线纵差保护装置简介	142
5.5 西门子公司7SD24型导引线纵差保护装置简介	147
第六章 导引线纵差保护的运行及整定计算	154
6.1 导引线纵差保护在220kV电网中的运行情况	154
6.2 纵差继电器的整定	163
6.3 检测继电器的整定	168
第七章 保护装置的调整检验	170
7.1 概述	170
7.2 试验室的调整检验	171
7.3 现场新安装设备的调整检验	187
7.4 定期检验	195
附录一 带制动特性的电流差动继电器的动作	
轨迹	198
附录二 计及导引线传输衰减及相位移后的导引	

	线纵差继电器的动作轨迹.....	200
附录三	耐高电压的导引电缆	203
	(A) 英国BICC通讯电缆有限公司的导引/通 讯电缆的主要参数和结构简介	203
	(B) 上海电缆研究所生产的15kV导引电缆技 术特性	204
附录四	单侧电源情况下三相/单相电流变换器 在被保护线路的同一地点上发生不同 类型、相别故障时的相对输出电流 分析	206
参考文献		217

第一章 总 论

1.1 绪 论

利用敷设在电站或变电所之间的金属电缆作为传递被保护线路各侧信息通道的保护称之为导引线纵联保护，以往亦称辅助线纵联保护。导引线纵联保护是线路纵联保护的一种型式。它是以金属电缆作为通道，借助通道将被保护线路对侧传递来的工频信息与本侧的工频信息相比较以判别区内或区外故障。仅在被保护线路的内部发生故障时，它将瞬时切除被保护线路的各侧开关，实现无时限的快速隔离故障。

导引线纵联保护按判别量的比较方式分为两大类。借助导引线直接传递被保护线路各侧的电流信息而构成电流差动保护称为导引线纵联电流差动保护，简称为导引线纵差保护。利用导引线传递被保护线路的各侧方向性保护装置的动作的信息而构成纵联保护称之为导引线纵联方向保护。例如在被保护线路各侧已装设方向距离保护及零序电流方向保护情况下，借助专用导引线或租用（邮电局的）电话线作为通道实现的线路纵联保护，就是导引线纵联方向保护。这两类纵联保护中，导引线纵差保护因具有装置简单而又完整独立的保护装置，动作速度快，运行可靠，不受系统的振荡、非全相运行和单侧电源等运行方式的影响，从而获得极其广泛的应用。本书实际上仅论述这一类导引线纵联保护。

1.2 导引线纵差保护装置的优缺点 及其应用范围

导引线纵差保护与其他类型的线路纵联保护比较有如下
的优点。

- 1) 装置构成简单, 运行可靠, 维修工作量极少, 投运率极高。
- 2) 动作速度快。
- 3) 不受单侧电源运行方式的限制和影响。
- 4) 不受电力系统振荡的影响。
- 5) 不受非全相运行的影响。
- 6) 能正确反映被保护线路上发生的任何类型短路故障, 包括一侧断线另一侧单相接地短路的故障。
- 7) 技术成熟、服务年限长。

导引线纵差保护的缺点如下。

- 1) 保护装置的性能受导引线参数和使用长度影响。导引线愈长, 分布电容愈大, 则保护装置的安全可靠性愈低。
- 2) 存在电磁感应电压及零电位引入的过电压入侵的危险。
- 3) 导引电缆造价高, 随着使用长度增加, 初投资剧增。
- 4) 导引电缆的施工敷设、维护管理的关系目前尚未理顺, 给导引线纵差保护应用带来麻烦。
- 5) 除个别装置 (BBC公司DL-91型) 外, 一般导引线纵差保护不能兼作相邻线路的后备保护。

导引线纵差保护装置可应用到任一种中性点接地方式的电力网和任何电压等级的高压或超高压电网的短线路上。作

为线路各种短路故障的主保护。随着科学技术发展,属导引线纵差保护缺点的过电压问题已得到解决。但是受建设投资费用方面的限制,它只能应用在短距离的线路上,一般以不超过10km为宜。然而对架空、电缆混合的线路,由于不能使用载波保护以及对全电缆线路,考虑到敷设电力电缆时可以一起敷设一根多用途的多芯导引电缆反而使总投资费用减少时,则可按实际情况放宽其使用长度的限制。

对于短距离线路成群的环形电网,若在其线路上装设了导引线纵差保护装置,则可大大提高整个电网的继电保护性能,进而大大提高整个系统的安全稳定运行的性能。对于辐射形配电网络中的线路装设了导引线纵差保护装置后,则可大大缩短了近电源的线路的切除故障时间,从而减少设备损坏程度,提高供电的可靠性。

1.3 导引线纵差保护的分类

导引线纵差保护装置在外部故障或正常运行情况下总是处在平衡或不动作的状态。从获得平衡的原理或者是平衡时导引电缆的工作模式来分类,可分为如下两大类。

(1) 环流式 线路两侧电流互感器的同极性^①端子经导引线连接起来。继电器的动作线圈跨接在两导引线芯之间。如果有制动线圈则它被串接在导引线的回路中如图1-1(a)所示。在正常运行或外部故障时,被保护线路两侧电

① 一次电流从同极性端子流入时,电流互感器的二次侧电流从同极性端子流出,一二次对应的同极性端子称为减极性端子。按习惯说法,一次电流从母线流向线路,电流互感器二次侧电流从同极性端子流出。

流互感器的同极性端子的输出电流，大小相等而方向相反，故此时二次电流从电源侧电流互感器的同极性端子（ a 点）流出经由导引线全部流入受电侧电流互感器的同极性端子（ b 点），再经由非同极性端子和另一芯导引线流回电源侧非同极性端子，于是导引线流过循环电流，而动作线圈中却没有电流流过，即处在电流平衡状态。由于平衡状态时导引线流过循环电流，故称环流法，此种平衡的工作模式也称之为电流平衡原理。

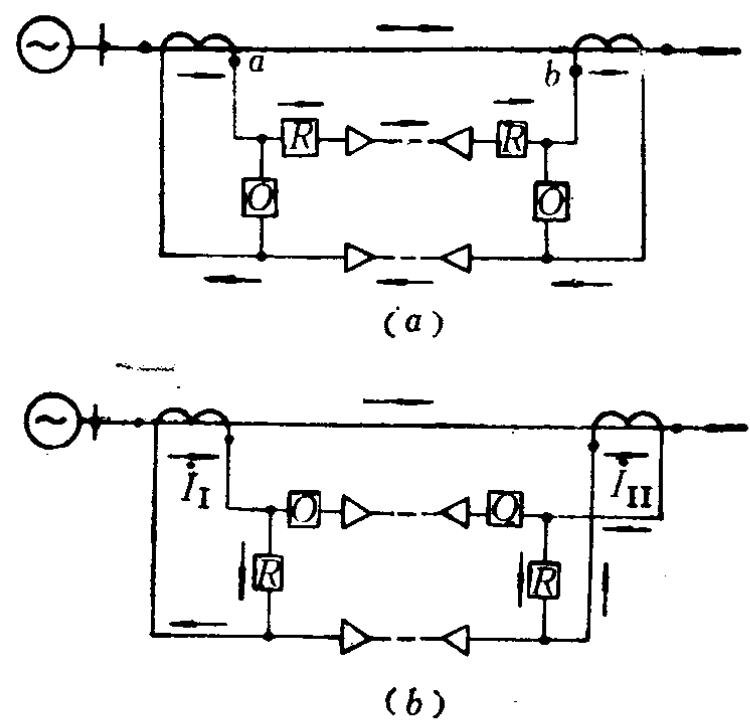


图 1-1 导引线纵差继电器的两种平衡原理接线方式
 (a)环流法(电流平衡原理)；(b)均压法(电压平衡原理)
 具有O的方框表示动作线圈；具有R的方框表示制动线圈

(2) 均压法 线路两侧电流互感器的相异极性端子经由导引线连接起来，继电器的动作线圈串接在导引线回路

上。若有制动线圈，则它被并接在两导引线线芯之间，如图 1-1 (b) 所示。在正常运行或外部故障时，被保护线路两侧电流互感器极性相异的端子的输出电流大小相等且方向相同，故导引线及动作线圈中均没有电流通过，二次电流只能分别在各自的制动线圈及互感器二次绕组中流过，在两侧导引线线芯间之电压大小相等方向相反，即处在电压平衡状态。这种工作模式也称为电压平衡原理。

这两类结线构成的导引线纵差保护各有其优缺点和特点如下。

环流法具有的优缺点：

- 1) 电流互感器负担较小。
- 2) 对通讯线路干扰小。正常运行时导引线的工作电压较低。尽管内部故障时导引线工作电压高，但短线路内部故障机率毕竟是极少的。
- 3) 外部故障下导引线电阻对保护的平衡度影响较大，而导引线线芯电容对其影响较小。
- 4) 导引线发生开路故障时，保护要误动。若导引线发生短路故障时，保护却要拒动。
- 5) 单电源运行方式下发生内部故障时，容易实现两侧保护同时跳闸。

均压法具有的优缺点：

- 1) 外部故障下导引线电阻对保护的平衡度影响小，而导引线线芯电容对其影响大。
- 2) 导引线发生开路故障时，保护将拒动。导引线发生短路时，保护误动。

在导引线发生故障情况下，导引线纵差保护总是不能正常工作。如上述特点得知，两类纵差保护在导引线故障下产

生截然相反的不正确工作。由于设有导引线监视和电力系统故障检测元件，所以仅当导引线发生故障时，是不会使整套保护装置发生误跳闸事故。但被保护线路与导引线几乎同时地发生故障的情况下，保护装置不正确工作却是无法避免的。此时这两类纵差保护所产生的后果不同。如果电力电缆先发生故障，由于这两类导引线纵差保护的动作时间都很快，一般都在导引线故障之前能可靠发出跳闸脉冲、不会导致保护拒动。在运行实践中也未发生过这类拒动事故。如果导引线先发生故障，由于这类事故常由外力破坏引起的（如先铲断导引电缆后再碰伤电力电缆，而导引电缆被铲断大多数是属于开路故障），因此环流法的保护不受其障碍，能正确跳闸，而均压法的保护将拒绝动作。上海地区曾发生过此类事故。一艘外国商船通过黄浦江时，因铁锚将过江的导引电缆先拉断，再引起电力电缆故障，由于采用均压法导引线纵差保护而无法快速切除线路事故，从而导致环网中其他线路越级跳闸，扩大了停电范围。一般对环形复杂电网来说，线路主保护拒动对电网安全供电的威胁是比较严重的。因此以选择环流法结线的导引线纵差保护为佳。此外环流法结线的保护由于电流互感器的负担小，因而误差小，故保护装置的安全可靠性高，同时由于实现平衡补偿中电阻补偿较电容补偿容易，因此环流法结线的导引线纵差保护在国内外被广泛应用。

从构成导引线纵差继电器的主要器件来划分导引线纵差继电器时可分下列三类：

（1）感应型 如英国GEC公司早期产品TRANSLAY-HΦE（屈兰斯雷——HΦE）型纵差继电器。

（2）机电型 如国产ZCD-1A，LCD-12型导引线纵

差继电器[●]，英国雷诺公司的 SOLKOR-R, SOLKOR-RF 型导引线纵差继电器，捷克S-30型导引线纵差继电器。

(3) 电子型 一般采用有接点出口的半导体或集成电路构成，如国产JZC-1型，英国GEC公司 TRANSLAY-S型，瑞士BBC公司的DL91，德国AEG公司SQL型等导引线纵差继电器。

感应型的受谐波影响小且结构简单，但电流回路功耗较大、动作时间长(圆盘式)，切除外部故障时接点反弹的现象严重等缺点。感应型属早期产品，现已被淘汰。机电型纵差继电器具有结构简单，装置可靠，电气性能较好，容易掌握等优点。电子型纵差继电器具有电流回路功耗小，灵敏度高，输入回路的选频回路不受非周期分量或谐波分量的影响，外部故障下稳定性能高，甚至电流互感器在几个毫秒内完全饱和也能正确区分内外部故障等特点。缺点是结构复杂，元器件的可靠性尚嫌不足。预料随着电子工业飞快发展，电子器件可靠性将大大提高，电子型纵差继电器将以电气特性优良而取代其他类型纵差继电器。当前在我国以选择机电型导引线纵差保护为宜。

1.4 导引线纵差保护的工作原理 及其特性

导引线纵差保护系从一般的电流差动保护演变过来的。首先介绍最简单的保护发电机或电动机的电流差动保护工作

● ZCD-1A, LCD-12又称为整流型导引线纵差继电器。整流型是属于机电型之一种。

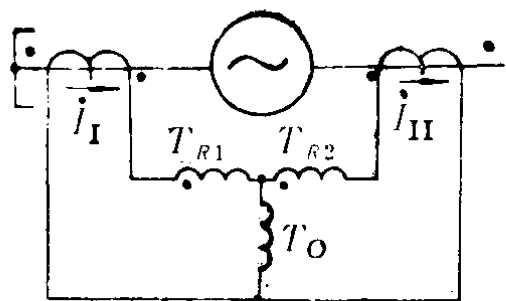


图 1-2 发电机电流差动保护原理接线图

原理及其工作特性。

图 1-2 示出发电机电流差动保护的基本原理接线图（仅示出一相）。图中 T_{R1} 、 T_{R2} 为差动继电器的制动线圈， T_O 为其动作线圈。图 1-2 的接线方式属于环流法接线，也就是电流平衡原理的接线。

按习惯规定，流入被保护设备的电流方向定为正方向。当被保护设备不存在故障而处于正常运行时，任何时刻流入被保护设备的电流等于流出该设备的电流。即 $\dot{I}_I = -\dot{I}_{II}$ 或 $\Sigma \dot{I} = \dot{I}_I + \dot{I}_{II} = 0$ 。而当被保护设备一旦发生故障时，流入、流出被保护设备的电流不再相等，即 $\Sigma \dot{I} =$ 流入被保护设备的总电流 $\neq 0$ 。从图 1-2 可知，差动继电器的动作线圈中的电流为 $\dot{I}_I + \dot{I}_{II}$ ，正好反映被保护设备的故障电流。此时，如果两个制动线圈圈数相等且两线圈极性连接使得制动线圈的综合电流为 $\dot{I}_I - \dot{I}_{II}$ 。

最简单的电流差动继电器不带制动线圈，此时继电器的动作方程式是：

$$|\dot{I}_I + \dot{I}_{II}| \geq I_0 \quad (1-1)$$

式中 I_0 ——克服继电器机械力矩所需的动作电流值。

如果在电流比复数平面上描绘出电流差动继电器的动作轨迹，则将式 (1-1) 转换为：

$$\begin{aligned} |\dot{I}_I + \dot{I}_{II}| &= \left| \left(\frac{\dot{I}_I}{\dot{I}_{II}} + 1/0 \right) \dot{I}_{II} \right| \\ &= |(\dot{\rho} + 1/0) \dot{I}_{II}| \geq I_0 \end{aligned}$$

也就是：

$$|\dot{\rho} + 1/0^\circ| \geq \frac{I_o}{I_{II}} = \frac{I_o}{I} \quad (1-2)$$

式中 $\dot{\rho}$ ——被保护设备两侧的电流比（复数）， $\dot{\rho} = \frac{\dot{I}_I}{\dot{I}_{II}}$ 。

显然，式（1-2）在电流比复数平面上的轨迹是以（-1，0）为圆心，而以 I_o/I 为半径的圆周。圆内为闭锁区或稳定区，圆外为动作区，如图1-3(a)所示。被保护设备正常运行时， $\dot{I}_I = -\dot{I}_{II}$ ， $\dot{\rho} = e^{j180^\circ} = (-1, 0)$ ，因而位于闭锁圆的圆心，差动继电器可靠地不会动作。

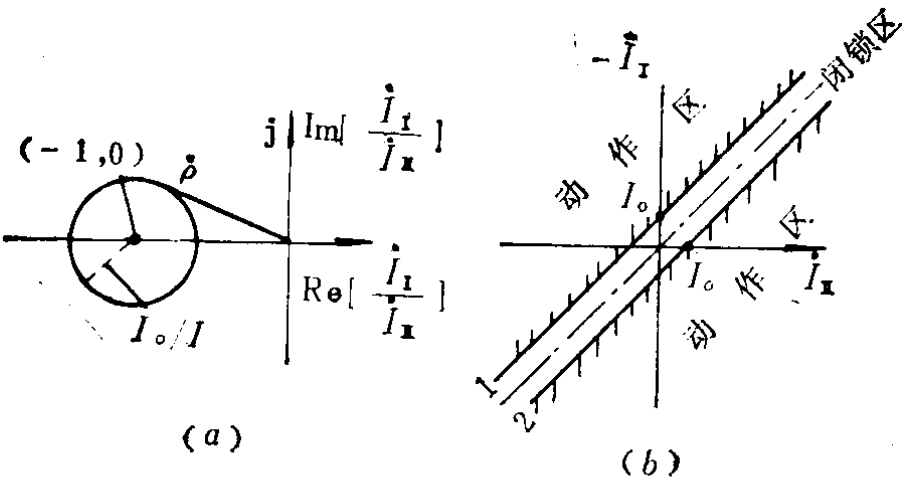


图 1-3 不带制动特性的电流差动继电器的动作特性
(a)在电流比复数平面上；(b)在电流的直角坐标图上

电流差动继电器的动作轨迹也可以在直角坐标图中来描述，此时纵、横坐标轴各代表一侧的电流数值。一般为使动作轨迹能在第一象限表示出来，将纵坐标向上方表示负数，向下方表示正数。满足式（1-1）的动作轨迹为二根平行线如图1-3(b)所示的直线1和2。平行线1与2之间为闭锁区，其余部分为动作区。穿过坐标原点与横坐标成45°的直线称为外部故障线，因为在此线上的任何一点都满足 $\dot{I}_I = -\dot{I}_{II}$ ，外部故障线正好处在闭锁区的中部，故外部故障时继电器不