

继电保护岗位 模块培训教材

>>>>>> 东北电网有限公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

继电保护岗位 模块培训教材

>>>>>> 东北电网有限公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本教材是按照《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》的要求，结合一线生产实际需求，采取模块化模式而编写的。

本教材共分7章，内容包括线路微机保护、微机母线保护、变压器微机保护、超高压并联电抗器微机保护、数字式发变组微机保护(DGT801型)、继电保护相关装置、二次回路。

本教材可作为企业继电保护技能人员的培训教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护岗位模块培训教材/东北电网有限公司编.
北京:中国电力出版社,2012.10
ISBN 978-7-5123-3588-2

I. ①继… II. ①东… III. ①继电保护—技术培训—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第237543号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013年1月第一版 2013年1月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 14.25印张 260千字

印数0001—3000册 定价45.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

编 委 会

主 任	李一凡	崔继纯			
副 主 任	王 钢	薛建伟			
委 员	姜潮涌	宋克家	张 涛	王志宏	白建伟
	李宝英	孙晓雯	王伟斌	刘凤学	李 锐
	常 键	张树刚	李 华	段文举	王 平
	曹福成	韩文权	李泽宇	林 伟	王 韬
	韩 臣	毛成洲	李跃春		

编 写 人 员

主 编	李宝英	李跃春			
副 主 编	韩 臣	雷 岩	李 华	刘多斌	郑旭民
	闫万义	赵忠梅			
参编人员	赵晓东	王世海	王秀霞	栾德艳	王长春
	钱迎新	赵长春	张铁锋		
主 审	鲍 斌				



前 言

随着电力企业的快速发展,大量的新设备投入到生产现场,新技术、新工艺也不断地产生,使得企业对高技能人才的需求越来越高。为此,企业已将大力开展员工培训作为人力资源开发的一项重要任务。

岗位培训教材建设是企业培训开发体系中一项重要的工作,是促进培训工作科学发展、全面提升员工队伍的综合素质、不断提高生产技能人员培训系统性和针对性的最有效的手段。

本教材坚持以提升能力为核心,强调知识够用、技能必备,力求贴近一线生产和员工培训的实际需要。贯彻“求知重能”的原则,在保证知识连贯性的基础上,充分结合《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》,注重标准化作业、危险点预控分析,突出安全理念、规范工艺,强调优化作业流程,着眼于技能操作,运用生产现场的实际案例,力求内容浓缩、精练,突出教材的针对性、典型性、实用性,体现了科学性、先进性与超前性。

编者在编写过程中多次深入企业调研,征求企业的意见,收集了大量的现场资料,并多次组织有关专家对编写内容进行了充分的讨论,用了近两年的时间,完成了书稿的编写及审定。

全书共分7章,其中第1章由锦州超高压局钱迎新、丰满培训中心张铁锋编写,第2章由赤峰供电公司赵晓东编写,第3章、第4章由长春超高压局赵长春编写,第5章由丰满发电厂王秀霞编写,第6章由沈阳超高压局王长春编写,第7章由白山发电厂王世海编写,全书由丰满培训中心赵忠梅统稿。

限于编者的经验和水平以及东北电网的局限性,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者和同行批评指正。

编 者

2012年10月



目 录

前言

第 1 章 线路微机保护	1
模块 1 基本知识	1
模块 2 线路微机保护装置的调试与维护	12
模块 3 线路微机保护装置的故障分析及处理	26
模块 4 通道的定检调试及异常故障处理	27
小结	40
思考题	40
第 2 章 微机母线保护	41
模块 1 基本知识	41
模块 2 微机母线保护装置的调试与维护	49
模块 3 母线微机保护装置的故障分析及处理	67
小结	69
思考题	70
第 3 章 变压器微机保护	71
模块 1 基本知识	71
模块 2 变压器微机保护装置的调试与维护	80
模块 3 变压器微机保护装置的故障分析及处理	92
小结	94
思考题	95

第4章 超高压并联电抗器微机保护	96
模块1 基本知识	96
模块2 电抗器微机保护装置的调试与维护	107
模块3 电抗器微机保护装置的故障分析及处理	111
小结	112
思考题	113

第5章 数字式发变组微机保护(DGT801型)	114
模块1 基本知识	114
模块2 数字式发变组微机保护装置的调试与维护	120
模块3 数字式发变组微机保护装置的故障分析及处理	143
小结	146
思考题	146

第6章 继电保护相关装置	148
模块1 故障录波器	148
模块2 保护信息子站	161
小结	163
思考题	164

第7章 二次回路	165
模块1 电气二次回路的基本知识	165
模块2 互感器及其二次回路	178
模块3 断路器控制回路	190
模块4 二次回路作业	201
模块5 直流系统	208
小结	214
思考题	214

附录 常用设备文字符号	215
--------------------------	-----

参考文献	217
-------------------	-----



第1章

线路微机保护

模块1 基本知识

电力线路是电力系统中的重要电气设备，电力系统在运行中，可能引起各种故障或不正常运行状态，对供电可靠性和系统的安全稳定运行带来严重的影响。因此根据电力线路的电压等级和重要程度装设性能良好、动作可靠的继电保护装置是十分重要的。

一、线路保护的基本配置

根据线路的故障类型及不正常运行状态，目前 220kV 及以上电压等级输电线路基本上都配置有双套主保护和后备保护。

按照保护动作原理，国内常使用的纵联保护有闭锁式方向或距离保护、允许式方向或距离保护及分相电流差动保护。

主保护为纵联保护，后备保护为三段式接地和相间距离保护、四段式零序方向保护及零序反时限保护，并具有自动重合闸功能。

距离保护是主要用于输电线路的保护，一般是三段式或四段式。第一、二段带方向性，作为本线路的主保护。其中第一段保护线路的 80%~90%，第二段保护余下的 10%~20%，并作为相邻母线的后备保护。第三段带方向或不带方向，有的还设有不带方向的第四段，作为本线路及相邻线段的后备保护。

零序电流保护通常由多段组成，一般是四段式，并可根据运行需要而增减段数。其零序电压和零序电流可分别通过零序电压滤过器和零序电流滤过器获得，在微机保护中，也可根据输入的三相电压、三相电流分别计算出零序电压、零序电流。

自动重合闸装置是将因故障跳开后的断路器按需要自动投入的一种自动装置。电力系统运行经验表明，架空线路绝大多数的故障都是瞬时性的。因此，在由继电保护动作切除短路故障之后，电弧将自动熄灭，绝大多数情况下短路处的绝缘可以自动恢复。因此，自动将断路器重合，不仅提高了供电的安全性和可靠性，减少了停电损失，而且还提高了电力系统的暂态稳定水平，增大了高压线路的送



电容量，也可纠正由于断路器机构本身或继电保护装置造成的误跳闸。

重合闸为一次重合闸方式，可实现单相重合闸、三相重合闸、禁止重合闸和停用重合闸。

- (1) 单相重合闸方式：单相跳闸单相重合闸方式。
- (2) 三相重合闸方式：含有条件的特殊重合方式。
- (3) 禁止重合闸方式：仅放电，禁止本装置重合，不沟通三跳。
- (4) 停用重合闸方式：既放电，又闭锁重合闸，并沟通三跳。

对 220kV 及以上电压等级的同杆并架双回线路，为了提高电力系统安全稳定运行水平，可采用按相自动重合闸方式。

二、线路保护的基本原理

(一) 纵联保护的基本原理

线路纵联保护是当线路发生故障时，使两侧开关同时快速跳闸的一种保护装置，是线路的主保护。它以线路两侧判别量的特定关系作为判据。即两侧均将判别量借助通道传送到对侧，然后两侧分别按照对侧与本侧判别量之间的关系来判别区内故障或区外故障。因此，判别量和通道是纵联保护装置的主要组成部分。

1. 纵联电流差动保护的基本原理

纵联电流差动保护原理示意图如图 1-1 所示，电流方向以母线流向被保护线路方向为正方向。

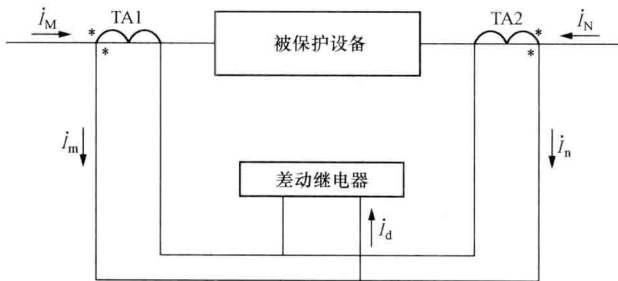


图 1-1 纵联电流差动保护原理示意图

动作电流（差动电流）为

$$\dot{I}_d = \dot{I}_m + \dot{I}_n = \left| \frac{\dot{I}_M}{n_{TA1}} + \frac{\dot{I}_N}{n_{TA2}} \right|$$

制动电流为

$$\dot{I}_r = \dot{I}_m - \dot{I}_n = \left| \frac{\dot{I}_M}{n_{TA1}} - \frac{\dot{I}_N}{n_{TA2}} \right|$$

动作电流与制动电流对应的工作点位于比率制动特性曲线（如图 1-2 所示）上方时，差动继电器动作。



正常运行及线路外部故障时:

动作电流为

$$\dot{I}_d = \dot{I}_m + \dot{I}_n = \left| \frac{\dot{I}_M}{n_{TA1}} + \frac{\dot{I}_N}{n_{TA2}} \right| = |\dot{I}_K - \dot{I}_K| = 0$$

制动电流为

$$\dot{I}_r = \dot{I}_m - \dot{I}_n = \left| \frac{\dot{I}_M}{n_{TA1}} - \frac{\dot{I}_N}{n_{TA2}} \right| = |\dot{I}_K + \dot{I}_K| = 2|\dot{I}_K|$$

因为 $I_d \ll I_r$, 所以继电器不动。

线路内部故障时:

动作电流为

$$\dot{I}_d = \dot{I}_m + \dot{I}_n = \left| \frac{\dot{I}_M}{n_{TA1}} + \frac{\dot{I}_N}{n_{TA2}} \right| = |\dot{I}_K|$$

制动电流为

$$\dot{I}_r = \dot{I}_m - \dot{I}_n = \left| \frac{\dot{I}_M}{n_{TA1}} - \frac{\dot{I}_N}{n_{TA2}} \right|$$

因为 $I_d \gg I_r$, 所以继电器动作。

纵联电流差动保护原理框图如图 1-3 所示。

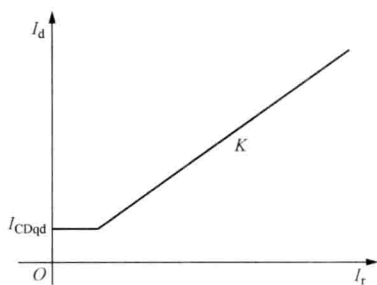


图 1-2 比率制动特性曲线

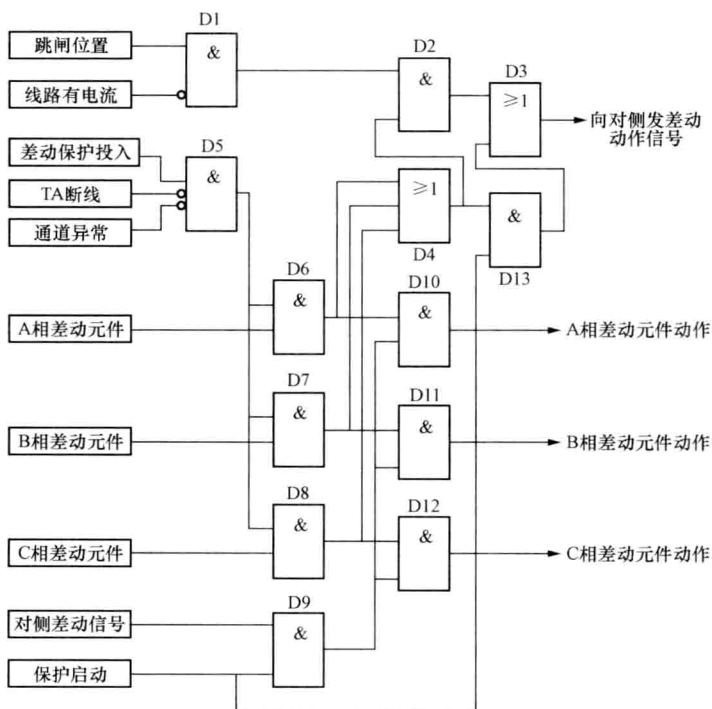


图 1-3 纵联电流差动保护原理框图

2. 纵联方向保护基本原理

纵联方向保护基本原理示意图如图 1-4 所示。

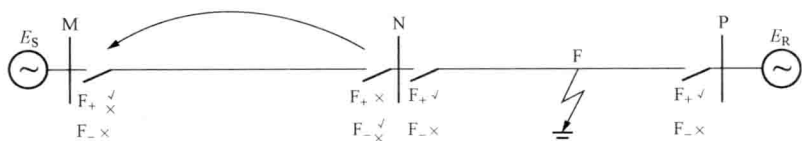


图 1-4 纵联方向保护基本原理示意图

故障线路的特征是：两侧的正方向元件 F_+ 均动作，两侧的反方向元件 F_- 均不动作，这在非故障线路中是不存在的。

非故障线路的特征是：两侧中至少有一侧（近故障点的一侧）的正方向元件 F_+ 不动作，而反方向元件 F_- 可能动作也可能不动作，这在故障线路中是不存在的。

闭锁式纵联方向保护启动后若判故障为反向故障，则发出闭锁信号；反之，则停止发信号（称为保护停信）。外部故障时，近故障侧保护判明故障为反向故障，发出闭锁信号，由于采用“单频制”，两侧均收到闭锁信号，保护不动作。内部故障时两侧均不发闭锁信号，保护动作。采用闭锁信号时，在正方向元件 F_+ 不动作或反方向元件 F_- 动作的这一侧一直发高频信号，所以非故障线路至少近故障点的一侧能一直发闭锁信号，如图 1-5 所示。

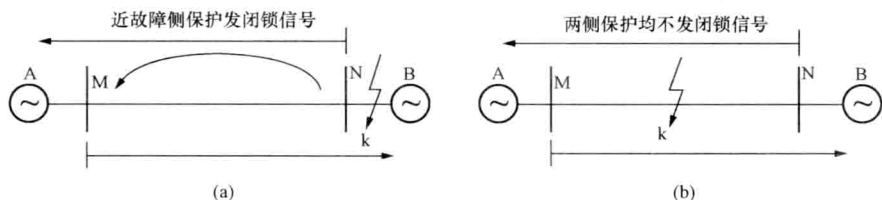


图 1-5 闭锁式纵联方向保护原理示意图

(a) 外部故障；(b) 内部故障

允许式纵联方向保护启动后若判明故障为正向故障，则发出允许信号；反之，则停止发信号。内部故障时两侧均发允许信号。保护动作条件为本侧判为正向故障且收到对侧允许信号，两侧保护动作条件均满足，动作跳闸。外部故障时，近故障侧保护判明故障为反向故障，不发允许信号，两侧保护动作条件均不满足，保护不动作。采用允许信号时，在正方向元件 F_+ 动作、反方向元件 F_- 不动作的这一侧一直发高频信号，所以故障线路两侧都能发允许信号，如图 1-6 所示。

(二) 距离保护的基本原理

1. 距离保护的工作原理

距离保护由阻抗继电器完成电压、电流比值测量，根据比值的大小来判断故

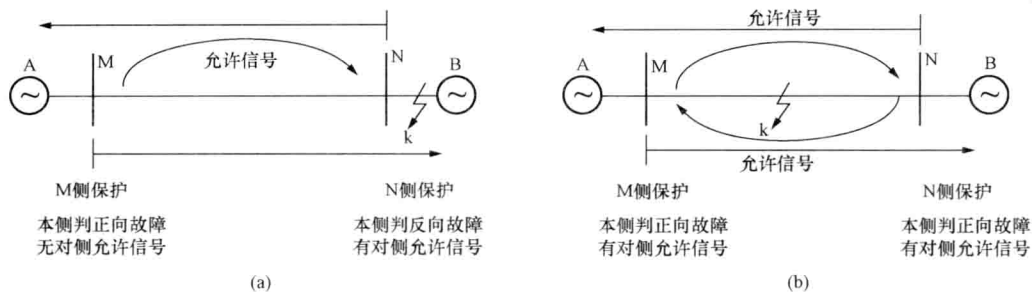


图 1-6 允许式纵联方向保护原理示意图

(a) 外部故障；(b) 内部故障

障的远近，并利用故障的远近确定动作时间。距离保护一般是三段式。第一段保护线路全长的 80%~90%；第二段保护线路全长并作为相邻母线的后备保护；第三段作为本线路及相邻线路的后备保护。

阻抗继电器的测量阻抗可表示为

$$Z_k = \frac{\dot{U}_k}{\dot{I}_k}$$

正常运行时，加在阻抗继电器上的电压为额定电压，电流为负荷电流，此时测量阻抗就是负荷阻抗，即

$$Z_k = Z_L = \frac{\dot{U}_L}{\dot{I}_L}$$

图 1-7 中 k 点短路时，加在阻抗继电器上的电压为母线的残压，电流为短路电流。阻抗继电器的一次测量阻抗就是短路阻抗，即

$$Z_k = Z_{Lk} = \frac{\dot{U}_{mk}}{\dot{I}_k}$$

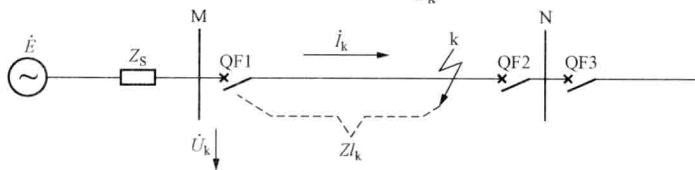


图 1-7 距离保护基本原理示意图

由于 $U_{mk} \ll U_N$, $I_k \gg I_L$, 因此 $Z_k \ll Z_L$ 。故利用阻抗继电器的测量阻抗可以区分故障与正常运行，并且能够判断出故障的远近。

故障距离越远，测量阻抗越大。因此测量阻抗越大，保护动作时间应当越长。距离保护阶梯时限特性如图 1-8 所示。

三段式距离保护单相原理框图如图 1-9 所示。

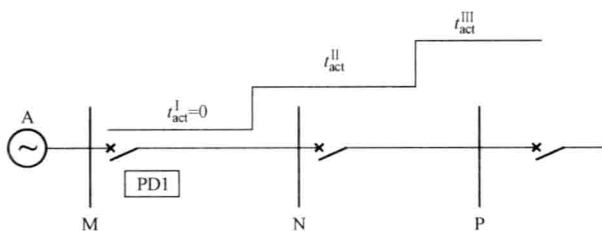


图 1-8 距离保护阶梯时限特性

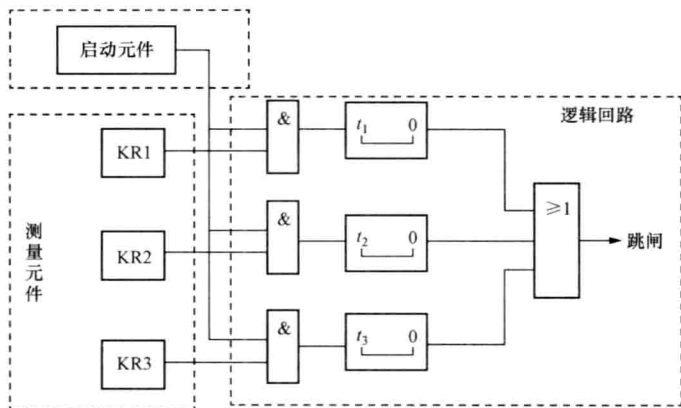


图 1-9 三段式距离保护单相原理框图

2. 工频变化量距离继电器的工作原理

电力系统发生短路故障时，其短路电流、电压可分解为故障前负荷状态的电流电压分量和故障分量，如图 1-10 (a) 所示的短路状态可分解为图 1-10 (b)、图 1-10 (c) 两种状态下电流、电压的叠加，反应工频变化量的继电器不受负荷状态的影响，因此，只考虑图 1-10 (c) 的故障分量。

工频变化量距离继电器测量工作电压的工频变化量的幅值，其动作方程为

$$|\Delta U_{OP}| > U_Z$$

对相间故障

$$U_{OP\Phi\Phi} = U_{\Phi\Phi} - I_{\Phi\Phi} Z_{ZD}$$

$$\Phi\Phi = AB, BC, CA$$

对接地故障

$$U_{OP\Phi} = U_{\Phi} - (I_{\Phi} + K \cdot 3I_0) Z_{ZD}$$

$$\Phi = A, B, C$$

式中 Z_{ZD} —— 整定阻抗，一般取 0.8~0.85 倍线路阻抗；

U_Z —— 动作门坎，取故障前工作电压的记忆量。

图 1-11 所示为保护区内外各点金属性短路时的电压分布。设故障前系统各点

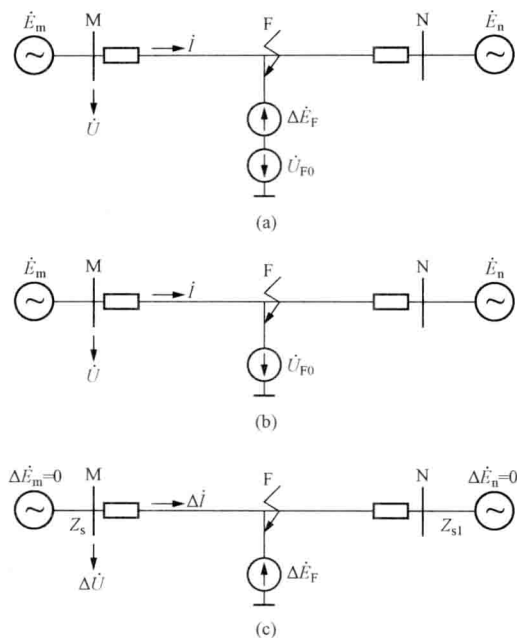


图 1-10 重叠原理示意图

(a) 短路后状态；(b) 正常负荷状态；(c) 短路附加状态

电压一致，即各故障点故障前电压为 U_Z ，则 $|\Delta E_{F1}| = |\Delta E_{F2}| = |\Delta E_{F3}| = U_Z$ 。对反应工频变化量的继电器，系统电势为零，因而仅需考虑故障点附加电势 ΔE_F 。

区内故障时，如图 1-11 (b) 所示， ΔU_{OP} 在本侧系统至 ΔE_{F1} 的连线的延长线上，可见， $\Delta U_{OP} > \Delta E_{F1}$ ，继电器动作。

反方向故障时，如图 1-11 (c) 所示， ΔU_{OP} 在 ΔE_{F2} 与对侧系统的连线上， $\Delta U_{OP} < \Delta E_{F2}$ ，继电器不动作。

区外故障时，如图 1-11 (d) 所示， ΔU_{OP} 在 ΔE_{F3} 与本侧系统的连线上， $\Delta U_{OP} < \Delta E_{F3}$ ，继电器不动作。

(三) 零序电流保护的基本原理

在大电流接地系统中发生接地故障后，就有零序电流、零序电压和零序功率出现。中性点直接接地电网中发生接地短路时，零序分量的特点如图 1-12 所示。

假定零序电流的参考方向为母线指向线路，零序电压的参考方向指向大地。

(1) 零序电压。故障点零序电压最高，离故障点越远，零序电压越低。变压器中性点接地处零序电压等于零。

(2) 零序电流。零序电流的数值和分布与变压器中性点接地的多少和位置有关，而与电源的数目和位置无关。

(3) 零序电压和零序电流的相位。在正方向短路下，保护安装处母线零序电

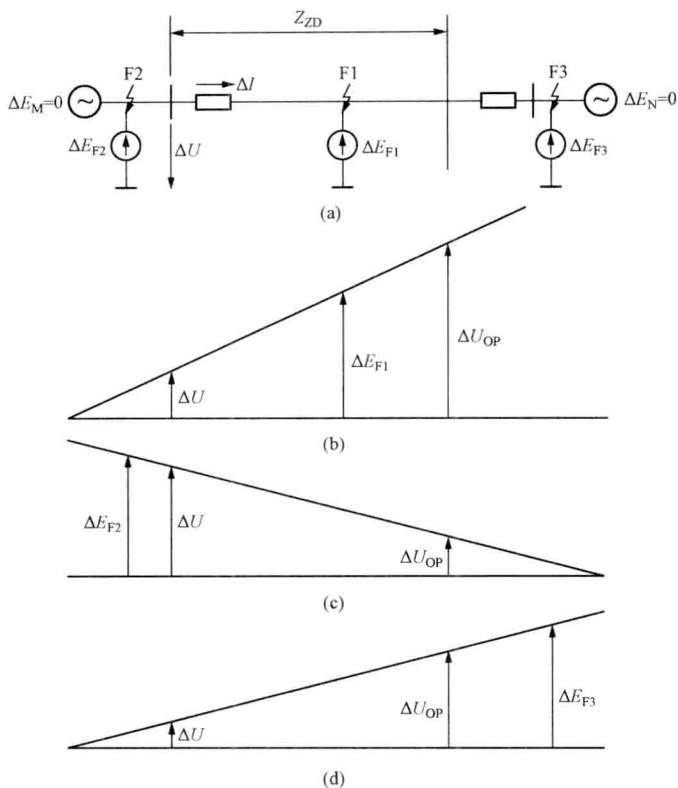


图 1-11 保护区内外各点金属性短路时的电压分布

(a) 金属性短路时的短路附加状态；(b) 正方向区内短路；(c) 反方向短路；(d) 正方向区外短路

压与零序电流的相位关系，取决于母线背后元件的零序阻抗（一般为 $70^\circ \sim 80^\circ$ ），而与保护线路的零序阻抗和故障点的位置无关。

(4) 零序功率实际方向。在线路正方向故障时，零序功率由故障线路流向母线，为负值；在线路反方向故障时，零序功率由母线流向故障线路，为正值。

无时限零序电流速断保护工作原理，靠整定零序电流的大小来获得选择性。

1. 零序电流速断保护（零序 I 段）整定原则

- (1) 躲开下条线路出口处接地短路时可能出现的最大零序电流。
- (2) 躲开断路器三相触头不同期合闸时出现的最大零序电流。
- (3) 当线路采用单相 ZCH 时，躲开非全相运行状态下系统又发生振荡时所出现的最大零序电流。

2. 零序 II 段整定原则

躲开下条线路零序 I 段最大保护范围末端接地短路时流过本保护的最大零序电流。

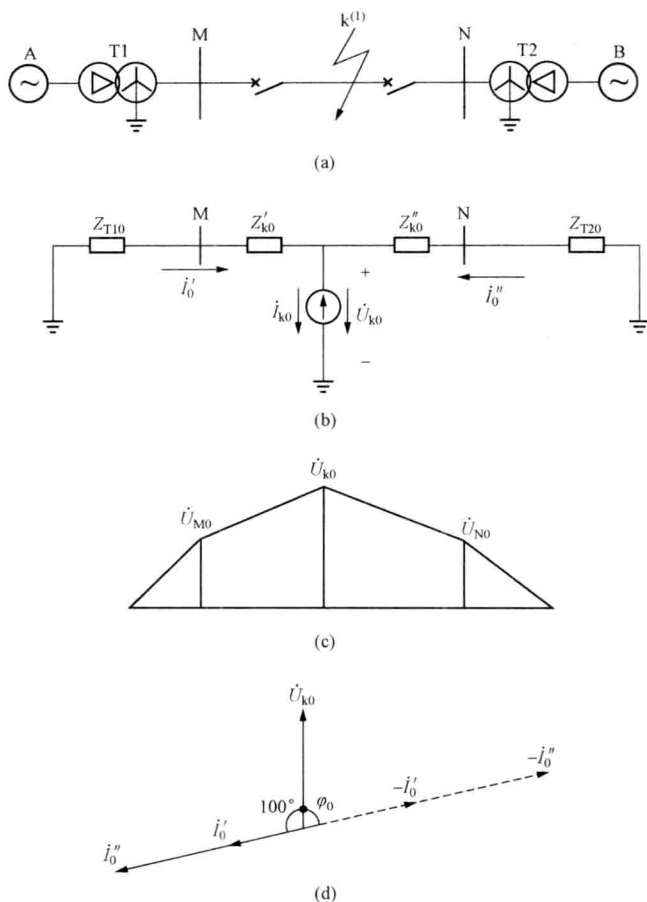


图 1-12 单相接地短路时零序分量

(a) 网络图；(b) 零序网络图；(c) 零序电压分布图；(d) 零序电流、零序电压的相量图

3. 零序Ⅲ段整定原则

躲开下条线路出口处相间短路时所出现的最大不平衡电流。

实际整定时应考虑满足灵敏系数按逐级配合的原则，即本保护零序Ⅲ段的保护范围不超出下条线路零序Ⅲ段的保护范围。

4. 零序保护的動作时限

为保证动作选择性，保护时限按阶梯原则整定，如图 1-13 所示。

从图 1-13 可以看出，安装在受端变压器上的零序Ⅲ段保护可以瞬动。

由于零序网范围较正序网范围小，因此零序Ⅲ段电流保护动作时限小于相间短路电流Ⅲ段保护动作时限。

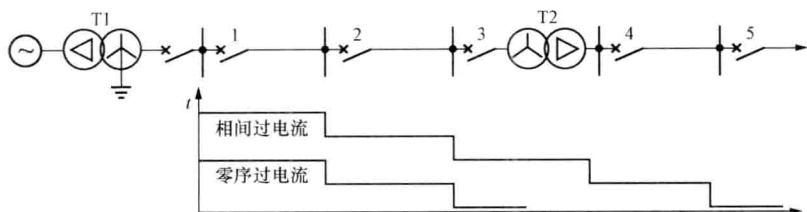


图 1-13 零序保护的阶梯时限特性

5. 零序方向保护逻辑框图

零序方向保护逻辑框图如图 1-14 所示。

(四) 远跳及远传

为使母线故障及断路器与电流互感器之间故障时对侧保护快速跳闸，远方跳闸功能用于传送母差、失灵等保护的的动作信号。当本侧母差、失灵等保护动作时，向对侧传输信号，对侧保护收到此信号后驱动永跳。远方跳闸可通过控制字选择经启动元件闭锁。

远跳功能典型应用如图 1-15 所示，M 侧失灵保护动作，失灵开出接点将 M 侧线路保护的 24V 电源和远跳开入接通，N 侧线路保护通过光纤通道，接收到对侧的远跳信号，结合线路保护定值中的“远跳受启动控制”可直接或经启动元件控制，跳 N 侧线路开关。

远传同远跳一样，装置也借助数字通道传送开关量信息。区别只是在于接收侧收到远传信号后，并不作用于本装置的跳闸出口，而只是如实地将对侧装置的开入接点状态反映到对应的开出接点上。

远传功能典型应用如图 1-16 所示，M 侧线路保护的开入 1 动作时，将 M 侧线路保护的 24V 电源和远传 1 开入接通，N 侧线路保护通过光纤通道，接收到对侧的远传信号，驱动远传 1 开出 YC1-1、YC1-2 接点闭合。M 侧线路保护的开入 2 动作时，将 M 侧线路保护的 24V 电源和远传 2 开入接通，N 侧线路保护通过光纤通道，接收到对侧的远传信号，驱动远传 2 开出 YC2-1、YC2-2 接点闭合。

当线路对端的线路过电压保护、电抗器保护和断路器失灵保护等动作时，均可通过光纤通道发远跳信号。本端远跳保护收到远跳命令后，根据收信逻辑和相应的就地判据跳本端断路器。

远方跳闸保护的就地判据应能反映一次系统的故障、异常运行状态，应简单可靠、便于整定，远方跳闸就地判据宜采用零负序电流、零负序电压、电流变化量、低电流、分相低功率因数、分相低有功功率等，远方跳闸保护宜采用一取一经就地判据方式。