



普通高等教育“十二五”规划教材

电气工程及其自动化专业

电力网继电保护原理 学习指导

田有文 编



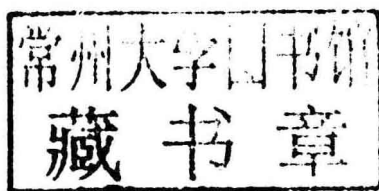
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

电力网继电保护原理 学习指导

田有文 编
孙国凯 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书配套“电力网继电保护原理”课程而编写，主要内容包括两部分：第一部分为电力网继电保护原理习题及补充习题的详细解答；第二部分为电力网继电保护原理实验指导的基本知识，讲述了电力设备和输电线路继电保护的实验原理和方法。

本书可作为普通高等学校电力系统及其自动化、电气工程及其自动化等电类专业的实验指导书或教学参考书，也可供从事继电保护专业的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力网继电保护原理学习指导/田有文编. —北京：中国电力出版社，2012.4

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-2868-6

I. ①电… II. ①田… III. ①电力系统—继电保护—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 056464 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

*

2012 年 5 月第一版 2012 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 6.75 印张 157 千字

定价 12.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

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



前 言

“电力网继电保护原理”课程是电力系统及其自动化、电气工程及其自动化等电类专业的主要课程，这门课程涉及理论多，而学生和教师对常规保护元件了解较少，缺少实践，因此学习时会有一定困难，为帮助学生学好这门课程，特编写了《电力网继电保护原理学习指导》这本书。

本书可与孙国凯、田有文主编的《电力网继电保护原理》配套使用。全书分为两部分：第一部分第一至八章对《电力网继电保护原理》的习题作了详细解答，为加强理论学习，每章增加了一定数量的补充习题；第二部分为常规元件的继电保护实验及其指导，可作为学生继电保护课程实践教学和指导书。

全书由沈阳农业大学信息与电气工程学院田有文编写，孙国凯教授主审。

由于编者水平和实践经验有限，书中难免有缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 12 月



目 录

前言

第一部分 电力网继电保护原理习题解答

第一章	绪论	1
第二章	电网的电流保护	5
第三章	电网的距离保护	24
第四章	电网的差动保护	44
第五章	高频保护	47
第六章	自动重合闸	51
第七章	电力变压器的继电保护	58
第八章	微机保护	71

第二部分 电力网继电保护原理实验指导

实验一	电磁型继电器特性实验	75
实验二	过电流继电器特性实验	79
实验三	两段式电流保护配合实验	81
实验四	三段式电流保护配合实验	83
实验五	功率方向继电器特性实验	86
实验六	方向阻抗继电器特性实验	90
实验七	自动重合闸装置实验	93
实验八	自动重合闸与电流保护配合实验	96
实验九	变压器差动保护实验	97
参考文献		100

第一部分 电力网继电保护原理习题解答

第一章 绪 论

一、基本内容和学习要点

本章主要介绍继电保护的任务和作用、继电保护的基本要求、继电保护装置的构成及分类。

要了解电力系统的故障和不正常运行状态及引起的后果；掌握继电保护装置概念、继电保护的任务（作用）、原理及组成；熟练掌握对继电保护的基本要求。

二、习题解答

1-1 什么是故障和不正常运行状态？它们之间有何不同，又有何联系？

答：电力系统运行中，电气元件发生短路、断线时的状态称为故障状态。电力系统运行中，电气元件某些运行参数超出正常工作允许范围，称为不正常运行状态。当电力系统发生不正常运行状态时，若不及时处理或处理不当，将引发故障。

1-2 什么是主保护和后备保护？远后备保护和近后备保护有什么区别和特点？

答：主保护是指被保护元件内部发生各种故障时，能满足系统稳定及设备安全要求的、有选择性地切除被保护设备或线路故障的保护。

后备保护是指当主保护或断路器拒绝动作时，用以将故障切除的保护。

远后备保护是指主保护或断路器拒绝动作时，由相邻元件的保护部分实现的后备保护。

近后备保护是指当主保护拒绝动作时，由本元件的另一套保护来实现的后备保护。如当断路器拒绝动作时，由断路器失灵保护实现的后备保护。

1-3 继电保护装置的任务及其基本要求是什么？

答：继电保护的基本任务是：

(1) 自动、迅速、有选择性地切除故障元件从电力系统中切除，使故障元件免于继续遭到破坏，保证无故障部分迅速恢复正常运行。

(2) 反应电气元件的不正常运行状态，并根据运行维护的条件而动作于信号，以便值班人员及时处理，或由装置自动进行调整，或将那些继续运行就会引起损坏或发展为事故的电气设备予以切除。

(3) 继电保护装置还可以与电力系统中的其他自动化装置配合，在条件允许时，采取预定措施，缩短事故停电时间，尽快恢复供电，从而提高电力系统运行的可靠性。

对继电保护的基本要求是：

(1) 选择性：当电力系统中的设备或线路发生故障时，其继电保护仅将故障的设备或线路从电力系统中切除，尽量减小停电面积，以保证系统中的无故障部分仍能继续安全运行。

(2) 速动性: 是指继电保护装置应能尽快地切除故障, 以减少设备及用户在大电流、低电压情况下运行的时间, 降低设备的损坏程度, 提高系统并列运行的稳定性。

(3) 灵敏性: 是指电气设备或线路在被保护范围内发生故障或不正常运行情况时, 保护装置的反应能力。

(4) 可靠性: 是指对继电保护装置既不误动, 也不拒动。

1-4 继电保护装置通过哪些主要环节完成预定的保护功能? 各环节的作用是什么?

答: 继电保护装置由测量部分、逻辑部分和执行部分三个部分组成。测量部分的作用是测量与被保护电气设备或线路工作状态有关的物理量的变化, 以确定电力系统是否发生了短路故障或出现不正常运行情况; 逻辑回路的作用是当电力系统发生故障时, 根据测量回路的输出信号进行逻辑判断, 以确定保护是否应该动作, 并向执行元件发出相应的信号; 执行回路的作用是根据逻辑回路的判断, 发出切除故障的跳闸脉冲或指示不正常运行情况的信号。

三、补充题

(一) 填空题

1. 能满足系统稳定及安全要求, 有选择性地保护设备和切除故障的保护称为_____。主保护或断路器拒动时, 用以切除故障的保护称为_____。

答: 主保护; 后备保护。

2. 过电流保护作为本线路主保护的后备保护, 称为_____。过电流保护作为下一段线路的主保护或断路器拒动时的后备保护称为_____。

答: 近后备保护; 远后备保护。

3. 继电保护按所起的作用可分为_____保护和_____保护, 其中后备保护又可分为_____保护和_____保护。

答: 主; 后备; 近后备; 远后备。

4. 电力系统发生短路故障时, 通常有_____增大、_____降低, 以及_____改变等现象。

答: 电流; 电压; 阻抗。

5. 继电保护装置按反应电流增大原理而构成_____保护, 按反应短路点到保护安装处之间的距离而构成_____保护。

答: 过电流; 距离。

6. 继电保护装置有利用电力载波按反应线路两端功率方向原理而构成的_____保护, 有按故障前后零序电压、零序电流的突变量而构成的_____保护等。

答: 高频; 零序。

7. 对继电保护的基本要求是_____、_____、_____和_____等。

答: 选择性; 速动性; 灵敏性; 可靠性。

(二) 简答题

1. 什么是继电保护装置? 其基本任务是什么?

答: 继电保护装置就是指能反应电力系统中电气元件发生故障或不正常运行状态, 并动作于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。

继电保护装置的基本任务是:

(1) 自动、迅速、有选择性地将被故障元件从电力系统中切除, 使故障元件免于继续遭到破坏, 保证无故障部分迅速恢复正常运行。

(2) 反应电气元件的不正常运行状态, 并根据运行维护的条件而动作于信号, 以便值班人员及时处理。

2. 继电保护的基本原理是什么?

答: 继电保护的原理就是利用被保护线路或设备故障前后某些物理量的突变量为信息, 当其达到一定值时, 启动逻辑控制环节, 发出相应的跳闸脉冲或信号。例如根据短路故障时流过电气元件上的电流增大, 可构成过电流保护; 根据故障时被保护元件两端电流相位和大小的变化, 可构成差动保护; 根据接地故障时出现的电流、电压的零序分量, 可构成零序电流保护; 根据电力变压器内部故障产生的气体数量和速度, 可构成气体(瓦斯)保护。

(三) 分析题

1. 如图 1-1 所示, 试回答下列问题:

(1) 当 k_1 点短路时, 根据选择性要求应由哪些保护动作并跳开哪些断路器? 如此时保护 6 拒动或 QF6 因失灵而拒跳, 保护又将如何动作?

(2) 当 k_2 点短路时, 根据选择性要求应由哪些保护动作并跳开哪些断路器? 如此时保护 3 拒动或 QF3 拒跳, 但保护 1 动作并跳开 QF1, 问此种动作是否有选择性? 如果拒动的为 QF2, 对保护 1 的动作又应作何评价?

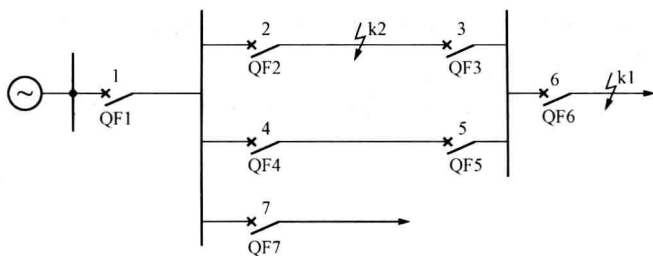


图 1-1 分析题 1 图

答: (1) 当 k_1 点短路时, 根据选择性要求应由保护 6 动作并跳开 QF6 断路器。如此时保护 6 拒动或 QF6 因失灵而拒跳, 由近后备保护 3、保护 5 动作跳开 QF3、QF5, 或由远后备保护 2、保护 4 动作跳开 QF2、QF4。

(2) 当 k_2 点短路时, 根据选择性要求应由保护 2、保护 3 动作跳开 QF2、QF3。如此时保护 3 拒动或 QF3 拒跳, 但保护 1 动作并跳开 QF1, 此种动作不具有选择性, 应由保护 5 或保护 4 动作, 跳开 QF5 或 QF4。如果拒动的为 QF2, 对保护 1 动作并跳开 QF1 的断路器具有选择性。

2. 在图 1-2 所示网络中, 设在 k 点发生短路, 试就以下几种情况评述保护 1 和保护 2 对四项基本要求的满足情况。

(1) 保护 1 按整定时间先动作跳开 QF1, 保护 2 启动并在故障切除后返回;

(2) 保护 1 和保护 2 同时按保护 1 整定时间动作并跳开 QF1 和 QF2;

(3) 保护 1 和保护 2 同时按保护 2 整定时间动作并跳开 QF1 和 QF2;

(4) 保护 1 启动但未跳闸, 保护 2 动作并跳

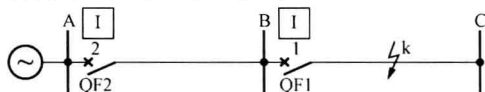


图 1-2 分析题 2 图

开 QF2;

(5) 保护 1 未启动, 保护 2 动作并跳开 QF2;

(6) 保护 1 和保护 2 均未动作。

答: (1) 保护 1 按整定时间先动作跳开 QF1, 说明保护 1 已满足四项基本要求; 而保护 2 启动在故障切除后返回, 说明保护 2 满足灵敏性(能启动)、选择性(启动后返回)和可靠性(最终没有动作, 说明不该动作时能可靠不动作)三条基本要求。对于速动性, 由于它最终没有动作所以速动性没有表现。

(2) 保护 1 和保护 2 同时按保护 1 整定时间动作并跳开 QF1 和 QF2。这表明: 保护 1 满足四项基本要求; 保护 2 为无选择性跳闸, 故选择性和可靠性均不满足要求, 灵敏性满足, 速动性不满足, 因为它不是尽快切除保护范围内故障, 其行为不是遵循“缩小故障范围”, 而是扩大故障范围。

(3) 保护 1 和保护 2 同时按保护 2 整定时间动作跳开 QF1 和 QF2。这表明: 保护 1 满足可靠性、选择性和灵敏性要求, 但未满足速动性要求, 因为没有做到尽快切除故障, 它的晚动作已造成保护 2 越级跳闸, 导致故障范围扩大, 违背速动性要求; 保护 2 为无选择性越级跳闸, 但在保护 1 工作失常前提下, 且保护 2 符合预先规定, 故其四条基本要求都满足。

(4) 保护 1 启动但未跳闸, 保护 2 动作并跳开 QF2。这表明: 保护 1 为无选择性, 未跳闸表明不可靠, 灵敏性满足, 快速性不满足; 保护 2 满足全部四项基本要求。

(5) 保护 1 未启动, 保护 2 动作并跳开断路器 QF2。这表明: 保护 1 不满足四项基本条件, 保护 2 满足全部四项基本要求。

(6) 保护 1 和保护 2 均未动作, 这表明保护 1 和保护 2 均未满足四项基本要求。

第二章 电网的电流保护

一、基本内容和学习要点

- (1) 掌握常用继电器的构成原理、基本动作电流、返回电流、返回系数等基本概念及其内在联系。
- (2) 掌握电流互感器和电压互感器的基本工作原理、影响误差因素及注意事项。
- (3) 熟悉三种典型的电流保护（电流速断保护、限时电流速断保护和过电流保护）的特点、整定原则、整定计算方法及其评价。
- (4) 掌握相间短路保护电流回路的基本接线方式及其特点与应用范围。
- (5) 通过三段式电流保护原理接线图，会分析二次回路的原理图和展开图。
- (6) 掌握反时限过电流保护的基本工作原理。
- (7) 掌握方向电流保护原理、主要组成元件及其评价。
- (8) 掌握功率方向继电器的工作原理、构造、动作特性和 90° 接线方式。
- (9) 了解方向性电流保护整定计算，掌握省略方向元件的条件。
- (10) 了解电力系统中性点接地方式，掌握中性点直接接地电网接地后零序电流、零序电压、零序功率的特点及变化规律。
- (11) 了解三段零序保护的原理、整定计算，及与前述相间短路三段保护相比有什么优点。
- (12) 掌握零序功率方向继电器的特点。
- (13) 了解获得零序电流、零序电压的方法。
- (14) 掌握中性点非直接接地电网发生单相接地故障时的特点，以及出现零序电压和零序电流的性质及其分布特点。
- (15) 掌握中性点非直接接地电网中常见的几种接地保护方式及其特点。

二、习题解答

2-1 什么是启动电流？什么是返回电流？返回系数对何而言？

答：使继电器动作的最小电流值 I_r 称为继电器的动作电流（启动电流），记作 $I_{op.r}$ 。使继电器返回原位的最大电流值称为继电器的返回电流，记为 $I_{re.r}$ 。返回电流与动作电流的比值称为继电器的返回系数，可表示为 $K_{re} = \frac{I_{re.r}}{I_{op.r}}$ ($0 < K_{re} < 1$)。返回系数越大，则保护装置的灵敏度越高，但过大的返回系数会使继电器触点闭合不够可靠。

2-2 电流互感器的误差与哪些因素有关？有怎样的关系？

答：电流互感器误差取决于励磁电流的大小，而励磁电流与电流互感器的负载阻抗 Z_L 成正比，与励磁阻抗成反比。因此，电流互感器的误差与负载阻抗成正比，与励磁阻抗成反比，一般误差小于 1%。

2-3 为什么过电流保护在整定计算时考虑返回系数和自启动系数，而电流速断保护不考虑返回系数和自启动系数？

答：过电流保护的動作电流是按躲开被保护线路的最大负荷电流，且在自启动电流下继电器能可靠返回来进行整定的。当本条线路的下一条线路发生短路，电流Ⅲ段保护启动。当故障切除后，电机类负载启动时产生较大的启动电流，而要求继电器在自启动的大电流下也能可靠返回，因此要考虑自启动系数和返回系数。电流速断保护整定值高，下一条线路故障时本段线路的电流Ⅰ段保护不启动，因此不考虑返回系数和自启动系数。

2-4 三段式电流保护哪一段最灵敏，哪一段最不灵敏？它们是采用什么措施来保证选择性的？

答：电流Ⅲ段保护最灵敏，电流Ⅰ段保护最不灵敏。电流Ⅰ段保护采用動作电流来保证选择性，而电流Ⅱ段、电流Ⅲ段保护采用動作电流和動作时间的不同来保证选择性。

2-5 在一条线路上是否一定要用三段式保护？两段行吗？为什么？

答：实际上，供配电线路不一定都要装设三段式电流保护。比如，处于电网末端附近的保护装置，当定时限过电流保护不大于 $0.5\sim 0.7s$ ，而且没有防止导线烧损及保护配合上的要求情况下，就可以不装设电流速断保护和限时电流速断保护，而将过电流保护作为主保护。在某些情况下，常采用两段组成一套保护。例如：当线路很短时，只装设限时电流速断保护和定时限过电流保护；线路一变压器组式接线，电流速断保护能保护全线路，因而不需要装设限时速断保护，只装设电流速断保护和定时限过电流保护即可。

2-6 过电流保护的交流回路有哪几种接线方式？其应用范围如何？

答：过电流保护的交流回路有三相星形接线、两相星形接线和两相电流差接线三种接线方式。

(1) 三相星形接线方式能反应各种类型的故障，用在中性点直接接地电网中，作为相间短路的保护，同时也可保护单相接地。

(2) 两相星形接线方式较为经济简单，能反应各种类型的相间短路，在 $10kV$ 及以上、特别是在 $35kV$ 非直接接地电网中得到广泛应用，也应用于 $6\sim 10kV$ 中性点不接地系统中的过电流保护装置。

(3) 两相电流差接线方式接线简单、投资少，但灵敏性较差，主要用在 $6\sim 10kV$ 中性点不接地系统中，作为馈电线路和较小容量高压电动机的保护。

2-7 在小接地系统中，有一变电所有两个出口线路，1号线路供电给重要用户，2号线路供电给一般用户，为了保证在不同线路上发生两点接地短路时都不会停止对重要用户的供电，过电流保护要求采取什么措施？

答：1号线路供给重要用户，采用两相星形接线，继电保护装置動作时间整定长。2号线路采用三相星形接线，继电保护装置動作时间整定得短。

2-8 在什么条件下，要求电流保护的動作具有方向性？

答：环网和多侧电源电网相间短路的电流保护要求电流保护动作具有方向性。

2-9 功率方向继电器能单独用作保护吗？为什么？

答：功率方向继电器不能单独用作保护。因为功率方向继电器只能判断功率的方向，不能判断电流的大小，而保护装置的启动条件是功率方向为规定的正方向，流入继电器的电流大于其动作电流，因此功率方向继电器要配合电流继电器实现方向过电流保护。

2-10 按 90° 接线的功率方向继电器在三相短路和两相短路时，会不会有死区？为什么？

答： 90° 接线的功率方向继电器在各种两相短路时都没有死区，因为继电器加入的是非故障相的线电压，其值得高，因此保护能可靠动作。三相短路时，在保护装置出口处短路保护装置不动作，因为在保护装置出口处发生三相短路时， $\dot{U}_A = \dot{U}_B = \dot{U}_C = 0$ ，保护装置检测到的电压为 0，判断不出功率方向，故保护不动作。

2-11 电网方向过电流保护动作时限的配合及方向元件的装设应遵守什么原则？

答：方向过电流保护动作时限的整定，是将动作方向一致的保护，按逆序阶梯原则进行整定。加方向元件的原则是：对装在变电所同一母线上的各元件保护，其动作时限较长的可以不装设方向元件，而时限较短的必须装设方向元件；如果保护的时间相等，那就都应装设方向元件。

2-12 中性点非直接接地电网中，接地短路的特点及保护方式是什么？

答：其接地短路的特点是：

- (1) 单相接地时，全系统都将出现零序电压，而短路点的零序电压在数值上为相电压。
- (2) 在非故障元件上有零序电流，其数值等于本身的对地电容电流，电容性无功功率的实际方向为由母线流向线路。
- (3) 在故障元件上，零序电流为全系统非故障元件对地电容电流之和，电容性无功功率的实际方向为由线路流向母线。

保护方式：采用绝缘监视装置反应单相接地故障。

2-13 在大接地电流系统中发生接地短路时，零序分量与正序分量的主要区别有哪些？

答：(1) 故障点的零序电压最高，离故障点越远零序电压越低，而故障点的正序电压为零。

- (2) 零序电流的方向由线路流向母线，而正序电流的方向由母线流向线路。
- (3) 故障线路零序功率的方向与正序功率的方向相反，是由线路流向母线。

2-14 零序功率方向元件有没有死区？为什么？

答：没有死区，因为保护出口处发生接地故障时短路点零序电压最大，不为零，方向元件可以检测到一个较大的电压，故零序功率方向元件可以可靠动作。

2-15 中性点经消弧线圈接地电网中, 单相接地短路的特点及补偿方式是什么?

答: 中性点经消弧线圈接地电网中, 单相接地时, 用它产生的感性电流去补偿全部或部分电容电流, 减少流经故障点的电流, 避免在接地点燃起电弧。补偿方式有完全补偿、欠补偿和过补偿。

2-16 在小电流接地系统中, 如何从绝缘监察装置的仪表指示中判断出接地相? 又用什么办法可以判断出接地线路?

答: 系统正常运行时, 三相电压对称, 没有零序电压, 所以三只电压表读数相等, 过电压继电器 KV 不动作。当系统任一出线发生接地故障时, 接地相对地电压为零, 而其他两相对地电压升高为原来的 $\sqrt{3}$ 倍, 所以从三只电压表的读数可以看出, 读数降低的电压表所对应的相为接地相, 另两只读数增大的电压表对应的相为非接地相。同时在开口三角处出现零序电压, 过电压继电器 KV 动作, 给出接地信号。

由运行人员顺次短时断开每条线路, 当断开某条线路时, 若零序电压信号消失, 即表明接地故障就在这条线路上。

2-17 在图 2-1 所示的网络中, 试对保护 1 进行三段式电流保护的整定计算。已知线路的最大负荷电流 $I_{L\max}=100\text{A}$, t_2'' 为 2.2s, 母线 A、B、C 等处短路时流经线路 AB 的三相短路电流计算值如下所示 (单位: kA):

短路点	A	B	C
最大运行方式	5.34	1.525	0.562
最小运行方式	4.27	1.424	0.548

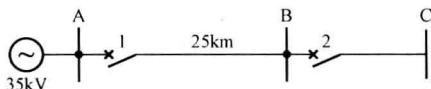


图 2-1 题 2-17 图

解 (1) 电流速断保护的整定计算 ($X_1 = 0.4\Omega/\text{km}$):

1) 动作电流

$$I'_{\text{op},1} = K'_{\text{rel}} I_{\text{k},\text{B}}^{(3)} = 1.3 \times 1.525 = 1.9825(\text{kA})$$

$$\text{由 } I_{\text{k},\text{B}}^{(3)} = \frac{U_{\text{N}}}{\sqrt{3}(X_{\text{s},\text{max}} + X_1 l_{\text{AB}})} \text{ 得}$$

$$X_{\text{s},\text{max}} = \frac{U_{\text{N}}}{\sqrt{3} I_{\text{k},\text{B}}^{(3)}} - X_1 l_{\text{AB}} = \frac{35}{\sqrt{3} \times 1.424} - 0.4 \times 25 = 4.2(\Omega)$$

系统在最小运行方式下, I 段保护范围最短, 由 $I'_{\text{op}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{U_{\text{N}}}{\sqrt{3}(X_{\text{s},\text{max}} + X_1 l_{\text{min}})}$ 得

$$l_{\text{min}} = \frac{1}{X_1} \left(\frac{U_{\text{N}}}{2I'_{\text{op}}} - X_{\text{s},\text{max}} \right) = \frac{1}{0.4} \times \left(\frac{35}{2 \times 1.9825} - 4.2 \right) = 11.57(\text{km})$$

2) 灵敏度校验

$$l_{\text{B}}\% = \frac{l_{\text{min}}}{l_{\text{AB}}} \times 100\% = \frac{11.57}{25} \times 100\% = 46.3\% > 15\%$$

符合要求。

3) 动作时限: $t'_1 = 0\text{s}$ 。

(2) 限时电流速断保护整定计算:

1) 动作电流

$$I''_{\text{op.1}} = K''_{\text{rel}} I'_{\text{op.2}} = K''_{\text{rel}} K'_{\text{rel}} I_{\text{k.C.max}}^{(3)} = 1.1 \times 1.3 \times 0.562 = 0.8037 (\text{kA})$$

2) 灵敏度校验

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k.B.min}}^{(2)}}{I''_{\text{op}}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \times 1.424}{0.8037} = 1.53 > 1.5$$

符合要求。

3) 动作时限

$$t'_1 = t'_2 + \Delta t = 0.5 (\text{s})$$

(3) 定时限过电流保护整定计算:

1) 动作电流

$$I'''_{\text{op.1}} = \frac{K'''_{\text{rel}} K_{\text{ss}}}{K_{\text{re}}} I_{\text{L.max}} = \frac{1.25 \times 1}{0.85} \times 0.1 = 0.1471 (\text{kA})$$

2) 灵敏度校验

近后备

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k.B.min}}^{(2)}}{I'''_{\text{op.1}}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \times 1.424}{0.1471} = 8.38 > 1.5$$

符合要求。

远后备

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k.C.min}}^{(2)}}{I'''_{\text{op.1}}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \times 0.548}{0.1471} = 3.23 > 1.2$$

符合要求。

3) 动作时限

$$t'''_1 = t'''_2 + \Delta t = 2.2 + 0.5 = 2.7 (\text{s})$$

2-18 在图 2-2 所示网络中, 试对保护 1 进行三段式电流保护的整定计算。计算中取 $K'_{\text{rel}}=1.3$, $K''_{\text{rel}}=1.1$, $K'''_{\text{rel}}=1.2$, 返回系数 $K_{\text{re}}=0.85$, 自启动系数 $K_{\text{ss}}=1$, 线路阻抗为 $0.4\Omega/\text{km}$, $X_{\text{s.min}}=6.5\Omega$, $X_{\text{s.max}}=7.5\Omega$, $I_{\text{L.max}}=400\text{A}$ 。

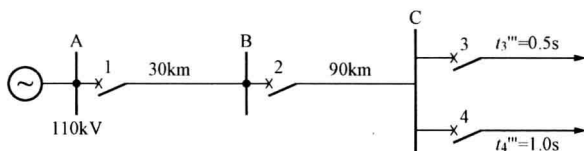


图 2-2 题 2-18 图

解

$$I_{\text{k.B.max}}^{(3)} = \frac{U_{\text{N}}}{\sqrt{3}(X_{\text{s.min}} + X_1 l_{\text{AB}})} = \frac{110}{\sqrt{3} \times (6.5 + 0.4 \times 30)} = 3.43 (\text{kA})$$

$$I_{\text{k.B.min}}^{(3)} = \frac{U_{\text{N}}}{\sqrt{3}(X_{\text{s.max}} + X_1 l_{\text{AB}})} = \frac{110}{\sqrt{3} \times (7.5 + 0.4 \times 30)} = 3.26 (\text{kA})$$

$$I_{k.B.min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{k.B.min}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3.26 = 2.82(\text{kA})$$

$$I_{k.C.max}^{(3)} = \frac{U_N}{\sqrt{3}(X_{s.min} + X_1 l_{AC})} = \frac{110}{\sqrt{3} \times (6.5 + 0.4 \times 120)} = 1017(\text{kA})$$

$$I_{k.C.min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{U_N}{\sqrt{3}(X_{s.max} + X_1 l_{AC})} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{110}{\sqrt{3} \times (7.5 + 0.4 \times 120)} = 0.99(\text{kA})$$

(1) I 段电流保护整定计算:

1) 动作电流

$$I'_{op.1} = K'_{rel} I_{k.B.max}^{(3)} = 1.3 \times 3.43 = 4.46(\text{kA})$$

2) 灵敏度校验: 由 $I'_{op} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{U_N}{\sqrt{3} \times (X_{s.max} + X_1 l_{min})}$ 得

$$l_{min} = \frac{1}{X_1} \left(\frac{U_N}{2I'_{op}} - X_{s.max} \right) = \frac{1}{0.4} \times \left(\frac{110}{2 \times 4.46} - 7.5 \right) = 12.08(\text{km})$$

$$l_B \% = \frac{l_{min}}{l_{AB}} \times 100 \% = \frac{12.08}{30} \times 100 \% = 40.3 \% > 15 \%$$

符合要求。

3) 动作时限: $t'_1 = 0\text{s}$ 。

(2) II 段电流保护整定计算:

1) 动作电流

$$I''_{op.1} = K''_{rel} I'_{op.2} = K''_{rel} K'_{rel} I_{k.C.max}^{(3)} = 1.1 \times 1.3 \times 1.17 = 1.67(\text{kA})$$

2) 灵敏度校验

$$K_{sen} = \frac{I_{k.B.min}^{(2)}}{I''_{op.1}} = \frac{2.82}{1.67} = 1.69 > 1.5$$

符合要求。

3) 动作时限

$$t'_1 = t'_2 + \Delta t = 0.5(\text{s})$$

(3) III 段电流保护整定计算:

1) 动作电流

$$I'''_{op.1} = \frac{K'''_{rel} K_{ss}}{K_{re}} I_{L.max} = \frac{1.2 \times 1}{0.85} \times 0.4 = 0.56(\text{kA})$$

2) 灵敏度校验:

近后备

$$K_{sen} = \frac{I_{k.B.min}^{(2)}}{I'''_{op.1}} = \frac{2.82}{0.56} = 5.03 > 1.5$$

符合要求。

远后备

$$K_{sen} = \frac{I_{k.C.min}^{(2)}}{I'''_{op.1}} = \frac{0.99}{0.56} = 1.77 > 1.2$$

符合要求。

3) 动作时限

$$t_1'' = t_4'' + \Delta t + \Delta t = 1 + 0.5 + 0.5 = 2(s)$$

2-19 试确定图 2-3 所示网络中过电流保护 1~保护 8 的动作时限, 并确定哪些保护需加方向性元件。

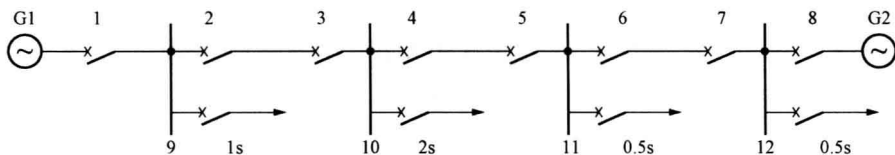


图 2-3 题 2-19 图

答：去掉 G1 电源, 保护 1、3、5、7 为同方向配合保护, 设保护 1 的动作时限为 $t_1 = 0.5s$, 所以 $t_3 = 1.5s$, $t_5 = 2.5s$, $t_7 = 3s$ 。去掉 G2 电源, 保护 2、4、6、8 为同方向配合保护, 设 $t_8 = 0.5s$, 所以 $t_6 = 1s$, $t_4 = 1.5s$, $t_2 = 2.5s$ 。综上所述, 保护 1、3、4、6、8 均装设方向性元件。

三、补充题

(一) 填空题

1. 电流互感器铁芯饱和时, 励磁电流将_____, 二次侧电流将_____。

答：增大; 减小。

2. 对于电流互感器, 若要使励磁电流减小, 需使励磁阻抗_____, 二次负载_____。

答：增大; 减小。

3. 电流互感器的误差与_____成正比, 与_____成反比。

答：二次负载; 励磁阻抗。

4. 电磁型继电器在可动衔铁上产生的电磁转矩与_____成正比, 与_____成反比。

答：电流的平方; 空气隙距离 δ 的平方。

5. 对于电流继电器, 当通入继电器的电流大于动作电流时, 继电器_____; 当通入继电器的电流小于返回电流时, 继电器_____。

答：动作; 返回。

6. 对于电流继电器, 动作条件为 I_r _____; 当 I_r _____ 时, 继电器返回。

答：大于 I_{op} ; 小于 I_{re} 。

7. 对于电流继电器, 当 M_{dc} _____ 时, 继电器动作; 当 M_{dc} _____ 时, 继电器返回。

答： $\geq M_s + M_f$; $\leq M_s - M_f$ 。

8. 电流速断保护和限时电流速断保护的動作电流是按_____整定的, 而过电流保护是按_____整定的, 故前者_____后者。

答：短路电流; 最大负荷电流; 大于。

9. 感应型电流继电器, 当_____时, 称为继电器启动; 启动后, 减少流入继电器线圈中的电流, 当_____时, 称为继电器返回。

答：蜗轮蜗杆啮合; 蜗轮蜗杆脱离。

10. 两级反时限过电流保护进行配合, 其配合点选在_____; 若反时限过电流保护与

电源侧的定时限过电流保护配合，其配合点应选在_____。

答：下一条线路的首端；下一条线路的末端。

11. 在大接地电流系统中，常采用_____接线方式；在小接地电流系统中，常采用_____接线方式，反应各种类型的相间短路。

答：三相星形；两相星形。

12. 电流互感器的二次绕组为三相星形接线或两相不完全星形接线时，在正常负荷及各种故障形式下的接线系数均为_____。

答：1。

13. 在大接地电流系统中，电流互感器按完全星形接线，不仅能反应任何_____短路故障，而且也能反应_____接地和_____短路接地故障。

答：相间；单相；两相。

14. 在_____和_____网络中，要求电流保护具有方向性。

答：环网；多电源。

15. 在电网中装设带有方向元件的过电流保护是为了保证动作的_____，在_____处发生_____短路时，方向电流保护会出现死区。

答：选择性；保护出口；三相。

16. 相间短路的功率方向继电器通常按_____接线方式，当线路发生正向故障时，若 $\phi_d = 50^\circ$ ，为使继电器动作最灵敏，其内角 α 值应是_____。

答： 90° ； 45° 。

17. 对于双侧电源网络，当发生内部故障时，故障线路上的短路功率由_____流向_____。

答：母线；线路。

18. 对于双侧电源网络，当发生故障时，规定线路上的短路功率由母线流向线路为_____，而短路功率由线路流向母线为_____。

答：正；负。

19. 方向过电流保护启动有两个条件，一个是_____，另一个是_____。

答：电流超过整定值；功率方向符合规定的正方向。

20. 在双侧电源供电网络中，装在变电所同一母线上的各元件保护，其_____可以不装方向元件，而_____必须装设方向元件；如果_____，那就都应该装设方向元件。

答：时限较长的；时限较短的；保护的时限相等。

21. 我国电力系统中性点接地方式有三种，分别是_____、_____、_____。

答：中性点直接接地；中性点不直接接地；中性点经消弧线圈接地。

22. 中性点直接接地电网中发生接地短路故障时，_____零序电压最高，故障线路零序功率的方向是_____。

答：故障点的；由线路流向母线的。

23. 零序电压的取得，通常采用_____或_____。

答：三个单相电压互感器；三相五柱式电压互感器。

24. 在双侧电源供电中性点直接接地网络中，发生接地短路故障时，零序电流由母线流向线路方向为_____，故障线路两侧零序功率为_____，非故障线路远离短路点侧的零