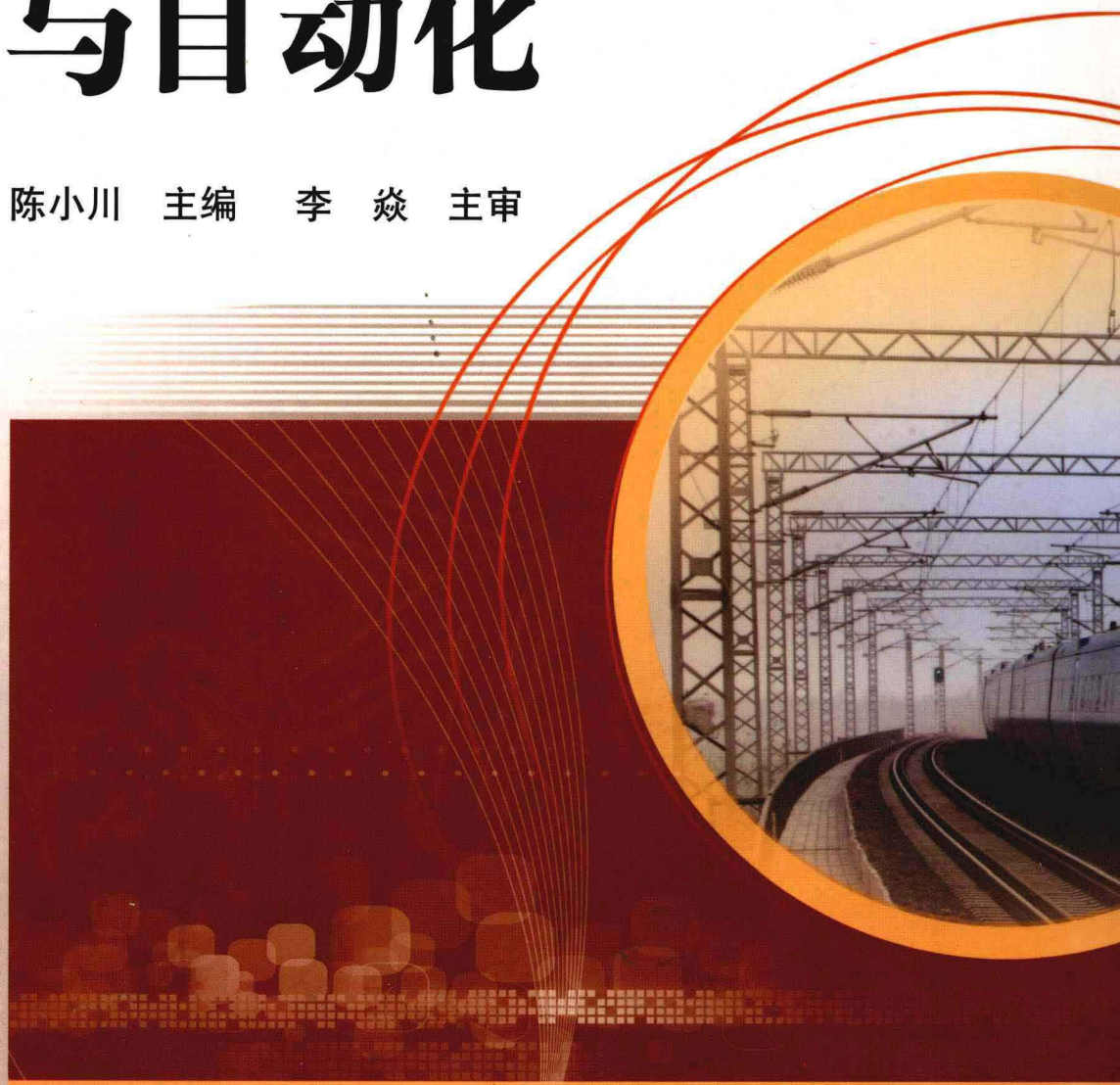




普通高等教育铁道部规划教材

铁路供电继电保护 与自动化

陈小川 主编 李 焱 主审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等教育铁道部规划教材

铁路供电继电保护与自动化

陈小川 主 编

李 焱 主 审



中国铁道出版社

2010年·北京

内 容 简 介

本书是普通高等教育铁道部规划教材,主要内容包括继电保护原理、牵引供电系统保护、铁路电力供电系统保护、微机保护、变电所自动化系统等内容。本书利用传统继电保护与自动装置和铁路现场实践相结合,吸收了作者多年来的科研成果。

本书可作为高等学校电气工程及其自动化专业铁道供电方向本科教材或高等职业学校相关专业教学用书,也可作为铁路供电工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路供电继电保护与自动化/陈小川主编. —北京:
中国铁道出版社,2010.8
ISBN 978-7-113-11670-5

I. ①铁… II. ①陈… III. ①电气化铁道—供电
装置—继电保护—高等学校—教材②电气化铁道—自
动化技术—高等学校—教材 IV. ①U223.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 135617 号

书 名:铁路供电继电保护与自动化
作 者:陈小川 主编

责任编辑:阚济存 电话:010-51873133 电子信箱:td51873133@163.com 教材网址:www.tdjiaocai.com
封面设计:崔丽芳
责任校对:张玉华
责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
网 址:http://www.tdpress.com
印 刷:三河市华丰印刷厂 810054
版 次:2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷
开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:16.25 字数:397千
书 号:ISBN 978-7-113-11670-5
定 价:31.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

本书是普通高等教育铁道部规划教材,是由铁道部教材开发领导小组组织编写,并经铁道部相关业务部门审定,适用于高等院校铁路特色专业教学以及铁路专业技术人员使用。本书为铁路牵引供电系列教材之一。

目前,我国正在大规模进行客运专线建设,已开通约 3 000 km,均采用电力牵引方式,相应对铁路供电系统继电保护可靠性和自动化水平都提出了更高要求。在铁道部“引进、消化吸收、再创新”技术路线指导下,铁路供电保护专业科研、设计、施工、运营、制造各单位密切合作,在保护原理、保护配置与整定原则、功能设计与回路优化、调试方法与运营维护等方面都取得长足进步,完全实现了国产化并将对国外输出技术和产品。在此背景下,编者主要考虑两个方面问题以求突出本书特色。

一、国内已出版多种电力系统继电保护原理的优秀教材,但对铁路供电专业而言针对性不够。铁路供电系统与通常的电力系统相比,其变压器结线形式、供电方式、负荷特性都有较大差别,所以保护原理、故障测距方法等也不相同。本书在保护基本原理方面只介绍与铁路供电系统相关的一部分,对区别于电力系统保护的内容给予深入讲解。

二、铁路供电保护专业人员在近几年的工作中积累了丰富的技术成果和工程实践经验,尚未进行系统性整理总结,比如客运专线全并联 AT 供电方式的保护配置和故障测距。本书大量吸收了西南交通大学电气工程学院近年的相关研究成果,特别注意教材内容紧密跟随客运专线运营现场的技术实践,可以说基本反映了我国铁路供电保护专业的最新技术状态。

本书分为六章。第一章对铁路电力供电系统和牵引供电系统作了描述,简要介绍了继电保护的基本任务、基本原理、基本构成和基本要求,简述了继电保护发展历史。第二章选取与铁路供电系统关系较紧密的几种保护—电流保护、距离保护、差动保护,就其原理和整定计算原则进行讲解,并对牵引供电系统自动重合闸和故障测距方面的近期技术进展作了重点介绍。第三章内容涉及牵引供电系统主变保护、馈线保护和并联补偿保护的原理及整定计算方法,示例来自我国 2009



年投入运营的高速客运专线。第四章介绍铁路电力供电系统保护配置与整定,对电缆供电引起的中性点接地方式变化进行了讨论。第五章内容包括微机保护的常用算法原理和硬件构成,并给出了一个装置示例。第六章对目前已普遍应用的变电所自动化系统,从系统结构、功能设置到间隔单元、通信网络、后台监控都作了全面讲述。

本书由西南交通大学电气工程学院陈小川主编、铁道部运输局李焱主审。其中第一章由陈小川编写,第二章第一节由童晓阳编写,第二章第二、四节由林国松编写,第二章第三节和第三章第三节由韩正庆编写,第三章(不含第三节)由熊列彬编写,第四章由范红疆编写,第五章由王仞编写,第六章由陈德明编写。

本书在编写过程中得到了西南交通大学电气工程学院多位教师的帮助,同时多位行业专家提出大量有益的修改意见,在此一并表示感谢。

由于时间仓促加之编者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者指正。

编者

2010年8月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 电力系统与铁路供电系统	1
第二节 继电保护的 task 与故障检测方法	6
第三节 继电保护的基本要求和发 展简史	10
复习思考题	13
第二章 继电保护原理	14
第一节 电流保护	14
第二节 距离保护	44
第三节 差动保护	54
第四节 自动重合闸与故障测距	70
复习思考题	86
第三章 铁路牵引供电系统保护	88
第一节 牵引供电方式	88
第二节 馈线保护	93
第三节 变压器保护	103
第四节 并补保护	113
第五节 备用电源自投	120
第六节 牵引网保护配置与整定	126
复习思考题	139
第四章 铁路电力供电系统保护	140
第一节 铁路电力供电系统运行方式	140
第二节 铁路变配电所保护配置	143
第三节 整定原则与动作逻辑	146
复习思考题	160
第五章 微机保护	161
第一节 保护装置的硬件构成	161
第二节 数字滤波及常用算法	172
第三节 保护装置示例	190
复习思考题	199



第六章 变电所自动化系统·····	200
第一节 自动化系统构成及功能·····	200
第二节 通信网络及通信协议·····	204
第三节 间隔层·····	229
第四节 站控层·····	233
第五节 自动化新技术·····	244
复习思考题·····	250
参考文献·····	251

第一章

绪论

第一节 电力系统与铁路供电系统

电力系统是发电、输电、变电、配电到用电的一个有机整体,其动力源可以是水能、热能等传统能源,也可以是太阳能、风能、核能等新能源,而铁路供电系统是电力系统中具有特殊负荷特性的一个子系统,如图 1.1 所示。



图 1.1 电力系统简示图

铁路供电系统划分为电力供电系统和牵引供电系统两个部分。电力供电系统为调度指挥、通信信号、旅客服务等业务提供可靠的电力保障,而牵引供电系统为电气化铁路的电力机车(动车组)提供电能。

一、电力供电系统

铁路电力供电线路采用双电源供电,一般由沿铁路全线设置的一条一级负荷电力贯通线和一条综合电力贯通线供电。电力贯通线电压等级通常为 10 kV,供电距离 30~50 km,特殊情况下如青藏铁路采用 35 kV 电压等级,供电距离超过 100 km。沿线与行车有关的通信、信号、综调系统等由一级负荷电力贯通线主供,综合电力贯通线备供。其他用电负荷及各牵引变电所所用电源由综合电力贯通线提供电源,在区间各用电点设置 10 kV 箱式变电站。

对于普速铁路,电力贯通线通常中性点不接地,架空敷设,发生单相接地故障概率大,但多数故障为瞬时性故障,能够自行恢复。发生单相接地故障时允许继续运行两小时,运行维护人员应尽快查找到故障点,进行维修作业。但这种单相接地故障短路电流不大,甚至仅有几安培,要快速确定故障点并不容易。

对于客运专线,为提高供电可靠性,电力贯通线多采用电缆线路并埋入专门的电缆沟,中性点可通过消弧线圈接地或直接接地,但直接接地可以更有效抑制过电压水平。同时单相接地故障电流大,利于准确判定故障点位置。

变配电所两路相互独立的进线电源由公共电网提供,进线电压等级有 10 kV、35 kV、110 kV、220 kV 等。

电力负荷分为车站负荷和区间负荷两大类。车站负荷主要为通信、信号、综合调度、防灾



报警、自动检售票、客服、电力监控、消防系统、各类水泵、各类通风机、空调、自动扶梯、电梯、电热设备和各类生产生活照明及站区照明负荷；区间负荷主要为通信、信号中继站、光纤直放站、牵引变电所操作电源、隧道照明、防灾通风及监控设备等。各用电负荷根据对供电可靠性的要求即中断供电在政治、经济上所造成的损失或影响程度，分为一级负荷、二级负荷及三级负荷。其中一级负荷包括：通信、信号、综合调度、电力监控、隧道应急照明、防灾通风及监控设备，应急照明及特大型站防灾报警、自动检售票、客服、消防设备、公共区照明等，如图 1.2 为京津城际客运专线供电系统示意图。

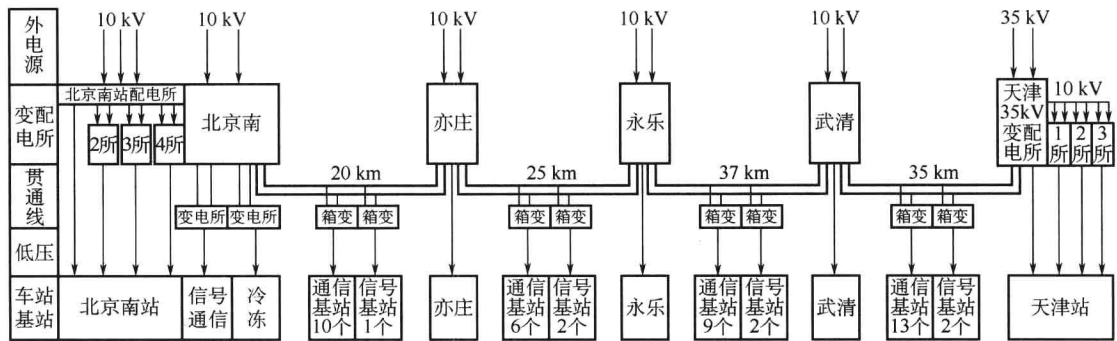


图 1.2 京津城际客运专线电力供电系统示意图

二、牵引供电系统

电力系统提供两路独立电源进线，由牵引变电所进行电能变换后送上牵引网，供电力机车接受电能实现电力牵引，如图 1.3 所示。

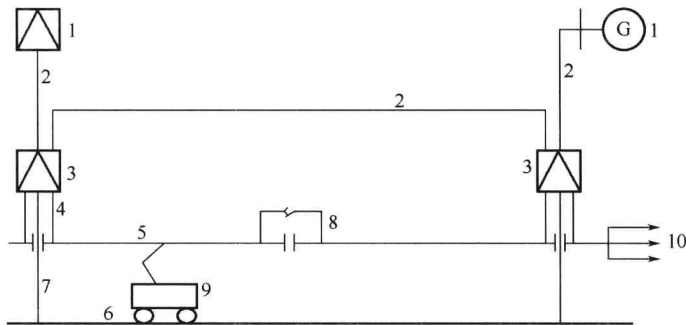


图 1.3 牵引供电系统示意图

1—区域变电所或发电厂；2—高压输电线；3—牵引变电所；4—馈电线；5—接触网；
6—钢轨；7—回流线；8—分区所；9—电力机车；10—开闭所

电力牵引的电流制先后出现了直流制、低频单相交流制（ $16\frac{2}{3}$ Hz、25 Hz），现在大都采用工频单相交流制，常用牵引供电方式有直接供电、BT（吸流变压器）供电和 AT（自耦变压器）供电方式，其中 AT 供电方式供电能力最强。

1. 牵引负荷的特点

• 2 •



(1) 移动性:电力机车通过受电弓从接触网滑动取流,受电弓/接触网相互强烈作用,牵引网工况极为严酷,故障几率比普通输电线路高得多,对继电保护的可靠性要求很高。

(2) 冲击性:牵引负荷剧烈变化。如果采用再生制动,电力机车还可能向系统反送电能。

(3) 三相不对称:电力系统的负荷基本是三相对称的,而牵引负荷是单相负荷,将在电力系统引起负序电流,可能影响电力系统的正常运行。

(4) 功率因数低:整流型机车正常牵引状态下功率因数在 0.8 左右,电力部门通常要求铁路采取无功补偿措施以提高功率因数,否则将面临经济处罚。交—直—交动车组功率因数可达 0.99,无需进行无功补偿。

(5) 谐波含量高:整流型机车负荷中含有大量奇次谐波,其中三次谐波含量可达 20%~30%,对电力系统电能质量造成污染。图 1.4、图 1.5 是我国正在开行的 CRH5 型交—直—交动车组电压、电流波形图,可以看到其谐波成分是很丰富的,但相对整流型机车要低得多。

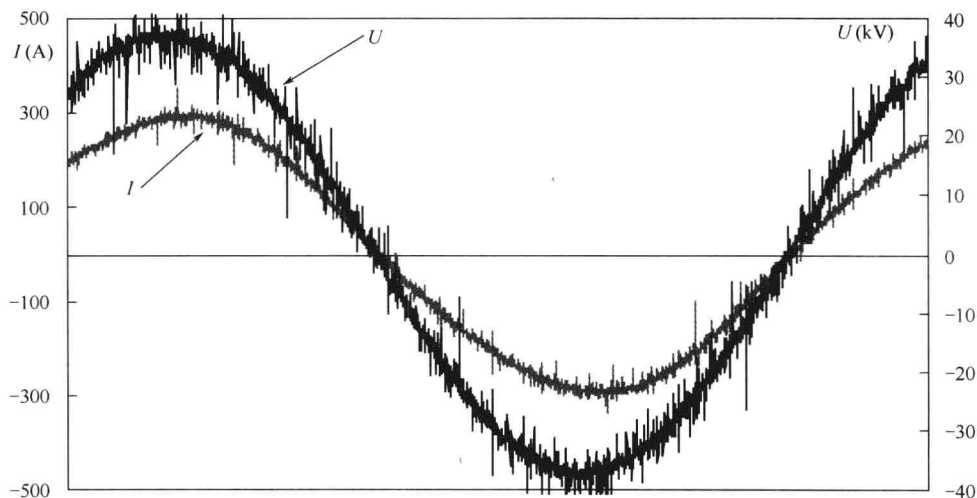


图 1.4 CRH5 001 动车组电压、电流典型波形图

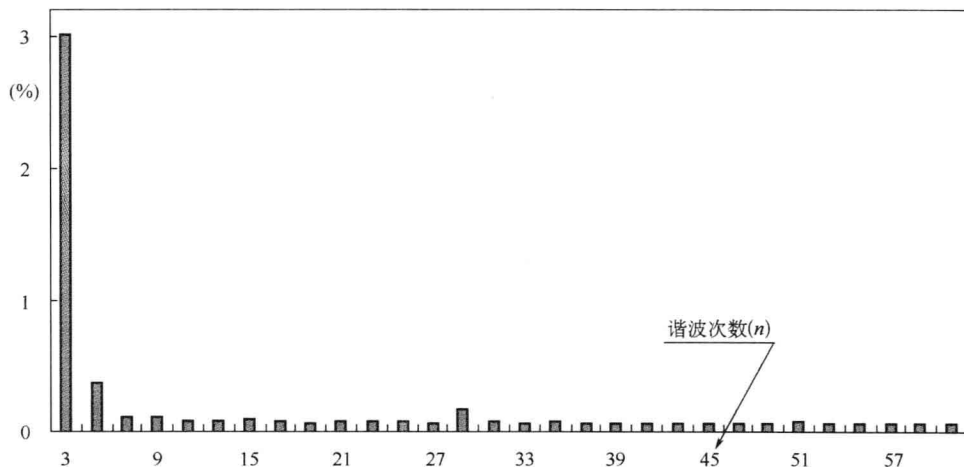


图 1.5 CRH5 001 动车组谐波电流/基波电流含有率



2. 牵引变电所、分区所、AT 所、开闭所

牵引变电所的作用是将电力系统引入的 110 kV、220 kV 或其他电压等级三相交流电转换成 27.5 kV 的单相交流电,通过牵引网的馈电线送至铁路沿线的接触网,为电力机车供电。有少数牵引变电所还承担向铁路地区工农业用户的 10 kV 动力负荷供电。牵引变压器除了采用电力系统常规的普通三相变压器外,为满足牵引负荷的特殊需求还常采用特殊结线变压器,如单相结线、V/V 结线、斯科特结线、阻抗匹配平衡结线等变压器。

为了增加供电的灵活性,在两个牵引变电所的供电区中间常增设分区所。分区所如图 1.6 所示,断路器 1QF、2QF 正常工作时闭合,实现上、下行牵引网并联运行。隔离开关 1QS、2QS 在正常运行时断开,当相邻牵引变电所发生故障而不能继续供电时,可以闭合 1QS、2QS 由非故障牵引变电所实现越区供电,使行车不至中断。

在电气化铁路枢纽地区,客运站、编组站和电力机车机务段等铁路设施较集中的地方,由于站线延续长且股道数量多,接触网结构和配置复杂,客货运交会、编组和电力机车整备作业繁忙,致使该地区牵引网发生故障的几率增多。

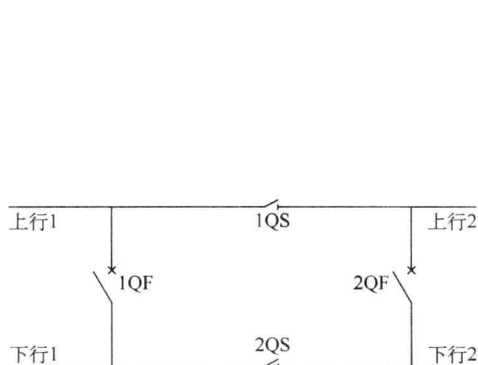


图 1.6 分区所主接线示意图

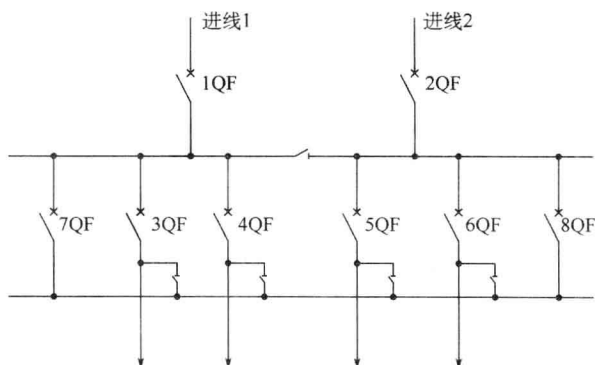


图 1.7 方式开闭所接线示意图

为了保证枢纽供电的可靠性,缩小事故范围,一般将接触网横向分组及分区供电。因此设置开闭所,由相邻两牵引变电所的牵引馈线经断路器 1QF、2QF 向它供电。通过开闭所的多路馈线和断路器(3QF~6QF)向站场、电力机车机务段等牵引负荷供电,7QF、8QF 为旁路断路器,如图 1.7 所示。

采用 AT 供电方式时,在沿线间隔 10 km 左右设置一个自耦变压器站(AT 所)。

3. 牵引网

牵引网是由馈电线、接触网、回流线组成的双导线供电系统。牵引供电回路是牵引变电所→馈电线→接触网→电力机车→钢轨和大地→回流线→牵引变电所。

接触网是悬挂于电气化铁道钢轨的上方并和钢轨顶面保持一定距离的输电网。电力机车的受电弓和接触网滑动接触,获取电能。我国接触网的额定电压是 27.5 kV。由于接触网运行条件恶劣,且无法备用,因此接触网正常与否对电气化铁路安全运行意义重大。

馈电线是连接牵引变电所和接触网的导线,采用大截面的钢芯铝绞线或电缆。

轨道在电气化区段除作为列车导轨之外,还是回流的导线,是牵引供电回路的重要组成部分。



回流线是连接钢轨和牵引变电所中牵引变压器接地相之间的导线。它的作用是将轨道中的回流引入牵引变电所。

三、铁路供电系统的三种状态

(一) 正常工作状态

1. 从电力系统输入的有功功率和无功功率与铁路供电系统负荷功率(包括传输损耗)相等。

2. 变压器或用电设备的功率不超过其上限值。

3. 系统电压在规定的上、下限值之间。

4. 电力贯通线、接触网中的电流不超过其上限值。

5. 系统频率在规定的上、下限值之间。

(二) 不正常工作状态及其危害

系统有功功率、无功功率基本保持平衡,但系统电压、线路电流、设备功率、系统频率这几项指标中部分条件不能满足,称为不正常运行状态。

例如,牵引变压器过负荷,接触网末端网压过低,中性点不接地系统和非有效接地系统中的单相接地引起的非接地相对地电压的升高,都属于不正常运行状态。

电流超过额定值引起的过负荷,使电力设备的载流部分和绝缘材料的温度超过散热条件的允许值而不断升高,造成载流导体的熔断或加速绝缘材料的老化和损坏,可能发展成故障。电压的升高有可能超过绝缘介质的耐压水平,造成绝缘击穿,酿成短路;变压器和电动机由于铁芯饱和,损耗和温升都将增加。电压过低时,电力机车主断路器会自动跳闸无法运行,对于占负荷比重最大的异步电动机转差增大,转速降低,绕组中电流增大,温升增加,寿命缩短;用户的电热设备,将因电压的降低而减少发热量,使产品产量和质量下降。电力设备都是按照额定频率设计和制造的,如果系统频率出现偏移将使设备无法发挥最大功效。面对不正常工作状态需采取自动和人工的方式予以消除,使系统尽快恢复到正常运行状态。

由于不正常工作状态对供电系统和电力设备造成的经济损失与运行时间的长短有关,加之引起不正常工作状态的原因复杂,一般由继电保护装置检测到不正常状态后发出信号或延时切除不正常工作的元件。

(三) 故障状态及其危害

供电系统的所有一次设备在运行过程中由于外力、绝缘老化、过电压、误操作、设计制造缺陷等原因会发生例如短路、断线等故障。最常见同时也是最危险的故障是发生各种类型的短路。在发生短路时可能产生以下后果:

1. 通过短路点的很大短路电流和所燃起的电弧,使故障元件损坏。

2. 短路电流通过非故障元件,由于发热和电动力的作用,引起它们的损坏或缩短使用寿命。

3. 供电系统中部分地区的电压大大降低,使大量的电力用户的正常工作遭到破坏。

4. 破坏电力系统中各发电厂之间并列运行的稳定性,引起系统振荡,甚至使系统崩溃。

各种类型的短路包括三相短路、两相短路、两相短路接地和单相接地短路。不同类型短路发生的概率是不同的,不同类型短路电流的大小也不同,一般为额定电流的几倍到几十倍。铁路供电系统中发生最频繁的故障是接触网短路,在浓雾等恶劣天气情况下,甚至一个供电区间



一天短路几十次。

故障和不正常运行状态都可能在供电系统中引起事故。事故,是指系统或其中一部分的正常工作遭到破坏,并造成对用户少送电或电能质量变坏到不能允许的地步,甚至造成人身伤亡和电气设备损坏的事件。事故的发生,除了由于自然的因素(如遭受雷击、地质灾害导致倒杆等)以外,可能由于设备制造上的缺陷、设计和安装的错误、检修质量不高或运行维护不当而引起,还可能由于故障切除迟缓或设备被错误地切除,致使故障发展成为事故甚至引起事故的扩大。

第二节 继电保护的 task 与故障检测方法

一、继电保护的基本任务

供电系统中的变压器、输电线路、母线以及用电设备,一旦发生故障,迅速而有选择性地切除故障设备,是保证供电系统及其设备安全运行最有效的方法之一。切除故障的时间通常要求小到几十毫秒到几百毫秒,实践证明,只有装设在供电系统上的继电保护装置,才有可能完成这个任务。继电保护装置,就是指能反映供电系统中电气设备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。

继电保护的基本任务是:

1. 自动、迅速、有选择性地故障电路和设备从供电系统中切除,使故障电路和设备免于继续遭到损坏,保证其他无故障部分迅速恢复正常运行。
2. 反映电力设备的不正常运行状态,并根据运行维护条件,发出信号或延时跳闸。此时一般不要求迅速动作,而是根据对供电系统及其元件的危害程度规定一定的延时,以免短暂的运行波动造成不必要的动作和干扰引起的误动。

二、故障检测方法

要完成继电保护的基本任务,首先必须“区分”供电系统的正常、不正常工作 and 故障三种运行状态,“甄别”出发生故障和出现异常的元件。而要进行“区分和甄别”,必须寻找电力元件在这三种运行状态下的可测参量(继电保护主要检测电气量)的“差异”,提取和利用这些可测参量的“差异”,实现对正常、不正常工作 and 故障元件的快速“区分”。依据可测电气量的不同差异,可以构成不同原理的继电保护。目前已经发现不同运行状态下具有明显差异的电气量有:流过电力元件的相电流、序电流、功率及其方向;元件的运行相电压幅值、序电压幅值;元件的电压与电流的比值即“测量阻抗”等。发现并正确利用能可靠区分三种运行状态的可测参量或参量的新差异,就可以形成新的继电保护原理。

对于图 1.8 (a)所示我国常用的 110 kV 及以下单侧电源供电网络,在正常运行时,每条线路上都流过由它供电的负荷电流 $\dot{I}_L$,越靠近电源端,负荷电流越大。假定在线路 V-W 上发生三相短路,如图 1.8(b)所示,从电源到短路点之间将流过很大的短路电流 $\dot{I}_k$ 。利用流过被保护元件中电流幅值的增大,可以构成过电流保护。

正常运行时,各变电所母线上的电压一般都在额定电压 $\pm(5\sim 10)\%$ 范围内变化,且靠近电源端母线上的电压略高。短路后,各变电所母线电压有不同程度的降低,离短路点越近,电压降得越低,短路点的相间或对地电压降低到零。利用短路时电压幅值的降低,可以构成低电



压保护和接地保护。

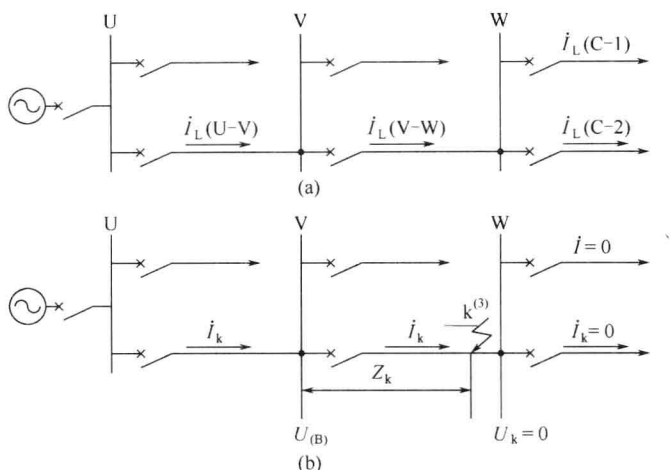


图 1.8 单侧电源网络接线
(a) 正常运行情况; (b) 三相短路情况

同样,在正常运行时,线路始端的电压与电流之比反映的是该线路与供电负荷的等值阻抗及负荷阻抗角(功率因数角),其数值一般较大,阻抗角较小。短路后,线路始端的电压与电流之比反映的是该测量点到短路点之间线路段的阻抗,其值较小,如不考虑分布电容时一般正比于该线路段的距离(长度),阻抗角为线路阻抗角,较大。利用测量阻抗幅值的降低和阻抗角的变大,可以构成距离(低阻抗)保护。

如果发生的不是三相对称短路,而是不对称短路,则在供电网络中会出现某些不对称分量,如负序或零序电流和电压等,并且其幅值较大。而在正常运行时系统对称,负序和零序分量不会出现。利用这些序分量构成的保护,一般都具有良好的选择性和灵敏性,获得了广泛的应用。

短路点到电源之间的所有元件中诸如以上的电气量,在正常运行与短路时都有相同规律的差异。利用这些差异构成的保护装置,短路时都有可能作出反应,但还需要甄别出哪一个是发生短路的元件。若是发生短路的元件,则保护动作跳开该元件,切除故障;若是短路点到电源之间的非故障元件,则保护可靠不动作。常用的方法是预先给定各电力元件保护的保护区,求出保护区末端发生短路时的电气量,考虑适当的可靠性裕度后作为保护装置的动作整定值,短路时测得的电气量与之进行比较,作出是否本元件短路的判别。但当故障发生在本线路末端与下级线路的首端出口处时,在本线路首端测得的电气量差别不大,为了保证本线路短路被快速切除而下级线路短路时不动作,快速动作的保护只能保护本线路的一部分。对末端部分的短路,则采用慢速的保护,当下级线路快速保护不动作时才切除本级线路。这种利用单端电气量的保护,需要上、下级保护(离电源的近、远)动作整定值和动作时间的配合,才能完成切除任意点短路的保护任务,被称为阶段式保护特性。

对于 220 kV 及以上多侧电源的输电网络中的任一电力元件,如图 1.9 中的线路 U-V,在正常运行的任一瞬间,负荷电流总是从一侧流入而从另一侧流出,如图 1.9(a)所示。如果规定电流的正方向是从母线流向线路,那么 U-V 两侧电流的大小相等,相位相差 180° ,两侧电流



的相量和为零。并且只要被保护的线路 U-V 内部没有短路(电流没有其他的流通回路),即使发生被保护的线路 U-V 外部短路,如图 1.9 (b)所示的 k_1 点短路情况下,这种关系始终保持成立。

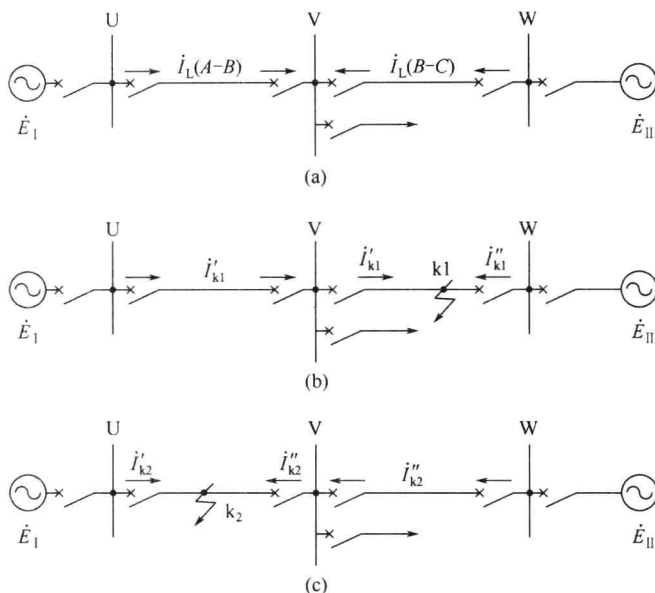


图 1.9 双侧电源网络接线
(a) 正常运行; (b) k_1 点短路; (c) k_2 点短路

但是,当发生被保护的线路 U-V 内部 k_2 点短路时,如图 1.9 (c)所示,两侧电源分别向短路点供给短路电流 I'_{k2} 和 I''_{k2} ,线路 U-V 两侧的电流都是由母线流向线路,此时两个电流一般不相等,在理想条件(两侧电动势同相位且全系统的阻抗角相等)下,两个电流同相位,两个电流的相量和等于短路点的总电流,其值较大。

利用每个电力元件在内部与外部短路时两侧电流相量的差别可以构成电流差动保护,利用两侧电流相位的差别可以构成电流相位差动保护,利用两侧功率方向的差别可以构成方向比较式纵联保护,利用两侧测量阻抗的大小和方向等还可以构成其他原理的纵联保护。利用某种通信通道同时比较被保护元件两侧正常运行与故障时电气量差异的保护,称为纵联保护。它们只在被保护元件内部故障时动作,可以快速切除被保护元件内部任意点的故障,被认为具有绝对的选择性,常被用作 220 kV 及以上输电网和较大容量变压器、电动机等电力元件的主保护。

除反映上述各种电气量变化特征的保护外,还可以根据电力元件的特点实现反映非电量特征的保护。例如,当变压器油箱内部的绕组短路时,反应于变压器油受热分解所产生的气体,构成瓦斯保护;反应于电动机绕组温度的升高而构成的过热保护等。

三、继电保护装置的基本构成

(一) 保护装置的基本构成

一般继电保护装置由测量比较元件、逻辑判断元件和执行输出元件三部分组成,如图



1.10 所示。现分述如下：



图 1.10 继电保护装置的组成方框图

1. 测量比较元件

测量比较元件通过测量被保护的电力元件的物理参量,并与给定的值进行比较,根据比较的结果,给出“是”、“非”、“0”或“1”性质的一组逻辑信号,从而判断保护装置是否应该启动。根据需要,继电保护装置往往有一个或多个测量比较元件。常用的测量比较元件有:被测电气量超过给定值动作的过量继电器,如过电流继电器、过电压继电器等;被测电气量低于给定值动作的欠量继电器,如低电压继电器、阻抗继电器等;被测电压、电流之间相位角满足一定值而动作的功率方向继电器等。

2. 逻辑判断元件

逻辑判断元件根据测量比较元件输出逻辑信号的性质、先后顺序、持续时间等,使保护装置按一定的逻辑关系判定故障的类型和范围,最后确定是否应该使断路器跳闸、发出信号或不动作,并将对应的指令传给执行输出部分。

3. 执行输出元件

执行输出元件根据逻辑判断部分传来的指令,发出跳开断路器的跳闸脉冲及相应的动作信息、发出警报或不动作。

(二) 继电保护的工作回路

要完成继电保护的任务,除需要继电保护装置外,必须通过可靠的继电保护工作回路的工作,才能最后完成跳开故障元件的断路器、对系统或电力元件的不正常运行状态发出警报、正常运行时不动作的任务。

在继电保护的工作回路中一般包括将通过一次电力设备的电流、电压线性地传变为适合继电保护等二次设备使用的电流、电压,并使一次设备与二次设备隔离的设备,如电流、电压互感器及其与保护装置连接的电缆等;断路器跳闸线圈及与保护装置出口间的连接电缆,指示保护装置动作情况的信号设备;保护装置及跳闸、信号回路设备的工作电源等。图 1.11 以过电流保护为例,展示了一个简单的保护工作回路的原理接线。

电流互感器 TA 将一次额定电流变换为二次额定电流 5 A 或 1 A,送入电流继电器 KA(测量比较元件),当流过电流继电器的电流大于其预定的动作值(整定值,可调整)时其输出启动时间继电器 KT(逻辑部分),经预定(可调整)的延时(逻辑运算)后,时间继电器的输出启动中间

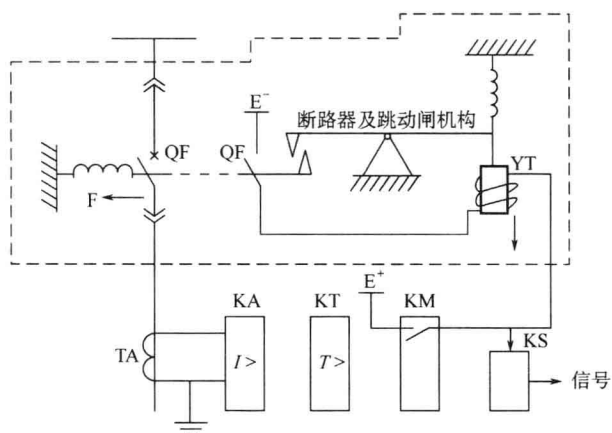


图 1.11 过电流保护工作原理图

继电器 KT(逻辑部分),经预定(可调整)的延时(逻辑运算)后,时间继电器的输出启动中间



继电器 KM(执行输出)并使其接点闭合,接通断路器的跳闸回路,同时使信号继电器 KS 发出动作信号。在正常运行时,由于负荷电流小于电流继电器的整定电流,电流继电器不动作,整套保护不动作。当被保护的线路发生短路后,线路中流过的短路电流一般是额定负荷电流的数倍至数十倍,电流互感器二次侧输出的电流线性增大,流过电流继电器的电流大于整定电流而动作,启动时间继电器,经预定的延时后,时间继电器的触点闭合启动中间继电器,中间继电器的触点瞬时闭合,当断路器 QF 处于合闸位置时,其位置触点 QF 是闭合的,使断路器的跳闸线圈 YT 带电,在电磁力的作用下使脱扣机构释放,断路器在跳闸弹簧力 F 的作用下跳开,故障设备被切除,短路电流消失,电流继电器返回,整套保护装置复归,做好下次动作的准备。

可见,为安全可靠地完成继电保护的工作任务,继电保护回路中的任一个元件及其连线都必须时时刻刻正确工作。

(三) 继电保护的工作配合

每一套保护都有预先严格划定的保护范围(有时也称保护区),只有在保护范围内发生故障,该保护才动作。保护范围划分的基本原则是任一个元件的故障都能可靠地被切除并且造成的停电范围最小或对系统正常运行的影响最小。一般借助于断路器实现保护范围的划分。

为了确保故障元件能够从供电系统中被切除,一般每个重要的电力元件配备两套保护,一套称为主保护,一套称为后备保护。实践证明,保护装置拒动、保护回路中的其他环节损坏、断路器拒动、工作电源不正常乃至消失等时有发生,造成主保护不能快速切除故障,这时需要后备保护来切除故障。

一般下级电力元件的后备保护安装在上级(近电源侧)元件的断路器处,称为远后备保护。当多个电源向该电力元件供电时,需要在所有电源侧的上级元件的断路器处配置远后备保护。远后备保护动作将切除所有上级电源侧的断路器,造成停电范围扩大。同时,远后备保护的覆盖范围覆盖所有下级电力元件的主保护范围,它能解决远后备保护范围内所有故障元件任何原因造成的不能切除问题。近后备保护与主保护安装在同一断路器处,当主保护拒动时,由后备保护启动断路器跳闸。

由后备保护动作切除故障,一般会扩大故障造成的影响。为了最大限度的缩小故障对供电系统正常运行产生的影响,应保证由主保护快速切除任何类型的故障,一般后备保护都延时动作,等待主保护确实不动作后才动作。因此,主保护与后备保护之间存在动作时间和动作灵敏度的配合。

由上述可见,供电系统中的每一个重要元件都必须配备至少两套保护,供电系统的每一处都在保护范围的覆盖下,系统任意点的故障都能被自动发现并切除。没有安装保护的电力元件,是不允许接入供电系统工作的。

第三节 继电保护的基本要求和简史

一、对继电保护的基本要求

动作于跳闸的继电保护,在技术上一般应满足四个基本要求,即可靠性(安全性和信赖性)、选择性、速动性和灵敏性。这几“性”之间,紧密联系,既矛盾又统一,必须根据具体供电系统运行的主要矛盾和矛盾的主要方面,配置、配合、整定每个电力元件的继电保护。充分发挥和利用继电保护的科学性、工程技术性,使继电保护为提高供电系统运行的安全性、稳定性和