

变电运行培训教材

下 册

修 订 版

江苏省电力工业局南通供电局 编

水利电力出版社



TM63

4-7

88

变电运行培训教材

下 册

修 订 版

江苏省电力工业局南通供电局 编

水利电力出版社

变电运行培训教材

下 册

(修 订 版)

江苏省电力工业局南通供电局 编

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 18.375印张 406千字 2 插页

1983年10月第一版

1988年6月第二版 1990年4月北京第四次印刷

印数138281—162340册

ISBN 7-120-00090-X/TM·64

定价 7.90 元

内 容 提 要

原教材自1983年出版以来,用于培训,效果较好。本书按原水利电力部电力生产司的要求,在原基础上进行了充实和提高,做了全面的修订,其内容符合变电运行工进一步提高业务理论和技术水平的需求。

全书分上、下两册,比较完整地介绍了变电所的电气设备、电力系统基本知识、继电保护(包括晶体管保护)、自动装置、二次接线及变电所的运行操作和维护管理。

本书为上册,主要介绍了变电所的各种电气设备、配电装置、主接线、无功补偿设备、电力生产过程、电力系统稳定及短路电流计算等内容。另外,结合专业知识的需要,还介绍了有关的电工和数学知识。

本书内容密切结合生产实际,由浅入深、通俗易懂,可作为具有初中文化程度的变电所初、中级工的培训和提高教材,也可供变电运行管理人员以及电气检修、继电保护、二次接线工参考,还可做电力中技、中专学校师生教学参考教材。

再 版 前 言

原教材自1983年出版以来，深受全国各地变电运行人员的欢迎。水利电力部电力生产司遵照国家教育委员会提出的职工教育要进行中级工培训的要求，委托我局参照华东电业管理局举办的220千伏变电所值班长学习班的内容，对原教材进行修订。

本修订教材增加了电力系统稳定和短路电流计算，调相机，电动机，晶体管继电保护，故障录波器、计算机和运动装置的应用等章节，并加深了对电气设备运行的理论分析，使教材内容更趋完善。

为适应全国变电运行人员培训的需要，我局受原电力工业部生产司的委托，于1981年4月组织了对原教材的审稿工作，参加审稿的单位有：东北电业管理局、北京、上海、西安供电局，江苏省的南京、常州、徐州、淮阴、南通、如东等供电局及南通纺织工学院。

本教材在修订过程中得到了水利电力部电力生产司、华东电业管理局、上海供电局等单位的大力支持和协助，并提出了很多宝贵意见。修订稿完成后，由北京供电局靳运林进行了审稿。在此一并表示衷心的感谢。

原教材由我省南通供电局陈云发主编，其中预篇和第一篇由黄瑞彬编写，第二篇由张赞萍和南通纺织工学院丁淑蓉编写。

本修订教材由陈云发主编，其中晶体管保护、电动机及

有关的数学等章节由南通供电局徐卫东编写。

限于编者水平，书中缺点、错误在所难免，恳请读者批评指正。

江苏省电力工业局

1985年12月

目 录

再版前言

第四篇 变电所的继电保护和自动装置

第二十章 继电保护的基本知识	1
第一节 继电保护的基本要求	1
第二节 继电保护的基本原理	3
第三节 变电所常用的继电器	6
第四节 对称分量过滤器	17
第二十一章 输电线路的继电保护	23
第一节 反应相间短路的电流和电压保护	23
第二节 线路的方向过电流保护	44
第三节 线路的接地保护	55
第四节 线路的距离保护	65
第五节 双回线路的横差保护	78
第六节 线路的高频保护简介	86
第二十二章 电力变压器的继电保护	99
第一节 变压器的瓦斯保护	100
第二节 变压器的差动保护	104
第三节 变压器的电流速断保护	119
第四节 变压器的后备保护	120
第五节 自耦变压器保护的特点	128
第六节 变压器的保护接线总图	131
第二十三章 母线保护	135
第二十四章 调相机保护	154
第二十五章 变电所的自动装置	160
第一节 输电线路的自动重合闸 (ZCH) 装置	160

第二节	备用电源自动投入装置	170
第三节	自动按频率减负荷 (ZPJH) 装置	176
第四节	同期装置	178
第五节	故障录波装置和录波图的分析	185
第六节	电力系统远动装置及电子计算机应用简介	193

第五篇 变电所晶体管继电保护基础

第二十六章	晶体管基础知识	204
第一节	晶体二极管	204
第二节	晶体三极管	209
第三节	可控硅元件	216
第四节	稳压二极管	219
第五节	单结晶体管	220
第二十七章	构成晶体管继电保护装置的基本电路	225
第一节	电压形成回路	225
第二节	比较回路	227
第三节	起动回路	228
第四节	延时电路 (时限元件)	234
第五节	门电路	241
第六节	出口和信号回路	247
第二十八章	晶体管速断、定时过流保护及三相一次 自动重合闸装置实例分析	250

第六篇 变电所的二次回路

第二十九章	二次回路的接线图和安装图	261
第一节	原理图	262
第二节	展开图	264
第三节	屏面布置图	269
第四节	安装接线图	275

第三十章 变电所的操作电源	290
第一节 概述	290
第二节 铅酸蓄电池的构造和工作原理	291
第三节 硅整流电容储能的直流系统	304
第四节 复式整流的直流系统	312
第五节 直流系统的绝缘监察和电压监察装置	315
第六节 直流供电网络	320
第三十一章 断路器的控制和信号回路	324
第一节 概述	324
第二节 具有灯光监视的电磁式操作机构断路器的控制 回路	328
第三节 弹簧操作机构的断路器控制回路	334
第四节 液压操作机构的断路器控制回路	336
第五节 闪光装置	338
第三十二章 变电所的中央信号装置	341
第一节 事故信号装置	342
第二节 预告信号装置	345
第三节 保护装置和自动重合闸动作信号	349
第三十三章 防止隔离开关误操作的闭锁装置	351
第三十四章 电工仪表及接线	360
第一节 常用电工仪表的标志符号	360
第二节 磁电式仪表及直流电流、电压的测量	362
第三节 电磁式仪表及交流电流、电压的测量	366
第四节 电动式仪表及有功功率、无功功率的测量	371
第五节 电动式功率因数表和频率表	380
第六节 感应式电度表及电能的测量	386
第七节 万用表和摇表(兆欧表)	394

第七篇 变电所的管理和运行

第三十五章 变电所的管理和制度	401
第一节 变电所的运行组织和岗位责任制	401
第二节 变电所的运行制度	405
第三节 变电所的运行管理	416
第四节 变电所的技术管理	421
第五节 变电所的设备管理和环境管理	427
第三十六章 变电设备的运行和巡视检查	431
第一节 主变压器及其附属设备的运行和巡视检查	431
第二节 高压配电装置及防雷设备的运行和巡视检查	444
第三节 控制、保护及自动装置的运行和巡视检查	452
第四节 直流系统的运行	454
第五节 变压器油的运行和监督	455
第三十七章 变电所的倒闸操作	457
第一节 倒闸操作的正确步骤	457
第二节 变电所常见的倒闸操作	462
第三节 变电所常用的调度术语	468
第四节 操作票	473
第三十八章 变电所的故障分析和查找处理	480
第一节 概述	480
第二节 电力系统的故障处理	481
第三节 变电所主变压器的故障及其处理	487
第四节 断路器的故障处理	491
第五节 变电所其它电气设备的故障和处理	496
第六节 二次回路故障的查找	503
第七节 保险丝的校验	513
第三十九章 高压电气设备绝缘的交接和预防性试验的综合判断	515
第一节 电气设备的绝缘试验	515

第二节	绝缘油的试验	523
第三节	变压器油的气相色谱分析	526
第四节	电气设备的预试项目和绝缘定级	527
第四十章	变电所的安全运行	541
第一节	变电所的安全技术措施和组织措施	541
第二节	变电所的电气安全和触电急救	549

附 录

附录I	本书主要电工名词、计量单位及符号	557
附录II	电力系统常用设备的图形符号	558
附录III	电力设备的文字符号	567
附录IV	电力系统图上的回路标号	572
附录V	本书各量的文字、角注符号及意义	574

第四篇 变电所的继电保护和自动装置

第二十章 继电保护的基本知识

第一节 继电保护的基本要求

为了使继电保护装置能及时、正确地完成它在电力系统中所担负的任务,对其有以下四个基本要求:

一、选择性

当电力系统某部分发生故障时,要求保护装置只将故障设备切除,尽量缩小停电范围,从而保证非故障部分能继续正常运行,这种动作称为保护装置的选择性。如图20-1所示,在各个断路器处都装有保护装置。当 D_3 点故障时,短路电流将经过断路器1、2、3、4、5、6DL流至故障点 D_3 ,各断路器的继电保护都有可能动作。但按照选择性的要求,应首先由断路器6DL处的保护装置6动作,即断开6DL,而使非故障部分能继续正常运行。此时,若1DL或3DL也跳闸,则整个电网停电,这种情况称为无选择性的动作,这是不允许的。同理, D_2 点短路时,应先跳开断路器5DL; D_1 点短路时,应先跳开断路器1DL。保护装置的选择性,是由合理选择保护方案和正确进行整定计算得到的。

二、快速性

快速切除故障可以减轻短路电流对电气设备的损坏程度,加快系统电压的恢复,为电动机自起动创造有利条件,

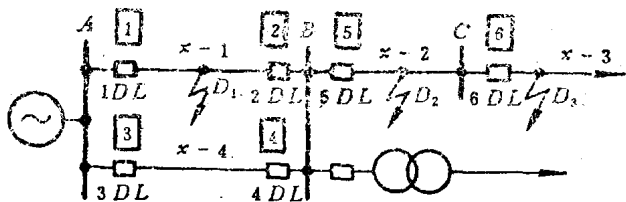


图 20-1 继电保护动作具有选择性例图

并可提高电力系统及发电机并列运行的稳定性。再则，快速切除故障，可使短路点处容易熄弧，从而可以提高自动重合闸的成功率。

所谓故障切除时间，是指保护装置的动作时间与断路器的跳闸时间之和。目前，常用的油断路器的跳闸时间为0.1~0.15秒；空气断路器的跳闸时间约为0.05~0.08秒。最快的保护装置动作时间可达0.02~0.04秒。

三、灵敏性

灵敏性（灵敏度）是指保护装置对其保护范围内的故障和不正常工作状态的反应能力。在继电保护装置的保护区内发生故障时，系统在各种运行方式下都应具有足够的灵敏度，保护装置都能正确动作；但在保护区外发生故障时，又都不应该误动作。保护装置的灵敏度用灵敏系数 K_{lm} 来衡量，不同作用的保护装置所要求的灵敏系数是不同的。灵敏系数越高，则反应故障的能力越强。各类灵敏系数的大小都有规定的数值，在以后各章中将分别加以叙述。

四、可靠性

投入运行的保护装置，应随时处于良好状态。当被保护设备发生故障和不正常工作状态时，保护装置应有选择性地

正确动作。若不能满足可靠性的要求时，保护装置本身便成为扩大事故或直接造成事故的根源。为了保证保护装置动作的可靠性，则应要求保护装置的设计原理、整定计算、安装调试正确无误；各组成元件的质量良好；运行维护良好；接线力求简化有效。

第二节 继电保护的基本原理

电力系统发生故障时，其特点是电流增大、电压降低、电流与电压间的相位角会发生变化。因此，应用于电力系统中的各种继电保护，绝大多数都是以反应这些电气量的变化为基础的，利用正常运行与故障时各电气量间的差别来实现的。

根据所反应的上述各种电气量的不同，便构成了各种不同原理和类型的继电保护，如：

（1）反应电流改变的，有电流速断、定时过流及零序电流等保护。

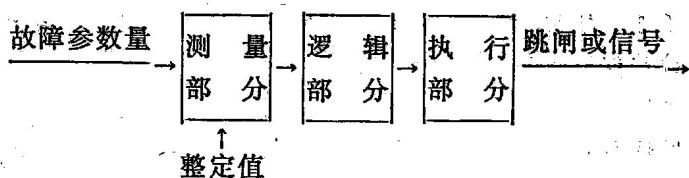
（2）反应电压改变的，有低电压（或过电压）保护。

（3）既反应电流又反应电流与电压间相角改变的，有方向过电流保护。

（4）反应电压与电流的比值，即反应短路点到保护安装处阻抗（或距离）的，有距离保护等。

（5）反应输入电流和输出电流之差的，有变压器差动保护。

继电保护的种类虽然很多，但是在一般情况下它都是由三个基本部分组成的，即测量部分、逻辑部分和执行部分。



各基本部分的作用如下：

(1) 测量部分的作用，是测量反映被保护设备工作状态（正常工作状态、不正常工作状态或故障状态）的一个或几个有关电气量的。

(2) 逻辑部分的作用，是根据各测量元件输出量的大小或性质及其组成或出现的顺序，判断被保护设备的工作状态，以决定保护装置是否应该动作。

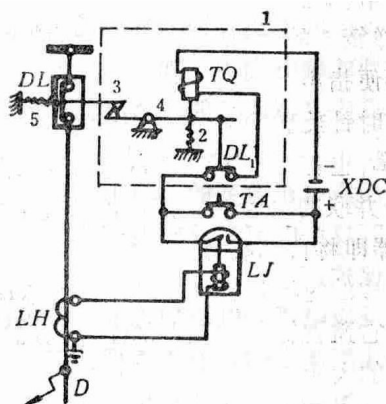


图 20-2 过电流保护的原理图

1—断路器操动机构；2—搭扣弹簧；3—搭扣；4—杠杆；5—分闸弹簧

DL、DL₁—断路器及其辅助接点；LH—电流互感器；LJ—电流继电器；TA—跳闸按钮；TQ—跳闸线圈；XDC—蓄电池

(3) 执行部分的作用, 是根据逻辑部分所作出的判断, 执行保护任务(即给出信号、或跳闸、或不动作)。

现以输电线路过电流保护为例, 来说明继电保护的基本工作原理及其组成元件。图20-2为过电流保护的原理图。图中的机构及接点状态是按正常运行时绘制的。正常运行时, 断路器 DL 处在合闸位置, 线路中流过负荷电流, 电流互感器 LH 二次侧(即电流继电器 LJ 线圈中)流过与一次电流成比例的负荷电流, LJ 不动作。当线路上(如 D 点)发生短路时, 短路电流即经 LH 的一次线圈, 传变到二次线圈而流入 LJ 的线圈中。当此电流足够大时, 继电器 LJ 中的铁芯被吸下, 使其接点闭合。于是, 跳闸线圈 TQ 经 LJ 的接点和断路器的辅助接点 DL_1 接通直流操作电源, TQ 的铁芯被吸引向上, 克服搭扣弹簧2的拉力, 使杠杆4迅速地断开搭扣3, 在分闸弹簧5的作用下 DL 分闸, 故障点 D 就从电网中被切除了。顺便指出, TQ 按规定是不能长时间通电的。所以, 当杠杆4反时针旋转, 并使其断路器主触头断开的同时, 辅助接点 DL_1 也打开, 从而将 TQ 回路断开。跳闸按钮 TA 和 LJ 的接点是并联的, 用来进行正常的跳闸操作, 按下按钮 TA , 断路器即将自动跳开。

在图20-2的过流保护中, 电流继电器 LJ 的线圈回路就是测量部分, 它监视被保护设备的工作情况, 反应相应的电气量(如电流的大小), 只有在被保护设备发生故障或不正常工作情况时, 它才会动作。因此, 测量部分可处于动作或不动作两种状态, 并根据这两种状态确定发出作用于逻辑部分的信号。继电器的接点回路就是逻辑部分, 它接受到测量部分送来的信号后, 即根据信号的组合和顺序, 确定起动还是不起动整套保护装置。起动保护时, 即发出信号作用于执行

