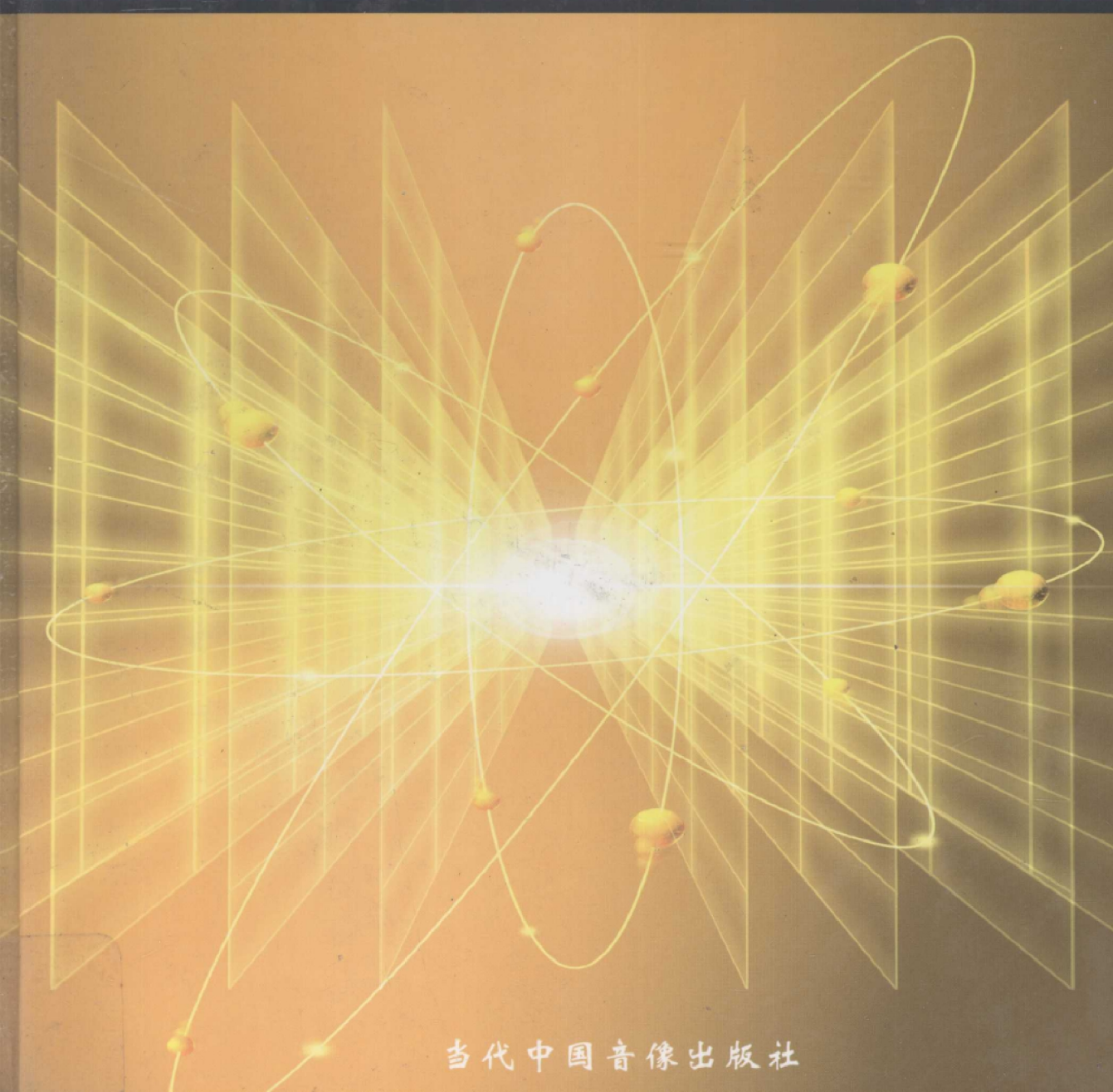


电力中性点接地方式选择、设计、施工、 运行与改造实用手册



当代中国音像出版社

ISBN 7-900108-95-5

定价:998.00 元

TM7-62 1204

电力中性点接地方式选择、 设计、施工、运行与 改造实用手册

李 健 于确实 主编

第一册

当代中国音像出版社

前 言

电力系统的中性点接地是一个综合性的技术问题,它与电力系统的供电可靠性、人身安全、设备安全、绝缘水平、过电压保护、继电保护、通信干扰(电磁环境)及接地装置等关系密切,对电力系统正常运行具有保障作用,是一个非常复杂而又至关重要的问题。

随着电力系统的迅速发展,电网规模不断扩大,接地短路电流越来越大,各种微机监控设备普遍应用,对接地的要求越来越高。接地装置不仅对工频接地电阻,而且对冲击接地电阻、热稳定、设备接触电压、跨步电压、地电位干扰也有一系列的要求。由于接地装置发生问题而引起的主设备损坏、发电厂停运、变电停运时有发生,这给发电厂与电网稳定运行、变电所正常工作带来很大危害。

为了有效地帮助发电厂、变电所、输电线路杆塔接地的设计、施工、改造和运行维护,编者从电力工程的实际出发,编写了本书,希望对实际的接地问题有所帮助。

我们相信,通过本书,电力系统的工作人员和技术人员,完全可以熟悉发电厂、变电所与输电线路接地设计的方法和步骤;了解国内外接地技术的最新发展;执行国家有关接地的规程和标准。

本书既强调接地的基本理论,又注重接地工程的实际应用,重视技术结论或设计要点,同时尽可能反映国内外接地技术的先进成果。

本书限于作者水平,书中错误疏谬在所难免,希望专家与读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 电力系统中性点接地方式概论	(1)
第一章 电力系统中性点接地方式概述	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 中性点接地方式发展简史	(3)
第三节 一个概念和几个术语	(4)
第四节 接地方式的划分及电压、电流的互换特性	(7)
第五节 接地程度系数与中性点接地方式的关系	(15)
第六节 不同接地方式系统的基本运行特性	(17)
第七节 发电机中性点的接地方式	(27)
第八节 不同接地方式的适用范围	(27)
第九节 结语	(29)
第二章 中性点常用接地方式	(31)
第一节 人身触电的危险性	(31)
第二节 单相接地电流的大小	(34)
第三节 单相电弧接地过电压	(35)
第四节 单相接地保护问题	(43)
第五节 铁磁谐振过电压	(48)
第六节 中性点接地方式的综合比较	(51)
第三章 地电参数	(53)
第一节 地电阻率	(53)
第二节 岩石和土壤的介电常数	(62)
第四章 地中电流分布	(68)

目 录

第一节 地中稳定电流场的基本性质	(68)
第二节 电流场中不同电阻率介质分界面上的边界条件	(70)
第三节 均匀介质中的点源电流场	(72)
第四节 非均匀土壤中的地中电流场	(78)
第五章 接触电压和跨步电压	(85)
第一节 接触电势与接触电压	(85)
第二节 跨步电势与跨步电压	(86)
第三节 转移电位	(87)
第四节 人体遭受电击的影响因素	(87)
第六章 接地参数的数值计算方法	(92)
第一节 综述	(92)
第二节 接地网接地参数的数值计算	(97)
第七章 接地和接零保护	(102)
第一节 接地保护	(103)
第二节 接零保护	(104)
第三节 重复接地的作用	(108)
第八章 电力系统常用接地方式的综合评价	(110)
第一节 中性点不接地方式	(110)
第二节 谐振接地方式	(111)
第三节 电阻接地方式	(111)
第四节 中性点直接地方式	(112)
第五节 全电缆网络采用谐振接地方式	(113)
第二篇 中性点不接地系统	(117)
第一章 单相接地电流的稳态计算	(119)
第二章 单相接地电流的暂态计算	(122)
第三章 间歇电弧接地过电压	(125)
第一节 物理过程及数学分析	(125)
第二节 影响因素及限制过电压措施	(131)
第四章 不对称短路引起的工频电压升高	(133)
第一节 对称分量法	(133)
第二节 系统序阻抗	(137)
第三节 单相接地故障电流	(139)

第五章 耦合传递过电压	(143)
第六章 断线引起的谐振过电压	(145)
第一节 断线谐振的分析	(145)
第二节 谐波参数的分析	(147)
第七章 配电变压器绕组一点接地过电压	(149)
第八章 关于内部过电压的几个问题	(152)
第九章 过电压幅值的估算	(153)
 第三篇 中性点电阻接地系统	(157)
第一章 中性点电阻接地系统概述	(159)
第一节 电阻接地的目的和分类	(159)
第二节 中性点电阻值的选择	(161)
第三节 单相接地故障时的稳态分析	(162)
第四节 转移过电压及其限制措施	(164)
第五节 校验中性点电阻值的必要条件	(167)
第六节 中性点经高阻抗接地方式	(178)
第七节 低压侧的绝缘配合问题	(182)
第二章 土壤和水的电阻率	(187)
第一节 土壤的电阻率	(187)
第二节 水的电阻率	(193)
第三章 工频接地电阻	(196)
第一节 工频接地电阻的基本概念	(196)
第二节 均匀土壤中的工频接地电极	(201)
第三节 不均匀土壤中的工频接地电阻	(213)
第四节 单个接地极的接地电阻	(217)
第五节 组合接地体的接地电阻	(221)
第六节 自然接地体的接地电阻	(228)
第七节 土壤电阻率的取值	(233)
第八节 地电阻率不均匀时的人工接地体接地电阻的计算	(235)
第四章 冲击接地电阻	(243)
第一节 冲击接地电阻的物理意义	(243)
第二节 冲击电位分布	(248)
第三节 外引接地装置	(250)

目 录

第四节 水平接地体上的波过程	(251)
第五节 集中接地体的冲击接地电阻	(253)
第六节 伸长接地体的冲击接地电阻	(257)
第七节 发、变电站网格式地网的冲击接地电阻	(276)
第五章 降低接地电阻的方法	(298)
第一节 几种简单的降低接地电阻的方法	(298)
第二节 深井接地	(301)
第三节 接地降阻剂	(309)
第六章 接地电阻的设置	(317)
第一节 接地体设置的基本要求	(317)
第二节 人工接地体设置	(318)
第三节 基础内钢筋用做接地体	(320)
第七章 大地回流	(322)
第一节 直流以大地为回路时的地中电流分布	(322)
第二节 交流以大地为回路时的地中电流分布	(330)
第三节 变流以大地为回路时的线路阻抗	(336)
第四节 变流以大地为回路时架空地线的分流作用	(342)
第五节 考虑大地回流影响时的接地电阻计算	(348)
第八章 接地电极附近的大地表面电位分布	(351)
第一节 跨步电势和接触电势	(351)
第二节 几种简单几何形状的接地电极的跨步电势和接触电势计算	(353)
第三节 网状接地电极的地表电位分布	(362)
第四节 作用在人体上的实际电压——跨步电压和接触电压	(372)
第九章 中性点经电阻接地的电网	(376)
第一节 从限制间歇电弧接地过电压角度选中性点电阻值	(376)
第二节 从限制单相接地电流的角度选中性点电阻值	(380)
第三节 从限制通信干扰并保证继电保护动作可靠的 角度选取中性点电阻值	(380)
第四篇 中性点经消弧线圈接地	(385)
第一章 消弧线圈的补偿原理	(387)
第一节 概述	(387)
第二节 6~10kV 电网单相接地电流的计算	(387)

第三节 消弧线圈的补偿原理	(390)
第二章 消弧线圈的自动控制调节原理	(393)
第一节 概述	(393)
第二节 消弧线圈的工作状态	(394)
第三节 消弧线圈的调节原理	(399)
第四节 消弧线圈的自动控制方法	(403)
第三章 消弧线圈的跟踪补偿	(406)
第一节 调谐基础知识	(406)
第二节 消弧线圈的结构原理	(407)
第三节 自动调谐的基本原理	(418)
第四节 跟踪补偿原理的实现	(428)
第五节 对接地电流完全补偿的必要性	(438)
第四章 消弧线圈的自动调谐	(439)
第一节 对消弧线圈的要求	(439)
第二节 按相位角进行自动调谐	(441)
第三节 按电网模型进行自动调谐	(448)
第五章 三相五柱式消弧线圈	(450)
第一节 概述	(450)
第二节 补偿原理	(450)
第三节 调节原理	(453)
第四节 自动控制原理	(458)
第五节 设计计算	(464)
第六节 三相五柱式消弧线圈的实验研究与实际使用	(470)
第六章 消弧线圈的异常动作及损坏原因分析	(479)
第一节 概述	(479)
第二节 异常动作原因分析	(480)
第三节 损坏和失灵原因分析	(487)
第四节 结语	(491)
第七章 中性点经消弧线圈接地的电网	(493)
第一节 电网分布电容及其对运行的影响	(493)
第二节 电网的不对称度	(495)
第三节 中性点经消弧线圈接地电网的零序等值电路	(497)
第四节 始端有消弧线圈时故障电流对通信线路的影响	(500)

目 录

第五节	两端有消弧线圈时故障电流对通信线路的影响	(502)
第六节	弧隙恢复电压与脱谐度的关系	(503)
第七节	过补偿与欠补偿运行特性的比较	(506)
第八节	消弧线圈的选择与配置	(510)
第九节	中性点经消弧线圈接地电网的调谐试验	(512)
第十节	电网对地电容的测量方法分析	(514)
第五篇	中性点谐振接地系统	(519)
第一章	谐振接地原理	(521)
第一节	概述	(521)
第二节	减小接地故障电流	(522)
第三节	降低故障相恢复电压的初速度	(529)
第四节	接地电流电弧的熄灭	(534)
第五节	正常运行情况下的位移度	(537)
第六节	断线故障状态下的位移度	(547)
第七节	其他补偿装置的熄弧原理	(557)
第八节	结语	(561)
第二章	中性点谐振接地系统	(563)
第一节	补偿电网的运行方式	(563)
第二节	补偿电网的中性点位移电压	(575)
第三节	单相接地时接地点电流	(584)
第四节	单电源线路中的断线过电压	(586)
第五节	在接地故障情况下切除消弧线圈时的过电压	(587)
第六节	全补偿的可行性和阻尼电阻的优化选择	(589)
第七节	关于电力电缆 U_0 电压的选择	(592)
第八节	采用自动调谐的必要性	(594)
第九节	谐振接地系统中过电压问题评价	(595)
第十节	关于电容电流限值的论证	(598)
第三章	铁磁谐振	(602)
第一节	基本原理、谐振条件及影响因素	(602)
第二节	电磁式电压互感器引起的铁磁谐振	(610)
第三节	中性点经消弧线圈接地电网中的谐振	(619)
第四节	铁磁谐振过电压限制方法	(624)

第五节 中性点电阻对限制谐振过电压的作用	(627)
第四章 中压电网谐振接地	(629)
第一节 引言	(629)
第二节 供电可靠性	(630)
第三节 设备安全	(633)
第四节 人身安全	(636)
第五节 继电保护选择性	(639)
第六节 通信干扰与电磁兼容	(641)
第七节 绝缘水平	(645)
第八节 电缆网络	(647)
第九节 不同接地方式下中压电网的运行特性	(654)
第十节 结语	(658)
第五章 高压电力系统谐振接地问题	(660)
第一节 引言	(660)
第二节 220kV 系统中性点接地方式的变迁	(661)
第三节 154kV 谐振接地系统运行经验	(663)
第四节 110kV 谐振接地系统的实践	(669)
第五节 对 110kV 系统中性点接地方式的几点看法	(676)
第六节 超高压、特高压系统的潜供电流电弧	(680)
第七节 结语	(683)
第六章 发电机中性点谐振接地	(684)
第一节 引言	(684)
第二节 发电机中性点不同接地方式的主要运行特征	(685)
第三节 接地电流限值的研究与演进	(689)
第四节 高电阻接地方式	(695)
第五节 谐振接地方式	(698)
第六节 结语	(704)
第七章 谐振接地方式的优化	(705)
第一节 引言	(705)
第二节 微机选线和微机接地保护装置	(706)
第三节 自动跟踪补偿装置	(720)
第四节 需要说明的几个问题	(739)
第五节 结语	(745)

目 录

第八章 谐振接地系统的过电压及防止措施	(746)
第一节 引言	(746)
第二节 欠补偿断线过电压	(747)
第三节 地网电位升高过电压	(749)
第四节 定相过电压	(751)
第五节 线路碰线过电压	(755)
第六节 电容耦合过电压	(756)
第七节 共用消弧线圈过电压	(759)
第八节 断开两相接地短路过电压	(761)
第九节 中性点不稳定过电压	(763)
第十节 配电变压器高压绕组接地过电压	(765)
第十一节 断路器非全相投入过电压	(766)
第十二节 断线接地过电压	(767)
第十三节 结语	(769)
 第六篇 系统接地的选择、设计和施工	(771)
第一章 系统接地的选择	(773)
第一节 系统中性点的取得和接地变压器	(773)
第二节 电力系统接地点的选择	(779)
第三节 中压谐振接地设备的选择计算	(783)
第四节 中压阻抗接地设备的选择计算	(787)
第五节 接地设备的技术参数	(795)
第六节 特殊问题	(800)
第二章 接地计算的数值分析及模拟实验	(801)
第一节 边界元法	(801)
第二节 用边界元法进行接地行算的实例	(813)
第三节 模拟实验技术	(819)
第三章 接地安全设计	(824)
第一节 人体的安全电流和安全电压	(824)
第二节 对接地电阻的要求	(830)
第三节 地网的工频电位升高问题	(833)
第四节 安全设计的概率统计法	(838)
第五节 低压系统的接零与接地保护	(843)

第四章 接地装置的设计	(848)
第一节 接地电阻的允许值	(848)
第二节 均衡电位接地	(851)
第三节 地网的均压和分流计算	(855)
第四节 接地导体的选择及截面热稳定校验	(863)
第五节 发、变电站接地网的设计	(866)
第六节 小型接地装置设计	(868)
第五章 电极设计	(873)
第一节 棒状电极的深打接地法	(873)
第二节 棒状电极的并联接地法	(877)
第三节 线状电极的多重接地法	(886)
第四节 并用棒状及网状电极的接地工程	(891)
第五节 棒状与线状电极的并用接地法	(894)
第六节 建筑结构体的代用接地法	(904)
第六章 接地的施工	(911)
第一节 自然接地体的施工	(911)
第二节 人工接地体的施工	(915)
第三节 人工接地线的施工	(919)
 第七篇 接地电极的接地电阻计算	(927)
第一章 几种简单几何形状的接地电极的接地电阻计算	(929)
第一节 圆棒形电极	(929)
第二节 圆环形电极	(933)
第三节 圆盘形电极	(935)
第二章 直流接地电极和输电线路杆塔接地电极的接地电阻计算	(940)
第一节 各种水平接地电极	(940)
第二节 具有多根接地棒的垂直接地电极	(941)
第三节 水平接地体和垂直接地体组合的电极	(943)
第四节 扁钢和角钢的等值半径	(945)
第五节 输电线路杆塔的典型接地装置	(948)
第三章 发、变电站网状接地电极的接地电阻计算	(951)
第一节 发、变电站地网接地电阻的估算	(951)
第二节 垂直接地体对地网接地电阻的影响	(952)

目 录

第三节	用内插法计算地网的接地电阻	(954)
第四章	双层土壤中的接地电极计算	(958)
第一节	双层土壤中的接地电极	(958)
第二节	双层土壤中接地电阻的实用计算公式	(972)
第三节	土壤在水平方向不均匀时的接地电阻计算	(978)
第八篇	接地故障特点分析与故障点定位	(985)
第一章	小电流接地系统单相接地故障特点分析	(987)
第一节	单相经过渡电阻接地时稳态电压分析	(987)
第二节	中性点不接地系统电弧接地故障特点分析	(994)
第三节	中性点经消弧线圈接地系统电弧接地故障特点分析	(1001)
第四节	并联供电线路对接地保护的影响	(1005)
第二章	微机选线式接地保护装置的设计与运行	(1008)
第一节	基于零序电流有功分量方向原理的接地选线保护装置	(1008)
第二节	零序电流互感器的优化设计	(1012)
第三节	接地选线保护装置的工业运行概况	(1016)
第四节	基于自适应式零序电流有功分量方向原理的 接地选线保护装置	(1016)
第三章	配电线路接地故障点定位	(1020)
第一节	利用保护接地网对地电压实现电缆接地故障点定位	(1020)
第二节	配电线路接地故障点测距理论与方法	(1021)
第九篇	电力系统接地装置设计与施工	(1029)
第一章	发电厂、变电站的接地装置	(1031)
第一节	概述	(1031)
第二节	发电厂、变电站地网的设计总原则	(1032)
第三节	地网的设计步骤和方法	(1037)
第四节	架空地线分流系数计算	(1048)
第五节	接地网均压导体的不等间距布置方式	(1068)
第六节	GIS装置的接地	(1072)
第二章	架空线路杆塔的接地装置	(1085)
第一节	架空线路杆塔接地的意义及要求	(1085)
第二节	架空线路杆塔接地电阻计算	(1087)

第三节 架空线路杆塔接地的设计	(1093)
第四节 架空线路杆塔接地装置的施工	(1096)
第五节 降低杆塔接地电阻的措施	(1098)
第六节 杆塔接地装置的运行及维护	(1100)
第三章 配、用电设备的接地	(1102)
第一节 配、用电设备的接地要求	(1102)
第二节 低压配电系统的接地型式	(1109)
第三节 低压配电系统的人身安全保护措施	(1115)
第四节 TN 系统防止间接电击的具体措施	(1121)
第五节 TT 系统防止间接电击的具体措施	(1125)
第六节 低压系统的接地与接零保护	(1129)
第四章 发电厂、变电站计算机接地	(1133)
第一节 作用	(1133)
第二节 接地方式	(1133)
第三节 抗干扰措施	(1136)
第五章 微波通信站及调度楼内自动化设备的防雷接地	(1141)
第一节 微波通信站的防雷接地	(1141)
第二节 调度楼内调度自动化设备的防雷接地	(1147)
第六章 高压直流工程接地装置	(1151)
第一节 高压直流输电系统	(1151)
第二节 高压直流换流站的接地装置	(1153)
第三节 高压直流接地装置的投运试验	(1161)
第四节 高压直流接地极发热及热扩散	(1164)
第七章 降低发电厂、变电所接地装置工频接地电阻的措施	(1166)
第一节 充分利用自然接地体降阻	(1166)
第二节 外引接地装置	(1167)
第三节 采用深井式接地极	(1167)
第四节 扩网及设置水下地网	(1171)
第五节 填充电阻率较低的物质或降阻剂	(1172)
第六节 发电厂、变电所的综合降阻措施	(1173)
第十篇 接地装置试验	(1175)
第一章 接地电阻的测量	(1177)
第一节 接地电阻测量的基本原理	(1177)

目 录

第二节 发、变电站地网的接地电阻测量	(1184)
第三节 接地电阻测量中的干扰问题	(1192)
第四节 常用的接地电阻测量仪器	(1197)
第二章 土壤电阻率及其测量	(1203)
第一节 土壤均匀情况下电阻率的测量	(1204)
第二节 土壤不均匀情况下电阻率的测量	(1209)
第三节 影响土壤电阻率的因素	(1224)
第四节 人工改善土壤电阻率的方法	(1227)
第三章 测量接触电压、电位分布和跨步电压	(1230)
第一节 用电流、电压表法测量	(1231)
第二节 用接地电阻测量仪测量	(1233)
第四章 连通试验和开挖检查	(1235)
第一节 设备接地与地网的连通试验	(1235)
第二节 开挖检查	(1236)
第三节 设备的接地回路检查	(1236)
第十一篇 接地装置的运行与改造	(1239)
第一章 接地网的工频电位	(1241)
第一节 稳态电位	(1241)
第二节 暂态电位	(1241)
第三节 瞬时电位	(1242)
第二章 地网电位升高及其限制措施	(1244)
第一节 对接地电位升高的限制	(1244)
第二节 均衡电位接地的采用	(1245)
第三章 反击过电压及其保护	(1247)
第一节 反击过电压	(1247)
第二节 反击过电压的基本类型	(1251)
第四章 沿电缆沟敷设接地线的作用	(1255)
第五章 冲击反击过电压	(1260)
第一节 雷击独立避雷针、线引起的反击过电压	(1260)
第二节 避雷器接地线引起的反击过电压	(1264)
第六章 接地装置的运行分析	(1266)
第一节 输电线路杆塔接地装置存在问题分析及处理	(1266)

第二节 发电厂、变电所接地网存在问题分析	(1268)
第七章 发电厂、变电所接地装置改造	(1273)
第一节 对原接地网进行全面的试验和检查	(1273)
第二节 改造资料的收集	(1274)
第三节 改造方案的制定及设计	(1274)
第四节 改造方案的实施	(1276)
第五节 工程验收及试验	(1277)
第六节 接地装置改造的安全注意事项	(1278)
第十二篇 接地装置的腐蚀及防腐措施	(1281)
第一章 接地装置的腐蚀机理分析	(1283)
第一节 化学腐蚀	(1283)
第二节 电化学腐蚀	(1283)
第三节 腐蚀电池的电极过程	(1284)
第二章 析氢腐蚀与吸氧腐蚀	(1288)
第一节 析氢腐蚀	(1288)
第二节 吸氧腐蚀	(1290)
第三章 接地装置的腐蚀环境	(1295)
第一节 大气腐蚀	(1295)
第二节 土壤腐蚀	(1296)
第三节 海水腐蚀	(1301)
第四章 防止接地体腐蚀的主要措施	(1303)
第一节 接地装置的选址和施工	(1303)
第二节 选用缓蚀剂	(1304)
第三节 电化学保护	(1305)
第十三篇 电力系统中性点接地相关技术标准	(1311)