

OHM 新电工技术系列

图解

接地技术

〔日〕川濑太郎 主编
高桥健彦 著

2-64



科学出版社

www.sciencep.com

OHM 新电工技术系列

图解接地技术

〔日〕 川濑太郎 主编
高桥健彦 著
马 杰 译

科学出版社

北 京

图字:01-2003-4420 号

Original Japanese language edition

Zukai Secchi Gijutsu Nyumon

Supervised by Tarou Kawase Written by Takehiko Takahashi

Copyright © 1986 by Takehiko Takahashi

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese version published by Science Press, Beijing

Under license from Ohmsha, Ltd.

Copyright © 2003

All rights reserved

图解接地技术入门

川瀬 太郎 高橋 健彦 オーム社 2002

图书在版编目(CIP)数据

图解接地技术/(日)川瀬太郎主编,高橋健彦著;马杰译. —北京:科学出版社,2003

ISBN 7-03-011650-X

I. 图… II. ①川…②高…③马… III. 接地装置-电工技术-图解
IV. TM774-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 057161 号

责任编辑 崔炳哲 责任制作 魏 谨

责任印制 刘士平 封面设计 李 力

科 学 出 版 社 出 版

<http://www.sciencep.com>

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

源海印刷有限责任公司 印刷

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

2003 年 9 月第 一 版 开本: A5(890×1240)

2003 年 9 月第一次印刷 印张: 5 3/4

印数: 1—5 000

字数: 152 000

定 价: 15.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

主编的话

接地是电力、通信等领域中不可缺少的重要技术。迄今为止,在电力领域的接地主要注重保障安全,而在通信领域则着眼于克服噪声。虽然二者在应用上有相当大的差异,但在本质上是完全相同的技术。

近几年来,世界已经迈进数字通信的实用化时代,当前广泛使用的各种新的媒体信息网络正在成为构筑社会的基础。但是,由于社会过度依赖这种网络的结果,因自然或人为因素可能导致系统瘫痪,所以人们正在非常关心所谓网络的安全性。人为因素姑且不论,在自然界中给这种网络带来最大灾害的就是雷电。严格地说,对应于雷电灾害除了接地技术之外还缺乏有效手段。仅从这一点可以看出接地的重要性。

乍一看接地似乎很简单,但实际上它涉及领域很广,在实践及理论方面也非常深奥。因此,有理由说,精通了接地技术的人就是一流的电气技术人员。虽然每年都有很多关于接地的图书及论文发表,但是能深入浅出地阐明基本接地技术的图书在国内外却较匮乏。我相信,在当今非常关注接地问题的时候,由高桥健彦先生撰写的《图解接地技术》一定会受到广大读者的欢迎。我殷切希望本书对从事实际接地工作的技术人员,以及从事研究接地的研究人员有很好的参考价值。

最后,对采纳此出版规划并付诸实现的欧姆出版社的远见卓识表示敬意。

千葉大学教授,工学博士
电气设备学会副会长 川瀬 太郎

前 言

接地技术历史悠久,大约 230 年前,因雷电试验而有名的富兰克林在进行实验时,在大地上安装了接线端子,即实施了所谓的接地。从那以后,接地作为基本的电气安全技术相传至今。与其说接地是理论,倒不如说是在现场必须反复进行实践的技术,这是因为大地的电气特性有许多不确定的因素,不能用一句话简单地下定论,并且在很多场合不能纸上谈兵,只通过理论计算得出结论。接地是越想深究其问题就越是深奥的技术,不是能轻易解决的一门学问。

我们在生活起居各方面享受着电带来的方便,甚至可以说人类离开了电无法生存。在要求电力、电子、通信设备安全而且稳定运行的现代,接地技术已经不只是在现场从事实际工作人员所关心的事情,就是从设备的业主到设计技术人员也都充分认识到了它的重要性。接地作为一门学问,正在进入使其体系化的时代。

笔者根据有关各方面的希望和要求,执笔介绍接地技术。本书作为入门书,舍去了繁琐的公式推导及接地设计的复杂流程,尽量做到解说通俗易懂。如果读者通过本书能掌握接地的基本知识,并且能些许有助于实际工作,则将深感欣慰。

笔者才疏学浅,承蒙川濑太郎博士的悉心指导,在此深表谢意。

在编写本书时,得到各方人士提供的珍贵资料,借此一并表示感谢。欧姆社出版部对本书的出版及发行提供了很多协助,在此也对欧姆社出版部的各位表示谢意。

高桥健彦

主编简介

川瀬太郎

1966 年 东京大学研究生院博士(电气工学)毕业,获工学博士学位

现 在 千叶大学名誉教授

著者简介

高桥健彦

1970 年 东京电机大学工学部电气工程专业毕业

1991 年 获(东京大学)工学博士学位

现 在 关东学院大学工学部建筑设备工学科教授建

筑电气设备研究室主任

目 录

第 1 章 概 述

1.1	低压电路的接地	2
1.1.1	接地的分类	2
1.1.2	接地系统	3
1.1.3	接地方式	5
1.2	日本法规中规定的接地工程分类	7
1.3	按目的区分的接地种类	9
1.4	各种设备的接地	10

第 2 章 电气设备的安全

2.1	地络保护与接地	18
2.1.1	地络保护	18
2.1.2	接地作用	19
2.2	触 电	19
2.2.1	触电机理	20
2.2.2	触电电流的临界值	20
2.2.3	人体的电气特性	23
2.2.4	触电事故的分类	27
2.2.5	防止触电的对策	28
2.2.6	触电死亡事故数量的变化	33

2.3	漏电火灾	35
2.3.1	何谓漏电火灾	35
2.3.2	漏电火灾的分类	35
2.3.3	防止漏电火灾的对策	36
2.3.4	漏电火灾事故的推移	38

第3章 接地电阻

3.1	接地电阻的性质	40
3.1.1	何谓接地电阻	40
3.1.2	接地电阻与电容的相似性	43
3.1.3	接地电阻理论式的导出	44
3.1.4	接地电极的电阻区域	46
3.2	接地电阻的计算公式	47
3.2.1	半椭圆体电极系的接地电阻	47
3.2.2	棒状电极的接地电阻	49
3.2.3	线状电极的接地电阻	50
3.2.4	环状电极的接地电阻	51
3.2.5	带状电极的接地电阻	51
3.2.6	板状电极的接地电阻	52
3.2.7	网状电极的接地电阻	53
3.2.8	任意形状电极的接地电阻	56

第4章 大地系数

4.1	大地电阻率	58
4.1.1	何谓电阻率	58
4.1.2	影响大地电阻率的因素	59

4.1.3	大地电阻率的分布	62
4.1.4	各种物质的电阻率	63
4.2	大地参数的推定	66
4.2.1	大地构造的调查	66
4.2.2	文纳的四电极法	67

第5章 接地设计

5.1	棒状电极的深打接地法	76
5.1.1	何谓深打接地	76
5.1.2	二层构造大地的接地电阻计算式	78
5.2	棒状电极的并联接地法	79
5.2.1	何谓并联接地	80
5.2.2	集合系数	80
5.2.3	棒状电极的等效半径	82
5.2.4	由排列形状决定的集合系数及接地电阻	82
5.3	线状电极的多重接地法	88
5.3.1	何谓多重接地	88
5.3.2	与排列形状有关的接地电阻计算公式	91
5.3.3	最佳接地法	91
5.4	并用棒状及网状电极的接地工程	92
5.4.1	何谓并用接地	92
5.4.2	接地电阻计算公式	93
5.5	棒状与线状电极的并用接地法	96
5.5.1	电极的排列形状	96
5.5.2	接地电阻的计算公式	97
5.5.3	计算示例	99
5.6	建筑结构体的代用接地法	103
5.6.1	何谓结构体接地	103

5.6.2 建筑结构体的电气特性	104
5.6.3 建筑结构体的接地电阻	105
5.6.4 结构体接地电阻的间接推定法	107

第6章 独立接地与共用接地

6.1 大厦接地的多样化	110
6.1.1 接地现状	110
6.1.2 接地方式的形态	111
6.2 独立接地	112
6.3 共用接地	113
6.3.1 共用接地的优点	114
6.3.2 共用接地的问题	115
6.4 大厦接地系统的评价	118
6.4.1 利用构造体的接地系统	118
6.4.2 电子计算机的接地系统	121

第7章 降低接地电阻的方法

7.1 降阻剂的设想	126
7.2 降阻剂处理的理论研究	127
7.2.1 处理模型Ⅰ	127
7.2.2 处理模型Ⅱ	128
7.3 降阻剂应该具备的条件	130
7.3.1 安全性	130
7.3.2 导电性	131
7.3.3 耐久性	132

7.3.4 腐蚀性	133
7.4 降阻剂的施工方法	134

第 8 章 接地电极的腐蚀

8.1 腐蚀的基础知识	138
8.1.1 腐蚀的形态	138
8.1.2 金属的自然电位序列	139
8.2 海水中的腐蚀	141
8.3 土壤中的腐蚀	142
8.3.1 自然腐蚀	142
8.3.2 电腐蚀	146
8.4 混凝土中的腐蚀	149

第 9 章 接地电阻的测定

9.1 电位降法	154
9.1.1 何谓电位降法	154
9.1.2 电位分布曲线	156
9.1.3 电阻区域	157
9.1.4 电位分布与电阻区域的关系	157
9.2 电位降法理论	158
9.2.1 61.8%的法则	159
9.2.2 电位辅助极的配置之一	161
9.2.3 电位辅助电极的配置之二	162
9.3 测定电路	164
9.3.1 电位降法 I	164

9.3.2	电位降法Ⅱ	164
9.3.3	简易型接地电阻计算方法	166
参考文献		169

第1章 概 述

1.1 低压电路的接地

1.2 日本法规中规定的接地工程分类

1.3 按目的区分的接地种类

1.4 各种设备的接地

接地的英式英语是 earthing, 美式英语是 grounding, 而在日本一般用 earth。按照其作用大致可分为性质完全不同的两种, 即**强电用接地**(例如机架接地)和**弱电用接地**(例如信号接地)。强电用接地的目的主要是为了**安全**, 一般在接地系统中没有电流; 而弱电用接地是为了保证**电路的功能**, 一般有电流流过, 主要目的是为了**稳定**。这就是两种接地的区别, 对此必须有清楚的认识。

本章概述低压电路的接地方法和与接地有关的基准, 以及按目的区分的接地种类等。

1.1 低压电路的接地

电路以变压器为界, 分成**高压**和**低压**两个系统。本节就低压电路及机器接地、接地系统与接地方式进行介绍。

1.1.1 接地的分类

在电路上的接地叫做**系统接地**; 在与电路连接的负荷机器的非带电金属部分上进行的接地叫做**机器接地**。

它们的特征如下:

(1) **系统接地** 在电力系统中, 在适当的地方将系统与大地连接, 这种接地叫做系统接地, 其应用例子如图 1.1 所示。在《电气设备技术规范》*(以下简称《电技》)中, 原则上是电路与大地是绝缘的, 即贯彻电路的绝缘原则。《电技》的第 13 条写明电路必须与大地绝缘, 其中的电路是指配线及机器中流过电流的部分。

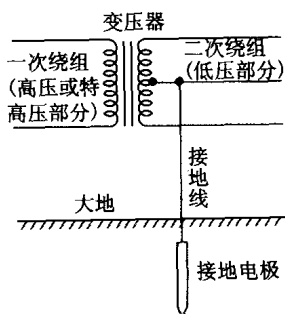


图 1.1 接地系统

如果电路与大地不绝缘, 就会有因漏

* 这是日本国内关于电气设备的法规。——译者注

电流而发生触电或有引发火灾的危险,而且还会造成电力损耗。电路的绝缘是强制性的,但是也有因各种理由与大地不能绝缘的部分。在《电技》的第5条里指出了这些从绝缘原则除外的电路部分。其中,最主要的除外部分是变压器二次绕组中性点的接地。这在《电技》第11条中有规定。

《电技》第11条规定,在连接高压电路(或者特高压电路)与低压电路的变压器低压侧的中点应实施接地。在日本这是将低压配电系统作为接地系统的基本条文,这属于B种接地工程(参见表1.3)。在B种接地工程中接地电阻值不易确定。在这种场合,因为规定了接地电流流入接地电极时的电位上升值,所以只要接地电流不确定,接地电阻值也就无法确定。电位上升值通常是150V,在进行对地短路保护(以下简称地络保护)时定为300V。接地电流随系统而变化。

(2) 机器接地 需要接地的并不仅是电路,其实连电气设备的铁底座和外壳也需要接地,如图1.2所示,这种接地称为机器接地或机架接地。

在运行中的电气机器分为带电部分、非带电部分,以及用金属制成的且暴露的露出非带电部分。

如果由于某种原因使电气机器的绝缘性能降低,电就会从内部带电部分泄漏到外部的露出非带电部分,这就是漏电或者对地短路(以下简称地络),那么接触这种露出非带电部分就会有触电的危险。于是,事先把这种部分与大地连接起来就是机器接地。也就是说,通过机器接地可以控制在露出非带电部分发生的过大的对地电压。

在《电技》第19条中规定,根据电路上的机械器具的铁底座及金属制的机箱、外壳的不同实施A种、C种和D种等接地工程。

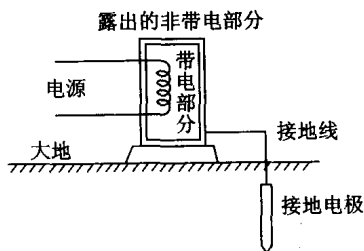


图 1.2 机器接地

1.1.2 接地系统

高压电路与低压电路之间一般接入降压变压器,根据这个变压器的中性点是接地还是不接地,可以分为接地系统和非接地系统。