

实用电气工程设计手册

SHIYONG DIANQI GONGCHENG SHEJI SHOUC

上海市电气工程设计研究会 编著

上海科学技术文献出版社

实用电气工程设计手册

上海市电气工程设计研究会 编著

上海科学技术文献出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电气工程设计手册/上海市电气工程设计研究会编著.
—上海:上海科学技术文献出版社,2011.6
ISBN 978-7-5439-4865-5

I. ①实… II. ①上… III. ①电工技术-技术手册
IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 078028 号

责任编辑: 胡德仁

实用电气工程设计手册

上海市电气工程设计研究会 编著

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市长乐路 746 号 邮政编码 200040)

全国新华书店经销
江苏省常熟市人民印刷厂印刷

*

开本 889×1194 1/16 印张 54.75 字数 1 480 000

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5439-4865-5

定价: 240.00 元

<http://www.sstlp.com>

内 容 提 要

本手册全面介绍了 110 kV 及以下工业与民用建筑供配电系统、负荷计算、短路电流计算、电能质量、高压电器选择、110 kV 及以下变电所、继电保护、变电所二次回路综合自动化及数字化变电站、电气传动与控制、低压配电线路保护及低压电器选择、电线电缆选择、防雷及过电压保护、接地、照明、建筑智能化系统和新能源等方面的内容。

本手册依据国际、国内最新标准和规范,跟踪当前电气技术及电工产品的发展,具体地阐述了电气工程设计的基本原则、规范要求,编制了计算公式、常用数据及图表;强调了电气安全、防电气火灾的重要性;规定了爆炸危险环境电气设备选择条件;重点突出了新能源、节能环保、电能质量、阻燃和耐火电线电缆的选择和建筑智能化等新内容。

本手册是从事工业与民用建筑电气工程设计及施工工程技术人员实用工具书;既是刚踏上设计或施工岗位的有关大专院校毕业生的必备工具,又可作为具有一定实践经验的电气工程技术人员具体操作较有价值的参照依据。

《实用电气工程设计手册》

编 委 会

主 任：李国宾

副主任：丁皋生 谈健芳

委 员：张鹏飞 周行浩 高小平 张卫杰
卓慈刚 夏 林 钱克文 曹真慧
虞建闵 沈立棠 徐志伟 汪正国
季爱晖 董家业 肖 辉 李顺康
陆继诚 陶俊伟 王志强 傅正财
邵民杰 赵济安 徐玉琦 蒋光中
唐春潮 马传兴 程晓猷 王建民
任思龙 姚梦明 涂兆钜

统稿专家组

组 长：董家业

副组长：徐志伟

成 员：丁皋生 曹真慧 蒋光中 陈春芳
沈立棠

编 审 人 员

第一章 供配电系统

主编：张卫杰
编写：张卫杰 周 勇 姚益民
主审：董家业

第二章 负荷计算

主编：汪正国
编写：汪正国 姚建新 姚 宇
主审：董家业

第三章 短路电流计算

主编：曹真慧
编写：曹真慧 陈 江 蔡 蕾 常 炜
主审：忻国胜

第四章 电能质量

主编：季爱晖
编写：季爱晖 徐志伟 李令冬
主审：程浩忠

第五章 高压电器选择

主编：董家业
编写：董家业 肖 辉 陆全华 夏 林
主审：陆继诚

第六章 110 kV 及以下变配电所

主编：陆继诚
编写：陆继诚
主审：沈伟德

第七章 继电保护

主编：徐玉琦
编写：徐玉琦 李 征
主审：蒋光中

第八章 变电所二次回路、电能管理系统、微机综合自动化及数字化变电所

主编：蒋光中
编写：蒋光中 徐玉琦 虞建闵 周明辉
主审：曹真慧

第九章 电气传动与控制

主编：陶俊伟

编写：陶俊伟 徐志伟 陈小宝 张玉青 秦立业 李 萍 龚建芳 郭环球

主审：王崇湘

第十章 低压配电线路保护和低压电器选择

主编：董家业 肖 辉

编写：董家业 肖 辉 周行浩 任福胜 陈 捷 王春华 胡雪松 袁方 路国利 卜浩民

主审：江予新

第十一章 电线、电缆选择

主编：王志强

编写：王志强 彭 丹 范云扬

主审：高小平

第十二章 防雷及过电压保护

主编：傅正财

编写：傅正财 沈立棠 蔡振新

主审：叶斐誉 蒋麦占

第十三章 接 地

主编：邵民杰

编写：邵民杰 龚大卫

主审：

第十四章 照 明

主编：李国宾

编写：李国宾 姚梦明 缪 兴 李顺康

主审：姚梦明

第十五章 建筑智能化系统

主编：赵济安

编写：赵济安 邹旭昭 蔡增宜

主审：赵济安

第十六章 新能源

主编：丁皋生

编写：丁皋生 向曙光 董菁雯 秦东平 张 哲

主审：丁皋生

前 言

随着我国经济步入快速发展的轨道,近年来涉及工程建设领域的规程、规范进行了较大范围的修订,补充了新的内容;同时,我国的国家标准 GB 已从原先的等效采用逐步过渡到等同采用;再者,在实际工程设计中对节能环保,已有明确的标准和要求,加之大量新的研究成果和新技术、新产品不断涌现,因此,有必要组织编纂一部新的《实用电气工程设计手册》。

本手册共分十六章,涵盖了电气技术领域的各个方面,内容更全面,增加了很多新的内容,而且把节能技术的介绍提到更突出的位置;同时,基于环保的考虑,我国已经把大力发展新能源确定为国家发展战略的重要组成部分,因此本手册专门增加了新能源这一篇章,以期达到普及这方面新知识的目的。

本手册编写的依据是截至 2010 年 6 月底,我国已经颁布的国家标准和规程、规范等。

本手册由上海市电气工程设计研究会组织资深电气专家进行编写,为了保证和提高手册的质量,还专门组成专家工作组进行统稿。手册的编撰前后历时近两年。

本手册的编写得到了上海市电气设计研究会全体理事和广大会员、团体会员的支持,承蒙他们提出很多宝贵意见和建议。此外,还得到常熟开关制造有限公司、中国杭申控股集团、上海华通电气有限公司、上海良信电器有限公司、上海人民电器厂、上海快鹿电线电缆有限公司、飞利浦(中国)投资有限公司、上海埃熙特电气有限公司、德安防爆电器(上海)有限公司、上海万谱电器有限公司等著名电器制造厂商的大力支持,并提供产品技术资料。借此机会,一并表示衷心的感谢。

编 者

目 录

第一章 供配电系统.....	(1)
第一节 电力负荷分级及对供电电源的要求.....	(1)
一、电力负荷的分级原则.....	(1)
二、部分行业负荷分级示例.....	(1)
三、各级负荷对电源的要求.....	(5)
第二节 供配电系统.....	(5)
一、电压选择.....	(5)
二、系统接地方式.....	(6)
三、配电形式.....	(8)
第三节 变电所主接线.....	(10)
一、变电所主接线.....	(10)
二、大型公共建筑.....	(13)
第四节 低压配电系统.....	(13)
一、电压选择.....	(13)
二、接地系统.....	(14)
三、低压电力及照明配电.....	(14)
第五节 应急电源.....	(18)
一、应急电源种类与特性.....	(18)
二、应急电源系统.....	(18)
第六节 电气专业基础数据和资料收集.....	(20)
一、电源调查.....	(20)
二、电力网的电气特性.....	(20)
三、地区电力系统接线图、发电厂或变电站的主接线图.....	(20)
四、地区电网的近期发展规划是否与本工程同步.....	(20)
五、进厂的高压线路.....	(20)
六、改建、扩建工程需了解现有工厂变电站的情况.....	(20)
七、改扩建工程需要向甲方索取的资料.....	(20)
八、基建时解决施工用电的途径.....	(21)
九、保安电源及其备用电源的解决办法.....	(21)
十、对通信调度的要求及管理分工的意见.....	(21)
十一、电力系统对装置供电时需要解决的投资费用.....	(21)
十二、电能计量要求.....	(21)
十三、电费计算方法及电价.....	(21)
十四、其他内容.....	(21)
十五、技术资料.....	(21)
十六、用户对用电的要求.....	(21)

第二章 负荷计算	(22)
第一节 概 述	(22)
一、负荷计算的内容和目的	(22)
二、负荷计算的方法	(22)
第二节 设备分组及设备功率的确定	(22)
一、设备分组	(22)
二、设备功率的确定	(23)
第三节 计算负荷的确定	(24)
一、需要系数法确定计算负荷	(24)
二、单位面积功率法和单位指标法确定计算负荷	(28)
三、二项式法确定计算负荷	(30)
第四节 单相负荷计算	(30)
一、计算原则	(30)
二、单相负荷换算为等效三相负荷的一般方法	(31)
三、单相负荷换算为等效三相负荷的简化方法	(31)
第五节 尖峰电流的确定	(32)
一、单台电动机、电弧炉或电焊变压器支线的尖峰电流	(32)
二、接有多台电动机的配电线路只考虑一台电动机启动时的尖峰电流	(32)
三、自启动的电动机组的尖峰电流	(32)
四、车间起重机供电干线的尖峰电流	(32)
五、门座式起重机的尖峰电流	(32)
六、多台门座式起重机共用干线的尖峰电流	(32)
第六节 企业年消耗电能计算	(33)
一、用年平均负荷来确定	(33)
二、单位产品耗电量法	(34)
第七节 无功功率补偿	(35)
一、提高用电设备的自然功率因数	(35)
二、采用并联电力电容器补偿	(35)
三、电力电容器补偿、控制及安装方式的选择	(37)
附:计算示例	(37)
第三章 短路电流计算	(40)
第一节 短路电流计算的目的及一般规定	(40)
一、短路故障及危害	(40)
二、短路电流计算目的	(40)
三、短路电流计算特征和一般规定	(40)
第二节 电路元件的计算及网络变换	(41)
一、标幺制法(相对单位制法)	(41)
二、有名单位制法	(42)
第三节 高压系统电路元件的阻抗	(44)
一、同步电机	(44)
二、异步电机	(44)

三、电力变压器	(44)
四、电抗器	(44)
五、高压线路	(46)
第四节 高压系统短路电流计算	(48)
一、计算条件	(48)
二、无限大容量三相短路电流计算	(48)
三、三相短路电流计算实例	(49)
四、二相短路电流的计算	(50)
五、电网电容电流的计算	(50)
第五节 低压网络短路电流计算	(51)
一、计算条件	(51)
二、三相和两相(不接地)短路电流的计算	(52)
三、单相短路(包括单相接地故障)电流的计算	(52)
第六节 GB/T15544-1995《三相交流系统短路电流计算》简介	(64)

第四章 电能质量 (65)

第一节 电能质量的概述	(65)
一、电能质量的概念	(65)
二、电能质量标准	(65)
三、电能质量问题起因	(66)
四、电能质量的控制技术和设备	(66)
第二节 电压偏差	(67)
一、电压偏差的概念	(67)
二、电压允许偏差	(69)
三、电压偏差超标对用电设备的影响	(70)
四、电压偏差的计算	(72)
五、线路电压损失允许值	(73)
六、减少电压偏差的主要措施	(75)
第三节 电压波动与闪变	(76)
一、电压波动与闪变的概念	(76)
二、电压波动、闪变的发生及电磁兼容	(76)
三、电压波动和闪变的限值及计算	(77)
四、几种用电设备工作时电压波动的计算	(81)
第四节 公用电网谐波及间谐波	(83)
一、谐波的概念	(83)
二、谐波的产生	(84)
三、谐波限值及计算	(87)
四、公共电网间谐波	(91)
五、抑制谐波的技术措施	(93)
第五节 电压不平衡度	(93)
一、电压不平衡的几个概念	(93)
二、电压不平衡度限值	(94)

三、电压不平衡的产生及危害·····	(94)
四、降低电压不平衡度的措施·····	(95)
五、不平衡度的相关计算表达式·····	(95)
第六节 常用无功补偿与谐波滤波技术·····	(95)
一、无源滤波器·····	(95)
二、有源滤波器(APF)·····	(98)
三、静止型动态无功功率补偿装置·····	(100)
四、静止无功发生器·····	(104)
第五章 高压电器选择·····	(106)
第一节 高压电器选择的一般规定·····	(106)
一、概 述·····	(106)
二、高压电器及开关柜的选择条件·····	(106)
第二节 高压电器(包括开关柜)的短路稳定性校验·····	(107)
一、短路电流的热效应及电器、导体的热稳定校验·····	(107)
二、短路电流的电动效应及电气设备的动稳定校验·····	(109)
第三节 电力变压器的选择及节能环保·····	(112)
一、按环境条件选择不同类型变压器·····	(112)
二、变压器的噪声及其防治·····	(112)
三、变压器电压等级、台数和容量的确定·····	(113)
四、变压器型式选择·····	(114)
五、配电变压器能效及技术经济评价·····	(115)
第四节 其他高压电器的选择·····	(119)
一、高压断路器的选择·····	(119)
二、高压负荷开关及高压熔断器的选择·····	(121)
三、高压隔离开关选择·····	(122)
四、电流、电压互感器选择·····	(123)
五、高压开关柜选择·····	(127)
第六章 110kV 及以下变配电所·····	(129)
第一节 变配电所分类和型式·····	(129)
一、分 类·····	(129)
二、型 式·····	(129)
第二节 变配电所选址·····	(130)
一、一般要求·····	(130)
二、工厂企业变配电所选址·····	(130)
三、民用建筑变配电所选址·····	(131)
第三节 变配电所布置·····	(131)
一、一般要求·····	(131)
二、变压器室·····	(132)
三、高压配电室·····	(135)
四、低压配电室·····	(135)

五、电容器室	(136)
六、控制室	(136)
第四节 变电所对有关专业的要求	(136)
一、对土建设计要求	(136)
二、对采暖通风设计要求	(139)
三、对给排水设计要求	(139)
四、对通信设计要求	(139)
第五节 工程实例	(139)
一、110kV 变电所	(139)
二、35kV 变电所	(144)
三、10kV 变电所	(149)
第七章 继电保护	(154)
第一节 概 述	(154)
一、继电保护设计的一般原则	(154)
二、对继电保护的要求	(154)
第二节 过电流保护的原理、组成及其分析	(155)
一、原 理	(155)
二、组 成	(156)
三、过电流检测环节接线分析	(156)
第三节 继电保护设备及其选择	(158)
一、电流互感器及其选择	(158)
二、电压互感器及其选择	(162)
三、继电器的特性分析及选择	(166)
四、操作电源	(168)
第四节 定时限过电流保护	(169)
一、过电流保护动作值计算方法	(169)
二、过电流保护动作时限	(170)
第五节 有限反时限过电流保护	(170)
一、动作电流整定值	(171)
二、各级保护动作时限的计算与整定	(171)
第六节 电流速断保护	(172)
第七节 单相接地保护	(174)
一、对单相接地保护的要求	(174)
二、绝缘监察装置与接地部位检查仪	(174)
三、零序电流保护	(175)
第八节 差动保护	(176)
一、差动保护的用途和种类	(176)
二、纵联差动保护的工作原理	(176)
三、横联差动保护工作原理	(176)
四、变压器的纵联差动保护	(177)
第九节 变压器的气体保护	(178)

一、气体保护的作用和意义·····	(178)
二、气体继电器的结构、安装和工作原理·····	(178)
第十节 变电所自动装置·····	(179)
一、自动重合闸·····	(179)
二、备用电源自动投入·····	(180)
三、与 TV 切换的联锁问题·····	(180)
四、按频率自动减负荷·····	(181)
第十一节 TN 系统中性线断线的保护·····	(182)
一、防止三相四线制架空线中性线断线的措施·····	(182)
二、防止中性线断线导致严重后果的措施·····	(182)
第十二节 电力变压器的保护·····	(182)
第十三节 6~10kV 电容器的运行性能及保护·····	(183)
一、电容器的运行性能·····	(184)
二、电容器放电电阻的作用要求及选择·····	(185)
三、电容器的保护·····	(190)
第十四节 中压配电线路的保护·····	(192)
一、保护内容·····	(192)
二、保护方案·····	(192)
第十五节 3kV 及以上电动机的保护·····	(193)
一、对 3kV 及以上电动机的保护内容·····	(193)
二、保护措施·····	(193)
第八章 变电所二次回路、电能管理系统、微机综合自动化及数字化变电所·····	(194)
第一节 变电所二次回路·····	(194)
一、概 述·····	(194)
二、二次回路图·····	(194)
第二节 变电所操作电源·····	(195)
一、概 述·····	(195)
二、交流操作电源·····	(195)
三、直流操作电源·····	(199)
第三节 变电所断路器的控制、信号回路·····	(211)
一、断路器的控制、信号回路设计原则·····	(211)
二、灯光监视的断路器控制、信号回路接线·····	(212)
第四节 变电所电气测量与电能计量·····	(216)
一、电气测量与电能计量的一般要求·····	(216)
二、常规电气测量与电能计量的接线方式·····	(217)
第五节 变电所中央信号装置·····	(219)
一、中央信号装置的设计原则·····	(219)
二、中央信号装置的接线·····	(220)
三、闪光装置·····	(225)
第六节 变电所电能管理系统·····	(226)
一、电能管理系统架构·····	(226)

二、电能管理系统主要功能	(227)
三、集中监视和透明化管理	(228)
第七节 变电所微机综合自动化系统	(228)
一、概 述	(228)
二、变电所微机综合自动化的基本功能	(229)
三、二次系统设计	(229)
四、外部电缆设计	(230)
五、变电所综合自动化系统二次接线图	(230)
第八节 数字化变电所	(231)
一、概 述	(231)
二、传统变电所自动化系统的缺点	(231)
三、何谓《IEC 61850 标准》	(232)
四、基于《IEC61850 标准》的数字化变电所	(232)
五、制约数字化变电所发展的几个因素	(233)
六、数字化变电所离我们还有多远	(234)
附：《IEC61850》通信协议总体介绍	(234)
第九章 电气传动与控制	(236)
第一节 概 述	(236)
一、电气传动系统的组成	(236)
二、生产机械的负载类型	(238)
三、生产机械的工作制	(239)
四、电动机的工作制	(240)
第二节 电动机的选择	(243)
一、电动机选择的基本要求	(243)
二、电动机类型的选择	(244)
三、电动机转速的选择	(244)
四、电动机电压的选择	(244)
五、电动机结构防护型式的选择	(244)
六、电动机冷却方式的选择	(246)
七、电动机绝缘等级的选择	(246)
八、电动机海拔高度的选择	(246)
九、各种工作制电动机容量的选择和校验要求	(246)
第三节 交流电动机启动和制动	(246)
一、电动机的启动	(246)
二、电动机的制动	(254)
第四节 交流电动机调速	(257)
一、概 述	(257)
二、交流电动机的调速方式	(260)
第五节 电气传动及调速方案的应用	(278)
一、带钢热连轧机	(278)
二、起重机械	(280)

三、电梯传动·····	(283)
第六节 电动机的节能·····	(285)
一、概 述·····	(285)
二、电动机的特性·····	(285)
三、风机、泵类的节能·····	(289)
第七节 基础自动化系统·····	(290)
一、基础自动化系统概述·····	(290)
二、基础自动化系统构成·····	(291)
三、基础自动化系统的应用·····	(298)
第十章 低压配电线路保护和低压电器选择·····	(303)
第一节 低压配电线路保护·····	(303)
一、短路保护·····	(303)
二、过负荷保护·····	(305)
三、接地故障保护·····	(305)
四、保护电器的装设位置·····	(311)
第二节 低压电器及其选择·····	(312)
一、按正常工作条件选择·····	(312)
二、按短路工作条件选择·····	(312)
三、按使用环境条件和安装、运行、操作及维护要求选择·····	(312)
四、低压熔断器及其选择·····	(312)
五、低压断路器及其选择·····	(322)
六、剩余电流动作保护器及其选择·····	(334)
七、自动转换开关电器及其选择·····	(338)
八、开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器的选择·····	(342)
九、接触器和电动机启动器的选择·····	(346)
十、各级保护电器间的选择性配合·····	(349)
第三节 爆炸与火灾危险环境电器设备的选择·····	(352)
一、本节适用的范围·····	(352)
二、选择防爆防火危险环境的电器设备前必须了解的情况·····	(352)
三、爆炸性气体环境及防爆电器设备选择·····	(353)
四、爆炸性粉尘环境电器设备的选择·····	(374)
五、火灾危险环境电器设备的选择·····	(384)
第十一章 电线、电缆选择·····	(386)
第一节 电线、电缆类型的选择·····	(386)
一、导体材料选择·····	(386)
二、电缆芯数选择·····	(387)
三、电力电缆绝缘水平选择·····	(387)
四、绝缘材料及护套选择·····	(388)
五、铠装及外护层选择·····	(395)
六、爆炸危险场所电线、电缆的选择·····	(396)

七、分支电缆选择	(396)
八、母线的选择	(397)
第二节 电线、电缆导体截面选择	(399)
一、电线、电缆导体截面选择的条件	(399)
二、按温升选择截面	(400)
三、按经济条件(电流)选择截面	(400)
四、按电压损失校验截面	(401)
五、按机械强度校验截面	(401)
六、按短路热稳定校验	(402)
七、中性线(N)、保护接地线(PE)、保护接地中性线(PEN)的截面选择	(402)
八、爆炸及火灾危险环境导线截面选择	(403)
第三节 电线、电缆载流量	(403)
一、载流量的说明	(403)
二、塑料绝缘电线的载流量	(413)
三、交联聚乙烯绝缘电力电缆的载流量	(421)
四、聚氯乙烯绝缘电力电缆的载流量	(425)
五、橡皮绝缘电力电缆的载流量	(428)
六、矿物绝缘电缆的载流量	(428)
七、涂漆矩形母线的载流量	(431)
第四节 按经济电流选择电缆截面	(433)
一、“电力电缆截面的经济最佳化”原理和方法	(433)
二、电缆的经济电流范围	(434)
三、经济电流密度曲线	(437)
四、按经济电流选择电缆截面的注意要点	(437)
第五节 电压损失计算	(441)
一、导线阻抗计算	(441)
二、线路电压损失计算	(444)
三、电缆线路的电压损失	(446)
四、室内线路的电压损失及直流线路电流矩	(451)
第六节 屋内、外布线	(455)
一、一般要求	(455)
二、穿管布线	(457)
三、线槽布线	(461)
四、母线槽布线	(461)
五、竖井布线	(461)
六、屋内电气线路和其他管道之间的最小净距	(462)
七、城市电网的架空线入地	(462)
第七节 电缆线路	(464)
一、电缆敷设的一般要求	(464)
二、电缆埋地敷设	(466)
三、电缆在沟内敷设	(467)
四、电缆在隧道内敷设	(467)