

电网建设与发展新技术丛书

刘福义 苑薇薇 黑晓红 主编

低压电网实用新技术



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



电网建设与发展新技术丛书

低压电网实用新技术

刘福义 苑薇薇 黑晓红 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据多年来对低压电网运行管理的实际经验,针对低压电力网络所涉及的有关技术和知识,重点围绕各种低压电力线路、配电装置和动力设备、低压用电计量和照明、电网降损节能、低压电网安全以及触电急救等内容进行了比较系统的介绍。考虑到我国农村电力面广的特点,书中专门就广大农电工所需要的专业知识进行了必要的介绍。

本书可供低压电网运行管理人员阅读,也可供工矿企业的电气工人和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

低压电网实用新技术 / 刘福义, 苑薇薇, 黑晓红主
编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012. 1
(电网建设与发展新技术丛书)
ISBN 978-7-5084-9218-6

I. ①低… II. ①刘… ②苑… ③黑… III. ①低压电
网—基本知识 IV. ①TM727

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第253255号

书 名	电网建设与发展新技术丛书 低压电网实用新技术
作 者	刘福义 苑薇薇 黑晓红 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 35.75印张 848千字
版 次	2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	78.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《低压电网实用新技术》

编 委 会

主 任 杨洪义

副 主 任 原固钧 王榆青

委 员 牛治文 丁惠诚 贾志杰 浮建勇 孙成宝
金 哲 邹建忠 萧树阳 王溪土 李珍文

主 编 刘福义 苑薇薇 黑晓红

副 主 编 张莲瑛 袁建普 杨建忠 郭艳娟 钱晓云

主 审 郭喜庆 牛治文

编写人员 孙成宝 刘福义 苑薇薇 黑晓红 李凤霞
郭艳娟 刘尚东 李 欣 薛万娟 周大鸣
于红梅 覃辉民 王 勇 李世森 刘卫光
孙金根 杨 青 野莹莹

序

在国民经济持续、快速、健康发展的今天，电力工业作为经济发展的基础产业，其基础地位越来越重要，任务也显得更为艰巨。

在整个电力系统中，低压电力网络是其中的一个重要组成部分，它也是电力生产、输送直至分配的最终环节。低压电网建设的好坏、运行管理水平的高低，将直接影响到电力供应是否安全、经济、可靠，关系到电力能否最终得到合理的使用。

我国有着庞大的低压电力网络，尤其是在县及县以下区域，已经形成了世界上规模最大的农村电力网。近些年，随着电力部门提出的农村电气化县建设和电力扶贫共富等工程的实施，农村电力建设进入了新的发展时期，农村电力网覆盖着90%的国土，担负着为农村经济发展、为农业生产和占全国人口80%的农村人口的生活用电服务的任务。

随着用电水平的不断提高，用户对电力供应可靠性的要求也越来越高，而在目前的低压电力网络建设方面还存在着一些问题，如：网络规划设计不正规，存在着线路损耗大、迂回供电现象；低压配电设备选择不尽科学合理，不能很好地起到保护、控制作用；接户线、进户线随意布置，给用电带来安全隐患，也加大了电能损失；低压电网的运行管理比较粗糙，职工队伍的素质亟待提高，等等。因此，在电力事业快速发展时期，不断提高低压电力网络的技术水平、提高广大电力职工和农村电工的技术水平和管理能力，以保证电网安全运行和可靠供电，是摆在我们电力工作者面前的一个重要任务。

《低压电网实用新技术》的出版，为低压电力技术方面提供了一本翔实的学习资料。这是一本比较全面、系统地介绍有关低压电力常用技术的参考书，该书的主要特点是内容具体、实用，通俗易懂，重点面向电力最基层的广大职工和农村电工。该书作者在多年实际工作经验的基础上，收集和借鉴了大量相关资料，以电力技术的规程、规范为依据，力图使本书能成为广大电力职工和农村电工工作、学习的参考工具。我相信，本书的出版必将受到广大电力职工和农村电工以及厂矿电工的欢迎，并将对我国的低压电力技术水平的提高起到一定的作用。

杨洪义

前 言

为了帮助广大电力职工更好地了解和掌握低压配电网络和用电设备的基本理论、运行和日常维护等方面的知识，我们在广泛收集国内外有关资料和信息的基础上，并结合多年的工作实践，编写了本书。

全书共分十七章，重点对低压电力网、低压网络短路电流计算、低压配电装置、低压架空线路、电缆线路、室内线路、接户进户和量电装置、配电变压器、电动机、照明装置、低压电网的无功补偿和线损计算、低压电网的漏电保护、接地以及触电紧急救护等方面的内容作了详细和系统的介绍。

在编写中，作者本着实用可读的思想，力求内容具体实际，既要使内容有较强的知识性、科学性和针对性，又要尽可能使其浅显易懂，便于广大职工和农村电工的理解和接受。

在本书的编写过程中，我们得到了国家电网公司和全国各有关部门的领导和电力专家的热情指导和大力支持。

我们要特别感谢原国家电力公司农村电气化发展局杨洪义局长对本书给予关心和支持，并特为本书作序。

我们还要感谢中国农业大学博士生导师郭喜庆教授和河北省电力局牛治文高级工程师对本书进行全面审阅。

提供资料并参加本书部分编写工作的还有：张强、张方、高水、石峰、王卫东、石威杰、贺和平、任旭印、潘利杰、程宾、张倩、张娜、李俊华、石宝香、成冲、张明星、郭荣立、王峰、李新歌、尹建华、苏跃华、刘海龙、李小方、李爱丽、胡兰、王志玲、李自雄、陈海龙、李亮、韩国民、刘力侨、任翠兰、张洋、吕洋、任华、李翱翔、孙雅欣、王岩、李景、赵振国、任芳、魏红、薛军、吴爽、李勇高、王慧、杜涛涛、李启明、郭会霞、霍胜木、邢烟、李青丽、谢成康、杨虎、马荣花、张贺丽、薛金梅、李荣芳、马良、孙洋洋、胡毫、余小冬、丁爱荣、王文举、冯娇、徐文华、陈东、毛玲、李键、孙运生、尚丽、王敏州、杨国伟、李红、刘红军、白春东、林博、魏健良、周凤春、黄杰、董小玫、郭贞、吕会勤、王爱枝、孙金力、孙建华、孙志红、孙东生、王彬、王惊、李丽丽、吴孟月、闫冬梅、孙金梅、张丹丹、李东利、王奎洵、吕万辉、王忠民、赵建周、刁发良、胡士锋、王桂荣、谢峰、秦喜

辰、张继涛、徐信阳、牛志刚、杨景艳、乔可辰、张志秋、史长行等。

编者的意愿是良好的，希望广大读者能够通过阅读此书，基本掌握低压电网和用电设备等方面的基本理论和运行维护知识，以便能较好地指导实际工作。但是限于作者水平和所从事工作的范围，书中难免会出现一些不恰当或不准确之处，敬请同行专家和广大读者批评指正，对此，我们表示衷心的感谢。

作 者

2012年1月

目 录

序

前言

第一章 低压电力网概述	1
第一节 低压架空配电网的接线	1
第二节 低压电缆配电网的接线	2
第三节 低压电网的供电制式	4
第四节 低压电网的经济供电半径	7
第五节 低压电网允许电压偏移计算	10
第二章 低压网络短路电流计算	14
第一节 低压网络电路元件阻抗的计算	14
第二节 低压网络短路电流计算	27
第三节 短路电流计算实例	32
第三章 低压配电装置	35
第一节 低压配电装置的组成	35
第二节 低压刀开关	36
第三节 熔断器	40
第四节 自动开关	44
第五节 照明、动力配电箱	57
第六节 低压配电屏	60
第四章 低压架空电力线路	89
第一节 低压线路的结构	89
第二节 低压架空线路的设计	96
第三节 低压架空线路的施工技术	101
第四节 低压架空线路的运行管理和检修	110
第五节 低压架空绝缘线路	112
第五章 低压电缆线路	118
第一节 电缆线路的特点及路径选择	118
第二节 电缆的结构及型号	118
第三节 电缆线路的敷设	120
第四节 低压电缆头的制作与安装	124
第五节 电缆线路运行维护时注意的几个方面	127

第六章 室内电力线路	129
第一节 室内线路的一般要求	129
第二节 配线方式与导线的选择	130
第三节 导线的连接方法与接头处理	137
第四节 室内配线的操作工艺	142
第五节 车间配电线路	154
第七章 接户进户和量电装置	162
第一节 接户线、套户线、进户线	162
第二节 进户点的选择和进户装置的安装施工技术	163
第三节 量电及配电装置的安装要求	165
第四节 量电及配电装置的施工技术	166
第八章 配电变压器	170
第一节 配电变压器的型号与技术参数	170
第二节 配电变压器的经济运行	174
第三节 配电变压器容量的选择	181
第四节 配电变压器的安装	187
第五节 配电变压器的保护	192
第六节 配电变压器的运行和故障分析	196
第七节 变电所(变压器)经济运行位置的确定	201
第八节 箱式变电站	208
第九章 电动机	214
第一节 异步电动机的主要技术参数及特性	214
第二节 电动机的选择	221
第三节 电动机的安装	225
第四节 电动机的起动	228
第五节 软起动器起动	236
第六节 电动机的保护	242
第七节 电动机的运行维护	247
第十章 照明装置	253
第一节 照明基础知识	253
第二节 照明灯具	254
第三节 照明灯具的安装	268
第四节 荧光灯的经济运行原理和方法	272
第十一章 低压电网的无功补偿	275
第一节 无功补偿原理及方法	275
第二节 低压电容器	276

第三节	低压电网无功补偿方式和补偿容量的确定	280
第四节	低压电容器组的接线与安装	285
第五节	低压电容器组的控制与保护	288
第六节	低压电容器组的成套装置	290
第七节	低压电容器组的运行管理	296
第十二章	低压电网的线损计算	298
第一节	低压配电网线损理论计算	298
第二节	负荷分布对低压网损的影响	302
第三节	负荷不对称对低压网损的影响	304
第四节	无功补偿对线损的影响分析	312
第五节	低压网损的估计	316
第十三章	低压电网的漏电保护	319
第一节	低压电网的漏电保护装置	319
第二节	剩余电流动作保护装置的分类及特性参数	322
第三节	剩余电流动作保护装置的保护方式	324
第四节	三相漏电保护器错误接线分析	328
第五节	电网不平衡阻抗对漏电保护器的危害与防护措施	331
第六节	漏电保护器的动作电流和动作时间的选择	333
第十四章	低压配电系统防电击措施	336
第一节	低压配电系统的接地制式	336
第二节	低压配电系统的人身安全保护措施	340
第三节	TN 系统防止间接电击的具体措施	346
第四节	TT 系统防止间接电击的具体措施	352
第五节	IT 系统防止间接电击的措施	357
第六节	等电位连接和电击安全参数的测量	363
第十五章	低压电网的过电压保护	370
第一节	低压设备过电压及防护措施	370
第二节	配电变压器的防雷保护措施	374
第三节	低压架空线路的防雷保护	377
第十六章	接地	379
第一节	接地的种类和要求	379
第二节	接地装置	381
第三节	接地电阻的计算	383
第四节	降低接地电阻的措施	391
第五节	接地电阻的测量	395

第十七章 触电紧急救护法..... 398

第一节 脱离电源 398

第二节 触电紧急救护的注意事项 399

第三节 人工呼吸法 400

第四节 胸外心脏按压法 403

第五节 一般外伤救护法 404

附录一 国家电网公司城市配电网技术导则（Q/GDW 370—2009） 407

附录二 中国南方电网城市配电网技术导则（Q/CSG 10012—2005） 426

附录三 城市中低压配电网改造技术导则（DL/T 599—2005） 465

附录四 配电变压器运行规程（DL/T 1102—2009） 470

附录五 10kV 及以下架空配电线路设计技术规程（DL/T 5220—2005）（摘要） 477

附录六 电气装置安装工程 35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范
（GB 50173—1992） 494

附录七 架空绝缘配电线路设计技术规程（DL/T 601—1996） 508

附录八 架空绝缘配电线路施工及验收规程（DL/T 602—1996） 524

附录九 架空配电线路及设备运行规程（试行）（SD 292—1988） 543

附录十 电力线路防护规程（水利电力部 [79] 水电规字第 6 号） 559

第一章 低压电力网概述

电力的高、低压是以其额定电压的大小来区分的，1kV 及以上电压等级为中压和高压，1kV 以下的电压等级为低压。通常我们所说的低压电力网是指自配电变压器低压侧或从直配发电机母线，经监测、控制、保护、计量等电器至各用户受电设备所组成的电力网络。它主要由配电线路、配电装置和用电设备组成。

由于低压电力网是电力输送、分配的最终端环节，所以它具有分布面广泛、在整个电力系统中所占比例大等特点，也是供电企业生产、经营、维护管理的工作重点之一。

第一节 低压架空配电网的接线

一、接线方式

一般低压架空配电网有放射式和并联配电变压器组式两种接线方式。

(一) 放射式

放射式可分为一台配电变压器一组低压熔断器和多组低压熔断器两种。

1. 一组低压熔断器

采用这种接线方式时，所有的低压配电线路都由一组低压熔断器控制，如图 1-1 所示。

这种方式的主要特点是接线简单，造价较低。其不足之处在于供电可靠性差，安全性差。如果低压配电线路上任何一点发生故障，低压熔断器熔断后，全部低压配电网停电，停电面积较大。另外如果故障发生在离配电变压器稍远一点的地方，由于低压熔丝的容量是按配电变压器容量选定的，就有可能不熔断。例如 315kVA 容量的配电变压器，低压熔丝容量应选用 500A，短路电流小于 650A 时，熔丝不熔断，短路电流 1000A 时，熔丝需要 1min 左右才熔断。如果短路地点距配变较远，短路电流在 1000A 以下，就有可能将导线烧断，落地后易造成行人触电死亡；也有可能引起零线上电位偏移，烧坏用电设备及烧坏配电变压器等。因此，只有负荷密度较小、供电范围也较小的地区，且配电变压器容量不超过 50kVA 或 100kVA 时，采用这种接线方式才比较经济合适。

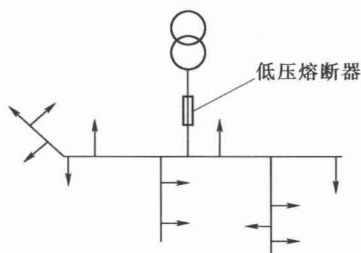


图 1-1 一台变压器一组低压熔断器放射式接线方式图

2. 多组低压熔断器

这种接线方式是一路低压配电线路采用一组低压熔断器，如图 1-2 所示。

这样有两个好处：一是当一路低压配电线路短路，只有这路低压配电线路的低压熔断

器熔断，停掉一条回路，不影响其他线路供电，因此停电面积较小，影响用户较少，从而提高了供电可靠性；二是分成几个回路供电，每个回路的额定电流相对减少，低压熔断器的熔丝容量也相应减小，短路电流超过熔丝额定电流的倍数相对增加，从而提高了保护的灵敏度，保护范围可以覆盖到全网，断线和烧坏用户设备的机会也自然减少了。

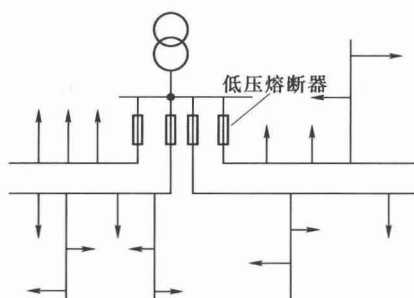


图 1-2 一台变压器多组低压熔断器放射式接线方式图

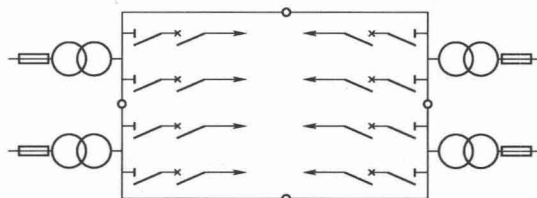


图 1-3 并联变压器供电接线方式

（二）并联配电变压器组式

在负荷密度较大，供电可靠性要求高，比较重要的城市中心区，可以采用并联配电变压器组式，如图 1-3 所示。其一次采用开式，二次采用闭式或开式运行。如果架空低压配电线路由裸线改为交联聚乙烯或聚氯乙烯塑料电缆（前者耐寒、耐热性能较好，寿命较长，但价格较贵），从架空裸线的 T 接改为架空电缆线路的 II 接，不仅可以节约线路走廊，而且可以增强防止外力破坏的能力，提高供电可靠性。这种接线的配电变压器，一次侧来自不同的中压配电线路，二次侧的低压配电线路可以互相连通，任何一台配电变压器停电时，低压配电网均可不受影响，继续供电。

二、保护设备

在以上各种接线方式中，低压配电线路的保护设备可以采用低压熔断器或自动空气开关。低压熔断器价格低廉，维护简单，但可靠性较差，往往因接触不良发生熔断，特别是容量大的低压熔断器。所以，300A 以上很少采用低压熔断器。自动空气开关价格比较昂贵，维护也较复杂，但跳闸灵敏度较高。上述两种保护设备处于并存状态。

第二节 低压电缆配电网的接线

在新建的住宅区和城市的中心地区，负荷密度较大，供电可靠性要求更高，环境美化要求也更讲究，在这样的地区就需要采用地下电缆线路。另外，农村为了节约电杆和投资，也有采用绝缘地理线路的。低压地下电缆目前均采用聚氯乙烯绝缘、聚氯乙烯护套的铜芯 VV 型或铝芯 VLV 型单芯或四芯塑料电缆，油浸纸绝缘电缆在低压网中已被淘汰。

低压电缆配电网的接线方式分为放射式、普通环式、拉手环式等几种，另外还有格式。

一、放射式

1. 单回路放射式

单回路放射式一般多用于农村，采用在冻土层下直埋形式。图 1-4 是它的示意图，小方块代表接线箱或房屋，每一分支的第一户内装有分路胶盖安全开关，每户都装有低压熔断器或安全开关。为了节约低压电缆，目前城镇中的新建住宅楼群区也偶有使用。

2. 双回路放射式

在供电可靠性要求较高的地区使用，结构可参看图 1-5。

3. 带低压开闭所的放射式

结构见图 1-6。从低压变电站到低压开闭所的电缆可以两回线或三回线并联，从低压开闭所出来的电缆一般是放射式，也可以是双线放射式，常用于新建住宅楼群区。

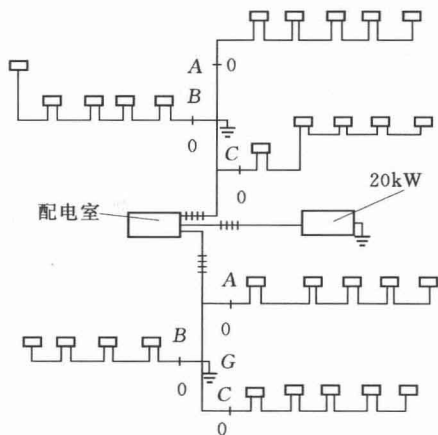


图 1-4 单回路放射式电缆供电方式示意图

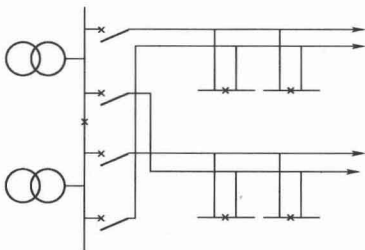


图 1-5 双回路放射供电接线原理图

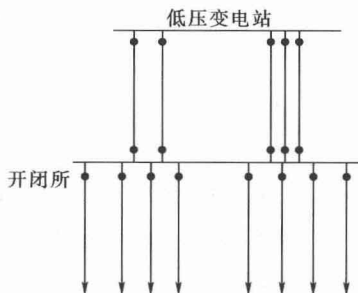


图 1-6 有低压开闭所的低压供电示意图

二、普通环式

只有一台配电变压器或几台属于同一中压电源的配电变压器供电的低压配电网，自己构成环式。这种接线，在低压配电网某一点故障时可以不致造成用户长时间停电。一般用于住宅楼群区，敷设在 0.5m 深处的水泥槽内。用户入口处可安装开关或电缆插头，电缆插头的外形如图 1-7 所示。

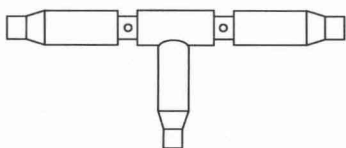


图 1-7 电缆插头图

三、拉手环式

这种接线方式的低压配电网，由两个以上来自不同电源（不同变电站或同一变电站的不同母线段）的中压配电线路供电的多台配电变压器作为电源。这种接线可以保证低压配电网某段故障或检修时用户不停电，也可以保证低压变电站一侧全停、中压配电线路一回全停或中压变电站一侧母线全停时用户不停电，因此供电可靠性大大高于单电源的普通环式。但在事故情况下，还要短时间对用户停电。

四、格式

图 1-8 是它的接线原理图，分低压格网、低压变电站群、中压配电线路三个部分。格式低压网的特点是结构灵活，供电可靠性高，能随时随地立即接电，满足低压用户的负荷需要。

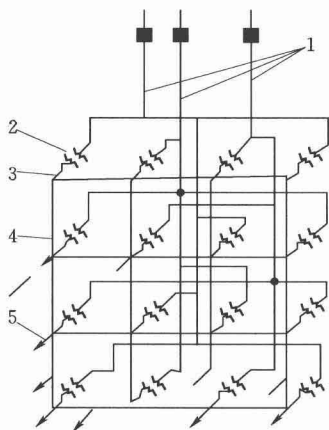


图 1-8 格式低压网接线原理图

1—中压配电线路；2—配电变压器；3—低压熔断器；
4—低压格网；5—负荷

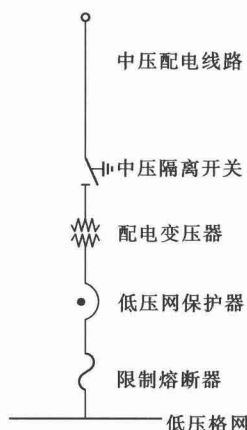


图 1-9 低压格网保护装置
接线原理图

配电变压器一般都是同一容量。每个配电变压器周围的其他配电变压器的电源应来自不同中压变电站不同母线段的中压配电线路。

低压格网一般采用相线和中线都是同一截面的单芯塑料电缆，在负荷密度较大地段，则每相并联两根甚至三根同一截面的电缆。这样，既便于交叉点（工井中）的施工，备品备件的简化，又能满足烧清故障的需要。所谓烧清故障，即故障电流足以使电缆在故障两侧熔化，脱离故障点。一般说来，208/120V 的格网由于低压电弧不会持续不灭，这种办法十分见效，380/220V 的格网就不一定十分可靠，需增加安秒特性与电缆绝缘损坏特性相匹配的“限制熔断器”，限制故障电流对电缆的破坏作用。

低压格网保护装置的接线如图 1-9 所示。低压网保护器包括一台低压空气开关和控制其动作的继电器。它的主要功能是自动配合上一级变电站的中压配电线路出口断路器，来隔离中压配电线路或配电变压器发生的故障。这时由低压格网反馈流向配电变压器或中压配电线路故障点的电流将驱动低压网保护器的主继电器动作，使低压空气开关跳闸。另外还能自动断开例如配电变压器的励磁电流等较小的反向电流，以及当中压配电线路与配电变压器恢复供电后有条件地自动合上低压空气开关，使配电变压器与低压格网接通。

第三节 低压电网的供电制式

低压电网的供电制式有两大类别，一种是欧、亚大多数国家采用三相四线（Y）制；另一种是美、日和美洲大多数国家采用三相四线（ Δ ）制。后者只有少数国家（不完全统

计有十几个国家，但其用电量占世界用电量的 34%) 采用。两大类的发展有地域技术进步的历史原因，也有贸易保护政策因素。不过，从节能和经济观点出发，三相四线(△)制更具有显著的节能和经济效益。

一、单相负荷供电制式

居民用电大都是单相负荷，而向单相负荷供电有四种供电制式：单相二线、单相三线、三相三线和三相四线(Y₀/△₀)。在我国长期以来一直采用单相二线(负荷线)和三相四线(低压干线)向居民供电。这种供电方式不如美、日和美洲一些国家采用的单相三线制合理。

单相三线制是以单相变压器作电源的。单相变压器的二次绕组端电压是单相低压电器设备电压的 2 倍，在其绕组中间引出一条中(零、地)线，该中线与两端线之一向单相低压设备供电。在负荷线路电流密度均相同，单相二线制的导线截面为 1，单相三线和三相四线的导线截面分别是 1/3 和 1/2 情况下进行技术经济比较，其结果见表 1-1 和表 1-2。表中三相三线制的线电压等于单相线路的相电压。

表 1-1 为单相负荷供电时，几种制式导线重量比较表

供电制式	单相二线	单相三线	三相三线	三相四线(Y)
相线数×截面	2×1	$2\times\frac{1}{2}$	$3\times\frac{1}{\sqrt{3}}$	$3\times\frac{1}{3}$
中线数×截面	—	$1\times\frac{1}{6}$	—	$1\times\frac{1}{6}$
截面合计	2	$1\frac{1}{6}$	$\sqrt{3}$	$1\frac{1}{6}$
重量比较(%)	100	58.3	86.6	58.3
节约率(%)	—	41.7	13.4	41.7

表 1-2 电能损耗比较表(基准值=I_p²R₀)

供电制式		单相二线		单相三线		三相三线		三相四线(Y)	
负荷点数		实值	%	实值	%	实值	%	实值	%
4		60	100	44	73.0	57	95.0	54	90.0
5		110	100	76	69.1	102	92.7	87	79.1
6		182	100	112	61.5	165	90.7	123	67.6
7		280	100	168	60.0	251	89.6	180	64.3
8		408	100	232	56.9	364	89.2	261	64.0
9		570	100	320	56.1	504	88.4	333	58.4
10		770	100	420	54.5	679	88.2	441	57.3
11		1012	100	548	54.2	890	87.9	570	56.3
12		1300	100	692	53.2	1140	87.7	714	54.9
平均值	4~12	—	100	—	59.9	—	89.9	—	66.0
	4~9	—	100	—	62.8	—	90.9	—	70.6
	4~6	—	100	—	68.0	—	92.8	—	78.9

单相二线和单相三线制的电源变压器是单相变压器；而三相三线和三相四线(Y)制，向单相负荷供电使用的是三相变压器。同容量三相变压器的用料和电能损耗均高于单相变压器 10.7%~14.5%，其比较如表 1-3 所示，综合比较如表 1-4 所示。比较结果，

单相三线制优于其他制式。

表 1-3 配电变压器用料和电能损耗比较表

供电方式	单相二线	单相三线	三相三线	三相四线 (Y)
铁芯柱数 N	2	2	3	3
铁芯容量	1/2	1/2	1/3	1/3
材料用量 G	100	100	110.7~114.5	110.7~114.5
电能损耗 A	100	100	110.7~114.5	110.7~114.5

注 $G=K_G \cdot N \cdot S^a$; $A=K_A \cdot N \cdot S^a$, $a=\frac{2}{3} \sim \frac{3}{4}$ 。

表 1-4 配电变压器用料和电能损耗综合比较表

供电方式		单相二线	单相三线	三相三线	三相四线 (Y)
材料消耗	线路	100	58.3	86.6	58.3
	变压器	100	100	110.7~114.5	110.7~114.5
	比较	多	少	较多	较少
电能损耗	线路	100	59.9~68.0	89.9~92.8	66.0~78.9
	变压器	100	100	110.7~114.5	110.7~114.5
	比较	多	少	较多	较少
综合比较		差	优	较差	中

二、三相负荷供电制式

向三相负荷供电只需三相三线制。向小容量三相电气设备的供电电压受到与单相电气设备共用变压器的影响,三相制的线电压是单相电气设备相电压的 $1/\sqrt{3}$ 或 2 倍;向大中等容量三相电气设备供电的电压虽然与单相设备电压无直接关系,但是受到技术发展和历史形成原因的影响,为单相设备电压的 $3/2\sqrt{3}$ 和 $3\sqrt{3}$ 倍,或者另成系列。

三相负荷的供电制式与其电压有内在联系,其线路导线重量、电能损耗关系见表 1-5。

表 1-5 三相负荷线路的导线重量和电能损耗比较表

供电方式	三相三线 (Δ)	三相四线 (Y)	三相四线 (Δ)	三相三线 (Y, Δ)		
电压倍数	1	$\sqrt{3}$	2	3	$2\sqrt{3}$	$3\sqrt{3}$
电能损耗 (%)	300	100	75	33.3	25	11.1
导线重量 (%)	173.2	100	86.6	57.7	50.0	33.3
电能损耗 (%)	173.2	100	86.6	57.7	50.0	33.3

注 1. 电压倍数是三相线电压与单相设备电压比值。

2. 导线截面相同时的电能损耗为表中小值。

3. 导线电流密度相同时间比较其导线重量,相应的电能损耗为表中大值。

三相三线供电制式的变压器接线,可以是 Y 或 Δ 结构。在三相负荷与单相负荷共用一台变压器时,由于单相供电制式相同,其三相四线制的变压器接线,存在 Y₀ 和 Δ_0 的区分。向单相负荷供电的零(地)线,前者是由 Y 结构的中性点引出,该变压器容量是三相容量和单相容量的总和,运行中二者可以相互调剂;后者是由 Δ 接线中的一相绕组中点引出,只有该相绕组可以向单相负荷供电,该相设计容量是单相容量与 $1/3$ 三相容量之