

电 工

唐仲明 张建新 郑 军

刘 霞 陈庆华 郑爱红 编著

于 淼 田 磊

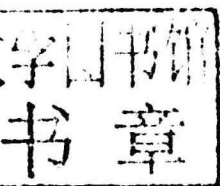


山东科学技术出版社

新型职业农民技能培训丛书

电 工

唐仲明 张建新 郑 军
刘 霞 陈庆华 郑爱红 编著
于 淼 田 磊



山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工/唐仲明等编著. —济南:山东科学技术出版社,2015

(新型职业农民技能培训丛书)

ISBN 978 - 7 - 5331 - 7290 - 9

I. ①电… II. ①唐… III. ①电工—技术培训—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 042798 号

新型职业农民技能培训丛书

电 工

唐仲明 等编著

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098071

印刷者: 山东人民印刷厂

地址: 莱芜市嬴牟西大街 28 号

邮编: 271100 电话: (0634) 6276022

开本: 720mm × 1020mm 1/16

印张: 12.25

版次: 2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5331 - 7290 - 9

定价: 25.00 元

前言

要实现农村社会和谐稳定发展,重点在农业,难点在农民。促进农业发展,加快农民奔小康的步伐,关键在于提高农民素质。促进农民工素质提高,造就新型农民,对建设新农村意义重大。

随着城乡一体化建设的逐步推进和农业产业化快速发展,农村技能培训已成为农民就业致富的一条重要渠道,要不断提高农民自我发展能力,培养有文化、懂技术、会经营的新型农民。新型农民培训应该向3个方面发展:第一,促进农业科技化,关键在于加快农业科技创新,加快农业科技成果的转化应用,使新型农民用先进的技术和装备推进农业现代化。第二,带动农业产业化,农业是一个系统工程,产前、产中、产后是一个整体链,需要以市场为导向,以经济效益为中心,形成具有区域性特色的农产品专业化生产。农民职业培训和教育通过对返乡农民工的培养,发现和培养农业产业化经营的应用型人才,从而全面提高农业产业化水平。第三,推进农业现代化,表现为新型农民对土地耕作、蔬菜栽培、果树种植、畜禽养殖新设备和新技术的应用。

本丛书选取了18种关注点高、成熟度大、能切实给农民朋友带来效益的职业和技能,包括农业新型职业,如农产品质量监督员、农村信息员、农村经纪人、经济合作社管理、休闲农业经营等都是“三农”发展新趋势的产物,贯穿于“三农”的各个生产环节,发挥着日趋重要的作用,也赋予了“三农”新的动力和活力;农业产业创新发展需要的职业及技术,如乡村兽医、畜禽养殖新技术、果树修剪与管理、蔬菜栽培新技术等;农村乡镇企业、农民进城务工需要的技能和职业,如电工、钳工、农机修理员、电

子装配工、砌筑工、月嫂等。以上这些新技能和新职业涉及“三农”的方方面面,也有城乡结合、过渡的含义。新型农民只有掌握了新的职业技能,才能适应新的农业生产发展形势的需要,才能成为城乡一体化发展的新的生力军。

本丛书强调以人为本的理念,遵循以灵活多变的培训形式取代规范理论教学模式的原则,具有理论与实践相结合的特点;内容涉及范围极可能广,让农民在有限的精力和时间内掌握尽可能多的有益信息;既立足于现在,又着眼于未来;考虑到农民的文化素质,本丛书力求通俗易懂。真心希望本丛书能够成为农民谋求一技之长,提高技能水平,了解农业产业发展形势,进而发家致富的良师益友。

本丛书可作为新型职业农民中等职业教育教材使用,旨在培养适应现代化发展和新农村建设要求的新型职业农民。

由于我们水平有限,加之农业技术和水平发展迅速,书中难免存在错误和欠妥之处,恳请广大农民朋友们提出宝贵意见,以便改正和更新。

编者

目 录

第一章 农村电网和配电设施	1
第一节 农村电网	1
第二节 农村配电设施	7
第三节 农村电网的特殊性	13
第二章 电路常用名词	15
第三章 常用电工工具和仪表及基本操作技能	20
第一节 常用电工工具和仪表	20
第二节 电工基本操作技能	33
第四章 电力变压器与输配电	47
第一节 电力变压器	47
第二节 电力系统	56
第三节 常用高压电器	61
第五章 低压供电配电线路	66
第一节 低压架空线路	66
第二节 接户线	86
第三节 进户线	90
第四节 室内塑料护套线配线	92
第六章 农村电气照明	97
第一节 照明开关、插座的安装	97
第二节 白炽灯的安装与检修	102
第三节 日光灯的安装与检修	112
第四节 碘钨灯的安装与检修	119
第五节 农村临时照明	121

第七章 低压电器的使用与检修	123
第一节 各种开关的使用与检修	123
第二节 低压熔断器.....	133
第三节 低压断路器.....	138
第四节 交流接触器.....	143
第五节 热继电器.....	148
第八章 电动机的应用	153
第一节 三相异步电动机的结构和工作原理.....	153
第二节 电动机的选择.....	156
第三节 电动机的安装.....	158
第四节 电动机的使用.....	164
第九章 农村用电安全	170
第一节 农村生产用电安全.....	170
第二节 农村家庭用电安全.....	180

第一章 农村电网和配电设施

第一节 农村电网

电网包括发电厂升压变电所之后到客户的下户线之前的线路与变电所,以及监控、保护等自动装置。根据电压等级和承担的输送、分配电能的区别,电网可划分为输电网和配电网。

一、输电网

用来远距离输送电能的高压和超高压的电网称为输电网,主体结构由输电线路和变电所组成。

输电线路的电压等级分为高压(35 kV、110 kV、220 kV)、超高压(330 kV、500 kV、765 kV)、特超高压(1 000 kV 以上)。各个电压等级的输电线路输送的电能与输送距离,如表 1 所示。

表 1 架空线路的电压、容量和输送距离

输电电压(kV)	输送容量(MW)	输送距离(km)
110	10 ~ 50	50 ~ 150
220	100 ~ 500	100 ~ 300
330	200 ~ 800	200 ~ 600
500	1 000 ~ 1 500	150 ~ 850
765	2 000 ~ 2 500	500 以上

输电线路按架设方式可分为架空线路与电缆线路。架空线路因其造

价低和易于维护而应用较广,只有在特殊情况下才使用电缆线路。输电线路按工作方式分为交流输电和直流输电。

输电网可以提高电网的安全性。一个大型输电网上连接着很多电厂和广大区域内的客户,即使一个电厂发生事故,其他电厂也可以迅速调节、补充,客户电力基本不受影响。

输电网是资源调配的有力渠道。由于自然资源分布不均衡和经济发展不平衡,能源中心与负荷中心往往相距较远。中国西部地区多煤,兼有丰富的水力发电资源,是建设电力基地的好地方。东部地区人口稠密、工商业发达,是电能的负荷中心。只有利用输电网把能源中心与负荷中心紧密地连接起来,充分发挥区域经济优势,才能产生更高的经济效益。

二、配电网

接续输电网输送到负荷中心的电能,并向客户分配电能,电压等级较低的电网,叫做配电网。它是电力系统中直接与客户相连,与客户最近的环节。

我国的配电网主要包括 10 kV 和 0.4/0.22 kV 两个电压等级。配电网占用投资比例大,据统计,电网总投资的 40% 用于配电网。配电网与客户的供电可靠性、供电质量以及用电安全关系密切。据统计,引起客户供电中断的原因中,60% 是配电网故障引起的;触电伤亡事故中,绝大多数也是发生在低压配电网中,所以要重视配电网的运行和管理。

配电网分为一次配电网和二次配电网。一次配电网是指从变电所引出 10 kV 线路,到客户所在地的配电变压器的高压部分,习惯上称为高压配电网。一次配电网采用放射式和环网式两种接线方式。一般县城采用环形接线,以提高供电可靠性,其他农村区域是放射式线路。

变电所引出的主要线路称为干线,从干线分出的线路称为支线。

二次配电网,也称低压电网,包括从配电变压器低压侧出来的 0.4/0.22 kV 线路、低压配电装置、下户线和计量箱。

三、农村配电网

农村用电具有客户分散、负荷密度小、小型用电设备多、自然功率因数低、用电季节性强、设备利用小时数低、供电成本高等特点。在“两改一同价”以前,农村配电网建设资金渠道不顺,低压电网基本上由农民集资建设,所以,农村配网供电线路长、导线细、配电变压器容量小、自动化程度低、线路运行“健康”水平低。自“两改一同价”工作开展以来,这种状况有了较大改变。建设与改造后的农村电网,具有一大批自动化程度高的变电所,实现了无人值班。高压配电线路经过改造,调整了路径,更换了电杆,加粗了导线;70%以上的低压线路改造后提高了“健康”水平,供电半径控制在500 m以内。

四、农村配电线路

农村配电线路大多数是架空线路,也有少量的电缆线路和埋地线路。

1. 架空线路

架空线路的优点是建设速度快,变动迁移较容易;缺点是受自然环境、气候条件、人为因素影响较大,影响村庄的美化和绿化,同时维护工作量大,管理线损高。架空电力线路通常由电杆(或塔)、导线(电缆)、线路金具、线路绝缘子等组成。

架空线路在地面上通过的地带称为线路路径。具体选线时,注意起止点之间的路径要最短,转角与跨越次数要最少,转角的角度要最小;尽量少占农田,避开交通困难的泥沼和山地,应与城乡规划相结合,避开另有用途的区域和易燃易爆以及污秽地区,避开跨越较大的河流及林区;必须通过山区的线路,应尽量避免出现特殊杆塔、过小档距、孤立档及吊档(上拔)现象,线路的转角点不应选在高山顶、河岸边及斜度较大的陡坡等处;选线与定位应尽量避免拆迁、砍伐,减少土石方工程,考虑到施工运输、事故抢修的通道;出线与进线的走廊,应根据电力部门的总体布置,统一规划确定;考虑对邻近设施如电台、机场、落地线路等的相互影响。

2. 埋地线路

埋地线路,是指直接埋入地下的埋地线缆建成的线路。近年来,随着

地理线缆生产技术和密封工艺的成熟,地理线路得到了明显发展。

地理线路具有许多架空线路所不具备的优点。

(1) 造价低:每千米造价比裸铝线架空线路低 10% ~ 20%。

(2) 防盗能力强:地理线路深埋地下,盗贼很难找着位置。地理线路可有效防止挂钩窃电和私拉乱接。

(3) 损耗小:据调查,采用地理线路的乡村低压线损率可降到 6% 左右,甚至 3%。

(4) 寿命长:由于地理线路不受阳光的辐射,地温比较稳定,绝缘不易老化。据调查,20 世纪 70 年代埋设的地理线路仍然正常运行,对地绝缘值仍然很高。

(5) 输送距离长:由于地理线路相间距离小,阻抗较小,输送距离可以增加 1 倍,规程允许的地理线路合理半径是 1 km,比架空线路的长出 1 倍。

(6) 安全可靠:地理线路抗御自然灾害能力强,可以有效避免倒杆断线故障和触电伤害。据某省调查,数千千米地理线路运行 3 年来,仅有一次属于设备质量问题的线路故障,其余运行正常。

(7) 维护工作量小:地理线路施工后,主要是巡视线路,防止挖掘。如果没有导线质量故障,基本上不发生其他障碍。

(8) 不占用空间:有利于农村文明村建设。

因为以上地理线路的优点与农民切身利益相关,特别用于防盗要求强的村外机井线路受到农民的欢迎,在农村得到广泛应用。

地理线路缺点主要是架线不灵活,一旦埋入地下很难迁移。对地理线缆的质量要求较高,铺设线路的技术要求严格,所以有的地方只在机井线路上推广地理线。村庄的地理线路采取一次规划、分次实施、线路固定、电源调整的原则,地理线路的缺点可以得到克服,也可以广泛推广。

3. 集束线路

在架空线路中,近年来在推广集束线路,具有投资省、损耗低、占用空间少的优点,安全性能和技术性能比普通架空线路优越。

五、变电所

在输电网与配电网中都有变电所,以便把电压等级不同的电网连接在一起。

变电所内起变换电压作用的设备是变压器,用以向客户输送电能的变压器称为主变压器。人们一般用主变压器的高压侧电压来表示变电所的电压等级,用主变压器的容量来表示这座变电所的容量。例如,一座变电所内安装2台3180 kV·A的主变压器,它的高压侧电压是35 kV,低压侧电压是10 kV。人们就称这座变电所为35 kV变电所,容量为 $2 \times 3180 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。

完全用于输电的变电所,如电压220 kV以上的变电所一般不带地方负荷,所以没有10 kV等级的电压;110 kV、35 kV电压等级的变电所一般需要为地方负荷供电,所以都设有10 kV等级的电压。目前农村电网中35 kV电压等级的变电所占有较大比例,随着农村电力负荷密度增加,这种现象可能改变。

35 kV变电所,一般配备两台主变压器,相应的自用变压器、隔离开关、直流电源和自动保护、通信装置,以及值班人员的生活设施。这些设备、设施都设置在一个由围墙保护的院里。随着用电负荷的增长,变电所的大量增加,这种变电所占地面积大的缺点越来越明显。新建35 kV变电所已经做了很大的改进,一般要求建成无人值班的小型化变电所,可节约土地资源和人力资源。更小型的35 kV箱式变电所也越来越多。

变电所内的各类电气设备必须由专业技术工作人员操作,非专业人员不得随便出入变电所,更不能进入高压危险区。在变电所附近,不得设置危及安全的各类障碍,如违章建筑、栽植树木、随意取土等,要确保变电所成为一块安全的“净土”。变电所的安全与供电范围内客户的用电安全密切相连。

农村配电网的变电所也可称为10 kV变电所,因为大多架在电杆上或是小平台上,俗称配电台区。它的主要作用是把10 kV电压变成0.4/0.22 kV的低压,送至低压客户使用,因此,配电台区应该设置在负荷的中心或村庄的中心地带。但是,由于高压线路进村不方便,配电台区大

多安装在村庄边。通过近年来的改造,基本保证每村一台配电变压器,电能负荷重的村庄安装多台配电变压器。

六、农村低压电网的接线方式

低压电网有多种接线方式,应用比较普遍的有 TT、TN - C、IT 3 种接线方式。DL/T499 - 2001《农村低压电力技术规程》推荐农村公用低压电网采用 TT 接线方式。

1. TT 接线方式

配电变压器低压侧直接引出 A、B、C 3 根相线,变压器的中性点接地,同时引出一根零线(又称为中性线或地线)。中性点的接地电阻不得大于 $4\ \Omega$ 。这 4 根导线要求有相同的绝缘水平,不能认为零线在变压器处接地就降低送出线的绝缘水平,也不可认为零线中电流小就随便减小零线的截面积或是用铁丝代替。在相线截面为 $16\ \text{mm}^2$ 时,零线与相线相同;相线截面在 $16 \sim 35\ \text{mm}^2$ 时,零线不应该小于 $16\ \text{mm}^2$;当相线截面大于 $35\ \text{mm}^2$ 时,零线不小于相线截面的一半。变压器低压侧的中性点在变压器旁直接接地,除此以外,不得在任何地点进行重复接地;网内所有的用电设备金属外壳就地接地,接地线不得与零线相接。在 TT 接线方式下,单相、二相和三相短路可以得到比较灵敏的保护,但是单相接地(即单相接地短路)不能依靠过流或是速断的保护,而是要依靠漏电保护装置的保护,因此,要求变压器的漏电保护装置(又称总保护)应该能保护全部电网。

2. TN - C 接线方式

一般用在城市或工厂,接线方式与 TT 接线方式相似,但是它要求重复接地,用电设备的金属外壳同时接地并接零(与零线相接)。

3. IT 接线方式

一般用在安全要求比较严格的纯三相用电设备系统中。这种接线方式仅从配电变压器低压侧接出 3 根相线,零线不接地或是通过大电阻接地。一般用在水泵房等工作场所。

第二节 农村配电设施

农村配电设施从高压到低压种类较多,这里介绍的是用户经常接触到的配电台区的主要设施。

一、配电变压器

配电变压器是农村低压配电网中的主要设备,也是关键设备。用电设备通过它才能获得电能。配电变压器由铁芯、绕组、外壳、高低压套管、电压分接开关等部件组成。

1. 绕组

配电变压器的绕组分为高压(10 kV)线圈和低压绕组(0.4/0.22 kV),每相高低压绕组都绕在同一个圆筒上。高压绕组绕的匝数多,低压绕组绕的匝数少,绕组的匝数比就是高电压与低电压之比。

2. 分接开关

每相高压绕组的底部有3个抽头,接在分接开关的3个固定触点位置上。分接开关的绝缘操作杆引至外壳的顶部,转动操作杆,可以调节分接开关活动接头的位置。中接头对应的是高压的额定电压位置,+5%对应于高压线路电压高于额定电压的位置,-5%对应于高压线路电压低于额定电压的位置。农村配电变压器的分接开关大多是无载调节开关,需要停电以后才能调节。对于重要客户,对电压变化比较敏感的客户,应配备带负荷调节电压的装置。随着高压线路电压的变化调节分接开关到对应位置,减少低压侧电压的波动。

大容量的配电变压器分接开关可以有5个接头,对应的电压分别为+5%、+2.5%、0、-2.5%、-5%。

3. 套管及引出线

变压器绕组的引出线接在套管铜棒上,铜棒从套管中间伸出外壳上方。高压有3只套管,低压有4只套管。高压套管和大容量变压器低压套管的外面为瓷裙,具有提高套管的外绝缘能力。但瓷裙不耐撞击,要保

护好。变压器的接线端子因为连接不好或者受侧向力太大,都容易造成引出线头处过热,严重的烧坏接头,甚至套管的防油垫子损坏。

4. 铁芯

铁芯有三根柱与两条轭,从而形成三相磁路的闭合回路。铁芯用薄硅钢片叠制而成。也有用薄硅钢片绕制成铁芯的节能变压器,空载电流小,噪声很低。还有一种非晶体节能变压器,空载损耗可以减少 75%。

5. 变压器外壳

变压器外壳既是油箱,也是变压器的支架。作为油箱,它的外面装有一排排相通的散热管,小容量变压器外壳上装散热片。作为支架,它用来固定变压器铁芯、套管、油枕、底脚。

6. 变压器油和变压器的散热

农村使用的配电变压器大多是油浸自冷变压器。变压器油既是绕组的绝缘,也是变压器散热的介质。变压器工作时,绕组和铁芯都要发热,它周围油的温度高,热油轻,沿着绕组的外壁和绝缘筒的内壁上升;散热管里的冷油重,从下面流进来补充,上升至顶部的热油进入散热管,于是形成了循环。热油不停地流到外壳的散热管里进行冷却,把绕组和铁芯工作热量散发出去。农村用的是小型变压器,油的冷却依靠自然风冷。大型变压器在散热管旁安装了风扇,是强迫风冷油循环的冷却系统。

7. 油枕和其他附件

油箱外壳的项部安装有一个圆筒,叫油枕。油枕通过一根细管与油箱相通。筒上安装有的油位计、呼吸器等配件,容量超过 1 000 kV · A 的配电变压器必须安装瓦斯保护装置。油枕的作用一是减少变压器油与空气的接触面积,降低变压器的老化速度和防止受潮;二是储存变压器工作时因“热胀冷缩”而增大体积的油。

近年来生产的全封闭免维护变压器,油箱外壳是波纹形的,油箱可以通过波纹改变容积,取消了油枕,可以避免油与空气的接触,再加上其他可靠性措施,基本上可以实现免维修。

二、配电变压器的安装

1. 配电变压器安装形式及其特点

配电变压器安装主要有杆架式、台式和室内3种。安装形式的选择主要根据各地的气候、环境等自然、人文条件以及配电变压器容量和供电范围等诸多因素,一般各省电力公司对此都有明确的规定。

(1)杆架式配电台区:杆架式配电台区可分为单杆、双杆和三杆。 $50\text{ kV}\cdot\text{A}$ 及以下的配电变压器可以单杆布置; $50\text{ kV}\cdot\text{A}$ 以上的变压器应双杆布置;安装大容量配电变压器,而且高低压配电装置需要分开设置,可以使用三电杆方式。这种安装形式占地少、安全、费用低,使用比较普遍。

配电台架距离地面要大于 2.5 m 。大容量配电变压器安装位置较低,是为了保持变压器的稳定性。现在配电变压器检修的几率很小,高位安装并没有影响运行维护,所以小容量配电变压器应尽量向高处安装。日、美等国家的配电变压器容量较小,一般安装在电杆杆梢处,离地约在 10 m 以上。

(2)台式配电台区:不少农村地区为了就地取材,常采取台式安装配电变压器,靠近配电变压器台修建小型低压配电室,一方面有利于防止窃电和保护配电装置;另一方面安装形式应保证台高不低于 2.5 m ,有防止儿童攀登配电变压器台的措施。

(3)室内式配电台区:对于大容量配电变压器和低压多回路出线的配电网,变压器和配电装置全部在室内安装,有的地方一处配电室中安装多台变压器,比如工厂的配电室。这种形式在负荷高度集中的地方有优势,但是对于负荷比较分散的农村,这种形式存在投资大、管理费用高的缺点。

(4)落地式安装配电台区:落地式安装的配电变压器四周设有符合规定的护栏。

2. 配电台区的配电装置

农村配电台区高压侧的配电装置,主要有高压断路器、避雷器等。高压断路器广泛采用跌开式熔断器(又称令克),作为配电变压器的开合设

备,兼有过流和短路保护作用。避雷器现在多采用阀型避雷器或氧化锌避雷器,作防雷保护。为了管理需要,有的地区在高压侧安装高压计量装置。

在配电台区低压侧一般安装有配电动力箱,对于低压出线多的,或是台式和室内安装配电变压器的台区,一般采用配电柜。配电柜内装有低压隔离开关、自动空气断路器或交流接触器、漏电保护装置、计量装置,以及其他分配电能使用的隔离开关、熔断器等设备。在雷电活动区,为了防止雷电从低压线路侵入配电变压器,还安装有低压避雷器。

三、配电变压器的运行

变压器是静止的电气设备,一般不容易损坏,但是也应加强巡视,特别是在雷雨季节和电能重负荷时期。当发现运行有异常情况,立即通知供电所进行紧急处理。

巡视变压器时主要是一听、二看。

1. 一听

一听变压器运行中的声音。变压器在正常运行时发出连续均匀的“嗡嗡”声,这是变压器的磁振动声。“唔唔”声加重,可能是过电压引起;“吱吱”声,一般是分接开关或跌开式断路器接触不良所引起;低沉而较大的“轰轰”声,多由低压电力线接地引起;“咕噜咕噜”响声,多由绕组匝间短路引起;“噼噼啪啪”的放电声,是由于绕组有放电部位或短路故障所引起。

2. 一看

一看变压器油的湿度。在变压器的油枕上有个油位计,它标的数字代表变压器的油温,反映的是变压器带的负荷轻重和内部器件工作情况。DL/T499-2001《农村低压电力技术规程》规定:油浸式变压器运行中的顶层油温不得高于 95°C ,温升不得超过 55°C ,顶层油的温升不宜经常超过 45°C 。当油位超过油枕标的红线时,变压器则进入危险状态。

3. 二看

二看变压器油的颜色。通过油枕的油位计,可以看到变压器油的颜色。虽然不能反映迅速变化的全部,却也反映一定的问题。正常的变压