

农村电网无人值班变电所设计与技术应用

徐腊元 高以梅 编著

中国电力出版社
www.cepp.com.cn



187260

TM63

X758

农村电网无人值班变电所设计与技术应用

徐腊元 高以梅 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是根据我国农村电网的发展及国家对农网技术进步和技术改造的要求而编著的,该书结合了农村电网建设的实际情况,以新技术、新设备为导向,推进农村电网无人值班变电所(以下简称无人值班变电所)的建设。

本书对我国无人值班变电所的现状作了系统分析,指出当前变电所建设中存在的问题,并着重对无人值班变电所涉及的方案、技术和设备作了深入探讨,提出了设备选择的指导思想和依据,对无人值班变电所的建设有较强的适用性和现实的指导意义。

本书共分四章,第一章叙述了无人值班变电所的发展过程、建设依据及设计方案导向;第二章对无人值班变电所的设计标准和原则进行了分析介绍;第三章对无人值班变电所提出了两个典型方案和图集,可直接作为无人值班变电所设计、施工参考采用;第四章分析了无人值班变电所的设备,提出了有关新设备的技术性能和选择的原则。在附录中收集引用了无人值班变电所直接相关的标准和文件,以作为设计和指导依据。

本书可直接指导农村电网工程技术人员从事变电所的规划设计、设备选型、运行维护,也可作为电气产品设计及电工专业人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

农村电网无人值班变电所设计与技术应用/徐腊元,高以梅编著.-北京:中国电力出版社,2000.1

ISBN 7-5083-0212-5

I. 农… II. ①徐…②高… III. ①农村配电-变电所,无人值守-设计②农村配电-变电所,无人值守-应用 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 72198 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河市实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

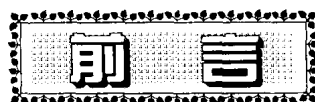
2000 年 2 月第一版 2000 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 4431 千字

印数 0001—4000 册 定价 30.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



随着我国农村经济建设的发展和人民生活水平不断提高,农村电网(以下简称农网)的供电质量及供电可靠性有了很大的提高。但是多年来国家对农网建设投资很少,电网实际状况较差,如何适应市场经济发展的客观规律,提高电力输、送、供、用的能力,获取电力行业的经济效益,解决当前电力运营存在的问题,这是电力行业必须解决的新课题。

建国以来我国的电力建设与农村经济的发展已经很不适应行业需要,形势要求具有新的资本注入和技术投入,要求具有可靠性好的电力设施及高新电力技术、自动化的装备来满足农村电力市场建设的需求。因此无论在农网建设方案和设备选择方面,都要摆脱传统的观念和思想,改变不注重农网的观念,在适应地方发展的前提下作出适度超前,使农网电力供应环境和条件适应当前经济市场的发展。

1998年,国务院作出了农网建设和改造的部署,明确指出电网改造必须结合农网的特点,解决供电设施陈旧、供电能力不足、综合线损变损高的问题。国家电力公司作为电力行业的唯一代表对此十分关注,为了全面有效地指导农网的改造和农网变电所的建设,作出了一系列的重要安排。国家电力公司科教局下达了“农村电网综合节能技术研究”的课题交中国电力科学研究院,并提出了具体要求,要通过改造工程的示范,起到积极推动农网改造的作用。为此根据全国农网的实际情况,编者着手编制了《农村电网无人值班变电所设计与技术应用》一书,并附有系统的设计导向图集和设备选择分析,可以指导全国无人值班变电所的设计和建设,加速我国农村变电所的发展。

无人值班变电所设计方案的适用范围,主要是针对农村乡镇、郊县新建的35kV级变电所(66kV变电所可参照设计),同时根据国家电力公司关于农网发展应遵循“小容量、密布点、短半径”的原则和“户外式、小型化、造价低、安全可靠、技术先进”的发展方向,落实原电力部双技工作会议对我国电网建设中提出的要求,变电所应具有自动化程度高,设备可靠性好,无人值班或少人值班的精神,少占耕地、降低投资、缩短工期,减人增效,获取较大的经济效益。

农村小型化变电所设计方案自从1982年河南省建设的首座变电所以来,进行了多次的修改和完善,大多数省农电局也根据本省农网的特点提出了一些设计方案,但是由于地域的局限性,都不同程度地存在某些不足,很难以某个地区的方案来适应全国。

因此,本设计综合全国各地小型化变电所的建设与运行经验并进行了分析研究,对各地在设计和运行中的优缺点和应该注意的事项进行了优化取舍,如在设备选型上力求达到实用,技术先进适度超前,节约投资。又如:变电所各级电压母线的布置采用高低层布置,设备占地少,框架结构紧凑,但设备安装维护不方便、安全性差;采用平面布置,框架结构紧凑,但占地多,检修不方便,容易误入带电区。本设计取众之长,设计为半高层的立体布置方式,并力求设计结构方案的新颖,安装维护时简单方便,运行中安全可靠。

本书主要阐述了无人值班变电所模式方案诞生的过程和思路、设计原则和发展方向、技术性能对比,同时对农网小型化变电所设计进行说明,提供了小型化变电所工程费用概算的基本思想及无人值班变电所设计方案图集。

设计方案分为两种模式,可以根据这两种模式组合为多种方案,设计方案根据用户的自身需要以及进线、出线的通道来综合考虑选择,各单元为积木式结构,可以自由取舍,灵活、方便、适用性强。此部分图样由电研华源电力有限公司欧阳龙江同志协助。

二次设计的自动化保护装置,以重合器方式为主,并选择综合自动化单元保护(微机保护)作为二种方案的选择。二次设计部分由电研华源电力有限公司孙建平、安世虎同志协助。

本书还对设计方案中所涉及的设备作了系统的技术分析,有针对性地对无人值班变电所所采用的主要设备,选择了其中有代表性的逐一进行分析,并列出了技术参数和安装尺寸,有利于各地在设备选择时加以参考,由于篇幅有限,对同类的产品没有一一列入,请选择采用。

为了配合大家对该书的应用和修改,本书配置了光盘,其中工程设计图样及说明可直接应用和修改。

本书在编写过程中得到了国家电力公司科环部、农电部领导的支持和指导,并将此书作为农网改造推荐资料,国家电力公司农电部原固钧主任、中国电机工程学会秘书长霍宏烈对该书内容进行审核,提出了修改和增删意见。此书受到农电专家向世隆等同志的热心关注,对书稿进行了全面的审订和修改,提出了许多好的建议,并对全书文字进行了修改。本书也得到中国电力科学研究院农村电气化研究所同志们的支持,何其川等同志对出版稿样的打字作了大量的工作,在此表示衷心感谢!

本书在汇编过程中,由于时间仓促,难免有不少的错误和认识理解上的不同,请读者给以批评指正,并诚恳地欢迎各位专家来电来函讨论。

本书在汇编过程中参考了有关文献、标准及各地设计方案,在此表示感谢。

编 者

1999年8月

目 录

前言

第一章 无人值班变电所的发展	1
第一节 序言	1
第二节 我国农村电网无人值班变电所的发展过程	2
第三节 无人值班变电所设计建议	4
第四节 无人值班变电所的保护、设备配置及选择	9
第五节 综合自动化的功能要求及应用	11
第六节 无人值班变电所的技术经济分析	12
第二章 无人值班变电所设计	15
第一节 总则	15
第二节 无人值班变电所的设计原则	17
第三节 电气部分的设计	22
第四节 土建部分	32
第五节 水工、消防和环境保护	32
第六节 设计概算	33
第三章 无人值班变电所设计图集	38
第一节 35kV 无人值班变电所模式设计第一方案（一次部分）	39
第二节 35kV 无人值班变电所模式设计第二方案（一次部分）	78
第三节 35kV 无人值班变电所模式设计（组屏布置型二次典型方案）	97
第四节 35kV 无人值班变电所模式设计（全户外布置型二次典型方案）	134
第四章 无人值班变电所设备选择	163
第一节 序言	163
第二节 35kV 户外高压负荷隔离开关	166
第三节 35kV 高压熔断器	175
第四节 40.5kV SF ₆ 型高压断路器	183
第五节 40.5kV 户外真空断路器	196
第六节 10kV 户外真空断路器	199
第七节 10kV SF ₆ 柱上断路器	222

第八节	10kV 自动真空重合器	226
第九节	综合自动化装置	252
第十节	当地监控及其远动	259
第十一节	变电所用互感器	269
第十二节	合成硅橡胶套的无间隙金属氧化物避雷器	283
第十三节	电力补偿电容器	285
第十四节	户外高压隔离开关	289
第十五节	无人值班变电所通信	294
第十六节	其他	299
附录		303
参考文献		304
后记		305

无人值班变电所的发展

第一节 序 言

建国以来我国农村电网建设得到了惊人的发展,用电增长幅度很大,据 1998 年的统计,全国农村用电量达到 1440 亿 kWh,村村通电率达 95%,为农村经济建设起到了积极的作用。但是长期以来,由于历史原因,各级政府及电力部门对农村电网的建设重视不够,加上农村电网建设资金缺乏正规渠道,投资少、无良好的规划,造成电网布局不合理,线路供电半径长,导线截面小,电能损耗大,农民电费高,制约了农村用电量和经济的发展。为了改变农村电网落后状况,提高农村电网的供电能力和自动化水平,原电力部农电部门一直致力于农村电网变电所建设模式方案的研究,以寻求符合我国农村电网的现状和实际应用要求的变电所的建设方案,使新产品、新技术能在农村电网得到充分应用,改变农村电网的落后现状,满足发展要求。

80 年代,原电力部委托电科院等单位对农村变电所的建设方案进行研究,提出了农村小型化变电所的建设方案,经过十几年全国农电系统的不断总结和提高完善,进一步发展成为无人值班变电所,对农村电网的建设起到了十分积极的作用。

《农村电网无人值班变电所设计与技术应用》一书以配合农村电网改造,合理完善电源点布局,节约能源和降低工程造价为目标,达到投资省、自动化程度高、无人或少人值班的目的,特别是各省市农电系统对农村变电所进行规范化的典型设计具有一定的参考价值,以指导农村电网的改造。

无人值班变电所是我国农村电力发展的必然产物,在从调查研究、方向探索到方案制定的过程中,始终围绕我国农网建设的实际情况,结合现实条件的情况下组织设计方案,并在国产设备的基础上进行试点,提出了不同于城市电网变电所的设计模式,改变了长期传统的设计观点和思想,从农村电网的实际情况出发,提供了适合我国农村电网特点的无人值班变电所。该方案经过了十几年全国农村电网已建成的小型化无人值班变电所的运行、实践,证明方案是可行的,技术是先进的,符合国情和国力。1996 年小型化变电所的研究与推广获国家级科技成果二等奖,中国电力科学院等单位为小型化变电所而研制的系列产品也被国家科委评为全国推荐优秀产品。为了进一步推广采用新技术和新方案,使变电所设计达到规范化,1997 年原电力部正式批准颁布 DL/T5078《农村小型化变电所设计规程》及 DL/T635《县级电网调度自动化功能规范》,指出农村电网变电所建设应符合当前技术进步和发展。中国电力企业联合会以标综 [1998] 05 号文下达 1997 年电力行业标准和 1998 年电力国家标准制、修订项目的通知,已批准编制《农网无人值班变电所设计规程》和《农

网无人值班变电所运行管理规定》，编制了农村小型化变电所采用设备的技术条件以及相应运行规程、检修工艺等。为此，无人值班变电所从设计、运行上已具备了一系列规范化管理的规定，对行业管理和电力安全生产起到了积极的作用。由于小型化变电所和自动化设备的应用明显地提高了农网管理水平和设备的技术性能，并已逐步发展为无人值班变电所，进而在全国已经得到大范围的推广，因此根据电力发展规划和国家农村电网改造方针政策要求，农村变电所建设方案、技术已达到了可在全国小型化无人值班变电所推广的条件，已经成为农村变电所建设中非常重要的一部分。从运行经验可以看出，今后农村电网变电所的建设设计应优先考虑到无人值班设计方案。国务院为了推动国民经济的发展，改变农村电网的落后面貌，明确提出了对农村电网改造、农电体制进行改革，使农村电网为国民经济建设起到更大的促进作用，以达到降低能耗，提高农村经济实力，减轻农民负担的目的，并投巨资作为农村电网改造资金。为了充分发挥农改资金的作用，达到投资与效益相符，采用新技术和新设备将是确保电网安全可靠运行的重要技术举措。为此，作者结合国家电力公司下达的“农村电网节电工程综合改造示范”项目，并根据项目要求编写了《农村电网无人值班变电所设计与技术应用》一书，以便指导农村电网无人值班变电所建设和改造。

第二节 我国农村电网无人值班变电所的发展过程

随着电力工业的建设，我国农村电网的发展速度较快，但是长期以来农村变电所的建设受到的制约因素较多，设计方案完全照抄了城市变电所建设的模式——配电装置全为户内型结构，35kV 采用多油断路器，10kV 采用少油开关柜以及常规的保护装置，技术性能差，事故频繁，供电不可靠。由于传统的观念，具体工作中对农村电网的性质和用电的条件认识不足、关心不够，相当多的设备由城市电网改造退役后再次交付农网使用，加上农网建设资金缺乏，从而使农村电网的装备设施形成了恶性循环的状况，直接影响了农村电网的发展和地方经济的建设。

为了探索我国农村电网建设的模式，改变农村电网传统的设计方案和电网落后的面貌，历届农电的工作者及领导都对此给予关心和重视，组织专家对国内外农村电网进行了考察，对国外户外式布置、单元化结构、无人值班、保护简化、接线简单的变电所模式给予肯定，要求科研、生产及设计部门对此进行研究，针对我国的国情提出了农村电网变电所建设的基本思想：

- 1) 立足于我国农村电网的实际状况和要求、经济承受能力，以国产设备作为国内农网建设的主要发展方向，变电所建设要有据可循，有设备可用。
- 2) 变电所的模式方案要结合我国各地区特点、使用习惯及经济基础的投入，因地制宜。
- 3) 设备的技术性能要先进，可靠性要好，避免多次投资，重复改造，立足现在放眼将来，长期规划，分期实施。
- 4) 投资要省，占地少，见效快。

5) 符合当地供电可靠性要求, 适度超前, 满足发展要求。

1982 年, 河南伊川供电局采用国产 SF₆ 柱上断路器和 CMS 集成电路的保护装置, 建设了第一座小型化变电所, 经过不断发展完善形成了 35kV 采用多油断路器, 10kV 采用 SF₆ 柱上断路器和 CMS 集成电路为一体的集控台保护装置的农村小型化变电所的第一方案 (近期方案), 并在大多数地区推广, 得到了农村电网建设部门的确认。为了进一步摸索国外设备及变电所的运行经验, 1987 年原电力部农电司组织考察, 从美国引进了 KFE 型高压合闸线圈的油浸式真空重合器、RX 型液压控制的油重合器, 从英国引进 ESR 型微机控制的 SF₆ 重合器以及 OYT 型液压控制的油重合器和 PMR 型 SF₆ 重合器, 分别在我国华北、东北、西北、华东、华中、西南地区试运行, 并按配电线路的实际要求设计方案, 形成了 35kV 采用熔断器、10kV 采用重合器、线路采用分段器相配合的第二方案 (远期方案)。

对于这两种方案, 科研单位组织了多次研讨, 详细分析引进设备与国产设备的技术性能, 并进行综合比较, 提出了将第二方案作为我国农村电网变电所建设的方向, 并逐步过渡到无人值班的运行条件, 形成了我国农村小型化无人值班变电所的设计原则:

小容量——35kV 农村变电所的主变压器单台容量在 6300kVA 及以下, 可以采用高压熔断器和 35kV 高压负荷隔离开关相配合作为主变压器保护, 简化了常规复杂繁琐的保护装置, 提高了供电可靠性。

密布点——按我国农村电网建设的要求, 县级供电要达到一乡 (镇) 一变, 缩短了半径, 合理分布电源网点, 有效地降低电网线路损耗, 提高供电能力。

短半径——缩短 10kV 配电线路及低压用电线路的供电半径, 提高供电可靠性, 降损节能。

户外式——采用了机电一体化的重合器, 适合于户外运行环境, 大大地简化了保护系统。断路器具有智能化、操作电源、保护一体化的特点。变电所的一、二次设备及远动、通信设备均为户外型布置, 不需要将保护设备放置在户内, 减少土地占用面积和工程投资。

小型化——采用紧凑型结构布置, 取消了生活用房以及控制室, 大大地减少了占地面积, 符合国家土地控制政策, 小型化变电所占地一般在 1000m² 以内 (2 台主变压器、8 回出线), 而常规变电所占地达 3000~4000m²。

造价低——是农村电网建设的核心之一, 长期以来农网建设缺乏资金, 电网建设资金由地方农民集资, 国家没有经济投入, 致使电网建设困难较多。针对农村现状而提出的小型化变电所建设方案的最显著特点是投资省, 与常规变电所相比节约投资 1/3~1/2。

安全可靠——由于小型化变电所采用了技术性能较高的真空和 SF₆ 开关设备, 取代了早期的多油或少油断路器, 无爆炸火灾的危害, 免维护和检验周期长, 操作寿命及开断次数达到万次, 是常规设备的 50~100 倍。35kV 主变压器保护采用熔断器和负荷开关配合保护简单可靠、节约投资, 新设备和新技术的应用有效地提高了电网运行的可靠性和安全性。

技术先进——由于变电所设备的国产化及技术性能的改善, 采用了重合器、分段器及熔断器相配合, 农网自动化技术先进性得到了较大提高。

由于农村变电所建设方案符合我国农村电网的实际现状和要求, 因而具有极强的生命

力。多年来，已建成农村小型化变电所数千座，各省在不断总结的基础上，方案在不断发展、改进和完善。

随着小型化变电所的发展，国产装备已经基本满足农村小型化变电所的需要，农村新建 35kV 变电所大多数已符合无人值班运行的条件，技术性能和自动化水平得到了进一步完善。1993 年全国农电技术工作会议明确指出，小型化变电所的建设是农村电网变电所的发展方向，并正朝无人值班变电所的方向发展。

1996 年来，原电力部在河北省石家庄市召开全国无人值班变电所现场会，明确农村电网小型化变电所由第一方案过渡到第二方案，并实现无人值班要求。1997 年，农村小型化变电所设计规程正式颁发，已作为全国小型变电所的设计依据。1998 年在设计规程的基础上修改完善，形成了《农村小型化无人值班变电所设计规程》，指导和规范了农村电网变电所建设的方案。

由此可见，我国农村变电所从近期、远期到无人值班变电所的发展，充分说明了该方案适合我国农网特点。目前许多省明确指出今后农村变电所需首先考虑按小型化方案建设，由省级电力设计院进行统一设计。

总之，农村电网变电所建设将是一个长期而艰巨的工作，无人值班变电所建设方案充分体现了国情，适合农村电网的实际要求，适合农村经济建设资金投入的实际情况，达到了可靠性好，自动化程度高，节约资金，降低电能损耗，促进我国农村经济发展，减轻农民负担的目的。但是如何完善方案设计，如何合理选用设备，需要广大农电工作者为之作出努力。

本书将提供不同的信息供设计和选型参考，相信通过不断完善和修改，农村无人值班变电所建设将会变得更好，并将对我国农村电网的建设、农村电网改造以及实现国家对农村经济建设，达到两改一同价的宏伟目标发挥更大的作用。

第三节 无人值班变电所设计建议

无人值班变电所方案象征我国农村电网建设的发展方向，方案的优点是肯定的，在实践中通过不断总结设计、运行和管理中出现的问题并加以解决，使其不断完善。从十几年来小型化变电所的运行经验看，它适合国情、省情，显示出了强大的生命力。但由于我国地域和各种环境条件的不同，不可能用某一种方案来代替，更不能一刀切，应结合当地的实际情况区别对待，对于供城镇用户或容量较大的变电所，可按常规所模式进行，对农网末端变电所及农村乡镇容量不大的宜采用小型化方案。

设计无人值班变电所时在考虑节约土地和投资的同时，应考虑到安全、经济和运行检修人员的方便，考虑到变电所扩建增容的可能性，不能为小型化而小型化。装备的选择上要考虑技术先进，要适合时代的发展和科学技术的进步，在老变电所改造中，应对产品进行更新换代，不断提高农网装备的现代化水平。

3.1 无人值班变电所方案类型

农村电网小型化变电所方案有下面两种类型：

(1) 变电所一、二次设备全户外式布置,即远动、保护、计量为单元化户外箱式结构。本方案的优点充分体现了无人值班变电所单元化分布式结构,是代表农村变电所建设的发展方向。该方案的效果是十分明显的,但是关键问题是决定于设备能否满足在户外使用的条件,设备的技术性能是否符合使用环境的要求,尤其是自动化装置的环境温度和湿度对装置运行效果的影响。

(2) 变电所一次设备户外布置,但二次设备(保护、远动)设置在户内,一次设备与二次设备由电缆连接,变电所保留一定面积的建筑物和土建工程,如电缆沟、下水道等。

3.2 早期农村变电所设备选择

3.2.1 可控气吹开断器

早期变电所主设备选择是由设备本身技术性能及经济条件确定的,有两种方案:①主变压器保护采用KQW型可控气吹开断器,该装置以火药作为灭弧能源,双介质灭弧,双向排气,等电位继电器保护,以光电耦合实现三相联动。但产品制造质量欠佳,可靠性不高,操作也不方便,熔丝造价高,更换困难。专用雷管属爆炸品,不易购买,运输亦不方便,目前已经完全停止使用。②方案采用多油断路器,技术性能落后,但在大多数变电所仍然采用。

3.2.2 集控台

早期小型化变电所的保护采用了集控台取代传统的电磁式继电保护,微机或集成电路技术的集控台实现了变电所的集中控制、保护、测量、信号为一体,在小型化变电所的运行中发挥过一定的作用。但常规的电磁式继电器集控台作为馈线保护是比较传统的习惯,因元件密集,且某些继电器容量不够,故触点易粘合。该产品制造质量欠佳,运行检修人员技术素质低,在电场和电源波动等场所运行效果不好,易出现误动、拒动、误报信号、元件烧坏等故障。集成电路式集控台定值随温度变化,事故较多,检修人员缺乏经验,对现场维护带来一定的困难。因密封不严,潮湿天气控制回路难起动,致使开关误动、拒动频繁、信号混乱。

3.2.3 柱上断路器

小型化变电所10kV的出线采用SF₆断路器,是小型化方案中的主要设备,它结构简单,体积小,无油污染和火灾危险,从而很快取代了柱上油断路器和成套开关柜,在小型化变电所的发展中起到了重要的作用。但在早期的产品中,仍有不足之处,如漏气、套管破裂、操动机构开合不到位,调整困难,特别是SF₆气体的处理,由于使用部门不具备大修的条件,设备出问题以后,必须返厂修理,因而影响了用电的可靠性。

对于户外用10kV真空断路器,目前在真空断路器的绝缘的应用方面,市场比较活跃,争议也较多。当前真空断路器在配电网系统采用的开关设备中是一种较好的产品,可靠性好,运行不检修周期长。但是真空断路器是在户内使用发展起来的,在户外使用没有足够的经验,外绝缘(真空灭弧室的表面)及体积的矛盾是设备选择应注意的问题。一些生产企业为了迎合电力部门无油化的要求,将油浸式户外真空断路器取消浸油结构,将真空灭弧室(户内运行环境)作简单地处理置于户外使用,这种技术的处理并不是不行,其效果有待进一步考核。特别是对于新的技术和设备有一相当的使用考核期。

3.2.4 自动重合器

在农村小型化变电所研究初期,为了寻求高自动化水平的设备,在对国外设备调查的基础上选用了进口自动化水平较高的重合器作为线路的保护控制单元,经过多年的运行总结吸取了许多有益的经验,为我国农村小型化变电所的建设 and 设备的研制打下了有益的基础。引进重合器大致有以下几种类型,并在实际运用中得出以下意见:RX型和OYT型液压控制油重合器是直接从美国和英国引进的,它以油作为开断灭弧介质和控制系统,明确在国内不再使用。其主要原因有以下几点:

(1) 采用油作为开断短路电流的灭弧介质,容易产生爆炸、起火喷油等较大的危险,不符合我国高压开关设备的发展方向,不能被电力部门接受。

(2) 采用高压合闸线圈起动作为开关操动机构的动力,不符合中国变电所应用条件和环境,无法满足正常维护和检修,安全系数小。

(3) 采用液压计数及传动操动机构,调整参数及改变定值时设定困难。

(4) 日常维护困难,一旦发生较小的故障,即造成全部或全线停电,难以适合中国的国情。

PMR—I型电子控制SF₆型高压合闸线圈重合器,在运行中也有一部分问题,未能得到很好解决。例如,电池的容量及无法监视其运行状况,当电池自然和意外放电完后将导致保护退出;SF₆气体泄漏的问题在引进设备中并没有得到很好的解决。

1. ESR型重合器

ESR型SF₆重合器一直被认为是具有发展前途的新型设备,结构的优点以及生产技术可保证产品质量,微机控制器的运行环境条件(-40~+80℃)和17条安秒配合曲线以及分布式结构,使其具有大、小电流的开断能力,相间故障单相接地可任意调整,复位时间、重合闸间隔、多档可调,使操作顺序可任意组合,突出的优点是具有单相接地故障选择和远方、就地操作功能。但是由于引用了高压合闸线圈的结构和SF₆充气型的设备,运行中即使内部发生任一较小故障都将导致返厂修复。二次浇注的套管破裂将引起内部闪络。该型设备在运行中暴露出的问题大多数与SF₆断路器相类似,厂方虽然作了大量改进,并以赔偿形式作了处理,但上述问题仍未得到解决。但该型重合器的微机控制部分运行多年来,始终保持良好,没有发生任何问题,也是当前国内重合器中采用引进控制板的主要依据。从引进的ESR型重合器存在的问题和在实际使用中得到的经验中可以看出,控制装置是重合器的核心技术和关键,结构上采用低压合闸线圈、分布结构对运行的可靠性将起到十分关键的作用。

2. KFE型重合器

KFE型油浸式真空重合器采用液压控制和电子控制(分元件)相结合,由美国早期爱迪生公司生产,已持续了几十年的历史,结构上没有作大的改动,由于工艺及质量的保证,已获得较大市场和应用范围。

1987年引进的KFE型液压电子控制高压合闸线圈的重合器,运行效果比较好,但没有与远动装置配合,由自身重合功能实现故障的多次重合,设备事故和维护少的特点明显地提高了供电可靠性。KFE型重合器的运行成功,促使国内生产厂与美国固伯公司合作引进

生产，并取得了较大面积的应用。但结合中国农村电网的实情，对设备进行维护和适应自动化功能的需要，仍有一些问题是不可避免的，主要有如下几点：

(1) 适用场合。重合器作为我国无人值班变电所的 10kV 出线保护的首选产品，但其结构不同，适用的场合就不同，并不是一概而论任何地方都适用的。国外重合器为高压合闸线圈结构，这种结构适合于在无操作电源的配电线路上用作为故障隔离。因为配电线路没有可操作电源，故直接采用高压电源较为合适，一旦损坏影响不大，仅是部分用户。而我国在无人值班变电所的设计中将重合器作为变电所的线路保护设备，变电所的重要性和可靠性要求则更高，事故考核停电范围有影响，要求事故恢复快。与线路上使用不同，因为在线路上没有操作电源。变电所的所用电源是十分可靠的，可以人为地对其进行调整切换，无论运行调试还是日常维护都有更便利的条件，因此变电所采用重合器宜用低压合闸机构而不用高压合闸机构。相反，如果作为配电网线路中应用，则用高压合闸线圈的操动机构更为合理（对配电网自动化项目除外）。

(2) 运行条件。国外重合器主要用于中性点直接接地系统的配电线路，单相接地电流较大，对大多数线路故障进行隔离。相反，我国 6~35kV 采用的是中性点绝缘系统，重合器主要作为变电所的主控设备，线路单相接地故障是小电流，接地电流取决于线路长度及系统架空配线的方式，高压合闸线圈不是微机控制结构是无法判断的，KFE 重合器单相接地电流最小值为 5A，在我国一乡一变的农村电网，此电流是很难达到的，因此此功能没有能起到应有的作用。

(3) 存在问题。高压合闸线圈从结构上看设计难度大，生产工艺要求高，从国产化的应用看存在一定的难度，尤其是操动机构上的问题是无法去自行修复的，具体如下。

1) 检修困难。因内部问题一般不能去修复，现场无法调试。

2) 保护特性参数、复位时间及记忆时间采用液压机构去实现，液压油受环境温度影响较大，很难保证其稳定性。

3) 过电流定值调整频繁，依据更换电阻方式来解决较麻烦。

4) 尽管 KFE 型重合器采用了真空灭弧室，但操动机构仍采用高压合闸线圈的结构，高压线圈在开合过程中在油中产生电弧，油质容易劣化，无油化（指油不作灭弧介质）的问题也没有解决。

5) 对电压要求较高，当低于 85% 系统电压时将无法操作。

6) 保护用的时间电流曲线数少，在变电所应用时与上下级配合会产生困难。

由于小型化变电所的发展采用了智能化的重合器，新技术新设备在农村电网应用市场前景广阔，因而国内许多研制单位对重合器研制和生产产生很大兴趣。但是，应注意目前国产的大多数重合器控制装置过于简单化，将常规的集控台单元保护用于重合器控制装置，不考虑运行环境要求是不妥当的。因此，在选择户外设备时，要慎重选择和核实装置在特定的使用环境下耐受高温、低温以及湿度的要求。

3.3 变电所的构架设计

对于早期设计的 35kV 小型化变电所，35kV 和 10kV 母线结构分别为上下结构，即高层型双层布置，设备占地面积小，但两种电压等级间距离小。如一条线路间隔停电检修时，

需将相邻间隔也停止运行，10kV 母线检修时，需将 35kV 母线停止运行，停电范围大，不利于安全生产和电力市场的开拓，从长远看很不经济。配电装置采用双层立体布置时，设备在一个垂直面上，运行维护很不方便，线路停电检修、做安全措施验电挂接地线困难。也有些变电所在设备间隔之间用金属网间隔，加强安全措施，但维护量大，也很不美观。有些 35kV 避雷器安装过高，运行人员看不清记数器读数，要求配备望远镜，同时试验也很不方便，缺乏统一标准化图样。

小型化变电所早期采用的如集控台等一些主要设备，在一定时间发挥了其特点，对无人值班变电所的发展起到了推进作用，但制造单位没有把好质量关，做好售后服务，不断听取用户意见改进产品结构，以适应新形势下对设备的要求，也造成了部分产品质量对变电所建设的影响。从当前农村电网改造的形势看，无人值班变电所需要单元、分布、可靠及无需维护的技术装备，同时要不断对检修、运行人员进行必要的技术培训，才能适应新的要求，使无人值班变电所健康地发展。

无人值班变电所与常规所比较具有技术先进、占地少、投资省、建设周期短等优点。其核心是采用了先进的技术和自动化程度较高的技术装备，按密布点、短半径、合理的电网布局优化电源网络结构，以达到降损节能的目的。农村变电所的建设根据农村特点采用户外型布置，强化设备对使用环境的可靠性要求，以达到设备检修周期长、使用可靠的目的。减少变电所的占地面积，大幅度地节省工程建设资金，提高施工效率，缩短建设周期，能使变电所建设尽早发挥其效益，收回投资，这是小型化变电所推广的重要因素。但是事物发展是有特定规律的，在建设的初期还存在不定型、不完善，这也是新事物发展中的必然现象，经过努力是能克服的。无人值班变电所是农村电网建设的指导原则和方向，是大量的事实得到证实的，因此要本着支持和爱护的态度，不断总结完善建设经验和管理措施，相信今后无人值班变电所的建设将会以更快的速度向前发展。

在“九五”期间，国家电力公司已经明确在农村电网的建设中推广无人值班变电所，要继续坚持“户外式、小型化、造价低、安全可靠、技术先进”的建设方针，以加快农村变电所建设的步伐，适应农村经济发展的要求，因此在设备的选择上，应充分考虑到我国变电所建设中应用的实际状况和环境，进行综合的技术、经济比较，选择最符合使用条件的装备来满足我国农村无人值班变电所方案的实施要求。

无人值班变电所的设计思想和设计方案，在技术上选择了以主变压器容量在 6300kVA/35kV 及以下，主变压器保护采用高压熔断器，10kV 保护采用自动重合器及综合自动保护装置，改变了传统的变电所设计观念，简化了繁杂的保护措施。从而实现安全可靠的目的，符合我国农村电网的特点，也符合中国国情。其主要特点可以概括为以下几个方面：

- 1) 简化了变电所的一次主接线。针对农村变电所的应用要求，对不同的供电方式提出不同的接线类别，做到接线简洁明了，投资可大大节省。
- 2) 提高了变电所各级保护的可靠性，限制主变压器恶性事故的发生，损失降到最低。
- 3) 单元化、分布式结构，可减少各回路之间的联带影响，提高综合可靠性。

- 4) 提高了自动化水平, 简化了运行人员复杂的操作, 达到了无人值班的目的。
- 5) 节约投资, 达到适用化要求, 增加电源点布局降低了电能损耗, 减轻了农民负担。
- 6) 提高了供电可靠性, 适应电力市场及地方经济建设的需要。
- 7) 符合国家的土地政策, 节约占地面积。

第四节 无人值班变电所的保护、设备配置及选择

无人值班变电所在方案上是可行的, 其技术方案的先进性得到了更充分的发挥, 主要是设备的选择及保护方案的配合, 改变了传统的设计思想, 达到了农村电网变电所建设的目的。

4.1 35kV 变电所的主要保护

4.1.1 主变压器的保护

农村小型化变电所的设计规程及农村电网技术改造原则明确主变压器容量在 6300kVA 及以下主变压器推荐采用高压负荷隔离开关与新型熔断器配合保护, 要求能实现远方、就地操作, 以反时限保护特性实现上下级保护相配合。

当变电所 35kV 母线带有出线时, 可采用真空断路器或 SF₆ 断路器作为 35kV 线路出线保护开关, 配用综合自动化保护或重合器保护, 设独立的保护单元, 其保护类别与上一级变电所配合相一致。

根据变电所三级保护 (主变压器、10kV 总开关、出线开关) 的配合要求, 10kV 主变压器侧重合器或断路器作为 10kV 出线故障的后备保护是非常必要的。但在实际工程中少数部门采用省略的方式简化保护, 采用过流脱扣型的断路器、负荷开关或隔离开关, 这种简易无保护的方式都在一定程度上降低了变电所安全运行的可靠性。其原因是对无人值班变电所的认识不同:

(1) 既然是无人值班变电所, 供电可靠性要求不高, 因而 10kV 主开关无保护可由上级保护作后备, 即主要是以节省投资为目的。

(2) 因主变压器没有重合闸功能要求, 采用重合闸装置没有必要, 如果是故障一次跳闸即可。

(3) 对变电所保护配合的关系尚不明确。

事实上各级开关设置的作用相互之间是有联系的, 作者认为可以从以下几个方面来考虑:

(1) 对无人值班变电所 35kV 主变压器采用熔断器保护, 简化了保护的复杂性, 同时又提高保护主变压器的可靠性, 与采用断路器方案相比可大幅度降低工程造价, 这是降低变电所工程费用的主要部分。

(2) 正常运行中对变压器的操作次数应尽量减少, 以避免操作中的励磁电流以及系统参数的变化而引起系统过电压, 因此要求 10kV 主变压器断路器作为线路及母线的后备保护。

(3) 10kV 出线保护是不可少的,由于 35kV 变电所大多数作为终端型,10kV 配电线路较长,末端短路电流又小,个别线路仅达到几百安,若 10kV 出线保护拒动,则 35kV 采用熔断器保护不能起到后备作用,将越级到上级开关跳闸。

(4) 避免熔断器频繁的操作次数。10kV 主变压器采用保护重合器或断路器作为母线上故障的主保护和线路故障的后备保护,而线路故障的次数远比母线多,可减少主变压器的操作,对运行是较为有利的。

4.1.2 主变压器 10kV 侧保护

主变压器 10kV 侧保护采用与出线相一致的保护装置,当 10kV 出线采用重合器并以反时限保护时,该保护也宜采用重合器,但不投重合闸功能。该保护以作为母线故障保护和线路故障的后备保护为原则,以使各级保护一致,便于运行推广,减少保护装置的复杂性。一般不采用直接过流脱扣的断路器或负荷开关(隔离开关),可采用反时限的过流保护,但其保护特性应能与上、下级保护配合。

4.1.3 10kV 电容器保护

采用电容器保护应与主变压器 10kV 侧保护相一致,并与主变压器 10kV 保护开关相配合。电容器保护与出线保护相比有其特殊性,除正常的过电流保护及操作外,对电容器有过压、欠压保护要求。在过压时能自动退出,防止过压而使电容器损坏;在欠压时或系统不正常电压波动较大时应自动退出。由于农村无人值班变电所容量较小,一般没有必要设差动保护和不平衡电流保护,电容器不设重合闸。

4.1.4 10kV 出线保护

由于农村无人值班变电所的特点,10kV 线路保护采用重合器方式是一种比较理想的选择,与配电线路的自动分段器相配合具有故障自动判别,可明显提高供电可靠性。对于农网中的事故性质,以反时限特性具有较好的实际应用意义。出线保护采用定时限还是反时限,一般应根据 35kV 主变压器保护的类别来确定。

4.2 户外一次设备的布置

根据无人值班变电所的特点,以户外式布置并采用半高层结构,明显区别带电设备的部位,可确保安全运行及检修的条件。占地在 $1000\sim 1200\text{m}^2$ 之内时,对重合器或断路器的结构要求达到免维护的条件。采用户外真空重合器或断路器时的绝缘要符合户外使用的环境条件,并应具有足够的运行环境条件的经验。

4.3 监控装置的选择

二次保护及远动是无人值班变电所设备选择的主要关键技术。控制装置的选择应综合经济技术性能和运行情况比较后进行合理选择,以可靠性好、自动化程度高和经济技术性能好三条要求为原则。采用重合器时以分布式、单元化、低压合闸线圈结构为主,户外装设时应注意控制装置的使用环境条件和参数设置的可选性。采用户内集中组屏由电缆引入,但应是分布、单元化而不影响其基本性质。综合自动化单元以户内为主,主要原因是装置环境运行条件达不到户外条件。

4.3.1 远动监控装置

远动监控装置应具有当地监控和远方切换功能,能与各种设备的一次、二次相配合。变