

文章编号:1000-582X(2007)07-0050-05

新农村建设中农村电网建设的探讨

卢继平,叶全强,唐朝,徐琳

(重庆大学 高电压与电工新技术教育部重点实验室,重庆 400030)

摘要:为了解决新农村建设中农村用电水平的不断提高,特别是随着农村经济水平的不断发展,当前实际运行中农村配电网已出现的诸如网络损耗较大而导致供电成本过高、供电可靠性较低、供电电压和频率不满足要求等问题,作者通过对一个典型的农村电网的潮流进行分析,从网络的整体规划布局到局部的输配电设备(如:线路、变压器及无功补偿装置等)方面提出了关于降低网络损耗、提高电压质量和可靠性的具体措施。通过对改建前后的线损率和电压合格率进行计算,表明笔者所提出的方法对现有农村电网改造是有效的。最后,提出了农村电网的发展趋势。

关键词:农网改建;降低损耗;电压调整;无功补偿;

中图分类号:TM711

文献标志码:A

长期以来,农村电网整体水平比较落后,不能够满足农村的供电要求。党的十六届五中全会上提出建设“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”的社会主义新农村的目标,全面体现了新形势下农村经济、政治、文化和社会发展的要求。实现这些目标就要求农村的电网运行的质量、可靠性及经济性要得到很大的提高。特别是最近党中央又提出了“建设节约型社会”,为节约资源和提高资源的利用率,对农村电网的合理建设变得尤为重要。为了解决农村电网中存在的问题,1998年以来,在全国开展了大规模的农村电网建设与改造工程(以下简称农网改造工程)。农村电网的状况得到一定的改善,如:变压器损耗、低压线损有所降低,供电质量明显提高,供电网络趋于合理,农村居民用电价格有较大降低;尤其是供电管理体制得到了改善。但同时也暴露出一些问题,主要表现在:设计规划不够合理,只重视改造数量,忽略了改造效果;材料招标不规范,供电行业内部企业产品近水楼台先得月,价格偏高;过分注重社会效益,忽略经济效益^[1]。因此,笔者拟以对网络结构进行合理的规划、提出对网络的功率损耗、可靠性和电网保护的改建方案、对农村电网的发展趋势提出了建议3个方面来解

决新农村电网建设的一系列问题。

1 农村电网的有关计算方法

1.1 数学模型的处理

数学模型的建立,是进行定量分析和计算的基础。笔者根据研究的需要,调查研究了一个具体的农网的线路情况、运行情况 and 负荷情况,在此基础上建立了相应的数学模型。

农村配电网的节点数目和元件数目众多,运行方式变化较大,数据的处理十分复杂。在一次计算中做到面面俱到不仅不可能而且也没有必要,更会使计算过程过分复杂以至无法计算出可靠的结果。所以在计算的过程中采用了集中负荷代替均匀分布负荷、平均功率因数和平均负载率、变压器空载损耗认为恒定等方法对数学模型进行简化。

1.2 潮流计算及结果处理

通过潮流计算得到的线路的基本运行数据,是进行农村电网改建的基础和依据。由于农村电网多为辐射形网络,因此在计算潮流时,采用的是辐射形网络的分析 and 计算方法。另外为了将改建前后做出对比,引入如下概念。

收稿日期:2007-03-15

作者简介:卢继平(1960-),男,重庆大学副教授,主要从事电力系统分析、自动化、继电保护等方面的研究,(E-mail)ljp2008@263.net。

1.2.1 电压合格率

要计算电压合格率首先应知道各节点的电压,因此在已知首端电压情况下其末端电压可表示为:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_1 = U_1 - \frac{P_1 R + Q_1 X}{U_1}, \quad (1)$$

式中 U_1 、 U_2 分别为首末端电压, P_1 、 Q_1 分别为首端的有功和无功功率, ΔU_1 为首端到末端的压降^[2]。

由式(1)逐一推出各节点的电压,针对农村配电网的具体情况,对电压的分析只讨论 10 kV 和 220 V 两种。根据国家标准电压合格范围分别为:10 kV 侧:0.93 ~ 10.7 kV, [-7% ~ 7%], 220 V 侧:198 ~ 235 V, [-10% ~ 7%], 如果超出这个范围就称为电压越限,在此基础上,得到电压合格率如下式^[3]

$$\text{电压合格率} = \left(1 - \frac{\text{电压越限节点数目}}{\text{总节点数目}}\right) \times 100\%, \quad (2)$$

1.2.2 线损率

潮流计算得到各节点的功率及电压之后,输电线路上的功率损耗可表示为

$$\Delta P + j\Delta Q = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_i^2} R + j \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_i^2} X, \quad (3)$$

式中 i 为节点的编号 ($i = 1, 2, \dots, n$); R 和 X 分别为该输电线路的电阻和电抗; ΔP 、 ΔQ 分别为该输电线路有功功率和无功功率的损耗^[4]。

在实际中,由于农村配电网的负荷运行的随机性很大,网络节点数目众多,测量设备相对落后,其运行数据的获得和结构参数的整理都很困难,所以准确的计算农村配电网的网损十分困难,笔者为了在简化的基础上同时满足一定的精度,侧重计算其正常和重载运行状态下的功率损耗。虽然农村配电网输电线路多为架空线,但距离相对较短,其对地的导纳相对较小,为了计算简化,计算过程中不计及这部分损耗。通过这些计算处理得到了主变压器出口处的总有功功率 (P_Σ) 和负荷实际功率 (P_L),由此可以计算出该农村电网在某运行状态下的功率损耗。由此定义线损率如下式^[3]:

$$\text{线损率} = \frac{P_\Sigma - P_L}{P_\Sigma} \times 100\%. \quad (4)$$

1.3 有关调压的计算

在农村电网中,用得较多的是双绕组降压变压器,在含有分接头的调压变压器中,将最大(最小)负荷时潮流计算得到的变压器高压侧电压,减去变压器绕组中的电压损失,得到最大(最小)负荷时低压侧母线电

压归算到高压侧的值,此值与变压器低压侧母线电压要求值之比,便是所要求的变压器变比。于是最大(最小)负荷时变压器高压侧分接开关处的电压值,即分接头电压:

$$U_{T_{1\max}} = (U_{1\max} - \Delta U_{1\max}) \frac{U_{T2N}}{U_{2\max}}, \quad (5)$$

$$U_{T_{1\min}} = (U_{1\min} - \Delta U_{1\min}) \frac{U_{T2N}}{U_{2\min}}, \quad (6)$$

$$U_{T1} = \frac{1}{2}(U_{T_{1\max}} + U_{T_{1\min}}), \quad (7)$$

式中, $U_{T_{1\max}}$ 、 $U_{T_{1\min}}$ 分别为最大、最小负荷时,变压器高压绕组分接头电压,单位为 kV; $U_{1\max}$ 、 $U_{1\min}$ 分别为最大、最小负荷时,变压器高压母线电压,单位为 kV; $\Delta U_{1\max}$ 、 $\Delta U_{1\min}$ 分别为最大、最小负荷时,变压器损失归算到高压侧值,单位为 kV; U_{T2N} 为变压器低压侧绕组的额定电压,单位为 kV; $U_{2\max}$ 、 $U_{2\min}$ 分别为最大、最小负荷时,变压器低压侧母线电压要求值,单位为 kV。

若选用有载调压变压器,应根据 $U_{T_{1\max}}$ 和 $U_{T_{1\min}}$ 分别选择最大、最小负荷时分接开关的合理位置。若选用无励磁调压变压器,其分接头开关应根据 $U_{T_{1\max}}$ 和 $U_{T_{1\min}}$ 的算术平均值 U_{T1} 即式(7)进行选择。初选分接开关位置应作低压侧母线在最大和最小负荷时电压变动范围的校验。若校验结果不满足要求,且又选不到一个合适的固定分接位置时,则选用有载调压变压器,此时应算出各种运行方式下分接头位置^[4]。

2 农村电网改建的具体措施

2.1 农村电网络结构合理的规划

在农村配电网中可以采用“闭环结构开环运行”的方式,即网络本身是环形的,但在正常情况下断开其中的一些线路,使它呈辐射形(即树枝形),而在发生故障后则通过开关操作将失去电源的负荷转移到其它线路上去^[2]。这样能够保证一些比较重要的负荷(如:乡镇企业、学校、乡镇卫生院等)不会因为某些线路或设备的检修而停电。另外,农网变电站的建设应坚持“密布点,短半径”的原则^[5]及合理规划电网整体结构,避免迂回供电^[6]。在主接线方面,可以采用单母线段段的接法,如果该变电站所带负荷较为重要可以加设旁路母线来保证供电的可靠性。

2.2 降低功率损耗的措施

功率损耗分为有功功率损耗和无功功率损耗。通过理论计算可以知道有功损耗部分主要集中在电路上,

变压器部分的损耗所占的百分比较小。特别是在主干线路上由于其输送的功率较高,占总有功损耗的相当大的部分。因此应根据导线经济电流密度的要求选择导线线径,以降低线路电阻,减少损耗。针对各地特点(特别是自然资源丰富的地区),利用当地的自然资源优势,因地制宜建设一些小型的电站来就近供电,这样就可以实现“点对点”的供电方式,避免远距离输电带来的损耗。对变压器部分合理选择其容量,尽量使其运行在经济运行区,以及采用有载调压型节能变压器。

针对无功功率损耗部分,通过分析可以知道线路和变压器损耗是相当的。但到了用户侧,负荷的无功缺额较多,特别是在线路的末端。改造时主变压器低压侧要有足够容量的无功补偿装置,以补偿变压器空载无功损耗,减少线路传输的无功功率。根据网络参数,实施无功优化,对10 kV线路进行无功就地补偿。对于无功消耗较多的用户(如:农副业加工厂等)采用专用变压器供电并就地进行无功补偿。针对农村电网的特点采用的无功补偿装置有并联电容器、同步调相机和静止无功补偿器。在经济水平不发达无功负荷也不是很重的地区可以采用并联电容器的方式,在自然资源丰富,小型电站较多的地区可以采用发电机进行补偿,在经济发达无功消耗过多的地区可以采用静止无功补偿器的方式。

2.3 提高供电可靠性的措施

为保证农村电网的供电可靠性,采取的措施包括:首先因为农村配电网络多为放射状,采用在分支线路上安装分支开关、在重要的长线上安装重合器和分段器,以配合上级保护和自动装置起到消除瞬时故障、隔离永久故障的作用。这样做可以缩小停电范围,并使故障点容易寻找,便于尽快修复,缩短停电时间。其次加强运行监视与技术监测,正确判断设备运行健康情况,设备检修做到应修必修,修必修好,检修时间尽可能安排在负荷低谷,以最大可能减少停电对用户造成的影响。积极稳妥地推广10 kV(及以下)设备的带电作业^[7]。

2.4 提高电压质量的措施

大部分农村地区地处偏远,损耗过多,导致电压偏低,负载不能正常工作,主要表现在:感应电机温度升高、照明灯变暗等。针对这些问题,通常采用的是变压器上安装分接开关,根据系统电压的变动进行适当调整(其调压原则见1.3),从而使送到用电设备上的电压保持相对稳定。随着电力电子技术的发展,稳压技

术得到很大提高,针对一些用户家中有用电设备对电压质量要求较高的,建议装设稳压器,就地对电压进行补偿。对于一些比较偏远的农村地区(如:西部地区),可以充分发挥当地自然资源的优势,建设小型电站,缩短输电距离,减小其压降。对于一些地广人稀的地区,可以采用提高电压等级,如将原来的35/10kV变压器改为110/10kV变压器供电,这样就相当于缩短了输电的等效电气距离来提高电压。此外,可以增设无功补偿装置如:并联电容、电抗器,静止无功补偿器(SVC)等来补偿无功^[8],进而减少电压降落,提高用户端的电压。

2.5 农村电网保护的改建措施

随着电子技术和单片机技术的发展,无论从技术层面还是经济方面微机保护无疑是较为理想的选择。对于10 kV线路采用二段式相间电流保护;对于35 kV电网配置故障录波装置,输电线路配置自动重合闸;对于主变保护配置(35 kV和110 kV电压等级):一段配置瓦斯保护或纵联差动保护、二段配置低电压过电流保护。三段配置过负荷保护:作为变压器对称过负荷的保护,带时限动作信号。

3 改建前后的对比及可行性论证

3.1 改建前后的对比

通过一个典型的农网来验证上面所提出的改建措施的可行性,该电网为一典型的辐射型配电网络,特点是主干线路明显,分支相对较少,具有很好的代表性。该网络线路总长度23.38 km,其中主干线长度9.91 km,型号为LGJ-50;分支线总长度13.47 km,型号为LGJ-35。变压器一共59台,总容量15 775 kVA,其具体接线图见图1。对该电网在正常运行和重载进行潮流计算得到了改建前的一些数据,为了简化起见,计算时功率因数取平均功率因数0.64,负载率分别为取为60%、90%。始端电压都取为10.5 kV。应用1.2所提的方法计算出电压合格率和线损率见表1。

通过一个典型的农网来验证上面所提出的改建措施的可行性,该电网是重庆市沙坪坝区中梁山镇的一个具体网络,其具有开式辐射状配电线路,主干线明显,分支线路相对较少等特点,具有较好的代表性。该电网线路总长度23.38 km,其中主干线长度9.91 km,型号为LGJ-50;分支线总长度13.47 km,型号为LGJ-35。变压器一共59台,总容量157 75 kVA,其具体接线图见图1。

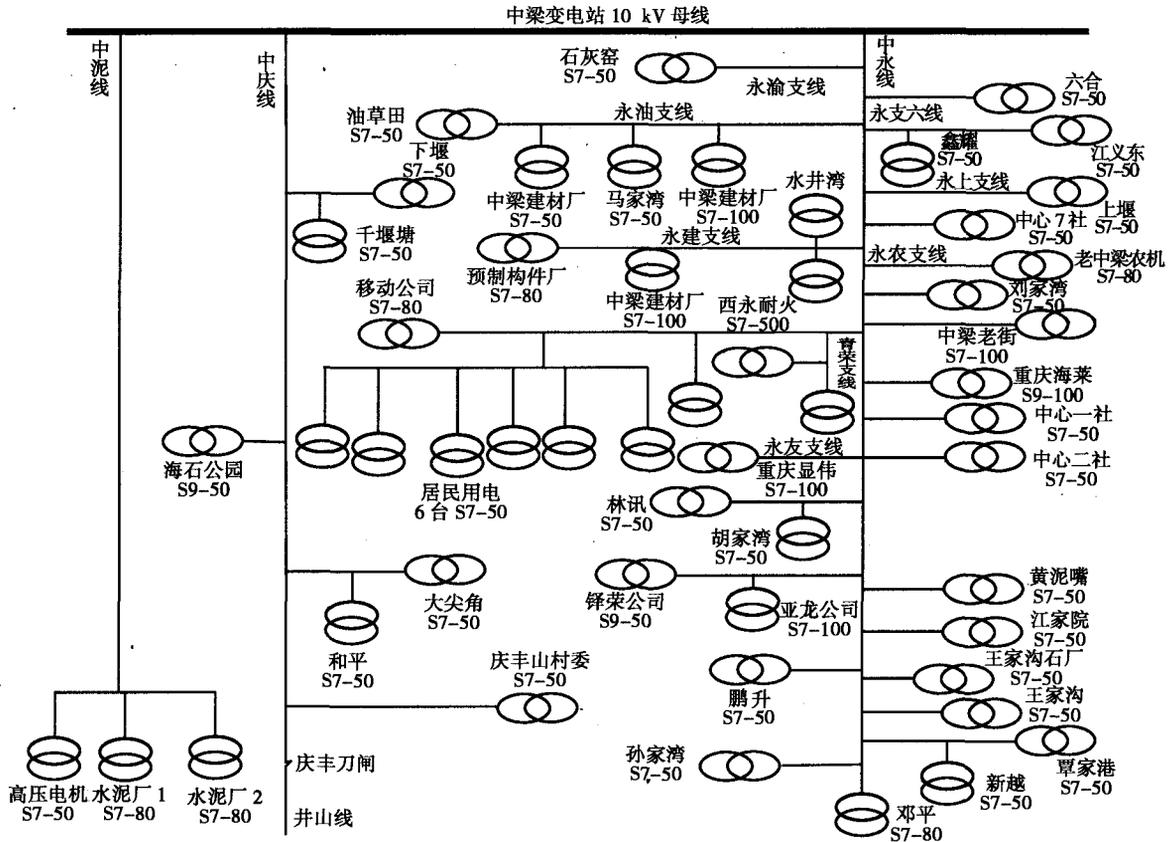


图 1 中梁山变电站接线图

对该电网在正常运行和重载进行潮流计算得到改建前的数据,为了简化起见,计算时功率因数取平均功率因数 0.64,负载率分别取为 60%, 90%。始端电压都取为 10.5 kV。应用 1.2 所提的方法计算出电压合格率和线损率见表 1。

表 1 该电网改建前的输电质量指标 %

输电质量指标	正常运行	重载
电压合格率	53.1	37
线损率	11.3	17.9

在通过跟换节能型变压器(采用把全部 S7 系列变压器换位同容量的 S9 系列节能型变压器)、加出线径(把主干线路由 LGJ-50 换为 LGJ-120,分支线路由 LGJ-35 换为 LGJ-70)及无功补偿所有负荷的无功缺额,然后通过计算得到相应的电压和功率,在分别计算出正常运行下电压合格率和线损率见表 2。

表 2 该电网改建后的输电质量指标 %

输电质量指标	换节能型变压器	加粗线径	无功补偿
电压合格率	83.45	99.7	88.75
线损率	8.50	6.7	4.60

由此可见这些改建措施在降低线路损耗和提高电压合格率方面都是有效的,但综合比较加粗线径的方

法最佳,但要消耗大量的人力和物力,实际中应根据各地具体的特点结合起来进行改造。

3.2 改建方案可行性论证

首先由 S7 系列变压器换为节能型变压器,空载损耗可以降低 10% 左右,负载损耗最大可以降低 25%。但对于农村配电网,由于变压器容量小、数量多、负载率低、资金有限,所以更换变压器是很不经济的一种改造方式,并且改造效果也不理想。但对于经济相对较发达地区可以适当的换上一些节能型变压器。其次,加粗线径可以有效的减小电阻,从而减小线路的有功损耗,一般可以降低 20% ~ 40%。农网的线路相对较长,线径偏细,线路的损耗相对较大。但是投资相对较大,投入的人力、物力较多、改造的周期较长,针对一些主干线路在结合经济性和供电质量的基础上可以采用此种方式,但对于一些分支线路此种方式不太适合。最后,由于农村电网负荷空间分布分散而局部集中,无功补偿不能套用城网的已有经验,而要充分分析农网自身的特点,根据具体线路做出具体的补偿方案。随着电力电子技术的发展无功补偿装置价格下降,其经济性可以得到保证。通过上面的例子也能够看出无功补偿方式对农村电网自然运行情况的改善起到了相当大的作用。

4 农村电网的发展趋势

通过上面的研究和分析,对农村电网在规划、更换设备和无功补偿方面进行了改造,并用实例论证了其可行性。在此基础上,对农村电网发展趋势提出如下建议:

1) 尽量减少 35 kV 电压等级的变电站,增加 110/10 kV 的配电模式^[9]。

2) 对一些线路(特别是主干线路)检修周期应缩短,有条件的地区可通过架设粗导线来减少线损。

3) 对无功负荷较重的地方(如乡镇企业),可以采用就地无功补偿。经济较发达的地区可以安装静止无功补偿器(SVC)。

4) 对自然资源较丰富的地方,可以因地制宜的发展一些小型电厂就近供电,避免远距离输送带来的损耗和压降。同时也可以电力不足给予适当的补充,提高供电可靠性。有的也可以作为调频厂来提高供电质量。在供电系统出现无功缺额时,还可发出无功功率,系统无功过多时可吸收无功功率,以达到提高这个农村配电网功率因数。

5) 有条件的地区在选择保护装置时应尽量选用科技含量高的并配有重合闸功能的微机保护系统。

6) 加强农村电工的培训,让他们尽快掌握先进的新设备,了解农村供配电系统出现的新问题并能够及时解决一些技术故障^[10]。

7) 加强对农村电力用户的用电宣传力度,倡导合理用电,杜绝偷窃电和破坏电力设施等现象^[11]。

参考文献:

- [1] 安喜良. 农网改造要注重效果[J]. 农电管理, 2002(10): 16.
- [2] 夏道止. 电力系统分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [3] 申丽华. 农村电网局部无功优化保质降损的研究[D]. 河北保定: 华北电力大学, 2002.
- [4] 曹绳敏. 电力系统课程设计及毕业设计参考资料[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [5] 林积武. 农网改造 10kV 配电变压器的安装[J]. 电力安全技术, 2006, 8(11): 48-49.
- [6] 郭蕾. 农村电网改造中的几项技术措施[J]. 电气时代, 2000, (5): 37.
- [7] 孙陈敏. 浅谈如何提高农村电网供电可靠性[J]. 农村电工, 2003, 11(4): 22.
- [8] 王晓飞. 农村电网的无功规划及其补偿方法[J]. 科技资讯, 2005, 12(22): 153.
- [9] 罗红, 郭喜庆. 农村配电网合理结构研究[C]//全国高等学校电力系统及自动化专业第十九届学术年会论文集, 成都: 西南交通大学, 2003: 147-150.
- [10] 王文涛. 提高农村配电网供电可靠性的探讨[J]. 农业机械化与电气化, 2004, (4): 43-44.
- [11] 郑涛. 农电安全管理对策与措施[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2006, 9(2): 51-52.

Discussion in the Rural Power Network Construction in the New Rural Construction

LU Ji-ping, YE Quan-qiang, TANG Chao, XU Lin

(Key Laboratory of High Voltage Engineering and Electrical New Technology Under the State
Ministry of Education Chong Qing University, Chong Qing 400030, China)

Abstract: To adapt to the continuous improvement of rural power consumption level in the new rural construction, in particular, with the continuous development of the rural economy, the actual operation of the rural power network has emerged as the high loss of electrical power which leads to a greater cost of the electricity, lower power supply reliability, the supply voltage and frequency do not satisfy with requirements, etc. Through analysis of a typical rural power network, from the overall planning of the transmission to distribution equipments (such as lines, transformers and reactive-load compensation devices), the author proposes some specific measures such as reducing power loss and improving the voltage quality and reliability methods. Through calculation for lines power loss rate and percent of voltage pass, the results show that the methods proposed by the author are effective. The directions to the development trend of the rural power network is given.

Key words: reconstruction on rural power network; reduce power loss; voltage regulation; reactive power compensation;