

基于 GPRS 通信的配电网无功补偿系统研究

冷 怡 陈晓东 鲍云浮
(泸州电业局,四川 泸州 646000)

摘要: 随着用电规模的不断扩大和用电结构的不断变化,以及变压器和电动机等大量感性负载设备的广泛使用,使得用电设备对无功的需求大幅上升,导致电网中无功功率的不平衡。通过分析配电网无功补偿的原理和 GPRS 无线通信网络的组成和特点,设计出一套以 GPRS 无线通信为数据通道的无功补偿方案,以此来解决中低压配电网网损过高等缺点,极大地提高供电质量,实现电能传输的经济效益。

关键词: 无功补偿; GPRS 通信; 配电网

Abstract: With the continuous expansion of daily power consumption and the continuous change of power consumption structure, as well as the wide application of transformers, electric motors and other inductive load equipment, there is a significant increase in reactive power demand by utilization equipment which leads to an imbalance of reactive power in power grid. The theory of reactive compensation in distribution network and the composition and characteristics of GPRS wireless communication network are analyzed. A set of reactive compensation scheme is designed taking GPRS wireless communication as the data channel so as to solve the excessive network losses of medium - low voltage distribution network and other shortcomings, which has greatly improved the quality of power supply and achieved the economic benefits of electric energy transmission.

Key words: reactive compensation; GPRS communication; distribution network

中图分类号: TM714 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 6954(2013)02 - 0027 - 05

0 引 言

近年来,随着国民经济的快速发展以及建设社会主义新农村的高速推进,电力用户对电力负荷的需求以及供电可靠性、电压质量等,都提出了更高的要求。随着各地招商引资工作的大力发展及“家电下乡”等一系列政策的扶持,农村及城镇居民用电负荷不断增长,负荷的峰谷差也越来越大,供配电系统的调压问题变得越来越困难,电压过高或过低的问题时有发生,无功负荷在电网上的传输越来越大,如何合理地调整电压,提高电网的电压质量,降低线损促使电网安全、经济运行,是摆在面前的一项重要任务。

电力系统的无功补偿^[1-3],可以改善电压质量,降低线路损耗,使电网能安全、稳定、经济地运行,对保证工农业的正常生产、提高产品质量和改善人民生活都具有重大的意义。配电网主要由 10 kV 中压配电线路和 10/0.4 kV 配电变压器组成,这两部分也是电网中线路最长,所占比重最高的部分,如何

对低压配电台区和中压配电线路进行无功补偿是节能降耗的关键所在。通过合理分配无功来进行电压调节,从而降低线损,获得显著的经济效益和社会效益。各地电力部门在加大对配电网建设投资的同时,对现有配电网进行无功补偿及对配电网运行情况进行实时在线监测显得日益重要。

GPRS(general packet radio service,通用分组无线业务)^[4]是以数字公用陆地移动通信网 GSM 网络为载体,为 GSM 移动网络用户专门提供的高速分组数据业务的一种新型网络^[5-6]。它是充分利用现有的无线网络资源,为 GSM 移动用户提供诸如 Internet 等数据通信网络服务的一种无线接入方案,是 GSM 阶段 Phase 2+ 定义出来的一种新业务。由于当前 GSM 移动电话用户已经占到了全球 4.5 亿移动电话用户的 40% 以上,因此,GPRS 在未来的移动数据资源市场中占有一定的优势。GPRS 是 GSM 移动电话系统向第三代移动通信迈出的一个重要步骤,做为叠加在数字公用陆地移动通信网络 GSM 网络之上,GPRS 网络是为 GSM 网络用户提供高速分组数据业务的一种新型网络。

通过分析配电网无功补偿以及 GPRS 通信网络的基本原理,设计出一套以 GPRS 无线通信为数据通道的无功补偿方案,建立 GPRS 通信的软件和硬件平台,并对 GPRS 在配电网无功补偿系统中的应用优势进行了分析。

1 配电网无功补偿理论

1.1 无功补偿的基本原理

电网传输的功率包括两部分,一是有功功率,二是无功功率。直接消耗掉电能,把电能转化为机械能、热能、化学能或声能,利用这些能作功,这部分功率称为有功功率;不消耗电能,只是把电能转换为另一种形式的能,并且这种能是在电网中与电能进行周期性转换,这部分功率称为无功功率。无功补偿的具体实现方式:把拥有容性功率负荷的装置和拥有感性功率负荷的装置并联接在同一电路上,能量会在两种负荷之间相互交换。这样,感性负荷所需的无功功率就可由容性负荷输出的无功功率补偿。

1.2 无功补偿容量的确定

功率因数的提高与线路损耗的下降不是线性关系,功率因数愈高,无功补偿的经济效益就越差。当功率因数 $\cos\phi$ 由 0.6 提高到 0.7 时,线路损失下降近 50%;而由 0.7 提高到 0.8 时,线路损失只下降了 20%;当由 0.8 提升到 0.9 时,线路损耗仅下降 10%,功率因数愈高,效果愈差,因此不要认为功率因数提高得越高越好。并联补偿电容器安装容量的选择,可根据使用目的的不同,按提高功率因数、提高运行电压和降低损失等因素来确定。

1.3 无功补偿遵循的原则

无功补偿应遵循“全面规划,合理布局,分级补偿,就地平衡”的原则。无功补偿的实质就是尽可能减少无功在电力网络中的传送,进而减少无功电流经过变压器、线路传送导致的损耗。

(1) 总体平衡与局部平衡相结合,以局部平衡为主

首先要满足整个地区电网的无功电力平衡,其次要满足变电所、配电线路的无功电力平衡。在规划过程中,要在总平衡基础上,研究各个局部的补偿方案,求得最优化组合,才能达到最佳的补偿效果。

(2) 电力部门补偿与用户补偿相结合,以用户补偿为主

在配电网中,用户消耗的无功功率约占 50%~60%,其余的无功功率消耗在配电网中。因此,为了减少无功功率在网络中的输送,要尽可能地实现就地补偿,就地平衡,所以必须由电力部门和用户共同进行无功补偿。

(3) 分散补偿和集中补偿相结合,并以分散补偿为主

集中补偿,主要是补偿主变压器本身的无功损耗,以及减少变电所以上输电线路的无功电力,从而降低供电网络的无功损耗,但不能降低配电网的无功损耗。因此,中、低压配电网应以分散补偿为主。

(4) 降损与调压相结合,以降损为主

利用并联电容器进行无功补偿,其主要目的是为了达到无功电力就地平衡,减小网络中的无功损耗,以降低线损。与此同时,也可以利用电容器的分组投切,对电压进行适当的调整,这是补偿的辅助目的。在一般情况下,以降损为主,调压为辅。

2 GPRS 无线通信的基本原理

2.1 GPRS 的主要特点

GPRS 网络引入了分组交换与分组传输概念,促使 GSM 网络对数据业务的支持在网络体系上得到了提高。

GPRS 网络的优势如下。

(1) 永远在线

GPRS 所用的是分组交换技术,不需要像 Modem 那样拨号连接,只有用户在发送或者接收数据时才占用资源。

(2) 按传输数据量计费

GPRS 按传输数据量计费,并不是以传送的时间计费,所以就算遇上网络堵塞,也不会白白花钱,对消费者来说更为合理。

(3) 无线高速数据通讯

GPRS 成为人们对无线高速数据通讯所要求的产物,提供了一种无缝、直接与 Internet 网连接。GPRS 的应用,将用户带入了移动信息的高速公路,充分满足了广大用户对数据业务不断增长的各种需求^[7-8]。

2.2 监控中心与 GPRS 网络的接入方式

监控中心有多种方式接入,根据 GPRS 承载网

络的特点以及 GPRS 应用领域的具体要求,一般有下列组网方案来适应各种不同的应用形式。GPRS 无线通信传输系统的网络框架直接影响系统的工作方式以及性能,所以选择一种比较合适的网络构架,将对整个系统的设计、调试以及运行都将有重要的意义^[9]。组网形式的选择主要是由业务数据流、时延、可靠性要求、数据保密性、网络状况来决定。

(1) 采用 GPRS 终端接入

监控中心采取 GPRS 终端接入来获得动态 IP,并使用 Internet 上的注册服务器帮助监控中心和数据采集端 MS 形成通信。所有数据采集端的 MS 也使用动态 IP,必须在拨号上网后才会获得动态 IP 并向注册服务器的软件注册,监控中心可以从注册服务器上获得数据收集端 MS 的 IP 地址,来实现监控中心到数据收集端 MS 的下行通信;数据收集端接收到监控中心发来的 IP 包后,从 IP 的头中获取监控中心的 IP 地址,以此来实现上行通信。注册服务器使用公用网络固定 IP 或者公用网络动态 IP + DNS 解析服务,用来帮助通信双方搭成连接,若中途 MS 因不明原因掉线重拨导致 IP 地址的改变,则可以在注册服务器的协助下重新建立通信。

该方法除了建立下行通信阶段外,其他的数据传送都在 GPRS 网络内进行,安全性很高,并且时延小。本方案采取在公网上的注册服务器帮助建立通信,所需费用低,从投入方面有利于 GPRS 无线数据传输系统的大力推广。但因为监控中心采用 GPRS 终端拨号上网,网络的带宽较小,致使本方案更加适合于 Polling 方式的少量数据传输^[10]。

(2) 采用 APN 专网接入

这种方案需向移动公司申请 APN 专网的业务。移动公司分配专用的 APN,并且用于 GPRS 专网的 SIM 卡才可以使用该 APN。同时在获得 APN 后,给监控中心与所有数据采集端 MS 分配固定 GPRS 网络 IP。因为可以申请到固定 IP,所以该方案不需要注册服务器来协助建立连接,减少了中间环节,所以稳定性得到加强;所有的数据都将在 GPRS 的 APN 内网中传输,不需要通过公网,数据的安全性增强;而且该方案不需要负担专门月租费。与方案 1 相同,因为监控中心采用 GPRS 无线通信接入,带宽有限,并且 APN 的费用显然比方案 1 要高。但从总体上来说,本方案性价比较高,如果在条件允许的情况下可以使用本方案,因为在性能上要比方案 1 好很多。

(3) 宽带接入 Internet

监控中心的宽带接入 Internet 公网,并且使用公网的固定 IP 或者公网的动态 IP + DNS 解析服务。首先由数据收集端 MS 向监控中心发出连接信号(如果监控中心采取公网动态 IP + DNS 解析,则在此之前 MS 从 DNS 服务器获得监控中心动态 IP),此时 GGSN 将会分配给该 MS 一个公用网络的 IP 和端口,GGSN 上的 NAT 表单中会添加上这个通信链路的 IP 端口的对照项,将 MS 的 GPRS 网内部 IP 和分配的公网端口相互对应。随后监控中心发向 MS 的包只需要发向该公网 IP 以及端口,GGSN 将会顺利地转发到数据收集端 MS,整个通信通道就能顺利传输数据了。该方案因为监控中心宽带接入,所以比前两个方案的带宽大,系统能够发展较多的数据采集端 MS,提高 GPRS 系统的容量。但数据传送需要经过 GPRS 网络以及公用网络,数据的传送质量受到公网拥挤情况的影响,并且延时可能会加大,并且公网上的数据安全性明显较差。因此本方案适合数据节点比较多,对安全性和实时性要求不是十分高,而资金投入又有限的数据采集系统。

3 基于 GPRS 的配电网无功补偿系统

3.1 GPRS 通信硬件/软件平台

在县级电力公司建立电能质量管理体系,由配电网线路无功补偿测控装置、配电变压器无功补偿测控装置、专用变压器用户无功补偿测控装置、GPRS 模块、GSM 公用网络、数据通信前置机、电能质量数据库、通信服务器、应用服务器以及工程师工作站组成。

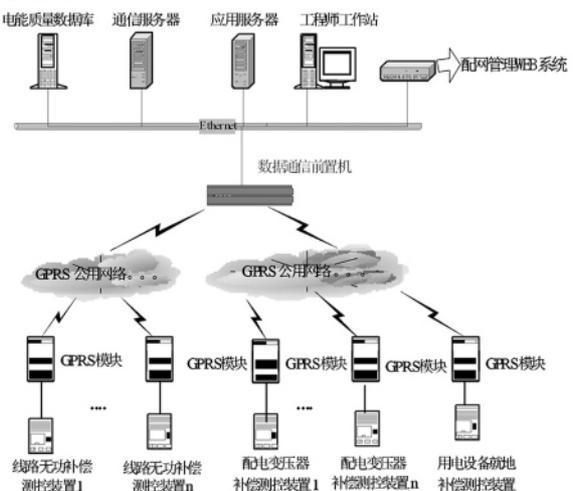


图 1 基于 GPRS 网络的配电网无功补偿硬件平台

将线路无功补偿测控装置、配电变压器无功补偿测控装置以及用户专用变压器无功补偿的运行数据通过 GPRS 网络传输至监控中心服务器,并将监控中心下发的定值命令准确地传送到远方终端,反映远方设备运行情况的数据信息收集到监控中心(见图 1)。

后台搭建由实时数据库模块、实时数据管理模块、用户管理模块、历史告警服务模块、历史数据库模块、综合统计模块、报表管理模块、图形监控模块、遥控模块、通信接口模块、优化控制服务模块组成(见图 2)。

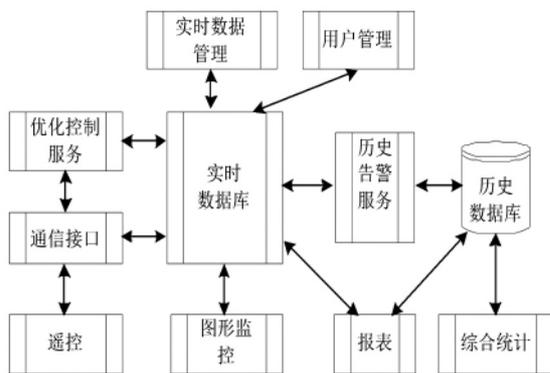


图 2 基于 GPRS 网络的配电网无功补偿软件平台各模块功能介绍如下。

实时数据库模块主要将电能质量服务器中采集到的最新数据进行实时更新,考虑到数据传输流量问题,系统每间隔 10 min 向各个测控装置采集一次实时数据,并更新到显示界面。用户每次查询实时数据时,系统自动召唤当前的实时数据并更新于显示界面。

实时数据库管理模块将数据进行显示并根据补偿测控装置的设定参数进行比对,如果实测数据超出设定的参数定值,则以红色字符报警显示。提示用户关注测量值越限情况。

用户管理模块对用户进行权限管理,系统管理员可根据需要增减用户以及用户权限设置。

历史告警服务模块将服务器定时采集上来的告警数据进行存储,以便需要时查询,数据至少保存 5 年以上为以后的无功优化及线路调整提供决策参考。

历史数据库模块将服务器定时采集上来的历史数据进行存储,以便需要时查询,数据至少要保存 5 年以上为以后的无功优化提供决策参考。

综合统计模块将历史数据中的数据进行统计分

析,对异常数据进行提示。

报表管理模块对报表进行管理,可以按条件筛选数据,数据可以打印并输出 excel 表格。

图形监控模块将配电网补偿系统绘制成拓扑接线图,配电网补偿系统结构图一目了然,对出现故障的补偿装置提示运行人员及时排查。

遥控模块通过后台软件可对补偿装置电容器进行远程操作控制,进行控制参数查询和修改。

通信接口模块实现控制终端与后台程序的接口,按照设定间隔间隔召唤实时数据。

优化控制服务模块通过对历史数据的分析,提供电压无功优化方案供运行人员参考。

3.2 GPRS 在配电网无功优化系统应用中的可靠性

GPRS 通信网络负责传送系统中遥测、遥信、遥控以及相关管理信息,传输数据需要得到充分的安全保障,同时要保障信息的可靠性。

配电网的监测无功补偿装置的通信系统大部分都安装在户外,变化的气候条件以及较强的电磁干扰环境 EMI(electromagnetic interference) 都是通信网络可靠性严重影响因素。目前的 GPRS 通信设备技术相对成熟,坚固耐用,并且在网络核心设备的管理与维护都是由移动公司专门负责,使用 GPRS 通信网络的供电公司只需承担 GPRS 终端设备的一些常规的维护工作。在传输中,GPRS 结合了高斯最小移频键控 GMSK (Gaussian minimum shift keying) 调制方式、自动重传请求 ARQ(automatic request for retrains mission) 等技术,确保了数据传输的可靠性。同时在信道前向纠错 FEC(forward error correction) 编码上,卷积编码是 GPRS 采用特殊编码,包括 CS - 1 ~ CS - 4 这 4 种编码方式,通过采用 4 种不同的纠错比特数,使 GPRS 适应 4 种不同传输信道质量要求。与传统的传输方式相比,采用 GPRS 的配电网通信网络受环境和气候因素影响小,并且抗干扰能力强,有十分强的传输纠错机制,只需平常一些必要的维护就可以有效地保证通信的可靠运行。

在配电网无功补偿优化系统对数据通信的速率要求不是很高,数据量并不是很大,GPRS 的最高值为 172.1 kbit/s, GPRS 完全可以传输各种数据。在实际应用中,数据的传输速度受网络编码方式以及终端支持等客观因素的影响,接入速度只会 30 ~ 40 kbit/s 之间,但有了数据加速系统后,传输速率

可以达到 60 ~ 80 kbit/s 以上。网络数据传输处理模式可采用终端数据主动上报、主站端发出处理各台终端的数据。因为主站可分组同时发送处理多台终端上传上来的数据,极大地加快了通信数据传输的实时性。

依靠 GPRS 的通信网络组网方式十分灵活,满足当代电压无功优化对通信可靠性、实时性的要求。此外,GPRS 通信还能够提供点到点的服务质量 QOS(quality of service),保障供电企业可以根据实际情况,灵活地选择不同的 QOS 等级,对 GPRS 网络时延参数、优先级、吞吐量、可靠性等参数作出相应的设定,以此来实现数据资源的动态分配。

3.3 GPRS 的应用优势

把对配电网上的线路无功补偿装置、台区配电变压器测控装置等进行远方实时监控、协调及控制的集成系统构成配电网无功补偿平台,其运行参数是整个配电网基础参数的重要组成部分。配电网无功补偿平台将及时监测到的数据发送到控制中心,如果采用传统的通信办法,在经济性和可扩充性上都不能满足配电网的特点。借助 GPRS 通信的高速通道来实现数据的传输和永远在线,将各无功补偿装置通过 GPRS 网络与 Internet 相互联接起来,同时供电企业配电网的电能质量管理体系也通过本身的路由器与 Internet 建立联接,使其实现配电网电能质量管理体系的相互交换。利用 GPRS 网络来传输配电网电能质量管理体系信息是 GPRS 在电力系统中的一个重大应用,不但可以节约大量的网络建设费用,而且只需在原有设备基础上增加无线智能监控终端设备,使因配电网设备众多以及分布地域广泛而使局部区域难以实现通信的难题得到了解决。

4 结 论

在配电系统中广泛存在大量的感性负荷,会消耗大量的无功功率,降低系统的功率因数,造成线路电压损失加大和有功损耗增加,使电网的供电质量恶化。而解决问题的有效方法就是进行无功功率补偿。配电网的无功补偿对于配电网的稳定、经济运

行具有重要的作用。

基于 GPRS 通信的无功补偿系统能够及时分析电网中的无功容量,并且迅速分析出是否需要无功补偿,该系统受环境和气候因素的影响很小,并且抗干扰能力强,具有较强的传输纠错机制,通信时只需通过对移动终端进行一些基本维护就能够有效保证电力部门的可靠运行。

参考文献

- [1] 姚耐秀. 浅谈低压电网无功补偿[J]. 中国电力教育, 2011(18): 113 - 114.
- [2] 石春让. 国内外无功补偿技术水平及现状[J]. 电工技术, 1994(10): 354 - 359.
- [3] 侯岗. 电力系统无功补偿技术的应用[J]. 机电信息, 2011(21): 45 - 47.
- [4] 刘道玉,迟毅林. 基于 PC 的虚拟仪器及其技术研究[J]. 国外电子测量技术, 2004(4): 22 - 25.
- [5] 周封,王晨光. 基于 GPRS 的电网调度自动化系统的通信方式[J]. 电力系统通信, 2008, 29(6): 34 - 35.
- [6] 黎水平,贺建军. 基于 GPRS 的配电变压器在线监控系统研究[J]. 自动化仪表, 2008, 29(9): 33 - 35.
- [7] H. Zeng. The Principle and Realization of the GPRS Network System[J]. Mobile Communications, 2002(12): 40 - 42.
- [8] 王向臣. 电网无功补偿实用技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.
- [9] T. Acermann, V. Knyazin. Interaction Between Distributed Generation and the Distribution: Operation Aspects[J]. IEEE/PES, Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002, 2(10): 1357 - 1362.
- [10] 程浩忠,吴浩. 电力系统无功与电压稳定性[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

作者简介:

冷 怡(1981)女,工程师,主要从事电压无功管理、工程项目管理等工作;

陈晓东(1976)男,高级工程师,主要从事电网规划设计、工程建设管理等工作。

鲍云浮(1961)男,工程师,主要从事企业管理、电网规划设计、工程建设管理等工作。

(收稿日期:2012-12-06)