

配电网存在的问题及解决方案探讨

魏国安¹, 唐庆伟¹, 张子亮²

河南亮明电控设备有限公司, 河南省郑州市 邮政编码 450000

摘要: 本文对农村配电网存在的问题进行了简要概述, 结合现有的问题具体的分析, 找出解决方法, 阐述了解决电网存在的问题的必要性以及户外平衡装置 LM-APB 系统的优点、应用前景的分析, 结果表明智能型户外平衡装置具有智能化程度高使用灵活、可靠便利、远程控制等优势

关键词: 自动三相功率平衡, 无功补偿, 消除基波电流, 谐波治理, 智能控制

中图分类号: TN86 文献标识码: A 文章编号: 1606-7517(2016)04-3-158

0 引言

农村电网经过改造, 供电水平得到了极大的改善, 但随着农村经济快速发展, 一个不可忽视的问题越来越突出地显现出来, 那就是农村电网目前存在的三相功率不平衡现象, 存在较大的线路损耗问题, 造成电能损失, 影响电网运行安全。

1 农村配电网发展现状

随着农村经济社会快速发展, 农村用电量持续高位增长, 一些地区农村电网与经济社会发展不相适应的问题日渐突出。农村配电网已不能满足现代农业和县域工业发展的需要, 主要存在如下问题:

- 1) 电压压降大: 严重时电器设备不能正常使用;
- 2) 三相功率不平衡: 某相电流大, 零线上存在电流, 存在无功不平衡和有功不平衡。
- 3) 线损较大: 供电线路过长和设备无功和有功损耗大, 造成能源浪费;
- 4) 自动化程度低: 供电紧张时负荷控制和电能分配手段落后, 不能实现自动补偿

(1) 当前配电台区存在的问题

负荷波动较大

由于农业生产的季节性和农村务工人员的流动性, 以及居民用户昼夜时段性差异, 导致电网负荷波动较大, 配变长期“大马拉小车”造成配变损耗较高。

农村配变长期空载运行的特征也导致相应的低压补偿设

备长期不能投运, 电容投运率极低, 不能达到预期补偿效果。

(2) 三相负荷不平衡

配变三相负荷不平衡情况普遍存在, 影响变压器出力, 并增加了损耗, 严重时烧毁配变变压器。

(3) 电压压降大

农网末端用户距变电站远, 电压低, 设备无法正常运行, 为兼顾末端负荷, 需调高变电站出口电压, 致首端电压轻载时过高, 用电设备寿命缩短, 且配变损耗大幅增加。

(4) 自动化程度低

农网配电台区分布点多面广, 负荷控制全靠人工经验现场操作, 不具备配电自动化基础, 也没有统一的后台监控其运行状态, 不知道电网运行的质量和情况, 运行缺乏有效管理维护。

2 解决方案

综合现有问题, 需要采用新的技术手段, 主要是通过分区变压器低压配电网分散安装有源三相功率平衡装置, 优化配电网三相功率平衡, 同时减少中线电流, 起到降低线路损耗以及提高配电网可靠性的目标。

(1) 设备原理

有源三相功率平衡装置, 采用先进的电力电子技术, 通过智能化的控制方式, 自动平衡三相功率(包括有功功率和无功功率), 同时消除中性线的基波电流, 使三相功率完全平衡。从而解决三相不平衡造成的线路损耗、提高线路输电能力、提高电网的可靠性。

在配电网中并联有源三相功率平衡装置,该装置为电力电子设备,采用先进的控制策略,在不改变负载总功率的前提下,对三相负载功率消耗重新分配,使单相、两相功率消耗或者三相功率消耗不平衡,向着三相功率消耗均匀分配,在解决三相电流幅值相等、三相功率相等的同时,三相相位差 120 度,消除中线电流。

对于电网侧,三相功率总和不变,但每一相功率大小相等,即达到三相平衡的目的。有源户外功率平衡装置并联在线路中,根据三相功率情况,对基波功率重新分配,达到三相平衡的目的,设备装在各个集抄点。

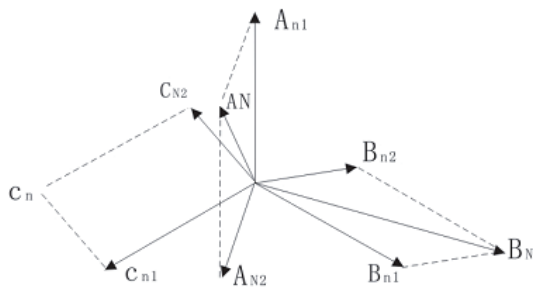
有源户外功率平衡装置并联在集抄点,使集抄点处三相功率平衡,消除集抄点到总表箱由于不平衡造成的线路损耗,从而降低线损。

有源户外功率平衡装置通过电流互感器检测三相负载功率,采用先进的算法计算出三相负载不平衡功率,经过有源功率单元对三相不平衡功率进行重新分配,从而达到平衡三相功率的目的。

在三相电路中,对于任意一组不对称的三相相量,可以分解为三组三相对称的相量。对于三相不平衡负载,包括线性负载和非线性负载,根据瞬时对称分量分解,可将其分解为各次电流的正序、负序和零序对称分量。如果三相系统是三角形接法,或者是没有中性线的星形接法,三相电流之和总为零,只有中性线的星形接法中才有可能存在零序分量电流。一般性的相量分析为:

$$\begin{bmatrix} A_{n1} \\ A_{n2} \\ A_{n0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_n \\ B_n \\ C_n \end{bmatrix}$$

A_{n1} 、 A_{n2} 、 A_{n0} 分别为 a 相的正序、负序和零序分量。对于不平衡负载电流的各次分量均可进行图示相量分解。



正序分量和负序分量形成的旋转磁场方向相反,那么经过 ωt 的角速度旋转变换后,基波正序分量变为直流,

基波负序分量变为 2 阶次,其它正序分量则降低 1 阶次。户外三相功率平衡装置,不但能抑制非线性负载引起的谐波,而且能够补偿不平衡导致的基波负序,考虑补偿的灵活性及户外功率平衡装置的容量,可以对谐波、负序综合补偿,也可以根据不同的控制策略进行灵活的选择性补偿,这和户外功率平衡装置的本身功率容量有直接的关系。假设三相电流中有一相与其它两相不平衡,进行 d-q 变换及低通滤波后,会把不对称的一相基波分量平均分到其它两相中去,从而补偿了不平衡负载所需要的负序分量,保证了系统三相电流对称。对于一相与另两相的不平衡系统同样可将两相的电流均衡到不平衡的单相,从而达到三相系统电流的平衡。

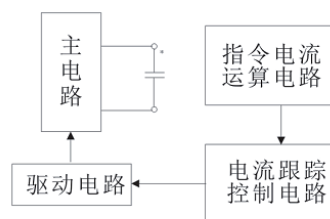
$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = C_{23} C_{TS} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \frac{7}{6} \begin{bmatrix} I_1 \sin(\omega t + \phi_1) \\ I_1 \sin(\omega t - 2\pi/3 + \phi_1) \\ I_1 \sin(\omega t + 2\pi/3 + \phi_1) \end{bmatrix}$$

根据上式的理论,如果 A 相电流增加了 0.5 倍,那么 B、C 相检测的基波电流的幅值均增加 1/6, A 相检测的基波电流的幅值减少了 1/3,从以上理论可以看出,户外功率平衡装置不但能够补偿谐波和无功,也能够补偿不平衡负载引起的负序,三相电流的不平衡度越大,则负序分量越大,需要的户外功率平衡装置容量就越大。假如三相电流中有一相与其它两相不平衡,经过对称分量分解三相电流中存在基波负序分量,若由于户外功率平衡装置容量的限制对基波负序不进行补偿。因为没有补偿基波负序,所以三相基波电流仍保持原来状态。下式即为无补偿的状态:

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3}{2} I_1 \sin(\omega t + \phi_1) \\ I_1 \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \phi_1) \\ I_1 \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \phi_1) \end{bmatrix}$$

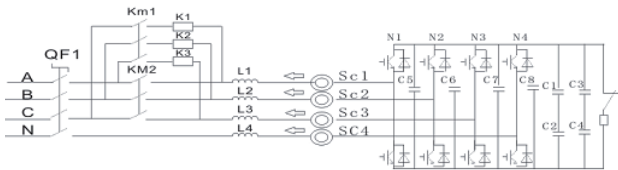
按照以上的理论三相不平衡系统的补偿完全可以采用我公司所设计的有源户外功率平衡装置进行完全的三相平衡矫正或者称为三相均流。

硬件示意图



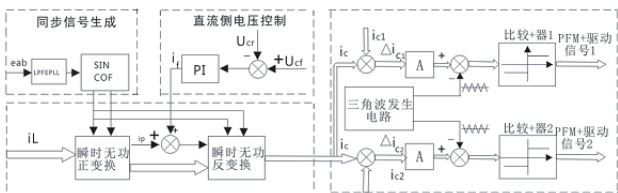
有源三相功率平衡装置

其主电路形式如下：



(2) 控制系统

控制系统示意图如下：



控制系统主要分为两部分，一部分是平衡电流生成系统，另一部分是控制功率单元的驱动信号。

从数学的角度，电流可分解为： $I=I_{正}+I_{负}+I_{零}$ 其中负序电流体现了三相不平衡程度，零序电流体现了中线电流，所以实现三相功率平衡，需要把电流中的负序分量和零序分量剔除掉，从而实现三相功率平衡，通过先进的瞬时无功算法，计算出负载侧电流中负序电流与零序电流。电流跟随控制系统是将平衡电流生成系统的指令转换为系统功率单元可接受的指令，使三相功率平衡装置输出相应电流，抵消负载的负序电流和零序电流，从而实现三相功率平衡以及消除中线电流的目的。研究的核心内容是有效的检测计算出电流中的负序与零序电流，同时可靠驱动功率单元输出平衡电流。

(3) 高频抗干扰模块

电力电子器件有固有特性就是在其开关频率下会产生高频干扰，可能会影响到用电设备的安全，对于三相功率平衡装置采用高通模块，消除可能出现的高频干扰。

(4) 智能化功能的实现

采用 GPRS 模块，一方面实现远程监控，根据电网需

求进行工作；另一方面，由于本设备硬件结构按照多功能设计，当电网有新的功能需求，如末端动态无功补偿时，可进行远端调节，满足智能电网的需求。

结束语

本文对农网中存在的问题及改进措施进行了一定的讨论。从现有的成果来看，部分问题已经得到了有效的解决，还有一部分的问题需要更新策略，对根源进行一定的调查。值得肯定的是，现有的措施的确起到了很大的积极效果，相信在将来的发展中，还会有一个更大的成就。

参考文献

- [1] 张宁；任玲；农村配电网网架结构规划方法研究[J]；农业网络信息；2011年06期
- [2] 许勇，王学峰农网改造工程管理中存在的问题及改进措施[J]；电源技术应用，2013(15)。
- [3] 李竹嵩. 强化农网工程管理，保障农网稳定运行[J]. 科技创业家，2012(01)
- [4] 逢锦波；论农村配电网安全管理的技术措施[J]；China's Foreign Trade；2011年24期

作者简介

魏国安（出生年月-1973.11.03），性别男，民族汉族，籍贯：河南长葛市人民路北段，现供职单位：河南亮明电控设备有限公司

职称：工程师，研究方向：电力系统自动化，风力发电和太阳能发电。

唐庆伟，男 现供职单位：河南亮明电控设备有限公司

职称：高级工程师，研究方向：电力系统自动化

张子亮，男 现供职单位：河南亮明电控设备有限公司

职称：总工程师，研究方向：电力系统自动化