

Analysis and Application of Load Simultaneity Factor in the Transformation of the Medium and Low Voltage Distribution Network

Neng Gao¹, Junying Zou¹, Jiaqi Tan¹, Mei Zhang², Yanli Zhang², Yashen Qi²

¹Foshan Power Supply Bureau, Guangdong Grid Co., Foshan

²Tianjin Tianda Qishi Electric Power High Technology Co., Ltd., Tianjin

Email: gao_neng@126.com, ying352@sina.com, tqj123@163.com

Received: Sep. 4th, 2013; revised: Sep. 15th, 2013; accepted: Sep. 20th, 2013

Copyright © 2013 Neng Gao et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: As the basic work of power market analysis, research and analysis of load characteristics is becoming more and more important for the business development of utilities. Load simultaneity factor is one of the important features of power load, which is also a basic parameter of power distribution system planning. Due to the restrictions of operating data acquisition, the load simultaneity factor in traditional analyzing and calculating calculation of was always far from the actual value. The popularization of computer monitoring systems in power systems has provided powerful conditions for improving the equivalence and the accuracy of load measured data. Thus, this paper analyzes the factors affecting the load simultaneity of distribution network firstly, and then puts forward the calculation method of the actual measured load simultaneity of distribution systems. Moreover, the method for analyzing and controlling the feeder loading capacity considering influence of the load simultaneity factor is presented too. The applications in the medium and low voltage distribution network in Foshan show that the method is practical.

Keywords: Load Characteristics; Load Simultaneity Factor; Capacity-Increasing

负荷同时率在中低压配网改造中的分析与应用

高能¹, 邹俊英¹, 谭家祺¹, 张玫², 张艳丽², 祁雅申²

¹广东电网公司佛山供电局, 佛山

²天津天大求实电力新技术股份有限公司, 天津

Email: gao_neng@126.com, ying352@sina.com, tqj123@163.com

收稿日期: 2013年9月4日; 修回日期: 2013年9月15日; 录用日期: 2013年9月20日

摘要: 作为电力市场分析的一项基础工作, 负荷特性的调研和分析对于电力企业的经营、规划和发展越来越重要。负荷同时率是电力负荷的重要特征之一, 也是配电系统改造中的一个基础参数。受运行数据采集方式的限制, 以往分析计算得到的负荷同时率与实际值相差较大。电力系统计算机监控系统的普及, 为提高负荷实测数据的同时性和准确性提供了有力条件。本文分析了影响配电网负荷同时率的因素, 然后提出了配电网系统负荷同时率的实测计算方法, 并考虑负荷同时率这一因素来分析馈线装接容量的控制方法。佛山中低压配电网的应用表明本文方法具有实用性。

关键词: 负荷特征; 负荷同时率; 增容改造

1. 引言

配电系统直接与用户相连，是电力系统向用户供应电能和分配电能的重要环节。随着电力系统的发展，配电系统可靠性和设备利用率已越来越引起供电企业的重视。

负荷同时率是表征电力系统负荷特征的一个重要参数^[1]。所谓负荷同时率，是指各类用户或行业的最大负荷不会出现在同一时刻，因此系统的综合最大负荷不是各用户最大负荷直接相加的和，而是要小一些，即系统的综合最大负荷小于系统各用户最大负荷的代数和，这种差别在计算中可用同时率来表示。

同时率(%)

$$= \frac{\text{电力系统综合最大负荷}}{\text{电力系统各组成单位的最大负荷的代数和}} \times 100 \quad (1)$$

考虑到同时率因素的存在，在实际的配电网规划改造分析工作中，针对某条馈线所挂接的不同类型的负荷，不能直接把它们简单相加求和，而是需要将这些不同类型负荷按照负荷特征曲线进行叠加，以得到各配变及馈线的负荷曲线，并以叠加的负荷曲线来指导业扩报装和设备改造工作，从而提高业扩报装工作的针对性，为系统设备利用率的提升供指导。这种负荷曲线叠加的形式为负荷同时率的实测计算提供了一种思路。

受运行数据采集方式的限制，以往分析计算得到的负荷同时率与实际值相差较大。现代电力系统计算机监控系统的普及和电力信息技术的发展，为提高负荷实测数据的准确性提供了有力条件。

目前，对于配电网中负荷同时率的分析，注重电网规划和负荷预测方面^[1-5]，但缺乏对负荷同时率在配电网增容改造中的有效应用。另一方面，在电力公司日常增容改造分析中，考虑到负荷同时率这一因素，仅通过公式计算来分析同时率，虽在一定程度上提高了同时率的准确性，但缺乏对已接入的负荷展开全面科学的分析和结果展示，更没有明确对接入不同负荷性质可接入容量给予指导。

为此，本文先分析了影响配电网现状负荷同时率的因素，提出了配电网系统负荷同时率的实测计算方法，以及基于负荷同时率的馈线装接容量分析控制方法。进一步，结合佛山地区电力负荷发展的实际情况，

以佛山地区在运的配变及 10 kV 馈线的负荷数据为依据，对不同负荷性质的配变和线路进行了负荷同时率实测分析。结合线路已接入不同负荷性质容量占比以及线路最大负载率，分析线路可接入不同负荷性质容量建议值，为配网增容改造分析工作给予指导。分析结果表明本文方法具有实用性，能够提高相关工作的针对性和有效性。

2. 影响负荷同时率的因素分析

负荷同时率的取值范围为 0~1，其大小受电力用户的多少、负荷构成、季节温度变化等因素均具有相关性。负荷同时率在各用户之间、各行业之间、各变电所之间及各系统之间都存在，不同系统有不同的负荷同时率值^[1]。佛山负荷同时率取值，主要受以下因素影响。

2.1. 负荷构成对负荷同时率的影响

电力系统负荷是由不同的负荷构成的，配电网实际终端用户的用电性质决定着负荷同时率大小。用电性质主要可分为居民负荷、工业负荷、农村负荷等。

居民负荷具有年增长以及明显于季节性波动和日变化的特点，直接影响系统峰值负荷的变化，其影响程度取决于居民负荷在系统中所占的比重。目前，随着人民生活水平地不断提高，冰箱、空调、热水器等敏感于气候的家用电器应用日益广泛，居民负荷变化对系统峰值负荷变化的影响越来越大。

工业负荷占总负荷比重较大，且一般受气候影响较小。由于工业负荷本身的基数很大，同时可安排多班连续生产，因此大部分工业负荷变动较小，属于较稳定的负荷。

农村负荷主要体现在农业用电对系统负荷的影响，其时间不长(例如仅在夏季生产排灌用电期间)，但负荷集中，容易造成用电紧张。

其他负荷所占比重较小，虽然也都有各自的不同特点，但对整个系统负荷影响不大。

佛山地区的用户用电负荷性质按照产业分类可分为第一产业、第二产业、第三产业和居民生活负荷，按照行业类型分类可分为农林牧渔、采矿业等八大行业 and 居民生活负荷，另外按照电费收取情况分类可分为大工业、普通工业、非工业、商业、居民照明、农

业用电、农村照明、稻田排灌等负荷类型。由于不同行业的负荷同时率具有特定的大致分布范围，这些分类数据可为系统实测负荷同时率分析提供基础，同时为配变装接的精细化管理提供依据。

2.2. 季节温度变化对负荷同时率变化的影响

气象因素(包括温度、湿度、气压、辐射、风速等)的季节变化直接影响系统最大负荷和系统负荷同时率的变化。一般当温度升高、湿度、气压增大、辐射强度增大时，气象敏感负荷会随之上升，反之则会下降^[4]。佛山地区的全年高峰负荷一般出现在 7、8、9 三个月中。

3. 负荷同时率计算方法

这里主要对配电网 10 kV 馈线(示意图如图 1 所示)与该馈线下挂接的线路配电变压器的同时率进行计算。

同时率实测数据来源于计量自动化系统的 10 kV 馈线出口、配变高(低)压侧计量点的负荷数据，通过与配网生产系统设备 ID 进行关联，可将计量点数据与电网结构相关联。由于配电网实际运行中常常存在负荷割接情形，故引入营销系统中的线路组合关系，对相互转供电的线路组合作为一个整体计算其整体同时率，避免出现同时率分析结果异常的情况。

某条馈线的负荷同时率的实测计算公式如下：

$$\text{同时率}(\%) = \frac{\text{一条馈线上的综合负荷}}{\text{该馈线下各配变的绝对最高负荷之和}} \times 100\% \quad (2)$$

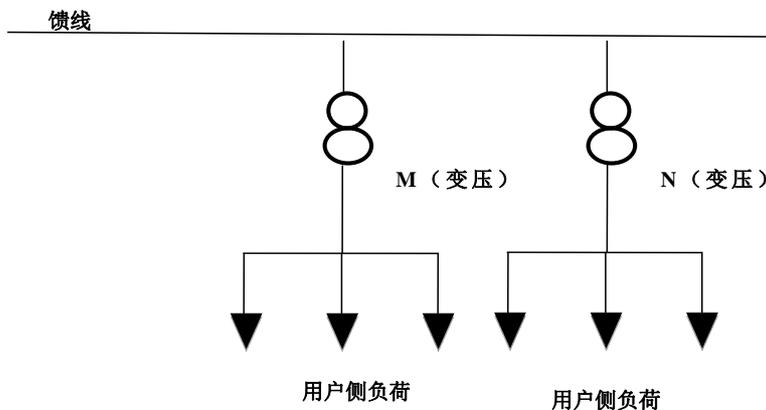


Figure 1. The diagram of distribution transformers connected with 10 kV lines
图 1. 10 kV 线路装接配变示意图

4. 基于同时率的馈线装接容量分析与控制

根据《南方电网“十二五”配电网规划细化大纲》要求，每回变电站 10 kV 出线所装接的配电变压器总控制容量：1) 工业用户不宜大于 10,000 kVA；2) 商业及办公不宜大于 12,000 kVA；3) 居民住宅区不宜大于 15,000 kVA。

但上述控制原则对配变装接容量的要求过于笼统，也未综合考虑影响线路配变装接总容量的导线型号、线路功率因数和负荷同时率等因素。基于实测的同时率，同时综合考虑其他影响因素，可以对线路的可装接配变容量做出更好的改造及规划方案，实现对线路负载率的有效规划和管控，避免线路长期重载或轻载。

考虑同时率因素，计算线路可新装接的配变容量(见图 2)的计算公式如式(3)所示。

上图是馈线装接容量的示意路图，紫色部分代表已有的线路配变情况，黄色部分代表新装接的配变。新装接配变的容量可由下面的公式计算得到。

$$\frac{(\text{新接配变容量} \times \text{功率因数} + B) \times C}{\text{线路额定装接容量}} \times 100\% = a \quad (3)$$

式中， a 代表某条馈线负载率的上限， B 为该馈线各配变负荷最大值的和， C 为该馈线的同时率。

5. 应用算例

5.1. 算例简介

以广东佛山某地区的在运配变及 10 kV 馈线负荷数据为例验证本文方法的有效性。中低压配电网电压

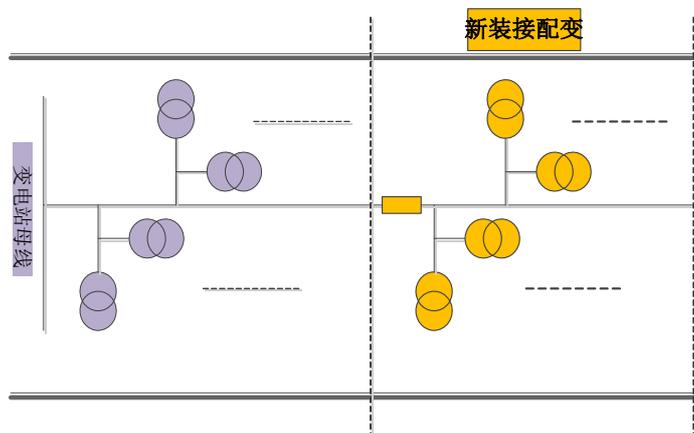


Figure 2. The diagram of new distribution transformers connected with 10 kV lines
图 2. 10 kV 线路新装接配变示意图

等级为 10 kV 和 0.38/0.22 kV，由于缺少 0.38/0.22 kV 电压等级的实测负荷数据，此次只针对 10 kV 馈线及配变负荷同时率分析。数据主要来源于计量自动化系统、营销系统和生产系统。其中从营销自动化系统获取该地区 3778 条馈线、42,575 台配变 2012 年 7、8、9 三个月每日 96 点的负荷数据；从营销系统获取线变关系数据及用户性质数据；从配网生产系统获取台账等数据。

依据所获取的馈线出口及配变每日 96 点负荷数据，绘制出不同类型负荷的负荷特征曲线，并将这些曲线进行迭加，可以得到配变及馈线的负荷曲线，从而测算负荷同时率。结合线路已接入不同负荷性质配变占比以及线路最大负载率，分析线路可接入不同负荷性质容量建议值，为配网增容改造分析工作给予指导。

5.2. 结果分析

对于以某种负荷性质(工业负荷、居民负荷等)为主的线路，其所供负荷的用电规律一致与否与线路同时率的高低存在很大关系。图 3 为“721 立交线”(接线模式为单辐射)所接配变的用电负荷曲线。由图 3 很容易发现 1#、2#、3#、4#、5# 配电变压器的负荷用电为主高峰时间基本趋同，使其用电高峰相对一致，同时率达到 0.95。其同时率高的主要原因“721 立交线”的线路负载率也达到重载边缘 78.9%。为满足安全可靠供电，新业扩报装业务不宜再挂接其上。

图 4 为“715 朱沙乙线”(接线模式为多分段单联络)所接配变的负荷曲线。由于 1#~8# 配变中 6# 配变和

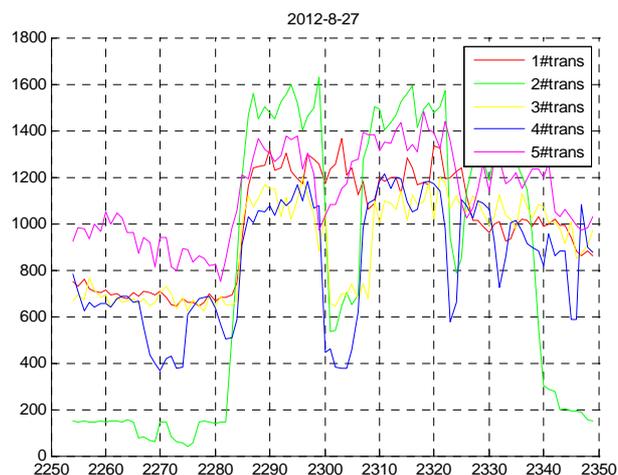


Figure 3. The load curve diagram of distribution transformer connected to “Li-jiao line”
图 3. “立交线”所接配变的负荷曲线示意图

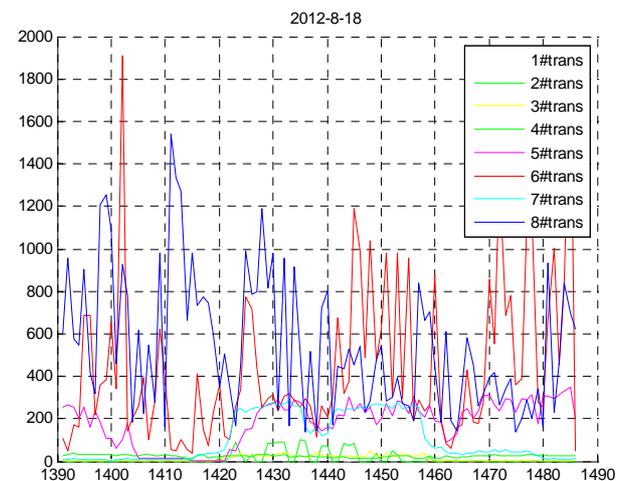


Figure 4. The load curve diagram of distribution transformer connected to “Zhu Sha-yi line”
图 4. “朱沙乙线”所接配变的负荷曲线示意图

8#配变为冶炼工业负荷,使用较多冲击性负荷设备,使其最高负荷相对错开,其同时率仅为0.36,其线路负载率也只达到了38.6%,因此可考虑在该线路添加负荷波动较小(多班连续生产)的工业负荷800 kVA容量或添加居民生活负荷1000 kVA容量,此时同时率分别为0.75和0.73,线路负载率分别为41.2%和41.7%,在满足安全可靠供电的前提下可提高线路的利用率。

6. 结语

负荷同时率是影响线路配变可装接容量的一个重要因素,需要在实际配网管理和规划改造工作中予以考虑。系统负荷同时率的大小与负荷均匀程度、季节温度、产业结构及用电行业等多种因素有关。本文提出通过实际负荷曲线拟合和负荷曲线叠加来分析线路负荷同时率的实测方法。结合线路已接入不同负

荷性质容量占比以及线路最大负载率,分析线路可接入不同负荷性质容量建议值,为配网增容改造分析工作给予指导。该方法简洁实用,便于程序实现,可以有效提高线路配变增容改造分析的准确度,从而为业扩供电方案等工作提供一个良好的业务支撑手段。

参考文献 (References)

- [1] 田怀源,周步祥,冯燕禧,等 (2011) 城市电网规划中负荷同时率的选择技术研究. *四川电力技术*, **34**, 38-41.
- [2] 杨慢慢,李燕青,王福菊,等 (2011) 改进的空间负荷预测法及其应用. *电力科学与工程*, **27**, 35-38.
- [3] 朱振伟,方鸽飞,王国福,等 (2008) 电网夏季气象敏感负荷特性分析. *华东电力*, **36**, 53-58.
- [4] 何善瑾 (2008) 上海电力系统最大负荷同时率分析. *供用电*, **25**, 13-15.
- [5] 赵明奇 (2005) 配电网规划研究. 东南大学, 南京.