

电力载波系统基础上的远程电能质量监测

孙英涛¹, 孙莹¹, 王砥凡²

(1. 山东大学电力工程学院, 山东 济南 250061; 2. 山东临沂电业局, 山东 临沂 276000)

摘要: 电能质量已经引起了众多方面的重视,对电能质量进行分析和统计将是电力供电部门提高自身供电质量,提高竞争能力的必要手段。随着“一户一表”工程的最终实现,为在低压负荷侧进行电能质量的分析提供了基础条件。从这两个方面考虑,对低压用户端的供电质量进行统计和分析,不仅能对电能质量标准的制定提供必要的数据,而且能从根本上考察用户是否遵守了系统的谐波标准,为谐波污染的治理提供依据。

关键词: 傅立叶变换; 电能质量; 电力载波; 电力谐波

中图分类号: TM764 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2002)03-0023-04

1 引言

电力系统当中,随着电子技术的飞速发展,非线性负载将逐渐增多。除了部分负荷功率比较大的工业用户之外,许多大容量的家用电器,比如,大制冷量的家庭空调、洗衣机、电视机以及个人电脑大多采用二极管进行整流,这些电力负荷中,大量存在开关电源,(开关电源会在电力线路之上产生很大的高次谐波)随之在电力线路之上产生很大的谐波污染。同时大容量家用电器的启动同样也会造成电压的波动。由于他们是单相负荷,因此还会造成输电线路上的不平衡电流。我国的电力线路谐波的治理并不是很完善,而且相对而言,对众多的谐波源没有进行必要的约束,导致了电力线路上谐波污染的不断加剧,电力线路的波形质量每况愈下。

总之,随着电力系统装机容量的不断扩大,已经能够满足日益增长的电力负荷要求,人们就越来越关心在保证供电的情况下,获得的电能是否合格,是否能满足生产或者生活的要求。我国在1990年的时候,就根据国外的标准制定了电能质量国家标准,并且伴随着我国对电力生产和电网的运行实行公司制改造,又制定了《电力法》。可见,电能质量已经引起了国家和众多方面的密切关注,电能质量监督已列入电力系统九大监督项目之一,因而对供电质量的监测系统的研究将具有重大意义。与国外的情况相比,我国在电能质量的控制管理、监控方面还处于探索阶段。

2 集中抄表系统概述

2.1 典型电力载波抄表系统

电力系统载波抄表系统是当前应用比较广泛的一种电力系统自动化系统,它能有效地利用现有的

电力线路进行数据的传输,从而避免了重新架设通信通道的问题,具有其他的通信方式所不能比拟的优越性。典型的电力载波集中抄表系统的结构如图1所示:

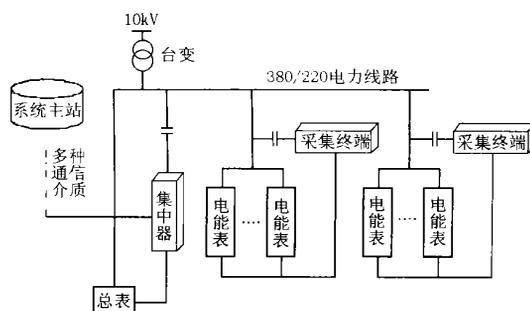


图1 电力载波抄表结构图

在本系统中,用户的电能表通过脉冲线路将表的读数发送到采集终端上,然后通过载波的方式,将采集终端所管辖电能表的信息传送到所属的集中器中。在抄表主站可以通过多种不同的通信介质将集中器里的电能表信息抄回主站,再由主站软件对数据进行数据处理。

2.2 电力载波抄表系统的运行弊端

结合实际设备的现场运行情况和对市场的了解,我们发现电力载波集中抄表系统在现场的实际运行中还存在着一一些问题:

最为普遍的问题是电力线路上存在着大量的谐波,尤其是在电力负荷比较密集的区域。电力系统波形质量的下降,最终会严重干扰电力载波集中抄表系统的工作。发生数据传输错误甚至是数据根本不能上传,而且不同的现场有不同的实际情况,很难有一个比较理想的解决方法。这也是对本系统进行研究和开发的一个最基本的初衷。

在不同的设备厂家中,都不同程度地存在着

硬件设备浪费的情况。许多生产厂家为了能够避免电力系统的谐波干扰,采用了比较昂贵的设备,虽然能够基本解决谐波干扰的问题。但是存在严重的硬件浪费的现象。可以通过系统的开发来挖掘系统的现有资源。

针对上述的情况分析,对电力载波集中抄表系统的功能进行必要的扩充。一方面,可以通过对系统的电能质量中的谐波进行分析后,得出对载波信号有干扰的谐波信息,进行针对性的滤波。另一个方面,可以对电力用户的供电质量问题进行分析,满足对电力用户进行电能质量分析的要求。加强对低压用户电能质量的分析和管理工作,将是供电企业自身发展、提高广大电力用户供电质量并逐步实现与国际接轨的必要条件。

3 电力载波抄表系统进行电能质量监测功能扩充的优势

众所周知,公共电力网络上的谐波污染,大多数是由于电力负荷中存在的谐波源向电力网络中注入大量的非工频谐波而造成的。因此,对电力用户的谐波源进行必要的限制,从根本上杜绝电力用户的非工频谐波向电力网络注入,将是解决电力网络谐波污染日益严重,净化电力系统最根本的方法。

另外,电力谐波标准制定的是出于大多数的用电设备都由低压电网进行电力供应的考虑,因此电力谐波标准制定的主要任务是保证低压电网的供电电能质量,使众多的用电设备免受电力谐波的干扰。因此低压电网的谐波电压允许值是谐波标准制定的基础限值。

在对电能质量进行分析的过程中,电能质量数据的采集和数据分析,是对电能质量进行分析的关键所在。在我国的电力谐波标准中,对谐波的测量有如下的规定:在电力谐波的测量点的选择上,原则上选择谐波源用户接入电力公共网的公共连接点作为谐波的测量点。测量该点的谐波电压和用户注入电力网络的谐波电流,要求监测点的谐波水平必须符合谐波国家标准的规定。

从以上的分析可以看出,在原有的电力载波系统的基础之上进行电能质量监测功能的扩充有着明显的优势:首先,载波抄表的最终对象是面广、量多的电力低压和中压用户。针对这些用户的电能质量的统计和监测,本身就满足了电力谐波测量点的选择标准。另外,在载波通信通道已经建立的基础之上,进行功能的扩充,可以减小设备的二次投资。这

些都是在原系统上进行功能扩充的优势所在。

4 电能质量的具体标准和基本分析方法

电能质量的标准以及影响电能质量的因素是一个比较复杂的问题,迄今为止,电力用户、电力供应部门以及电力设备供应部门仍然存在不同的认识。尽管如此,有几项要求,如波形质量,电压波动和闪变、凹陷和凸起,三相电压不平衡已经达成共识。将其简要叙述如下。

4.1 电压的波动和闪变

电压波动 (Voltage Fluctuation):电压波动 V 是指工频电压的包络线的一系列变动和周期变化。常以相邻两个电压波形的极值电压的均方根值(或者峰值)之间的差值与额定电压之间的百分比来表示。它的公式为: $V = \frac{U}{U_N} \times 100\%$ 或 $V =$

$\frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100\%$ 。国家标准中规定每秒的 V 的变化大于 0.2% 为电压波动,否则就视为电压的偏差。

电压闪变 (Flicker):电压闪变是指电压的波动引起人眼对灯光的主观感觉。在白炽灯为主要照明工具的场所就更为显著。它不仅与电压波动的大小有关,而且还与波动的频率波形照明灯具的性能以及人的视觉感受能力等因素有关。

4.2 电压的凹陷和凸起

电压凹陷 (Sag):电压凹陷是指在工频条件下,电压或者电流的有效值减小到 0.1 ~ 0.9pu 之间,并且时间持续 0.5 个周波到 1min。

电压凸起:电压凸起是指在工频条件下,电压或者电流的有效值上升到 1.1 ~ 1.8pu,并且时间持续 0.5 个周波到 1min。

电压的凹陷和凸起一般是由于系统的故障引起的。两者都没有很明确的规范定义。

4.3 电网的谐波

电力谐波是指对周期性的交流电量进行必要的数学分解后,得到频率为基波频率的倍数大于 1 的整数倍分量。对电力谐波的分析中要测量谐波内容如下:各次谐波量包括谐波的幅值(或有效值)和相位;各次谐波的含有量;总谐波畸变率 (THD);谐波功率 (P);谐波的阻抗 (Z)。

电力谐波是电力系统中比较重要的一个方面,谐波分解的方法很多,在理论和实现上都比较成熟的是傅立叶变换,它有着明确的物理含义,其基本的

理论公式是:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} x(t) \cos\left(\frac{2n\pi t}{T}\right) dt,$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} x(t) \sin\left(\frac{2n\pi t}{T}\right) dt \quad n = 1, 2, \dots$$

在 $n = 0$ 的情况下, $a_0 = \frac{1}{T} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} x(t) dt$

其中 $x(t)$ 是周期为 T 的周期函数。通过这样的变换,可以求得在实际复合波形中存在的谐波信息。 n 次谐波信息可以通过如下的公式进行求解:

谐波分量的幅值: $A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$, 谐波分量

的相位: $\phi_n = -\arctg \frac{a_n}{b_n}$ 。

从而可以将采集的波形分解如下: $x(t) = a_0 +$

$$\sum_{n=1} A_n \cos\left(\frac{2n\pi t}{T} + \phi_n\right)$$

通过数据模拟,发现这种谐波分解方法在一定的误差范围之内,能够满足现场的实际需要。这种谐波分析方法的优势在于它的编程实现比较简单。

4.4 三相电压不平衡度

三相电压不平衡度是指三相电力系统三相不平衡的程度,用电压或者电流负序分量与正序分量的均方根值的百分比表示。

对电力三相不平衡度的分析可以通过对称分量法进行,在分解出正序和负序分量之后,电力网络的三相不平衡度就可以求出。计算三相不平衡度的时候,可以通过下面的简化算式求得:

$$\text{三相不平衡度: } u = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\sqrt{1 - \sqrt{3 - 6}}}{\sqrt{1 + \sqrt{3 - 6}}}$$

其中 $= \frac{U_{ab}^4 + U_{bc}^4 + U_{ca}^4}{(U_{ab}^2 + U_{bc}^2 + U_{ca}^2)^2}$

(U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 分别是三个线电压的幅值。)

5 系统实现的基本功能

因为本系统是在原来的电力载波集中抄表系统的基础之上进行的功能扩充,因此在完成原有系统功能的基础上,可以完成以下几个基本的功能。

5.1 软件部分的功能

主站软件部分:主站软件是整个系统的管理中心,它要根据采集的数据完成电能质量的统计分析功能。主站软件的主要功能如图2所示。

5.2 硬件部分的功能

硬件部分:硬件部分是系统的数据采集部分,主

要完成数据的采集和部分数据的预处理功能,为后台分析作数据准备。其功能如图3所示。

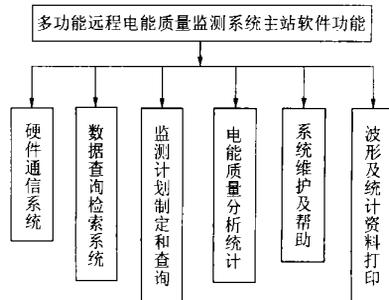


图2 主站软件功能图

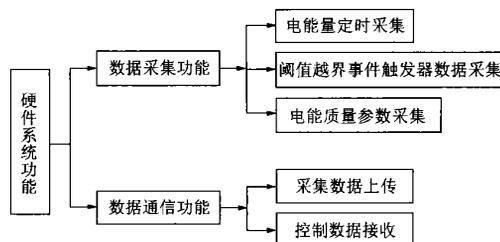


图3 系统硬件部分功能图

5.3 波形分析及测试结果

假设是工频 50Hz 受到三倍工频 (0.5pu) 五倍工频 (0.3pu) 七倍工频 (0.2pu) 以及 13 倍工频 (0.3pu) 的干扰,它们的实测波形以及谐波含量直方图分别如图4所示:

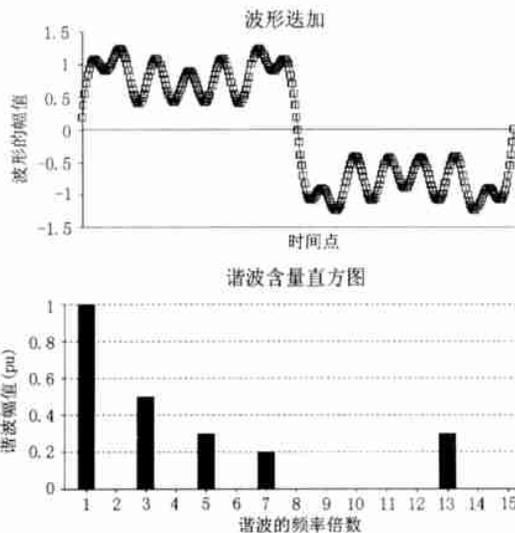


图4 干扰波的实测波形和谐波含量直方图

6 结论

本文通过分析电能质量的重要性和电能质量分

析的基本方法,针对电力系统的谐波进行傅立叶变换(FFT),并且能够达到比较满意的结果。通过分析电力载波抄表系统的功能,阐明了在量多、面广的电力载波系统上对硬件和软件进行必要的改进和升级,对系统的基本功能进行扩充。能够为解决电力载波中数据传输受到谐波污染的问题提供数据依据。另外还能对电力用户进行电能质量的分析和统计,可以有针对性地用户谐波记录和监测,对从根本上解决谐波问题,有重大意义。

参考文献:

- [1] 林雪海,孙树勤. 电力网中的谐波[M]. 中国电力出版社,1998.
 [2] Dipi.-Ing. P,Martel,WellBow. 供电质量问题[J]. 国际电力,1997,(4):20-24.

- [3] 胡铭,陈珩. 电能质量及其方法综述[J]. 电网技术,2000,24(2).
 [4] 腾林,潘贞存. 电能质量及其监测方法[J]. 国际电力,1998,(4):42-46.
 [5] 赵燕坤. 电能质量的远程监测[J]. 华北电力技术,1999,(4).
 [6] Boisson O, Rioual P and Meunier M. New Signal Processing Tools Applied to Power Quality Analysis[J]. IEEE Transaction on Power Delivery,1999,14(2).

收稿日期: 2001-07-11

作者简介: 孙英涛(1976-),男,硕士研究生,主要的研究方向是电力系统的运行与自动控制; 孙莹(1959-),男,教授,研究生导师,现从事电力系统运行与自动控制的研究和教学工作; 王砥凡(1977-),男,助理工程师,现从事电力系统设备的运行检修工作。

Long-distance monitoring for electric power quality based on the carrier wave system

SUN Ying-tao¹, SUN Ying¹, WANG Di-fan²

(1. Shandong University, Jinan 250061, China; 2. Linyi Electric Power Bureau, Linyi 276000, China)

Abstract: Many utilities have attached importance to power quality. Analysis and statistics of the power quality is necessary for the utility to improve the power supply quality and the competition ability. When the project of "Single customer One meter" come true eventually, it provide the basic term of the power quality analysis on the side of low-voltage costumers. On both the sides, the analysis and the statistics of the power quality orient to the low-voltage customer can not only provide the necessary data to establish the power quality index, but also can examine whether the customer abide the system harmonic index or not. So it can provide the evidence to manage the harmonic pollution.

Keywords: fourier transform; power quality; carrier wave; power harmonic

诚邀您的加盟

共创美好未来

珠海许继(东)芝电网自动化有限公司是中国许继电气股份有限公司与日本东芝公司共同出资组建的中外合资公司,公司主要从事电力系统配电网自动化系统产品的开发、生产、销售及售后服务。公司致力于将国际领先技术与中国国情相结合,以创新引导需求,创造性地设计、开发符合中国国情的产品和服务,为电力行业提供一流的理想解决方案。

因公司发展需要,现向社会广纳贤才,公司提供有竞争力的薪酬体系及优厚的福利待遇,完善的培训、晋升体制,幽雅、舒适的办公环境。欢迎电力系统自动化的专家及精英人士加盟,共创辉煌企业、实现人生梦想!

软件工程师:

大学本科以上学历,计算机软件、电力系统自动化或相关专业;精通 C/C++ 或 Visual C++、JAVA 等编程语言和开发工具;熟悉计算机通信及网络硬件,掌握 Windows、Unix 或 Linux 平台下的通信及网络编程或测试方法,具有良好的团队协作精神;3年以上本岗位工作经验。

硬件工程师:

大学本科以上学历,计算机、通信、电力系统自动化专业;有单片机或 DSP、嵌入式系统应用开发经验、熟悉电力系统、能熟练使用电路板设计软件,熟悉电子元器件的应用,有通信软件编程经验,熟悉电力系统通信规约,具有良好的团队协作精神;4年以上本岗位工作经验。

通信工程师:

大学本科以上学历,计算机、通信、电力系统自动化专业;了解 OSI 体系结构及各层的相关协议,特别是数据链路层和物理层协议,掌握通信网络、光纤通信网和光纤接入网技术,熟悉 SDH、ATM 系统和用户接入系统,掌握数据通信理

论、网路结构和系统设计方法,充分了解光通信领域和计算机网络的最新进展,具有良好的团队合作精神;4年以上本岗位工作经验。

测试工程师:

大学本科以上学历,计算机、电力系统自动化相关专业;熟悉各种测试仪器的使用操作,掌握各种电气参数的测试方式,有良好的质量验证意识,有单片机或电子产品开发经验,熟悉 51、68 系列单片机系统及电子、电气控制数据采集系统硬件原理结构和测试方法,具有良好的团队合作精神;3年以上本岗位工作经验。

本招聘广告长年有效

珠海许继(东)芝电网自动化有限公司

地址: 珠海市吉大白莲路 184 号立体科技大厦 5 楼

邮编: 519015

电话: (0756) 3375403, 8632110 转人力资源部; 陈小姐

传真: (0756) 8632210

E-mail: zhxj@pub.zhuai.gd.cn