

基于 MATLAB 的跨平台电能质量分析软件研究

刘宇航, 黄军, 周晋, 董祥

(西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031)

摘要: 在电能质量测试工作中, 需要对测试仪器采集的数据进行分析。介绍了基于 MATLAB 7.1 开发的离线电能质量分析软件的原理和功能。无论是对于三相电力系统还是单相牵引供电系统, 该软件都能进行电能质量的自动分析和定制分析, 具有通用、高效、灵活和人性化的特点。最后提出了利用 MATLAB Compiler 和 MATLAB Component Runtime 实现软件跨平台和独立运行的方法。

关键词: 电能质量; 分析软件; 跨平台

Abstract: Data gathered by measuring instrument are required to be analyzed in power quality testing. The principle and the function of the off-line power quality analysis software are introduced. Power quality analysis can be performed automatically whether on three-phase power system or on single-phase traction system by the software which is general, high efficient, flexible and humanized. In the end, the method to make the software be capable to execute independently and on multi-platform is proposed by using MATLAB Compiler and MATLAB Component Runtime.

Key words: power quality; analysis software; cross-platform

中图分类号: TM769 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)02-0078-03

在电能质量测试工作中, 需要对测试仪器采集的数据进行分析。电能质量测试仪一般都配有在线监视和离线分析软件, 但常常不能完全提供分析工作所需的功能, 如对任意时间点或时间段的电能质量进行分析, 消除背景谐波和负序的影响, 根据不同电压等级、根据国标自动采取相应的算法^[1], 以及根据需要自动、灵活地生成图表等。例如对于交流电气化铁路牵引变电所的电能质量分析, 除了三相电力系统常用的分析方法外, 还要根据供电电压、接线形式、行车情况等具体分析。而这些往往需要对仪器采集的数据离线的进行再次编程处理或利用其他统计工具进行人工分析。所以, 通用于电力系统和牵引供电系统的, 功能强、效率高、设置灵活, 并且操作方便的电能质量分析软件将极大地简化电能质量离线分析工作, 提高工作效率。

1 算法

1.1 电压偏差

国标 GB/T 12325-2003《电能质量 供电电压允许偏差》^[2]中规定:

$$\text{电压偏差}(\%) = \frac{\text{实测电压} - \text{额定电压}}{\text{额定电压}} \times 100(\%)$$

35 kV 及以上供电电压正、负偏差的绝对值之和不超过标称系统电压的 10%; 10 kV 及以下三相供电电压允许偏差为标称系统电压的 $\pm 7\%$; 220 kV 单相供电电压允许偏差为标称系统电压的 $+7\%$, -10% 。

对于 35 kV 及以上供电电压, 采取如下方法计算: 计算出每一个采样点的电压偏差 $Dev(t)$, 统计出每一分钟的最大偏差值 $\max(Dev)$ 和最小偏差值 $\min(Dev)$, 如果 $\max(Dev) - \min(Dev) < 10\%$, 则认定这一分钟的电压合格, 反之, 则不合格。

铁道部行业标准 TB 10009-2005《铁路电力牵引供电设计规范》^[3]中规定: 牵引网的最高电压为 29 kV, 最低电压为 20 kV^[1]。

1.2 电压畸变率

按照国标 GB/T 14549-93《电能质量 公用电网谐波》^[4]和 GB/Z 17625.4-2000《电磁兼容 限值 中、高电压电力系统中畸变负荷发射限值的评估》^[5]的规定:

谐波电压含量

$$U_H = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} (U_h)^2}$$

电压畸变率

$$\text{THD}_u = \frac{U_H}{U_1} \times 100(\%)$$

谐波测量的数据应取测量时段内各相实测值的 95% 概率值中最大的一相值, 作为判断谐波是否超过允许值的依据。实测值 95% 概率值按下述方法近似选取: 将实测值按由大到小次序排列, 舍弃前 5% 的大值, 取剩余实测值中的最大值。

1.3 电压不平衡度

国标 GB/T 15543—1995《电能质量 三相电压允许不平衡度》^[6]规定了不平衡度的表达式:

$$\epsilon_U = \frac{U_2}{U_1} \times 100(\%)$$

式中: U_1 ——三相电压的正序分量方均根值, V;

U_2 ——三相电压的负序分量方均根值, V。

判断是否合格, 应和实测值的 95% 概率值对比, 即将实测值按由大到小次序排列, 舍弃前 5% 的大值, 取剩余实测值中的最大值。

1.4 功率因数

对于三相系统

$$\begin{cases} p(t) = p_A(t) + p_B(t) + p_C(t) \\ q(t) = q_A(t) + q_B(t) + q_C(t) \end{cases}$$

一段时间 $[t_1, t_2]$ 内, 无功若采用反送不计的方式, 则

$$\begin{cases} P = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt \\ Q = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} q(t) dt \end{cases} \quad \begin{matrix} p(t) > 0 \\ q(t) > 0 \end{matrix}$$

无功若采取反送正计的方式, 则

$$\begin{cases} P = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt \\ Q = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} |q(t)| dt \end{cases}$$

有功的计量方式均为反送不计。

2 软件的实现

软件基于 MATLAB 7.1 编程实现。MATLAB 提供了大量的数学运算和矩阵操作函数, 还提供了丰富的数值绘图函数, 这些函数功能强大, 稳定性好, 经过了长期、大量的检验, 可靠性高。利用 MATLAB 提供的图形用户界面 (GUI) 编辑器, 可以方便地设计软件的图形界面, 如图 1。并且由于 MATLAB 推出了不同操作系统平台下的版本, 基于 MATLAB 开发的图形界面程序可以相当方便地移植到 Linux 或 MAC/OS

系统下, 这是与 VC/MFC 等开发平台相比很大的优点。

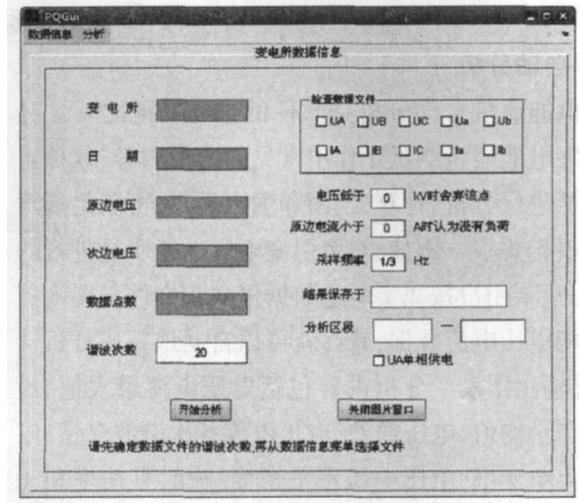


图 1 电能质量分析软件的界面

2.1 数据格式及信息初始化

本软件进行分析所需的数据来自各种测试仪器, 要求的数据文件格式为二进制文件、文本文件或 Excel 文件, 其结构如图 2。

本软件的一个特色就是可以根据数据文件的文件名自动的获得数据信息, 前提是所有的数据文件均按如下规则命名, 以二进制 dat 文件为例。

〈变电所名〉〈变量名〉〈额定电压〉-〈日期〉. dat

如马角坝变电所 A 相电压 U_A 数据文件, 额定电压 110 kV, 测试日期 2008 年 9 月 27 日, 则文件名应为:

马角坝 UA110-08-09-27. dat

程序可自动识别, 并检查各相电压和电流文件是否存在。

对于三相系统, 完整的数据应包括三相电压和三相电流数据; 对于电气化铁路中三相一两相或单向系统, 也须提供相应原、次边各相的电压、电流文件。在读取数据文件前, 要求用户提供谐波次数和采样频率信息。

例如, 对成都铁路局辖下马角坝牵引变电所进行的电能质量测试, 采用西南交通大学电气工程学院研制的 BDC-5 型牵引变电站电能质量监测系统, 记录了 24 h 内一次侧三相电压电流和牵引侧两相电压电流, 记录数据的频率为 1/3 Hz 数据文件中包含基波和 2~20 次谐波的幅值和相角。则在软件中将谐波次数设置为 20, 采样频率设置为 1/3 Hz 选择从 U_A 、 U_B 或 U_C 数据文件获取信息即可。

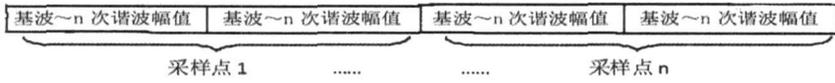


图 2 数据文件存储结构

2.2 自动分析

电能质量自动分析是软件的主要功能之一。针对实际电能质量测试工作中常见的分析内容,软件可自动地进行分析、计算、绘图和输出报表,可满足撰写测试报告要求。例如,对牵引变电所电能质量进行的测试,只要用户按 2.1 所述数据格式和文件名规则提供各相电压电流数据,软件就可以自动地完成分析计算,并输出图表。分析内容包括电压电流最大值、最小值和平均值、电压偏差、电压电流各次谐波含量、电压电流畸变率、电压电流不平衡度、瞬时有功率和无功功率、平均功率因数等。

2.3 定制分析

除了自动分析外,用户还可以灵活地利用本软件进行定制分析。如将 U、I、P、Q 等各种参数绘于一张图上进行比较分析,绘制 P、Q 等随 I 变化的趋势图,分析其波和谐波的相位变化或专门针对某一次谐波进行分析等。

2.4 独立、跨平台运行

MATLAB 7.1 中调用 MATLAB Compiler 命令为 mcc。如对 PQGui.m 进行编译,则可执行如下语句:

```
mcc -m PQGui.m
```

编译后的可执行文件在 Windows 系统中为 PQGui.exe 在 Unix/Linux 或 MacOS 平台下为 PQGui。为了实现软件独立于 MATLAB 环境运行,需要在要运行软件的计算机上安装相应的运行库——MATLAB Component Runtime。在 <matlabroot>\toolbox\compiler\deploy\win32 下找到 MCR Installer.exe 在目标机器上运行该文件安装 MATLAB Component Runtime。安装完成后,就可以在该机器上运行用 MATLAB Compiler 编译的程序了。

3 结论

基于 MATLAB 开发的跨平台电能质量分析软件实现了数据信息的自动识别,电能质量自动分析和定制分析功能。得益于 MATLAB 的多种平台版本 MATLAB Component Runtime 运行库,软件实现了跨操作系统平台运行。该软件通用于各种电压等级和接线方式的电能质量分析,运行效率高,分析方式灵活,界面设计人性化。

参考文献

- [1] 贺建闽,黄治清. 电压质量问题分析 [J]. 电气化铁道, 2002, 3.
- [2] GB/T 12325-2003, 电能质量 供电电压允许偏差 [S].
- [3] TB 10009-2005, 铁路电力牵引供电设计规范 [S].
- [4] GB/T 14549-93, 电能质量 公用电网谐波 [S].
- [5] GB/Z 17625.4-2000, 电磁兼容 限值 中、高电压电力系统中畸变负荷发射限值的评估 [S].
- [6] GB/T 15543-1995, 电能质量 三相电压允许不平衡度 [S].

作者简介:

刘宇航 (1983-), 男, 河北唐山人, 硕士研究生, 研究方向为牵引供电系统理论。

黄 军 (1983-), 男, 四川内江人, 硕士研究生, 研究方向为供电系统仿真与优化。

周 晋 (1983-), 男, 江苏盐城人, 硕士研究生, 研究方向为电力系统谐波分析。

董 祥 (1983-), 女, 甘肃通渭人, 硕士研究生, 研究方向为电能质量与控制。

(收稿日期: 2008-11-10)

中国首台特高压交流变压器通过关键绝缘性能试验考核

中国首台,也是世界首台 1000 kV、1000 MVA 单体式特高压交流变压器在特变电工沈阳变压器集团有限公司顺利通过带局部放电测量的长时感应电压试验 (ACLD) 的考核。

此前该产品已顺利通过常规项目试验和操作冲击、雷电冲击试验的考核,至此,该产品的关键绝缘性能已通过严格试验验证,中国特高压交流变压器的研制取得重大突破。

此次绝缘试验的成功充分验证和肯定了产品关键绝缘性能,为圆满完成特高压交流变压器全部型式试验提供了重要的技术保障。