

基于 LabVIEW 的变速恒频双馈风力发电电能监测系统

司媛媛 郑莹莹

司媛媛女士，合肥工业大学电力电子专业硕士研究生；郑莹莹女士，自动控制专业硕士研究生。

关键词：风力发电系统 变速恒频 虚拟仪器 电能质量 实时监测

一 引言

在风力发电中，当风力发电机组与电网并网时，要求风电的频率与电网频率保持一致，即保持频率恒定。恒速恒频，即在风力发电过程中保持风车的转速(即发电机的转速)不变，从而得到恒频的电能。在风力发电过程中让风车的转速随风速而变化，并通过其他控制方式得到恒频电能的方法称为变速恒频。

在风力发电系统中，对电能质量的监测相当重要。本文以 LabVIEW 为平台建立了电能质量监测系统，该监测系统不仅可以实现在线分析，也可对数据保存，进行离线分析。通过功能强大的 LabVIEW 软件，对各种计算结果进行数字显示、波形显示、频谱图显示等多种显示方法。

二 变速恒频双馈风力发电系统组成

变速恒频双馈风力发电系统由一台计算机、变频调速器、异步电动机、转矩转速传感器、双馈异步发电机和四象限变流器组成。系统的结构框图如图 1 所示。其工作原理是：通过计算机对风场进行模

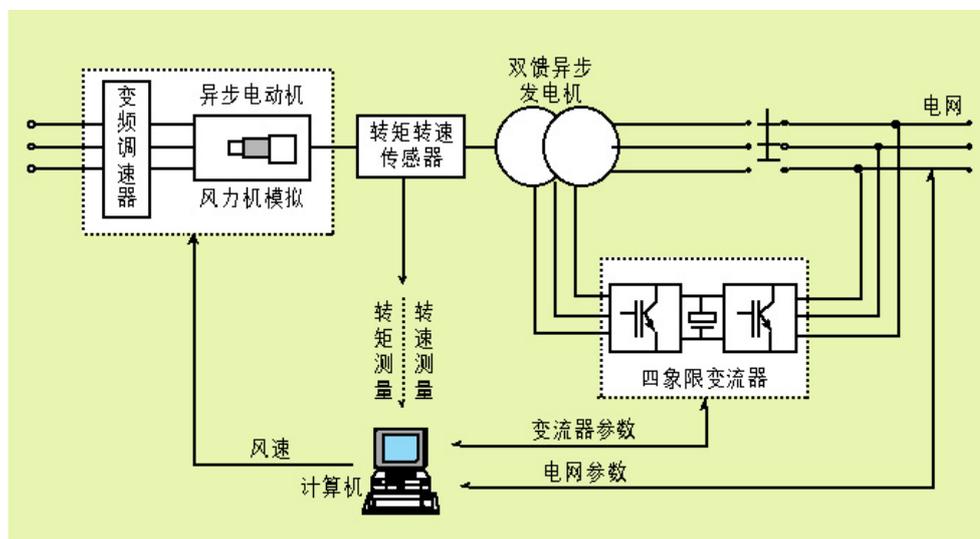


图 1 模拟系统结构框图

拟，算出转速信号，使变频器驱动交流电动机拖动双馈异步电动机进行发电，发电机定子直接上网，再通过四象限变流器获得电能的双向传递，以使发电机能在亚同步、超同步两种运行状态工作。

三 基于 LabVIEW 监测系统的实现

电力系统电能质量的指标主要包括电压偏差、频率偏差、波形(谐波含量)、电压波动与闪变和三相不平衡度等。不同的电压等级对电能质量有不同的指标，对电能质量的在线监测有助于了解电能质量的状况，对提高电能质量所采取的对策提供依据。

本监测系统对双馈异步发电机的定子和转子、四象限变流器以及电网的电能质量进行监测和分析(如图 2)。除实现实时检测功率、功率因数以及电压电流不平衡度、电压电流畸变率等参数外，还具有数据存储、数据回放等离线分析功能。该系统主要有数据采集、数据处理和数据存储 3 部分组成。

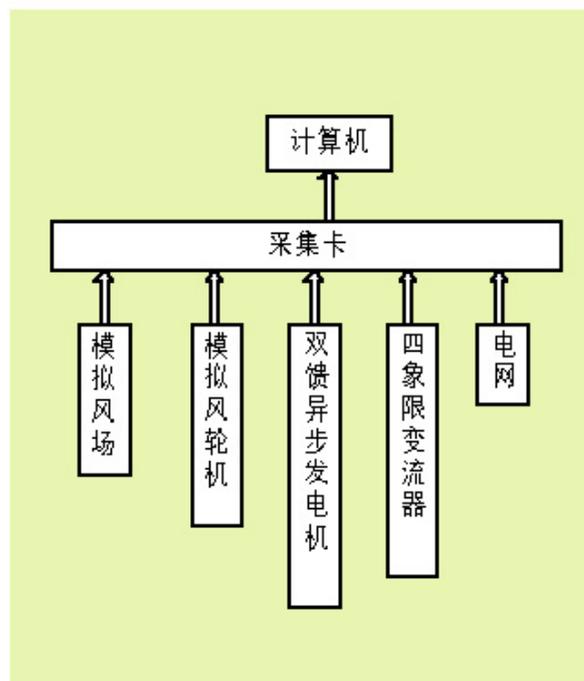


图 2 监测系统结构框图

1. 数据采集

本系统采用凌华 831 采集卡。采样率设置为 3200Hz。启用了 26 个通道，所采集到的信号是通过传感器经过隔离得到的，且都是 0~5V 的电压信号，再经过一定的比例转换为实际电压电流值，进行数据分析。

2. 数据处理

(1)数字同步算法的实现

在实际系统中，由于各种原因电压会发生不同程度的畸变，为了得到非畸变信号，通常采用锁相技术。将三角函数值做成表存储在计算机内存中，一般采用的电压过零检测法对三角函数进行定位，每半个周期过零点都需要重新定义，否则累计误差就会导致错误的结果。

这么频繁的定位影响了算法的速度，另外该方法对电网的原始波形依赖较大。本文采用一种基于傅立叶变换的锁相方法，该方法不需要频繁的定位，只要经过一个周期的计算就能得到同步信号，并且不受电网波形畸变和频率波动的影响，具有相应快、精度高的特点，同时克服了采集系统的时钟不能与电网的保持同步而带来的误差。

同步电压(U_s)为：

$$U_s = A \sin(\tilde{\omega} t) + B \cos(\tilde{\omega} t)$$

在离散数据处理时：

$$A(m) = \frac{2}{N} \sum_{k=m-N+1}^m u \sin(2\pi m / N)$$

$$B(m) = \frac{2}{N} \sum_{k=m-N+1}^m u \cos(2\pi m / N)$$

其中 $\sin(2\pi n/N)$ 、 $\cos(2\pi n/N)$ 为按采样频率得到一个周期序列值，并预先存储在计算机内。

(2) 功率及功率因数

对功率的检测包括有功功率、无功功率及视在功率的检测部分。有功、无功功率的检测方法主要是以瞬间功率理论为基础，依据瞬时功率的理论，将无功、有功电流的检测方法应用到功率计算中，功率检测中对应的为三相线电压同步信号，经过变换推导出有功功率 P 为三相电压的基波同步信号与相应电流瞬时值的乘积，无功功率为线电压基波同步信号与相应相电流的乘积。

视在功率(s)的定义为三相电压有效值和相应的三相电流有效值的乘积之和。

$$S = U_a I_a + U_b I_b + U_c I_c$$

(3) 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。造成三相电压不对称的主要原因有两大类：一类是大容量非对称负荷的接入；另一类是电网中的谐波造成三相不平衡。电能质量不平衡标准规定：电力系统公共连接点正常运行方式下不平衡度允许范围为 2%，短时间不得超过 4%。由此可见，不平衡度为系统安全运行的重要参数，体现了当前系统的安全状态，因此该参数监测的必要性很大。

不平衡度公式表达式为：

$$\frac{\text{基波负序有效值}}{\text{基波正序有效值}} \times 100\%$$

基波正序、负序有效值可由对称法获得。

(4)有效值

对周期信号有效值 U 定义为：

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt}$$

式中，T 为信号周期。如果信号包含谐波，则该信号 u 的有效值为：

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + \Lambda}$$

式中， U_0 、 U_1 …表示直流分量、1 次分量…等有效值。总有效值为各次分量有效值的方根值。信号中基波分量的有效值可以根据同步算法获得。

(5)畸变率

总畸变率 THD_U 公式定义如下：

$$THD_U = \frac{U_H}{U_1} \times 100\%$$

$$THD_U = \frac{I_H}{I_1} \times 100\%$$

式中， $U_H = \sqrt{U^2 - U_1^2}$ ，U 为采集信号的有效值， U_1 为采集信号的同步信号有效值。

(6)频率

本文通过傅氏算法对原始信号重构，获得了和其频率相同的标准的正弦信号。通过 3 点拟合确定频率，自适应调整拟合点的间距降低频率对余弦函数值的灵敏度，大大提高了检测精确度保证了算法的稳定性。实验表明，当系统频率远离其额定值时该算法仍能达到很高的精确度。

(7)谐波分析

本系统中的谐波分析采用 LabVIEW 软件中自带的快速傅立叶变换(FFT)算法。

(8)数据显示

对各种计算结果可以进行数字显示、波形显示、频谱图显示等多种方法。

3. 数据存储

将有用数据按照文本格式存储到计算机硬盘上的指定路径下，按照存储时间自动赋予文件名，以便查找。

四 结论

本系统在 110kW 的风力发电模拟系统上进行试验，试验结果表明该监测系统能够很好监测和分析电网及其他设备的电能质量。同时，利用 LabVIEW 软件为用户提供了灵活方便的操作界面。

（全文完）

来源《世界仪表与自动化》

出版日期：2006 年 6 月