



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102735978 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201210243138. 5

CN 102403734 A, 2012. 04. 04,

(22) 申请日 2012. 07. 13

CN 102307020 A, 2012. 01. 04,

(73) 专利权人 云南北方光电仪器有限公司

CN 102545257 A, 2012. 07. 04,

地址 650114 云南省昆明市西山区海口镇中滩街

WO 2011120435 A1, 2011. 10. 06,

审查员 徐辉

(72) 发明人 覃家川 马宏斌 许文田 贺彦  
杨伟声 柯伟 钟毅

(74) 专利代理机构 昆明今威专利商标代理有限公司 53115

代理人 赛晓刚

(51) Int. Cl.

G01R 31/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201946989 U, 2011. 08. 24,

CN 202309098 U, 2012. 07. 04,

CN 102117570 A, 2011. 07. 06,

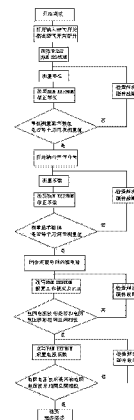
权利要求书2页 说明书5页 附图8页

(54) 发明名称

并网逆变器电脑在线调试方法

(57) 摘要

并网逆变器电脑在线调试方法,其步骤是:将并网逆变器的DSP通信源控制跳线器设置为“调试模式”,运行电脑中的RS232调试软件,对并网逆变器进行零点修正、配置和存储以及电压系数的修正、配置和存储;将并网逆变器的DSP通信源控制跳线器设置为“工作模式”,运行电脑中的RS485调试软件,对并网逆变器进行工作模式及PID配置和电流系数的修正、配置和存储;观察电网电流的波形,如果输出电网电流波形是正弦波且和电网电压的正弦波同相,则完成整个系统的调试;否则返回电流系数的修正再作调试。本发明提高了并网逆变器在线调试的安全性,在强干扰环境下效果尤其显著;调试只需额外使用数字万用表,调试快且设备投资很少。



1. 并网逆变器电脑在线调试方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤一:将并网逆变器的 DSP 通信源控制跳线器设置为“调试模式”,用 RS232 通信电缆将电脑的串行通信口与并网逆变器上对外的 RS232 通信端口进行连接,打开输入并网逆变器的 PV 模拟电源,待 PV 模拟电源输出稳定后打开输入空气开关使并网逆变器处于上电工作状态,断开输出空气开关,运行电脑中安装的 RS232 调试软件,将命令块 Bc 发送到 DSP, DSP 响应命令后将采样块 Bs、参数块 Bp、存储块 Bm 发送回电脑,电脑通过采样块 Bs 读出并网逆变器内各有关物理量传感器的测量值,对并网逆变器进行零点修正、配置和存储:

1. 如果测量值在万用表测量出的真实值范围内,则完成零点修正及配置;

2. 如果测量值不在真实值范围内,则通过电脑的调试软件将测量值和真实值的差值作为零点修正值逐一写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器,使测量值在真实值范围内,完成零点修正及配置;

3. 如果测量值和真实值相差太多,说明并网逆变器电路的硬件存在故障,应检查并网逆变器电路,排除故障后重新进行零点修正及配置;

步骤二:打开输出空气开关,通过 RS232 调试软件对并网逆变器进行电压系数的修正、配置和存储:

1. 如果测量值与真实值相等,则说明并网逆变器电路的硬件不存在故障,也不需要电压系数的修正及配置;

2. 如果测量值与真实值不相等,则通过电脑的调试软件将真实值除以测量值所得的电压系数修正值写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器后,使测量值与万用表测量的真实值相等,完成电压系数的修正及配置;

3. 如果反复改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器,通过电脑的调试软件观察电网电压、模块电压、电池电压的显示数值与万用表测量的真实值的误差大于  $\pm 2$  伏,表明并网逆变器硬件存在故障,修复硬件后重新进行电压系数的修正及配置;

步骤三:将并网逆变器的 DSP 通信源控制跳线器设置为“工作模式”,用 RS485 通信电缆将电脑串行通信口与并网逆变器上对外的 RS485 通信端口进行连接,保持输入并网逆变器的 PV 模拟电源和输入空气开关打开使并网逆变器处于上电工作状态,保持与电网相连的输出空气开关闭合使并网逆变器和电网接通,运行电脑中安装的 RS485 调试软件,将命令块 Bc 经过 CPU 中转发送到 DSP, DSP 响应命令后将采样块 Bs、参数块 Bp、存储块 Bm 经过 CPU 中转通过 RS485 总线发送回电脑,对并网逆变器进行工作模式及 PID 配置:

1. 如果观察到的输出电网电流波形是正弦波且和电网电压的正弦波同相,则完成工作模式及 PID 配置的调试;

2. 如果观察到的输出电网电流波形不是正弦波或者和电网电压的正弦波不同相,则通过电脑改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的工作模式及 PID 配置,使电网电流波形是正弦波且和电网电压的正弦波同相,完成工作模式及 PID 的配置;

3. 如果反复改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的工作模式及 PID 配置,观察到的输出电网电流波形都不是正弦波或者波形和电网电压的正弦波不同相,则表明并网逆变器硬件存在故障,修复硬件后重新进行工作模式及 PID 配置的调试;

步骤四:操作电脑中的 RS485 调试软件,设置功率输出模式为指定功率模式,控制并网逆变器直接进入并网模式,进行电流系数的修正、配置和存储:

1. 如果观察到的显示值与真实值相等,则完成电流系数的修正及配置;
  2. 如果观察到的显示值与真实值不相等,则通过电脑的调试软件将电流系数修正值写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器,使显示值与真实值相等,完成电流系数的修正及配置;
  3. 如果反复通过电脑改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的电流系数修正值,观察到的电网电流、模块电流、电池电流的显示值与真实值都不相等,表明并网逆变器硬件存在故障,修复硬件后重新进行电流系数的修正及配置;
- 步骤五:观察电网电流的波形,如果观察到的输出电网电流波形是正弦波且和电网电压的正弦波同相,则完成整个系统的调试;如果观察到的输出电网电流波形不是正弦波或者和电网电压的正弦波不同相,则返回步骤四的开头重新调试。

## 并网逆变器电脑在线调试方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于并网逆变器的调试技术领域,尤其涉及一种并网逆变器电脑在线调试方法。

### 背景技术

[0002] 并网逆变器工作性能的好坏,对于并网逆变器输出至电网的电流质量、功率特性和电网安全起主要作用。并网逆变器在出厂前由于电器元件的性能参数差异、潜在的电子元器件虚焊、接插件连接不可靠、电子元器件损坏等原因,会使并网逆变器工作性能变差或无法并网甚至产生安全问题。若不进行出厂前的调试(检查、修正、配置)补偿处理,会导致逆变器无法正常工作或失控。解决并网逆变器的调试问题采取的一般方法是使用 PV 模拟电源、数字万用表、示波器、功率计、谐波畸变测量仪器、录波仪等设备进行调试,所用调试设备较多而且价格较贵,并且在调试过程中由于电子元器件参数差异需通过挑选、组合电路电阻、电容的大小重新焊接。这样一来,由于并网逆变器强、弱电并存的特殊性及相关设备的不可同步比对测量特征,使逆变器的调试不易进行,甚至可能产生不可控的严重安全问题。因此,现有的并网逆变器调试设备及方法具有一定的局限性。

### 发明内容

[0003] 针对现有调试技术存在的缺陷,本发明提出一种并网逆变器电脑在线调试方法,通过在并网逆变器内的数字信号处理器 DSP 的软件和单片机 CPU 的软件上嵌入通信软件,使用并网逆变器内硬件上的通信芯片和 EEPROM 存储器,借助电脑和自主开发的专用调试软件,在联机、并网调试时系统只需使用数字万用表测量电流、电压,就能实现逆变器电路的检查、物理量的修正、工作模式及 PID(比例积分微分)的配置和存储的调试功能。

[0004] 本发明所述的并网逆变器电脑在线调试方法,其特征在于包括以下步骤:

[0005] 步骤一:零点修正及配置。打开并网逆变器的机箱,将并网逆变器的 DSP 通信源控制跳线器设置为“调试模式”,用 RS232 通信电缆将电脑的串行通信口与并网逆变器上对外的 RS232 通信端口进行连接,打开输入并网逆变器的 PV 模拟电源,待 PV 模拟电源输出稳定后打开输入空气开关使并网逆变器处于上电工作状态,断开输出空气开关,运行电脑中安装的 RS232 调试软件,将命令块 Bc 发送到 DSP, DSP 响应命令后将采样块 Bs、参数块 Bp、存储块 Bm 发送回电脑,电脑通过采样块 Bs 读出并网逆变器内各有关物理量传感器的测量值,对并网逆变器的电压、电流信号进行零点修正及配置:

[0006] 1. 如果测量值在万用表测量出的真实值范围内,则完成零点修正及配置;

[0007] 2. 如果测量值不在真实值范围内,则通过电脑的调试软件将测量值和真实值的差值作为零点修正值逐一写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器,使测量值在真实值范围内,完成零点修正及配置;

[0008] 3. 如果测量值和真实值相差太多,说明并网逆变器电路的硬件存在故障,应检查并网逆变器电路,排除故障后重新进行零点修正及配置。

[0009] 步骤二：电压系数修正及配置。打开输入空气开关，打开输出空气开关，通过 RS232 调试软件观察电网电压、模块电压、电池电压的显示数值是否与万用表测量的真实值相等：

[0010] 1. 如果测量值与真实值相等，则说明并网逆变器电路的硬件不存在故障，也不需要电压系数的修正及配置；

[0011] 2. 如果测量值与真实值不相等，则通过电脑的调试软件将真实值除以测量值所得的电压系数修正值写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器后，使测量值与万用表测量的真实值相等，完成电压系数的修正及配置；

[0012] 3. 如果反复改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器，通过电脑的调试软件观察电网电压、模块电压、电池电压的显示数值与万用表测量的真实值的误差大于  $\pm 2$  伏，表明并网逆变器硬件存在故障，修复硬件后重新进行电压系数的修正及配置。

[0013] 用 RS232 调试软件通过存储块 Bm 可以读出写入到 EEPROM 存储器的相应存储单元中的相关零点和系数修正的值。

[0014] 步骤三：工作模式及 PID 配置。将并网逆变器的 DSP 通信源控制跳线器设置为“工作模式”，用 RS485 通信电缆将电脑串行通信口与并网逆变器上对外的 RS485 通信端口进行连接，保持输入并网逆变器的 PV 模拟电源和输入空气开关打开使并网逆变器处于上电工作状态，保持与电网相连的输出空气开关闭合使并网逆变器和电网接通，运行电脑中安装的 RS485 调试软件，将命令块 Bc 经过 CPU 中转发送到 DSP，DSP 响应命令后将采样块 Bs、参数块 Bp、存储块 Bm 经过 CPU 中转通过 RS485 总线发送回电脑，对并网逆变器进行工作模式及 PID 配置的调试：

[0015] 1. 如果观察到的输出电网电流波形是正弦波且和电网电压的正弦波同相，则完成工作模式及 PID 配置的调试；

[0016] 2. 如果观察到的输出电网电流波形不是正弦波或者和电网电压的正弦波不同相，则通过电脑改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的工作模式及 PID 配置，使电网电流波形是正弦波且和电网电压的正弦波同相，完成工作模式及 PID 的配置；

[0017] 3. 如果反复改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的工作模式及 PID 配置，观察到的输出电网电流波形都不是正弦波或者波形和电网电压的正弦波不同相，则表明并网逆变器硬件存在故障，修复硬件后重新进行工作模式及 PID 配置的调试。

[0018] 步骤四：电流系数修正及配置。打开输入空气开关，打开输出空气开关，操作电脑中的 RS485 调试软件，设置功率输出模式为指定功率模式，控制并网逆变器直接进入并网模式，进行电流系数的修正及配置。观察电网电流、模块电流、电池电流的显示值是否与万用表测量的真实值相等：

[0019] 1. 如果观察到的显示值与真实值相等，则完成电流系数的修正及配置；

[0020] 2. 如果观察到的显示值与真实值不相等，则通过电脑的调试软件将电流系数修正值写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器，使显示值与真实值相等，完成电流系数的修正及配置；

[0021] 3. 如果反复通过电脑改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的电流系数修正值，观察到的电网电流、模块电流、电池电流的显示值与真实值都不相等，表明并网逆变器硬件存在故障，修复硬件后重新进行电流系数的修正及配置。

[0022] 步骤五:观察电网电流的波形,如果观察到的输出电网电流波形是正弦波且和电网电压的正弦波同相,则完成整个系统的调试;如果观察到的输出电网电流波形不是正弦波或者和电网电压的正弦波不同相,则返回步骤四的开头重新调试。

[0023] 调试方法所用的通信协议为:(1) 设 Zascii 为标准 ASCII 字符集。(2) 定义 Zascii 的子集 Zc(命令字符集)、Zm(存储字符集)、Zs(采样字符集)、Zp(参数字符集),其中集合 Zc、Zm、Zs、Zp 任意两个集合的交集为空。(3) 定义两个不同的字符 Cr = “?” 请求符、Co = “.” 确认符,其中 Cr、Co 均不属于 Zc、Zm、Zs、Zp。(4) 定义 Zc、Zm、Zs、Zp 各自对应的子集 Bc 命令块、Bm 存储块、Bs 采样块、Bp 参数块,各个块的格式按发送/接收顺序均为“头符”、“信息串”、“校验串”、“尾符”。

[0024] 单片机 CPU 和数字信号处理器 DSP 的通信方式为: DSP 通过 RS232 总线向 CPU 连续发送 Bs 采样块、Bp 参数块、Bm 存储块、Co 确认符。CPU 通过 RS232 总线发送 Bc 命令块和 Cr 请求符到 DSP,当且仅当 DSP 正确接收到 Bc 命令块和 Cr 请求符时更新发出的 Bm 存储块数据。

[0025] 电脑 PC 和单片机 CPU 的通信方法为: PC 通过 RS485 总线发送 Bc 命令块和 Cr 请求符到 CPU,当且仅当 CPU 正确接收到 PC 发送出的命令块和请求符时, CPU 通过 RS232 总线转发 Bc 命令块和 Cr 请求符到 DSP,然后通过 RS485 总线转发此后来自 DSP 的 Bm 存储块、Bs 采样块、Bp 参数块到 PC。

[0026] 本方法通过实际应用证明:可以在同一个电脑调试软件界面中同时观察物理量,提高了并网逆变器在线调试的安全性,在强干扰环境下效果尤其显著。调试只需额外使用数字万用表测量相关电量,所以调试快且设备投资很少。

#### 附图说明

[0027] 图 1 是并网逆变器电脑在线调试的连接示意图;

[0028] 图 2 是并网逆变器与电脑的连接框图;

[0029] 图 3 是并网逆变器电脑在线调试方法的流程图;

[0030] 图 4 是 RS232 调零位的电脑软件界面;

[0031] 图 5 是 RS232 调系数的电脑软件界面;

[0032] 图 6 是 RS232 调模式的波形图和 PID 配置;

[0033] 图 7 是 RS485 调零位的电脑软件界面;

[0034] 图 8 是 RS485 调系数的电脑软件界面;

[0035] 图 9 是 RS485 调模式的波形图和 PID 配置。

#### 具体实施方式

[0036] 以下结合附图,通过实施例对本发明做进一步详细说明,但本发明的保护范围并不限于下面的实施例。

[0037] 实施例一:

[0038] 本实施例是本发明应用到 5000W 并网逆变器系统中的实例。如图 1、2 和图 3 所示,其技术步骤如下:

[0039] 步骤一:零点修正及配置。打开输入空气开关,关闭输出空气开关,此时由于并网

逆变器处于待机空闲状态,通过运行电脑中的 RS232 调试软件观察各物理量的显示数值,正常的数值应当是:电网电压  $\text{NetUac} = 0 \pm 2$  伏、电网电流  $\text{NetIac} = 0.0 \pm 0.2$  安、模块电压  $\text{IpmUac} = 0 \pm 2$  伏、模块电流  $\text{IpmIac} = 0.0 \pm 0.4$  安、模块直流  $\text{IpmJdc} = 0.000 \pm 0.004$  安、电池电流  $\text{PvIdc} = 0.1 \pm 0.1$  安。

[0040] 1. 如果调试软件各物理量的显示数值在正常数值范围内,则完成零点修正及配置;

[0041] 2. 如果调试软件各物理量的显示数值不在正常数值范围,则通过电脑将显示数值和上述正常数值的差值作为零点修正值逐一写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器,使显示数值在正常数值范围内,完成零点修正及配置;

[0042] 3. 如果反复改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器 4 次或 4 次以上,显示数值还不在于正常数值范围内,则表明并网逆变器硬件存在故障,修复硬件后重新开始调试,调试正常后转下一步。

[0043] 步骤二:电压系数修正及配置。打开输入空气开关,打开输出空气开关,此时由于逆变器处于待机空闲状态,通过运行电脑中的 RS232 调试软件观察电网电压  $\text{NetUac}$ 、模块电压  $\text{IpmUac}$ 、电池电压  $\text{PvUdc}$  的显示数值是否与万用表的测量值相等(误差不大于  $\pm 2$  伏):

[0044] 1. 如果调试软件的显示数值与万用表的测量值相等,则完成电压系数修正及配置;

[0045] 2. 如果调试软件的显示数值与万用表的测量值不相等,则通过电脑将电压系数修正值(万用表测量值除以显示值)写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器后,使显示数值与万用表的测量值相等,完成零点修正及配置;

[0046] 3. 如果反复改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器,通过电脑端的调试软件观察电网电压  $\text{NetUac}$ 、模块电压  $\text{IpmUac}$ 、电池电压  $\text{PvUdc}$  的显示数值与万用表测量值误差大于  $\pm 2$  伏,表明并网逆变器硬件存在故障,修复硬件后重新开始电压系数修正及配置。调试正常后转下一步。

[0047] 步骤三:工作模式及 PID 配置。通过电脑端的 RS485 调试软件控制进入逆变状态,以自开发的专用逆变器仿真软件得到的各种工作模式对应的 PID 配置值作为基础对逆变器进行反复的工作模式及 PID 配置调试:

[0048] 1. 如果观察到的输出电网电流  $\text{NetIac}$  波形形状是正弦波且和电网电压  $\text{NetUac}$  的正弦波同相,则完成工作模式及 PID 配置的调试;

[0049] 2. 如果观察到的输出电网电流  $\text{NetIac}$  波形形状不是正弦波或者和电网电压  $\text{NetUac}$  的正弦波不同相,则通过电脑改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的工作模式及 PID 配置,使电网电流  $\text{NetIac}$  输出质量最好时,才完成工作模式及 PID 配置值写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器的调试;

[0050] 3. 如果反复改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的工作模式及 PID 配置,观察到的输出电网电流  $\text{NetIac}$  波形形状都不是正弦波,或波形和电网电压  $\text{NetUac}$ (正弦波)不同相,则表明并网逆变器硬件存在故障,修复硬件后重新开始工作模式及 PID 的配置。调试正常后转下一步。

[0051] 步骤四:电流系数修正及配置。打开输入空气开关,打开输出空气开关,此时逆变

器处于待机空闲状态,通过电脑端的 RS485 调试软件设置功率输出模式为指定功率模式,功率设置为 5000 瓦,控制逆变器直接进入并网模式。

[0052] 1. 如果观察到的电网电流 NetIac、模块电流 IpmIac、电池电流 PvIdc 的值与万用表测量值相等,则完成电流系数的修正及配置;

[0053] 2. 如果观察到的电网电流 NetIac、模块电流 IpmIac、电池电流 PvIdc 的值与万用表测量值不相等,则通过电脑将电流系数修正值写入 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器,使显示数值与万用表的测量值相等,完成电流系数的修正及配置;

[0054] 3. 如果反复通过电脑改写 DSP 的片内 RAM 和片外 EEPROM 存储器中的电流系数修正值,观察到的电网电流 NetIac、模块电流 IpmIac、电池电流 PvIdc 的值与万用表测量值都不相等,表明并网逆变器硬件存在故障,修复硬件后重新开始电流系数的修正及配置。调试正常后转下一步。

[0055] 步骤五:观察电网电流 NetIac 的波形质量,如果观察到的输出电网电流 NetIac 波形形状应是正弦波且和电网电压 NetUac(正弦波)同相,则调试完成结束整个系统调试。如果观察到的输出电网电流 NetIac 波形形状不是正弦波或者和电网电压 NetUac(正弦波)不同相,则返回步骤四开始调试。

[0056] 实施例二:

[0057] 本实施例是本发明应用到 2000W 并网逆变器系统中的实例。如图 1、2 和图 3 所示,其技术步骤如下:

[0058] 步骤一到步骤三的调试方法同实施例一的相应调试方法;对于步骤四,把功率设置为额定功率 2000W,其余调试方法相同;步骤五也与实施例一的步骤五的调试方法相同。

[0059] 对于其它功率系统的并网逆变器,只要将功率设置为相应的额定功率,本发明的在线调试方法同样适用。

[0060] 本发明的在线调试方法可以应用到绝大多数基于 DSP/CPU 的并网逆变器系统调试。



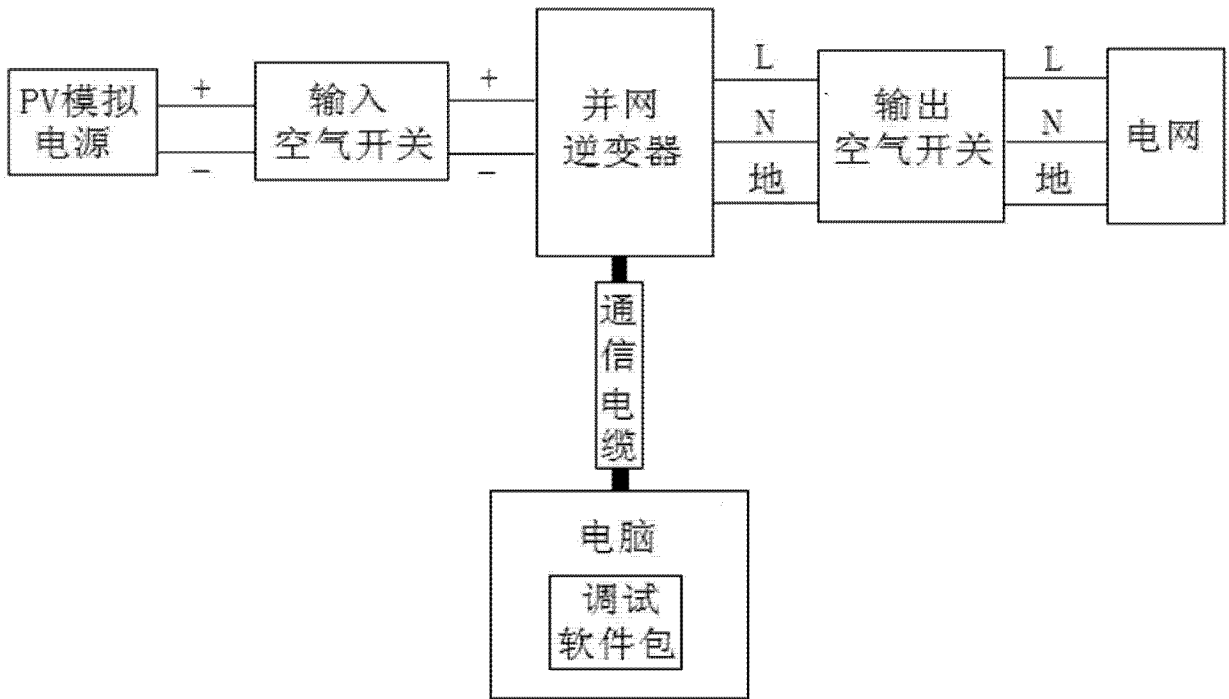


图 1

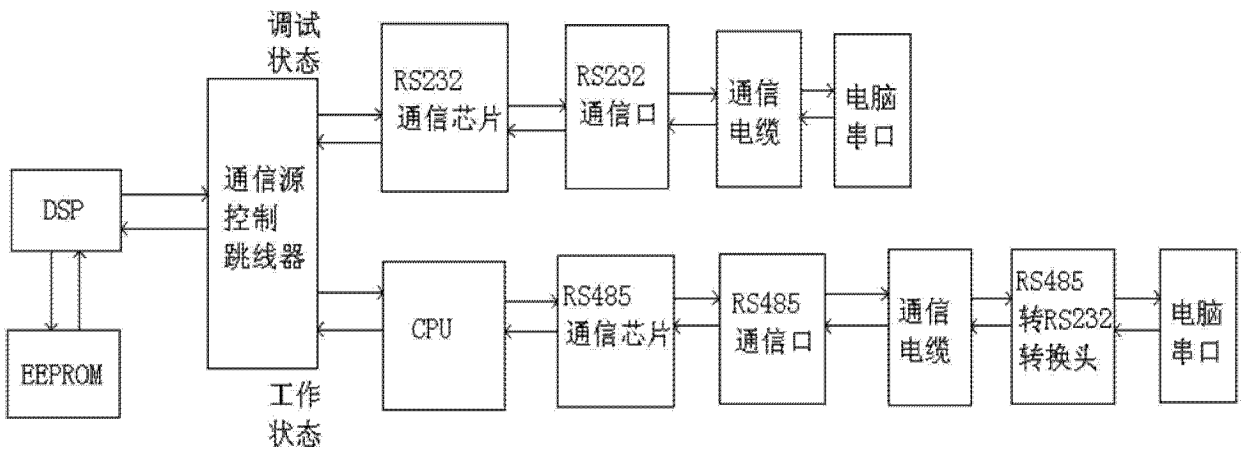


图 2

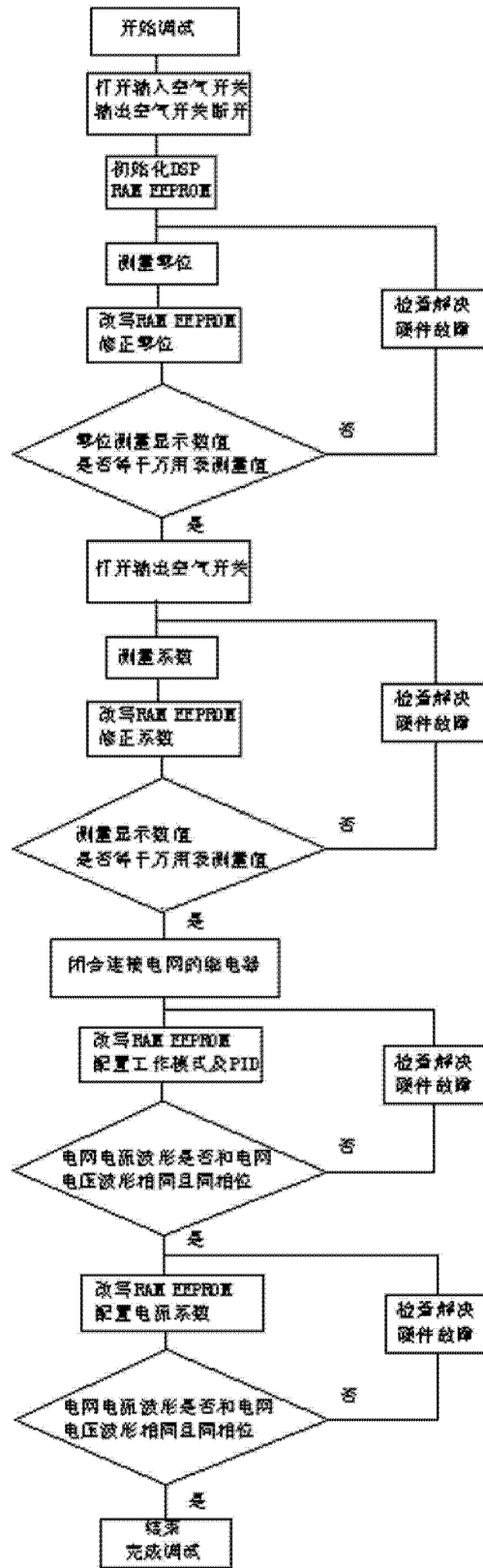


图 3

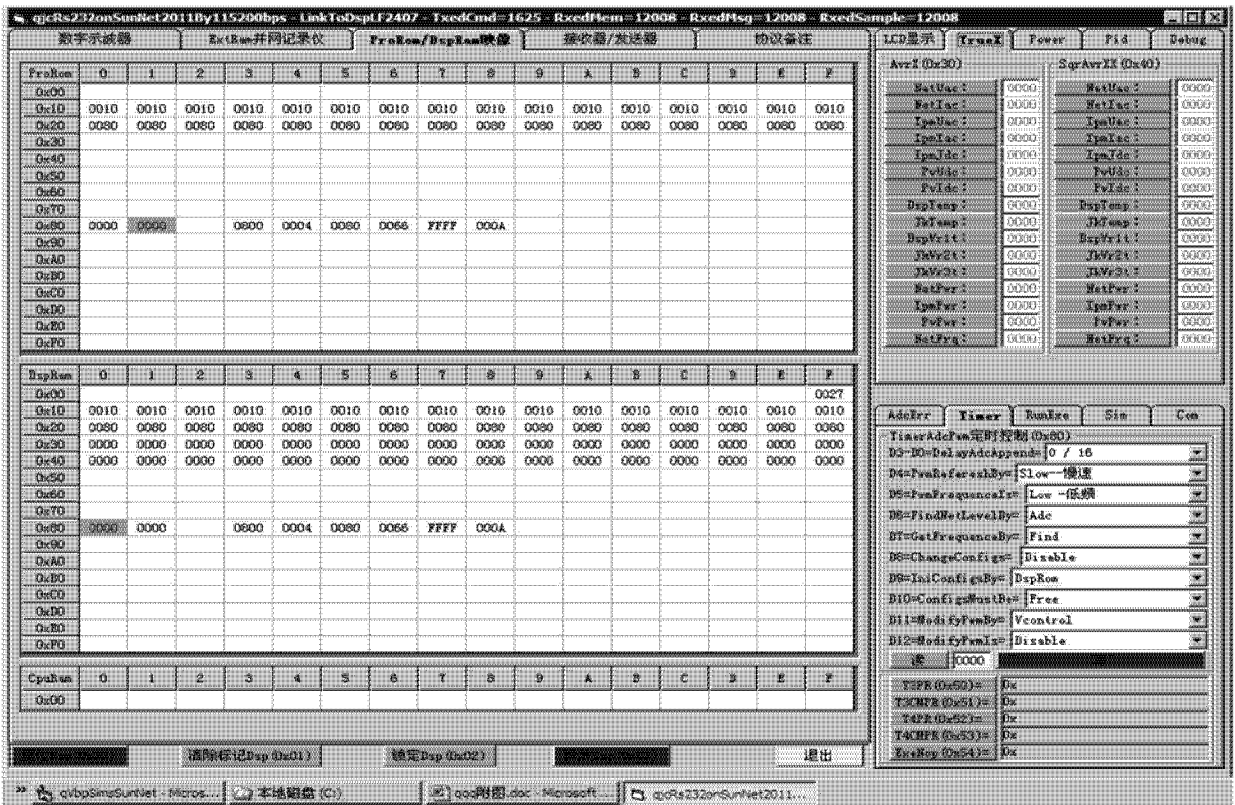


图 4

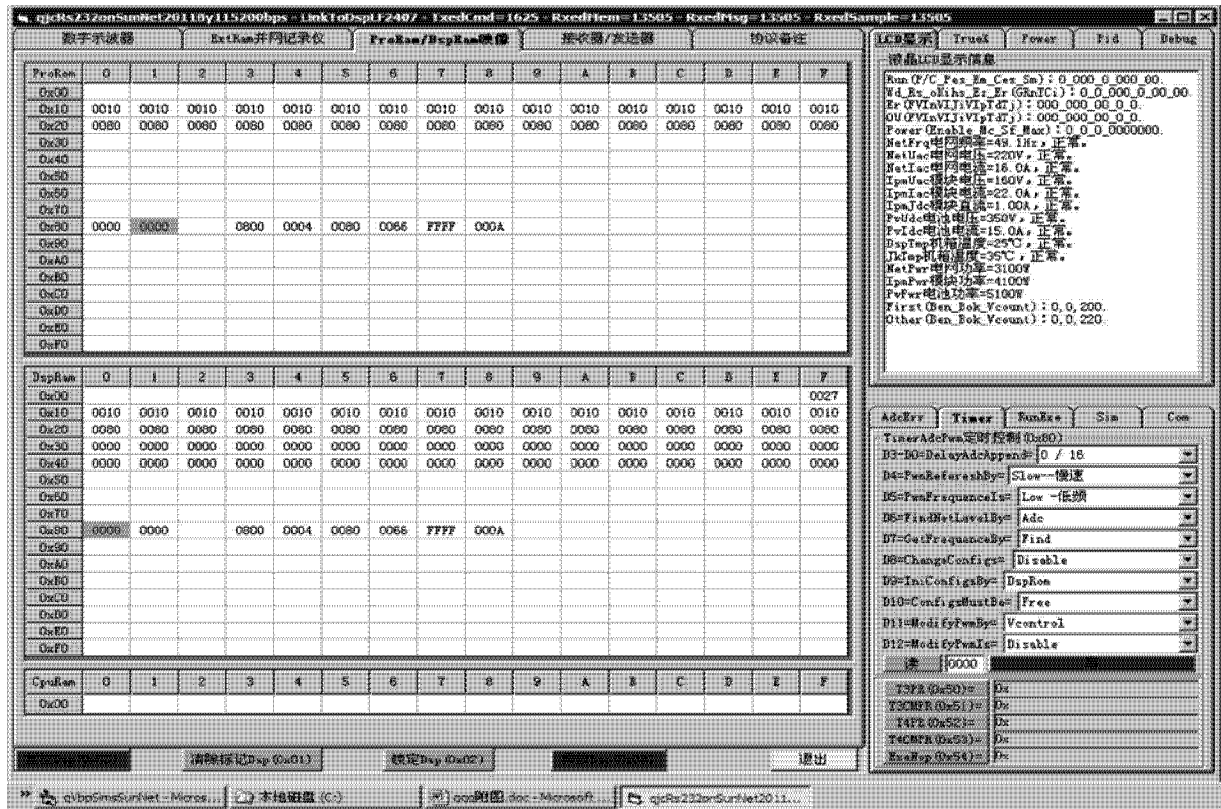


图 5

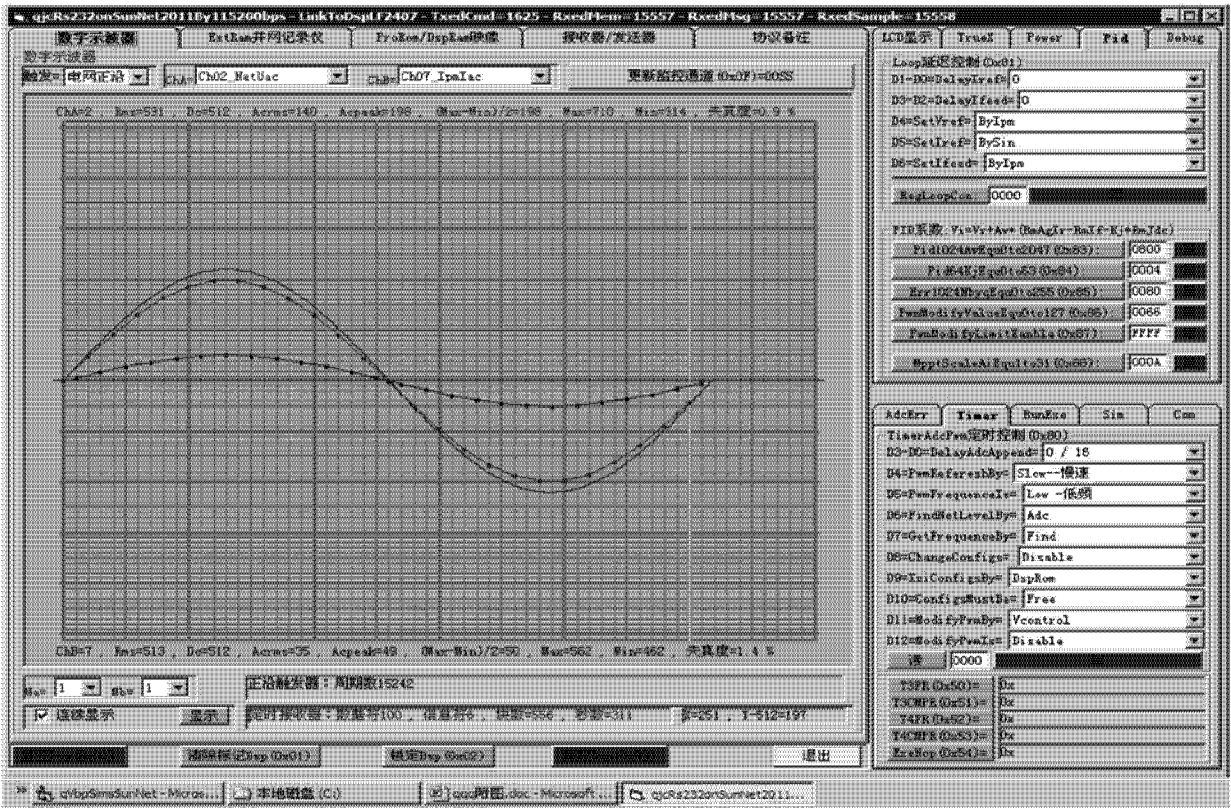


图 6

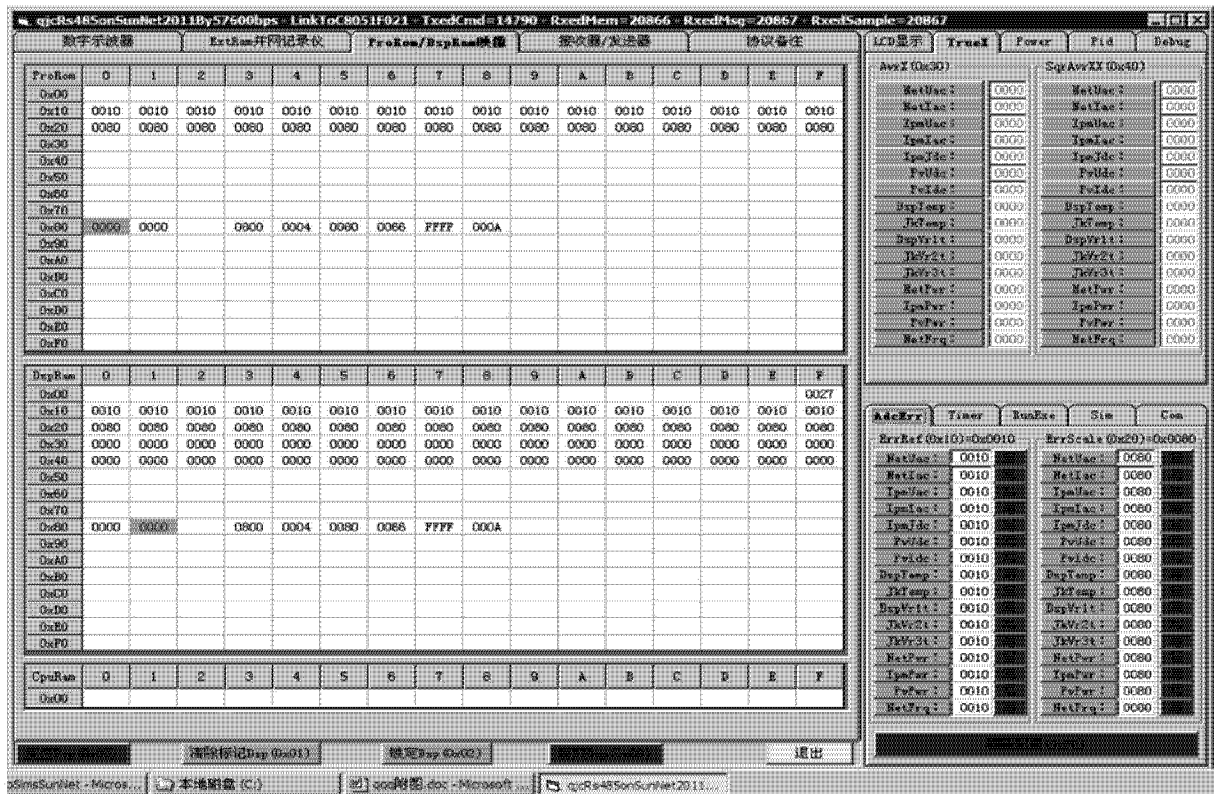


图 7

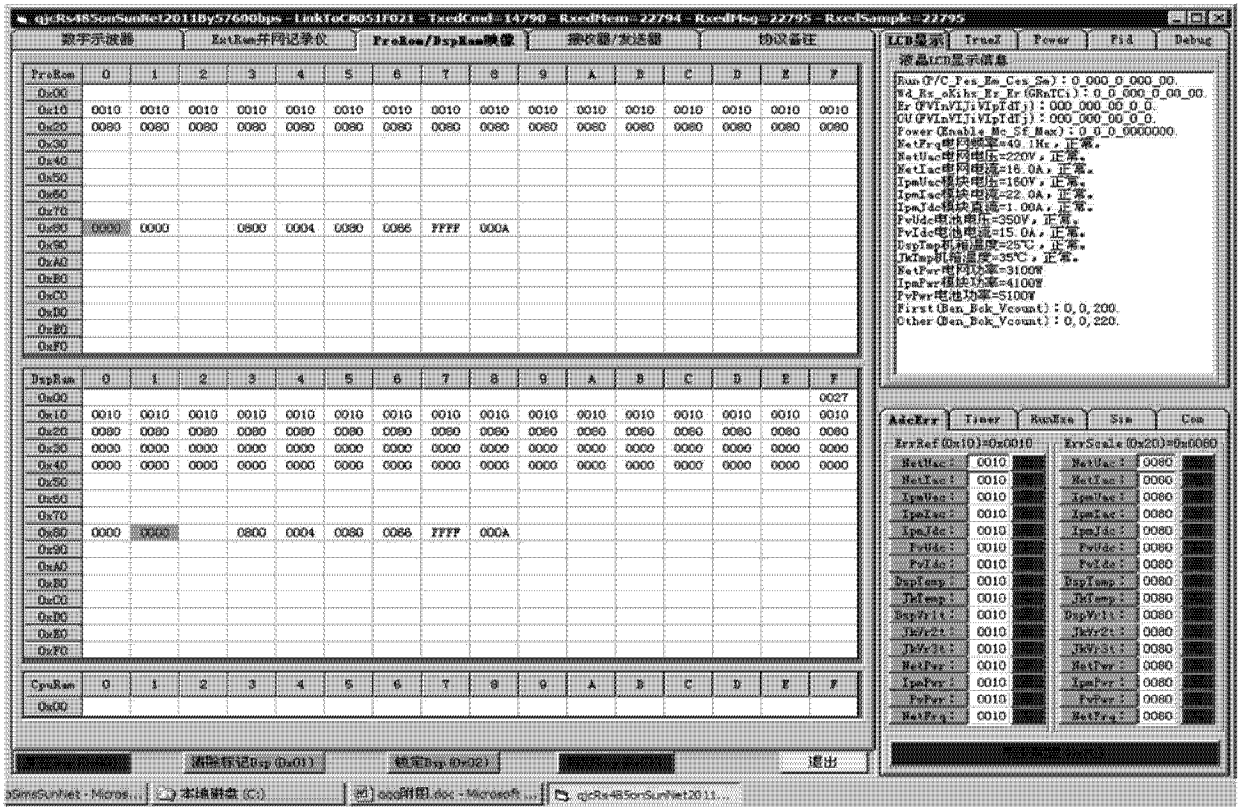


图 8

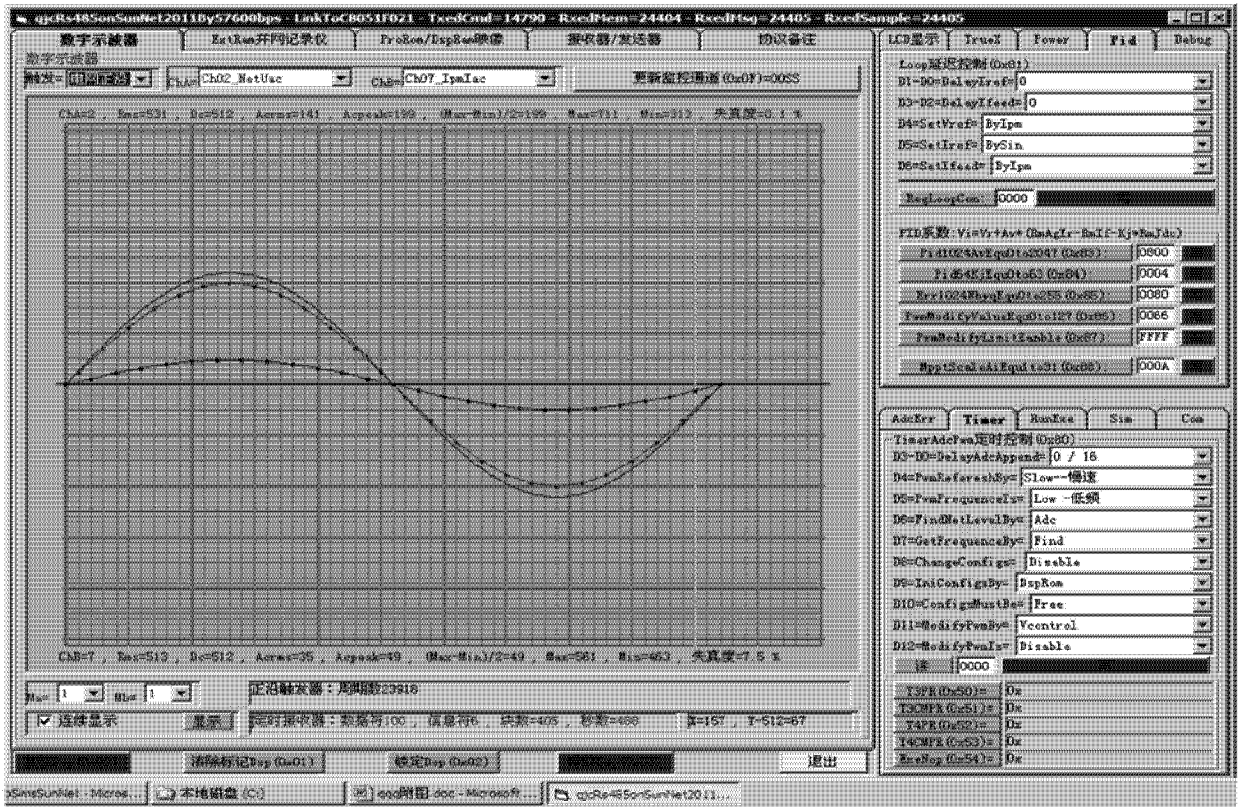


图 9