

BL6523G/GX 应用指南

目录

校准流程.....	2
有功功率校准(根据误差校准).....	2
1.有功增益校准.....	2
2.相位校准.....	3
3.有功功率偏置校准.....	3
4.电流有效值调整.....	4
5.电压有效值调整.....	4
6.线电压频率寄存器 FREQ (09H)	4
7.功率因子寄存器 PF (08H)	5
8.有功功率寄存器 WATT	5
9.视在功率寄存器 VA (0BH)	5
10.能量寄存器.....	5
采用 BL6523G/GX 设计电能表示例.....	7

该文档主要描述了 BL6523GX 的校准流程及相关的误差校准算法。

校准流程

BL6523GX校表流程



备注:

- 1) 参数设置、A 通道有功校准、B 通道有功校准涉及到的寄存器，在上电后需要初始化到 BL6523GX 内部对应寄存器；
- 2) 电压、电流有效值校准，有功功率校准、视在功率校准的转换系数用于 MCU 计算，MCU 通过 BL6523GX 的 UART 接口读相应的电参数寄存器值，再根据相应的转换系数得到对应的实际物理量；
- 3) 校准时一般校准 3 个电流点 (PF=1.0 Ib, PF=0.5L Ib, PF=1.0 5%Ib)；

有功功率校准(根据误差校准)

1.有功增益校准

在 100%Un, 标准电流 Ib 1.0 下测试, 由校表台获得有功功率误差 Err,

$$\text{如 Err 为负值, 则 } \text{WATTGN} = 2^{16} \times \frac{-\text{Err}}{1 + \text{Err}}$$

$$\text{如 Err 为正值, 则 } \text{WATTGN} = 2^{16} + 2^{16} \times \frac{-\text{Err}}{1 + \text{Err}}$$

计算出来的 WATTGN 根据测量通道分别写入下述寄存器:

2EH 电流 A 通道增益调整寄存器 IA_CHGN;

2FH 电流 B 通道增益调整寄存器 IB_CHGN;

16 位寄存器, 补码形式, 增益调整范围 ±50%; 对应于有功功率初始误差范围: -33.3%~+99.9%

2. 相位校准

相位补偿的原理是将一个小的时间延时或超前引入信号处理电路以对小的相位误差进行补偿,

相位校正(PHICAL) Addr: 20H				类型: 读写		默认值: 000000H	
使能位		调整位					
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
电流 A 通道相位校正							
使能位		调整位					
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
电流 B 通道相位校正							
使能位		调整位					
D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16
电压通道相位校正							

D23、D15、D7 为使能位, =1 时开启相位补偿; =0 时关闭相位补偿;

以电流 A 通道为例说明, D5...D0 为延时时间, 0.5587us/1LSB。相应的分辨率为 0.01°, 最大可调 0.635°。

在 100%Un, 标准电流 Ib 0.5L 下测试, 测得有功功率误差 Err,

$$\theta \approx \arcsin\left(\frac{|\text{Err}|}{1.732}\right)$$

寄存器值 = (int(θ / 0.01 - 1)) + 127; int 为取整操作; (建议采用小数部分四舍五入, 提高调整精度)

如果 Err 为正值, 计算调整值写入相应的电流通道相位校正;

如果 Err 为负值, 计算调整值写入电压通道相位校正;

20H 相位校正寄存器 PHICAL;

寄存器的值每变化 1, 误差变换约 0.0304%; 可以采用简化算法

$$\text{调整值} = (\text{int}(|\text{Err}| / 0.000304) + 127)$$

3. 有功功率偏置校准

小电流 1.0 情况下, 如果小信号精度偏差较大, 可通过调整有功功率偏置校准寄存器来修正小信号偏差。(补码),

1AH A 通道有功功率偏置校准寄存器 A_WATTOS, 仅影响 A 通道有功功率测量;

1BH B通道有功功率偏置校准寄存器 B_WATTOS, 仅影响B通道有功功率测量; 均为16位寄存器, 补码形式, 可调整范围+32767~ -32767;

如小信号情况下, 有功功率寄存器 WATT (0AH) 的数据为 WATT_Data, 有功功率误差为 Err, 则有功功率偏置校准寄存器的值为: $\text{int}(\text{WATT_Data} * (-\text{Err}) * 8 / 1.3655)$; (int 为取整); 由于在小信号情况下, 校表台的输出电流比较小, 可能会有一些波动, 建议多读几次有功功率寄存器的数据, 取平均值。

举例如下:

如在 5%I_b 信号点的有功功率误差为 -0.45%, 有功功率寄存器 WATT (0AH) 的数据为 10000, 则有功功率偏置校准寄存器的值为: $10000 * 0.0045 * 8 / 1.3655 = 264$;

4. 电流有效值调整

在 100%U_n, 标准电流 I_b 1.0 情况下得到 IARMS、IBRMS 寄存器的值, 电流有效值系数

$$I_{kA} = \frac{IARMS}{I_b}; \quad I_{kB} = \frac{IBRMS}{I_b}$$

而后用户可以根据读取的 IARMS、IBRMS 寄存器的值除以 I_{kA}、I_{kB}, 获得实际的电流显示值。

05h 电流 A 有效值寄存器 IARMS;

06h 电流 B 有效值寄存器 IBRMS;

如果利用 FAULT 功能判断窃电, 判断依据为比较两个通道的电流有效值时, 在同样的电流输入的情况下, 电流 A 通道和电流 B 通道的有效值寄存器的值应该相等, 可通过调整电流有效值增益调整寄存器 IA_RMSGN、IB_RMSGN; (电流有效值增益调整寄存器会影响视在功率, 功率因子)。一般不需要设置 IA_RMSGN、IB_RMSGN, 只需要电流 A、B 通道的有功增益校准即可。

5. 电压有效值调整

在 100%U_n 电压的情况下得到 VRMS 寄存器的值, 电压有效值系数 $U_k = \frac{VRMS}{U_n}$

07h 电压有效值寄存器 V_RMS;

(电压有效值增益调整寄存器会影响视在功率, 功率因子)

6. 线电压频率寄存器 FREQ (09H)

在 50Hz 情况下得到 FREQ 寄存器的值 FREQ_50; 得到基准系数 $K_f = 50 * \text{FREQ_50}$; 在频率变化时得到 FREQ 寄存器的值 FREQ, 对应的频率为

$$f = \frac{K_f}{FREQ}$$

09H 线电压频率、周期寄存器 FREQ

测量的频率也可采用经验公式： $f = \frac{87.3906 * f_{osc}}{FREQ * 32}$ ； f_{osc} 为晶振频率；

7.功率因子寄存器 PF (08H)

24 位寄存器

D23	D22	D21	...	D3	D2	D1	D0
-----	-----	-----	-----	----	----	----	----

D23 为符号位，补码；

$$PF = 2^{-1} * D22 + 2^{-2} * D21 + 2^{-3} * D20 + \dots + 2^{-21} * D2 + 2^{-22} * D1 + 2^{-23} * D0$$

功率因数=有功功率/（电流有效值*电压有效值）；

8.有功功率寄存器 WATT

（0AH A_WATT 电流 A 通道计量的平均有功功率寄存器；13H B_WATT 电流 B 通道计量的平均有功功率寄存器）

24 位寄存器，二进制补码形式，最高位为符号位；

如果输入额定有功功率 P 时对应的该寄存器的数据为 WATT_Data；则有功功率转换系数 Watt_K 为：

$$\begin{aligned} \text{Watt_K} &= P / \text{WATT_Data} && ; \text{ 若 } \text{WATT_Data} < 2^{23} \text{ 时} \\ \text{Watt_K} &= P / (\text{WATT_Data} - 2^{24}) && ; \text{ 若 } \text{WATT_Data} \geq 2^{23} \text{ 时} \end{aligned}$$

9.视在功率寄存器 VA (0BH)

24 位寄存器，二进制补码形式，最高位为符号位；

如果输入额定视在功率 S 时对应的该寄存器的数据为 VA_Data；则视在功率转换系数 VA_K 为：

$$VA_K = S / VA_Data \quad ;$$

10.能量寄存器

有功能量寄存器 WATTHR (0CH)，视在能量寄存器 VAHR (0DH)，正功能量寄存器 PWAHR (0EH)，负功能量寄存器 NWATTHR (0FH)

工作模式寄存器 MODE[20] 设置为零时，所有的能量寄存器会不断自动累计；

工作模式寄存器 MODE[20] 设置为 1 时，所有的能量寄存器都在读该寄存器操作后自动清零；

注意事项：

- 1) BL6523G 在 UART 通信模式时 TX 管脚为开漏输出模式，需要外部上拉电阻；
- 2) BL6523G 的 CLKIN、CLKOUT 管脚之间内部有 2.56M 的电阻，不需要外部并联电阻；
- 3) BL6523G 软复位指令下发后需要间隔 300uS 后才能继续操作。
- 4) 标称波特率：4800bps，实际波特率为：晶振频率/46/16；

采用 BL6523G/GX 设计电能表示例

为便于客户更便捷的使用 BL6523G/GX，举例如下：

设计表的量程为 10（60A），电表常数 1600imp/kWh；

BL6523G/GX 的电压、电流输入通道允许输入的最大信号为±660mV 峰峰值（即 467mV rms），

1. 电压通道考虑需要满足 130%Un 的过压，以及信号冗余，可通过电阻匹配将 220V AC 电压降至 280mV 左右，作为电压通道输入；
2. 电流通道考虑锰铜的发热，10（60A）表可采用 200~250 微欧锰铜，假设采用 250 微欧锰铜，在 Imax 电流时，电流输入通道的采样信号为 60A*250 微欧=15mV rms；根据电流通道的最大允许输入信号，电流通道可采用 16 倍增益；

电流通道增益	最大输入信号（峰峰值）	最大输入信号（有效值）
1	±660mV	467mV
2	±330mV	233mV
...
16	±41.3mV	29.2mV
24	±27.5mV	19.45mV
32	±20.63mV	14.6mV

3. 计算 WA_CFDIV 系数

电流电压输入 467mV rms			
CF_DIV	CF 频率	A_WATT	IA_RMS
1	1.6		
2	3.1		
4	6.3		
8	12.6	6363744	6204252
16	25.1		
32	50.2		
64	100.5		
128	201.0		
256	399.7		
512	802.2		
1024	1611.1		
2048	3220.3		

电表常数为 1600imp/kWh；可知在 Imax 时对应的 CF 输出频率为 $(220*60*1600)/(3600*1000)=5.87\text{Hz}$ ；此时电压通道输入信号为 280mV rms，1 倍增益；电流通道输入信号为 15mV rms，16 倍增益；对应到满幅信号输入时的 CF 输出频率为 $5.87*467*467/(280*15*16)=18.05\text{Hz}$ 。

从上表中可知，WA_CFDIV 可以选择 8。

4. 有功防潜动阈值设置
参见数据手册公式说明；
5. 误差校准
参见校准算法公式说明；

备注：如需采用线周期累积有功能量寄存器进行快速校表，具体设置说明详见“BL6523G 采用线周期累积有功能量寄存器进行精度校准.pdf”