

ADE71XX/ADE75XX ファミリーを採用した単相電力計のキャリブレーション**著者: Meghan Kaiserman, Aileen Ritchie, Dave Smith****はじめに**

このアプリケーション・ノートでは、ADE71xx/ADE75xx のキャリブレーション方法を説明します。最初のセクションではキャリブレーション手順を説明し、式と各定数の計算方法の例を示します。このドキュメントの 2 番目のセクションでは、ADE71xx/ADE75xx 参考デザインと交信するようにデザインされた LabVIEW™キャリブレーション・プログラムの使い方を説明します。

電力計 IC の ADE71xx/ADE75xx ファミリーは、電力計コアに 8052 マイクロコントローラを内蔵して、単相電力計の統合ソリューションを提供します。このファミリーのデバイスは、アナログ・デバイセスが提供する次世代の SPI インターフェース電力計 IC です。ADE71xx/ADE75xx ファミリーは、完全な電力計ソリューションとして、LCD ドライバ、バッテリー・スイッチング、温度 ADC、RTC、通信ペリフェラルを内蔵しています。

目次

はじめに.....	1	絶縁された COM ポートの決定.....	11
ADE71XX/ADE75XX のキャリブレーション.....	3	ADE71XX/ADE75XX 参考デザイン・ファームウェアのダウン ロード.....	12
キャリブレーション方法.....	3	EEPROM 内の ADE71XX/ADE75XX 参考デザイン・キャリブ レーション定数.....	12
有効電力のキャリブレーション.....	3	キャリブレーション・ソフトウェアのスタート・スクリーン	12
電流 RMS と電圧 RMS.....	6	ワット・キャリブレーション.....	13
皮相電力のキャリブレーション.....	7	RMS キャリブレーション.....	15
無効電力のキャリブレーション.....	8	VAR キャリブレーション.....	16
精確な電源を使ったキャリブレーション.....	8	RTC キャリブレーション.....	18
リアルタイム・クロック.....	9		
改竄防止電力計のデザイン.....	9		
ADE71XX/ADE75XX キャリブレーション・ソフトウェア.....	11		

ADE71XX/ADE75XXのキャリブレーション

外付け部品または内部リファレンス電圧での電力計間の変動の影響を受けない正確な測定値を得るために、ADE71xx/ADE75xxのキャリブレーションが必要です。正確な測定値を得るためには、電力計測定値、電流 rms、電圧 rms を個別にキャリブレーションする必要があります。

低抵抗のシャントを電流センサーとして使用すると、ワット・ゲインのキャリブレーションが必要になります。電流トランスを使う場合は、外付けセンサーにより発生する位相シフトを補償するため、位相キャリブレーションも必要になります。

キャリブレーション方法

ADE71xx/ADE75xx のキャリブレーションには2つの方法を使用することができます。

基準電力計

キャリブレーションの最も一般的な方法は、パルス出力と外部基準電力計を使って必要な補償を求める方法です。このパルス出力法は、キャリブレーション・パルス出力(CF)を使ってユーティリティにより電力計キャリブレーションを確認することができます。CF 出力周波数は、有効電力、無効電力、皮相電力、電流 rms に比例するように設定することができます。キャリブレーションは、出力 CF パルスのパーセント誤差を取得する基準電力計を使って実現されます。このパーセント誤差を使うと、対応する補償を求めて、内部レジスタに適用することができます。

正確な電源

2 つ目の方法は、指定期間電力を積算する内部電力レジスタを使う方法です。ライン・サイクル積算・モードを使って、指定のライン・サイクル数間電力を積算します。取得した電力と計算値を比較し、対応する補償を内部キャリブレーション・レジスタに適用します。この方法をうまく使うためには、正確な電源が必要です。この方法ではパルス出力を使わないため、キャリブレーションの評価は内部レジスタを使って行う必要があります。このキャリブレーション方法の詳細については、正確な電源を使ったキャリブレーションのセクションを参照してください。

有効電力のキャリブレーション

ADE71xx/ADE75xx 電力計の設定

ワット・キャリブレーションの実行時、CF パルス出力は実行電力を出力するように設定する必要があります。これは、MODE2 レジスタのビット 4～ビット 7 を設定することにより行われます。ADE71xx/ADE75xx ワット計測のシグナル・チェーンを図 1 に示します。

ADE71xx/ADE75xx でのワット計測のキャリブレーションには2つのステップが必要で、高度なキャリブレーションには、次のようにさらに2ステップが必要です。

- CF 出力周波数の設定
- ワット・ゲインのキャリブレーション
- ワット位相のキャリブレーション(必要な場合)
- ワット・オフセットのキャリブレーション(必要な場合)

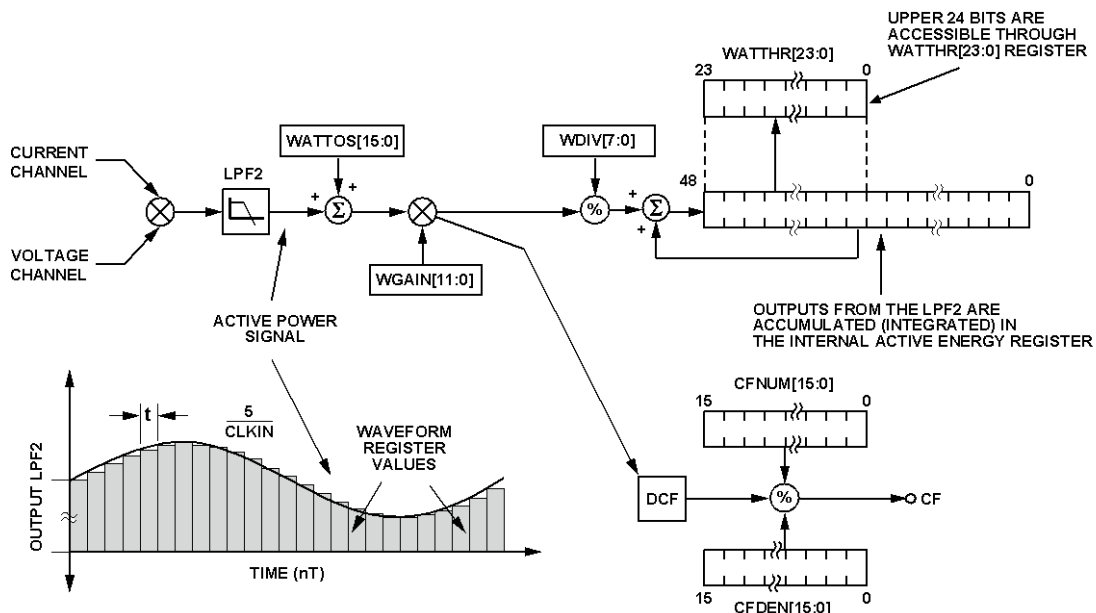


図 1. ADE71xx/ADE75xx ワットシグナル・チェーン

CF 出力周波数

ADE71xx/ADE75xx の内部レジスタを使うと、各 CF パルスがキロ・ワット時の分数値を表すように CF パルス出力を設定することができます。これは、CFNUM と CFDEN で構成される CF 分周器を使って実行されます。この分周比は、電力計定数および電流チャンネルと電圧チャンネルの公称スケーリングを使って計算されます。

$$\text{Meter Constant [imp/kWh]} = \frac{\text{CF [imp/sec]} \times 3600}{\text{Load [kW]}}$$

3200 imp/kWh の電力計定数が必要とすると、CF の計算値は与えられた負荷に対して計算することができます。

力率 = 1 の 220 V/10 A の負荷に対して、CF 出力周波数の計算値は、次式に示すように、1.95556 Hz と計算されます。

$$CF_{\text{EXPECTED}} = \frac{\text{Meter Constant [imp/kWh]} \times \text{Load [kW]}}{3600 \text{ sec/h}} \times \cos(\varphi)$$

$$CF_{\text{EXPECTED}} = \frac{3200 \text{ imp/kWh} \times 220 \text{ V} \times 10 \text{ A} / 1000}{3600 \text{ sec/h}} \times \cos(0)$$

$$= 1.95556 \text{ Hz}$$

CFNUM と CFDEN の比は、与えられた負荷条件に対して周波数 = 1.95556 Hz となるように選択する必要があります。

図 2 に、ADE71xx/ADE75xx 参考デザインの電圧チャンネル入力を示します。

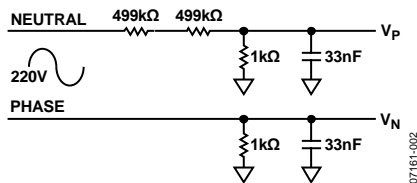


図 2. 電圧チャンネル入力

$$V_P = V_{\text{INPUT_MAX}} \times \frac{1 \text{ k}}{(2 \times 499 \text{ k}) + 1 \text{ k}}$$

$$= (220 \text{ V} \times \sqrt{2}) \times \frac{1}{(2 \times 499 + 1)} = 0.311 \text{ mV}$$

$$V_{\text{AS\%OFFFULLSCALE}} = \frac{0.311}{0.5} \times 100 = 62.29\%$$

電圧チャンネル振幅 = 220 V rms の場合、入力はフルスケールの 62.29% で動作します。

図 3 に、ADE71xx/ADE75xx のデフォルトの電流チャンネル設定を示します。電流チャンネル振幅 = 10 A rms で内部ゲイン = 16 の場合、入力はフルスケールの 15.84% で動作します。

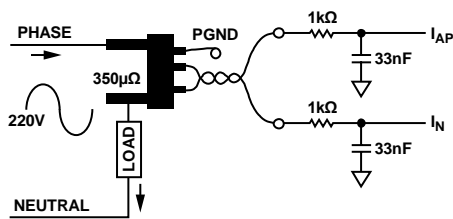


図 3. 電流チャンネル入力

$$V_{\text{ACROSS SHUNT}} = I \times R$$

$$= (10 \times \sqrt{2}) \times (350 \times 10^{-6}) = 0.0495 \text{ V}$$

$$= X \text{ Gain } 16 = 0.0495 \times 16 = 0.079 \text{ V}$$

$$I_{\text{AS\%OFFFULLSCALE}} = \frac{0.079}{0.5} \times 100 = 15.84\%$$

ADE71xx/ADE75xx のデータ・シートから、フル・スケール AC 入力での最大 CF 出力は 21.1 kHz となります。与えられた 220 V/10 A 入力で 1.9556 Hz を得るためには、次式に示すように CF の分母を 0x429 する必要があります。

$$CF_{\text{DEN}} = \frac{\text{Output Freq}_{\text{FULLSCALE}} \times V_{\text{OPERATING\%}} \times I_{\text{OPERATING\%}}}{CF_{\text{EXPECTED}}}$$

$$CF_{\text{DEN}} = \frac{21.1 \text{ kHz} \times 62.29\% \times 15.84\%}{1.9556 \text{ Hz}} = 0x429$$

CFNUM は 1 に固定されていることに注意してください。

ADE71xx/ADE75xx 参考デザインでは 350 μΩ のシャントを使っているため、電流チャンネルではゲイン = 16 が選択されます。このゲインを設定するときは、0x04 をゲイン・レジスタに書き込む必要があります。

ワット・ゲイン

ワット・ゲイン・キャリブレーションを行う目的は、デザインでのデバイス間変動による小さいゲイン誤差を補償することです(外付け部品の変動)。ゲイン・キャリブレーションはどの電力計にも必要で、力率 = 1 で行われます。必要とされる補償の大きさを求めるためには、積算のパーセント誤差を次式を使って計算する必要があります。

$$\% \text{Error} = \frac{CF_{\text{ACTUAL}} - CF_{\text{EXPECTED}}}{CF_{\text{EXPECTED}}}$$

$$W \text{GAIN} = \left(\frac{1}{(1 + \% \text{Error})} - 1 \right) \times 2^{12}$$

220 V/10 A に対して、CF の計算値は前に計算したように、1.9556 Hz になります。実際に測定された CF が 2.2238 Hz とすると、測定のパーセント誤差は 13.71% になります。

この変動を補償するために必要とされる **WGAIN** 値を得るためには、次のようにパーセント誤差を **WGAIN** 式に代入します。

$$WGAIN = \left(\frac{1}{(1+13.71\%)} - 1 \right) \times 2^{12} = 0x\text{FE12} = -494d$$

前述のように、キャリブレーションに基準電力計を使う場合、基準電力計からパーセント誤差を直接読み出ることができるため、計算が不要になることに注意してください。

高度なワット・キャリブレーション

ワット位相—オプション

センサーで発生した位相シフトを除去するために電流トランス (CT) を使うときに、位相キャリブレーションが必要になります。CT は、低い力率で大きな誤差を発生する大きな位相シフトを発生させます。低い抵抗シャントのような別のタイプのセンサーを使う場合は、位相キャリブレーションは常に必要とは限りません。

位相キャリブレーションは、力率= 0.5 で誘導性負荷を使っています。次式は、位相補償の決定方法を示しています。

$$PHCAL = - \left(\frac{\text{asin} \left(\frac{\%Error}{\sqrt{3}} \right)}{2\pi f_l \times 1.22 \times 10^{-6}} \right) + 0x40$$

ここで、 f_l はライン周波数。

前の計算は、ラジアンで行う必要があります。

220 V/10 A、力率= 0.5 で、CF の計算値は前の計算値の 1/2 になります。

$$CF_{EXPECTED} = \frac{3200 \text{ imp/kWh} \times 220 \text{ V} \times 10 \text{ A} / 1000}{3600 \text{ sec/h}} \times \cos(60)$$

$$= 0.9778 \text{ Hz}$$

CF の測定値を 0.98 Hz とすると、パーセント誤差は次のように計算されます。

$$\%Error = \frac{0.98 - 0.9778}{0.9778} = 0.2273\%$$

基準電力計を使う場合は、パーセント誤差はこのデバイスから直接得られることに注意してください。

最後に、ライン周波数= 50 Hz で、PHCAL 補償は次のように求められます。

$$PHCAL = - \left(\frac{\text{asin} \left(\frac{0.2273\%}{\sqrt{3}} \right)}{2\pi \times 50 \times 1.22 \times 10^{-6}} \right) + 0x40 = 0x3D$$

ADE71xx 位相補償の場合、改竄防止電力計をデザインする際に必要とされる特別な考慮事項については改竄防止位相キャリブレーションのセクションを参照してください。

ワット・オフセット—オプション

ワット・オフセット・キャリブレーションは、小さい負荷での精度がオフセット・キャリブレーションの前に仕様を満たさない場合のみ必要です。

低い電流レベルで計測精度を低下させる電圧から電流チャンネルへのクロストークを補正するために、ワット・オフセット・キャリブレーションが実行されます。オフセットの大きさを測定して除去できるように、低いレベルの電流信号を加える必要があります。

この例では、100 mA の入力電流を加えて、オフセット・キャリブレーションを行います。電圧チャンネル入力= 220 V、力率= 1 で、出力周波数 CF の計算値は前と同様に求められます。

$$CF_{EXPECTED} = \frac{3200 \text{ imp/kWh} \times 220 \text{ V} \times 0.1 \text{ A} / 1000}{3600 \text{ sec/h}} \times \cos(0)$$

$$= 0.0195556 \text{ Hz}$$

100 mA/220 V で実際の CF 周波数が 0.020 Hz の場合、オフセットによるパーセント誤差は次のように計算されます。

$$\%Error = \frac{0.02000 - 0.0195556}{0.0195556} = 2.273\%$$

ワット計測でのオフセットは次式により補正されます。

WATTOS

$$= -\%Error \times CF_{EXPECTED} \times \left(\frac{CFDEN}{1 + \frac{WGAIN}{2^{12}}} \right) \times \frac{1}{819.2 \text{ kHz}} \times 2^{33}$$

WATTOS

$$= -2.273\% \times 0.0195556 \times \left(\frac{0x429}{1 + \frac{0x\text{FE12}}{2^{12}}} \right) \times \frac{1}{819.2 \text{ kHz}} \times 2^{33}$$

$$= 0x\text{E9F5}$$

ソフトウェアでのワット時積算

ADE71xx/ADE75xx は、ファームウェアが CF 出力と同期して電力表示を更新できるように、CF パルスを出力するとき、割り込みを発生します。

ワット計測のキャリブレーション後、CF 出力は正確に電力計定数に対応し、3200 imp/kWh となります。ADE71xx/ADE75xx ファームウェアでの電力積算では、CF 割り込みを使うことができるため、3200 回の割り込みがカウントされるごとに、それまでの合計値に 1 キロワット時を加算します。同様に、CF パルス 32 個ごとに、10 ワット時を加算します。

電流 RMS と電圧 RMS

電圧 rms と電流 rms のキャリブレーションは、rms 瞬時値が必要とされる場合にのみ必要です。RMS キャリブレーションは、有効電力の性能に影響を与えません。

rms キャリブレーションは、rms 瞬時測定値を使って実行する必要があります。測定値は、電力計測定値 SFR の 0xD1~0xD6 から取得することができます。CF パルス出力はこのキャリブレーションで使用しません。ADE71xx/ADE75xx の電流と電圧の rms 測定値は、内部でゼロ交差に同期させることができるため、rms 計測で発生するリップルが削減されます。この機能は、同期をソフトウェアで行う必要があった前の ADE デバイスを改善したものです。ADE MODE2 レジスタの ZXRMS ビットをセットすると、この機能がイネーブルされます。精度を上げるためには、キャリブレーション・プロセス中、ゼロ交差同期をイネーブルする必要があります。また必要に応じて、複数個の測定値の平均をとることもできます。

電流 rms と電圧 rms の測定値には、デバイス間の変動を補償するため、ゲイン・キャリブレーションが必要です。また、各電力計に対してオフセット・キャリブレーションを行い、低い信号入力で測定精度を低下させるクロストークを除去する必要があります。rms 測定値に対しては内部ゲイン・キャリブレーション・レジスタがないため、図 4 に示すようにゲイン調整はファームウェア内で行われます。

RMS ゲイン

電流 rms と電圧 rms のゲイン定数は、ファームウェアで計算され、ファームウェアに組み込まれています。デバイス間ゲイン変動の補償と一緒に、rms ゲイン定数は rms 測定値 (LSB 数) をアンペアまたはボルトの測定値へ変換します。電圧 rms と電流 rms の定数は、固定負荷条件で、次式のように rms レジスタ内の LSB 数を入力振幅で除算することにより求めます。

$$V \text{ Constant}[\text{V/LSB}] = \frac{\text{VoltageInput}[\text{V}]}{\text{VRMS}[\text{LSBs}]}$$

$$I \text{ Constant}[\text{Amps/LSB}] = \frac{\text{Current Input}[\text{A}]}{\text{IRMS}[\text{LSBs}]}$$

表示用の RMS 計算

ファームウェアで変換が実行されるときにフル分解能を維持するため、電圧 rms と電流 rms の定数に定数 k を乗算することができます。

$$V \text{ Constant}[\text{V/LSB}] = \frac{\text{VoltageInput}[\text{V}]}{\text{VRMS}[\text{LSBs}]} \times k$$

$$I \text{ Constant}[\text{Amps/LSB}] = \frac{\text{Current Input}[\text{A}]}{\text{IRMS}[\text{LSBs}]} \times k$$

乗算係数を使用すると、固定小数乗算を使って 16 進数として rms 測定値を変換し、保存する際に分解能を維持することができます。測定値の 16 進数フォーマット変換は、表示用の 16 進から BCD への変換の前に行う必要があります。

小数点以下 2 桁の分解能を維持した電圧 rms レジスタ値のボルト値への変換方法の例を、次式に示します。この例では、220 V を加えて、1089790d の VRMS レジスタ値を得ています。

$$V \text{ Constant} = \frac{220\text{V}}{1,089,790} \times 100 \times 2^{16} = 1323$$

ボルト/LSB 定数に係数 100×2^{16} を乗算して、固定小数乗算を使用したときの精度を維持しています。定数 V は 1323 になります。

電流 rms ゲイン定数を得るもう 1 つの例を次式に示します。この例では、得られる LCD 表示計測値は、小数点以下 3 桁まで正確です。電流入力 10 A を入力し、IRMS 測定値 317460d を得ています。

$$I \text{ Constant} = \frac{10\text{A}}{317,460} \times 1000 \times 2^{16} = 2064$$

アンペア/LSB 定数に係数 1000×2^{16} を乗算して、変換時に必要とされる精度を維持しています。I 定数 2064 が得られています。

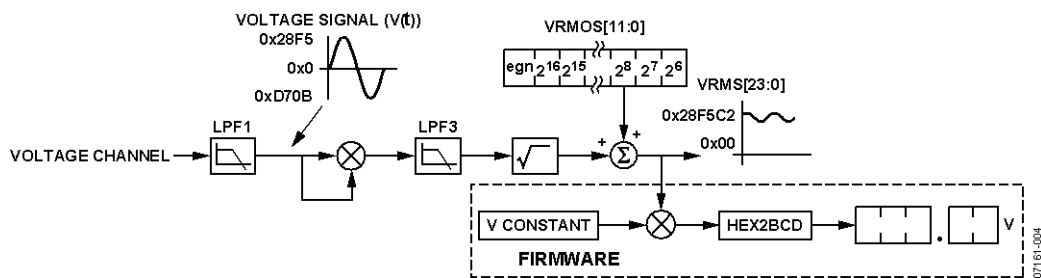


図 4. 電圧 RMS のシグナル・チェーン

RMS オフセット

低信号レベルで正確な測定値を得るためには、電流 rms と電圧 rms のオフセットをキャリブレーションする必要があります。このキャリブレーションは、内部 VRMSOS レジスタと IRMSOS レジスタを使って行います。補償係数は次式で求められます。

$$VRMSOS = \frac{VRMS_{EXPECTED} - VRMS_{ACTUAL}}{64}$$

$$IRMSOS = \frac{IRMS_{EXPECTED}^2 - IRMS_{ACTUAL}^2}{32,768}$$

オフセット・キャリブレーションは、信号測定値内でオフセットが目立つ低い信号レベルで行う必要があります。この考えを図 5 に示します。

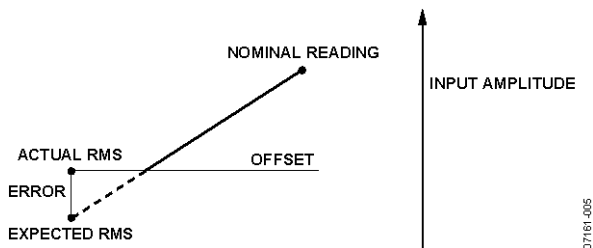


図 5.RMS の測定

電圧 rms 計測はダイナミック・レンジ 100:1 で、電流 rms 計測はダイナミック・レンジ 1000:1 で、それぞれ行うことが指定されています。これは、正確な計測が可能な最小入力レベルであり、オフセット・キャリブレーションを行う最小ポイントです。この例では、電圧 rms オフセットは 175 V で、電流 rms オフセットは 100 mA で、それぞれキャリブレーションされています。rms 期待値を求めるときは、公称電流と公称電圧で計測する必要があります。この測定値をスケールダウンして、キャリブレーション・ポイントでの期待値にします。

たとえば、

測定値: $I_{NOMINAL}$ (10 A) で 300,614

期待値: I_{CAL} (100 mA) で $(0.1/10) \times 300,614 = 3006$

実際の測定値: I_{CAL} (100mA) で 3486

したがって、

$$IRMSOS = \frac{3006^2 - 3486^2}{32,768} = 0xFFA1 = -95$$

電圧 rms オフセットも同じ方法でキャリブレーションされます。

たとえば、

測定値: $V_{NOMINAL}$ (220 V) で 1064409

期待値: V_{CAL} (175 V) で $(175/220) \times 1,064,409 = 846,689$

実際の測定値: V_{CAL} (175 V) で 900,833

したがって、

$$VRMSOS = \frac{846,689 - 900,833}{64} = 0xFCB2 = -846$$

皮相電力のキャリブレーション

VA ゲイン

VA ゲイン・キャリブレーションはワット・ゲイン・キャリブレーションと同様に、デバイス間変動を補償するために電力計ごとに行う必要があります。また、ワット・キャリブレーションで求めた電力計定数を保持するために VA ゲイン・レジスタも使います。皮相電力シグナル・チェーンは有効電力シグナル・チェーンと異なるため、これらの計測の間にスケール係数が存在します。このスケール係数の詳細については、ADE71xx/ADE75xx データ・シートの電力レジスタ・スケール係数のセクションをご覧ください。

また、皮相電力キャリブレーションは、力率 = 1 の公称入力で実行する必要があります。この場合は 220 V/10 A です。皮相パルス出力に対して 32000 imp/kVAh の電力計定数も必要とすると、

$$VACF_{EXPECTED} = \frac{MeterConstant[imp/kVAh] \times Load[kVA]}{3600 \text{ sec/h}}$$

$$VACF_{EXPECTED} = \frac{3200 \text{ imp/kWh} \times 220 \text{ V} \times 10 \text{ A} / 1000}{3600 \text{ sec/h}}$$

$$= 1.95556 \text{ Hz}$$

必要とされる補償を求めるために、先ず皮相電力測定値でのパーセント誤差を求める必要があります。

$$\%Error = \frac{VACF_{ACTUAL} - VACF_{EXPECTED}}{VACF_{EXPECTED}}$$

$$VAGAIN = \left(\frac{1}{(1 + \%Error)} - 1 \right) \times 2^{12}$$

220 V/10 A に対して、CF の計算値は前に計算したように、1.9556 Hz になります。CF の測定値を 2.065 Hz とすると、パーセント誤差は次のように計算されます。

$$\%Error = \frac{2.065 - 1.95556}{1.95556} = 5.60\%$$

この変動を補償するために必要とされる VGAIN 値を得るためには、次のようにパーセント誤差を VGAIN 式に代入します。

$$VAGAIN = \left(\frac{1}{(1 + 5.60\%)} - 1 \right) \times 2^{12} = 0xFF27 = -217$$

前述のように、キャリブレーションに基準電力計を使う場合、基準電力計からパーセント誤差を直接読み出ことができるため、計算が不要になることに注意してください。

高度な皮相電力キャリブレーション

VA オフセット・オプション

VA オフセット・キャリブレーションは、小さい負荷での精度が仕様を満たさない場合のみ必要です。

皮相電力は瞬時電圧と電流 rms 測定値との積から計算されるため、皮相電力オフセットの除去は、IRMS と VRMS のオフセット補償をキャリブレーションすることにより実現されます。このため、正確な低負荷での皮相電力測定値が必要な場合は、VRMSOS レジスタと IRMSOS レジスタのキャリブレーションが不可欠です。

無効電力のキャリブレーション

VAR ゲイン

VAR ゲイン・キャリブレーションはワット・ゲイン・キャリブレーションと同様に、デバイス間変動を補償するために電力計ごとに行う必要があります。また、ワット・キャリブレーションで求めた電力計定数を保持するために VAR ゲイン・レジスタも使います。無効電力シグナル・チェーンは有効電力シグナル・チェーンと異なるため、これらの計測の間にスケール係数が存在します。このスケール係数の詳細については、ADE71xx/ADE75xx データ・シートの電力レジスタ・スケールリングのセクションをご覧ください。

無効電力キャリブレーションは、最大無効電力出力を得る力率=0 で行う必要があります。ここでも公称入力を使います。この場合 220 V/10 A です。無効パルス出力に対して 32000 imp/kVARh の電力計定数も必要とすると、

$$VARCF_{EXPECTED} = \frac{Meter\ Constant[imp/kVARh] \times Load[kVAR]}{3600\ s/h} \times \sin(\theta)$$

$$VARCF_{EXPECTED} = \frac{3200\ imp/kVAh \times 220\ V \times 10\ A / 1000}{3600\ s/h} \times \sin(90) = 1.95556\ Hz$$

必要とされる補償を求めるために、まず無効電力測定値でのパーセント誤差を求める必要があります。

$$\%Error = \frac{VARCF_{ACTUAL} - VARCF_{EXPECTED}}{VARCF_{EXPECTED}}$$

$$VARGAIN = \left(\frac{1}{(1 + \%Error)} - 1 \right) \times 2^{12}$$

220 V/10 A に対して、CF の計算値は前に計算したように、1.9556 Hz になります。CF の測定値を 1.856 Hz とすると、パーセント誤差は次のように計算されます。

$$\%Error = \frac{1.856 - 1.95556}{1.95556} = -5.09\%$$

この変動を補償するために必要とされる VARGAIN 値を得るためには、次のようにパーセント誤差を VARGAIN 式に代入します。

$$VARGAIN = \left(\frac{1}{(1 + (-5.09\%))} - 1 \right) \times 2^{12} = 0xDC = 220$$

前述のように、キャリブレーションに基準電力計を使う場合、基準電力計からパーセント誤差を直接読み出ことができるため、計算が不要になることに注意してください。

$$Line\ Cycle_{EXPECTED} = \frac{Meter\ Constant[imp/kWh] \times Load[kW] \times AccTime[sec] \times CFDEN}{3600s/h} \times \cos(\varphi)$$

高度な無効電力キャリブレーション

VAR オフセットオプション

VAR オフセット・キャリブレーションは、小さい負荷での精度が仕様を満たさない場合のみ必要です。

無効電力オフセット・キャリブレーションは、小さい負荷での計測精度を低下させる小さい DC オフセットを補正します。このキャリブレーション手順、小さい入力電流を使って実行します。無効オフセット・キャリブレーションは、力率=0 で行う必要があります。

この例では、100 A の入力電流を加えて、オフセット・キャリブレーションを行います。公称電圧入力 220 V で、VACF 出力周波数の計算値は前と同様に求められます。

$$VACF_{EXPECTED} = \frac{3200\ imp/kWh \times 220\ V \times 0.1A / 1000}{3600\ s/h} \times \sin(90) = 0.0195556\ Hz$$

100 mA/220 V で実際の CF 周波数が 0.02050 Hz の場合、オフセットによるパーセント誤差は次のように計算されます。

$$\%Error = \frac{0.020500 - 0.0195556}{0.0195556} = 4.829\%$$

無効電力計測でのオフセットは次式により補正されます。

VAROS

$$\%Error \times VARCF_{EXPECTED} \times \frac{VARDIV}{\left(1 + \frac{VARGAIN}{2^{12}}\right)} \times \frac{1}{819.2\ kHz} \times 2^{33}$$

VAROS

$$= 4.829\% \times 0.019556 \times \frac{0x426}{\left(1 + \frac{0xDC}{2^{12}}\right)} \times \frac{1}{819.2\ kHz} \times 2^{33} = 0xD904$$

正確な電源を使ったキャリブレーション

正確な電源を使う ADE71xx/ADE75xx のキャリブレーション手順は、このドキュメントで説明した手順と非常に似ています。信号内のパーセント誤差を求めるために CF 出力パルスを使う代わりに、ライン・サイクル積算レジスタを使うことができます。

まず、CF 出力周波数のセクションで説明した同じ方法で CF 出力周波数をセットアップします。ゲインをキャリブレーションする際、ライン・サイクル積算測定値を使ってパーセント誤差を求めることができます。ライン積算電力レジスタと CF 出力周波数との間に次の関係を仮定することができます。

$$LWATTHR \times \frac{CFNUM}{CFDEN} = CF \quad (WDIV = 0 \text{ の場合})$$

前述の関係と CF 出力周波数のセクションの $CF_{EXPECTED}$ 式を使うと、ライン・サイクル・レジスタからの計算値は次式で与えられます。

ライン・サイクル積算レジスタから実際の測定値を求めて、パーセント誤差を計算する必要があります。ワット・ゲインのセクションの **WGAIN** の式を使うと、費用とされる補償を求めることができます。必要とされるゲイン、位相、オフセットのキャリブレーション値を求めるときは、すべての電力測定値に対して同じ手順を使う必要があります。

リアルタイム・クロック

RTC のキャリブレーションについては、アプリケーション・ノート AN-949 「Compensating the ADE71xx/75xx Family RTC for Accurate Timekeeping」を参照してください。

改竄防止電力計のデザイン

改竄防止電力計をデザインする場合、正しくキャリブレーションされた出力を保証するためにキャリブレーション・ステップの追加が必要です。デバイスの ADE71xx ファミリーは、中性電流のモニターを可能にする 2 つ目の電流入力チャンネルを内蔵しています。ADE75xx シリーズにはこの機能は内蔵されていません。

ADE71xx シリーズは、故障を検出するために位相と中性電流をモニターするようにデザインされています。このデバイスは、中性条件の喪失を検出して電流チャンネル入力のみに基づいた課金を継続するように設定することもできます。これらの 2 つの機能は、正確に動作するために別々のキャリブレーション・ステップを必要とします。

図 6 に、その位相の電流をモニターするシャント抵抗と中性電流をモニターする CT を使った入力構成を示します。

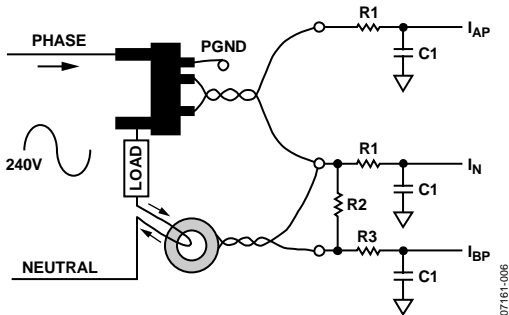


図 6.改竄防止入力

改竄防止電力計をデザインするときは、キャリブレーション・フローは少しこととなります。図 7 に示すフロー図で、ワット計測をキャリブレーションする際に含まれるステップを説明します。

図 7 に示すように、改竄防止電力計のワット計測のキャリブレーションでは、**I_B** ゲイン・キャリブレーションのキャリブレーション・ステップを追加する必要があります。このキャリブレーション・ステップを実行する手順は次のセクションに記載します。

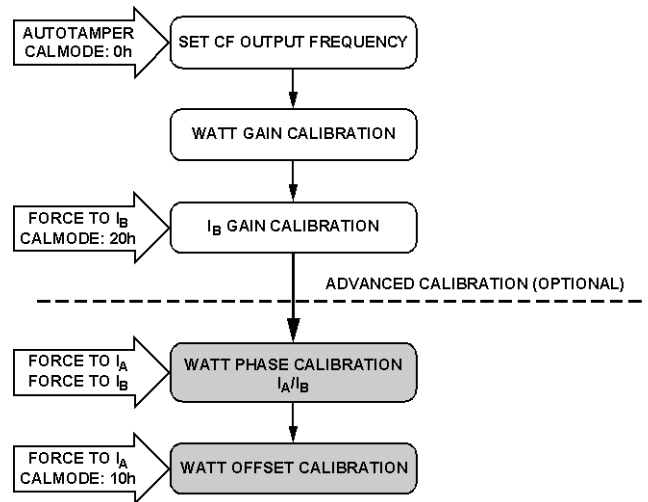


図 7.改竄防止キャリブレーション・フロー

I_B ゲインのキャリブレーション

I_B ゲイン・キャリブレーションの目的は、2 つの電流入力チャンネル間の小さなゲイン誤差を除去することです。**I_B** のキャリブレーションを行うときは、**CALMODE** レジスタに **0x20** を設定して、電流チャンネル入力を **I_B** にする必要があります。信号を **I_B** に加えて、**I_A** 電流が流れないようにする必要があります。

I_B ゲイン・キャリブレーションは、公称電流入力と公称電圧入力で行う必要があります。この例では、10 A/220 V です。前の計算から、これらの条件での **CF** の出力周波数計算値は 1.95556 Hz になります。**I_B** チャンネルでのパーセント誤差は次のように計算されます。

$$\%Error = \frac{CF_{I_B} - CF_{EXPECTED}}{CF_{EXPECTED}}$$

この誤差を保証するために **I_B** ゲイン・レジスタに必要な値は次式で計算できます。

$$I_B \text{ GAIN} = \frac{-\%Error}{1 + \%Error} \times 2^{12}$$

たとえば、**I_B** 電流チャンネルを使うとき、得られた **CF** 出力周波数が 2.275 Hz である場合、チャンネル・マッチングのために必要な **I_B** ゲイン・レジスタ値は次のように計算されます。

$$\%Error = \frac{2.275 - 1.95556}{1.95556} = 16.33\%$$

$$I_B \text{ GAIN} = \frac{-0.1633}{1 + 0.1633} \times 2^{12} = -575d = 0xFDC1$$

改竄防止位相キャリブレーション

改竄防止電力計で位相キャリブレーションを行う場合、注意が必要です。シャントと CT を各 1 個使う場合、位相シフトはチャンネル間で異なります。この場合、2 個の位相キャリブレーション定数を求める必要があり、1 個は入力信号を I_A からとるとき、もう 1 個は I_B を使うときです。このため、位相キャリブレーションを 2 回実行します。1 回は入力を I_A (CALMODE = 0x10)にして、もう 1 回は入力 I_B にして(CALMODE = 0x20)、それぞれ行います。位相キャリブレーション手順の詳細については、ワット位相キャリブレーションのセクションを参照してください。あるいは、位相シフトの不一致はハードウェアによる補償により解決することもできます。

改竄防止 RMS キャリブレーション

改竄防止モードでのキャリブレーションは、電流 RMS と電圧 RMS のセクションでの説明と同じ手順に従います。入力を改竄防止(CALMODE = 0x00)に設定して、ゲイン・キャリブレーションを行います。rms オフセット・キャリブレーションを行うとき、CALMODE レジスタを 0x10 に設定して、入力を A にして、スイッチングからのノイズを防止する必要があります。

改竄防止皮相電力キャリブレーション

改竄防止モードでのキャリブレーションは、皮相電力のキャリブレーションのセクションでの説明と同じ手順に従います。入力を改竄防止(CALMODE = 0x00)に設定する必要があります。

改竄防止無効電力

改竄防止モードでのキャリブレーションは、皮相電力のキャリブレーションのセクションでの説明と同じ手順に従います。入力を改竄防止(CALMODE = 0x00)に設定する必要があります。無効オフセット・キャリブレーションが必要な場合、CALMODE レジスタを 0x10 に設定して、入力を A にして、スイッチングからのノイズを防止する必要があります。

中性喪失キャリブレーション

このキャリブレーション・ステップは、中性接続が失われている場合に実行する必要がある改竄防止電力計をデザインする際のみ必要とされます。中性喪失キャリブレーションは、電流 rms 計測のキャリブレーション後に行う必要があります。

電圧チャンネルが所定のスレッシュホールドを下回ったとき、中性喪失状態になります。SAG とゼロ交差検出をイネーブルするとこのイベントを検出することができます。電力計へ行く電圧

がないため、この時点で消費される電流はありません。電流が消費される場合、改竄状態があることを意味します。この状態では、ADE71xx/ADE75xx アンペア時の消費を計測することができます。このため、この品質に基づく課金を続けることができます。このモードでは、瞬時 IRMS 測定値に比例する CF パルスを出力するように、MODE2 レジスタを再プログラムする必要があります。これらの条件で CF パルスの重みを維持するためには、正しい電力計定数を提供するように CFNUM と CFDEN を修正します。

中性喪失モードで動作する場合、電圧の振幅と位相角が既知であるため、これらを前提とする必要があります。この場合も、出力周波数 CF の計算値は前のキャリブレーション・ステップで求めた電力計定数を使います。この場合は 3200 imp/kWh です。この例では、電圧を 240 V、位相角を 30 度として使います。出力周波数 CF の計算値は前のように求められます。

$$CF_{EXPECTED} = \frac{\text{Meter Constant}[\text{imp/kWh}] \times \text{Load}[\text{kW}]}{3600 \text{ s/h}} \times \cos(\phi)$$

$$CF_{EXPECTED} = \frac{3200 \text{ imp/kWh} \times 240 \text{ V} \times 10 \text{ A} / 1000}{3600 \text{ s/h}} \times \cos(30)$$

$$= 1.84752 \text{ Hz}$$

中性喪失動作条件を得る CF 出力周波数を調節するためには、新しい周波数 CF の計算値に従って CFDEN をスケールする必要があります。

$$\frac{CFNUM_{MN}}{CFDEN_{MN}} = \frac{CF_{EXPECTED}}{CF_{ACTUAL}} \times \frac{CFNUM}{CFDEN}$$

CFNUM を 1 としていることに注意してください。

たとえば、中性喪失モードでの CF 測定値 1.954 Hz とし、前の計算から、電流 CFDEN = 0x429 とすると、

$$\frac{1}{CFDEN_{MN}} = \frac{1.84752}{1.954} \times \frac{1}{1065}$$

$$CFDEN_{MN} = 0x466$$

中性喪失モードで動作する場合、中性喪失モードの CFDEN のみを CFDEN レジスタに書き込む必要があります。

ADE71XX/ADE75XX キャリブレーション・ソフトウェア

ADE71xx/ADE75xx キャリブレーション・ソフトウェアを使うと、ユーザーは、ワット、VAR、電流 rms、電圧 rms、ADE71xx/ADE75xx 参考デザインのリアルタイム・クロックをキャリブレーションできるようになります。LabVIEW で開発されたこのソフトウェア・プログラムは、絶縁されたシリアル・ポートを介して、「ADE7169 Based Energy Meter Program Structure」(評価 CD に収容)で定義されたプロトコルを使って ADE71xx/ADE75xx 参考デザインと通信します。

ADE71xx/ADE75xx 参考デザインは、フラッシュ・メモリに格納した参考デザイン・ファームウェアに添付されています。各参考デザインは、ワット、VAR、電流 rms、電圧 rms、RTC 性能についてキャリブレーション済みです。ファームウェアと ADE71xx/ADE75xx のキャリブレーション・レジスタに必要なとされるキャリブレーション定数は、参考デザインの EEPROM に格納されています。また、これらの値は各電力計のステッカにも記載されています。

このドキュメントのこのセクションでは、インストール方法(必要な場合)とキャリブレーションされた基準電力計を得るための LabVIEW ソフトウェアの使い方について説明します。

絶縁された COM ポートの決定

参考デザインと通信するためには、PC の COM ポートを決定する必要があります。

まず、**My Computer** を右クリックして **Properties** を選択します。

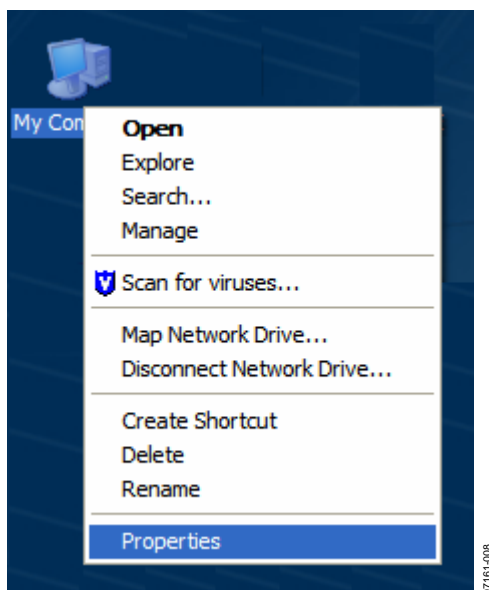


図 8. My Computer Properties

次に **Hardware** タブを選択して、**Device Manager** ボタンをクリックします。

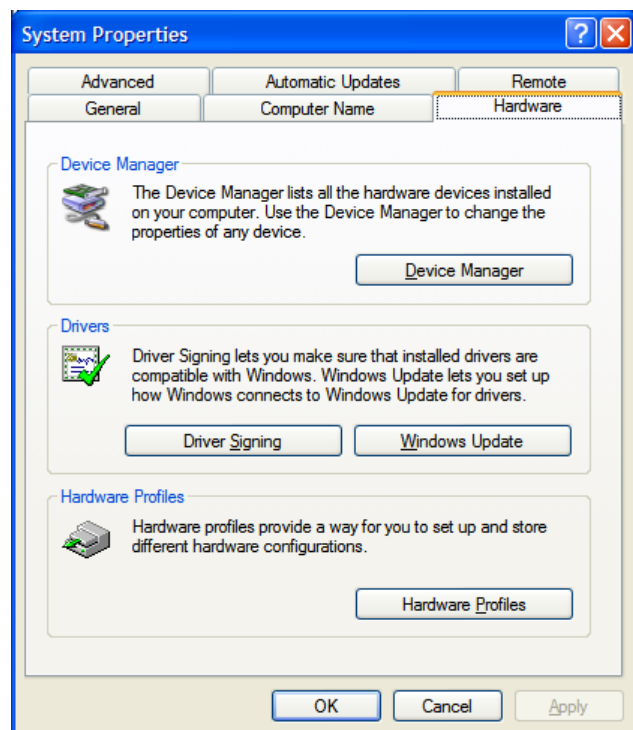


図 9. System Properties

ハードウェア・デバイスのリストが表示されます。**Ports** の隣の + 符号をクリックして、**USB Serial Port with ISO** と呼ばれるポートを探します。キャリブレーション・ソフトウェアを使う場合、そのままの COM ポート番号が必要なことに注意してください。

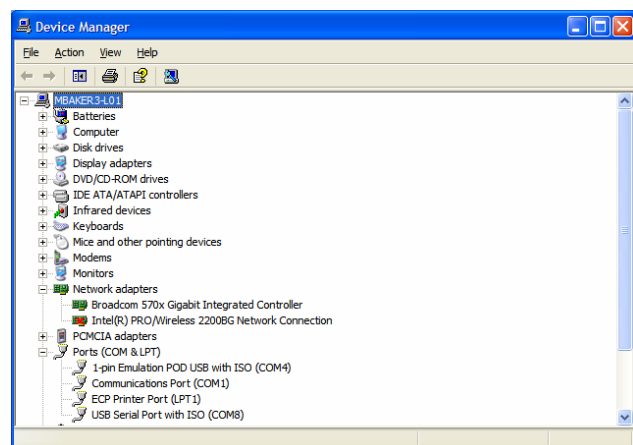


図 10. Device Manager

ADE71XX/ADE75XX 参考デザイン・ファームウェアのダウンロード

参考デザイン・ファームウェアは、ADE71xx/ADE75xx のフラッシュ・メモリに既にロードされているはずですが、ロードされている場合には、LCD ディスプレイが 1 秒ごとに点滅します。確認したら、キャリブレーション・ソフトウェアのスタート・スクリーンのセクションへ進みます。

LCD ディスプレイが点滅しない場合、または他のコードが電力計にダウンロードされている場合には、**IAR Embedded Workbench** ソフトウェアを起動し、**ADE7169_ref_design Project** を選択して、参考デザイン・ファームウェアを再度ダウンロードしてください。前のセクションで見つけた COM ポートを使うようにアナログ・デバイスのデバッグを設定し、ボー・レート=57,600、ハンドシェーク=9600 ボーにします。次に、参考デザイン上の SDEN ボタンを押し、リセット・ボタンを押してすぐ戻ると、ADE71xx/ADE75xx はシリアル・ダウンロード・モードになります。拡大鏡をクリックしてコードをダウンロードしてください。拡大鏡を 2 回クリックして IAR ツールを停止させます。参考デザインのリセット・ボタンを押して、ファームウェアを再起動させます。

EEPROM 内の ADE71XX/ADE75XX 参考デザイン・キャリブレーション定数

表 1 に、キャリブレーション・ソフトウェアから操作される揮発性メモリの EEPROM アドレスを示します。この中には、すべての ADE 電力計キャリブレーション定数、ファームウェアが使用する幾つかの定数、キロワット時合計が含まれています。データはリトル・エンディアン・フォーマットで、下位データが下位アドレスです。

表 1. EEPROM のキャリブレーション定数

Constant	EEPROM Address	# of Bytes
Kilowatt-Hour Total	0x00	5
Current Date (Weekday, Day of the Month, Month, Year)	0x17	4
PHCAL	0x3A	1
GAIN	0x3C	1
WGAIN	0x41	2
WATTOS	0x4A	2
IRMSOS	0x50	2
VRMSOS	0x53	2
CF1DEN	0x56	2
RTCCOMP	0x5C	1
I Constant	0x60	2
V Constant	0x63	2

参考デザインを変更または拡張する場合には、電力計とキャリブレーション・ルーチンの不具合を防止するため、表 1 に示す EEPROM ロケーションを変更しないでください。

キャリブレーション・ソフトウェアのスタート・スクリーン

図 11 に、ADE71xx/ADE75xx キャリブレーション・ソフトウェアが起動したときに表示されるスクリーンを示します。

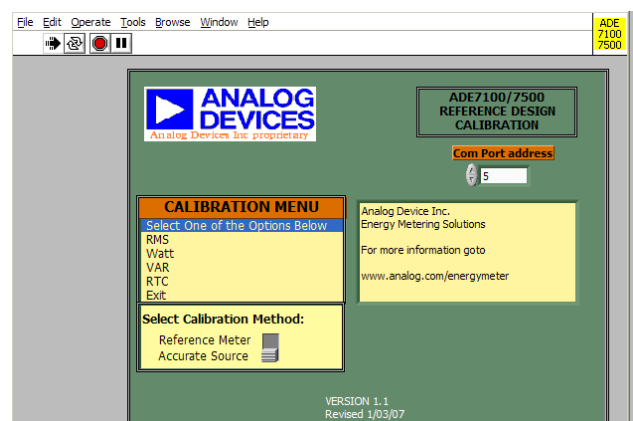


図 11. ADE71xx/ADE75xx キャリブレーションのスタート・スクリーン

通信を確立するときは、絶縁シリアル・ポートに対応する COM ポート番号を入力します。COM ポート番号は、絶縁された COM ポートの決定のセクションで既に決めてあります。

次に、キャリブレーション・セットアップに応じて **Reference Meter** または **Accurate Source** としてキャリブレーション方法を選択します。使用する電流源と電圧源を精密にキャリブレーションする場合は、**Accurate Source** を選択します。あるいは、電力計キャリブレーション出力とキャリブレーション済み標準電力計を比較する場合には、**Reference Meter** を選択します。

キャリブレーションを開始するときは、calibration メニューから **Watt**、**VAR**、**RMS**、または **RTC** キャリブレーションを選択します。

ワット・キャリブレーション

ワット・キャリブレーションを選択すると、図 12 に示すスクリーンが表示されます。上に並ぶタブを使うと、キャリブレーションを必要とするワット計測の諸元を選択することができます。

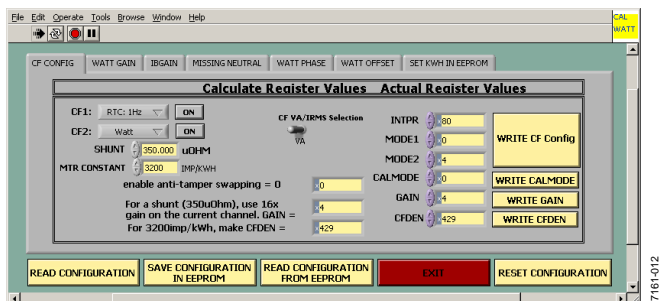


図 12.ワット・キャリブレーション・ウィンドウ

ワット・キャリブレーションを起動するとき、リセット・キャリブレーション・コマンドが実行されます。リセット時に、ワット・キャリブレーション・レジスタ WGAIN、PHCAL、WATTOS がパワーオン・デフォルトに戻されます。さらに、ADE71xx/ADE75xx 参考デザインに固有な値が、CALMODE、GAIN、CFDEN の各レジスタに書き込まれます。これらの値の計算方法の詳細については、CF 出力周波数のセクションを参照してください。

ワット計測をキャリブレーションするとき、CF 出力を測定して、積算電力の誤差を求める必要があります。有効電力のキャリブレーションのセクションを参照してください。絶縁された CF 出力に電源を入力するときは、絶縁された 5 V または 3.3 V の電源を EXPWR と EXGND (ヘッダー P5 のピン 1 とピン 4、図 13 で矢印表示) に接続してください。絶縁された CF1 と CF2 (ヘッダーのピン 2 とピン 3) を測定します。

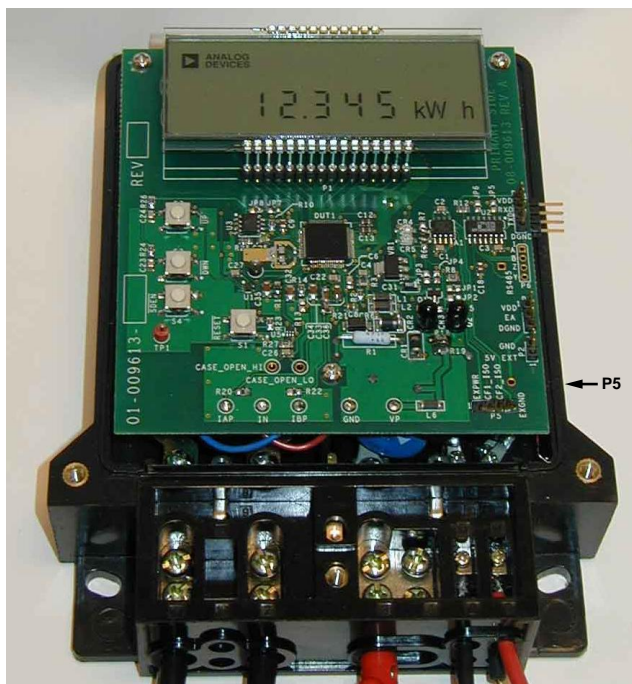


図 13.絶縁された端子 P5(矢印で表示)を持つ参考デザイン

ワット・ゲイン・キャリブレーション

ワット・ゲインをキャリブレーションするとき、ワット・キャリブレーション・スクリーンの上部にある WATT GAIN タブを選択します。

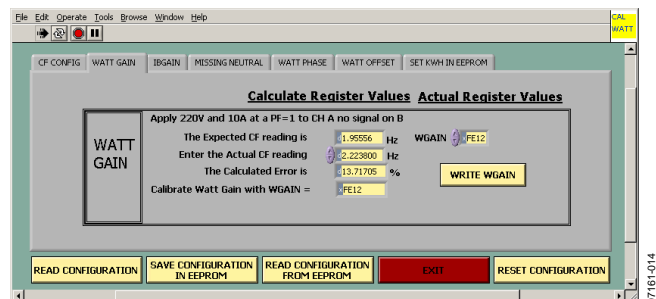


図 14.ワット・ゲイン・キャリブレーション・ウィンドウ

ワット・ゲイン・キャリブレーションを行う場合は、220 V/10 A を電力計へ入力します。図 14 に示すボックスに実際の CF 測定値を入力します。次に **Calibrate Watt Gain with WGAIN** 値を WGAIN ボックスに入力して、**WRITE WGAIN** をクリックします。新しい WGAIN 値により、計測値が所望の誤差範囲内に入ることを確認します。さらに調整が必要な場合には、WGAIN 値を変更して、**Write WGAIN** をクリックします。

Calibrate Watt Gain with WGAIN 値は、デフォルトの WGAIN 設定に基づいていることに注意してください。キャリブレーションを再度行うときは、WGAIN = 0x00 を書き込んだ後に実際の CF 測定値を再入力して、新しい推奨 WGAIN 値を取得してください。

ワット位相キャリブレーション

ワット位相をキャリブレーションするとき、ワット・キャリブレーション・スクリーンの上部にある WATT PHASE タブを選択します。

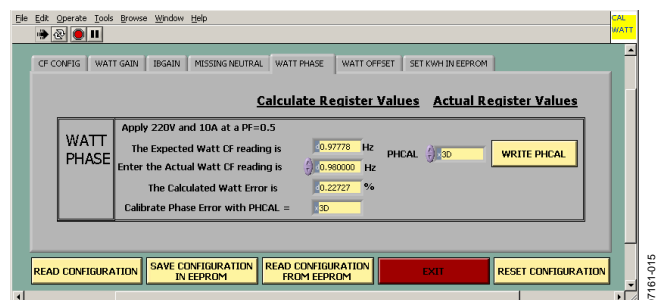


図 15.ワット位相キャリブレーション・ウィンドウ

位相キャリブレーションを行う場合は、220 V/10 A、力率= 0.5 を電力計へ入力します。図 15 に示すボックスに実際のワット CF 測定値を入力します。次に **Calibrate Phase Error with PHCAL** 値を PHCAL ボックスに入力して、**WRITE PHCAL** をクリックします。新しい PHCAL 値により、計測値が所望の誤差範囲内に入ることを確認します。さらに調整が必要な場合には、PHCAL 値を変更して、**WRITE PHCAL** をクリックします。

Calibrate Phase Error with PHCAL 値は、デフォルトの PHCAL 設定に基づいていることに注意してください。キャリブレーションを再度行うときは、PHCAL = 0x40 を書き込んだ後に実際のワット CF 測定値を再入力して、新しい推奨 PHCAL 値を取得してください。

ワット・オフセット・キャリブレーション

ワット・オフセットをキャリブレーションするときは、ワット・キャリブレーション・スクリーンの上部にある **WATT OFFSET** タブを選択します。

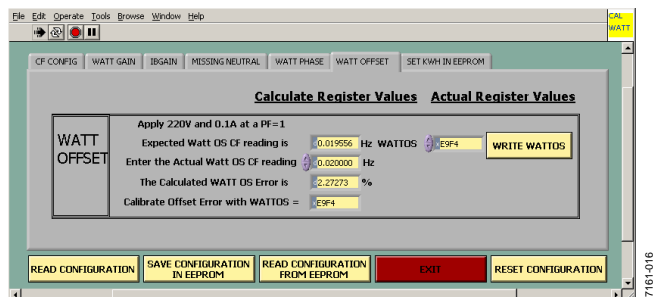


図 16.ワット・オフセット・キャリブレーション・ウインドウ

オフセット・キャリブレーションを行う場合は、220 V/0.1 A、力率=1 を電力計へ入力します。図 16 に示すボックスに実際のオフセット CF 測定値を入力します。次に **Calibrate Offset Error with WATTOS** 値を WATTOS ボックスに入力して、**WRITE WATTOS** をクリックします。新しい WATTOS 値により、計測値が所望の誤差範囲内に入ることを確認します。さらに調整が必要な場合には、WATTOS 値を変更して、**WRITE WATTOS** をクリックします。

Calibrate Offset Error with WATTOS 値は、デフォルトの WATTOS 設定に基づいていることに注意してください。キャリブレーションを再度行うときは、WATTOS = 0 を書き込んだ後に実際の CF 測定値を再入力して、新しい推奨 WATTOS 値を取得してください。

ワット・キャリブレーションの保存

ワット・キャリブレーションが完了した後、内部電力カウンタをリセットして、0 からの積算を再開することが推奨されます。この場合には、**SET KWH IN EEPROM** タブをクリックします。

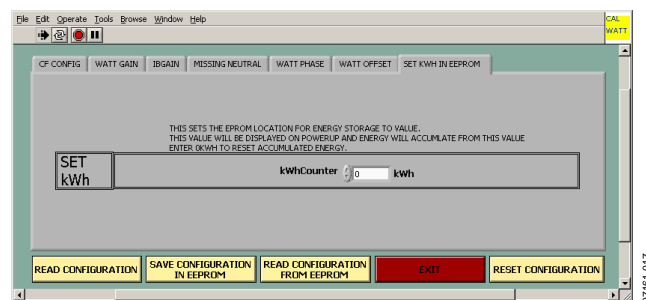


図 17.kWh キャリブレーション設定ウインドウ

LCD に表示されたキロワット時合計を変更するときは、図 17 に示すように、**kWhCounter** ボックスに値を書き込みます。次に **SAVE CONFIGURATION IN EEPROM** をクリックして、EEPROM の値を WGAIN ボックス、PHCAL ボックス、WATTOS ボックス、kWhCounter の値で更新します。ADE71xx/ADE75xx 参考デザインのリセット・ボタンを押して、kWh 合計が新しい値で更新されたことを確認します。

READ CONFIGURATION FROM EEPROM をクリックして、WGAIN レジスタ、PHCAL レジスタ、WATTOS レジスタを EEPROM の値で更新します。参考デザイン・ボードのリセット・ボタンを押して、キャリブレーションの効果を確認します。kWh 合計は、ユーザー定義のデフォルトに変更されているはずで

です。**READ CONFIGURATION** を使うと、スクリーン上のすべてのレジスタの現在値を読み出すことができます。**RESET CONFIGURATION** は、CALMODE、GAIN、CFDEN を推奨値にリセットし、ワット・キャリブレーション・レジスタをパワーオン・デフォルトに戻します。

RMS キャリブレーション

rms キャリブレーションを選択すると、図 18 に示すスクリーンが表示されます。

rms 計測をキャリブレーションするときは、電流 RMS と電圧 RMS のセクションで説明したように、電流ゲイン、電圧ゲイン、オフセット係数を求める必要があります。

VRMS と IRMS のゲイン・キャリブレーション

rms ゲイン・キャリブレーションを行う場合は、220 V/10 A を電力計へ入力します。次に、図 18 の Area 1 に示す **READ VRMS** ボタンと **READ IRMS** ボタンをクリックします。推奨 V 定数と I 定数の値が計算されます。これらの値を図 18 の Area 1 の V 定数ボックスと I 定数ボックスへ入力します。次に、**SAVE CONFIGURATION IN EEPROM** をクリックします。

参考デザインのリセット・ボタンを押します。VRMS と IRMS が 220 V と 10 A として LCD に表示されることを確認します。さらに調整が必要な場合には、V 定数または I 定数の値を変更して、**SAVE CONFIGURATION IN EEPROM** をクリックします。

VRMS と IRMS のオフセット・キャリブレーション

rms オフセット・キャリブレーションを行う場合は、175 V/0.1 A を電力計へ入力します。次に、図 18 の Area 2 に示す **READ VRMS** ボタンと **READ IRMS** ボタンをクリックします。推奨 V 定数と I 定数の値が計算されます。これらの値を図 18 の Area 2 の VRMSOS ボックスと IRMSOS ボックスへ入力します。次に、**WRITE VRMSOS** ボタンと **WRITE IRMSOS** ボタンをクリックします。**SAVE CONFIGURATION IN EEPROM** をクリックします。

参考デザインのリセット・ボタンを押します。VRMS と IRMS が 175 V と 0.100 A として LCD に表示されることを確認します。さらに調整が必要な場合には、VRMSOS または IRMSOS V の値を変更して、それぞれ **WRITE VRMSOS** または **WRITE IRMSOS** をクリックし、**SAVE CONFIGURATION IN EEPROM** をクリックします。

Calibrate VRMS Offset with VRMSOS と **Calibrate IRMS Offset with IRMSOS** の値は、デフォルトの VRMSOS と IRMSOS 設定に基づいていることに注意してください。キャリブレーションを再度行うときは、VRMSOS = 0x00 と IRMSOS = 0x00 を書き込んだ後に、**READ VRMS** と **READ IRMS** をクリックして、新しい推奨値を取得してください。

RMS キャリブレーションの保存

SAVE CONFIGURATION IN EEPROM をクリックして、EEPROM の値を V 定数、I 定数、VRMSOS ボックス、IRMSOS ボックスの値で更新します。

READ CONFIGURATION FROM EEPROM をクリックして、V 定数ボックス、I 定数ボックス、VRMSOS レジスタ、IRMSOS レジスタを EEPROM の値で更新します。参考デザイン・ボードのリセット・ボタンを押して、キャリブレーションの効果を確認します。電圧と電流の RMS 値は、それぞれ電圧入力と電流入力に対応するようになります。

READ CONFIGURATION を使うと、スクリーン上のすべてのレジスタの現在値を読み出すことができます。**RESET CALIBRATION** は、MODE2 を推奨値にリセットし、rms キャリブレーション・レジスタをパワーオン・デフォルトに戻します。

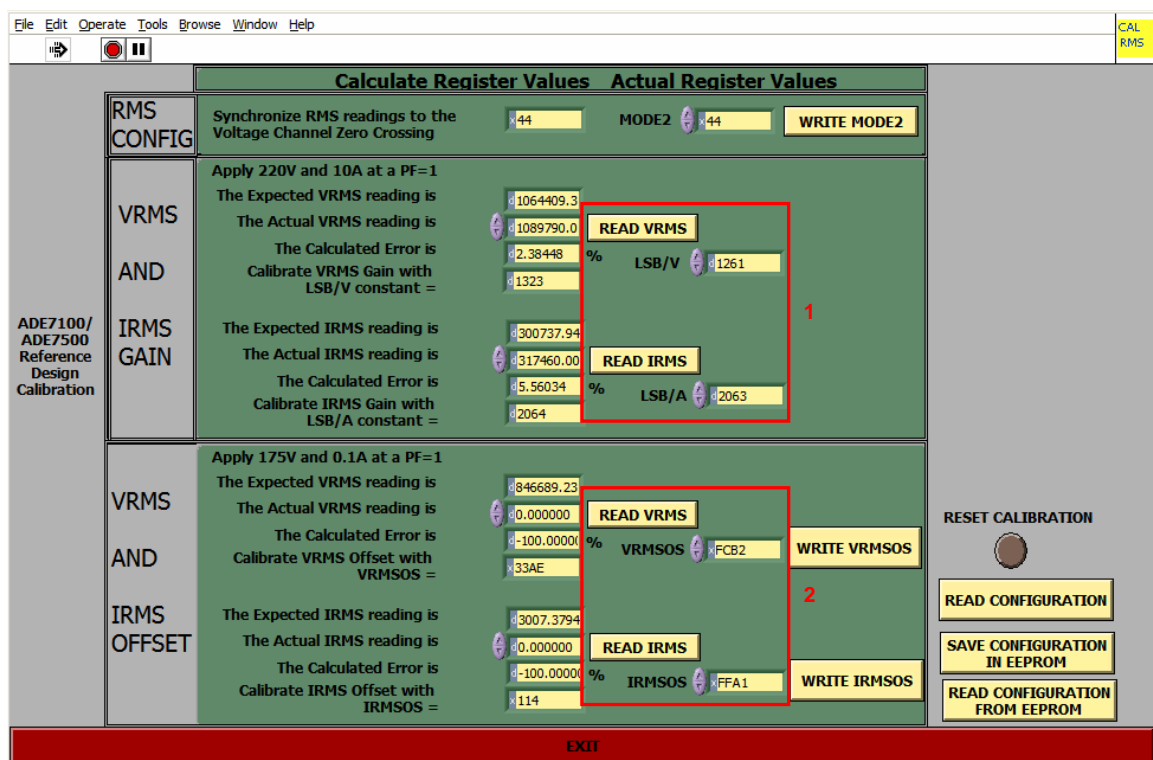


図 18. RMS キャリブレーション・ウィンドウ

VAR キャリブレーション

VAR キャリブレーションを選択すると、図 19 に示すスクリーンが表示されます。上に並ぶタブを使うと、キャリブレーションを必要とする VAR 計測の諸元を選択することができます。

ワット・キャリブレーションと同様に VAR キャリブレーションを起動するとき、リセット・キャリブレーション・コマンドが実行されます。リセット時に、VAR キャリブレーション・レジスタ VARGAIN と VAROS がパワーオン・デフォルトに戻されます。さらに、ADE71xx/ADE75xx 参考デザインに固有な値が、CALMODE、GAIN、CFDEN の各レジスタに書き込まれます。CF2 プルダウン・メニューで VAR を選択して、無効電力に比例するパルスを出力するように CF2 出力を設定する必要があります。

この場合も、キャリブレーションに絶縁された CF 出力パルスが必要です。この出力の電源は絶縁された電源である必要があります(図 13 参照)。

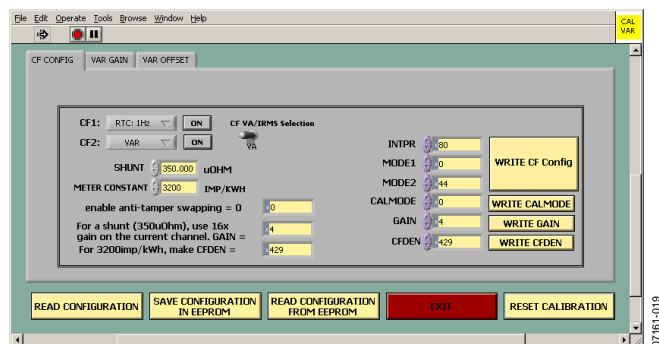


図 19.VAR キャリブレーション・ウィンドウ

VAR ゲイン・キャリブレーション

VAR ゲインをキャリブレーションするとき、VAR キャリブレーション・スクリーンの上部にある VAR GAIN タブを選択します。

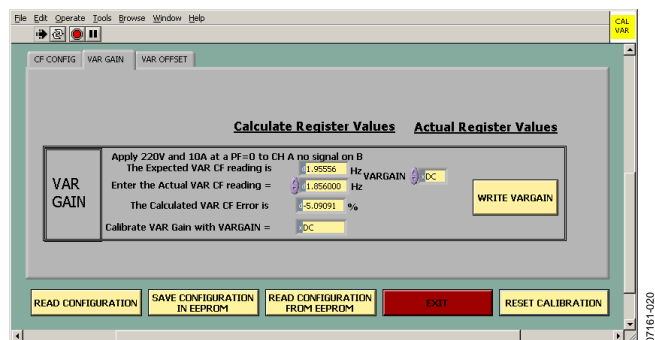


図 20.VAR ゲイン・キャリブレーション・ウィンドウ

VAR ゲイン・キャリブレーションを行う場合は、220 V/10 A、力率=0 を電力計へ入力します。該当するボックス(図 20 参照)に実際の CF 測定値を入力します。次に該当する値を **Calibrate VAR Gain with VARGAIN** ボックスに入力して、**WRITE VARGAIN** をクリックします。新しい VARGAIN 値により、計

測値が所望の誤差範囲内に入ることを確認します。さらに調整が必要な場合には、VARGAIN 値を変更して、**WRITE VARGAIN** をクリックします。

次に、**SAVE CONFIGURATION IN EEPROM** をクリックします。

Calibrate VAR Gain with VARGAIN 値は、デフォルトの VARGAIN 設定に基づいていることに注意してください。キャリブレーションを再度行うときは、VARGAIN = 0x00 を書き込んだ後に実際の CF 測定値を再入力して、新しい推奨 VARGAIN 値を取得してください。

VAR オフセット・キャリブレーション

VAR オフセットをキャリブレーションするとき、VAR キャリブレーション・スクリーンの上部にある VAR OFFSET タブを選択します。

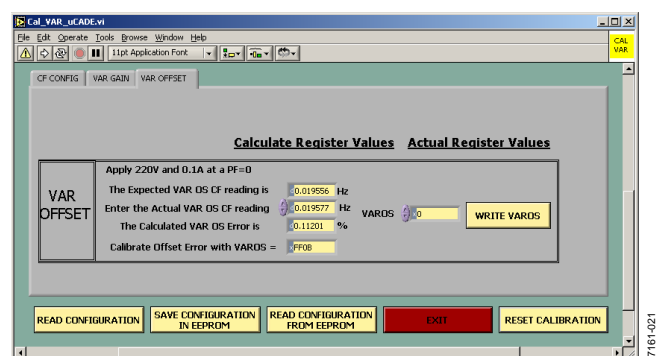


図 21.VAR オフセット・キャリブレーション・ウィンドウ

オフセット・キャリブレーションを行う場合は、220 V/0.1 A、力率=0 を電力計へ入力します。該当するボックス(図 21 参照)に実際の VAR オフセット CF 測定値を入力します。次に該当する値を **Calibrate Offset Error with VAROS** ボックスに入力して、**WRITE VAROS** をクリックします。新しい VAROS 値により、計測値が所望の誤差範囲内に入ることを確認します。さらに調整が必要な場合には、VAROS 値を変更して、**WRITE VAROS** をクリックします。

次に、**SAVE CONFIGURATION IN EEPROM** をクリックします。

Calibrate Offset Error with VAROS 値は、デフォルトの VAROS 設定に基づいていることに注意してください。キャリブレーションを再度行うときは、VAROS = 0 を書き込んだ後に実際の CF 測定値を再入力して、新しい推奨 VAROS 値を取得してください。

改竄防止キャリブレーション—ADE71xx 電力計の場合

改竄防止電力計をデザインする際には、入力チャンネルを正しく設定するように注意してください。オフセット・キャリブレーションを実行する前に、**CF CONFIG** タブからアクセスできる **CALMODE** レジスタに 0x10 を書き込んで、電流入力チャンネル A に設定します。**CALMODE** レジスタは他のすべてのキャリブレーション・ステップで、改竄防止(0x00)に設定する必要があります。セットアップの詳細については、改竄防止電力計のデザインのセクションを参照してください。

I_B ゲイン・キャリブレーション

I_B ゲイン・キャリブレーションを実行する前に、**CF CONFIG** タブで **CALMODE** レジスタに **0x20** を書き込むことにより、電流チャンネル入力をチャンネル **B** に設定します。2 つ目の電流チャンネルのゲイン誤差をキャリブレーションするときは、ワット・キャリブレーション・スクリーンの **IBGAIN** タブを選択します。

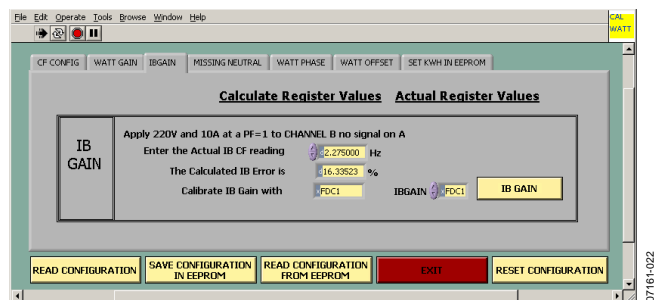


図 22.IB ゲイン・キャリブレーション・ウインドウ

I_B ゲイン・キャリブレーションを行う場合は、220 V/10 A、力率= 1 を電力計へ入力します。図 22 に示すボックスに実際の I_B CF 測定値を入力します。次に **Calibrate IB Gain with** 値をボックスに入力して、**IB GAIN** をクリックします。新しい I_B ゲイン値により、計測値が所望の誤差範囲内に入ることを確認します。さらに調整が必要な場合には、I_B ゲイン値を変更して、**IB GAIN** をクリックします。

Calibrate IB Gain 値は、デフォルトの I_B ゲイン設定に基づいていることに注意してください。キャリブレーションを再度行うときは、**IBGAIN = 0x00** を書き込んだ後に実際の I_B ゲイン CF 測定値を再入力して、新しい推奨 I_B ゲイン値を取得してください。

I_B ゲイン・キャリブレーション実行後、**CALMODE** レジスタに **0x00** を書き込むことにより、入力設定を改竄防止モードに戻す必要があります。

中性喪失キャリブレーション

中性喪失状態で、**IRMS** 測定値に基づいてキャリブレーション済み **CF** を出力するように電力計を設定するときは、**MISSING NEUTRAL** タブを選択します。中性喪失キャリブレーションは、**IRMS** のキャリブレーション後に行う必要があります。

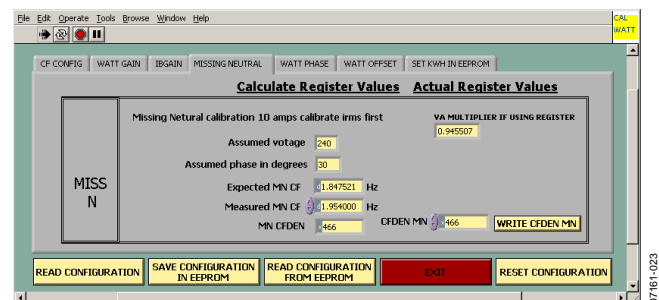


図 23.中性喪失キャリブレーション・ウインドウ

中性喪失キャリブレーションを行う場合は、力率= 0.866 で 240 V と想定して 10 A を電力計へ入力します。該当するボックス (図 23 参照) に実際の MN CF 測定値を入力します。該当するボックスに MN CFDEN 値を入力し、**WRITE CFDEN MN** をクリックします。新しい CFDEN 値により、計測値が所望の誤差範囲内に入ることを確認します。さらに調整が必要な場合には、CFDEN 値を変更して、**WRITE CFDEN MN** をクリックします。

RTC キャリブレーション

RTC キャリブレーションの原理については、アプリケーション・ノート AN-949 「*Compensating the ADE71xx/75xx Family RTC for Accurate Timekeeping*」を参照してください。ソフトウェアを使うと、公称水晶周波数をキャリブレーションすることができますが、温度に対するキャリブレーションを行わないことに注意してください。

RTC キャリブレーションを選択すると、図 24 に示すスクリーンが表示されます。

RTC キャリブレーションには、このクロックから発生した 1 Hz 出力と CF2 の出力を測定して、32.768 kHz 水晶入力の実差を求めることが含まれています。

絶縁された 5 V または 3.3 V 電源を EXPWR と EXGND に接続してください。この EXPWR と EXGND は図 13 の参考デザインで矢印で示すヘッダー P5 のピン 1 とピン 4 です。ヘッダーのピン 2 とピン 3 で絶縁された CF1 と CF2 を測定してください。

水晶周波数の補償

CF2 ピンの実際の周波数を図 24 の **The Actual CF2 frequency is** ボックスへ入力します。

次に推奨 RTCCOMP 値を図 24 の **RTCCOMP** ボックスに入力します。**WRITE RTCCOMP** をクリックして、キャリブレーションの効果を調べます。30.5 sec ウィンドウで平均した CF2 の周波数は、 $1 \text{ Hz} \pm 2 \text{ ppm}$ になる必要があります。

日付と時刻の設定

WRITE RTC WITH PC TIME ボタンをクリックして、RTC の hundredths、seconds、minutes、hours タイムキーピング・レジスタに PC の時刻を書き込みます。このボタンをクリックすると、日付も EEPROM へ保存されます。

RTC キャリブレーションの保存

SAVE CONFIGURATION IN EEPROM をクリックして、EEPROM の値を **RTCCOMP** ボックスの値で更新します。

READ CONFIGURATION FROM EEPROM をクリックして、RTCCOMP レジスタを EEPROM の値で更新します。参考デザイン・ボードのリセット・ボタンを押して、キャリブレーションの効果を確認します。時刻と日付が LCD に正しく表示されるようになります。

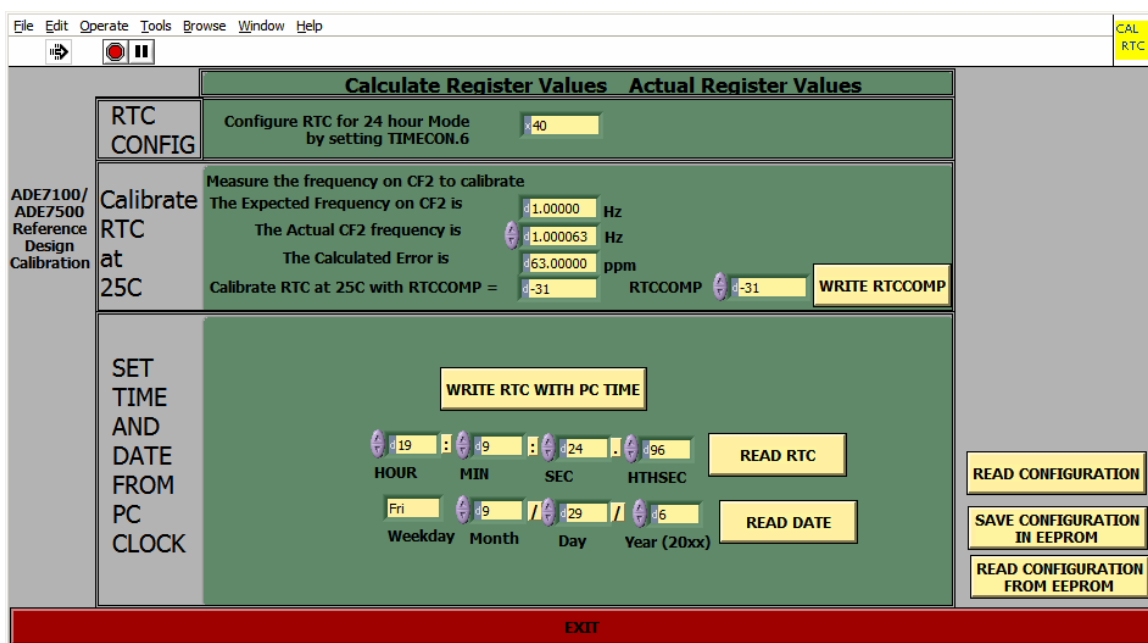


図 24. RTC キャリブレーション・ウィンドウ