

ADE7753を使った無効電力量パルス出力の作成

著者：Meghan Baker

はじめに

このアプリケーション・ノートでは、ADE7753から読み取った無効電力量に基づいてパルス出力を作成する方法を説明します。ADE7753は、RMS、有効電力、皮相電力、無効電力の測定機能を備えた電力量計用集積回路です。測定した数値は、SPIシリアル/パラレル・インターフェースを介して読み出します。本書の例では、無効電力量パルス出力アプリケーションはMicrochip®のPIC16F877に実装しています。

概要

無効電力量の定義

無効電力量は、『IEEE Standard Dictionary 100-1996』で次のように定義されています。

$$\text{無効電力量} = \sum_{n=1}^{\infty} V_n \times I_n \times \sin(\varphi_n)$$

ここで、 V_n と I_n はそれぞれライン周波数の n 次高調波の電圧と電流のRMS値で、 φ_n は電圧の n 次高調波と電流の n 次高調波間の位相差です。無効電力量とは、無効電力のある一定時間での和です。これは誘導負荷にとって正の値となります（この場合、電流が電圧より進んでいます）。

無効電力量の計算

無効電力量の計算には、主に2通りの方法があります。1つは電力三角形を使って間接的に計算する方法、もう1つはローパス・フィルタを使って直接計算する方法です。

図1は電力三角形法で使用される有効電力、無効電力、皮相電力の関係を示します。

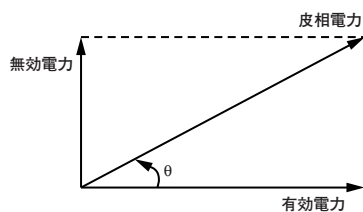


図1. 電力三角形

$$\text{無効電力} = \sqrt{\text{皮相電力}^2 - \text{有効電力}^2}$$

この関係は基本周波数においては成り立ちますが、高調波が存在すると大きな誤差が発生します。

無効電力量の直接的な計算方法の1つは、常に90度の位相シフトと20dB/ディケードの減衰を用います。ローパス・フィルタのカットオフ周波数は、基本周波数より高いすべての周波数で90度の位相シフトが発生するように、基本周波数よりかなり低い値に設定します。これらの周波数は20dB/ディケードで減衰します。この方法はライン周波数の変動の影響を受けやすいものの、ライン周期に基づいてゲインを補正すれば解決できます。ADE7753はこの方法を用いて無効電力量を計算します。ADE7753は周期レジスタも搭載しており、マイクロコントローラはそれを使ってライン周期に基づくゲイン補正を行うことができます。

ADE7753のパルス出力

ADE7753は、有効電力量に比例するパルス出力を供給します。このパルス出力は、リファレンス電力計に対する有効電力量機能のキャリブレーションに最適です。このキャリブレーションでは、対象の電力量計とリファレンス電力計に定常負荷を接続します。キャリブレーション中の電力量計からのパルス出力をリファレンス電力計からのパルス出力と比較します。ゲインおよびオフセットの補正を行う場合は、テスト中の電力量計からのパルス出力が、基礎テスト電流 I_b とそれより低いテスト電流 I_{min} の両方について基準計と同じになるまで、有効電力量ゲイン/オフセット・レジスタ、CFDEN、WGAIN、APOSを調整します。図2は、有効電力量レジスタAEENERGYとCFパルス出力の計算とキャリブレーションに使用するADE7753の信号の流れを示します。

REV. 0

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル
 電話03(5402)8200
 大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪MTビル2号
 電話06(6350)6868

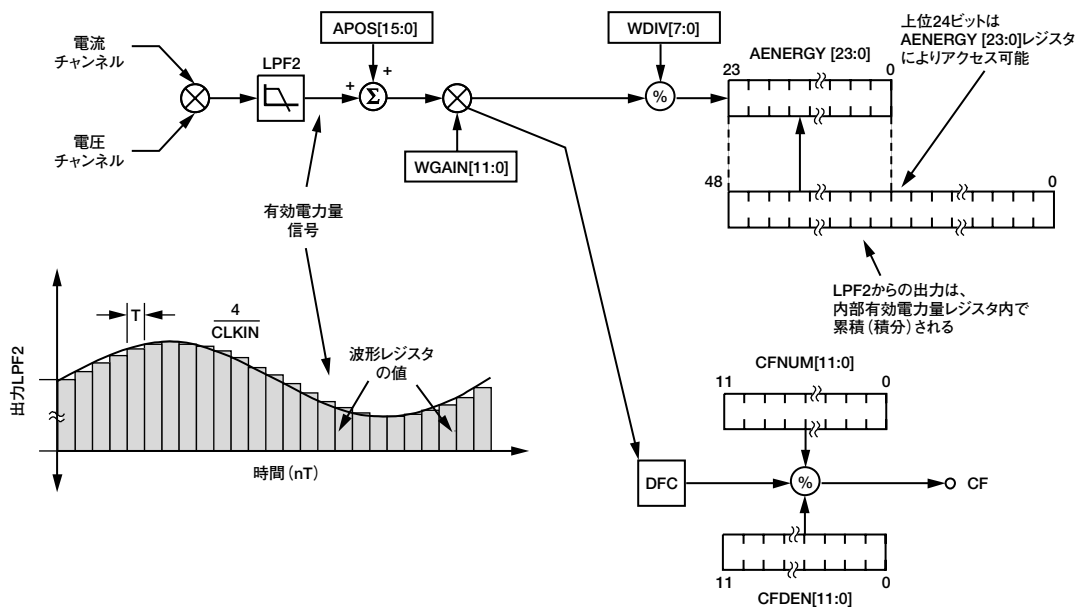


図2. 有効電力量レジスタAENERGYの信号チェーン

LSBが有効電力量レジスタAENERGYに累積するたびに、デジタル周波数コンバータ (DFC) はパルスを生成します。このコンバータが (CFNUM+1) / (CFDEN+1) パルスを生成すると、ピン11にCFパルスが出力されます。図3は、累積した有効電力量に基づくデジタル周波数コンバータからのパルス出力です。

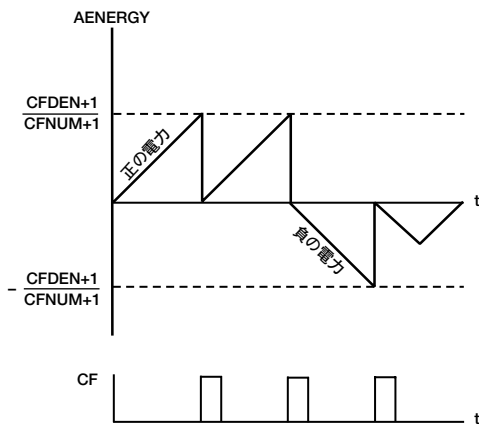


図3. CFパルス出力図

ADE7753は、無効電力量用のゲイン/オフセット補正レジスタを備えていません。無効電力量のパルス出力によって、メータのこの部分のキャリブレーションが簡略になるので、パルス出力はADE7753の外部に生成してください。

設計の目標

ADE7753から無効電力量の読み出しはできますが、無効電力量専用のパルス出力は備えていません。本設計の目標は、ADE7753内の無効電力量測定値から無効電力量パルス出力を生成することです。

力率0の無効電力量パルス出力が力率1の有効電力量パルス出力と同じ周波数を持つように、無効電力量パルス出力と有効電力量パルス出力のスケージングは同じにします。通常は有効電力量パルス出力を3,200imp/kWhにキャリブレーションするため、この例でも無効電力量パルス出力を3,200imp/kVARhにキャリブレーションしています。

無効電力量パルス出力の精度は、クラス2の無効電力量計に関するIEC62053-23の規定どおり、 $0.05I_b \leq I < 0.1I_b$ から±2.5%、 $0.1I_b \leq I < I_{max}$ から±2%とします。±2%の周波数変動による誤差の増分は、2.5%未満とします。

設計アーキテクチャ

ADE7753は、半ライン・サイクルごとに無効電力量を読み出します。無効電力量を読み出す周波数は、累積に含まれる半ライン・サイクルの数に基づいています。この数は、ADE7753のLINECYCレジスタで設定します。ADE7753をライン・サイクル累積モードにする手順は以下の通りです。

1. 累積処理を行うための半ライン・サイクルの数をLINECYCレジスタ (アドレス0x1C) で設定します。
2. MODEレジスタ (0x09) のCYCMODEビットを設定してライン・サイクル累積モードを有効にします。
3. \overline{IRQ} イネーブル・レジスタIRQEN (0x0A) のCYCENビットを設定して、ライン・サイクル累積読取り値を使用できる間 \overline{IRQ} ラインがローになるようにします。
4. RSTSTATUSレジスタ (0x0C) を読み出してステータス・レジスタをリセットします。

5. $\overline{\text{IRQ}}$ 割込みがローになってから **RSTSTATUS** レジスタ (0x0C) を読み出します。 **LINECYC** レジスタへの書き込み後の最初のライン・サイクル累積電力量の読取り値は破棄してください。この読取り値の累積時間が **LINECYC** レジスタの新しい値と一致しない場合があります。
6. **RSTSTATUS** レジスタ (0x0C) を読み出して、ステータス・レジスタをリセットします。
7. $\overline{\text{IRQ}}$ 割込みがローになってから **RSTSTATUS** レジスタ (0x0C) を読み出します。
8. **LVARENERGY** レジスタ (0x08) を読み出します。
9. 必要に応じてステップ7、8を繰り返します。

最初のライン・サイクル累積割込みの後に読み出したライン・サイクル累積値は正しくない場合があります。 **LINECYC** レジスタの新しい値を適用するまでに1ライン・サイクル累積周期を要します。

LINECYC 半ライン・サイクルごとに読み出す無効電力量の値をパルス出力に変えるには、 **VAR** スレッシュホールド (これにより **VARCF** パルスを発行します) を設定する必要があります。この無効電力量パルス出力のレベルは、有効電力量 **CF** 信号バスの **CFNUM+1/CFDEN+1** の比と同様になります (図4を参照)。この実装では、パルスの出力に必要な無効電力量を設定する変数は1つ (**VARCFLEVEL**) のみです。

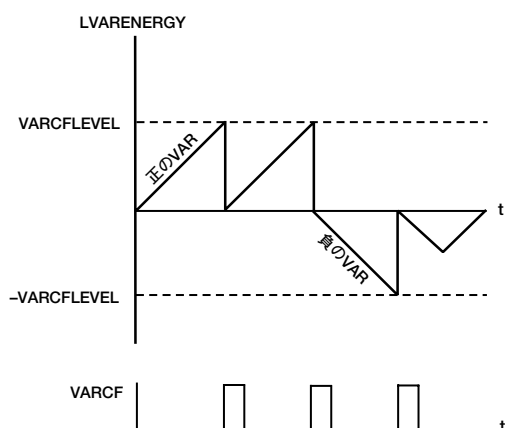


図4. **VARCF**パルス出力の実装

ADE7753CF 信号チェーンでは、有効電力量の値は $\text{CLKIN}/4$ (CLKIN は3.579545MHz) ごとに更新されます。無効電力量値はあまり頻繁に読み出せません。半ライン・サイクル累積時間に対して **LINECYC** を1に設定していても、新しい値は50Hzのライン周波数で10msごとにしか読み出せません。

この問題を解決するために、無効電力量をマイクロコントローラ内部に累積します。マイクロコントローラ内への無効電力量の累積レートは、マイクロコントローラの計算帯域幅と受入れ可能なパルス出力リップルとのトレードオフによって決まります。 **MCU** がパルス出力の生成のみに集中できる場合は、他のタスクを抱えている場合に比べ、累積レートはかなり速くなります。この例では、 **MCU** は無効電力量パルス出力の生成のみに集中するため、10kHzという高速の累積レートを使用し、周波数出力ジッタは100 μs となっています。

ADE7753 の有効電力量標準累積モードでは、 **CF** パルスを出力するための2つのスレッシュホールド (正と負のスレッシュホールド) があります。エネルギーを使用する顧客がある一定時間内に標準累積モードで十分なエネルギーを消費するか、または反対に電力会社に十分な電力を供給する場合に、 **CF** パルスを出力します。エネルギーの絶対値のみを累積するのではなく、正と負のスレッシュホールドを使用し、エネルギーの符号が変わっても **CF** 出力が不正確にならないようにすることが重要です。標準累積モードでは、 **ADE7753** の **AENERGY** 有効電力量レジスタが、符号付きの累積を使用して、x量の正のエネルギーとx量の負のエネルギーが続いた場合に打ち消しあわないようにします。 **CF** パルス出力でも同じ現象が生じるようにして、有効電力量レジスタと **CF** 出力周波数間関係を維持します。

無効電力量の符号は有効電力量よりも変化しやすいため、 **VAR** パルスを出力するための正と負のスレッシュホールドはさらに重要です。顧客が電力会社から供給される電気の使用を停止して電力を戻し始める頻度は、負荷が容量性負荷から誘導負荷に変わる頻度に比べるとかなり小さくなります。

有効電力量 **CF** 信号チェーンには、ゲイン/オフセット補正が含まれます (図2を参照)。これらの補正は、 **VARCF** パルス出力に対しても実行されます。前述したように、 **ADE7753** による無効電力量の計算方法では、ライン周波数でゲイン補正が必要となります。この補正にはロックアップ・テーブル法を用います。無負荷スレッシュホールドは、過小な負荷に対する **VARCF** パルスの出力を防止するためのものです。無負荷スレッシュホールドはクリープを防止します。以上が図5で示す **VARCF** 信号チェーンの全容です。

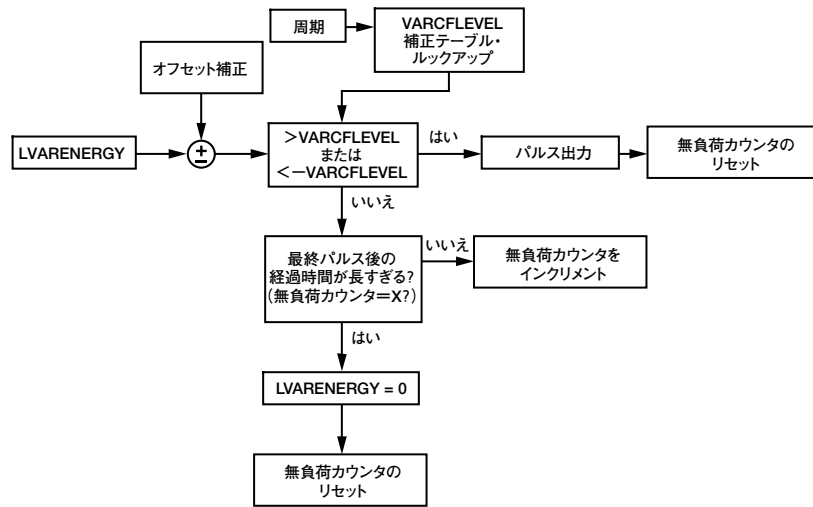


図5. VARCF信号チェーン

設計計算

ここでは、無効電力量パルス出力のゲイン、オフセット、ライン周波数補正技法について説明します。

ゲイン

ADE7753からの無効電力量読取り値を経時的に累積して、無効電力量パルス出力を生成します。パルス出力を発生させるアキュムレータ・レベルを選択する必要があります。このレベルは、ADE7753の有効電力量信号パスのCF比と類似しています。アキュムレータ・レベルでは、任意の負荷のパルス出力周波数を設定します。

ADE7753データシートのエネルギー・スケーリング・テーブルから、フルスケールの無効電力量LVARENERGY（レジスタ値）と有効電力量LAENERGYの比は0.347となります。

$$LVARENERGY_{FS} = 0.347 \times LAENERGY_{FS}$$

任意の負荷の累積有効電力量は次のように表すことができます。

$$LAENERGY = PF \times FS \text{の平均値} \times \text{累積時間(s)} \times \%FS \times \frac{CLKIN}{4 \times 2^{25}}$$

ここで、FSの平均値は0xCCCCD（WGAIN=0におけるフルスケール時のLPF2平均ワード値）です（ADE7753データシートの[Integration Time Under Steady Load]を参照）。

$$\text{累積時間(s)} = \frac{LINECYC}{2f_l}$$

%FSは、アナログ入力のレベルに基づくフルスケール有効電力量（%）です。電流入力と電圧入力をアナログ入力レンジの半分に設定している場合、有効電力量はフルスケールの1/4となります。

したがって、デフォルトのクロック周波数、半ライン・サイクル累積時間、ハーフスケールの2つの入力を与えられた場合の、LVARENERGYレジスタの予想読取り値は19.4です。

$$LAENERGY = PF \times 0 \times CCCC D \times \text{累積時間(s)} \times \%FS \times \frac{CLKIN}{4 \times 2^{25}}$$

$$LAENERGY = PF \times 0 \times CCCC D \times \frac{1}{2 \times 50} \times \left(\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}\right) \times \frac{3.579545 \times 10^6}{4} \times 2^{-25} = 55.9$$

$$LVARENERGY = 0.347 \times LAENERGY$$

$$LVARENERGY = 0.347 \times 55.9 = 19.4$$

LVARENERGYレジスタは整数値しか保持しないため、値は常に整数となります。ADE7753では、無効電力量の24MSBにしかレジスタ・アクセスできませんが、内部レジスタに15LSBを格納しています。これらのLSBでは、19と20の間のLVARENERGY読取り値を累積/調整し、この負荷の平均のLVARENERGYレジスタ読取り値が19.4となるようにします。

電力量計のキャリブレーション手順の詳細については、ADE7753データシートのキャリブレーションの説明を参照してください。サンプルの電力量計の仕様は以下のとおりです。

メータ定数	MeterConstant (imp/kWh) = 3200
最大電流	I _{max} = 60A
ライン電圧	V _{nominal} = 220V
ライン周波数	f _l = 50Hz
テスト電流	I _b = 10A

この例では、 I_{max} と $V_{nominal}$ を各アナログ入力レンジの1/2にスケールリングしています。したがって、このメータの場合は、電流= I_{max} 、ライン電圧= $V_{nominal}$ で最大CF出力は以下のとおりです。

$$CF = \frac{\text{メータ定数 (imp / kWh)} \times \text{Load (kW)}}{3600\text{s / h}} \times \cos(\varphi)$$

$$CF_{max} = \frac{3200 \times 60\text{A} \times 220\text{V} / 1000}{3600\text{s / h}} \times \cos(0) = 11.73\text{Hz}$$

ここではVARパルス出力とCFパルス出力を比較するため、力率0の場合の予想無効電力量パルス出力は、力率1の場合の予想有効電力量パルス出力と同じになるよう固定します。

マイクロコントローラの累積レートを100 μ s、パルスを発行させるアキュムレータ・レベル (VARCFLEVEL) を0x3FA9 (十進値16297) に設定します。

$$\text{VARCFLEVEL} = \frac{\text{LVARENERGY}[24:0]}{\text{VARCF} \times \text{MCU累積時間 (s)}} \quad (1)$$

$$\text{VARCFLEVEL} = \frac{19.4}{12 \times 100 \times 10^{-6}} = 16297\text{d} = 0\text{x}3\text{FA}9$$

オフセット

LVARENERGYレジスタのオフセットは、力率=1の設定で決まります。力率1の場合、無効電力量を測定しません。VARCFOFFSETは、周波数出力から計算できます。

計算式 (1) を変形すると次のようになります。

$$\text{LVARENERGY} = \text{VARCFLEVEL} \times \text{VARCF} \times \text{MCU累積時間 (s)}$$

この実装では、3バイトを使ってオフセットを設定します (符号用1バイト、整数部用1バイト、端数部用1バイト)。オフセットの端数部は、MSBの前に小数点を固定した符号なしの整数としてマイクロコントローラに格納されます。

$$\text{VARCFOFFSET} = \text{LVARENERGY}[24:0] \times 2^8$$

図6はオフセット補正を示します。



図6. 無効電力量オフセットの補正

計算値とは異なり、LVARENERGYレジスタの実際の符号を見なければ、オフセットが正か負かを判定することはできません。パルス出力の実装により正と負のVAR負荷に対して同じ周波数が発生するためです。したがって、LVARENERGYレジスタのオフセットから得られるVARCFが100mHzの場合は、オフセットの符号から推測してOFFSETSIGNを正に設定します。オフセットの整数部OFFSETHOLEはゼロに設定し、OFFSETFRACは0x2A (10進値42) に設定します。

$$\text{LVARENERGY} = \text{VARCFLEVEL} \times \text{VARCF} \times \text{MCU累積時間 (s)}$$

$$\text{LVARENERGY} = 0\text{x}3\text{FA}9 \times 0.1 \times 100 \times 10^{-6} = 0.16297$$

ここで

$$\text{VARCFLEVEL} = 0\text{x}3\text{FA}9$$

VARCF=100mHz、力率1の場合のオフセットに基づいてパルス出力周波数

μ C累積時間 (s) = 100 μ s、マイクロコントローラの累積と累積の間の時間

$$\text{OFFSETSIGN} = \text{SIGN}(\text{LVARENERGY})$$

$$\text{OFFSETSIGN} = 0$$

$$\text{OFFSETHOLE} = \text{INT}(\text{LVARENERGY})$$

$$\text{OFFSETHOLE} = 0$$

$$\text{OFFSETFRAC} = \text{LVARENERGY} \times 2^8$$

$$\text{OFFSETFRAC} = 0.16297 \times 2^8 = 42 = 0\text{x}2\text{A}$$

OFFSETSIGNフラグは、オフセットが正か負かを示すために使用します。オフセットの端数部はマイクロコントローラの累積サイクルごとに累積し、それがオーバーフローするたびに、オフセット符号フラグに基づいて全無効電力量に1ビットを加算または減算します。0x00から0xFFへ、あるいは0xFFから0x00へのロールオーバーを探すべきかどうか判断するには、符号ビットが必要です。これらの遷移は、ステータス・レジスタのキャリー・ビットに反映されます。オフセットの整数部を別のレジスタに格納しておけば、マイクロコントローラの累積サイクルごとに、オフセットの整数部について容易に補正を行うことができます。

無負荷スレッシュホールド

クラス2メータに関するIEC62053-23規格の無効電力量無負荷スレッシュホールドは0.5%I₀です。これは、ADE7753のフルスケールの無効電力量読取り値0.0209%に相当します。ADE7753では、これよりも厳しいフルスケール乗算器出力の0.001%の有効電力量無負荷スレッシュホールドを使用します。この例では、I_{max}とV_{nominal}を両方ともハーフスケールに設定しているため、ADE7753の有効電力量無負荷スレッシュホールドは0.4692mHzとなります。

$$CF_{no-load_1} = \text{無負荷スレッシュホールド}_1 \times CF_{max} \times \frac{1}{\%FS}$$

$$VARCF_{no-load_1} = 0.00001 \times 11.73 \text{ Hz} \times \frac{1}{0.5 \times 0.5} = 0.4692 \text{ mHz}$$

この例では、無効電力量の無負荷スレッシュホールドを実装するために、最終パルス以降の半ライン・サイクル周期の数を計算しています。0.4692mHzの無負荷スレッシュホールドまたはパルスなしの2131.29秒は、50Hz時の半ライン・サイクル0x034089（十進値213,129）に相当します。したがって、最後のパルスから213,129の半ライン・サイクルが経過すると、累積したLVARENERGYをクリアして、半ライン・サイクルのカウンタがゼロから再開します。

この実装では、無効電力量の無負荷スレッシュホールドをIEC62053-23仕様に従って設定し、有効電力量の無負荷スレッシュホールドと同じ概念を使用します。そのため、オフセット・レジスタが必要とする分解能を低減でき、無負荷スレッシュホールドに対して2バイトのみで半ライン・サイクルをカウントできます（厳格な無負荷スレッシュホールドの場合、3バイト必要です）。

$$CF_{no-load_2} = \text{無負荷スレッシュホールド}_2 \times CF_{max} \times \frac{1}{\%FS}$$

$$VARCF_{no-load_2} = 0.000209 \times 11.73 \text{ Hz} \times \frac{1}{0.5 \times 0.5} = 9.795 \text{ mHz}$$

ライン周波数ゲイン補正

無効電力量パルス出力の生成アルゴリズムでは、ライン周波数におけるLVARENERGY読取り値のゲイン補正が新たに必要となります。可変のライン・サイクル周波数を計算に含めるには、LVARENERGY読取り値に対して2つの1/f補正処理を行う必要があります。累積時間に基づいて読取り値を適正にスケールリングする補正処理と、ADE7753の無効電力量読取り値の1/f減衰を計算に含める補正処理です。

パルス出力の計算では、LVARENERGYレジスタのゲインは一定であると仮定していますが、実際はLVARENERGYレジスタのゲインはライン周波数に応じて変化します。たとえば、52.5Hzのライン周波数では、50Hzの場合よりも半ライン・サイクル内での電力の累積量は少なくなります。これは累積時間が短いからです。ゲイン補正がなく、同じ負荷を適用している場合は、52.5Hzのパルス出力は50Hzの場合より遅くなります。52.5HzのLVARENERGY読取り値が小さくなるためです。したがって、さまざまな累積時間でLVARENERGY読取りに適正な重付けをするには、1/f補正計数が必要となります。

ローパス・フィルタは、無効電力量の計算のために電流チャンネルに実装します。このフィルタでは、無効電力量読取りにおいて新たな1/f減衰が発生します。

通常、ライン周波数は±5%変動するため、周波数の変動中の無効電力量を正確に表すために無効電力量レジスタのゲインを補正する必要があります。

ADE7753 PERIODレジスタを使ってライン周波数を求めることができます。

$$\text{ライン周期 (s)} = \text{PERIOD} \times \frac{8}{CLKIN}$$

1パルスを出力するために累積する必要がある無効電力量VARCFLEVELは、このPERIOD読取り値に従って調整します。この実装では、ルックアップ・テーブルを補正用に使用しているため、マイクロコントローラで計算する必要はありません。

表1. VARCFLEVELライン周波数の補正テーブル

PERIOD (10進値)	補正した VARCFLEVEL	テーブル・ インデックス
8512	0x3974	0
8544	0x39E2	1
8576	0x3A52	2
8608	0x3AC1	3
8640	0x3B31	4
8672	0x3BA2	5
8704	0x3C13	6
8736	0x3C84	7
8768	0x3CF6	8
8800	0x3D68	9
8832	0x3DDA	10
8864	0x3E4D	11
8896	0x3EC1	12
8928	0x3F34	13
8960	0x3FA9	14
8992	0x401D	15
9024	0x4092	16
9056	0x4108	17
9088	0x417D	18
9120	0x41F4	19
9152	0x426A	20
9184	0x42E2	21
9216	0x4359	22
9248	0x43D1	23
9280	0x4449	24
9312	0x44C2	25
9344	0x453B	26
9376	0x45B5	27
9408	0x462F	28

ライン周波数の変動幅は±5%であるため、補正テーブルは公称PERIODレジスタ読取り値±5%に対応する必要があります。50Hz時の公称PERIODレジスタ読取り値は約8,960（10進値）です。したがって、8,512～9,408のPERIOD読取り値を補正する必要があります。

PERIODレジスタ読取り値を使って補正テーブルに直接インデックスすれば簡単ですが、エントリが896もあるためテーブルが大きくなりすぎます。PERIODレジスタ読取り値を使って小さな補正テーブルをインデックスするには、PERIODレジスタ値から補正テーブル・アレイへのインデックスを計算する式が必要となります。できる限り乗算は避けてください。マイクロコントローラで16×16を実行するには、約200の命令サイクルが必要になってしまいます。ルックアップ・テーブルを使用するのは、短時間で適正な結果を得るためなので、テーブルは短時間でインデックスする必要があります。

マイクロコントローラでは、オペランドを右にシフトすることにより、簡単に2ⁿで除算できます。896個のエントリは2⁵すなわち32で除算できるため、補正テーブルのインデックスに有効な方法です。テーブルには29（896/32+1）個のエントリがあるため、最悪の場合0.4%の誤差が生じます。もっと分解能を上げてテーブル中のエントリを増やすと、誤差の割合は小さくなります。補正テーブルへのインデックスは、(PERIOD - PERIOD_{nominal}) / 32 + 14です。テーブルのエントリは公称VARCFLEVELと (PERIOD/PERIOD_{nominal})²を掛けて求めるため、ライン周波数が公称値より大きいと、小さなLVARENERGY読取り値に対応するためにVARCFLEVELも小さくなります。

たとえば、PERIOD=9408、公称PERIOD=8960の場合、アレイ・インデックスは28となります。

$$INDEX = (PERIOD - PERIOD_{nominal}) / 32 + 14$$

$$INDEX = (9408 - 8960) / 32 + 14 = 28$$

PERIOD=9408、公称PERIOD=8960、VARCFLEVEL=0x3FA9の場合、ルックアップ・テーブルのエントリは次式で求められます。

$$\text{ルックアップ・テーブル値} = \text{VARCFLEVEL}_{nominal} \times \left(\frac{PERIOD}{PERIOD_{nominal}} \right)^2$$

$$\text{ルックアップ・テーブル値} = 0x3FA9 \times \left(\frac{9408}{8960} \right)^2 = 17967.44 = 0x462F$$

ファームウェア・アーキテクチャ

図7は、VARCFパルス出力を作成するためのファームウェア実装のフローチャートを示します。

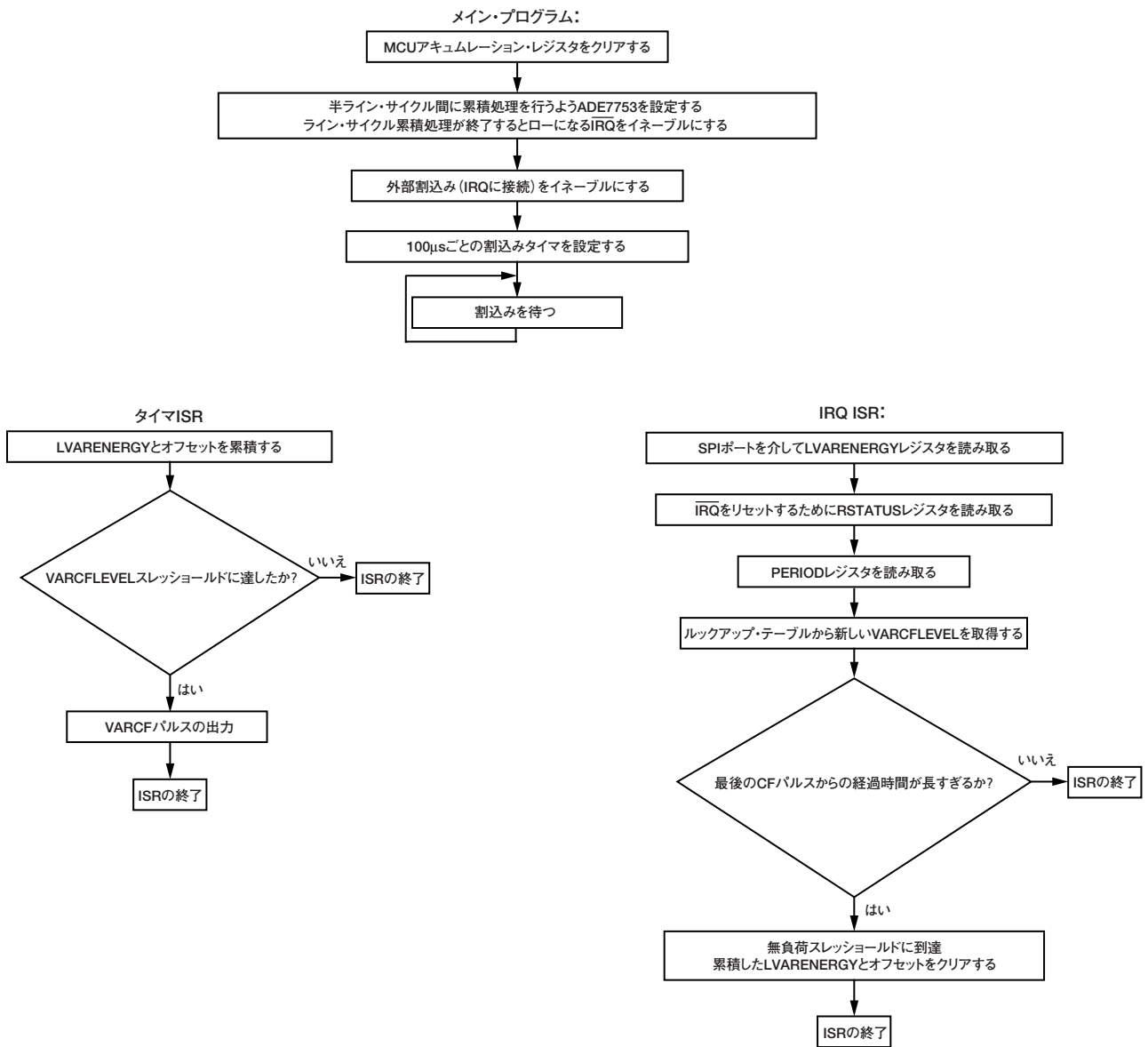


図7. マイクロコントローラのフローチャート

結果 直線性

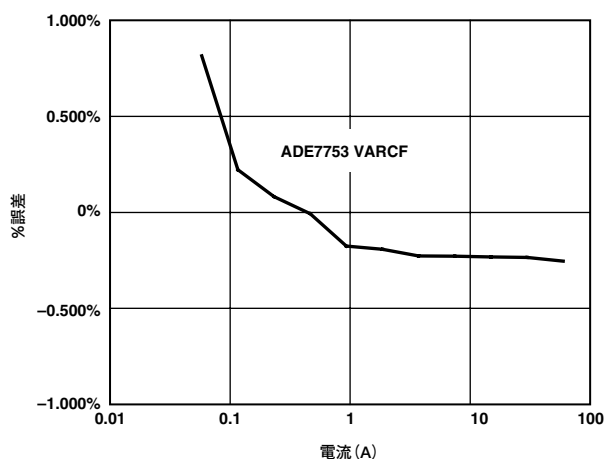


図8. VARCF直線性

図8のVARCF直線性誤差は、電流の変動に関するIEC 62053-23の無効電力量クラス2の仕様に適合しています。この仕様での規定は次の通りです。

$0.05I_b \leq I < 0.1I_b$ から $\pm 2.5\%$ 未満

$0.1I_b \leq I < I_{max}$ から $\pm 2\%$ 未満

このメータは、 $I_b = 10A$ 、 $I_{max} = 60A$ でキャリブレーションしています。したがって誤差は、 $0.5 \sim 1A$ で $\pm 2.5\%$ 未満、 $1 \sim 60A$ で $\pm 2\%$ 未満となります。

ライン周波数変動時の性能

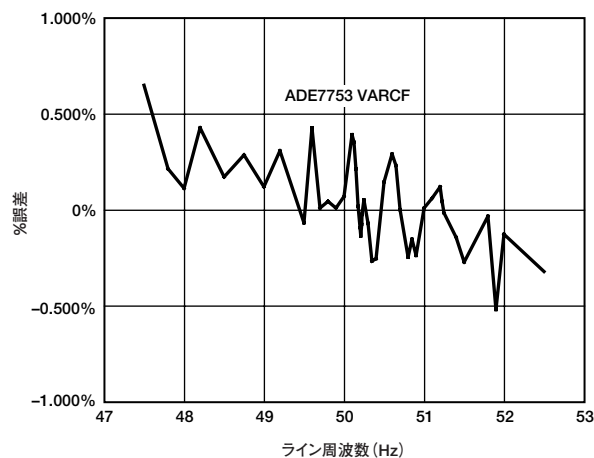


図9. ライン周波数変動時のVARCF性能

図9は、ライン周波数におけるVARCFパルス出力の性能を示します。デジタル周波数コンバータは一定周波数で累積処理を行い、その入力に対して固定の周期をとるため、VAR読取り値のゲインはライン周波数全般で補正してください。追加のゲイン補正を実行するため、ADE7753は無効電力量の計算に使用するLPFのゲイン減衰を計算に含めることができます。ルックアップ・テーブルを使ってゲイン補正を実行するため、誤差特性はノコギリ波パターンを示します。これは2つの補正ビンのエッジにある周波数によるもので、理想的な補正はできません。

VARCF実装は、ライン周波数（影響量）の変動に関するIEC 62053-23無効電力量クラス2の仕様に適合しています。この仕様では、 $\pm 2\%$ の周波数変動による誤差を $\pm 2.5\%$ 未満としています。

上の図は $\pm 5\%$ の周波数変動に関するもので、この仕様に適合しています。

