

メモリハイコーダ 8847 機能アップ, 周波数ユニット 8970, 電流ユニット 8971

山本 浩一*1

要 旨

メモリハイコーダ 8847 に、要望の多い各種機能を追加した。また多様な測定シーンに対応するため周波数ユニットと電流ユニットを追加した。ここにその特長について解説する。

1. はじめに

8847 は電力設備や鉄道設備などの設備保全やトラブルシューティングに多く受け入れられているが、このような現場では電流の測定、電源周波数の変動、モータ回転数の測定も求められている。

さらに、スピーディに現場で測定、確認、判定するための手段として各種演算、FFT などのソフトウェア機能の充実が求められている。これらの要求に応えるべく測定ユニット、ソフトウェアを追加することで、あらゆる現場で簡単に測定・判断できる波形記録計として 8847 を進化させた。



8847 の外観

2. 周波数ユニット 8970

2.1 最大入力電圧: DC400 V, 対地間最大定格電圧: 300 V (CAT II)

従来の周波数ユニットの入力定格(図 1)は、最大入力電圧、対地間最大定格電圧共に 30 Vrms, DC60 Vであり、商用電源ラインの周波数計測には、外部周辺機器(差動プローブ 9322 など)を使用して入力電圧、対地間電圧を下げる必要があった。8970 では入力電圧を DC400 V, 対地間電圧を 300 V (CAT II)まで拡張し、商用電源ライン(CAT II 200 V ラインまで)を直接接続し、周波数計測できるようにしている。



8970 の外観



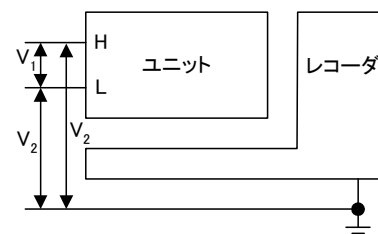
8971 の外観

2.2 周波数測定時のレンジ切替機能

従来の周波数ユニットは、周波数測定時レンジ固定であったが、8970 では±10 V～±400 Vの6レンジを用意し、さまざまな測定信号のレベルに対応している。

2.3 測定モード

周波数、回転数、電源周波数、積算、デューティ比、パルス幅の合計 6 種類の測定モードを用意している。



V_1 : 最大入力電圧, V_2 : 対地間電圧

図 1 最大入力電圧と対地間電圧

*1 PMI 部 技術 1 課

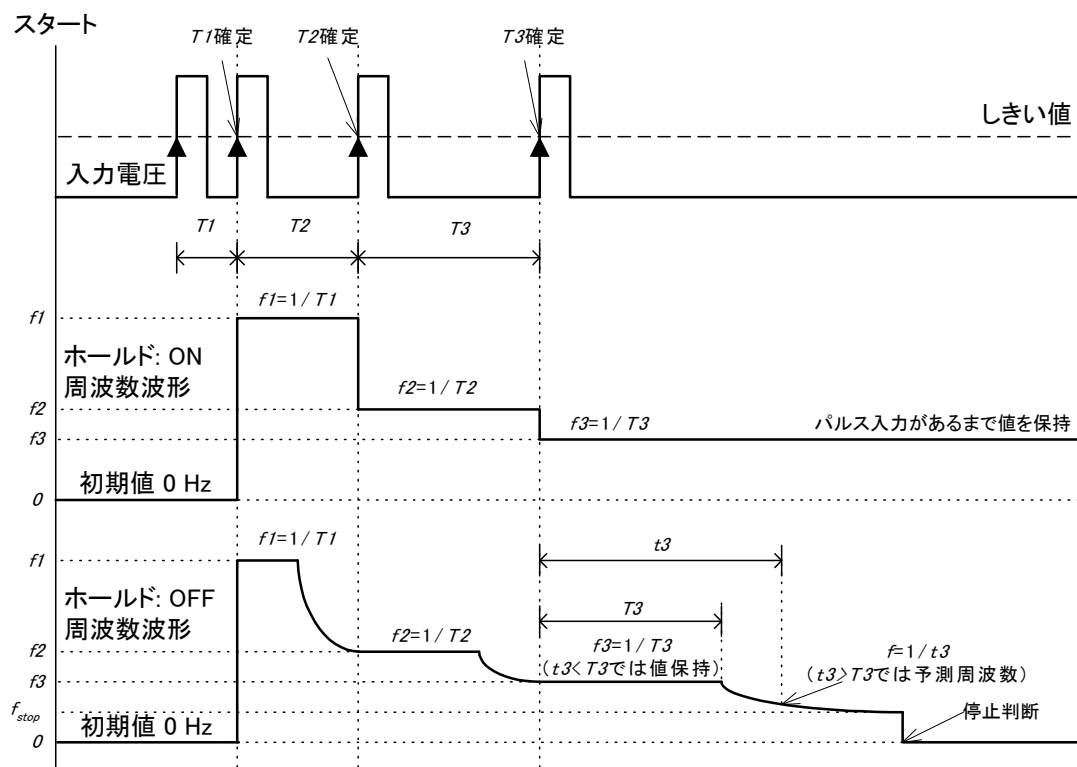


図2 ホールド機能

測定時の基準として、スロープ設定(周波数, 回転数, 電源周波数, 積算), レベル設定(デューティ比, パルス幅)を用意している。

2.4 ホールド機能(周波数, 回転数)

周波数測定においては、パルスが入力されるたびに、前回のパルスからの時間を周期 T として確定させ、周期 T から周波数 f を $f=1/T$ の式によって算出し、測定値を更新するという方式がある。本ユニットもこの方式を採用している。

この方式では、パルスが入力されている時は、測定値が更新されていくが、回転が停止した場合など、パルスが入力されなくなれば、実際には停止しているにもかかわらず、前回確定した周波数を出力し続けるという問題があった。

本ユニットでは、測定パルスが入力されなくなった場合の処理の機能として、ホールド機能を用意している。

ホールド ON では、次のパルスが入力されるまで測定値を保持し続けるが、ホールド OFF では、パルスが一定期間入力されない場合、周波数が低くなっていると判断し、予想される周波数を描くよう処理している。図2にホールド設定 ON, OFF それぞれの場合の処理を示す。

周波数予測の処理は次のとおり。

まず、前回確定した周期を T とし、確定した時点基準として、現時点までの経過時間を t とする。

$t < T$ においては測定値を保持し、 $t \geq T$ においては $1/t$ を測定値とする。

$1/t$ は、その時点で仮にパルスが入力された場合の測定値であり、これを仮の測定値とすることにより、実際にパルスが入力された際測定値が不連続になることを防止できる。

また、設定した期間にパルスが入力されなければ、波形は入力されないとする停止判断を採用した。これは、上記の周波数予測では原理上測定値がいつまでも 0 Hz にならず、停止したという判断ができないためである。上記の予測周波数が、設定した停止判断基準の周波数 f_{stop} を下回ったら停止したと判断し、測定値を 0 Hz とする。状況に応じて f_{stop} を設定することにより、妥当な停止判断が可能になる。

f_{stop} は 1, 0.5, 0.2, 0.1 Hz から設定可能。

2.5 スムージング機能

従来の周波数ユニットの測定方式では、パルスが入力される度に、周期 T から周波数 $f(=1/T)$ を算出し、測定値を更新するため、波形が階段状となっていた。

本来物理量はスムーズに変動すると考えられるため、スムーズな波形表示が要求される場合がある。

その場合、従来は移動平均によりスムージングをしていたが、移動平均量を測定ごとに任意に設定する必要があるため、利便性に欠けていた。ま

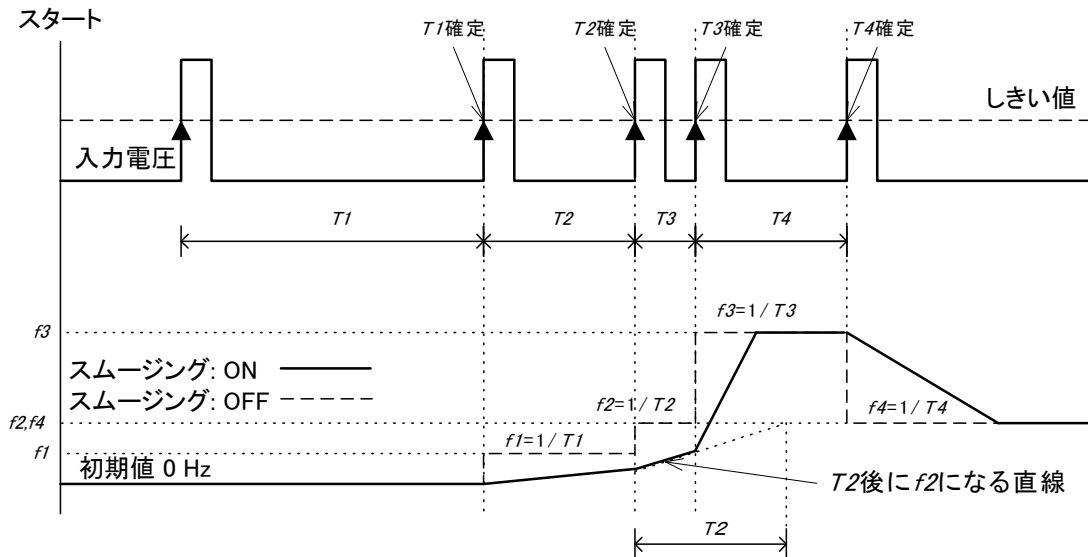


図3 スムージング機能

た低周波から高周波までの周波数帯にわたって対応することができず、移動平均量が大きければ遅延が大きく、小さければスムージングしきれないという欠点があった。

今回、時定数を動的に設定するスムージング方式を採用した。スムージングの処理は以下のとおり。

まず、周期 T が確定した時点での周波数を f_{ini} 、 T によって計算された周波数を f_{fin} とする。このとき、スムージング OFF ならば f_{fin} を即座に出力する。スムージング ON の場合は、時間 T 後に f_{fin} に達する直線となるよう、測定値を連続的に変化させる。したがって、この直線の傾きは $(f_{fin} - f_{ini})/T$ となる。直線が f_{fin} に達すれば、変化を終了させ、 f_{fin} に達する前に次の周期が確定した場合は、その時点での周波数を f_{ini} として、新たな直線を引く。このように、周期 T を傾きの算出に用いることによって、常に状況に応じたスムージングが可能となった。また、ユーザの操作はスムージングを ON にするだけのため、設定が簡単というメリットも得られた。

図3にスムージング機能を使用した場合の処理を示す。

2.6 積算オーバー処理

1 カウント分解能をもつレンジで、積算オーバー時の処理を選択方式にし、利便性の向上を図っている。

従来の周波数ユニットは、積算オーバーするとカウント f.s. 値で張り付いたままとなっており、総カウント数を算出するためには、f.s. 値の大きい積算レンジにする必要があったが、積算カウント分解能が1カウントではなくなるレンジが存在した。

今回は積算が一定値に達すると0からカウントし直すよう選択でき、分解能を保ったまま積算し続けることができる。

2.7 積算開始タイミング

従来の周波数ユニットはレコーダ本体のスタートキーを押された時点からユニット内部のカウントを始めている。正常なストレージデータ確保のための時間や、ユニットへ送信した設定が反映されるまでの待ち時間などのウェイト時間が本体に存在し、先頭の積算値が、ウェイト分積算されたデータとなっていた。

今回、本体とユニットの開始時点のタイミングを取るため、本体が測定開始したことを知らせる専用信号線を用意した。本体のウェイト中はユニットも待機状態にあり、本体がストレージ開始したと同時に専用線でその情報が伝えられるため、本体とほぼ完全に同期して積算を開始することができることとなった。

また、積算開始時点トリガがかかったとき、スタートキーを押されたとき、の2つから選択することができる。

トリガ時に設定することにより、本体のストレージ開始と同期させることができ、スタート時に設定することにより、トリガがかかる前の積算状況を知ることができる。

図4に積算タイミング設定をスタートにした場合と、トリガにした場合の処理を示す。

2.8 LPF 構成: OFF, 5, 50, 500, 5 k, 50 kHz

ノイズは測定系によってさまざまな周波数(商用電源によるノイズ(50 Hz ~ 60 Hz)、スイッチング

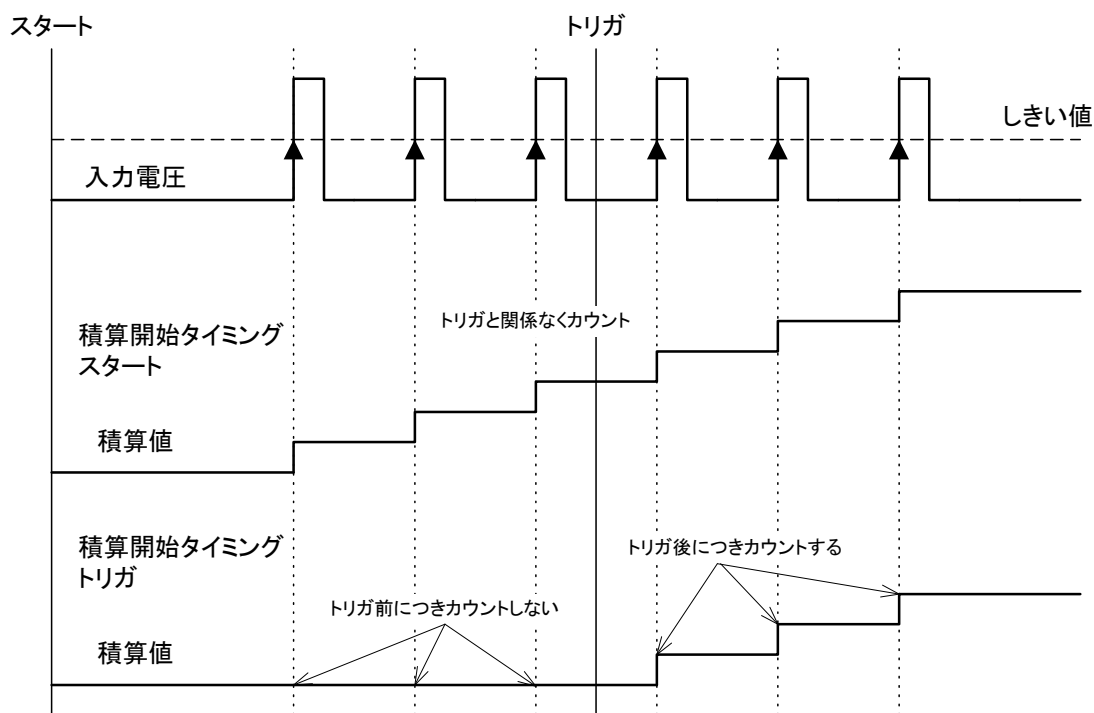


図4 積算タイミング設定

電源によるノイズ(数kHz～数百kHzなど)が考えられるため、対応できるカットオフ周波数を取り揃えた。

2.9 分周機能

今回新たに分周機能を用意した。これは、設定した回数のパルス入力を1回のパルスとして扱うという機能であり、例えば車軸の回転を、1回転に複数パルス出力するロータリエンコーダで測定する際に使用する。

この場合、エンコーダのパルスを測定すると、1回転中の回転速度の変動を測定することができるが、1回転ごとの回転速度を測定したい場合は不向きである。特に、車輪ががたつくなどで回転にムラがある場合、周波数のノイズとして測定され、波形が乱れることとなる。これはアナログ的なフィルタでは除去することができないが、分周により抑えることができる。

また、分周をロータリエンコーダのパルス数と同じ数に設定することにより、任意のエンコーダにおいて1回転ごとの回転速度を測定することができる。

3. 電流ユニット 8971

3.1 適合クランプセンサ

商用電源ラインの負荷電流計測の要望から、クランプオンセンサ 9272-10, ユニバーサルクランプオン CT 9277/9278/ 9279, AC/DC カレントセンサ

9709/CT6862/CT6863の計7種類のクランプセンサに対応した。オプション品手配の煩わしさを軽減するため、専用の変換ケーブル 9318 を標準付属としている。

3.2 自動識別、自動スケーリング

クランプセンサを使用し電流測定をする場合には、使用クランプセンサに応じたスケーリングが必須となる。従来の電流ユニットでは、ファンクションキーを押すプローブチェックにより識別する方式と、使用クランプセンサをプルダウンメニューから選択する方式であった。この操作を怠ると測定データのスケール値が反映されないため、誤測定となってしまう。8971ではクランプセンサを接続するだけで、クランプセンサを自動識別し、自動スケーリングする利便性を実現している。

3.3 RMS モード

商用電源ラインの負荷電流など、電流の実効値測定の要望があったが、従来の電流ユニットにはRMSモードを搭載していなかった。そのため、真の実効値は、実効値出力を持つクランプセンサのアナログ出力を記録するか、電流ユニットで測定したデータを元に演算することで対応していた。これは、利便性にかけており、演算誤差も発生することがあった。8971ではRMSモードを搭載し、電流の真の実効値記録が可能となっている。

3.4 周波数帯域 100 kHz

オプション対応している DC クランプセンサは DC 電流を測定するため、励磁信号 (500 kHz) が必要である。クランプセンサの出力は励磁信号が重畳して出力されるため、測定の邪魔となる。この励磁信号を遮断するため、8971 の測定帯域を 100 kHz としている。

3.5 LPF 構成 : OFF, 5, 50, 500, 5 k, 50 kHz

ノイズは測定系によってさまざまな周波数(商用電源によるノイズ (50 Hz ~ 60 Hz), スイッチング電源によるノイズ (数 kHz ~ 数百 kHz) など)が考えられるため、対応できるカットオフ周波数を取り揃えた。

4. ソフトウェア

4.1 追加機能概要

8847 の V2.00 では、以下の機能を追加している。

- FFT ファンクション
- メモリ分割
- 波形演算
- 数値演算 種類追加 (時間差, 位相差, High, Low), 統計機能
- トリガ検索
- 重ね描き (手動)
- dB スケーリング
- ゼロ位置プリセット
- プリトリガ (div 設定)

この中から 8847 にしかないさらに特長的な FFT の 3D 表示と追加した数値演算について解説する。

4.2 FFT ランニングスペクトル表示

FFT ファンクションは従来機種にも搭載されており周波数解析をするために広く使用されているが、時間の変化に伴う周波数の変化を観測したいという要望に応えるため、新たにランニングスペクトル表示機能を追加した。

横軸方向に周波数、縦軸方向に演算値を表示するのは従来どおりだが、奥行き方向を時系列として、最新の波形が一番手前になるように表示している。また、波形を斜めにずらして 3 次元的に表示したり隠線処理を施すなど、変化の度合いがよりわかりやすくなるように配慮している。ランニングスペクトルの波形例を図 5 に示す。

このランニングスペクトル表示は、リニアスペクトル、RMS スペクトル、パワースペクトル、パ

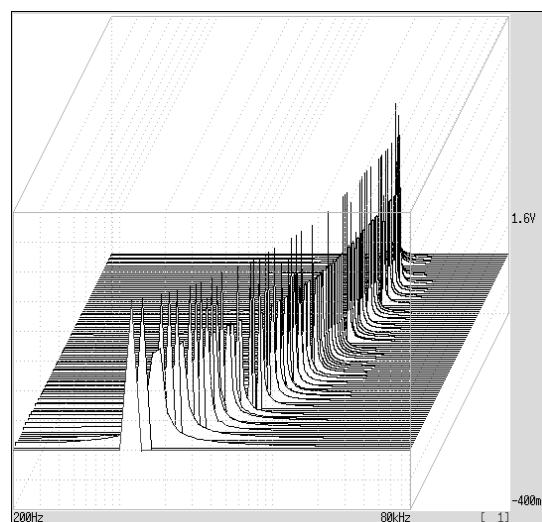


図 5 ランニングスペクトル

ワースペクトル密度, LPC 分析, 伝達関数, クロスパワースペクトル, オクターブ分析の各演算種類で選択可能である。

(1) 測定の流れ

測定を開始すると設定したポイント数分のデータを取り込み、FFT 演算を実行して、波形を表示する。ここまでは従来の表示方法と同じだが、2 回目以降の測定では表示波形を斜め後方にずらした後、一番手前に波形を描画する。なお、新たに描画するラインが最小限になるような制御をしているため、演算が終了してから次の演算を実行するまでの時間は従来表示とほぼ同等の高速性を実現している。

(2) 演算結果取り込みの一時休止

測定中に演算結果の取り込みを一時休止することが可能であるため、必要な波形だけを残すことができる。休止と再開の切り替えはキー操作で簡単に行うことができる。また取り込み休止中も測定と演算は常に行われており、最新の波形が常に画面手前に表示されるため、必要とする波形かどうかを随時確認できる。

(3) 最大 200 データを保持

演算結果は最大で 200 個保持することができ、同時に表示できる波形数は 10, 20, 50, 100, 200 から選択できる。また、測定終了後は任意の波形を選択することにより A/B カーソルを使用して演算結果を数値で読み取ることが可能である。

4.3 数値演算種類の追加

(1) 時間差

2 つの現象の発生する時間差を求めたいという要望に応えるため「時間差」演算を追加した。

従来では、例えば CH1 の 1 V の立上りから CH2 の 1 V の立上りまでの時間差を求めようとした場合、「指定レベル時間」という演算を使って CH1 の 1 V の立上り時間を求め、もう一つの「指定レベル時間」を使って CH2 の 1 V の立上りまでの時間を求め、さらに「四則演算」を使って 2 つの演算結果の差を求めるという方法を使うことで求めることは可能であったが、この方法では演算式を 3 つも使ってしまう上に、2 つ目の現象が 1 つ目の現象より先に現れてしまうと結果がマイナスの値になり、求めようとしている部分と違う値が得られてしまうという欠点があった。

「時間差」演算では A と B の現象に対して、チャンネル(アナログ / ロジック / 波形演算結果が指定可能)、レベル、スロープ(立上り / 立下り)、フィルタ(ノイズキャンセル用)がそれぞれに設定でき、A 現象が発生してから B 現象が発生するまでの時間差を求めることができる。時間差演算の例を図 6 に示す。

図のレベルは A 現象、B 現象共通になっているが違うレベル、スロープを指定することもできる。

(2) 位相差

2 つの信号の位相差を求めたいという要望に応えるため「位相差」演算を追加した。

位相差は、従来ある演算だけでは実現不可能であったが「時間差」演算を実装したことにより、その演算を応用し A と B の現象の時間差を求め、A 現象の周期で割って 360 倍することで、位相差を角度[°]で求めている。演算結果は $0 \leq \text{deg} < 360$ の範囲の値となる。360° 以上の値となってしまう場合には演算エラーとし「*****」を表示するようにしている。A 現象と B 現象の周期が同じかどうかはチェックしていない。位相差演算の例を図 7 に示す。

(3) High レベル、Low レベル

0-5 V のように 2 値をもつ信号のオーバーシュートやノイズを除いた部分の High レベル値と Low レベル値を求めたいという要望に応えるため「High レベル、Low レベル」演算を追加した。

従来からある「最大値、最小値」演算ではオーバーシュートやノイズも含めてピークを求めてしまうため、対応不可能であった。入力信号に LPF (Low Pass Filter) をかければ、最大値、最小値演算で、ある程度代用可能であるが、オーバーシュートの波形も同時に観測したい場合には LPF は使えないという問題があった。

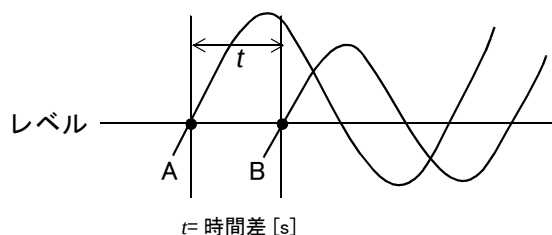


図 6 時間差演算

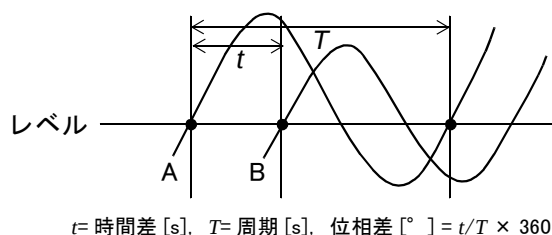


図 7 位相差演算

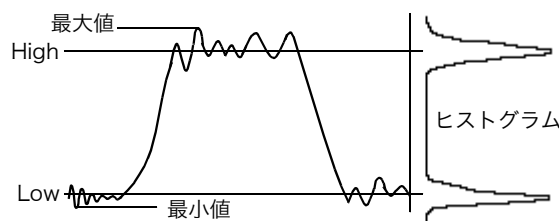


図 8 High, Low レベル演算

「High レベル、Low レベル」演算では、測定信号のヒストグラムを作成し、そのヒストグラムの一定以上の個数となったレベルの中から最大レベルと最小レベルを求め、その中心値(最大+最小)/2 を境に高い方と低い方からそれぞれ一番頻度の多いレベルとそのレベルの上下 1 レベルの出現頻度を使って平均値を求め、High, Low レベルの結果としている。High, Low レベル演算の例を図 8 に示す。

このヒストグラムは従来からある「立上り時間、立下り時間」演算でも使用している。

5. おわりに

8970, 8971, ソフトウェア追加により、8847 は一台で多種多様な測定対象に応えることができる波形記録計として進化した。これらの追加や機能の充実により、設備保全やトラブルシューティングだけでなく、開発現場の試験や実機動作などのデータ取りに十分対応できるようになり、幅広い業界での需要に期待している。

塚田 英一*2, 横田 修*2, 船原 一平*2, 服部 好樹*2

*2 PMI 部 技術 1 課