



APxオーディオアナライザーを使った 生産テスト

今回の Technote は

この技術ノートでは、自動化された測定器の作成をサポートする APx500 測定ソフトウェアの機能について説明します。電気音響テストに重点を置いた生産テストシーケンス。また、スピーカーの製造テスト用に APx を構成する実際の例も示します。

APx 生産テスト

APx500 ソフトウェアは、当初からオーディオテストの新しいパラダイムを念頭に置いて設計されており、オーディオの経験がほとんどないエンジニアでも「箱を開けてから 5 分以内」に業界標準のオーディオ測定を行うことができます。重要なのは、バージョン 1.0 に Sequencer と呼ばれるビューが組み込まれたことにより、実稼働テスト設計者は、API の知識やプログラミングの経験がなくても、数回クリックするだけで測定シーケンスを簡単に自動化できる機能が提供されました。

最初の導入以来、簡素化された製造テスト ビュー、自動 TEDS キャリブレーションなどの機能により、APx ソフトウェア ユーザーが慣れ親しんだ使いやすさを維持しながら、製造テスト設計者が利用できるツールのセットが大幅に拡張されました。

2020 年 11 月、Audio Precision は、電気音響トランスデューサーの製造テスト用の完全な統合ソリューションである APx517 をリリースしました。APx517 は、校正済みのパワーアンプおよびヘッドフォンアンプ、電流および電圧検出出力（4 線式ケルビンインピーダンス測定用）、TEDS 対応マイク電源を統合することで、セットアップ時間を短縮し、テストを簡素化します。APx517 には、切り替え可能なパワーアンプ出力と、オプションの Bluetooth™、PDM、HDMI、DSIO または SPDIF/TOSLINK/AES3 接続用のデジタル モジュール スロットもあります。

APx517 は Audio Precision の推奨製品テストソリューションですが、この技術ノートで提供される情報は、APx500 Flex を含むすべての APx500 アナライザーに適用されます。この技術情報で説明されている実稼働テストをサポートする機能には、次のものが含まれます。

- シーケンスモード
- シーケンス及びナビゲーター/シーケンサー
- シグナルパス、測定、シーケンスステップ
- 変数設定
- 周辺機器の補助制御
- データのエクスポートやレポート生成
- マイクロホンの校正
- 出力レベル規制
- ゴールデンユニット（参照デバイス）を使って 上限/下限やターゲットの規定
- アナログジェネレーター Vmax
- 入力コライジング
- 生産テストモード（パスワード対応）
- シーケンスのログ採取と統計

シーケンスモード

APx500 ソフトウェアは 2 つの動作モードを提供します。測定ハードウェアを完全に制御することに慣れているパワーユーザー向けのベンチモードと、測定のシーケンスとレポートの生成が必要なアプリケーション向けのシーケンスモードです。実稼働テスト開発の場合は、「シーケンスモード」を選択します。

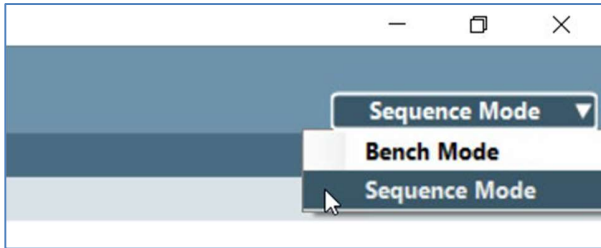


図 1. 動作モード セレクター。アプリケーションの右上隅に表示されます。

シーケンス

APx500 では、シーケンスはシグナルパス、測定、およびマウスのクリック（またはボタンの押下）によって定義された順序で実行されるその他の項目のコレクションです。プロジェクトファイルには最大 32 個のシーケンスを含めることができるため、テスト設計者は特定の目的を満たすシーケンスを作成できます。たとえば、多くのテストアプリケーションでは、キャリブレーション手順を実行するシーケンスを 1 つ作成し、ゴールドデン ユニット基準データを生成するシーケンスを 1 つ、DUT をテストするシーケンスを 3 つ作成するのが一般的です。

新しい APx500 プロジェクトファイルには、1 つのシーケンス「シーケンス 1」が含まれています。シーケンスは、次のセクションで説明するシーケンサーを介して追加および定義されます。

ナビゲーター/シーケンサー

シーケンスモードでは、ナビゲーター/シーケンサー（図 2）は 2 つの主要な機能を提供します。1 つは測定ナビゲーターとして機能し、シグナルパス、測定値、および結果を追加、削除、または名前変更でき、ツリーと分岐構造で表示されます。これはシーケンサーのインターフェイスでもあり、APx500 グラフィカルインターフェイス内から、測定と結果の選択と並べ替え、プロンプトの追加、1 つ以上の高度な自動シーケンスの構築を行うことができます。

シーケンスを実行すると、☒ チェックされたすべてのシーケンサーが実行されます。項目を上から下へ降順で並べます。☐ チェックされていない項目はシーケンスから除外されます。シーケンスは、最後にチェックされた項目が実行されたとき、シーケンスがキャンセルされたとき、または端末障害状態が発生したときに終了します。

ナビゲーターを介して追加できる（シーケンスに含まれる）項目は、シグナルパス、測定値、測定結果、シーケンス ステップ、プレシーケンスステップ、ポストシーケンスステップです。これらの各項目については以下で説明します。

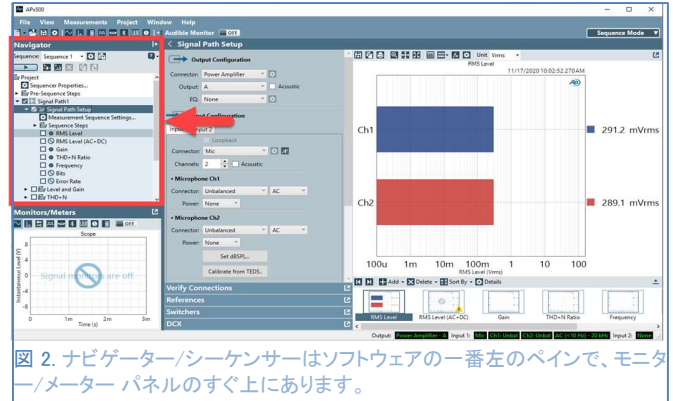


図 2. ナビゲーター/シーケンサーはソフトウェアの一番左のペインで、モニター/メーター パネルのすぐ上にあります。

シグナルパス

シグナルパスは、アナライザーの設定と測定値の集合です。シグナルパスで定義されたアナライザー設定（出力と入力の両方のコネクタやフィルター設定など）は、コレクション内のすべての測定値に適用されます。シグナルパスには任意の数の測定値を含めることができます。既存のシグナルパスの設定を表示または編集するには、ナビゲーターでシグナルパスのタイトルの下（たとえば、「Signal Path1」の下）にある「Signal Path Setup」ノードをクリックします。

シグナルパスを追加するには、ナビゲーター/シーケンサーの下部近くの行 **Add Signal Path** をクリックするか（必要に応じて下にスクロール）、またはシーケンサー ツールバーのボタン をクリックします。

シグナルパス設定には、接続を検証するためのメーター結果と診断ツールが含まれるため、測定と呼ばれることもあります。シグナルパスに追加される他の測定とは異なり、シグナルパス設定は削除できず、常にシグナルパス内の最初の測定として存在します。

測定と結果

測定は、ジェネレーター設定、アナライザー設定、結果を含むエンティティであり、これらはすべて特定のテストアプリケーションに適用されます。ソフトウェアは、それぞれが特定の用途に合わせて調整された、事前定義された測定値のリストを提供します。

たとえば、「THD+N」測定（図 3）には、THD+N 測定の実行時に使用される正弦波刺激と入力フィルタ設定を構成するためのコントロールがあります。THD+N 測定を実行すると、THD+N 比、THD+N レベル、THD 比、ノイズレベルなど、いくつかの歪みとノイズ関連の結果が取得されます。

測定結果は、測定ビューの右下に表示されるサムネイル「フィルムストリップ」を使用して表示、設定、追加、または削除できます。

注: 測定で定義されたフィルタ設定は、シグナルパスで定義されたフィルタ設定をオーバーライドします。親シグナルパスの構成を使用するには、測定のフィルター設定で「シグナルパス」を選択します。

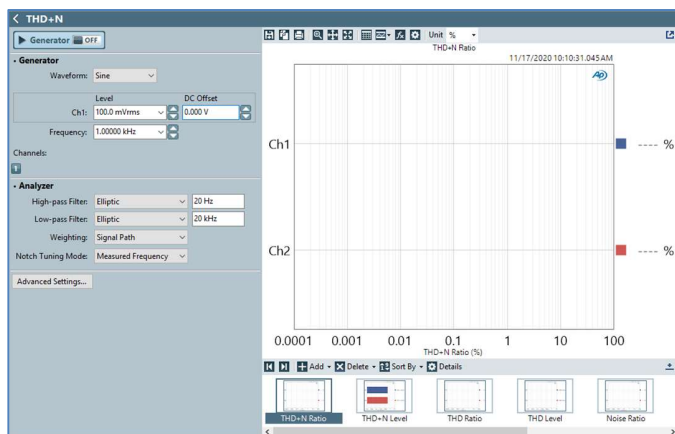


図 3. THD+N 測定

この技術情報の執筆時点では、フルオプションの APx517 では 60 の測定が利用可能です。

測定値を追加するには、測定値を含むシグナルパスを選択し、その下の行 **Add Measurement...** をクリックします (または、シーケンサー ツールバーのボタン をクリックします)。ウィンドウが表示され、測定値のリストが表示されます (図 4)。1 つ以上の測定値を選択し、「追加して閉じる」ボタンをクリックすると、ナビゲータで現在選択されている値のすぐ下に測定値が追加されます。

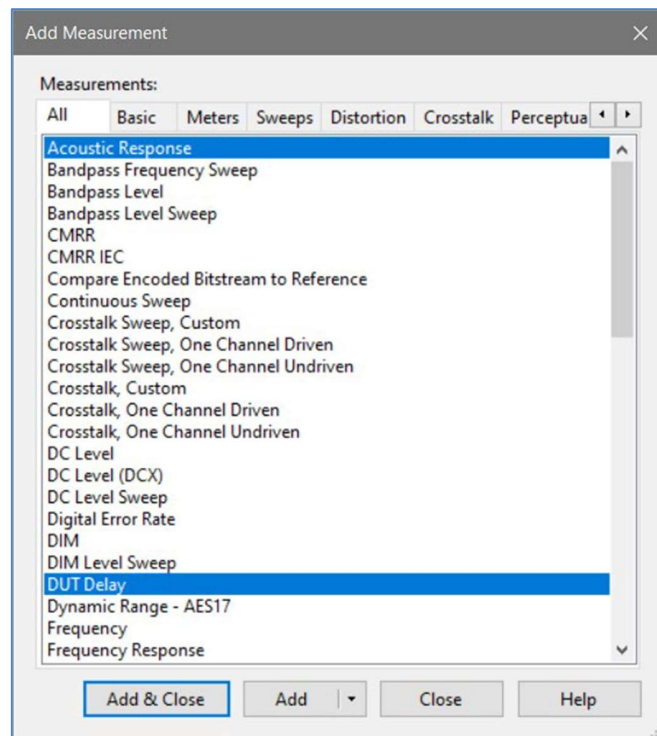


図 4. Add Measurement ダイアログ

シーケンスステップ

シーケンスステップは、シーケンス内の特定の時点でアクションを実行します。たとえば、DUT テストシーケンスの開始時にシリアル番号またはテストステーション ID の入力を求めます。任意の数のシーケンスステップを次のいずれかとして追加できます。プレシーケンス、測定、またはポストシーケンスのステップ。各タイプのシーケンスステップについて次に説明します。

シーケンスステップ測定

測定シーケンスのステップとは、たとえば、スピーカー製造テスト (図 5) などの測定に追加でき、シーケンスでの測定の実行時に実行できるステップを指します。さまざまな測定シーケンス ステップが利用可能で、次のことが可能になります。

- オペレーターに (オプションのグラフィック画像を使用して) 指示を与えるか、入力を求めるように促します。
- 親測定の結果からデータをエクスポートします。
- 遅延時間の挿入
- 外部コマンドライン プログラムを実行します。
- TEDS からの校正 (シグナルパスセットアップのみ対応)
- 測定された出力から入力までの遅延を補正する (シグナルパスセットアップのみ対応)。
- 測定の追加

- 外部デバイスを制御するには、Aux Control Out ビットの状態を設定します。
- データセットを測定結果にインポートします。
- 付属のオーディオスイッチャーでチャンネルの割り当てを変更します。
- DCX-127 の出力を制御します。
- テスト中にオペレーターが観察できるように特定の結果を表示します。
- 観察された測定の合格または不合格ステータスを選択して、オペレーターがシーケンスと対話するように要求します。
- オプションのハードウェアモジュール (HDMI、PDM、Bluetooth など) でインターフェイス固有の出力を制御します。

上記のほぼすべてのステップは任意の測定に追加できますが、シグナルパスセットアップを変更するステップはシグナルパスセットアップにのみ追加できることに注意してください (たとえば、「DUT 遅延の測定と設定」)。

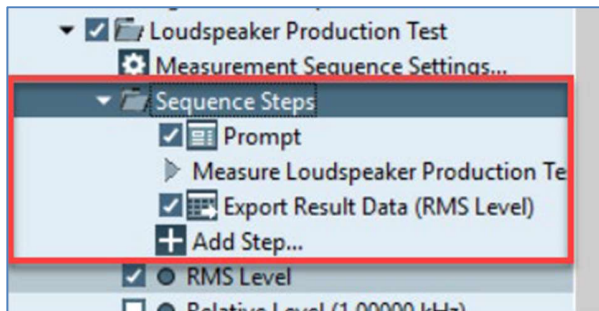


図 5. シーケンスステップの例

シーケンス ステップを測定に追加する場合、シーケンス内の親測定を呼び出す「測定」ステップに対するステップの順序を考慮することが重要です。通常、プロンプトや制限のインポートなどのステップは測定ステップの前にあり、結果データのエクスポートなどのステップはその後に続きます。

プレシーケンスステップ

プレシーケンス ステップ (図 6) は、シーケンスの開始時に他の項目の前に実行されます。APx500 プロジェクト ファイルには、デフォルトで 1 つのプレシーケンス ステップ、つまりデバイス ID プロンプトが含まれており、オプションで DUT シリアル番号の入力を求めるために使用されます。図に示すように、Pre-Sequence Steps ノードに追加できる追加のステップには、プロンプト、外部プログラムの実行、遅延の挿入、または外部デバイスを制御するための Aux Control Out ビット パターンの設定が含まれます (「補助制御」を参照)。

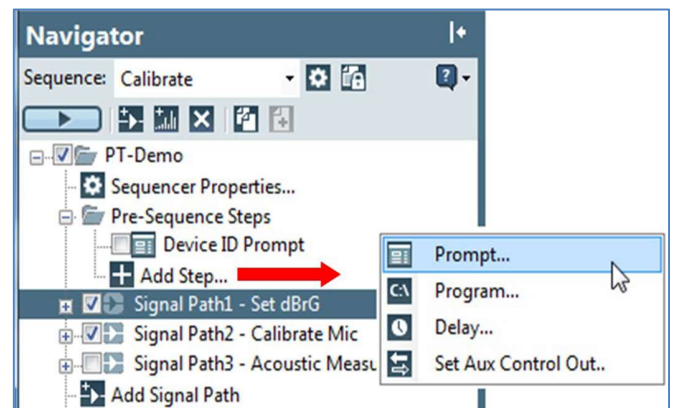


図 6. プレシーケンスステップ

ポストシーケンスステップ

ポストシーケンス ステップ (図 7) は、他のすべての項目の後に、シーケンスの最後に行われます。APx500 プロジェクト ファイルには、デフォルトでレポート ノードとデータ出力ノードの 2 つのステップが含まれています (「データとレポートのエクスポート」を参照)。

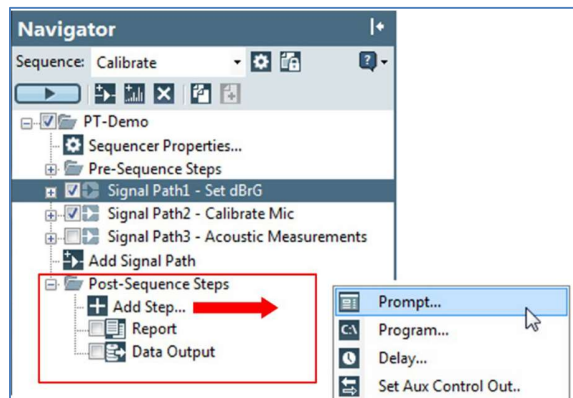


図 7. ポストシーケンスステップ

示されているように、Post-Sequence Steps ノードに追加できる追加のステップには、プロンプト、外部プログラムの実行、遅延の挿入、または外部デバイスを制御するための Aux Control Out ビット パターンの設定が含まれます。

シーケンスに項目を入れる

シーケンスに項目を含めるには、まずナビゲーターの上部にあるシーケンサー ツールバーのすぐ上にある「シーケンス:」ドロップダウンを使用して適切なシーケンスを選択し、項目名の横にあるボックス ☐ をチェックします。測定ノードをチェックすると、測定に含まれるすべての結果が自動的にチェックされますが、必要に応じて個々の結果をチェック解除したり再チェックしたりすることができます。

シグナルパス、測定値、測定結果、およびシーケンスステップはすべて、関連する項目をクリックしてシーケンサー階層内の目的の位置にドラッグすることで並べ替えることができます。

測定シーケンス設定

ジェネレーターとアナライザーの設定に加えて、各測定には、シーケンスで実行するときの動作に影響を与えるシーケンス設定があります。

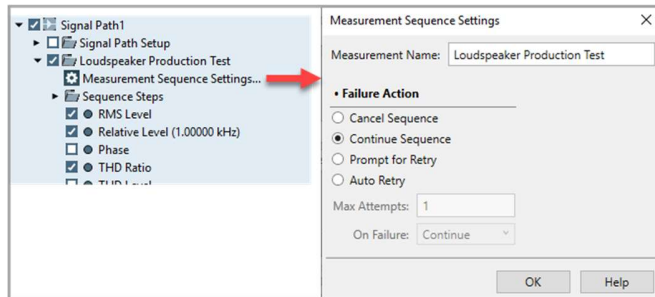


図 8. 測定シーケンスダイアログ

シグナルパスセットアップシーケンス設定

シグナルパスの開始時に発生するアクションを定義する測定シーケンス設定は、シグナルパス設定で構成されます。シグナルパス設定に固有の設定（つまり、他の測定には使用できません）には、自動設定ジェネレーターレベル（「出力レベル規制」を参照）、Bluetooth デバイス選択設定（Bluetooth 出力/入力を使用する場合にのみ使用可能）、およびコピーリファレンスが含まれます。設定（別のシグナルパスからすべてのリファレンスをコピーします）。通常、基準のコピー設定は、基準を校正シグナルパスから測定シグナルパスにコピーするために使用されます。たとえば、図 9 に示すマイク校正シグナルパスから、同じ画像に示す音響測定シグナルパスにコピーします。マイクのキャリブレーション プロセスの詳細については、「マイクのキャリブレーション」を参照してください。

NG アクション設定

失敗アクションの選択により、一連の測定が失敗した場合、たとえば結果の上限を超えた場合に実行されるアクションが決まります。4 種類の失敗アクションが利用可能です。

1. シーケンスを続行します。デフォルトでは、測定は失敗時に次の測定を続行するように構成され、シーケンスと生成されたレポートの両方で発生した失敗にフラグを立てます。
2. シーケンスをキャンセルします。このオプションは、失敗時にシーケンス全体を直ちに中止します。失敗した測定に続く測定は実行されず、レポートにも含まれません。
3. 再試行を求めるプロンプトが表示されます。選択すると、「再試行のプロンプト」を選択すると、中止、再試行、または発生した失敗を無視するオプションを含むダイアログが表示されます。

4. 自動再試行。自動再試行設定では、測定が成功するまで、失敗した測定が自動的に設定された回数（最大 5 回）再試行されます。

測定またはシグナルパスの測定シーケンス設定にアクセスするには、ナビゲータで測定を選択し、測定名のすぐ下の「測定シーケンス設定...」ノードをクリックします。

複数シーケンス

プロジェクト内に複数のシーケンスを含める機能は、電気音響テストの自動化をサポートする機能の 1 つです。図 9 では、Calibrate、Golden Unit、Test Speaker という名前の 3 つのシーケンスが作成されています。これらの各シーケンスは、ナビゲーターに存在するすべての項目の異なるサブセットにすぎません。これらのシーケンスにより、機器の校正、ゴールデン ユニットのテスト、DUT のテストという、関連はあるものの異なる操作が可能になります。電気音響機器の製造テストに必要な一般的な操作。

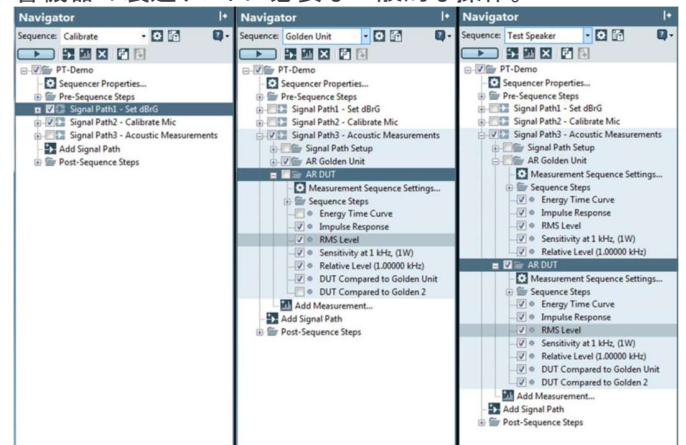


図 9. 同じ APx プロジェクト内の 3 つシーケンスの表示

最初のシーケンス「Calibrate」は、最初の 2 つのシグナルパスを実行します。最初のシグナルパスは、発生器の dBrG 基準を 2.83 Vrms (8 Ω で 1 W に相当する電圧) に設定するために使用され、2 番目のシグナルパスは、TEDS データを読み取ることによって接続された測定マイクを校正するために使用されます。

図 9 の 2 番目のシーケンスであるゴールデン ユニットの「Signal Path3 - Acoustic Measurements」という名前のシグナルパスで「AR Golden Unit」という名前の測定を実行します。これは、いくつかの平均を使用してリファレンス デバイスの周波数応答を測定し、ファイル パス仕様を作成する変数を使用してデータを一連のファイルにエクスポートします。

図 9 の 3 番目のシーケンスであるテスト スピーカーは、「Signal Path3 – Acoustic Measurements」という名前のシグナルパスで「AR DUT」という名前の測定を実行します。この測定では、最後のゴールデン ユニット測定から周波数応答データをインポートし、そこから新しい制限を作成します。

シーケンスの追加

シーケンスを追加するには、ナビゲーター/シーケンサーの上部にあるシーケンス ドロップダウンを展開し、「新規作成…」を選択します (図 10)。あるいは、シーケンサー ツールバーの「シーケンスの追加/編集」ボタン をクリックし、「シーケンスの編集」ダイアログを使用してシーケンスの追加、名前変更、削除、または並べ替えを行います (図 11)。

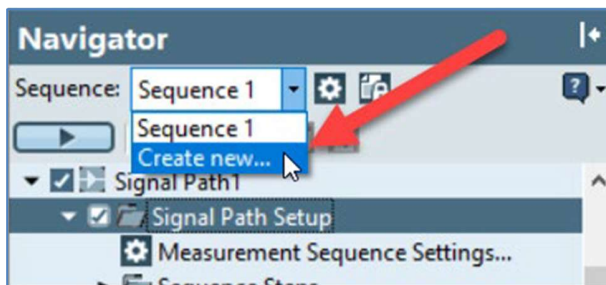


図 10. プロジェクトに新しいシーケンスを追加

シーケンスプロパティの編集

各シーケンスにはさまざまなプロパティがあり、シーケンスセレクターの横にある「シーケンスの編集」ボタン を使用して表示または編集できます。これらの設定の詳細については、「実稼働テスト モード」および「補助制御」というタイトルのセクションを参照してください。

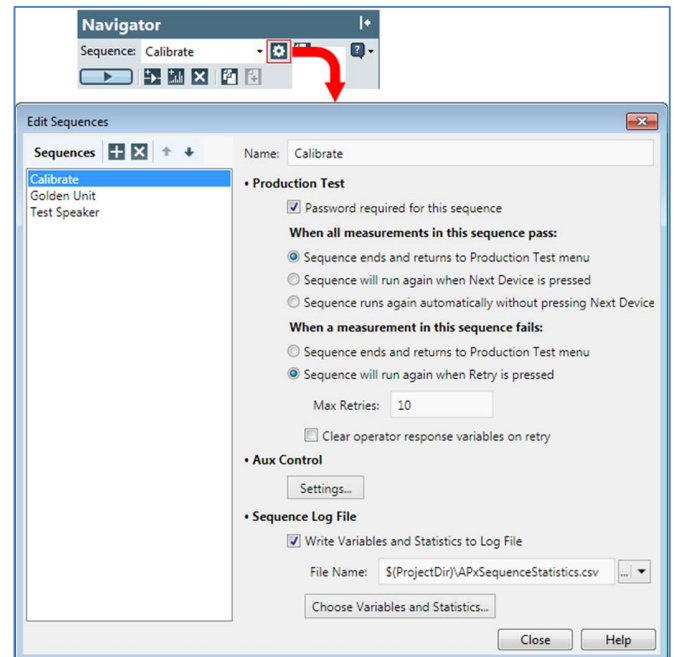


図 11. 編集シーケンスダイアログ

変数設定

APx では、変数はオペレータ、デバイス、測定値、タイムスタンプなどに関連する情報を保存するために使用され、システム全体での柔軟性と互換性を提供するためにファイル パスやファイル名でよく使用されます。

APx は、自動化プロジェクトの構築時に使用できる変数の包括的なセットをサポートしています。変数のリストを表示するには、[プロジェクト] メニューから [プロジェクト プロパティ] ダイアログを開き、[変数] タブを選択します (図 12)。

次の 5 つのクラスの変数がサポートされています

Class 1: ユーザー定義変数

ユーザー定義変数を追加するには、「変数」タブの左側にある「ユーザー定義変数の追加」ボタン をクリックし (図 12)、変数名を割り当てます。変数値は、ダイアログに値を入力することによって、またはシーケンス ステップを介してシーケンス内に入力することによって設定できます。例としては、オペレータがプロンプトの入力フィールドに値を入力する場合があります。また、必要に応じて、変数値を入力する代わりに、[値] フィールドの右側にあるドロップダウンを使用してファイルはフォルダーを参照することもできます。

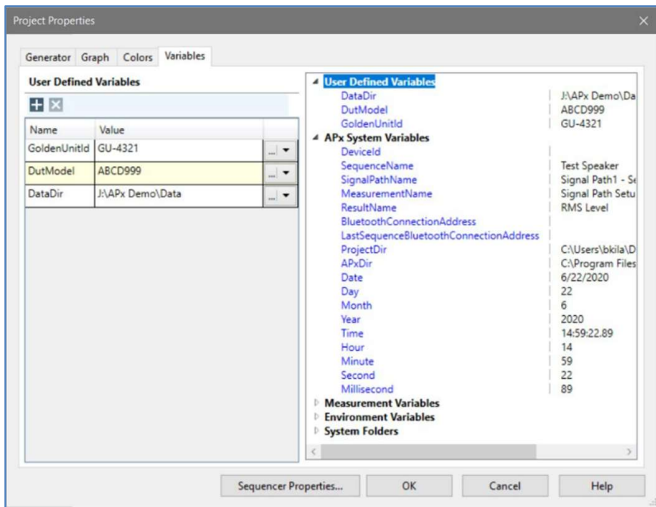


図 12. プロジェクトプロパティの変数設定.

Class 2: APx システム変数設定

このクラスには、現在の信号パス名、現在の測定名、デバイス ID、APx プロジェクト ファイル ディレクトリなどの APx 固有の項目を表す多数の変数が含まれています。

Class 3: 測定変数設定

このクラスには、測定の実行時に値が設定される変数が含まれます。たとえば、測定変数には、TEDS データ測定または TEDS からの校正ステップがシーケンスで実行されるときに、接続されたマイクから読み取られた TEDS データが保存されます。

Class 4: 環境変数設定

このクラスには、コンピューター名、ユーザー名、Windows フォルダ名など、Windows システム環境変数の広範なセットが含まれています。

Class 5: システムフォルダ

このクラスには、PC 上の特別な Windows システム フォルダを表す広範な変数セットが含まれています。

変数設定プロパティ: Required and Persist

変数には Required プロパティと Persist プロパティがあり、変数がプロンプト シーケンス ステップで使用されるときに機能します (図 13)。

Operator Response:				
Response Field Label	Default Response	Variable	Required	Persist
Model		DutModel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Speaker ID		DeviceId	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

図 13. プロンプトステップの操作反応部

変数の Required プロパティは、オペレーターが応答を提供する必要があることを指定します。Persist プロパティを有効にすると、プロンプトの Response フィールドに以前に入力した値を入力するように APx に指示します。上に示した例では、モデルは必須かつ永続的です。オペレーターは、最初のシーケンス実行時にモデル番号を 1 回入力します。図 14 に示すように、プロンプトの Model フィールドは、後続のすべてのシーケンス実行に対して事前に入力されます。

Speaker ID も必要ですが、永続的ではありません。各シーケンス実行の開始時には応答フィールドは空白になり、オペレーターが各スピーカーのシリアル番号を入力できるようになります。

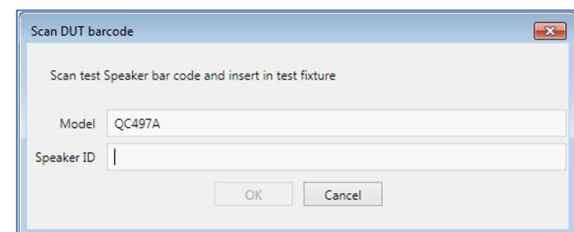


図 14. Required プロパティと Persist プロパティを示すプロンプト シーケンス ステップ。

すべての必須変数フィールドに応答があるまで、プロンプトの [OK] ボタンは無効になることに注意してください。

APx の測定プロンプトで使用される変数も、APx テスト レポートに入力されます。

パス内の変数設定の利用

変数を使用すると、自動テスト プロジェクトのセットアップ、特にファイル パス仕様の構築において大きな柔軟性が得られます。たとえば、DUT の部品番号、ロット番号、シリアル番号を表す変数を簡単に作成し、これらの変数をフォルダー、データ ファイル、制限ファイル、レポートの名前にエンコードし、テストのタイムスタンプの日付と時刻を付加することができます。これらは、「外部プログラムの実行」シーケンス ステップで外部プログラムへのパスを指定する場合にも役立ちます。

たとえば、図 15 に示すエクスポート結果データは、周波数応答データ セットをファイルにエクスポートするように構成されており、そのパスは現在のデバイスのモデルとシリアル番号を表す変数から構成されています。これが機能するには、エクスポート ステップが実行される前に変数を設定する必要があります (プロンプト ステップなどを介して)。

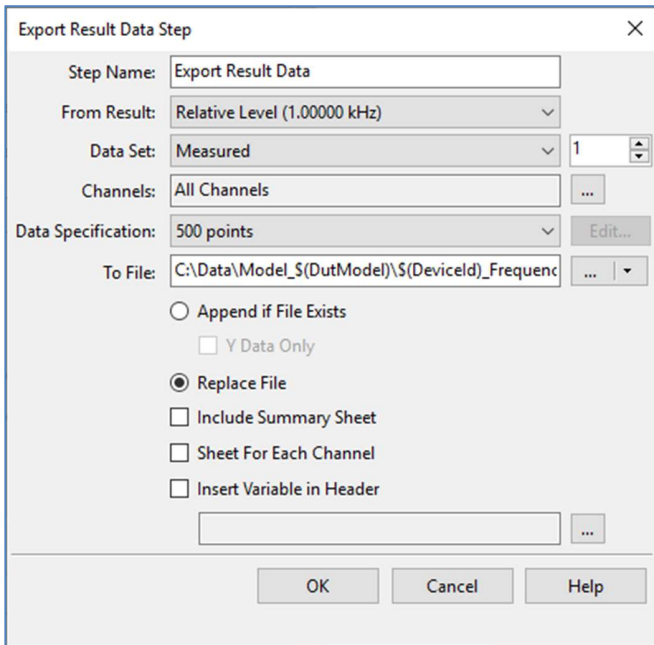


Figure 15. An example of a dynamic path using variables.

Variables can be inserted into a path via the “Use Variables...” picker (accessed using the drop-down to the right of the field) or by manually typing the variable name using the format “\$(VariableName)” (without the quotations).

When executed in a sequence, variable names entered in sequence steps are resolved to their values. In this example, the frequency response data set is exported to the path “C:\Data\Model_QC497A\13345_FrequencyResponse.xlsx”. If the variable values are invalid for a file path, or are not set, the sequence will abort with an error.

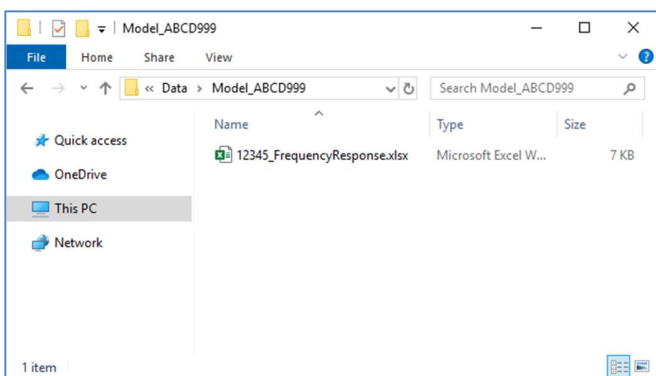


Figure 16. A response exported using the export data configuration example shown above.

Auxiliary Control

General-purpose input/output (GPIO) ports (available on most APx analyzers, including the APx517) provide the

capability to communicate with external devices, receiving and transmitting control commands. This functionality is known as Aux Control Input and Aux Control Output, respectively.

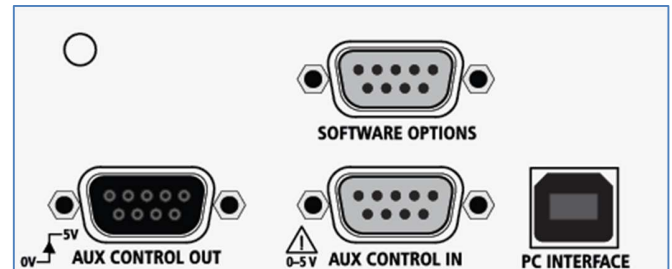


Figure 17. A diagram of the aux control I/O, located on the back of most APx analyzers.

Aux Control Input can be used to initiate software actions (for example, pressing an OK button in a prompt) when a designed bit pattern is received on the aux input port. Perhaps the most common usage is configuring a sequence to start when a foot switch is pressed (emitting a bit pattern of 0000 0001, or 1000 0000).

Conversely, Aux Control Output can be used to initiate an action in an external device, for example, switching a relay to indicate the pass or fail status of a sequence in a color-coded LED lamp or other connected device.

Aux control settings exist in a few different contexts, including:

Aux Control Sequence Settings

Accessible from the Edit Sequences dialog using the Aux Control “Settings...” button, Aux Control Sequence Settings specify the aux control output state set at the beginning or end of a particular sequence, as well as the aux control input state required to automatically start the sequence. In the example configuration shown in Figure 18, the sequence will start when input bit 1 is high, at which point the state of the last four output bits will be changed to 0001.

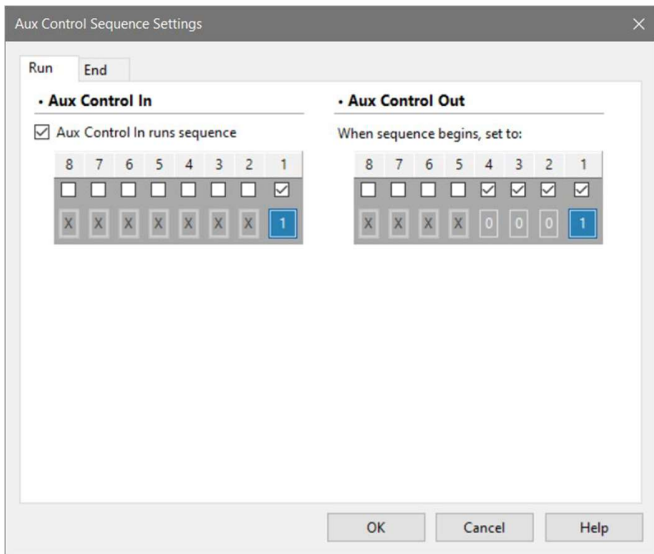


図 18. 周辺補助機器制御の設定ダイアログ

周辺補助機器制御のダイアログボタン

Dialog Button Aux Control タブの Project→Sequencer Properties メニュー項目からアクセスするこれらの設定は、特定の AUX 入力ビット パターンを「OK」や「Cancel」などのユーザー入力に関連付け、外部デバイスがシーケンスを続行したりキャンセルしたりできるようにします。図 19 に示す構成例では、シーケンス内で開かれたプロンプトは、補助入力ビット 1 が High の場合は「OK」として、補助入力ビット 2 が High の場合は「キャンセル」として無視されます。

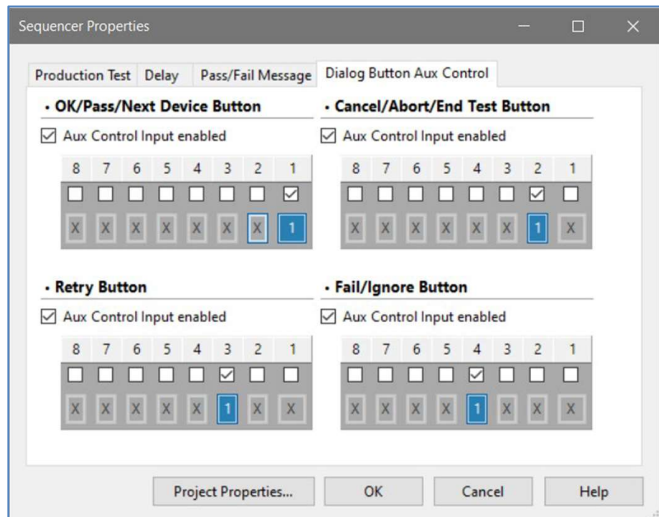


図 19. 周辺補助機器制御のダイアログボタン例

周辺補助機器制御の出カステップ設定

前、後、または測定シーケンスのステップとして使用できるこのステップは、補助制御出力ビットの状態をステップの設定で指定された値に設定します。以下に示す構成例では、すべてのビットが 0 (Low) にリセットされます。

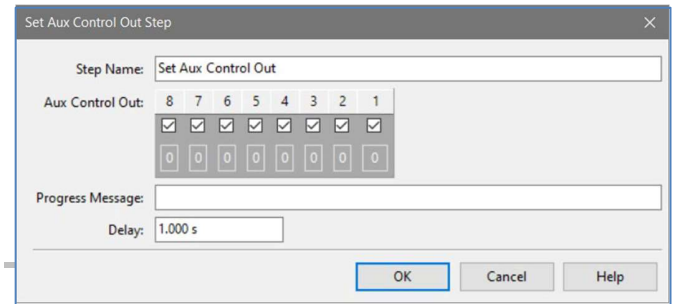


図 20. 周辺補助機器制御の出カステップ

データとレポートのエクスポート

多くの場合、製造テスト設計者は、後処理やレビューのために、各 DUT に関する合否情報、取得データ、その他の情報をログに記録する必要があることに気づきます。APx では、これは 3 つの方法で実行できます。

エクスポートステップ

[結果データのエクスポート] ステップでは、選択したデータ仕様で定義されたポイントを使用して、単一の XY、メーター、または表形式の結果を XLSX、CSV、または MAT (MATLAB) データ ファイルにエクスポートします (図 21)。

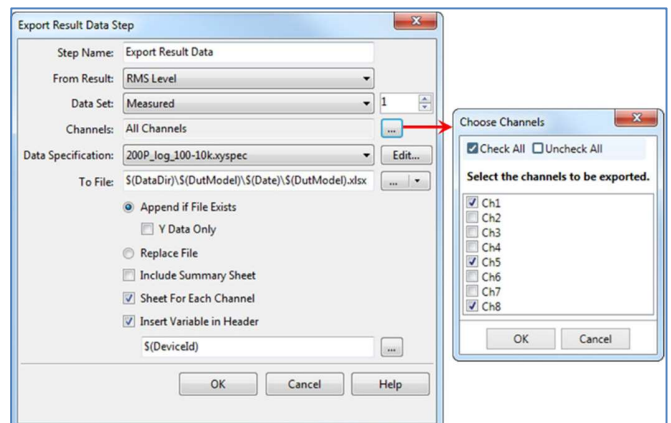


Figure 21. The Export Result Data sequence step.

複数のテストステーションを使用する場合、データが 1 つの中央リポジトリに集約されるように、エクスポートパスをネットワークディレクトリに設定できます。モデル番号、シリアル番号、日付/時刻などの情報は、変数を使用してディレクトリ構造またはファイル名にエンコードでき、各データファイルにはテスト対象のデバイスに簡単に関連付けることができる一意の名前が付けられます (「変数の使用」を参照)。パス)。必要に応じて、「ヘッダーに変数を挿入」設定を使用して、エクスポートされたデータファイルのヘッダーに変数を埋め込むこともできます。

エクスポート ステップは、既存のデータファイルが存在する場合、既存のデータファイルに追加または上書きするように構成できます。追加する場合、Y データのみを追加する設定が利用可能です。これは、特に XLS または XLSX ファイルにエクスポートする場合に便利な機能です。選択すると、追加された測定結果が追加列としてワークシートタブに追加され、すべての追加された測定に共通の X 軸データはワークシートの最初の列にのみ表示されます。図 21 のデータのエクスポート ステップを含むシーケンスを複数回実行することによって作成された XLSX ファイル内のワークシートの例については、図 22 を参照してください。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	RMS Level	1234001	1234002	1234003	1234004	1234005	1234006	1234007
2	Ch1							
3	X	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	Hz	dB SPL	dB SPL	dB SPL	dB SPL	dB SPL	dB SPL	dB SPL
5	47.6	103.1	103.1	103.2	103.2	103.2	103.2	103.2
6	50.3	103.8	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9
7	53.1	103.8	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9
8	56.0	104.5	104.5	104.5	104.5	104.5	104.5	104.5
9	59.1	105.0	105.0	105.0	105.1	105.1	105.1	105.1
10	62.4	105.5	105.5	105.5	105.5	105.5	105.5	105.5
11	65.8	105.9	105.9	105.9	105.9	105.9	105.9	105.9
12	69.5	106.3	106.3	106.3	106.3	106.3	106.3	106.3
13	73.4	106.3	106.3	106.3	106.3	106.3	106.3	106.3
14	77.4	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9
15	81.7	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1
16	86.2	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2

図 22. シーケンス実行後の XLSX ファイルをエクスポート例

データ エクスポート仕様は、シーケンスの実行時にシーケンス ステップによってエクスポートされるポイントの範囲と数を定義します。エクスポート仕様を追加すると、APx プロジェクトファイルの一部となり、同様のタイプの XY 結果をエクスポートするために使用できます。エクスポート仕様には、対数間隔または線形間隔を使用して、特定の範囲内のすべてのポイント、または範囲内の特定のポイントのセットを選択する設定があります。たとえば、図 23 は、周波数応答相対レベルの結果に対して定義されたエクスポート仕様を示しています。「200P50-10k.xyspec」という名前のこの仕様では、200 Hz から 10 kHz までの対数間隔の 200 点を指定しています。この仕様を作成したら、プロジェクト内のどこでも使用して周波数応答データをエクスポートできます。別の例として、標準の 1/24 オクターブ周波数で周波数応答データを保存するには、カスタム ステップ タイプでデータ エクスポート仕様を作成し、標準 1/24 オクターブの周波数が範囲内にある場合は、ワークシート ファイルからインポートすることもできます。

TN129 | Production Test with APx

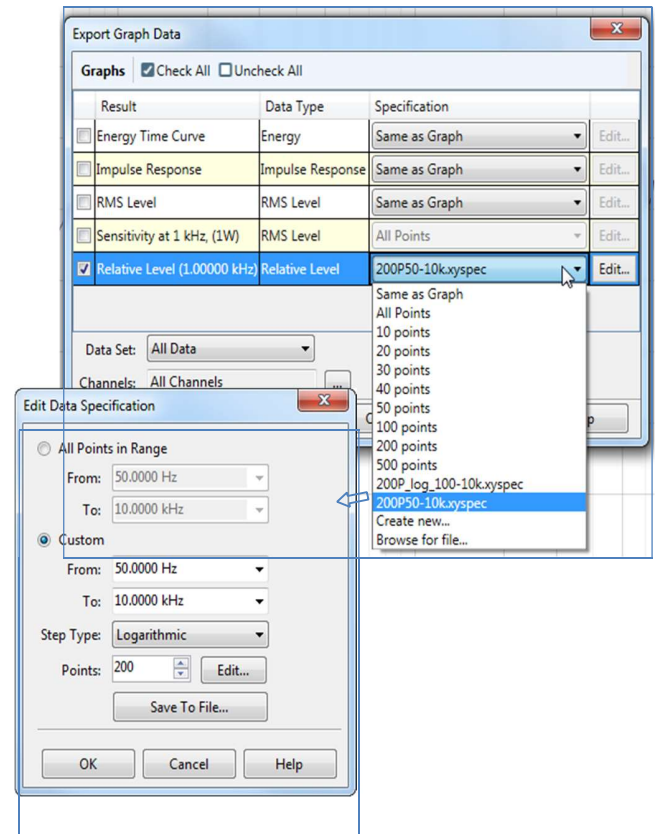


図 23. エクスポートデータ仕様

[結果データのエクスポート] ステップによってエクスポートされるポイントを構成するには、ステップの [データ仕様] ドロップダウンを展開して既存の仕様を選択するか、[新規作成...] を選択して新しい仕様を定義します。プロジェクトファイル内のデータ エクスポート仕様は、[ファイル] メニューの [添付プロジェクト アイテムの管理...] ダイアログから管理できます。このダイアログには、プロジェクト内の仕様が表示され、エクスポート仕様をエクスポート、置換、削除するためのコントロールが提供されます。

レポートステップ

「シーケンス後のレポート」ステップをチェックすると、シーケンス全体の合否ステータス、個々の測定と結果のステータス、信号パスと測定構成、取得したデータと定義された制限に関する情報を含む詳細なレポートが生成されます。レポートの設定は、レポートのポストシーケンス ステップを右クリックし、[プロパティ...] を選択することで表示または編集できます。

デフォルトでは、APx レポートは「APx デフォルト レイアウト」を使用して生成されます。この設定により、APx ウィンドウで表示できる標準の APx スタイルのグラフィックを含む複数ページのレポートが作成されます。デフォルトのレイアウトは「オプション」と「余白」設定を使用して多少変更できますが、「Microsoft Word」レイアウトを使用して完全にカスタマイズされたレイアウトを作成できます。Microsoft Word レポート タイプは、書式設定に手間がかかりますが、最も柔軟でもあります。

[レポート プロパティの編集] ダイアログの [自動保存] タブに表示される設定では、レポートを自動保存するかシーケンスの最後に表示するか、あるいはその両方を指定します。データ ファイルと同様、必要に応じて、変数を使用してレポート ファイルのパスまたは名前を指定できます。

PDF、HTML、または RTF ファイルに保存されたレポートは、APx レポート ビューア (Microsoft Word レイアウトを使用している場合は Word ドキュメント) に表示されるレイアウトを反映し、x/y グラフを画像として表示しますが、XLSX、CSV、または MAT に保存されたレポートは、画像の代わりに基礎となるデータポイントをエクスポートします。

データ出カステップ

データ出力ノードをオンにすると、シーケンスで取得されたデータが指定された CSV ファイルに追加されます。シーケンスが実行されるたびに、チェックされたすべてのメータ結果 (単一値の結果) が日付とタイムスタンプを持つ新しい行として CSV ファイルに追加されます。定義されている場合、制限情報と DeviceId も含まれます。

ラウドスピーカーとヘッドホン 生産テスト向けの特別要件

電気音響 (EA) デバイス (スピーカー、ヘッドフォン、マイクなど) には、多くの場合、製造テスト用の特別な要件があります。これらの要件には次のものが含まれます。

1. 1 つ以上の測定マイクの定期的な校正。
2. デバイスの出力レベルを目標音圧レベルに自動調整します。
3. ゴールデン ユニット (理想的なリファレンス デバイス) を使用して、パフォーマンス目標/測定限界を測定および適用します。
4. 接続されたデバイスを保護するために、アナログ発電機の電圧制限を定義します。
5. 入力コライゼーション カーブを適用してマイクの応答を補正します。

これらの要件を実装するソフトウェア機能については、以下で説明します。

マイクの校正

測定用マイクは、音圧変動を電圧信号に変換するトランスデューサーです。このような音響信号を測定マイクで測定する場合、アナライザはマイクの電圧信号を適切にスケールして音圧を表すことができるように、マイクの感度を考慮する必要があります。マイクの感度は通常、ボルト/パスカル (V/Pa) の単位で報告されます。マイクの感度を入力するプロセスは、「マイクの校正」と呼ばれることもあります。APx では、これは次の 3 つの方法のいずれかで実行できます。

1. マイク感度を手動で入力します。
2. サウンド レベル キャリブレーションを使用して既知の音圧レベル (SPL) を生成します。アナライザは、キャリブレーションの既知の SPL によりマイクによって生成された電圧を捕捉し、そこから感度を計算します。
3. マイクから感度を直接読み取る (マイクにトランスデューサー電子データシート - TEDS - が装備されており、アナライザが TEDS をサポートしている場合)。

シーケンスステップは 2,3 でご利用できます。

アコースティック入力モード

キャリブレーションの前に、アナライザへのアナログ入力は、測定される信号のタイプに基づいて音響か非音響として定義する必要があります。

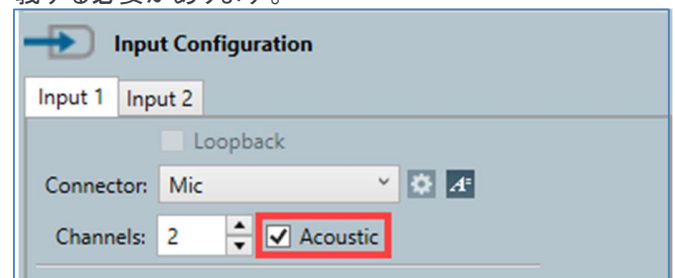


図 24.アコースティック入力設定

音響入力モードが有効な場合、すべてのチャンネルのアナログ入力電圧が音響信号を表すものと見なされます。測定レベルをプロットした結果と、測定レベルに関連する入力設定は、チャンネルごとに定義された V/Pa 感度を使用した音圧レベルの単位 (Pa または dB SPL) のみを使用して表示されます。そのため、音響入力モードが有効になっている場合、電気インピーダンス測定は実行できません。

音響入力モードが無効になっている場合、測定レベルに関する結果と設定はデフォルトで電圧として表されますが、オプションで参照される dB SPL1/dB SPL2 入力ユニットを使用して SPL として表示することもできます (図 25)。この技術情報では、音響入力モードを無効にして校正手順を説明します。

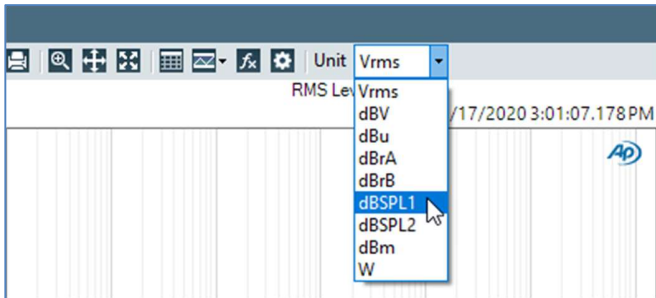


図 25. 測定結果の単位選択

チャンネルごとの感度と dB SPL1/dB SPL2 リファレンス設定は、図 26 に示す [マイク キャリブレーション / Set dB SPL] ダイアログを介して手動で構成または表示できます。

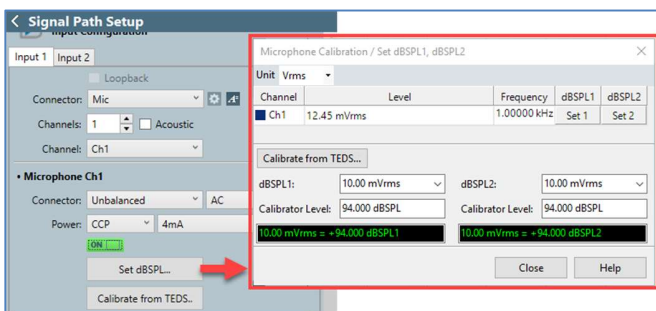


図 26. マイク校正 / dB SPL 設定ダイアログ

シーケンス ステップとして利用可能な 2 つのマイク キャリブレーション方法 (TEDS および音響キャリブレーターの使用) については、以下に説明します。

TEDS からの校正

TEDS からの調整ステップ (信号パス設定で利用可能) は、取り付けられたマイクの感度を内蔵 TEDS チップから読み取り、選択した dB SPL リファレンスに適用します (図 27)。TEDS からのキャリブレーションは、APx アナライザーと、APx517 や APx1701 トランスデューサー テスト インターフェイスなど、TEDS 対応マイク入力を備えたアクセサリでのみ利用できます。

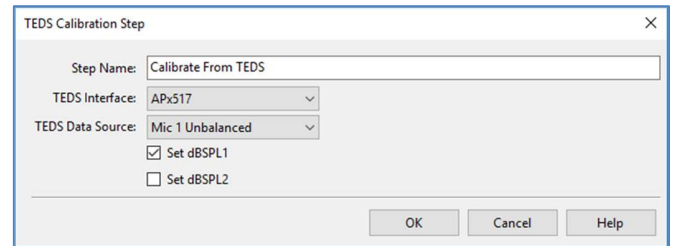


図 27. TEDS からの校正ダイアログ

アコースティック校正の利用

あるいは、信号パス設定測定に追加されたプロンプト ステップを使用して、音響校正器を使用してマイクを校正することもできます。これを行う前に、キャリブレータの基準 SPL を、「マイク キャリブレーション / dB SPL1、dB SPL2 設定」フィールドの適切なキャリブレータ レベル フィールドに入力する必要があります (図 26)。プロンプトはオペレーターに、キャリブレータをマイクに適用し、測定されたレベルが安定したら「OK」をクリックするように指示します。プロンプト ステップでは、図 28 に示すように、Set dB SPL1 または Set dB SPL2 チェックボックスをオンにし、適切なチャンネルを選択する必要があります。この例では、マイクの感度は、チャンネル 1 で測定されたレベルに基づいて計算され、dB SPL1 基準に割り当てられます。

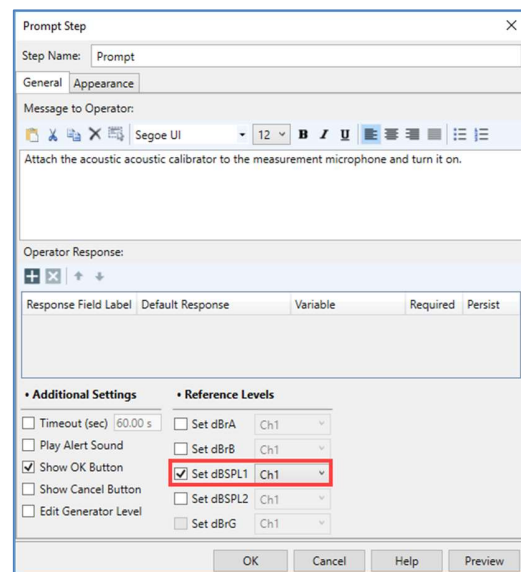


図 28. 正確な構成例

出力レベルの調整

一部のテスト アプリケーション (マイクのテストなど) では、スピーカーやその他の電気音響デバイスの出力は、測定が行われる前に特定の基準周波数で目標 SPL に調整されることがよくあります (最も一般的なのは 1 kHz で 94 dB SPL)。

シーケンス内の目標レベルに音響出力を自動的に調整するには、最初に調整パラメータを、Signal Path Setup References パネルからアクセスできる [Automatically Set Generator Level] ダイアログで定義する必要があります (図 29)。

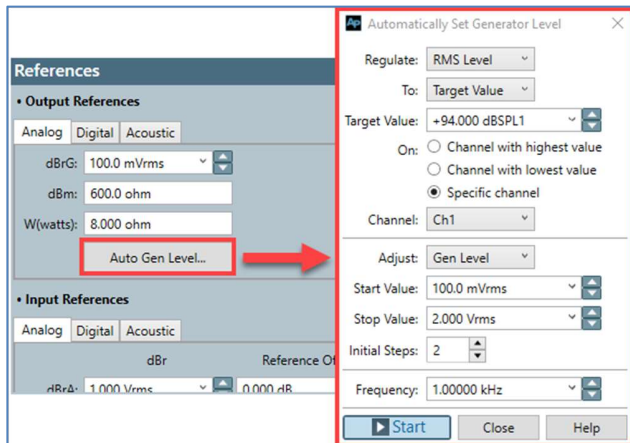


図 29. 自動ジェネレーターレベル設定ダイアログ

パラメータを設定したら、信号パス設定の測定シーケンス設定ノードにある「自動設定ジェネレーターレベル」チェックボックスをチェックすることで、調整プロセスがシーケンスで自動的に実行されるように設定できます (図 30)。

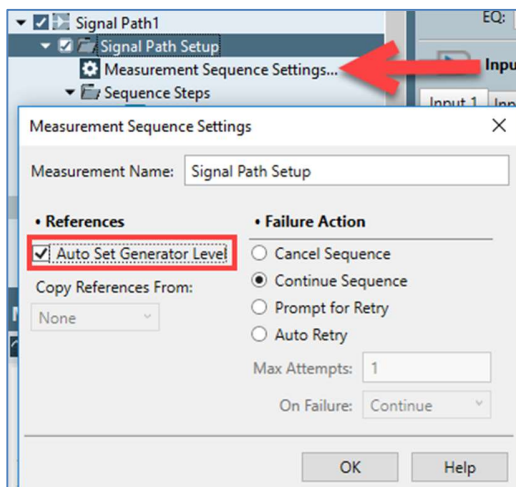


図 30. Auto Set Generator Level を有効にすると、シーケンサーから Signal Path Setup が実行されるときに自動的に実行されます。

ゴールデンユニットを使用した制限/ターゲットの定義
コンポーネントの材質と組み立て方法の性質により、スピーカーは非常に非線形になる可能性があります。この非線形性により、製造環境で発生する可能性のある温度と湿度の変動により、測定結果が大きく変動する可能性があります。

これらの変動を補正するために、メーカーは多くの場合、製造テストで 1 つ以上のゴールデン ユニットを使用します。これらの基準デバイス (この場合はスピーカードライバー) は、テスト対象の部品の良好なサンプルを表します。定期的に (たとえば、勤務シフトごとに 1 回または 2 回)、基準デバイスはライン上でテストされ、現在の周囲条件下での性能目標が再確立されます。その後、生産部品のテスト結果は、次にスケジュールされた基準測定 (たとえば、次の勤務シフトの開始時) まで基準デバイスの測定と比較されます。同じ環境でテストされた基準ユニットと生産ユニットを継続的に比較することにより、温度と湿度によるこれらの変動がプロセスから「バックアウト」されます。製造テストでリファレンス デバイスを使用すると、テスト制限をオンザフライで変更する機能など、特別な要件が必要になります。

データステップのインポート限度

APx では、制限データのインポート ステップを使用して、シーケンスで測定を実行する前に制限を更新できます。[制限データのインポート] ステップが測定の [シーケンス ステップ] ノードに追加されると、図 31 に示すダイアログが開き、ステップの設定を有効にします。

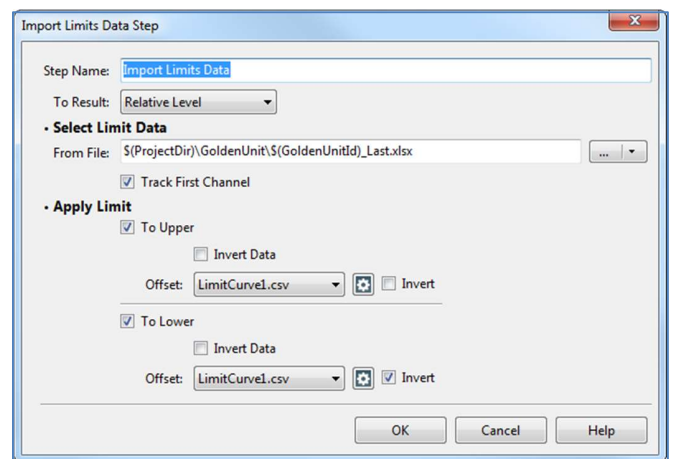


図 31. データステップのインポート減とダイアログ

「To Result」メニューは、どの測定結果にリミットをインポートするかを選択するために使用され、「From File」フィールドは、インポートされたリミットデータのソースファイルを指定するために使用されます。他のパス フィールドと同様に、変数を使用して制限データ ファイルのパスを指定できます。たとえば、図 31 では、最後のゴールデン ユニット測定が実行されたときに保存された Excel ファイルへの限界データ ファイルのパスを設定するために変数が使用されています。

[制限の適用] コントロールは、インポートされたデータから制限を作成するために使用されます。インポートされたデータ曲線は、オプションのオフセットを使用して、上限、下限、または両方の制限に適用できます。オフセット コントロールを使用して、インポートされたデータと組み合わせて制限を作成するオフセット カーブを指定できます。[オフセット] メニューには、最初は [なし]、[新規作成]、および [ファイルの参照] の選択肢があります。[新規作成] を選択すると、[制限オフセット カーブの編集] ダイアログが表示されます。最初は、音響応答のような周波数掃引測定の場合、この曲線には掃引の開始周波数と終了周波数に 2 つの点があります。2 つの周波数に同じ値を割り当てることで、単純な定数オフセットを指定できます。あるいは、さらに点を追加して、より複雑なオフセット カーブ (たとえば、図 32 に示すような) を指定することもできます。

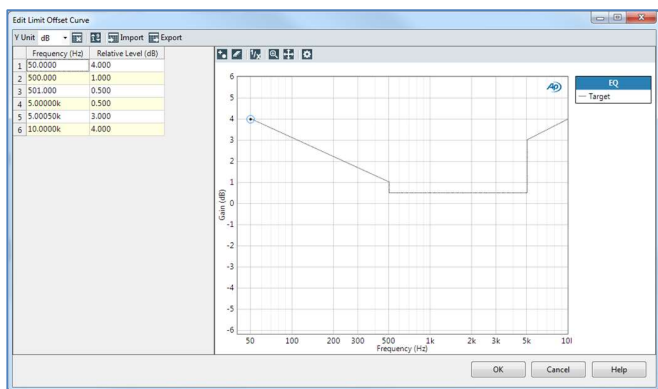


図 32. リミットオフセットカーブの指定

[制限の適用] コントロールを使用すると、対称的な制限のセットを簡単に作成できます。DUT のサンプルとゴールデン ユニット曲線を比較するには、次の 2 つの方法が一般的に使用されます。

- ・ 測定応答カーブの利用
- ・ DUT 応答と Golden Unit 応答の比較を使用

1 つ目では、ゴールデン ユニットの測定された周波数応答に基づいて制限が作成されます。下の図 33 は、この方法の例を示しています。対称限界曲線 (赤いトレース) は、上記の図 32 に示す限界オフセット曲線によって測定されたゴールデン ユニット曲線をオフセットすることによって形成されました。この場合、下限は、下限のオフセットコントロールの横にある反転チェック ボックスを使用してオフセットカーブを反転することによって形成されました。

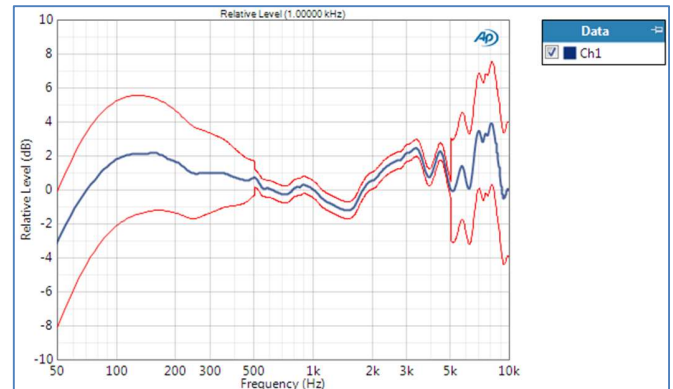


図 33. 対称限界は、図 32 のオフセット曲線を持つ測定されたゴールデン ユニット曲線を相対レベルの結果に適用することによって作成されます。

相対結果比の比較

2 番目の方法は、DUT の周波数応答曲線とゴールデン ユニットの周波数応答曲線の比較に基づいています。この目的のために、比較派生結果を作成できます。比較操作では、曲線がポイントごとに分割されます (デシベル単位を使用する場合は減算)。応答がゴールデン ユニットに正確に一致する理想的な DUT では、すべての周波数でレベルが 0 dB の平坦な比較曲線が得られます。図 34 は、対称限界を持つこのような比較曲線の例を示しています。この場合、制限データとして図 32 のオフセット曲線を使用して制限が作成されました。下限については、オフセットコントロールの上にあるデータ反転チェック ボックスをオンにすることで曲線が反転されました。

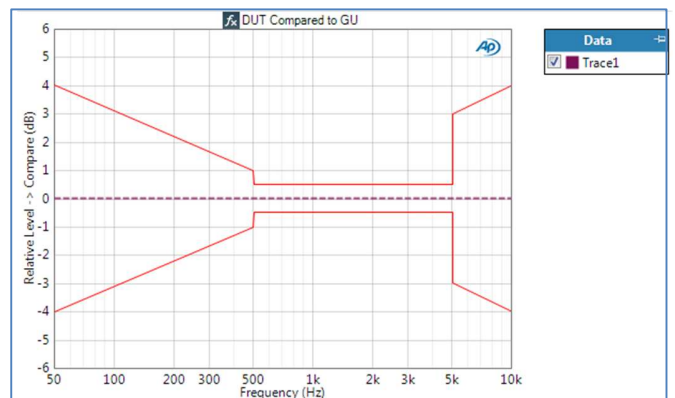


図 34. 図 32 のオフセット曲線を比較結果 (ゴールデン ユニット応答と比較した DUT 応答) に適用することによって作成された対称制限。

アナログジェネレーター グローバル V_{max}

[プロジェクト プロパティ] ダイアログで提供されるグローバル V_{max} 設定により、測定で定義されたアナログ ジェネレータの電圧制限を超えないようにグローバルな電圧制限を構成できます (図 35)。

これは、スピーカーやヘッドフォンなどの敏感なデバイスに損傷を与える可能性のある電圧が不用意に生成されることを避けるための安全機能です。グローバル Vmax 設定は、APx プロジェクト ファイル内の任意の場所にあるジェネレーター設定をオーバーライドします。

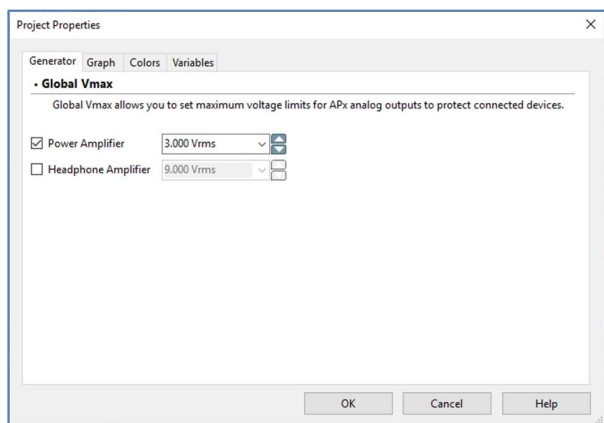


図 35. プロジェクトプロパティダイアログでの Global Vmax 制御

入力イコライザー

入力 EQ (イコライゼーション) カーブをオプションで適用して、平坦でない周波数応答を持つマイクを補正することができます。高品質の測定用マイクは通常、オーディオ帯域全体で ± 1 dB 以下の範囲内で平坦であり、イコライゼーションを必要としません。ただし、入力 EQ が必要な状況もあります。そのようなケースの 1 つは、頭胴シミュレーター (HATS) でイヤード シミュレーターを使用してヘッドフォンをテストすることです。

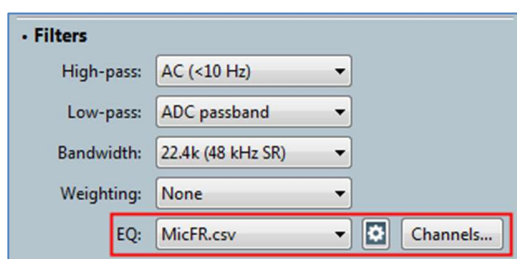


図 36. シグナルパスセットアップ内での入力イコライザー制御

入力 EQ カーブを指定するには、[入力設定] コントロールの [フィルター] セクションで [EQ] プルダウンをクリックし (図 36)、[ファイルの参照] または [新規作成] を選択して [EQ テーブルの編集] ダイアログ (図 37) を開きます。ここでは、マイク EQ テーブルをインポートしたり、点を入力するか EQ カーブ上に描画してマイク EQ テーブルを作成したりできます。

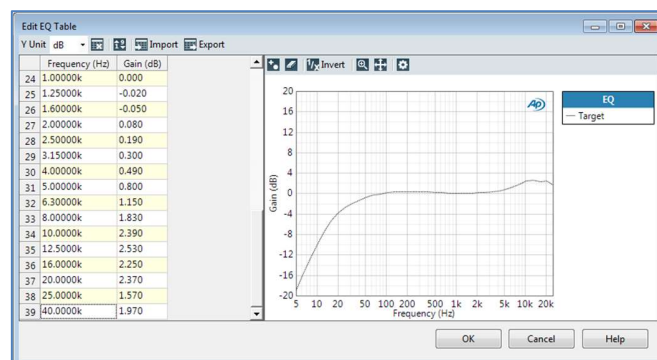


図 37. インポートされたマイク EQ カーブを含む [EQ テーブルの編集] ダイアログ

図 37 は、一般的な安価なマイクの EQ カーブをインポートした後の [EQ テーブルの編集] ダイアログを示しています。この非平坦な周波数応答を補償するためにシステムをイコライズするには、この曲線を反転する必要があります。グラフ ツールバーの EQ カーブの上にある [反転] ボタンをクリックするだけで、カーブを反転できます (図 38)。

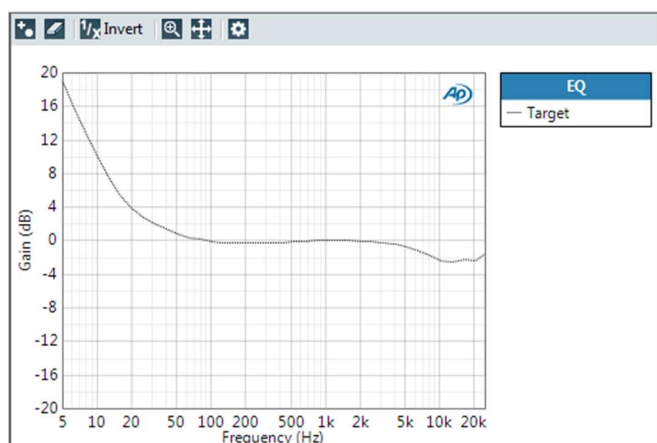


図 38. 図 37 で反転した EQ カーブ

「入力設定」セクション (図 36) の EQ コントロールの横にある「チャンネル」ボタンを使用すると、どの入力チャンネルに EQ カーブを適用するかを指定できます。

生産テストモード

実稼働テスト モードは、実稼働テスト アプリケーションに対して従来の APx ユーザー インターフェイス (UI) に比べていくつかの利点を提供する APx ソフトウェアと対話する手段を提供します。これらには次のものが含まれます。

- ・ テストオペレータ向けの非常に単純な UI: 各シーケンスのボタンとオプションのバナー画像を備えた単純なダイアログ ウィンドウで構成される実稼働テストのメイン「メニュー」(図 39 など)。

- ・ 実稼働テスト モード中に完全な APx UI を表示または非表示にするオプション。
- ・ 選択したシーケンスをパスワードで保護する機能。
- ・ シーケンスループ: シーケンス内のすべての測定値が限界値を通過した場合、シーケンスを自動的に繰り返すことができます。
- ・ シーケンス内のいずれかの測定が失敗した場合の再試行回数はユーザーが選択できます。
- ・ シーケンス実行の記録を保持するために使用できるオプションのシーケンス ログ ファイル。合否統計やその他の変数が含まれます。

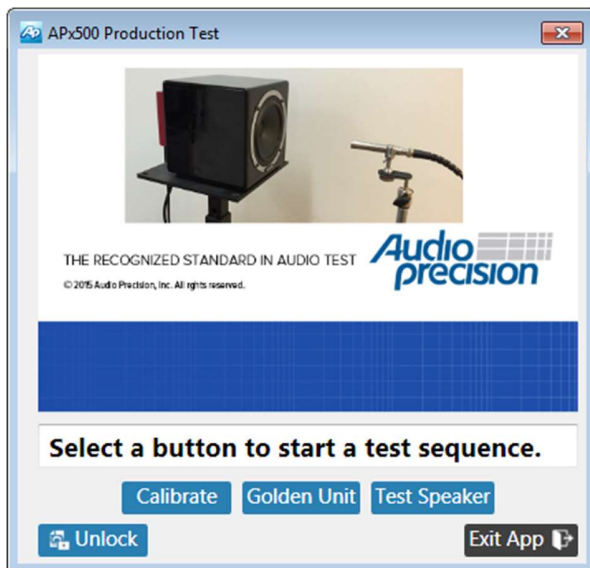


図 39. 実稼働テスト モードのユーザー インターフェイス (実稼働テストメイン メニューとも呼ばれます)。

Production Test メイン メニューを設定するには、ナビゲータの Sequencer Properties ノードをダブルクリックして、Sequencer Properties ダイアログを開きます (図 40)。ここでは、Production Test メイン メニューに表示されるオペレーター指示のテキストを入力し、バナー画像として表示されるオプションのグラフィックを選択できます。デフォルトの指示は「ボタンを選択してテスト シーケンスを開始します」です。

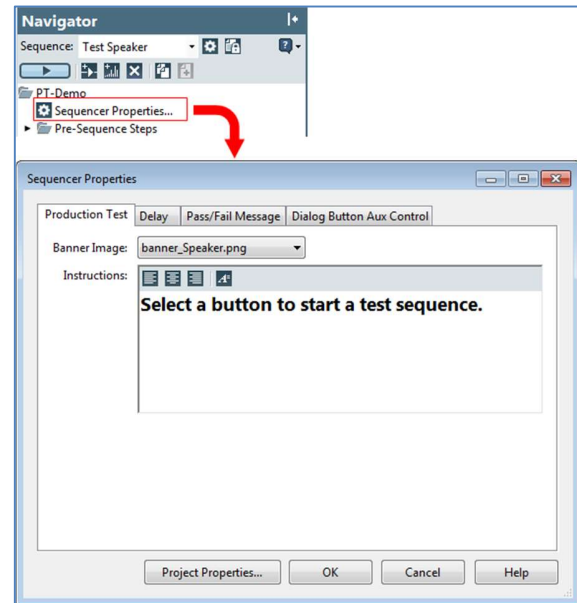


図 40. ナビゲータから「シーケンスのプロパティ」ダイアログを開きます

プロジェクト内の各アクティブなシーケンスには、Production Test メイン メニューにボタンがあります。「シーケンスの編集」ダイアログ (7 ページの図 11) を使用して、各シーケンスの製造テストのプロパティ (パスワードが必要かどうか、すべての測定が合格した場合のシーケンスのループ、および測定が失敗した場合のオプションの再試行) を構成できます。実稼働テスト モードに入るには、パスワードを入力してプロジェクトをロックする必要があります。

注: パスワードで保護されたシーケンスには同じパスワードが使用されます。

「プロジェクトのロック」ダイアログは、ナビゲータの上部にある「シーケンス」フィールドの右側にある鍵のアイコン (図 41) から、または「ファイル」メニューの「プロジェクトのロック」選択から使用できます。プロジェクトをロックするときに、[Production Test] チェックボックスをオンにするだけです。2 番目のチェック ボックスは、実稼働テスト モードで APx メイン アプリケーション ウィンドウを表示するか非表示にするかを選択するために使用できます。

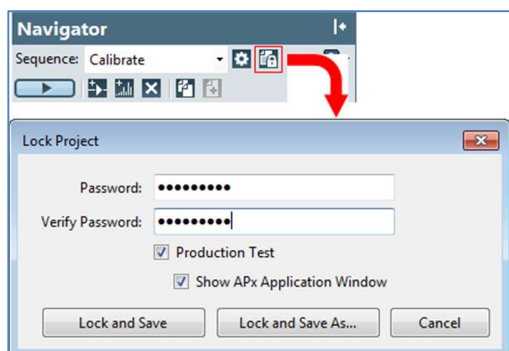


図 41. 生産テストモードの設定

この場合、CSV ファイルは Excel を使用して開かれ、フォーマットされています。

Date	Time	Status	Cycle Count	Passed Count	Failed Count	Passed On First Cycle Count	First Pass Yield	Total Run Time
6/29/2015	13:23:16	Passed	8	5	0	5	1	0.00:01:05.770
6/29/2015	13:23:23	Passed	9	6	0	6	1	0.00:01:13.918
6/29/2015	13:23:31	Passed	10	7	0	7	1	0.00:01:31.347
6/29/2015	13:23:49	Passed	11	8	0	8	1	0.00:01:40.068
6/29/2015	13:23:58	Failed	12	8	1	8	0.89	0.00:01:53.110
6/29/2015	13:46:50	Passed	14	10	1	10	0.91	0.00:02:10.552
6/29/2015	13:46:59	Passed	15	11	1	11	0.92	0.00:02:18.833
6/29/2015	13:47:07	Passed	16	12	1	12	0.92	0.00:02:25.927
6/29/2015	13:47:14	Passed	17	13	1	13	0.93	0.00:02:32.298
6/29/2015	13:47:21	Passed	18	14	1	14	0.93	0.00:02:39.826
6/29/2015	13:47:28	Passed	19	15	1	15	0.94	0.00:02:45.573
6/29/2015	13:47:34	Passed	20	16	1	16	0.94	0.00:02:52.538

図 44. 生産テストログファイル

シーケンスログファイルと統計

シーケンス ログ ファイルは、シーケンスが実行されるたびに合格/不合格統計の実行ログを保持するように構成することもできます。このログ ファイルを設定するには、[シーケンスの編集] ダイアログの [シーケンス ログ ファイル] セクションのチェックボックスをオンにし (図 42)、シーケンス ログの CSV ファイルを指定します。

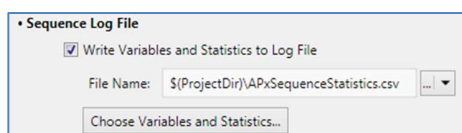


図 42. [シーケンスの編集] ダイアログの [シーケンス ログ ファイル] セクション (7 ページの図 11)。

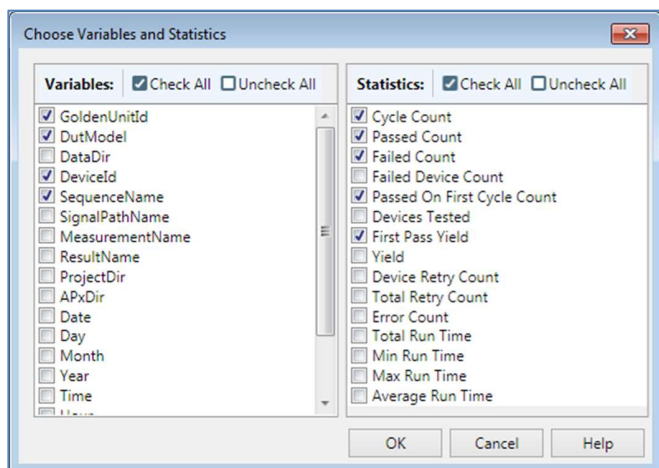


図 43. 選択した変数と統計のダイアログ

[変数と統計の選択] ボタンをクリックするとダイアログ (図 43) が開き、シーケンスの実行時にログ ファイルに書き込まれるプロジェクトの変数と統計を選択できます。サイクル数、合格数、失敗数、初回パス歩留まりなど、多数の統計が利用可能です。図 44 は、いくつかのシーケンスに対して実稼働テスト プロジェクトを実行することによって作成されたログ ファイルの例を示しています。

全てを統合

この技術ノートで紹介されているサンプル プロジェクトには、Calibrate、Golden Unit、Test Speaker の 3 つのシーケンスがあります。Calibrate シーケンスと Golden Unit シーケンスは、パスワードを要求するように設定されています。このプロジェクトのテストスピーカークーシーケンスでは、定格パワーで音響応答測定を実行し、続いて定格パワーより 20 dB 低い値でスピーカークー製造テスト測定を実行して、ティーレースモールパラメータを測定します。DUT が制限を通過すると、テスト スピーカークーシーケンスが自動的に再度実行され、次の DUT のバーコードをスキャンするプロンプトから開始されます。

図 45 は、このサンプル プロジェクトのテスト スピーカークーシーケンスの実行中の、まだ限界に達していない測定が存在しないときの進行状況ダイアログを示しています。図に示すように、各測定が完了すると、ダイアログには測定名とその横に合格/不合格インジケータが表示されます。プログレスバーには実行中のシーケンスのステータスが表示され、最新の合否統計の表が表示されます。

図 46 は、シーケンスの最後に表示される同じ進行状況ダイアログを示しています。図に示すように、いずれかの測定に限界値が不合格の場合、その名前の横にある合格/不合格インジケータが失敗を示し、進行状況バーが赤い実線のバーに変わり、1 つ以上の測定値が限界値に合格していないことを示します。この場合、オペレータはシーケンスの終了、再試行、または次のデバイスを選択できます。Production Test メイン メニューの [Unlock] ボタンと [Exit App] ボタンもここで使用できます。

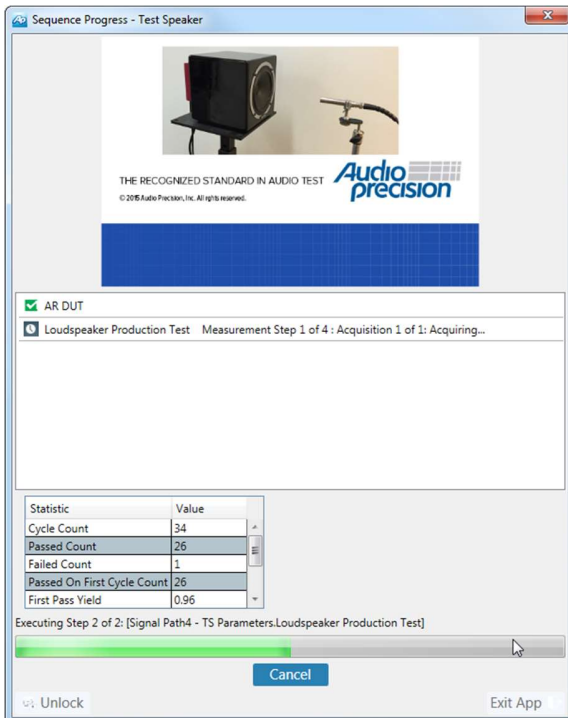


図 45. 測定に失敗していないときの、シーケンス中の製造テストの進行状況ダイアログ。

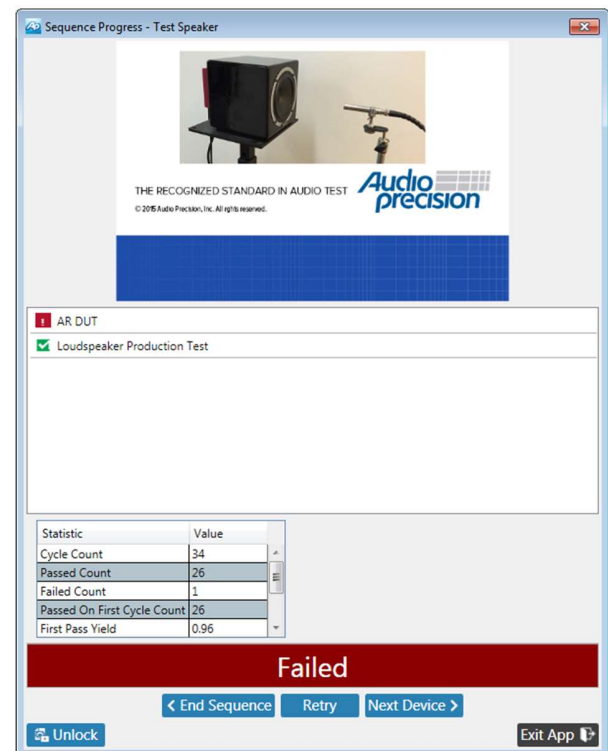


図 46. 測定が失敗した場合、シーケンスの最後に表示される製造テストの進行状況ダイアログ。

結論

APx500 測定ソフトウェアに組み込まれた自動テスト機能により、コードを記述することなく、生産テストシステムを簡単に作成できます。組み込みの自動化機能では対応できない特別な要件または一般的ではない要件を持つユーザーのために、完全な機能を備えた Microsoft .NET ベースのアプリケーション プログラミング インターフェイス (API) を利用できます。これで、APx500 制御ソフトウェアの製造テスト機能についての説明は終わりです。この技術ノートの場合は電気音響製造テストのニーズに焦点を当てていますが、これらの機能の多くは、あらゆる種類のデバイスの自動テストにも同様に役立ちます。