

Deutz 社ディーゼルエンジン用 ダイナミックモデル

- Deutz 社のディーゼルエンジン ECU 用リリーステスト
- dSPACE シミュレータに基づく HIL テストシステムと ASM ディーゼルエンジン シミュレーションパッケージ
- ダイナミックモデルの使用によるバリエーションの高速処理

Deutz 社は、dSPACE シミュレータに基づくテストシステムを使用してディーゼルエンジン ECU (電子制御ユニット) のリリーステストを実施しています。この HIL (Hardware-in-the-loop) シミュレータは、新しい ASM ディーゼルエンジンシミュレーションパッケージを使って作動します。HIL テストシステムの最適な経済性は、ECU の高速なバリエーション処理とテストオートメーションによって保証されています。モデルパラメータは、すばやくパラメータの再設定を行うためにランタイム時にダイレクトアクセスでき、ECU のテストを効率化します。

Deutz 製エンジンは、据付機械、移動機械、農業機械、発電設備、自動車、および船舶などに使用されています。同社のディーゼルエンジン製品は、排気量 4,000 ~ 15,000 cc、シリンダ数 4 ~ 8 気筒、出力 64 kW ~ 500 kW におよび、幅広い用途に対応しています。特定の要件を満たすためにカスタマイズされたエンジンもあります。その結果として、ECU ソフトウェアにおけるエンジンバリエーションやアプリケーションバージョンの数

ディーゼルエンジンモデル

Deutz 社の HIL システムは、ポンプ-ノズル、ポンプ-ライン-ノズル、およびコモンレール式インジェクションシステムのためのコントローラを含む、サプライヤの異なる 4 種類の ECU を実行することができます。dSPACE は、3 つのインジェクションシステム、パラメータ設定、およびシミュレーション間で、どれにでも自由に切り替え可能なエンジンモデルを開発しました。

「ASM ディーゼルエンジンモデルは、その柔軟で高速なコンフィギュレーションにより、単一のモデルで当社のすべてのエンジンバリエーションをカバーし、バリエーションをすばやく切り替えることができます。」

Mark Zimmermann



▲ Deutz 製 TCD2015 V8 4V は、重量約 1280 kg、最大トルク 3050 Nm のディーゼルエンジンです。

は膨大なものとなりました。このソフトウェアは通常、エンジン ECU のサプライヤによって開発されています。適合とテストは、原則的には、テストベンチでも、現場トリアルでも実施することができますが、Deutz 社では現在、HIL (Hardware-in-the-loop) テストシステムを使ってこれらのテスト手順を補完しています。

dSPACE の ASM ディーゼルエンジン シミュレーションパッケージには、エンジンモデルだけでなく、トランスミッションモデルとシンプルな車両力学モデルも含まれています。モデルを構成するすべてのパーツはオープンであるため、簡単に拡張したり Deutz 社固有のエンジンバリエーションにすばやく適合させたりすることが可能です。たとえば、ヒステリシス曲線が変動する Viscotronic ファンモデル、機械式プレッシャリリーフバルブでのレール圧力漏れモデル、および異なる複数のターボチャージャが 1 つのモデルに統合されました。さらに、このドライブトレインモデルには、現実のテストベンチと同様に、牽引や突然の負荷変動をシミュレートすることができるテストベンチ環境も含まれています。これによってテストベンチでのエンジン測定結果と HIL シミュレーションの結果とを比較することが可能になります。

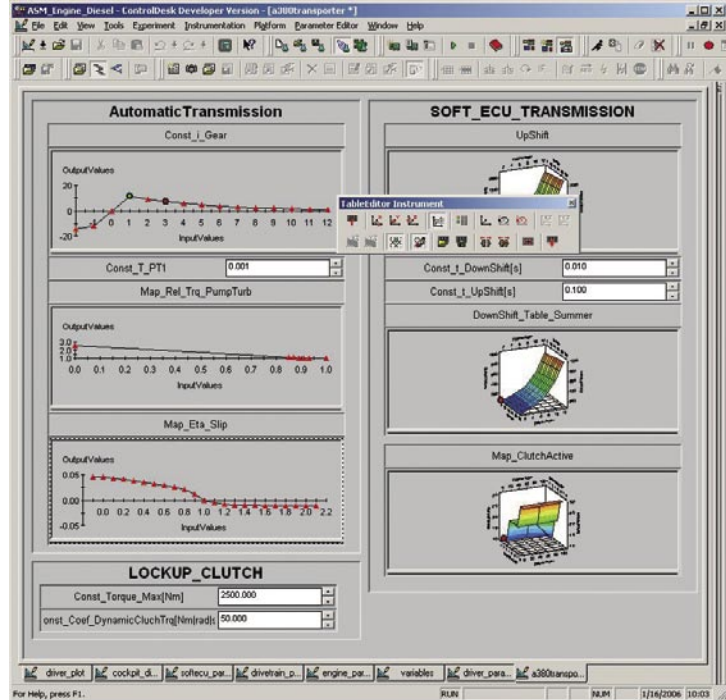
ECU ソフトウェアのパラメータ設定

HIL システムのための特殊なアプリケーションの 1 つに、Deutz 社のテストベンチではパラメータ設定できない ECU ソフトウェアコンポーネントのパラメータの設定があります

(クルーズコントロール、ファン、スピードコントロールなど)。HIL によるパラメータ設定を事前に行うことで、現場でのコミショニングをスムーズに実施することができます。たとえば、エアバス A380 用の航空機牽引トラクタの場合がこれに該当します。このために、25 km/h の最大速度を維持して、無負荷 (50 t) と全負荷 (500 t) の両方で車速の制御を準備し、テストする必要がありました。モデルのパラメータをオンラインで適合できたため、それに続くアプローチでは航空機を牽引した状態で作動をシミュレートし、加速、制動、スピード特性を確認するだけで十分でした。試験用ソフトウェアの ControlDesk を使用することにより、トラクタの重量 50 トンに A380 のスターティングウェイト 500 トンが加算されます。モデルのパラメータ再設定やコード生成を繰り返す必要はありません。ドライブレインコンポーネントは、この重量を牽引するために十分な始動トルクが得られるように設計する必要があります。これは、ControlDesk でトルクコンバータの特性および適切なトランスミッションを選択することで簡単に行うことができます。この方法で車速制御をテストするだけで、ソフトウェアバージョンが実際の車両でテストを行うために適しているかどうかを確実に決定できました。

テストの自動化

Deutz 社は自社のテストオートメーションシステムを dSPACE の AutomationDesk に基づいて開発しました。個々のオートメーション手順は、Python スクリプトの形式で保存され、テストケースは Excel のリファレンスリストを使ってパラメータ設定されています。テストケースはすでに約 1100 件におよび、11 時間まで終夜実行されています。テストオートメーションとモデルシミュレーションのプロセスは、このテストのために完全に安定している必要がありました。テストケースによっては、特別に正確なモデル動作を必要とするものがあり、そのためモデルは全般に非常に高いクオリティが要求されます。たとえば、レール圧力、負荷、過給圧などで設定される定常運転条件です。テストケースによっては、その設定された運転条件が少しでも逸脱することが許されません。



▲ ControlDesk は重要なモデルパラメータにランタイム時のダイレクトアクセスを提供します。このスクリーンショットはトランスミッションのセッティングとトルクコンバータの機能を示しています。

実用的なメリット

Deutz 社の HIL システムはフル稼働しており、Deutz 社はテスト結果がすばやく得られることで大きな利益を得ています。このシステムは、主にソフトウェア開発プロセスと様々なデータセットの自動リリースで使用されています。テストオートメーションを使用すれば、供給されたばかりの新しいソフトウェアに含まれるエラー（実際のエンジンで使用すれば損傷を引き起こす可能性があるエラーを含む）を直ちに発見することができます。HIL テストは、新しいデータセットの開発でも実際のエンジンが損傷することを未然に防ぎます。実際のテストベンチと比較して、Deutz 社の HIL シミュレータには以下の利点があります。ECU のすべての入出力を測定でき、個々のドライブレイン特性とともに異なる

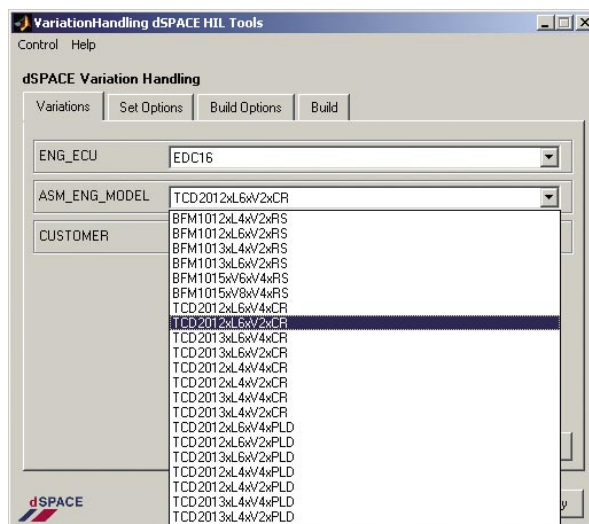


▲ エアバス A380 などの大型旅客機専用開発された、Goldhofer 製 AST-1X 牽引バーなし航空機牽引トラクタは Deutz 製ディーゼルエンジン 2 基を搭載しています。

るエンジンバリエーションを設定することができます。さらに、Deutz 社の HIL システムは、電動式のテストベンチのブレーキでは不可能な理想的な負荷変動をシミュレートすることが可能です。こうした点はすべて ECU のテストにとって最適な条件となります。コスト面でも、HIL シミュレータが消費するのは電気だけであり、リリースプロセスで数千リッターものディーゼル燃料を節約することができます。

最後に

dSPACE が Deutz 社に提供したのは堅牢なエンジンモデルです。エンジンバリエーション管理機能は使いやすく、約 50 ものエンジンモデルとカスタマアプリケーションの処理を単純化します。モデルおよびハードウェアとのインターフェースは、テストオートメーションとのインタラクティブな操作を容易にします。テストオートメーションは、新しいソフトウェアで必要だった手作業でのテスト作業負担を軽減します。現在の推定では、1100 件の再現可能なテストケースは「4 人 / 週」の作業工数を節約します。



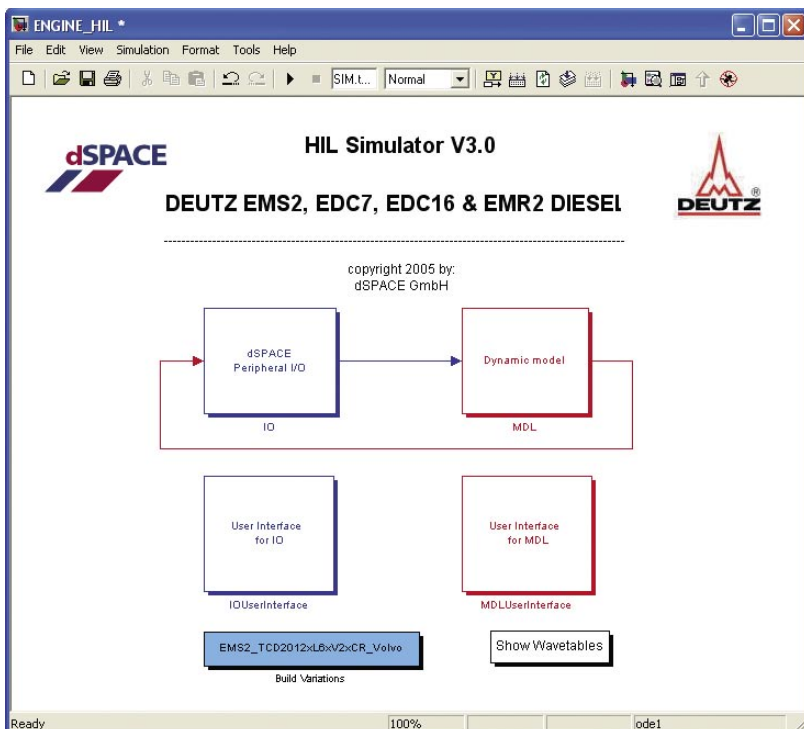
▲ バリエーション管理機能により、50 種類のエンジンコンフィギュレーションをすばやく簡単に切り替えることができます。

システムは、多種多様なアプリケーションで実地に適用され、その価値が認められています。

今後の展望

Deutz 社はテストオートメーションによるソフトウェアテストの比率を高め、いまだに手作業で実施されているテストの数を削減していく計画です。テストオートメーションシステムには、データセットのリリースプロセスと新しい ECU が追加されることが予定されています。Deutz 社はモデルベースのバイパス開発のためにこのシステムを拡張し、適合させていくことを目指しています。

Mark Zimmermann
Development Engineer Engine Electronics
Electronics – Advance Development
Deutz AG
ドイツ



▲ 「オープン」な ASM ディーゼルエンジンモデルはブロックダイアグラムレベルまで Simulink で表示可能です。

HIL を使用したパラメータの事前設定により、現場トライアルでのエンジンコミッションングのプロセスを改善し、スピードアップすることができます。HIL シミュレーションは、Deutz 社のデータセットおよびソフトウェアのリリースにとって不可欠なプロセスになっています。Deutz 社の HIL

用語解説

バリエーションの処理 – ツールによって支援された、テストシステム ソフトウェアのパラメータセットとコンフィギュレーションを切り替えるプロセス

適合 – ECU ソフトウェアの調整