

Highly Dynamic Testing

ECU 機能の妥当性確認
アプリケーションにおける
永久磁石モーターの
リアルタイムモデリング



VALEO 社の Functional Validation Laboratory (フランス、クレティユ) は、ハイブリッド車プロジェクトの一環として、永久磁石モーターをエミュレートするための HIL ベンチを開発しました。このシステムは非常に高速な動特性を備え、より精密な電気モデルが必要とされるため、VALEO 社は最新の FPGA ベースモデリング技術の導入を決定しました。

VALEO 社のハイブリッド技術

VALEO Power Electrical System は、VALEO 社のパワートレイン事業グループの 1 部門として、革新的なハイブリッド技術の開発に非常に優れた成果を上げ、それらの技術は OEM 各社で採用されています。ハイブリッドおよびマイルドハイブリッド車向けの製品開発において、VALEO 社は自社製モーターを制御するためのソフトウェアの設計、開発、妥当性確認で大きな課題に直面しています。

制御ソフトウェアの設計と評価

電子制御ユニット (ECU) に実装されるソフトウェアは、コード開発フェーズの後にテストする必要があります。制御ストラテジと関連ソフトウェアは、さまざまな手順を通してテストされます。HIL (Hardware-in-the-Loop) テストは、開発サイクルの段階に応じて、永久磁石モーター (PMEM) のモデルまたは実機に接続された ECU によって行われます。シミュレーションを使用することで、実機テストでは

再現が非常に困難な条件を含む任意の状態またはシナリオ (破壊テスト、動作レンジを超えたテスト、ロバスト性解析など) で制御アルゴリズムを評価できるという利点が得られます。また、実機テストを行わないので、当然コストも削減できます。

ハイブリッドドライブの機能検証

機能検証部門を擁する VALEO Power Electrical System では、長年にわたって HIL ベンチによる ECU 量産コードの評価および妥当性確認を行ってきました。自動車へのハイブリッド技術の導入が進む中、当社の新規プロジェクトの数も増加しています。そのため、モーターはますます高出力化することになり、高度に複雑化した制御アルゴリズムとストラテジの開発と妥当性確認が必要となっています。システムが複雑化する一方の中で、市場要求に応えるには、従来の開発期間を遅らせないだけでなく短縮することさえ要求されるため、開発プロセスの継続的な改善が不可欠となります。VALEO Power Electrical



図1：XSG Electric Component Library を使用してシミュレートされたモーターの1つ

System の Functional Validation Laboratory は、新技術がどれほど複雑であろうとも、それらの妥当性確認と評価に必要なソリューションを研究開発チームに提供しなければならないという困難に直面しました。

マイルドハイブリッド車開発プロジェクト
マイルドハイブリッド領域のプロジェクトに

「オープン性と柔軟性に優れる dSPACE E-Drive ソリューションは、マイルドハイブリッド車プロジェクトを期限内に完了させるために理想的な働きをしてくれました。」

Stéphane Fourmy 氏、VALEO Power Electrical System

向けて、新型 PMEM の制御ストラテジを開発および検証する必要がありました。VALEO 社にはモーター、インバータ、レゾルバを制御するための ECU 量産コードを開発することが求められました。モーター出力、新型モーター、センサの変更といった課題に対処するため、このプロジェクトには相当量のモデリング作業が必要でした。ECU コードのテストには、従来通り HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションが使用されました。

高速応答性のための FPGA

システムには高速な動特性が要求されるため、リアルタイム HIL テクノロジーへの変更が必要でした。適用可能なソリューションを調査したところ、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) に非常に高速な応答性を期待できることが判明しまし

た。また、FPGA は、モデリングおよびシミュレーションを目的とするプログラミングが簡単にできるよう、大幅に改善されていることも分かりました。すばやく容易なプログラミングを可能にするソリューションが成功への鍵であるとの考えの下に、FPGA の導入が決定されました。次に、考えられるいくつかの製品案の比較検討が行われました。ここでは、技術的な性能に加えて、開発に要するコストと各ベンチの開発時間も考慮されました。

E-Drive 用の HIL システム

VALEO 社は数年間の使用によって dSPACE ツールに習熟していました。また、開発日程も限られていたことから、最適なソリューションとして dSPACE DS5203 FPGA ボードが採用されました。HIL テストベンチは、DS1006 プロセッサ

図2：VALEO 社のデモ用ハイブリッド車の構成



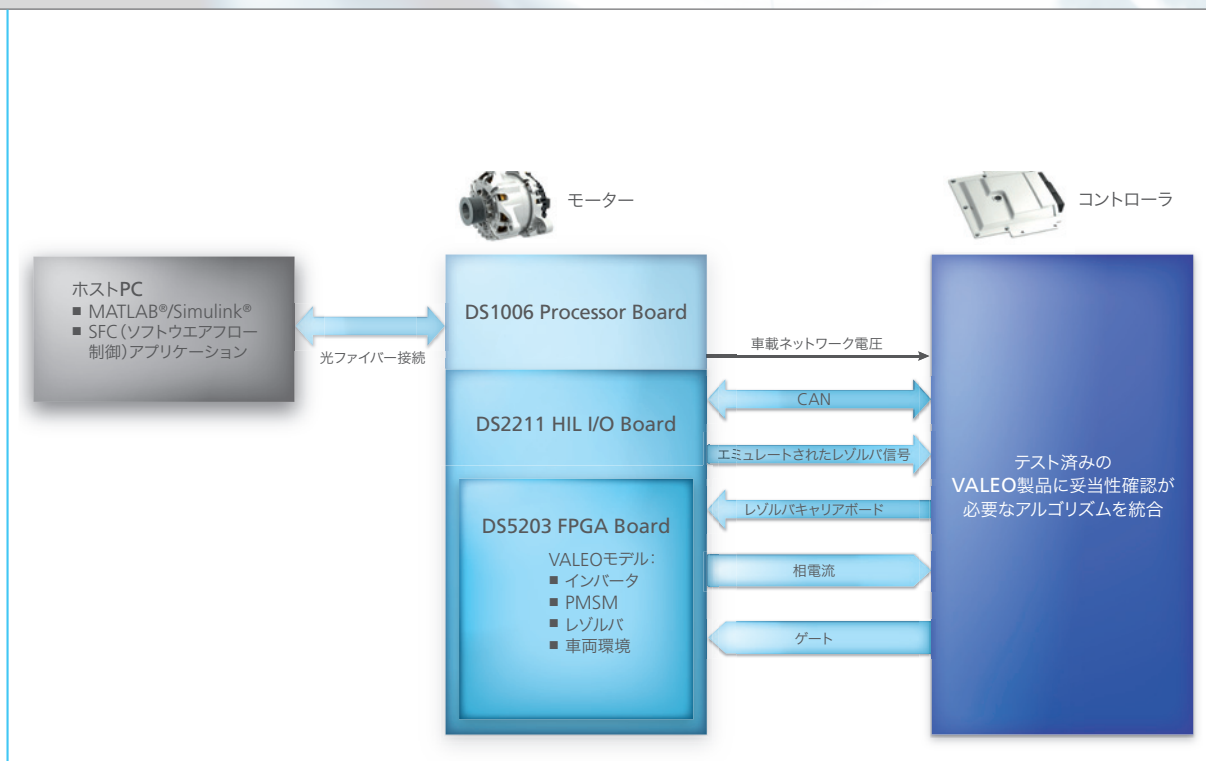


図3: 永久磁石モーターをエミュレートするための HIL システムの構造と信号

ボード、DS2211 HIL I/O ボード、および PX10 拡張ボックスに実装した DS5203 ボードで構成されます。ECU 上の量産ソフトウェアをテストする場合、ECU への接続には外部ブレイクアウトボックス (BoB) を使用します。

電気システムのモデル

電気システムモデルの開発には、dSPACE Automotive Simulation Model (ASM) 製品ファミリの XSG Electric Component Library を使用しました。このライブラリは Xilinx® の XSG プログラミングブロック線図に基づいて構成されており、Xilinx FPGA は Simulink® でグラフィカルにプログラミングできます。まず、開発担当者は ASM XSG Electric Component Library とそのモデルの 1 つ (永久磁石同期モーター) の習得に努めました。Functional Validation Laboratory は、パーダーボルンにある dSPACE 本社で、新しい ASM XSG 電気コンポーネントモデルと FPGA ボードの実践トレーニングを受けた後、VALEO 社の要件に基づいてモデルの適合を行いました。ASM XSG 電気モデルは、Simulink ではオープン XSG ブロックとして利用できるため、要件の変化に応じてモデルを容易に変更でき、新しいブロックも簡単に追加できます (たとえば、温度と電流の関数としてパラメータを変化させたり、高調波歪みや経時劣化

をモデルに導入することが可能)。このような柔軟性により、モデルとベンチを実際のプロジェクトの要求に適合させることができました。VALEO 社または OEM 各社の近い将来のハイブリッド車プロジェクトにおいても、今回のプロジェクトと同様に新型メカトロニクスの妥当性確認を柔軟に行えようと考えています。

E-Drive テストベンチの使用例

新しいベンチを使用した初のハイブリッド車プロジェクトは成功しました。このベンチでは既に次のプロジェクトが予定されています。現在、機能検証部門は、このベンチを新しい電気システム向けに再設定および調整する準備を進めています。同期モーターのより複雑なモデル (複合励起、二重星形結線モーターなど) の開発から得た経験は、次のプロジェクトにも役立てることができます。MATLAB、Simulink、および dSPACE ツールはモジュラー方式であるため、テストベンチ適合を担当するチームは、各種ブロックを容易にテストして、すばやく結果を得ることができます。これはこの種のツール製品の強みであると言えます。■

Stéphane Fourmy 氏、
VALEO Power Electrical System

Stéphane Fourmy 氏
VALEO Power Electrical System (フランス、クレティユ)、Functional Validation Laboratory のリーダー

