

# 改良型 CVT ハイブリッドシステム

◆ ミュンヘン工科大学の研究陣による改良型 CVT ハイブリッドパワートレインの開発

◆ DS1005 PPC ボードを使用したハイブリッドパワートレインの制御

◆ シミュレーションにより示された大幅な省エネルギー効果

▼ テスト用車両の荷物室に搭載されたエネルギー貯蔵用ウルトラキャパシタと dSPACE システム

ドイツのミュンヘン工科大学の研究陣により、内燃エンジンの始動を瞬時に行うことのできる CVT ハイブリッドパワートレインが開発されました。このシステムでは、エネルギーの貯蔵用に電気二重層キャパシタが使用されている点も特筆されます。このハイブリッドコンセプトは、CVT の制御アルゴリズムおよびハイブリッド車の動力制御の開発です。このアルゴリズムは、2 台のテストベンチと 1 台のテスト用車両に実装されてテストが行われました。

新しい方式のハイブリッドパワートレインの開発は、GM Powertrain Europe、ZF Friedrichshafen AG、ZF Sachs AG との共同研究により行われました。このパワートレインは、内燃エンジン、無段変速トランスミッション (CVT)、電動機、および電気二重層キャパシタ (ウルトラキャパシタ) を使用したエネルギー貯蔵モジュールで構成されています。ハイブリッド車に使用されるウルトラキャパシタは、非常に大きなエネルギー密度と、低抵抗による高効率が大きな特徴です。また、高性能電池よりも大幅に長い寿命も特筆されます。

## 最適化された CVT 車の走行

この CVT ハイブリッド車では、車両の発進は純粋に電気的に行われます。つまり、車両は、内燃エンジンを切り離して、CVT 変速機を通じて電動機で発進します。内燃エンジ

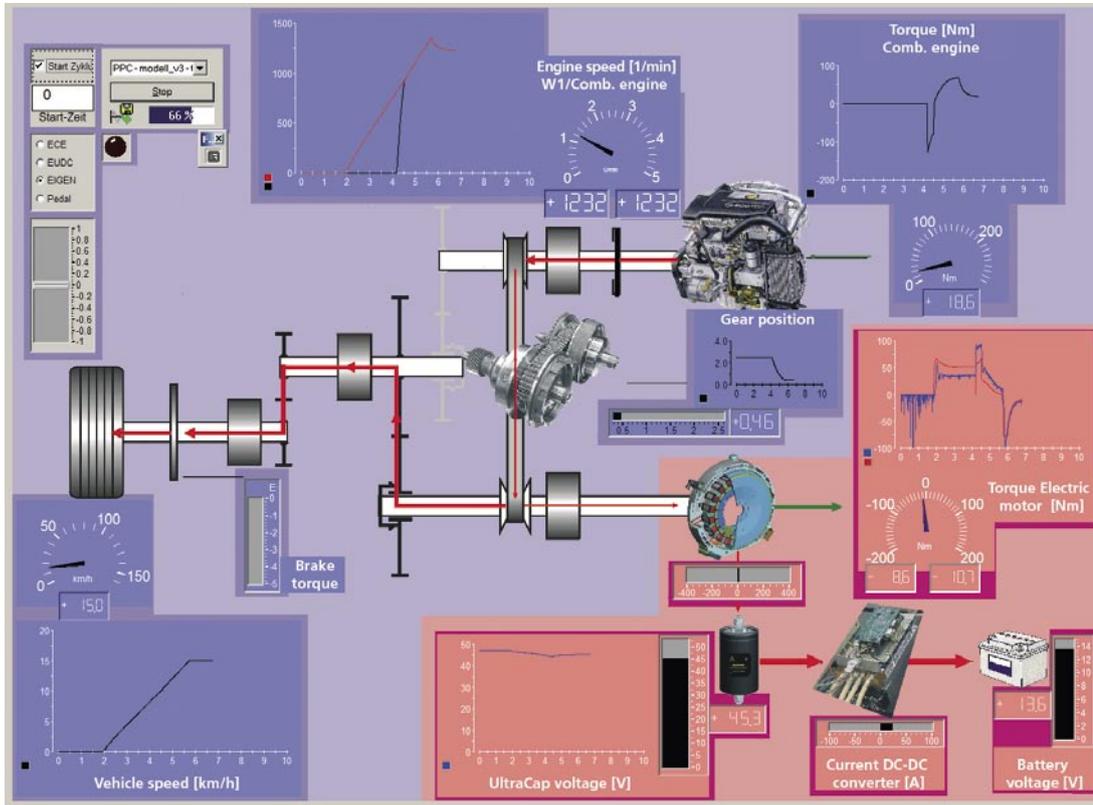
ンは、パワートレインの状態に応じてパワートレインに接続されます。この改良型 CVT ハイブリッド車では、フライホイールを使用した始動で瞬時に内燃エンジンを始動することができます。トランスミッションを瞬時に調整することにより電動機を制動します。このとき電動機に発生した運動エネルギーを使用して、内燃エンジンが瞬時に滑らかに始動します。このフライホイールを使用した始動中は、無段変速トランスミッションを電動機で使用して走行を継続し、エンジンが始動したら 2 つのドグクラッチを切り換えることにより、内燃エンジンで変速機を駆動します。

## テストベンチおよびテスト用車両の制御システム

総合的な車両の制御および CVT 変速機および動力の制御システムは、HIL (hardware-in-the-loop) テストベンチおよびテスト用車両を使用して開発されました。アルゴリズムと制

御構造の開発およびテストが繰り返し行われました。新しいコンセプトを考案し、MATLAB<sup>®</sup>/Simulink<sup>®</sup> でこれを改良して、シミュレーションによるテストを行いました。2 つの制御システムのそれぞれに、同じ制御ハードウェアとソフトウェアで構成された同一の dSPACE システムを実装しました。テストベンチに実装した dSPACE システムは、DS1005 PPC ボード、CAN およびマルチ I/O ボードを PX10 拡張ボックスに収容したものです。車両には、それぞれのボードを AutoBox に収容して搭載しました。内燃エンジンの電子制御ユニット (ECU) との通信は、標準の CAN インターフェースを通じて行っています。そのために、車両と内燃エンジンの CAN バスが分離されています。車両の CAN バスとの通信には別の CAN コントローラを使用し、dSPACE システムは、どちらの場合でも相手側をシミュレートします。シミュレーションによる検証に成功した





▲ 走行時の動力の流れは、ControlDesk 試験ソフトウェアによって、改良型 CVT ハイブリッドパワートレインの構造に従って表示されます。

後で、開発したソフトウェアをテストベンチおよびテスト用車両に直接適用しました。新たな修正や改良が発生するたびに、シミュレーションを行ってテストを繰り返しました。テストベンチやテスト用車両の走行中の動力の流れを視覚化するため、ControlDesk 試験ソフトウェアでのアニメーションを開発し、このパワートレイン構造をベースとして使用しました。

### 効率のよい動力制御

ハイブリッド車での重要なポイントは、最適な低燃費の動力制御を達成することです。この場合は、ウルトラキャパシタの充電水準の最適制御が決め手になります。このシステ

**「dSPACE ハードウェアを MATLAB®/Simulink® と組み合わせて使用することにより、コントローラの構造に対する修正を短時間で実装することができました」**

Andreas Jörg、ミュンヘン工科大学

ムの総合損失が、パワートレインの構造と、パワートレインを構成する個別のコンポーネントの特性およびルックアップテーブルを使用して計算されました。駆動および制動時の挙動を識別し、できるだけ正確な予想を行うために、人

工ニューラルネットワークを使用しています。このようにして得られた情報を使用して、損失の最小化手法が拡張され、エネルギーの使用効率が改善されています。

そのために必要な計算を DS1005 PPC ボードを使用して実行しています。このボードは総合的な車両制御の制御アルゴリズムの実行にも使用されています。この CVT ハイブリッドシステムでは、フライホイールを使用した始動時の駆動と接続の調整も重要です。テスト用車両を使用したテストドライブと計測から、内燃エンジンの始動はコマ数秒以内に行われ、運転者には感知できませんでした。

シミュレーションで、混合のヨーロッパ走行サイクルでの燃費を約 20 % 改善できる見通しを得ることができました。現在の目標は、このプロジェクトを続行して、テストベンチおよびテスト用車両で、それを実証することです。

Andreas Jörg /Jens Schlurmann  
Institute for Electrical Drive Systems  
ミュンヘン工科大学  
ドイツ