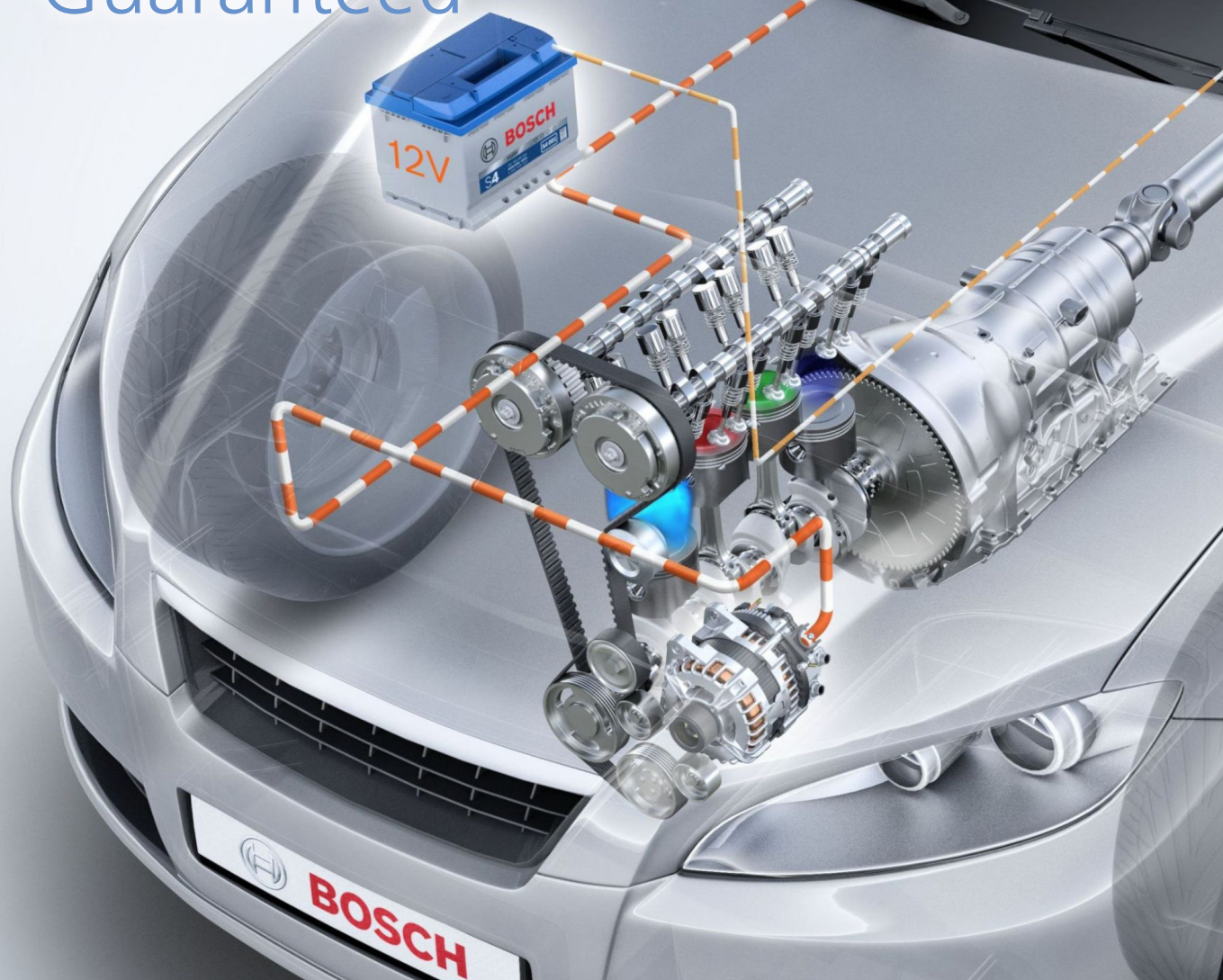


Power Guaranteed

48 V 電源システムでの燃費
向上を実現するラピッドコン
トロールプロトタイピング



出典：© Bosch 社

車両に 48 V 車載電源システムを使用すれば、高性能な新機能とテクノロジーを導入して燃料消費を大幅に削減することができます。この目標を実現するため、Bosch Engineering China では 48 V ベルト駆動スタータジェネレータを開発しました。このジェネレータでは、プロトタイピングコントローラとして MicroAutoBox II が使用されており、開発プロセスの大幅な迅速化を実現しています。



車 載電源システムは、電圧レベルおよび電力需要の増大に応じて、過去数十年で大幅に進化しています。車両テクノロジーが発展し、車載システムでの電気コンポーネントの利用率が上がることで、車両の性能および信頼性も向上してきました。しかし、これによって電力需要も急激に増大したため、電源ネットワークに対する新たな課題が生じています。

48 V にする理由

現行の 12 V 電源システムは、今後の電力需要の増大に対応可能なより高い電圧レベルのシステムへと移行しつつあります [1]。電圧レベルを高めれば、車載システムにおける配電時の電力損失の削減にもなります。これまで、36 V および 42 V 電源システムの検討や解析は十分に行われてきました。しかし、これらのシステムには対応する SAE 規格 (SAE = Society of Automotive Engineers) がほとんどなかったため、車載アプリケーションでの幅広い利用には至りませんでした。欧州では、48 V 電源システムが現在注目されています。Audi、BMW、Daimler、Porsche、VW などの主要な OEM メーカーは、25 V から 60 V までの動作電圧範囲を規定した規格である LV148 [2] の利用を提唱しています。LV148 規格では、無制限機能動作範囲が 36 V から 52 V の間 (平均は 48 V) であり 60 V のしきい値を下回っているため、電氣的障害を防止するための高価な特殊保護機構が一切必要ありません (図 1)。また、60 V 以上の電圧で動作し、これらの安全メカニズムを必要とするハイブリッド車に比べ、システムコストも抑えられます。さらに、48 V 電源システムの回生機能 (制動エネルギーの回生) では、New European Driving Cycle (NEDC) および Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle (WLTC) の下では 12 V システムよりも高いエネルギー回生効率を実現できます。そのため、

>>



図1：安全電圧の定義

従来の 12 V システムの代わりに 48 V システムを使用することにより、大幅な燃費向上が可能になります。図 2 には、48 V 回生システムの品質的な利点が見られています。48 V システムの利用拡大を訴求するうえで最も重要なポイントは次の通りです。

- エアコンプレッサ、ターボ、PTC 補助ヒーター (PTC = 正温度係数) などの

高電力アクセサリ機器の動作に対応できます。

- 回生、ブースト、およびスタート/ストップにおける燃費向上を実現するハイブリッド走行機能を容易に実装できます。
- スタート/ストップ、「チェンジオブマイルド」スタート (出力低下時の再始動)、スタート/ストップコースティング (惰性走行) など、多数の快適機能を追加することにより、快適な運転体験が実現します。
- システム電圧の増大に伴い、ケーブル電流が低減するため、ケーブルの電力損失が減少し、出力効率が改善されます。

48 V 電源システムの概要

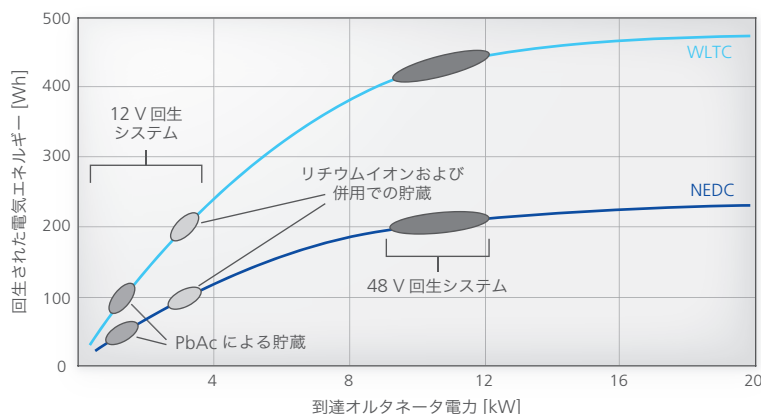
Bosch 社のブースト回生システム (BRS) は、空冷ブースト回生マシン (BRM)、DC/DC コンバータ (別名：電源制御ユニット (PCU))、および 48 V リチウムイオンバッテリーという 3 つの主要コンポーネントで構成される 48 V ベルト駆動型スタータジェネレータです。BRS では 2 つの電源ネット (48 V/12 V) が共存し、PCU を介して接続されています。48 V システムでは、BRM、PCU、および 48 V リチウムイオンバッテリーが電気的に接続されます。BRM はジェネレータ、あるいはモーターとして動作することができ、ジェネレータの場合は運転状況に応じてリチウムイオンバッテリーに充電を行い、モーターの場合は追加トルクをエンジンに供給し、運転性や燃費の向上をもたらします。48 V リチウムイオンバッテリーは、回生された制動エネ

ルギーを吸収し、エンジンの快適なクランク段階およびブースト段階で BRM に電力を供給します。48 V リチウムイオンバッテリーシステムには、バッテリースタック、リレーボックス、およびバッテリーマネジメントシステム (BMS) が含まれています。BMS は CAN インターフェースを備えており、バッテリーの状態を送信したり、メインリレーの制御や外部充電機能の調整を行うコマンドを受信したりすることができます。PCU には 2.5 kW の公称電力が確保されており、通常の車載電源ネットの電力要件を完全に満たしています。48 V 電源システムを使用すれば、PTC 補助ヒーター、エアコン用の電動コンプレッサ、電動パワーステアリング (EPS)、冷却ファンのモーター、ウィンドウヒーターなど、より高い電気負荷を使用する機能の提供が可能になります。

ブースト回生マシン： dSPACE MicroAutoBox II による 効率的なプロトタイプング

Bosch Engineering China では、48 V BRS を搭載した複数のデモ車両を開発しました。図 4 には、デモ車両の 1 台から取得したプロトタイプ 48 V BRS の概要が見られています。48 V BRS では、(スタート/ストップコースティングを含む) 便利なエンジンスタート/ストップ機能が実現されており、ベルト駆動のブースト回生マシンを使用して制動エネルギーを回生し、それらを 48 V リチウムイオンバッテリーに貯蔵することができます。また、車両に推進力を与えるエンジンクランクシャフトに対して追加トルクを提供したり、速度制限および機能的制約を課した状態で完全に電動で車両を動かすこと (いわゆる E-Creep) もできます。つまり、上述の 48 V 電源システムを使用すると、スタート/ストップ、コースティング、回生、ブースト、および E-Creep の各機能を動作させることが可能です。通常、BRM はエンジンルーム内に設置され、PCU および 48 V リチウムイオンバッテリーは後部トランク内の空間に設置されます (図 6)。BRS の制御アルゴリズムは、4 つの CAN 通信用チャンネルとデジタル/アナログ信号の処理に必要なリソースを備え、ハードウェアおよびソフトウェアレベルでの制御要件に完全に対応する MicroAutoBox II (1401/1511) で実行されます。また、RTI CAN Blockset の Gateway 機能を

図2：New European Driving Cycle (NEDC) および Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle (WLTC) 走行サイクルでの回生



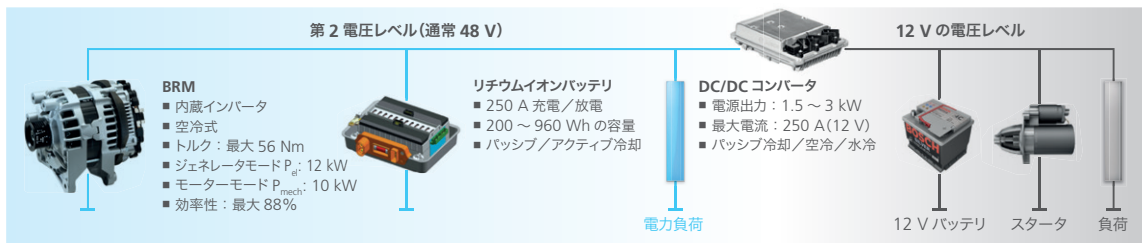


図3 : Bosch 48 V ベルト駆動型スタータジェネレータのレイアウト

「プロトタイプングプロセスでは、dSPACE MicroAutoBox II を使用して 48 V ブースト回生マシンの制御アルゴリズムを実行しました。これにより、車両全体への影響を早期の段階で評価し、開発プロセスを大幅に迅速化することができます」

Zhu Xiaofeng 氏, Bosch Engineering China 社

使用すれば、元の車載 CAN ネットワークを修正して BRS 機能を実装することも可能です。MicroAutoBox II は小型のモジュールであるため、車両内に設置して 12 V バッテリで稼働することができます。MicroAutoBox II の制御ソフトウェアは、複数のレイヤおよびモジュールで構成されています。アプリケーションレイヤには、EEM 調整 (EEM = 電気エネルギー管理)

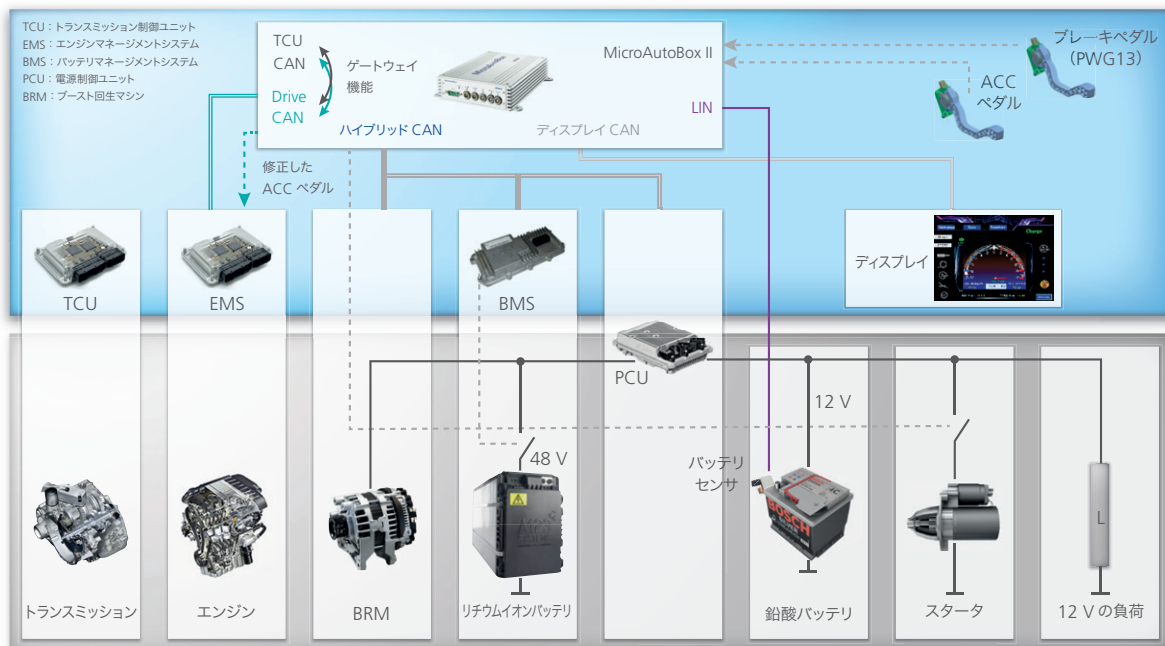
およびパワートレイン調整という 2 つの主要なモジュールがあります。EEM 調整モジュールには、電源オン/オフ管理、EEM ストラテジ、および基礎診断が含まれます。パワートレイン調整モジュールには、スタート/ストップ機能および BSG モーター (BSG = ベルト駆動スタータジェネレータ) の動作モードを制御するストラテジが含まれます。2 つの主要アプリケーション

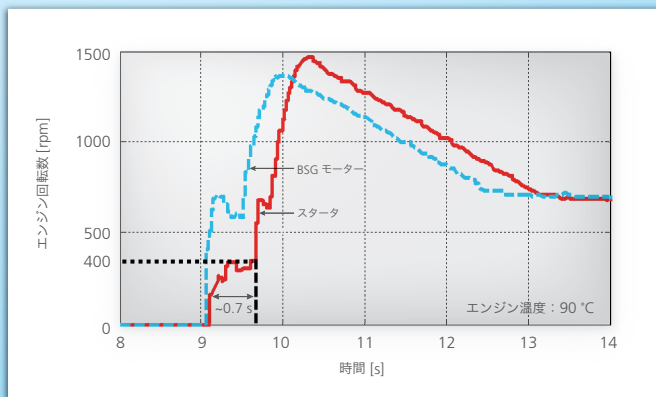
ンモジュールでは、CAN、LIN、デジタル I/O などの下位レイヤにある Real-Time Interface (RTI) 対応ドライバから信号が送受信されます。

まとめ
dSPACE MicroAutoBox II をプロトタイプングコントローラとして使用すると、コントローラモデルの固定小数点の適応や

>>

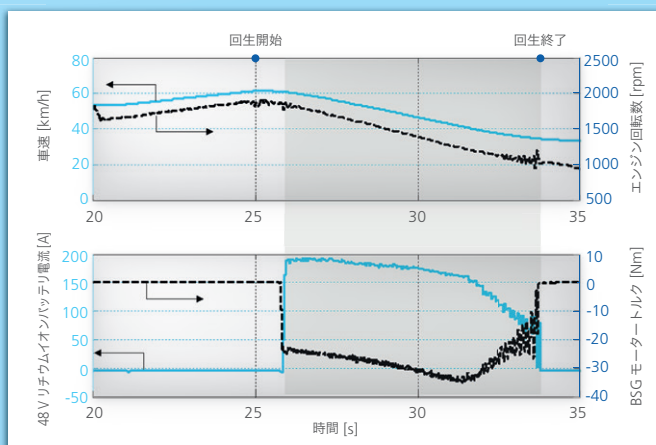
図4 : dSPACE MicroAutoBox II による 48 V システムのプロトタイプング





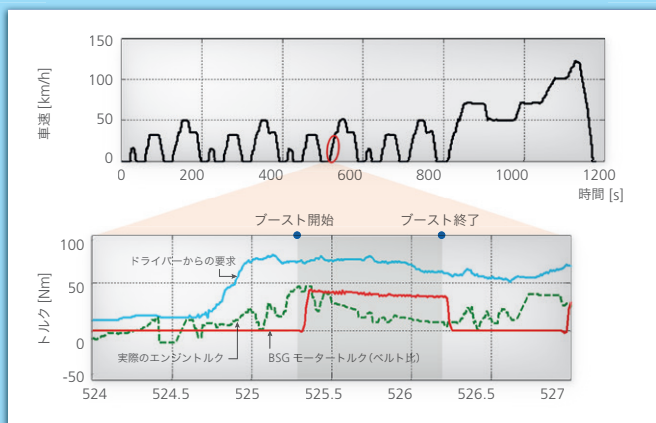
エンジンのクランキング

通常のスタータと48V BSGモーターの直接比較では、48V BSGモーターのクランキング能力が約0.7秒早く400 rpmに到達します。また、BSGモーターはベルトによってエンジンクランクシャフトと接続されており、エンジンクランキング時の振動が低減されます。



回生

この典型的な制動プロセスの例（約8秒）では、BSGモーターが通常のジェネレーターとして機能することにより、制動時の運動エネルギーを回生し、電気エネルギーとして貯蔵します。BSGトルクは回生コマンドにより負の値になります。回生中は、48Vバッテリーが最大200Aの電流を有するエネルギーを吸収します。この無料の回生エネルギーにより、燃費が向上します。



エンジンクランキング時のブースト

このグラフでは、NEDC走行サイクルでのブーストプロセスが示されています。48V BSGモーターがトルク（正の値、赤い実線）を提供して、ドライバーの要求トルク（青い実線）を補完します。

図5：48Vシステムにおける主要機能の選抜テストデータ

(RAMやフラッシュ空間などの)ランタイムリソースの管理といったコーディングの手間が大幅に削減されます。さらには、システム開発フェーズの非常に早期の段階から、制御アルゴリズムに注力することができます。ラビッドコントロールプロトタイピングを活用すると、機能をより効率的に実現できるだけでなく、まだ入手できない実際の計測データを量産の初期段階で使用できるため、デモ車両および初代プロトタイプの開発時間が大幅に削減されます。OEMメーカーにとっては、さらに数多くの利点があります。たとえば、MicroAutoBox IIで48Vテクノロジーを使用してターゲット車両で燃費向上機能を調査することができたり、システムの相互作用の影響を車両全体の設計から検討したりすることができます。また、筐体がコンパクトなため、車両に統合するのも容易です。 ■

Patrick Ziegler 氏、Zhu Xiaofeng 氏、Ji Guangji 氏、Markus Wernsdoerfer 氏、Lu Boran 氏、Zhang Juan 氏、BEG/EVS-CN、Bosch Engineering China

参考資料：[1] Da Silva, W.; de Paula, P., 12V/14V to 36V/42V Automotive System Supply Voltage Change and the New Technologies [J], SAE Paper 2002-01-3557 [2] Kuypers, M., Application of 48 Volt for Mild Hybrid Vehicles and High Power Loads [J], SAE Paper 2014-01-1790



図6：デモ車両に設置された MicroAutoBox II (左側)

Patrick Ziegler 氏

Engineering Vehicle System 部門担当
 当者、Bosch Engineering 社 (BEG/
 EVS-CN) (中国、蘇州)



Zhu Xiaofeng 氏

プロジェクトマネージャ兼シニアシステム
 エンジニア、Bosch Engineering 社
 (中国、蘇州)



Ji Guangji 氏

シニアシステムエンジニア兼ブースト回
 生システム (BRS) および電気エネル
 ギー管理 (EEM) のソフトウェアおよび
 機能開発責任者、Bosch Engineering
 社 (中国、蘇州)



Markus Wernsdoerfer 氏

シニアシステムエンジニア兼ブースト回
 生システム (BRS) および電気エネル
 ギー管理 (EEM) のソフトウェアおよび
 機能開発責任者、Bosch Engineering
 社 (中国、蘇州)



Lu Boran 氏

シニアシステムエンジニア兼ブースト回
 生システム (BRS) のソフトウェアおよび
 機能開発責任者、Bosch Engineering
 社 (中国、蘇州)



Zhang Juan 氏

システムエンジニア兼システム設計お
 よびソフトウェア開発責任者、Bosch
 Engineering 社 (中国、蘇州)

