

自動車用パワーエレクトロニクスの拡大

自動車用パワーエレクトロニクスの拡大調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	6. モータとインバータ	41
1.1 自動車用パワーエレクトロニクスの拡大背景	3	6.1 はじめに	41
1.2 EV, HEV における最新のパワエレ技術	3	6.2 モータ	41
1.3 電動化のためのパワエレ技術	3	6.3 インバータ	44
1.4 アイドリングストップのためのパワエレ技術	3	6.4 補機向けモータ・インバータ	48
1.5 高電圧化	4	6.5 まとめ	50
2. HEV/PHEV/EV のパワエレ技術の現状	5	7. 補機用パワーエレクトロニクス	51
2.1 HEV システムの技術動向	5	7.1 補機用パワーエレクトロニクスへの必要性	51
2.2 PHEV システムの技術動向	10	7.2 空調	51
2.3 EV の技術動向	15	7.3 電動パワーステアリング (EPS)	52
3. 自動車用 DC-DC コンバータの技術動向	19	7.4 回生協調ブレーキ	53
3.1 主機用 DC/DC コンバータ	19	7.5 電動ポンプ	55
3.2 補機用 DC/DC コンバータ	24	7.6 まとめ	56
3.3 まとめ	28	8. 充電回路とエネルギーマネージメント	57
4. PCU と冷却技術	30	8.1 概要	57
4.1 EV/HEV の動向と分類,及び PCU と冷却方式	30	8.2 従来車でのエネルギーマネージメント	57
4.2 PCU の実際	31	8.3 蓄電デバイス	57
4.3 冷却技術の実際	33	8.4 従来車の 2 電源システム状況	58
4.4 まとめと展望	34	8.5 充電回路	61
5. パワーデバイス	35	8.6 2 電源システムの動向まとめ	62
5.1 Si-IGBT	35	9. 鉄道との比較	63
5.2 SiC デバイス	37	9.1 現在の鉄道におけるパワエレ応用の概要	63
		9.2 SiC デバイス応用	63
		9.3 電動機とその変換器	64
		9.4 ハイブリッド車両	65
		9.5 鉄道用非接触集電	66
		9.6 鉄道における地上蓄電装置応用及びエネルギーマネージメント技術	67
		9.7 まとめ	69
		10. おわりに	71

自動車用パワーエレクトロニクスの拡大調査専門委員会 委員

委員長	森本 雅之(東海大学)	委員	道木 慎二(名古屋大学)
幹事	佐々木 虎彦(トヨタ自動車)		長瀬 茂樹(ジェイテクト)
幹事補佐	中村 貢(三菱重工業)		西岡 圭(ローム)
委員	青木 亨(カルソニックカンセイ)		西山 茂紀(村田製作所)
	大橋 俊介(関西大学)		野村 英児(東洋電機製造)
	小高 章弘(富士電機)		東川 康児(安川電機)
	金子 悟(日立製作所)		平川 三昭(本田技術研究所)
	木村 英樹(東海大学)		星 伸一(東京理科大学)
	黒澤 良一(東芝三菱電機産業システム)		宮武 昌史(上智大学)
	小坂 卓(名古屋工業大学)		安井 和也(東芝)
	近藤 圭一郎(千葉大学)		山田 正樹(三菱電機)
	佐川 耕平(富士重工業)		山本 真義(島根大学)
	高中 公男(芝浦工業大学)	途中	
	瀧 浩志(デンソー)	退任	大出 宏(富士重工業)
	谷本 勉(日産自動車)	委員	吉本 貫太郎(日産自動車)
	弦田 幸憲(横浜国立大学)		

1. はじめに

自動車技術委員会では「自動車用パワーエレクトロニクス調査専門委員会（委員長：黒澤良一）」を 2003 年 10 月に設置し、自動車におけるパワーエレクトロニクス技術について調査研究を開始した。以来、10 年以上にわたり、自動車用パワーエレクトロニクスについての調査研究を継続している。その調査結果は電気学会技術報告⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、産業応用フォーラム⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾などで適宜報告してきた。本技術報告では、最近になり、特に目覚ましくなってきた、自動車へのパワーエレクトロニクス適用の拡大状況について報告する。

1.1 自動車用パワーエレクトロニクスの拡大背景

自動車へのパワーエレクトロニクスの適用が拡大してきた背景を時系列的に考える。まず、電気自動車、ハイブリッド自動車の実用化したことが挙げられる。これは走行モータ、発電機を制御するためのインバータを中心としたモータドライブ技術やバッテリーマネジメント技術に中心がおかれていた。

その後、電気自動車、ハイブリッド自動車の広がりに加え、エンジン車の燃費向上のための電動化が始まった。従来、エンジンでベルト駆動していた機器をモータで駆動し、エンジンの燃費改良を図るとともにフィーリング向上や性能向上のために電動化が図られた。これに伴い、パワーエレクトロニクス技術の利用が拡大した。

それに続き、アイドリングストップがエンジン車に広く導入された。アイドリングストップ期間中の動力源として電動機器の使用が拡大した。各種ポンプの電動化や DCDC コンバータの改良が盛んになった。そのため、過去には自動車のパワーエレクトロニクスと言えば、電気自動車、ハイブリッド自動車の駆動を指すようなイメージであったが、いまや、エンジン車をカバーする自動車全体として不可欠な技術になった。

そして、現在は燃費向上のためのパワーエレクトロニクスの拡大が図られている。さらに、損失低下のための高電圧化（48V システム）が提案されてきている。

1.2 EV, HEV における最新のパワーエレ技術

各社よりハイブリッド自動車が多量発売され、電気自動車も本格的に販売されるようになった。EV,HEV に使われるパワーエレクトロニクスには高性能化、小型化および低コスト化の課題が掲げられ、次々と新しい技術が適用されている。

デバイスおよびモジュールなどの主回路の改良、冷却、自動車用コンポーネントの充実、および制御の改良は次々図られている。さらに、充電、回生協調ブレーキ、エアコ

ン等は新車の公表とともにさらにステップアップしている現状である。そのほか、補機類に使われるパワーエレクトロニクス技術も進歩している。しかし、パワーエレクトロニクス技術だけでは自動車の宣伝になりにくい。パワーエレでは売り物にならないのである。したがって、外部からはなかなかその状況がわかりにくいのが現状である。

1.3 電動化のためのパワーエレ技術

エンジンで油圧ポンプが駆動できない EV,HEV では電動パワーステアリングが使われてきた。しかし、近年、エンジン車、特に小型車における電動パワーステアリングの採用が進んでいる。電動パワステにより省燃費を図るのである。

油圧式パワーステアリングはエンジンで常時油圧ポンプを駆動している。そのため、非操舵時にもエンジン動力を消費してしまう。電動パワーステアリングの場合、非操舵時の消費電力は原理的にはゼロになる。このことが燃費に効果を発揮する。

従来エンジンでベルト駆動されていた機器の電動化はそのほかにも広がっている。横置きエンジンで一般化した電動ラジエータファンのほか、冷却水用のウォーターポンプがある。さらに、ブレーキ、サスペンションなどの電動化も盛んに行われている。

1.4 アイドリングストップのためのパワーエレ技術

アイドリングストップの導入はエンジン車全般にわたってきている。アイドリングストップ導入に際して必要なパワーエレ技術は大きく分けて次のように考えることができる。

(1) エンジン再始動のための電源確保（電圧低下）

アイドリングストップでは、暖機運転以外ではアイドリングしない。車両が停止したらエンジンを停止する。そのため、エンジンの再始動が頻繁にある。走行中のバッテリーの充電量が低いと再始動できなくなるため、再始動用に常時電源を確保することが必要である。ただし、アイドリングストップでの再始動はエンジンが温状態のためスタータに必要な始動電力は小さい。また、再始動時は冷温始動のように、IG2 や ACC を遮断して電子機器への電源供給を遮断することができない。そのため再始動中はアクセサリ（ACC）やスタート時に遮断される電源（IG2）への給電も継続する必要がある。

(2) エンジン停止中の電源確保（オルタネータ停止中）

アイドリング中はエンジンで駆動しているオルタネータも停止するためバッテリーには充電されない。そのため電力負荷が大きいとバッテリーの充電量が時々刻々と低下し、電圧が低下する。そのための充電量の確保が必要であり、補助バッテリーを使用する。また、電圧の確保のために昇圧機