

自動車用パワーエレクトロニクスの動向

自動車用パワーエレクトロニクスの適用調査専門委員会編

目		次	
1.	はじめに	3	
1.1	自動車用パワーエレクトロニクス	3	
1.2	自動車パワーエレクトロニクスの接地	3	
1.3	おわりに	4	
2.	EV/HEV/PHEVに使われているパワエレ技術の現状	5	
2.1	HEVに使われているパワエレ技術	5	
2.2	EVのパワエレ技術	8	
2.3	プラグイン HEV およびレンジエクステンダー EVの開発動向	11	
2.4	EV/HEV向け特性可変モータ	14	
3.	自動車用 DC-DC コンバータ	18	
3.1	技術研究動向	18	
3.2	高効率化技術	18	
3.3	受動部品の小型化技術	21	
3.4	環境対応電動車用 12V-DC-DC コンバータ	25	
3.5	課題と展望	28	
4.	充電器	30	
4.1	EV/PHEVの充電システム	30	
4.2	車載普通充電器	30	
4.3	急速充電器	32	
4.4	将来の充電器・システム	34	
5.	新デバイス	37	
5.1	自動車用デバイスの現状	37	
5.2	SiC デバイスの動向	40	
5.3	GaN デバイスの動向	41	
5.4	まとめ	43	
6.	電動パワーステアリング(EPS)	44	
6.1	電動パワーステアリングの基本構成	44	
6.2	EPSの要素技術	46	
6.3	EPSの消費エネルギーシミュレーション	50	
6.4	EPSの高効率化	52	
6.5	EPSにおける電磁ノイズ	53	
7.	自動車用空調システムとパワエレ技術	55	
7.1	自動車における空調システムの概要	55	
7.2	事例紹介 HEVの場合	57	
7.3	事例紹介 2 EVの場合	59	
8.	自動車用パワエレの要素技術	62	
8.1	電気駆動システム	62	
8.2	次世代パワーデバイスのドライブ技術	64	
8.3	電池・蓄電周辺技術	67	
9.	鉄道との比較	71	
10.	おわりに	80	

自動車用パワーエレクトロニクスの適用調査専門委員会 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)		西岡 圭(ローム)
幹事補佐	中村 貢(三菱重工業)		西山 茂紀(村田製作所)
委員	青木 亨(カルソニックカンセイ)		平川 三昭(本田技研)
	大出 宏(富士重工業)		星 伸一(東京理科大学)
	大橋 俊介(関西大学)		宮武 昌史(上智大学)
	金子 悟(日立製作所)		望月 資康(東芝)
	木村 英樹(東海大学)		安井 和也(東芝)
	桐谷 知明(東洋電機製造)		保田 富夫(アイシン精機)
	黒澤 良一(東芝三菱電機産業システム)		山田 正樹(三菱電機)
	鷓頭 政和(富士電機)		山本 真義(島根大学)
	小坂 卓(名古屋工業大学)		吉本 貫太郎(日産自動車)
	近藤 圭一郎(千葉大学)		米 盛 敬(マツダ)
	高中 公男(芝浦工業大学)	途中	磯野 太施(東芝)
	瀧 浩志(デンソー)	退任	浦壁 隆浩(三菱電機)
	弦田 幸憲(横浜国立大学)	委員	近藤 雅仁(ローム)

1. はじめに

1.1 自動車用パワーエレクトロニクス

電気学会では2003年度より自動車用パワーエレクトロニクスに関する調査専門委員会を設置し、調査活動を行ってきた。これは自動車においてパワーエレクトロニクス機器の適用が拡大していることに鑑み開始されたものである。調査専門委員会では、自動車におけるパワーエレクトロニクス技術の適用状況を調査検討することから始めている。すなわち、電気学会が従来から取り扱っている産業用、家電用などを中心としたパワエレ技術と自動車用パワエレ技術を比較することにより技術の共通性及び相違点を明確にし、自動車技術の拡大発展に向けて役立たせることを目的としている。

「自動車用パワーエレクトロニクス調査専門委員会」(2003-2005:黒澤良一委員長)により最初の調査研究活動が行われ、自動車におけるパワーエレクトロニクス技術の適用状況が報告された⁽¹⁾。引き続き「自動車用パワーエレクトロニクスの現状調査専門委員会」(2007-2009:森本雅之委員長)が設置され、自動車用パワーエレクトロニクスの現状が報告された⁽²⁾。この委員会が調査活動を終了した2009年は「電気自動車元年」と呼ばれ、新しいEV、HEVの発売が相次いだ時期である。そのため、調査を継続する必要がある。引き続き、「自動車用パワーエレクトロニクスの適用調査専門委員会」(2009-2011:森本雅之委員長)が設置され、自動車用パワーエレクトロニクスの適用状況を調査してきた。本技術報告書はその調査専門委員会活動の結果として、自動車用パワーエレクトロニクスの動向についてまとめたものである。

なお、自動車技術委員会では本委員会のほかに、

- ・自動車電源システムに関する調査専門委員会
- ・自動車用エネルギーストレージに関する調査専門委員会
- ・自動車用モータに関する調査専門委員会

を設置している。いずれもパワーエレクトロニクスと関係が深い分野である。自動車技術委員会では、これらにより自動車における電気工学という観点で広く調査研究することを行っている。

1.2 自動車パワーエレクトロニクスの接地

自動車におけるパワーエレクトロニクスは家電用や産業用のパワーエレクトロニクスとどこが異なるのか、あるいは、鉄道のパワーエレクトロニクスとは類似点が多いのか、などの議論を重ねてきた。その詳細は2章以降を参照していただきたい。ここではパワーエレクトロニクスの使用に際して大きく関係する接地について考察してみる。

接地とはパワーエレクトロニクス機器の筐体、回路の基準点などを大地と電氣的に接続することである。接地の主

な目的は感電防止および基準電位の確保である。基準電位の確保とは必ずしも大地との接続を表すわけではない。表1.1にIEC規格における接地記号を示す⁽³⁾。信号用の接地は大地との接続ではなく、金属導体への接続による基準電位の確保を意味している。

通常、接地の目的は商用周波数に対しての漏電、短絡などの安全、落雷に対しての安全および電位上昇の低減などを目的としている。ところがパワーエレクトロニクスの場合、これ以外にスイッチングにより発生する高周波電流の接地が必要になる。つまりスイッチングに伴う漏洩電流の流出経路を作る必要がある。これがないとインバータの絶縁部分に静電気が蓄積し、人体を電撃する可能性がある。さらに自動車をはじめとする直流電源を用いるシステムの場合、商用周波数そのものが存在しない。したがって一般的な接地と目的は大きく異なっている。

そこで、自動車の接地について他のシステムと比較検討してみる。各種の用途ごとの代表的な接地システムを表1.2に示す。

表 1.1 接地の図記号

出典：「入門インバータ工学」, 森本雅之, 森北出版(2011)

図記号	名称	用途
	earth (ground) 接地	目的を明確にできない 一般的なアース
	noiseless earth (clean ground) 無雑音接地	クリーン接地。周辺の機器からの ノイズを受けないような接地
	protective earth 保安用接地	感電・火災防止用の接地
	frame フレーム	電位の基準面として機器の フレームに接続する
	equipotentiality 等電位	複数の機器・システムを 同電位にする

エンジン自動車のシステムで最も大きな特徴は1線式の配線である。電源のプラス側は配線を取回すが、マイナス側は車体、筐体などを使用している。もちろんECU内部では基準電位としてのSG (Signal Ground) は有する。しかしただか12Vの系なのでパワーエレクトロニクスもこの考え方を踏襲している。これは直流電の鉄道のシステムと類似している。しかし鉄道では車両電機品は電源から絶縁され、しかも車体は接地電位であるが高抵抗接地であり、電位の共通化をしているのみである。

ハイブリッド自動車、電気自動車では低圧系はエンジン自動車と同じである。しかし高電圧バッテリーに接続された系はフローティングである。もちろん筐体は車体にFGとして接続している。自動車はゴムタイヤで浮いているため、大地と接続するアースはない。すべてフローティングである。パワーエレクトロニクスが完全にフローティングしているのは産業用や家電用と類似である。しかし産業用家電用では安全のためのアースと電位基準のためのFGは使い分けている。フローティングという点では鉄道とも類似で