

走行中非接触給電システムのインフラ設計

電気電子情報工学専攻
電力システム工学研究

まつもとのりあき
MA16090 松本哲明
指導教員 藤田吾郎

1. はじめに

現在、自動車は世界各地で使用され、今の生活において必要不可欠である。しかし近年、深刻化が懸念される石油枯渇問題や二酸化炭素(CO₂)による地球温暖化問題に対して、自動車は大きな影響を与えている。この現状を打破するために化石燃料を使わず CO₂ を排出しない電気自動車(EV)が開発されてきた^[1]。

今日の EV はプラグイン充電を採用している。しかしプラグイン充電はプラグ抜き差しの手間や漏電の恐れがある事に加え、航続距離が短い、充電時間が長いなどの問題点が EV の普及の進まない要因の一つと考えられる。これらの問題点を走行中非接触給電システムで解決することにより EV が普及していくと考えられる^[2]。

2. 研究の目的

本研究は前述した問題解決を目標としている。走行中の EV に無線で電力を給電することを走行中非接触給電という。この研究が進むことにより、EV が走りながら充電出来るため停車中の充電時間を削減し、航続距離の短さの問題も解決する事ができる。また走行中非接触給電が実現する事によって、EV 価格の大部分を占めるバッテリー容量を削減出来るため、EV の低価格化が進むと考えられる。したがって、この走行中非接触給電システムを構築することが EV の普及促進に繋がると言える。本研究はシステムの設備容量、配電方法、運用方法、課金方法などの項目を検討した上で、走行中非接触給電システムのインフラ設計を目的とする。

3. 消費電力概算

走行中非接触給電システムの設備容量を決定するために EV の消費電力を概算する。日産自動車株式会社のリーフを EV のモデルとして使用する。消費電力は EV の走行速度と走行抵抗より概算可能である。走行抵抗は空気抵抗、転がり抵抗、登坂抵抗、加速抵抗の四つに分類できる。

今回の想定している消費電力とは充電レーンで給電されている場合には EV のバッテリー消費なし、すなわち、給電分の電力のみで走行できる時の消費電力を示している。よって示す消費電力以上の給電を行うことで EV は走行中に充電をしている状態、走行しながらバッテリーに電力が溜まる状態となる。消費電力はそれぞれの抵抗の和と走行速度の積である次式で求められる。

$$P=(F_{air}+F_{roll}+F_{slope}+F_{acc})\times V$$

P :消費電力[W] F_{air} :空気抵抗[N] F_{roll} :転がり抵抗[N]

F_{slope} :登坂抵抗[N] F_{acc} :加速抵抗[N] V :走行速度[m/s]

各速度別の消費電力(斜度 0%,加速なし)を図 1 に示す。

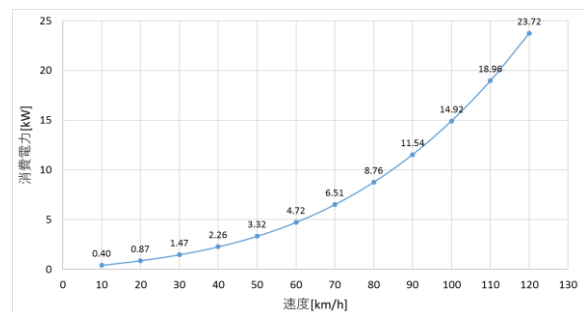


図 1 速度別消費電力 (斜度 0%,加速なし)

4. 設備容量の想定

システムの設置を想定している場所は東名高速道路の海老名 JCT 付近である。海老名 JCT 付近では上り下り計 6 レーンあり、一時間あたりの最大交通量は 6145 台である。これらの車がすべて EV になったと仮定し、6 レーンの走行台数を 6 等分、速度別に充電レーン 10km 間の EV の数を概算する。そして EV 一台の消費電力と海老名 JCT の 1 レーンの走行台数を同じ速度同士掛け合わせることで必要設備容量が導出できる。今回の設備容量は等速度走行の EV がバッテリー消費なしでの走行するための最低限の容量を示した。斜度が増加、加速を行った場合、走行抵抗が増加し必要設備容量も増加する。また設計速度 80km/h 道路の最大縦断勾配は 4%、設計速度 100km/h の場合は 3%と決められている。最大縦断勾配を考慮した時の必要設備容量を図 2 に示す。

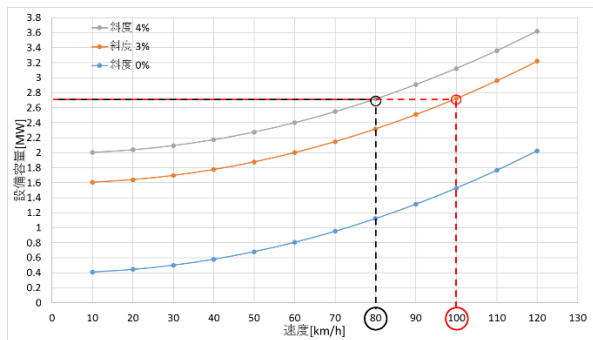


図2 斜度別設備容量(斜度 0%,3%,4%,加速なし)

最大縦断勾配を考慮した上で、設計速度が 80km/h と 100km/h の時の設備容量を比較すると必要な設備容量は約 2.7MW とほぼ同じ値を示している。これらより勾配考慮時には設備容量は増加することと設計速度により最大勾配の差はあるが同等の容量で良いことが確認できた。

5. 配電システム

充電レーンは 10km を想定しており、走行速度 80km/h、斜度 0%、加速なしの場合の必要設備容量は 1.12MW である。走行中非接触給電システムが普及し、道路の 3分の1 に充電レーンが設置された場合、必要設備容量の 3 倍の容量を確保することで EV はレーン間も充電された電力で走行可能になる。そのため今回は 1.12MW の 3 倍を確保可能な 3.5MW の配電設備を考え、その際の配電損失を計算する。図3に配電システムの概念図を示す。

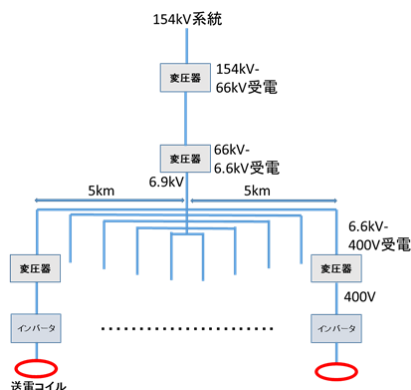


図3 配電システム

図3に示したように、簡単化のためにコイル送電地点を 10 地点に分け、系統受電の地点を中心とし両側に 1km,2km,3km,4km,5km のケーブルで配電する。ケーブルは CVT ケーブルを使用したと想定する。10 本のケーブルそれぞれ等電流が流れると想定し、片側の

1km,2km,3km,4km,5km 分の配電損失を考える。表1にケーブルの太さごとの全配電損失を示す。

表1 3.5MW 配電システム 計算値

公称断面積 [mm ²]	許容電流 [A]	抵抗r[Ω/km]	リアクタンスx[Ω/km]	負荷電流I[A]	損失[kW]
200	400	0.120	0.0997	368	4.88
250	450	0.0977	0.0972	365	3.90
325	530	0.0759	0.0939	362	2.98
400	590	0.0627	0.0918	360	2.44
500	665	0.0513	0.0897	358	1.97
600	735	0.0440	0.0894	357	1.68

公称断面積 200mm² の場合は配電損失が 4.88kW であり、設備容量 3.5MW を考えると約 0.001% であり損失を抑えられていることが確認できる。送電地点を増やした場合はケーブルにかかるコストは上昇するが流れる等電流の値が小さくなるため損失自体は低下すると考えられる。また分枝部分を一箇所に集めているため遮断器など保護設備の場所もまとめることができ、施工・メンテナンス面も含めて提案した配電システムが有用であると考えられる。

6. まとめと今後の課題

EV の消費電力を速度別ならびに斜度別に概算、実際の交通量を用いた場合の必要設備容量を明らかにした。また最大縦断勾配を考慮した際の設備容量を明らかにし、3.5MW の配電システムの設計、配電損失を示した。

今後はシステムの運用方法や課金方法の検討も行い、更に走行中非接触給電システムの負荷変動による電力系統への影響確認、対策案を検討する予定である。

参考文献

- [1] 監修 篠原真毅 科学情報出版 (2014 年 12 月 22 日) 「電解磁界結合型ワイヤレス給電技術-電磁誘導・共鳴送電の理論と応用-」
- [2] 監修 松木英敏 シーエムシー出版 (2015 年 7 月) 「非接触電力伝送技術の最前線<普及版>」

研究業績

- ・Noriaki Matsumoto, Goro Fujita, 'Building the demonstration device of In-motion Wireless Power Transmission', The International Conference on Electrical Engineering 2016 (ICEE), ID 90230, (2016-7, Okinawa, Japan)
- ・松本哲明, 藤田吾郎, 「電気自動車の走行中非接触給電システムの検討」, 平成 29 年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.120 pp.1-6-15~16, (2017-9, 明治大学)
- ・Azreezal Zairee Bin Omar, Khai Phuc Nguyen, Yukimori Honda, Noriaki Matsumoto, Zur Ain Binti Hanafi, Akihiko Hoshikawa, Goro Fujita, 'Towards Japan's Future EV-Friendly Highway Concept With In-Motion Road-Embedded Wireless Chargers' Journal of Mechanics Engineering and Automation p.255-261 (Volume 7, Number 5, May 2017 (Serial Number 67))