

大容量非接触給電トランスの放熱機構の検討

吉岡 直人*, 金子 裕良 (埼玉大学)

Study about Heat Dissipation Mechanism of Large Capacity Wireless Power Transformer

Naoto Yoshioka*, Yasuyoshi Kaneko (Saitama University)

1. はじめに

近年、環境問題やエネルギー問題の観点から、プラグインハイブリッド自動車 (PHV) や電気自動車 (EV) が普及しつつある。現在、これらの充電にはケーブルとコネクタを採用しているが、利便性・保守性・安全性の観点から、非接触給電が注目されている。EV が抱えている課題として、航続距離が短いこと、充電のための待機時間が発生することが挙げられ、急速充電が有効な解決策と考える。また、走行中非接触給電を将来的に視野に入れた場合、走行中の消費電力以上 (15kW 超) の給電電力が望ましい。さらに車載側の非接触給電トランスが小型軽量であることが望ましい。従来研究では、小型軽量の観点で、円形コア片側巻きよりも角形コア両側巻きが優れていることが発表されている⁽¹⁾。

しかしながら、角形コア両側巻きは、コアが主な発熱体である巻線に囲まれているため、コアに熱が篋りやすい構造である。この放熱方法として巻線内部ではコアを貫く主磁束と同方向に冷却用のアルミ棒を挿入し、巻線外部ではアルミブロックを介して遮蔽用アルミ板に熱を逃がす構造が提案され、10kW の連続運転が可能となっている⁽²⁾。

本稿ではさらなる放熱能力の向上法を検討した。放熱のためにアルミをトランス近傍に設置すると渦電流による損失が発生し、それ自体が発熱体になってしまう可能性がある。放熱用アルミの大きさや設置位置による損失への影響を、JMAG を用いた給電シミュレーションと熱解析シミュレーションにより定性的に検討し、トランスの放熱機構設計法を示す。

2. 提案する非接触給電トランスの放熱機構

本研究では、図 1 の 15kW トランスを基本モデルとして、様々な放熱機構設置時を比較する。給電シミュレーション時の回路方式は一次直列二次直列方式(SS 方式)を採用した。なお gap 長は 100mm とした。

<2・1>巻線ボビンのアルミ化 両側巻トランスで熱が集中しやすい巻線とコアの間の放熱能力を高めるために、図 2 のように巻線とコアの間のボビン内部をアルミ化する。図 4 に背面、正面、側面をアルミ化した時の結合係数 k の変化を示す。背面のみの場合、基本モデルから 0.6% の低下であるのに対し、背面と正面時は 5.5%、背面と正面と側面時に至っては 96% の低下とほぼ給電が行えない状態となる。

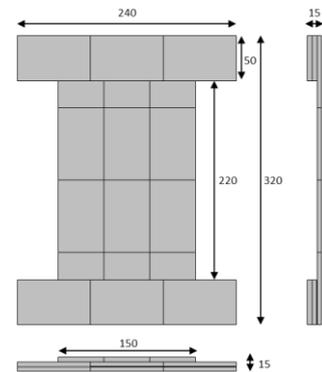


Fig. 1. Dimension of basic solenoid coil

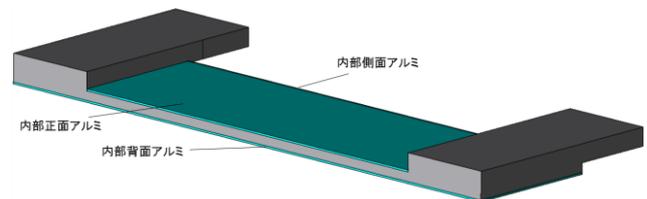


Fig. 2. Schematic of a transformer case of aluminum (Half model)

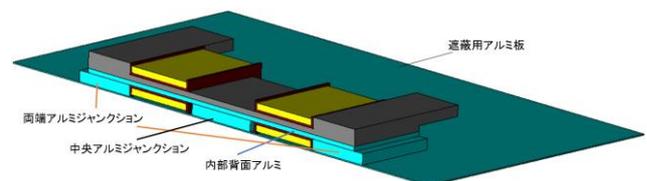


Fig. 3. Schematic of the proposed heat dissipation mechanism (Half model)

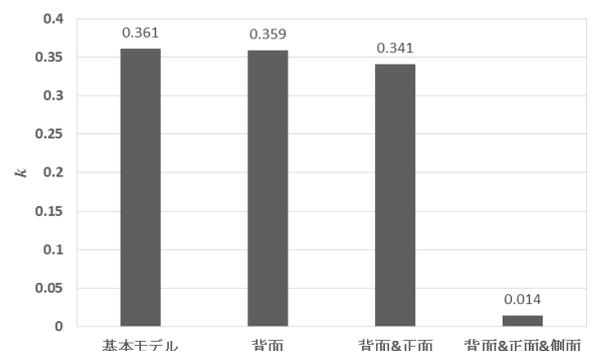


Fig. 4. Changes in the coupling coefficient by transformer case

Table.1. Size table of aluminum for heat dissipation

内部背面アルミ	320x150x1	320x150x2	320x150x3	320x150x4
中央アルミジャンクション	50x150x10	60x150x10	70x150x10	
両端アルミジャンクション	40x150x10	50x150x10	60x150x10	

トランス正対時には磁束は対のトランス側に誘導される形となるため、正面アルミは磁束の鎖交が多く、より多くの渦電流が流れ、損失への影響が大きい。また、正面アルミの放熱は側面アルミを通さないと外部に伝えられないため、巻線とコアの間のボビン内部をアルミ化する場合、内部背面アルミのみが良い。

<2・2>アルミジャンクションの設置 トランスの巻線に対して巻線が疎である場合、巻線を両サイドに密に巻き、巻線を分割することが出来る。この場合、中央部にスペースが生まれるため、図3のようにアルミジャンクションを設置し、内部背面アルミに伝わる熱を、ジャンクションを通して効率的に遮蔽用アルミ板に逃がすことが可能である。

<2・3>最適アルミサイズの検討 前二項の検討を進展させ、放熱アルミサイズを変化させた時(表1)の、損失の変化と温度の変化をシミュレーションにより解析する。なお、熱解析は定常解析を行い、周囲温度 20℃、熱伝達係数 10W/(m²・K)と設定した。

図5は、内部背面アルミの厚さを1mm、両端アルミジャンクションなしのときに中央アルミジャンクションの長さを変化させた時のグラフである。中央アルミジャンクションの損失は非常に小さく、大きさによる影響はほぼない。また、最高温度は長くするに連れ減少傾向にある。したがって、スペースの許す限り、中央アルミジャンクションを長くすると良い。

図6は、内部背面アルミの厚さを1mm、中央アルミジャンクションの長さ70mmのときに両端アルミジャンクションの長さを変化させた時のグラフである。両端アルミジャンクション60mmのときは図3のようにコアからジャンクションが10mm飛び出している状態である。この時、内部背面アルミの損失が大幅に減少し、アルミ損失合計値も最小をとった。

図7は、中央アルミジャンクションの長さ70mm、両端アルミジャンクションの長さ60mmのときに内部背面アルミの厚さを変化させた時のグラフである。厚くするに連れ各ジャンクションの損失が減少傾向にある。

3. まとめ

提案した非接触給電トランスの放熱機構の有効性を確認したと共に、各放熱アルミパーツによる損失への影響や放熱特性を評価した。

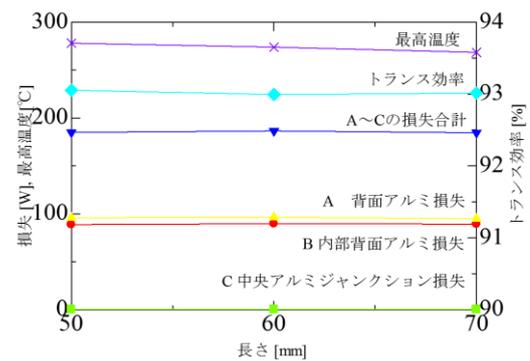


Fig.5. Changes in the energy loss and maximum temperature by length of central aluminum junction

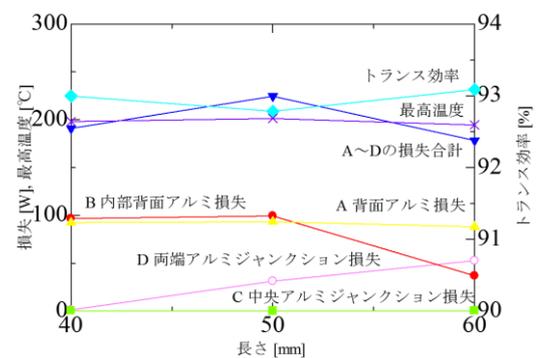


Fig.6. Changes in the energy loss and maximum temperature by length of edge aluminum junction

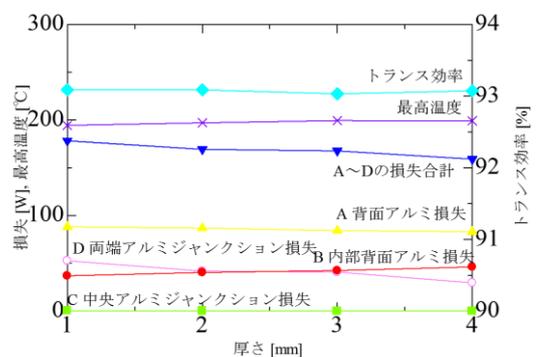


Fig.7. Changes in the energy loss and maximum temperature by thickness of internal rear aluminum

文献

- (1) 千明・長塚・金子・阿部・保田・鈴木：「新コア構造による電気自動車用非接触給電トランスの小型軽量化」, 電学半導体変換研究会資料, SPC-11-048, pp.139-144(2011)
- (2) 山中・藤田・金子・阿部・保田：「電気自動車用大電力H型非接触給電トランスの放熱方法」, 平成 25 年電気学会自動車研究会資料, VT-13-006, pp.31-36(2013.1)