

氏名	しげ 浦 淳 一
学位(専攻分野)	博士 (工学)
学位記番号	論工博第 3500 号
学位授与の日付	平成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	高速・高負荷電気鉄道車両用静粛運転駆動装置の研究

論文調査委員 (主査) 教授 久保愛三 教授 矢部 寛 教授 松久 寛

論文内容の要旨

本論文は、大量輸送機関として、常に、輸送量、速度、乗り心地、安全性の向上が求められている鉄道の駆動系技術、すなわち、電動機出力軸の回転とトルクを、いかに確実に、かつ、滑らかに車軸に伝えるかの技術の開発に関し、新たなアイデアの提案と研究、それに基づく技術開発と実用化の成果を取りまとめだものであり、以下の 8 章より構成されている。

第 1 章は序論であり、鉄道の発展の歴史を概観して本研究の対象と目的について述べ、本論文の構成とその内容を要約している。

第 2 章では、現在採用されている電気鉄道車両駆動方式を分類し、それらの基本的メカニズムおよび特徴について述べ、本研究で取り上げる対象を示している。

第 3 章では、ギャカップリングの新しい設計法を提案している。すなわち、車両駆動電動機の大出力化にともない要求されるギャカップリングトルク伝達容量の増大を、その大きさを増すことなく達成するため、ギャカップリングの歯の接触部分を通常の運転状態における領域と、車両の組立・分解時における領域とに区別し、そのおのおのに対応させて、ピニオンの歯面に 2 つの曲率半径を持つ二段クラウニングを施すデザインを提案している。そして、歯のかみ合いの幾何学的解析と歯面接触応力の解析、および、検証実験により、信頼性の高いギャカップリング設計法を確立している。この研究により、以前は電車にしか使用できなかったギャカップリングが出力の大きい電気機関車にも使用できるようになった。

第 4 章では、ギャカップリングのセンタリングばねに起因する自励振動発生の原因を究明し、自励振動を防止するメカニズムのギャカップリング構造を提案している。すなわち、従来から習慣的に使用されてきたセンタリングばねを廃止し、ギャカップリングの左右を仕切るドーナツ形の中央板をめくらにすると同時に、それを一定の自由間隙を介してクッション部材と対向させて左右に独立した空気室を形成し、その空気ばね効果と、歯の隙間を満たす潤滑剤のダンパー効果を組み合わせ、自励振動を防止することに成功している。このクッション・センタリング方式は、現在、我が国の鉄道車両に用いられている全てのギャカップリングに採用され、新幹線の高速走行試験で 443 km/h を記録した車両にも、この方式のギャカップリングが用いられた。

第 5 章では、潤滑不良によるギャカップリング歯面損傷の問題を解決するために行った、高負荷容量・耐遠心分離性能グリースの研究開発について述べている。すなわち、通常の微粒度の二硫化モリブデンに少量の超微粒度のものを添加することにより、グリース中の二硫化モリブデンの分布の偏りが無くなってギャカップリング歯面が均等に潤滑されることを発見し、さらに、性質の異なる 2 種類の増ちよう剤を配合すること、石けん基の繊維組織を緻密化すること、高比重/高粘度の分子の鎖の長い基油を使用することを組み合わせたグリースは、4000 G にも達する遠心加速度のもとでも分離を起こさないことを明らかにした。このグリースを開発使用することにより、連続高速運転においてもギャカップリングが損傷しない目的を達成している。現在、我が国の鉄道車両に用いられている全てのギャカップリングに、この研究で開発されたグリースが使用されている。

第 6 章では、最近の可変電圧・可変周波数制御の誘導電動機による高速(最高 6000 rpm)運転時において発生するようになった、ギャカップリングのバックラッシュに起因する歯打ち振動・騒音問題を解決する、小バックラッシュのギャカップ

リングの設計法を提案している。すなわち、ギヤカップリングピニオンの歯筋クラウニングにテーバ形状を繋ぐ指数関数曲線を適用して、従来の半分以下のバックラッシュで、従来と同じ偏角の吸収と、従来に勝るトルク伝達容量を有し、なおかつ、本来の目的の静粛運転を可能とするギヤカップリングのデザインを実現した。すでに、この研究によって開発されたギヤカップリングは、特に静粛運転が要求される JR の寝台特急列車をはじめ、新幹線電車やその他の新造電車の駆動系に順次採用されている。

第 7 章では、指数関数曲線で駆動歯車のインボリュート歯形を修整する歯形設計法を提案し、大出力電気機関車の駆動用平歯車に発生したスカuffing 損傷の問題を解決している。すなわち、指数関数を用いて、動力伝達時に発生する歯面の摩擦発熱を最小にするための最適歯形と歯車の伝達誤差を最小にするための最適歯形を効率的に設計する方法を開発し、実際にこの手法により設計製作した歯車を、スカuffing 損傷を起こした多くの電気機関車の稼働に供し、約 5 年間経過した現在でも、全て問題ない状態で使用されていることを確認している。さらに、電車による実路線試験でも、この手法により設計した平歯車のかみ合い振動加速度は、従来設計のはずば歯車の 1/3 以下に減少したデータを得ている。

第 8 章では、結論として、本研究で得られた成果を取りまとめるとともに、これらの研究成果の次世代高速鉄道車両駆動装置への応用の展望と、今後の研究課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、大量輸送機関としての鉄道に常に求められている、輸送量、速度、乗り心地、安全性の向上の課題に対処するために行った、電気鉄道車両の駆動システムに関する研究と実用化技術をまとめたもので、得られた主な成果は以下の通りである。

1. ギヤカップリングの大きさを増すことなくトルク伝達容量の増大を達成する構想、すなわち、ピニオンの歯筋形状に 2 つの曲率を持つ二段クラウニングを与えるデザインを提案し、3 次元空間歯面の接触に関する幾何学的解析と接触応力解析を行い、実験によりその理論の信頼性を確認し、ギヤカップリングの設計法を確立した。

2. 空気ばね効果と歯の隙間を満たす潤滑剤のダンパー効果を発揮させるギヤカップリング構造を発明し、この研究・開発によって、ギヤカップリングのセンタリングばねに起因する自励振動の問題を解決した。新幹線電車にもこの研究成果のギヤカップリングが採用され、443 km/h の試験走行速度を記録できた。

3. 粒子の大きさの異なる 2 種類の二硫化モリブデンと物理的結合力の強い長鎖の油分子成分を配合した高負荷性能・耐高遠心力性能のグリースを開発した。このグリースにより、300 km/h の営業運転の新幹線を始め、我が国全ての鉄道車両用ギヤカップリングの潤滑に関する問題を解決した。

4. ギヤカップリングのピニオンに指数関数曲線を用いた小バックラッシュ歯筋形状を提案し、可変電圧・可変周波数制御の誘導電動機による高速 (6000 rpm) 運転時に発生する、ギヤカップリングのバックラッシュに起因する歯打ち振動・騒音の問題を解決した。この成果はすでに多くの新造電車の駆動系に採用され始めている。

5. 大出力電気機関車の駆動歯車の歯形を指数関数曲線で修整する発熱最小歯形設計法を提案し、歯面に発生したスカuffing 損傷の問題を解決した。また、この設計手法を応用することにより、伝達誤差最小の歯形設計、すなわち歯車のかみあいに起因する振動騒音を最小にする設計も可能となった。この研究成果は多くの電気機関車駆動用歯車設計に応用され、好結果が得られている。

以上要するに本論文は、鉄道車両用駆動装置の負荷性能と静粛運転性能の向上のために、ギヤカップリングの新しい構造と歯面形状設計法、および、駆動歯車の歯形設計法を提案し、さらに耐遠心力・衝撃吸収・高負荷性能の潤滑剤を開発し、その実用化に成功したもので、学術上、実際上、寄与するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成 11 年 12 月 20 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。