



Title	交流電気車両設計の基礎理論に関する研究
Author(s)	入江, 則公
Citation	大阪大学, 1972, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2682">https://hdl.handle.net/11094/2682</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	入江則公
学位の種類	工学博士
学位記番号	第2635号
学位授与の日付	昭和47年7月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	交流電気車両設計の基礎理論に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 西村正太郎
	(副査) 教授 犬石嘉雄 教授 板倉清保 教授 山中千代衛

### 論文内容の要旨

本論文は、日本国有鉄道における交流電化技術の開発、発展の経緯の中で、交流電気車両設計の基本的な課題に関し、筆者が行った研究をまとめたもので、三編および結言からなっている。

第一編は電気鉄道における単相整流回路理論である。商用周波数の大電力単相整流回路が実用されたのは、鉄道の電化が最初である。それまでの整流回路は殆んどすべて三相を使用していたため、条件を単純化し、直流側電流の脈動を無視した回路理論が使用されていた。しかし、鉄道では集電の必要から単相が使用されるため、直流側電流の脈動成分が大きく、これを無視したのでは例えば主電動機の脈流運転に関する諸問題、電気車両の走行特性の算出、饋電側回路の設計等電化計画全般に亘る種々の課題に適用する理論としては不十分で、単相整流の根本にさかのぼった新しい解析法が要求された。第一編はこの課題を解決するために行った研究を整理し、体系づけたものである。

第一章は交流電気鉄道回路の構成要素を分析し、解析可能な形に換算、整理したものである。とくに主電動機は脈動電流に対し、複雑な回路網を構成しているが、これを等価な三つのインピーダンスの直列回路に置き換えたことがこの章のポイントとなっている。

第二章は前述の回路解析のデジタル計算機による計算法に関する研究結果である。方法は、さらに複雑な回路構成の解析への拡大、適用が容易であるほか、各回路構成要素の検討もできる等の利点をもっている。

第三章は、回路のうち一部重要でない要素を省略、または近似換算することによって回路構成をある程度簡略化し、解析的に結果を導いたものである。この解法の要点は、単相整流現象の諸要素のうち、重り角に着目し、その関数として諸特性値を表現し、かかるのちこれを媒介にして諸特性値間の関係を見出したことである。

同時に基準化を行い、関連するパラメータの種類を最小限に減少することによって、少数のチャ

ト上に諸特性値間の関係が直読できるような形にし、デザインアニマルをまとめた。

第二編は列車の運転中の主電動機の温度上昇過程をデジタル計算機で算出し、この結果より電気車両設計計画の出発点となる主電動機の所要容量（出力）を選択、決定する手法についての研究である。

電気車両の駆動電動機は、一般に負荷電流と回転数が大巾に変動する状態で運転され、従ってつねに温度変化の過渡的状態の下で常用されるので、運転条件と所要出力との関係が把握しにくい。とくに交流車両では、速度制御のため端子電圧を変化しながら運転するので、この事情がさらに複雑なものとなる。また新幹線のような新しい輸送計画や新系列車両の企画にあたっての主電動機容量算定には既存電動機におけるデータをそのまま適用できないので、容量算定の新しい手法が必要となる。

第一章は上記の使用全領域における最終温度上昇値を有限の既存試験データ群から推算する方法の研究結果である。このさい温度上昇の根元となる各部損失を、熱エネルギーの量でなく、コイルの温度上昇に及ぼす影響度という尺度で評価する考え方を導入し、かつ温度上昇に関連する諸要素や特性をすべて基準化して取扱い、四形式の代表的な主電動機の温度上昇機構を分析して、車両駆動に用いられている直巻電動機では、極数、出力、冷却方式が相当大巾に変ったものでも、百分率特性のうえではほど共通の温度上昇像が得られることを実証した。

第二章では列車運転中の負荷変動に追従して温度上昇変化を積算し、その温度推移を算出するプログラムを作成し、これによる計算結果を現車試験における実測結果とてらし合せて、ほど忠実に実在の姿を電子計算機に再現し得ることを確めた。

第三章では変動する温度上昇の下で常用される電動機の負担評価法として累積劣化負担の見地から時々刻々の温度上昇による劣化単位を積算し、等価的な連続温度上昇に換算して評価する方法を提案した。

第四章では脈動電流による運転が温度上昇に及ぼす影響について考究した。

この場合の温度上昇を純直流運転による温度上昇と、脈流率の関数として得られる上昇補正率とに分離して考えることとした。脈流の温度上昇に及ぼす各種の影響を定量的に合成することは困難であるが個々の要素について考察を加え、実測データを整理して、電機子、主極、補極に分けて温度上昇増加率のおよその範囲を見出した。

第三編は交流電気車両の再粘着現象の解明とその活用法に関する研究である。

鉄道車両の加速度、減速度、最大牽引荷重などの主要な運転性能は、車輪とレールとの間の粘着力がその限界を定めることになる。実在線路上の粘着係数は大巾なバラツキを持っているため、運転はそのバラツキの下限値以下の範囲で行わねばならない。整流器方式による交流電気車両では、動輪が空転をおこしても自動的に再び粘着状態に戻り得るという特異な現象があり、これを活用することによって、直流車両に比較し、単位重量あたりの実用上の牽引力限界を30%～50%程度拡大することができる。

第一章ではレールと車輪との間の粘着係数を両者が粘着している時の静摩擦係数（所謂粘着係数）と車輪が空転している時の動摩擦係数（滑り摩擦係数）とに分けて、従来の実測値を集録、整理し、再粘着現象に関連の大きい動摩擦係数について代表的な特性を選定した。

第二章では空転と再粘着に及ぼす要因の特性を単純化して運動方式を解き、再粘着特性が本質的には車両内電気回路と饋電回路を総合した系の電気的時定数と、車両の電動機電機子、動力伝達装置、車軸、車輪よりなる機械系の機械的時定数との相対的な関係によって定められること、空転、再粘着の様相には数種のモードがあることを示した。

また、各モードの空転の発生、消滅、持続と列車の運転状態との関係について考察を加え、列車の加減速が粘着のうえに大きい影響をもつことを示した。

第三章では実在の機関車の空転、再粘着現象をデジタル計算機で模擬し機関車設計の定量的な検討を行った。また自動定電圧制御による速度制御方式が再粘着性の向上に効果のあることを例証し、この制御系の各要素の影響度、設計上の最適値などを解明した。

結言は以上の研究結果を要約したものである。

### 論文の審査結果の要旨

本論文は、商用周波数の交流電気車両の開発に際し、単相整流回路の特性、主電動機の所要出力の推定などの基本的な問題および交流電気車両に特有な粘着性能の問題について研究し、車両設計の電気的な基礎を確立したものである。

主な成果を要約すると、

1. 単相整流回路の直流電流の脈動、主電動機の負荷や速度の変化に対する回路の特性を詳細に解析し、シミュレーションによる計算結果を整理して、回路設計マニュアルを作成したこと。
2. 主電動機の基準負荷を設定して、運転条件の相異による損失、冷却効果の比率を求め、また直流電流の脈動の影響を解析して、最終温度上昇および所要出力を推定する方法を確立し、新車両の設計や新線区における運転計画の際の主電動機容量算定の根拠を与えたこと。
3. 交流電気車両では、車輪が空転しても再粘着が容易であるという現象を解明し、とくに電圧制御による速度制御がこの再粘着性の向上に効果があることを利用して交流車両の牽引力限界を拡大したことなどである。

これらの成果は電気鉄道における学術上の新しい知見を加えたものであり、その後の新幹線などの交流電化に寄与するところが大きく、博士論文として価値あるものと認める。