

学位論文の要旨

氏名	柿木稔男
学位論文題目	電気機器の最適化設計に関する研究

電気機器を設計する際の最適化に関して、従来の市内電車や地下鉄に代替する吸引形磁気浮上車用の分割鉄心形複合電磁石とかご形三相誘導電動機について述べている。市内電車や地下鉄は急カーブが多く、HSSTやトランスラピッドのような磁気浮上車では走行が難しい。そこで、これらの欠点を克服した新たな方式の磁気浮上車が期待されている。ここでは、分割鉄心形複合電磁石では非接触化による低騒音振動、低保守が可能で、省エネルギー化をも目標にしたシンプルで高性能な磁気浮上車を開発することを目的に研究を行った。次に小型軽量で広く一般的に使用されている、かご形三相誘導電動機の高効率化に着目し、設計時の重要な要素である漏れインダクタンスについて検討を行った。漏れインダクタンスを正確に算出することができれば、高効率の機器が設計可能である。計算は有限要素法によるものと従来の計算式を比較し検討した。

第1章は、本研究の背景及び本論文の概要について述べている。

第2章は、磁気浮上に用いる省電力の鉄心分割形複合電磁石の構造及びコイルの励磁方式について小型の実験装置を作製し検討を行った結果について述べている。この鉄心分割形複合電磁石は浮上と案内を兼ねており、専用の案内電磁石を必要としないのが大きな特徴である。分割鉄心間の相互インダクタンスはきわめて小さいので、各分割鉄心は個別に単純な独立した単極性電源で励磁している。実験結果より、電磁石をそれぞれ独立に制御できていることが確認できた。

さらに、浮上ギャップの大きい落下状態と浮上ギャップが小さい吸着状態のどちらからでも浮上が可能である。安定浮上時における吸引磁石の消費電力は従来のものに比べ1/10以下にできることが分かった。また、磁気レールには積層鉄板を使用するので、走行抵抗は在来鉄道程度に小さくできる。

第3章は、かご形三相誘導電動機の高効率化に着目し、設計時の重要な要素である漏れインダクタンスについて検討を行った。漏れインダクタンスの算出は計算式が多数あり統一されていない。くわえて、各漏れインダクタンスのすべてについて同一モデルで比較している文献は見あたらない。そこで、本研究では各漏れインダクタンスを同一モデルですべて算出し比較を行い、各漏れインダクタンスの割合を明確にした。計算は有限要素法による解析と従来の計算式を用いた。その結果、スキューを施した方が少し大きな値になったが、いずれもほぼ等しい値となった。

第4章は、かご形三相誘導電動機の誘起電圧の算出について検討を行った。第3章と同じ解析モデルを使用し、定格速度時において、スキューを考慮した場合とスキューを無視した場合の誘導起電力を算出し検討を行った。本研究では要素のひずみを避けるため回転子をギャップ要素毎に回転させ、スキュー角を実機の9.69度にもっとも近い10度のモデルを作成し解析を行った。回転子電流は8個の断面の個々の計算結果の積分平均をとることで、脈動が抑えられた波形となった。よって、スキューを施すことにより脈動が抑えられていることが明らかになった。誘起電圧値は等価回路より求めた計算値とほぼ等しい値となった。

第5章は、本研究で得られた結果について、第1章から第4章までを総括した。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第290号	氏名	柿木稔男
審査委員	主査	篠原勝次	
	副査	柚木謙一	田中哲郎
学位論文題目		電気機器の最適化設計に関する研究 (A Study of the Optimum Design of Electrical Machines)	
審査要旨	<p>提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は電気機器の最適化設計に関する研究について述べたもので、全文5章より構成されている。</p> <p>第1章は緒論であり、研究の背景および研究の概要について述べている。</p> <p>第2章では磁気浮上に用いる省電力の鉄心分割形複合電磁石の構造及びコイルの励磁方式について小型の実験装置を作製し検討を行った結果について述べている。この鉄心分割形複合電磁石は浮上と案内を兼ねており、専用の案内電磁石を必要としないのが大きな特徴である。分割鉄心間の相互インダクタンスはきわめて小さいので、各分割鉄心は個別に単純な独立した単極性電源で励磁している。実験結果より、電磁石をそれぞれ独立に制御できていることが確認できた。</p> <p>第3章ではかご形三相誘導電動機の高効率化に着目し、設計時の重要な要素である漏れインダクタンスについて検討している。漏れインダクタンスの算出は計算式が多数あり統一されていない。くわえて、各漏れインダクタンスのすべてについて同一モデルで比較している文献は見あたらない。そこで、本研究では各漏れインダクタンスを同一モデルですべて算出し比較を行い、各漏れインダクタンスの割合を明確にした。</p> <p>第4章ではかご形三相誘導電動機の誘起電圧の算出方法を明らかにした。第3章と同じ解析モデルを使用し、定格速度時において、スキューを考慮した場合とスキューを無視した場合の誘導起電力を算出し検討を行った。本研究では要素のひずみを避けるため回転子をギャップ要素毎に回転させ、スキュー角を実機の9.69度にもっとも近い10度のモデルを作成し解析を行った。回転子電流は8個の断面の個々の計算結果の積分平均をとることで、脈動が抑えられた波形となった。よって、スキューを施すことにより脈動が抑えられていることが明らかになった。</p> <p>第5章は結論であり、その成果が総括されている。</p> <p>以上本論文は電気機器の最適化設計に関する研究で従来の市内電車や地下鉄に代替する吸引形磁気浮上車用の磁気浮上用複合電磁石の及びかご型三相誘導電動機の漏れインダクタンスおよび誘起電圧について検討を行い、電気機器の最適化を明らかにした。これは電気機器の最適化に大きく寄与する。</p> <p>よって、審査委員会は博士（工学）の学位論文として合格と判定する。</p>		

最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第290号	氏名	柿木稔男
審査委員	主査	篠原勝次	
	副査	柚木謙一	田中哲郎
<p>平成20年2月19日(火)15時から約1時間30分にわたる博士論文発表会において、審査委員3名及び聴講者11名に対し、申請者は研究背景及び成果など論文内容について説明し、これに関する質疑応答が行われた。質疑応答の主要なものは以下のとおりであった。</p> <p>質問1：図2-1について永久磁石の着磁の方向は？ 回答1：手前の永久磁石は上側がN極、奥の永久磁石は上側がS極になっており、全体で一つの磁路を構成している。</p> <p>質問2：減磁用のコイルを励時すると、永久磁石は減磁して弱くならないのか？ 回答2：瞬間的に磁石の磁束は弱くなりるが、定常状態では減磁用のコイルは励時しないので、影響はないと思われる。</p> <p>質問3：図2-6について、IGBTについているダイオードは必要なのか？ 回答3：必要ないが、一つの半導体素子としてパッケージに入っているため、除去できない。</p> <p>質問4：3章の付表3-5の漏れインダクタンスの計算の使い分けはどのようになっているか？計算結果が同じならどちらを使えばよいのか？ 回答4：従来の構造のものには、計算時間が短い従来の計算式を使い、形状が複雑な新型の構造のものには、有限要素法での計算が適している。</p> <p>質問5：3次元解析を行うとすると、計算にどの位時間がかかるか？ 回答5：メッシュの切り方で計算時間が異なるが、一般的には2、3日くらいである。</p> <p>質問6：スキューは何のためにしているのか？ 回答6：電動機の始動をスムーズにする目的でしている。</p> <p>質問7：スキューはどんな構造になっているのか？ 回答7：回転軸に対して平行ではなく、空間的に斜めに導体バーが埋め込まれた構造になっている。</p> <p>質問8：漏れインダクタンスとはどういうものをいうのか？ 回答8：漏れインダクタンスとは、自分自身が発生する磁界が相手側に影響を及ぼさないものを電気機器の分野では漏れインダクタンスと称している。</p> <p>質問9：実験装置では磁気レールと電磁石が上下逆になっているが、重力に対する影響はその逆の配置の場合と比べて同じと考えていいか？ 回答9：同じである。なぜなら、磁気レールを固定した場合あるいは電磁石を固定した場合どちらも、重力に逆らって吸引浮上させるので重力に対する影響は同じである。</p> <p>上記のように、質疑に対し明瞭で的確な回答が得られた。3名の審査委員は本人が大学院博士後期課程の修了者としての学力ならびに見識を有するものと判断し、博士(工学)の学位を与えるに値するものと認めた。</p>			