

平成 30年 2月 23日

豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学専攻
学位審査委員会
委員長 大平 孝

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	山田 恭平		学籍番号	第113442号
申請学位	博士(工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学専攻	
博士学位論文名	非ユークリッド幾何学を用いたリアクタンス回路の特性の表現 (Representation of Performance of Reactance Circuits Based on Non-Euclidean Geometry)			
論文審査の期間	平成 30年 1月 18日 ~ 平成 30年 2月 28日			
公開審査会の日	平成30年 2月 1日	最終試験の実施日	平成30年 2月 1日	
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	上原 秀幸			
委員	穂積 直裕		市川 周一	
	大平 孝			印
				印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

ワイヤレス電力伝送などのアナログエレクトロニクスに用いられる線形受動回路の重要な機能のひとつにインピーダンス変換がある。インピーダンス変換回路の設計を視覚的に表現する手法として従来よりスミスチャートが使われてきた。回路上のリアクタンス素子の直列装荷や並列装荷はスミスチャート上でインピーダンスを表す点の平面内移動に対応する。つまり、回路設計の問題はスミスチャート上の2点間を結ぶパス（区分的に滑らかな曲線）を探すという幾何学的問題に置き換えることができる。本論文はこのような回路設計と幾何学との対応をさらに推し進めたものである。

第1章は本研究の背景・目的ならびにインピーダンス変換回路における技術的課題を述べている。第2章はインピーダンス変換回路の振る舞いを非ユークリッド幾何学で説明している。とくにポアンカレの複素半平面に着目し、これを90度回転した半平面に受動回路の正実インピーダンスを写像する手法を提案している。第3章はインピーダンス変換回路のトポロジー例として多段逆L回路を取り上げ、回路全体の電力効率が段間インピーダンスにより左右されることをインピーダンスの偏角を用いて示している。第4章は前章の結果を非ユークリッド幾何学の視点から考察し、スミスチャート上のパスのポアンカレ長さが回路素子内で生じる電力損失を支配することを示している。第5章は前節で述べたポアンカレ長さを利用し、回路素子値の微小な誤差が回路全体の入力インピーダンスの誤差として現れる度合いを定量的に示している。第6章はスミスチャート上の2点を最短で結ぶ手法を示している。新しい2次元座標系として対数抵抗コンダクタンス平面を提案し、この平面上で傾き45度の直線上に沿うパスが最短パスとなることを示している。第7章は本研究の結論を述べている。

審査結果の要旨

低炭素かつスマートな未来社会の構築に向けて高周波パワーエレクトロニクスへの期待が高まっている。例えば、電気自動車の本格的普及を目指す走行中ワイヤレス給電に高周波パワーエレクトロニクスが不可欠である。また、電力網における変圧器のソリッドステート化にも高周波パワーエレクトロニクスが必須となる。これら電力システムにおいては半導体デバイスに加えて受動回路の技術開発が重要である。なぜなら、キロワット級以上の大電力を扱うシステムにおいてはわずかの効率劣化も致命的発熱を引き起こす要因となるからである。

本研究は高周波システムの性能を支配するキーコンポーネントである受動回路の理論を大きく前進させるものである。従来知られていたインピーダンスとスミスチャートの関係を非ユークリッド幾何学の観点から数学的に見直し、新たなる知見を得ている。それはスミスチャート上の2点間に定義される「ポアンカレ長さ」と呼ばれる幾何学的スカラー量が線形受動回路の重要な性能を支配するということである。コンピュータの高速化と電磁界シミュレータの高機能化によって多くの回路エンジニアがデジタル計算機に頼る時代において、本研究は非ユークリッド幾何学を援用することで回路特性を視覚的に表現できることを示した点で独創性が高く評価できる。今後のパワーエレクトロニクス技術開発はもちろんのこと、広く高周波回路分野のエンジニア教育にも資する研究成果と位置付けられる内容である。

以上により本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)