

氏名	まつ お てつ じ 松 尾 哲 司
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 1170 号
学位授与の日付	平 成 3 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 電 気 工 学 第 二 専 攻
学位論文題目	ヒステリシス素子を含む強制振動系における分岐現象の数値解析

(主 査)  
論文調査委員 教授 木嶋 昭 教授 上田 皖亮 教授 安陪 稔

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ヒステリシス素子を含む強制振動系における周期振動の分岐現象の数値解析手法とその応用に関する研究をまとめたもので9章からなっている。

第1章は緒言であって、本研究の背景と研究の目的および本論文の構成について述べている。

第2章では、プライザッハ・モデルを用いてヒステリシス特性を表現する方法と計算アルゴリズムを示し、さらに、ヒステリシス関数を過去の時点の値の変数として表現し、各変数による微分計算について述べている。

第3章では、ヒステリシス素子を含む強制振動系における定常解析の方法について述べている。すなわち、まず、ヒステリシス素子を含む強制振動系の状態方程式を与えて、その変分方程式を導いている。次に、ヒステリシス・ループが不飽和ループとなる場合には、周期解が無限集合をなす場合があることを示し、さらに、この無限集合の中から幾つかの周期解を求める方法を述べ、最後に、その周期解の安定判別法を述べている。

第4章では、ヒステリシス素子を含む強制振動系における基本調波振動の分岐現象について述べている。すなわち、まず、系のパラメータの変化に対する定常特性の変化を、連続変形法を用いて調べる方法を与え、次に、解曲線(特性曲線)の特異点の前後における周期解の安定性の変化を、ヒステリシス素子を含まない場合と比較しながら述べている。さらに、解曲線に現れる単純極限点と単純分岐点の検出と算出の方法などを与え、最後に、分岐集合の追跡法を述べている。

第5章では、分数調波振動の分岐現象について述べている。すなわち、まず、基本調波振動の解曲線から、分数調波振動の解曲線が分岐するための条件を与え、次に、その分岐点の検出と算出の方法、さらに、分岐点における branch switching の方法を述べている。

第6章では、前章までに述べた方法を用いて、2階の強制振動系における分岐現象の解析について述べている。すなわち、まず、ヒステリシス・ループの面積を連続的に変化させることが可能なようにヒステ

リシス関数を与える方法を述べている。次に、第3章で述べた定常解析手法の例を述べ、方法の有効性を示し、さらに、第4章と第5章で述べた方法を用いて並列共振回路と直列共振回路について、基本調波振動および分数調波振動の分岐現象の数値解析を行い、ヒステリシス特性が分岐現象に与える影響について述べている。最後に、上の解析結果と、系の状態方程式を定常状態に至るまで数値積分して得られた結果とを比較検討している。また、カオス現象についても言及している。

第7章では、第3章で述べた、周期解が無限集合をなす場合について、並列共振回路を例にとって検討し、周期解の存在範囲を特性曲線群を用いて示している。

第8章では、2個のヒステリシス素子を含む強制振動系における分岐現象の数値解析について述べている。すなわち、まず、系における定常解析の方法、安定判別の方法を与え、次に、特異点前後における周期解の安定性の変化の様態を述べている。最後に、2相共振回路を例にとって解析し、単相共振回路と比較して検討している。

第9章は、結言であり、本研究で得られた知見を各章ごとにまとめて示すとともに、残された課題について触れている。

## 論文審査の結果の要旨

電気工学の分野において用いられている非線形素子の中には、強磁性体素子や強誘電体素子など、ヒステリシス特性を持つものが少なくない。本論文は、殆ど研究されていない、ヒステリシス特性を示す素子を含む強制振動系における周期振動の分岐現象を数値解析する手法とその応用について研究したもので、得られた主な成果は以下の通りである。

1. プライザッハ・モデルを基として、ヒステリシス特性を表現する方法、さらに、メジャーループの面積を連続的に変化させることが可能なように特性を表現する方法を与えた。
2. ヒステリシス素子を含む強制振動系における周期解を求める方法とその安定判別法を与えると共に、基本調波および分数調波振動に対して、単純極限点と単純分岐点の検出と算出の方法、分岐集合の追跡手法、分岐点における branch switching の方法などを与えた。
3. 上述の方法を用いて並列および直列共振回路の分岐現象の解析を行い、ヒステリシス素子が存在するため生じる分岐、安定性の変化、3倍周期分岐に与える影響など詳細な検討を行った。
4. 周期解が不飽和ループとなるときは、周期解が無限集合をなす場合があることを示し、集合とヒステリシス特性との関係を明らかにし、周期解の存在範囲などを与えた。
5. 2個のヒステリシス素子を含む系に対して、上述と同様な数値解析法を与え、これを2相共振回路に適用して考察した。

以上要するに、本論文はヒステリシス素子を含む強制振動系における周期振動の分岐現象の数値解析手法を与えると共に、それを共振回路に適用して、素子のヒステリシス特性が分岐現象に与える影響を調べたもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成3年2月1日に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。