

Title	非線形共振回路に関する研究
Author(s)	郷原, 佐和子
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/28173
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 5 】

氏名・(本籍)	郷原佐和子 ごう ほん さわ こ
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 4 1 号
学位授与の日付	昭和 34 年 3 月 25 日
学位授与の要件	工学研究科通信工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	非線形共振回路に関する研究
	(主 査) (副 査)
論文審査委員	教授 熊谷 三郎 教授 菅田 栄治 教授 加藤 金正 教授 千田 香苗

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は筆者が大阪大学大学院工学研究科に在学中行なった非線形共振回路に関する研究をまとめたものである。研究の対象となった非線形共振回路は、共振素子インダクタンス、容量のいずれか又は両者が非線形であって、これらを組合せた回路である。非線形材料の進歩に伴ない、非線形回路を適当な目的のために利用しようという試みが盛んとなりつつある現在、かかる回路の基本的特性を知ることは重要な問題である。本論文はこの目的のために種々の解析を行ない、在来知られていなかった二、三の特異性を明らかにしたものである。本文は 3 部よりなっている。

第 1 部は本論文に関する概論であって、2 章よりなっている。

第 1 章は非線形回路の歴史的考察、およびその特異性と重要性についてのべている。

第 2 章は本研究の分野に関連する在来の研究の概要を説明して、本論文がこの分野においてしめる地位を明らかにしたものである。

第 2 部は非線形共振回路の共振特性に関する研究であって、3 章よりなっている。

第 1 章は非線形共振回路の直列、および並列共振特性の解析およびその結果をのべたものである。線形化理論および等価インピーダンスについて説明し、容量、インダクタンスの一方または両方、非線形である直並列共振特性について論じている。これらの回路は今まで個々別々に取扱われてきたものであって、本章の研究によって非線形共振回路の共振特性は統一的に取扱われるようになった。

第 2 章は偏倚電圧を加えた非線形共振回路の共振特性に関する研究である。前章でのべた非線形共振回路に、直流偏倚電圧または電流を加えると、共振特性に二、三の特異な現象が生ずることを明らかにしたものである。解の正弦波交流電圧に対する応答には、二度の跳躍現象があらわれる。また、直流偏倚電圧、または電流を可変パラメータとしてえらぶ時は、跳躍の後、再び可変パラメータを零としても解はもとの値に戻らず、跳躍した高い値のままにとどまる。この現象は在来全く知られていなかった新しい現象であっ

て、筆者はこれを残留跳躍現象とよぶことにした。本章では Ritz-Galerkin 法を用いて現論的にこの場合の解を求め、次の実験によってこれらの現象を実在することを明らかにし、理論解との良好な一致をみている。

第3章は非線形容量結合回路の共振特性について述べている。一般に自由度が2以上の非線形回路の解析はほとんど未開の分野である。本章では二つの線形インダクタンス、線形抵抗の直列回路が非線形容量で結合された回路において、特に一方のループが偏倚電圧を有する共振回路を構成する場合について論じ、二、三の解析結果を示している。

第3部は非線形共振回路の過渡特性に関する研究であって、同じく3章よりなっている。

第1章は非線形共振回路の自由振動を、位相平面法を用いて解析した結果について述べている。共振素子の一方、もしくは両方が非線形でもある場合を取扱っているが、特に非線形容量を含む回路の自由振動に特異な現象がみられることが明らかになっている。

第2章は交流電圧を印加した時の非線形共振回路の過渡特性を求める一方法、およびそれにもとづく結果を示している。このような時間関数印加の場合の位相面トラジェクトリを求めることは一般に難解であるが、E-関数法を並用することによって比較的簡単に求められることを示し、共振素子の一方もしくは両方が非線形である回路に、種々の初期位相の下に交流電圧を印加した場合の位相面トラジェクトリおよび過渡波形を求めている。

第3章は非線形結合回路の過渡特性を求める一方法、およびそれにもとづく結果を示している。非線形素子が結合ループのいずれか1ループにある場合は、系全体を2次以上の高次微分方程式で表現することが可能である。しかし結合ループの各々に非線形素子がある場合にはこのことは不可能である。かかる場合には各ループにつき位相平面トラジェクトリを連立させてとくことが必要である。本章はこのような場合の解法、および二、三の解析結果を示している。

以上のごとく非線形インダクタンスおよび非線形容量、ならびに線形素子を組合わせた基本的回路について解析を行ない、過渡特性および正弦波交流電圧に対する共振特性を求めた結果、在来知られていなかった二、三の特異現象を明らかにすることができた。

論文の審査結果の要旨

この論文は非線形素子を有する共振回路の定常特性および過渡特性に関する研究の成果で3部8章から成っている。

第1部は緒論で2章から成り、第1章において非線形回路の重要性と特異性について論じ、第2章において在来の研究と著者の研究との関連を述べ著者の研究の意義を明かにした。

第2部は非線形共振回路の定常特性について研究したもので3章から成っている。

第1章は直列および並列共振回路において容量、インダクタンスのいずれか一方、または両方が非線形である場合の正弦波交流電圧に対する定常応答について研究したもので、Kryloff, Bogoliuboff 両氏の近似線形化理論を使って共振特性を統一的に論究し、容量とインダクタンスの両方が非線形の場合は他の場

合にくらべて二重安定の領域を著しく拡大できることを明らかにした。

第2章は偏倚電圧を加えた非対称非線形共振回路の特性について研究したものである。著者はこの種の問題には Ritz-Galerkin 法の適用が有効であることを論じ、この方法を使って非線形容量に線形抵抗およびインダクタンスを直列に接続し、これに正弦波交流電圧と直流偏倚電圧を加えた場合の応答を求めた。その結果、多重安定、残留跳躍など多くの興味ある新現象の発生が可能であることを示し、更に実験によって理論の結果の正しいことを確めた。

第3章は多自由度系に拡張された Ritz-Galerkin 法を使って非線形容量結合共振回路の特性を解析したものである。回路としては線形抵抗およびインダクタンスより成る二つの回路を非線形容量で結合したものを考え、その一方に正弦波交流電圧と直流偏倚電圧を加えた場合の応答を求めた。前章と同様に多重安定現象、残留跳躍現象などの発生することを明らかにした。

第3部は非線形共振回路の過渡特性について研究したもので3章から成っている。

第1章は容量とインダクタンスで構成される直列共振回路において、その双方またはいずれか一方が非線形である場合の自由振動について研究したものである。この種の問題には位相平面法の適用が有効であることを論じ、非線形度の大きい場合の取扱いに成功している。容量が線形であると、インダクタンスの線形、非線形に関係なく、充電時と放電時の電荷、電流波形は同形であるが、容量が非線形になると充電時と放電時とで振動波形が全く異なり、容量の端子電圧が著しく高くなることを明らかにし、特に容量とインダクタンスの双方が非線形になると、充、放電時の波形の相違は一層著しく、充電時には回路に大電流、高電圧の発生することを示した。

第2章は前章と同様の回路に正弦波交流電圧を加えた場合の過渡特性について研究したものである。著者は位相平面法と E 関数法とを巧みに併用し、さらに経過時間の幾何学的決定法を考案し多くの重要な結論を導いた。容量だけが非線形の場合の応答波形は比較的正弦波に近いが、容量、インダクタンスともに非線形の場合の応答波形は鋭い衝撃波状となり、振幅が非常に大きくて周期の短い部分と振幅が非常に小さくて周期の長い部分とに明確にわけられることを示した。

第3章は非線形結合共振回路の過渡特性について研究したものである。著者は、この種の問題の位相面による解法を高次位相空間法と連立位相平面法の二つにわけ、高次位相空間および連立位相平面における加速度平面法と E 関数法とを比較検討した上、著者の問題に対しては連立位相平面における E 関数法の使用が最も適切であることを認め、この方法によって、まず一次側と二次側にそれぞれ非線形容量を有する誘導結合回路の一方に直流電圧を加えた場合の特性を解明し、ついで一次側および二次側にさらに非線形インダクタンスを附加した場合の特性を解明した。その結果、いずれの場合にも一次側非線形容量の端子には印加電圧より遙かに大きい高電圧が発生するのに対し、二次側非線形容量の端子電圧は印加電圧にも達しないこと、一次側非線形インダクタンスの存在は自由振動周期を長くすること、二次側非線形インダクタンスの存在は二次回路の電荷、電流の変化を小さくすることなどを明らかにした。

上記のように著者は適切な方法を選んで非線形共振回路の特性について周密な研究を行い多くの新事実を発見した。中でも多重安定現象および残留跳躍現象の発見は特筆すべき業績で制御系への新しい利用が期待される。また著者の取り扱った回路の中には誘電増幅器、半導体パラメータ増幅器などの基本回路が

含まれているので著者の研究は、この種の増幅器の改善にも寄与している。著者の研究の重心は非線形容量素子の挙動に向けられているが、近年、強誘電材料の開発と半導体障壁容量の利用により非線形容量素子の重要性がますます高くなっているため著者の研究の価値は極めて大きい。このように著者の研究は通信工学およびこれに関連のある分野の進展に貢献するところが大きいので、この論文は博士論文として価値があるものと認める。