

論文内容要旨 (和文)

1999年度入学 大学院博士後期課程

生体センシング機能工学専攻

講座

学生番号 99522405 番

氏名 佐藤 和栄



論文題目

スピーカ等価回路定数の高精度測定システムの開発と応用の研究

内容

電気信号を音波に変換するスピーカは人間に情報を伝えるという役割を持ち、非常に重要なヒューマンインターフェースである。デジタル技術の発達と音響機器のパーソナル化は音響機器への小型化をますます強く要求してきている。しかし、スピーカの小型化はダンパーやエッジなど支持系のスティフネスが大きくなり最低共振周波数を高めてしまうことや、再生音圧は振動板で排除される体積加速度量に比例するため低音ほど大振幅で振動させなければならず振動板面積の小さい小型スピーカほどより大きな振幅で振動させることが必要である。最低共振周波数が高いことは低音再生を難しくし、大振幅は歪を多く発生させてしまうことになり、小型スピーカで低音再生することを困難にしている。

現在多く用いられている動電型スピーカの開発・設計において、振動系の質量・機械抵抗・スティフネスおよび力係数等を集中定数で表す電気機械音響系等価回路は、簡単な計算で高精度の解析が可能のため広く利用されている。開発したスピーカが設計通りに動作しているかどうかを調べるためにスピーカの各定数を高精度に測定する必要がある。今までにスピーカの等価回路定数の測定法について多くの研究開発がなされてきたが、スピーカの特性を十分に表す測定法は確立されていない。

そこで比較的入力レベルの小さい線形な領域においてスピーカ支持系を表す等価回路にクリープ現象を考慮した新しい機械系等価回路を提案し、その等価回路定数の測定法を開発した。この等価回路は機械抵抗とスティフネスの直列回路に機械抵抗とスティフネスからなる並列回路を多段に直列接続したものである。支持系の機械抵抗やスティフネスの値が周波数と共に変化する様子を集中定数型等価回路で表わすことができ、スピーカの低音特性を精度良く解析できるようにした。

また、スピーカを大振幅で振動させた時の入力電圧・ボイスコイルに流れる電流および振動板振幅の時間応答特性を計測し、電気系・駆動系・支持系等価回路の各定数が振動板振幅によって変化する非線形量を算出する測定法を開発した。この結果、電気系、駆動系、支持系の各非線形性が高調波歪発生へ及ぼす影響について定量的な解析を可能にした。

線形領域のクリープ現象を考慮した等価回路の測定結果から支持系のスティフネスと機械抵抗の周波数特性と振幅による各等価回路定数が変化する非線形量とを結合した特性解析法を開発し、広い周波数でかつ大小の振幅に対して精度の高い特性解析を可能にした。その結果、従来の測定法で解析できなかった入力レベルにより共振周波数に変化する様子の解析を可能にし、入力レベルの変化に対する低周波領域の音圧再生特性、高調波歪特性

の変化などの解析が可能にした。

スピーカユニットの高精度な測定と解析はスピーカスピーカをキャビネットに搭載時の低音特性の正確な予測が可能になり、スピーカの性能を最大に生かすシステム設計が可能になった。また、電気系、駆動系、機械系の非線形量が高調波歪特性に対し、どの周波数に対し影響を与えているかも予測可能にした。

論文内容要旨 (英文)

1999年度入学 大学院博士後期課程
生体センシング機能工学専攻 ^{生体機能情報学} 講座
学生番号 99522405 番
氏名 佐藤 和栄



論文題目

Study on Measurement System of Equivalent Circuit of Electro dynamic Loudspeaker

The purpose of this study is to develop the measurement system of equivalent circuit and to calculate the equivalent circuit characteristics of electro dynamic loudspeaker

Recently the high-performance audio equipment's have been developing using the digital technique. They have the special feature of large dynamic range, wide frequency range and high quality multi-channel sound as the 5.1 ch. Therefore, the loudspeaker has been demanded to reproduce high quality sound more and more.

It has been used to utilize the electrical mechanical equivalent circuit for simulating the characteristics of the dynamic loudspeaker. It is important to know the each value of the elements. Specially, when the loudspeaker diaphragm is vibrated by large amplitude to get dynamic bass frequency range sound, high level distortion is occurred to cause the sound quality rather worse. This distortion depends on the non-linearity of suspension system and driving force varying with diaphragm displacement. In order to design the high quality loudspeaker, it is important to investigate the non-linearity characteristics, of stiffness, mechanical impedance and driving force. Many researchers have been tried to develop the measuring system of the non-linearity. But, the obtained value differs very much from the stiffness value measured by dynamic method. Accordingly we can not simulate the reproduced sound precisely.

I have proposed the new equivalent circuit considering creep phenomena of suspension system and developed the measuring system of the equivalent circuit. And also I have developed the measurement system of the nonlinear characteristics occurring at large vibrating amplitude of the diaphragm. Using the developed equivalent circuit, I have made possible to calculate the response of low frequency range and the harmonic distortion characteristics of loudspeaker precisely.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成17年 2月 7日

大学院理工学研究科長 殿

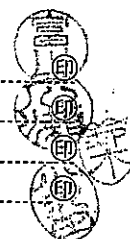
課程博士論文審査委員会

主査 富川 義朗

副査 広瀬 精二

副査 鈴木 勝義

副査 小沢田 正



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告致します。

記

1. 論文申請者

専攻名 生体センシング機能工学 専攻
氏名 佐藤 和栄 学生番号 99522405 番

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

スピーカ等価回路定数の高精度測定システムの開発と応用の研究

3. 学位論文公聴会

開催日 平成17年1月26日
場所 山形大学工学部
生体センシング機能工学教室 9号館 300-2室

4. 審査年月日

論文審査 平成17年1月26日 ~ 平成17年1月31日
最終試験 平成17年2月1日 ~ 平成17年2月7日

5. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入すること。)

(1) 学位論文審査 合格
(2) 最終試験 合格

6. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

7. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

専攻名	生体センシング機能工学専攻	氏名	佐藤 和栄
学位論文審査報告書の要旨			
<p>最近の音響機器のデジタル化、パーソナル化、モバイル化は小型高性能化の技術開発に拍車をかけ、スピーカにも小型で高性能な特性が要求されて来ている。小型のスピーカは低音再生が課題であり、高性能化を阻んでいる。スピーカ開発において、低音特性の解析・設計にスピーカの電気音響等価回路の定数測定が行われてきたが、等価回路の表記法や測定法に課題があった。この研究は集中定数型で精度良く表すことのできるクリープ現象を考慮した新しいスピーカの等価回路を提案し、その等価回路定数の測定法を開発した。また、非線形領域の振動定数の変化を測定する方法も開発している。従来、スピーカ支持系の非線形特性を変位に対する一個の多項式で表していたが、実際のスピーカは振幅範囲によって特性が異なってくることを明らかにし、従って振幅範囲を変えながら非線形性を測定することを提案している。即ちその測定結果を用いて解析した特性と実測の特性は良く一致し、高精度の特性解析が可能になることを明らかにしている。また、スピーカを直接電氣的に駆動し測定する方法と、音響カプラーを用いて音響的に駆動し測定する2つの等価回路測定法を開発し、駆動法によってそれぞれのメリットがある事を明らかにしている。さらに、開発した測定法を用いて評価を行い、小型スピーカユニットを開発した応用例についても述べている。この新しいスピーカの等価回路定数測定法の開発はこの部門の工学への寄与を大とするものである。論文の内容は以下の通りである。</p>			
<ol style="list-style-type: none"> 線形領域におけるスピーカの等価回路の表し方とその算出方法について述べている。スピーカ支持系の復元力特性を表す等価回路にクリープ現象を考慮した新しい等価回路を提案しその等価回路定数の算出法を述べている。 スピーカに大きな入力を加えた時に発生する非線形特性を精度良く測定する方法を示している。振動板の変位と共に、電気系のインダクタンス、力係数、支持系のステイフネスや機械抵抗の変化を測定する方法について詳しく述べている。 スピーカの等価回路定数の測定法として、音響カプラーを用いて振動板を音響的に駆動して測定する新しい測定法を開発している。この測定法はスピーカの電気系の影響を全て取除くことができ、振動定数を直接的に測定できる利点があり、エッジやダンパーなど支持系単体の機械インピーダンス特性や力係数を測定できるので、部品単体性能を評価する測定法として有用であることを示唆している。 開発した測定法を小型高性能スピーカの開発に応用した例を述べている。スピーカの要素部品ごとの特性を解析し、試作したスピーカを本測定法を用いて測定評価している。その結果口径8cmの小型スピーカながら±8[mm]の大振幅振動が可能スピーカを開発し、その開発内容についても述べている。 			
<p>以上のように開発した測定システムは、スピーカ特性を評価する有効なツールであることを示すものであり、スピーカの低音特性改善に有効であることを論じている。</p>			
<p>本研究の成果は、本人が電気音響研究会や国際会議などにおいて6回の発表を行っている。また、学術雑誌へは2報の掲載が予定されている。さらに本研究を通じて国内特許2件が登録されている。これらの研究成果は学術的、工学的に価値のある知見を多く含んでおり、よって博士論文として十分なものと認め、合格と判定する。</p>			
最終試験結果の要旨			
<p>佐藤和栄氏が専攻する「スピーカ等価回路定数の高精度測定システムの開発と応用の研究」に関して、(1)音響変換器の知識の習得とスピーカへの適用、(2)解析に関する知識と技術の蓄積、(3)実問題への適応能力、が面接により確認できた。さらに、語学力に関しては、(4)スピーカの測定と音場計測に関して国際会議において2回の発表を行っている。これらにより、佐藤和栄氏は研究者としてのレベルに達していると認められる。加えて、公聴会における討論での適切な対応により、博士に相当する学力と見識が認められた。</p>			
<p>これらを総合し、最終試験には合格と判定した。</p>			