

審査の結果の要旨

氏名 柳 依然

環境振動発電は、環境の中に広く存在する振動エネルギーから微小電力を取り出す技術であり、IoT デバイスをののためのメンテナンスフリーの持続型電源などとして、大きな期待が寄せられている。なかでも、誘電体中に電荷を保持させたエレクトレットを用いる静電誘導発電は、小容積、低周波数においても効率良く発電できる手法として注目されている。本論文は、エレクトレット発電機の発電出力を非線形回路により増倍するための小型電源回路の開発を行ったものである。

本論文は7章からなっている。第1章は序論であり、エレクトレットを用いた環境振動発電デバイスについて概観し、高電圧の交流出力を電子デバイスを駆動するための直流電圧に効率良く変換する回路についてレビューしている。そして、圧電発電には振動に同期してスイッチングをすることにより発電量を増倍するSSHI (Synchronized Switch Harvesting on Inductor) などの非線形電源回路が提案されている一方で、エレクトレット発電機は、出力電流が非常に小さく寄生容量の影響が大きいことから、同様の非線形電源回路はこれまで提案されてこなかったことを指摘している。そして、本研究の目的である、IC技術に適合し、小型化が可能な非線形電源回路の必要性について述べている。

第2章では、非線形電源回路開発のためのエレクトレット発電機の等価回路モデルの検討について述べている。重なり面積変化型のエレクトレット発電機における静電反力が出力電圧に比例することを示し、単純な等価回路として表現できることを明らかにした。また、等価回路モデルが回転型発電機テストベンチを用いた実験結果とよく一致することを示し、その有効性を確認している。

第3章では、エレクトレット発電機に対するSSHIの検討について述べている。まず分圧回路を用いたSSHIを適用し、初めて2.5倍程度の発電量増大を得たが、電圧が過大であり、分圧回路での電力ロスが大きいことを示した。そこで、第4章では、2相の電極により、制御回路と発電出力回路を分離することを提案し、実際の発電機を用いた計測により、分圧を用いた回路よりも4割程度向上できることを明らかにするとともに、コールドスタートの実現を示した。

第5章では、低い電圧でも発電量増大効果の高い、SECE (Synchronized Electric Charge Extraction) 回路の検討について述べている。2相電極を用いたコールドスタート可能な回路により、広い電圧範囲においてダイオードブリッジによる単純な整流回路やSSHIに比べて大きな発電出力が得られることを示した。第6章では、全体の寸法に大きな影響を与えるインダクタの寸法を抑えた回路を試作し、ダイオードブリッジによる単純な整流回路に比べて、出力電圧5V程度でも約2倍の発電出力と70%程度の効率が得られることを明らかにしている。

第7章は結論であり、本論文の結論をまとめている。

以上要するに、本論文は、2相電極とSECE回路を用いることによって、エレクトレ

ット発電機に適合した非線形電源回路による発電出力の増倍を初めて実現したものである。本論文の成果は、環境発電への適用範囲をさらに広げるものであり、エネルギー工学、デバイス工学などの進展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。