

補助事業番号 27-122

補助事業名 平成27年度 共振型発電機の発電性能向上に関する 補助事業

補助事業者名 法政大学理工学部機械工学科 専任講師 相原建人

1 研究の概要

本事業では廃棄される振動エネルギーを効率良く回収する共振型発電機の性能向上に関する研究を実施した。非線形振動を積極利用することでより広い加振周波数帯で大きな発電を可能とする共振型発電機を設計した。そのために理論・実験の両面からアプローチを行った。

2 研究の目的と背景

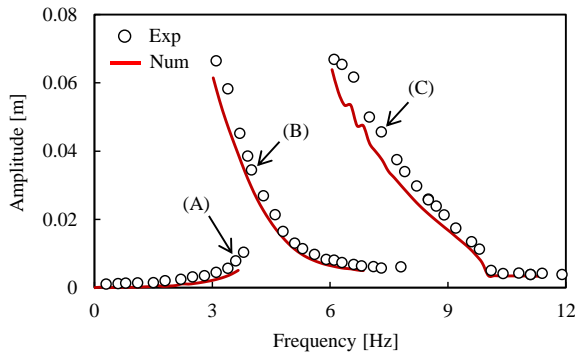
持続可能な社会の実現のため、廃棄されるエネルギーを回収し再利用するエナジーハーベスティングに関する研究開発は世界中で行われている。その中でも電磁誘導現象を利用し、外部からの振動エネルギーをコイル中に振動子である磁性体を通過させることで電気エネルギーに変換する共振型発電機に関する研究は国内外において古くから行われている。これまでに実用化あるいは研究されてきた共振型発電機は共振周波数を対象とする振動源(例えば人体歩行)に合わせることで振動子を共振させ、発電量を向上させている。これはすなわち発電機の固有振動数の最適設計問題となるが、最適化された加振周波数以外ではほとんど発電量が得られない。そこで本事業ではより広い加振周波数帯で発電することを目的とし、研究を行った。その方法として非線形振動を積極的に利用する。非線形振動はその応答振動の事前予測が困難であることからそれを利用した共振型発電機の最適設計は難しい。しかし、非線形振動では線形系では起こりえない高次の共振が発生することからより大きな発電量が見込まれる。そこで本事業においてはまず非線形振動を積極利用した共振型発電機における振動子の応答振動予測法を構築し、最適設計を行う。さらに非線形振動を積極利用した種々の共振型発電機を設計製作し、その性能を評価する。

3 研究内容

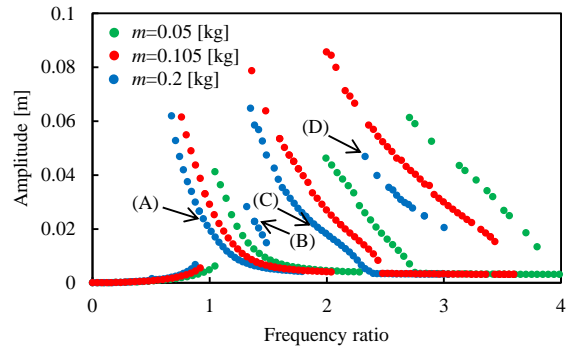
(1) 非線形共振型発電機の発電量予測のための振動子挙動解析法の構築

(<http://aihara-lab.ws.hosei.ac.jp/nonlinear.html>)

磁性体による反発力を利用した非線形共振型発電機の最適設計のため、磁気浮上している振動子の応答振動の解析法構築を行った。解析モデルとして周期励振が作用する鉛直1自由度反発型磁気浮上系を考え、自然状態での振動子の静的釣り合い点、つまり平衡点に着目し、平衡点が非線形共振現象に与える影響を明らかにした。まず磁性体反発力を平衡点を境に二つの4次式で表現するモデル化を行い、運動方程式を数値積分することにより定常応答振動



理論解析と実験結果



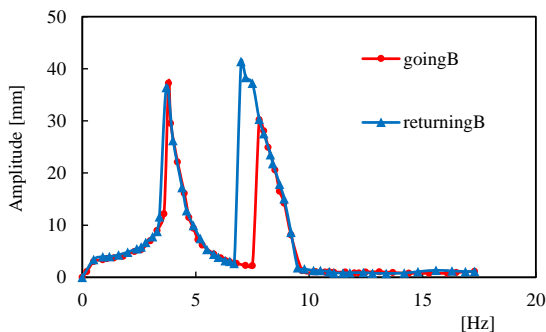
理論解析による振動子質量の影響解明

を求めた。次に解析モデルの有効性を検証するため実験を行い、数値計算結果と比較した。さらに数値計算により、平衡点の影響を振動子の質量を変化させることにより調べる。これらの解析によって、質量の大きさと磁性体反発力の兼ね合いにより、主共振、 $1/2$ 、 $1/3$ 次分数調波共振だけでなく、さらに $2/3$ 次高分数調波共振を励起することが可能であり、限られた加振周波数帯において大きく発電可能であることが示された。

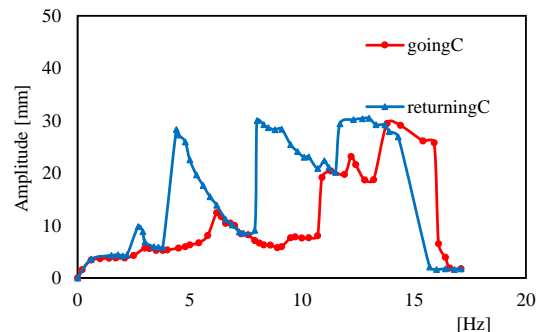
(2) 非線形振動を積極利用した共振型発電機の設計製作および性能評価

(<http://aihara-lab.ws.hosei.ac.jp/nonlinear.html>)

本研究では $1\sim 20$ Hzの加振周波数帯において発電量の総和を大きくすることを目標とし、非線形振動を積極利用した共振型発電機の設計製作および性能評価を行った。共振型発電機は従来の振動子が線形ばねで支持された①線形型、振動子が磁性体の反発力を受け浮上している②磁気浮上型、線形ばねに弾性衝突する③衝突型の3種を設計製作し、それぞれ性能を評価した。①は線形型で②、③は非線形型、また非線形性は③のほうが強いものとなっている。その結果、非線形性の一番強い③において狙いとおり発電量の総和が一番大きくなった。



共振型発電機 (②磁気浮上型) 性能評価実験結果



共振型発電機 (③衝突型) 性能評価実験結果

4 本研究が実社会にどう活かされるか-展望

これまでに実用化あるいは研究されてきた線形系である共振型発電機に対して本事業で取り扱った非線形共振型発電機ではより広い加振周波数帯において大きな発電量を得られることが示された。今後、本事業で提案された解析手法および発電機構造を基に、様々な状況に最適化された非線形共振型発電機が開発されていくことが期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本事業における研究は事業者がこれまでに進めてきた非線形振動に対する理論解析に関する研究を足がかりとし、実構造物への応用を狙ったものである。理論解析により得られた知見をそのまま実構造物へ適用しただけでは、狙った性能を引き出すことができず、理論と実際との差異に直面し、実構造物への応用のためにはより広い視野を必要とすることが明らかになった。本事業で得られた知見を基に、今後も非線形振動解析理論とその応用について研究を進めていく。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- [1] 磁気浮上体の強制振動解析, 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2015 USB 講演論文集, No. 15-7, 118, 2015.
- [2] Characteristic Analysis of Electrical Generator Using Nonlinear Resonance Phenomena, Proceedings of The 2017 International electrical Engineering Congress, pp. 157-160, 2017.

7 補助事業に係る成果物

上記6[1], [2]において収録された講演論文

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 法政大学理工学部（ホウセイダイガクリコウガクブ）

住 所： 〒184-8584

東京都小金井市梶野町3-7-2

申 請 者： 専任講師 相原建人（センニンコウシ アイハラタツヒト）

担 当 部 署： 理工学部機械工学科（リコウガクブキカイコウガクカ）

E-mail： tatsuhito.aihara@hosei.ac.jp

U R L： <http://aihara-lab.ws.hosei.ac.jp/>