

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 題目(和文)            |                                                                                                                                                                                                 |
| Title(English)    | Development of Pneumatic Booster Valve with Energy Recovery                                                                                                                                     |
| 著者(和文)            | イムジョンハ                                                                                                                                                                                          |
| Author(English)   | Jongha Lim                                                                                                                                                                                      |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第11509号,<br>授与年月日:2020年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:只野 耕太郎,石田 忠,金 俊完,沖野 晃俊,吉田 和弘                                                                          |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第11509号,<br>Conferred date:2020/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文                                                                                                                                                                                            |
| Category(English) | Doctoral Thesis                                                                                                                                                                                 |
| 種別(和文)            | 審査の要旨                                                                                                                                                                                           |
| Type(English)     | Exam Summary                                                                                                                                                                                    |

論文審査の要旨及び審査員

|                   |      |        |     |         |       |      |  |
|-------------------|------|--------|-----|---------|-------|------|--|
| 報告番号              | 甲第 号 |        |     | 学位申請者氏名 |       | 林 鍾何 |  |
| 論文審査<br><br>審 査 員 |      | 氏 名    | 職 名 |         | 氏 名   | 職 名  |  |
|                   | 主査   | 只野 耕太郎 | 准教授 | 審査員     | 吉田 和弘 | 教授   |  |
|                   | 審査員  | 石田 忠   | 准教授 |         |       |      |  |
|                   |      | 金 俊完   | 准教授 |         |       |      |  |
|                   |      | 沖野 晃俊  | 准教授 |         |       |      |  |

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Development of Pneumatic Booster Valve with Energy Recovery」と題し、全 5 章から構成されている。

第 1 章「Introduction」では、本研究の背景として、産業におけるエネルギー消費のうち、10%以上が空気圧システムによるものであり、空気圧システムの省エネルギー化が求められていると述べている。コンプレッサが生成する圧縮空気の供給圧力を 0.1MPa 下げるたびに約 8%の省電力効果があるとされることから、多くの工場において供給ラインの低圧化が推奨されていることを説明している。一方、低圧では稼働できない装置が存在することから、局所的に高圧の供給が必要であるとしている。これを実現する手段として増圧器の利用が有効であるものの、その増圧過程で圧縮空気の一部が排気されてしまっており、エネルギー効率の改善が必要であると指摘している。一方、従来排気されていた圧縮空気を回収することで、エネルギー効率の改善を図ったエネルギー回収型増圧器が過去に提案されているが、その有効性は実験的には確認されておらず、その設計指針も不明であるとしている。そこで本研究では、エネルギー回収型増圧器の有効性を実験的に示すとともに、その性能と設計パラメータの関係を明らかにし、よりエネルギー効率の高い増圧器を実現することを目的としている。

第 2 章「Experimental Validation of Pneumatic Booster Valve with Energy Recovery」では、エネルギー回収型増圧器の有効性を従来の増圧器と比較しながら実験的に検証している。はじめに、エネルギー回収型増圧器が、従来排気されていた圧縮空気を、追加設置された膨張シリンダと呼ばれる受圧面積の大きいシリンダに回収し、駆動力として再利用するものであることを説明している。次に、膨張シリンダの有無を変更可能な増圧器を実験装置として製作し、その構成について述べている。増圧器の評価指標としてエネルギー効率と増圧比を定義し、エネルギー回収型増圧器におけるこれらの値が、従来の増圧器に対して、それぞれ最大 8%および 17%向上することを実験的に示している。さらに、これらの結果を解明するために、膨張シリンダによってどれだけの圧縮空気の有効エネルギーが回収および再利用されているかを表す回収率という独自の指標を提案し、膨張シリンダの面積比や圧力条件との関係を理論的に導出している。この回収率の計算結果がエネルギー回収型増圧器によるエネルギー効率の向上分と一致するとともに、各供給圧力で回収率が最大になる面積比が存在することを明らかにしている。

第 3 章「The Impact of Geometric Design on Performances of Pneumatic Booster Valve with Energy Recovery」では、エネルギー回収型増圧器の設計指針を明らかにするために、幾何学的パラメータと各性能指標の関係を実験的に調査している。はじめに、シリンダの交換により受圧面積やストロークを変更できる実験装置を設計、製作し、様々な条件の組み合わせに対して性能を評価している。その結果、ストロークが一定であれば、異なる供給圧力でエネルギー効率、増圧比を最大化する膨張シリンダの面積比が存在することを示している。また、面積比が一定の場合、シリンダのストロークが短くなるとエネルギー効率が低下することを明らかにしている。この要因として配管などの容積が増圧過程においてデッドボリュームとして作用し、その比率がエネルギー効率に大きく影響することを理論的解析

から明らかにしている。

第4章「Proposal of Design Policy and Evaluation of Prototype of Pneumatic Booster Valve with Energy Recovery」では、第3章までに明らかとなった性能とパラメータの関係を基に設計指針を構築し、エネルギー回収型増圧器の試作およびその評価を行っている。設計指針として、膨張シリンダの面積比については、回収率を最大とする値とし、ストロークはデッドボリューム率を下げるために長くすべきであるとしている。ストロークについては、エネルギー消費だけでなく製造も考慮したコストを最小とする最適値の算出方法を提案している。次に、上記の設計指針に基づいてエネルギー回収型増圧器を設計、試作し、従来の増圧器に対して性能の比較評価を行っている。評価の結果、試作機の最大エネルギー効率は64 %となり、従来の増圧器よりも最大11%高いことを示している。さらに、本試作機を国内の産業全体に適用した場合、エネルギー消費の0.4%が節約され、年間およそ410万トンの二酸化炭素排出量を削減できると試算している。

第5章「Conclusion」では、本論文により得られた結果を総括するとともに今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、エネルギー回収型増圧器のメカニズム、効果を実験および理論によって解明し、その設計指針を確立するとともに、実機の試作および評価によってその有効性を明らかにしたものであり、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。