



Title	ガス遮断器の大出力操作機構におけるサージ解析と新ねじりばねの開発によるばねの最適化の研究
Author(s)	奥野, 満晴
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39212">https://hdl.handle.net/11094/39212</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	おくの 野満晴
博士の専攻分野の名称	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	第 1 1 5 1 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 7 月 2 2 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	ガス遮断器の大出力操作機構におけるサージ解析と新ねじりばねの 開発によるばねの最適化の研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 吉 川 孝 雄 (副査) 教 授 角 谷 典 彦    教 授 小 倉 敬 二

### 論 文 内 容 の 要 旨

電力用遮断器は、電力系統に短絡や地絡を生じた場合、開路指令を受けてから、50, 60 Hzの周波数の2, 3サイクル(33~60ms)で、電流を短時間に遮断しなければならない。そのため、急激で大きな操作力により、質量の大きい接点を駆動する必要がある。また、一年に一度のような稀頻度でも、必要時に確実に動作しなければならない。操作機構はこのような任務を遂行し、高い信頼性を持たねばならない。ガス遮断器の操作機構に圧縮空気を用いず、気密不良などの故障要因を少なくして信頼性の向上を図るには、ばねのひずみエネルギーにより接点を操作するばね操作機構が適している。高い定格のガス遮断器に適用できる大出力のばね操作機構の開発が要望されていた。本研究の目的は、高い定格のガス遮断器に必要な運動特性を、極力小さなばね荷重と、小さな質量のばねで達成できるようにし、大出力ばね操作機構のばねの最適化を図ることである。一般に多く採用されているコイルばねを用いる場合、運動系の全運動エネルギーに対するばね自身の運動エネルギーの割合が大きくなり、必要速度を得るためには、そのぶん、ばね荷重を大きくする必要がある。ばね荷重が大きくなると、その荷重を保持する機構が大型化して質量が増大し、遮断時にそれを解除する応答時間が遅れるので、高速度遮断が困難となるなどの問題点を生じる。また、大型で質量の大きなばねは、コンパクト化や低廉化を困難とする問題点を生じる。

ガス遮断器は、コイルばねのサージ時間までに動作を完了するほどの高速で動作するので、ばねのサージ現象を解明する必要がある。ガス遮断器の運動系の質量に作用するばねの操作力と、急制動して停止するときのばねの振動による応力について、ばねのサージを一次元波動にモデル化して解析し、試験により確認して高速動作時のばねの挙動を明らかにした。ばねの操作力は、サージ時間までの間、運動系の質量に依存し、時間の経過にともなってほぼ直線的に低下し、コイルばねの有効巻数にも依存しないことを示した。さらに、ばねの操作力と急制動時のばねの振動による応力に対するサージの影響の度合を、本論文で定義した新しいパラメータで把握できることを明らかにした。

各種ばねをこのパラメータなどで定量的に比較検討し、トーションバーの特長を生かし、そのばねの問題点を解決した新しいばねを開発し、抜本的に改善を図った。そのばねは、2本のトーションバーを並列に配置し、トーションバーの一端を固定し、他端をもう一本のトーションバーの一端と回転自由なジョイントで剛に連結して折り返し、そのトーシ

ョンバーの他端より出力を得るように組み合わせたねじりばねであり、「パラレルバー」と称する。ばね特性と応力の静特性の計算式を導出し、使用限度を定め、動特性についても解析と試験結果により明らかにした。直列に接続した一本のトーションバーと同等のばねの特性を有し、曲げ応力は実用上問題とならず、ばねの運動エネルギーが小さく、トーションバーと同様にサージの影響が他のばねと比較して非常に小さいことを明らかにした。

パラレルバーの実用化のため、動作回数に対応した強度の把握も必要である。純粋なねじりだけではないので、トーションバーよりも強度に注意を払う必要があるため、実使用状態より過負荷な応力振幅に設定し、破壊試験を実施した。その結果、インボリュートセレーション部の最大応力部で、4万回の繰返し回数の試験で破損した。三次元的応力集中が発生するセレーションの歯元の応力解析を実施し、穴側のセレーションを、歯先が削られて不完全なセレーションとなるテーパ部に、完全にオーバーラップするよう組み立てるだけで、応力振幅を10%小さくできることを明らかにした。ガス遮断器への適用について考察した結果、開路操作のためにパラレルバーのばね荷重の保持を解除した直後、急激にリンク系にばね荷重が作用して負荷が大きくなることが分かった。ガス遮断器のリンク系を2, 3自由度の種々のケースにモデル化し、解析解を導出し、基本構想設計時に有用な動作初期の負荷の最大値を求める簡易式を提案し、試験結果により計算法の妥当性とリンク系の設計手法を明らかにした。

ばねの最適化の成果を評価すると、新ねじりばねとして開発したパラレルバーは、従来の設計による大型のコイルばねに比べて、ばね荷重を約30%低減でき、ばねの質量を約75%低減できた。パラレルバーを採用したばね操作ガス遮断器は、すでに実用化され、国内外に多数の運転実績を有する。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、ガス遮断器のばね操作機構の大出力化のため、ばねのサージ現象を解析してばねの特質を検討し、その結果に基づいた新しいねじりばねを開発・実用化することにより、電流の遮断に必要な運動特性を、小さなばね荷重と、小さな質量のばねで得ることを目的とした研究をまとめたものである。

ばねのサージング現象を取り扱った研究はあるが、ばねを駆動源とした機構において、そのばね自身のサージ時間領域の研究成果は新しい知見である。全運動エネルギーに対するばねの運動エネルギーの割合を小さくしてばね荷重を低減するため、遮断器の運動系に作用するばねの操作力の特性を明らかにし、ばねの質量を低減するため、遮断器が急制動して停止する時のばねの振動による応力をばねのサージ現象の解析により明らかにしている。サージ現象の解析結果に基づいて、サージの影響の度合を把握できる新しいパラメータを導入し、ばねの基本設計のための指針としている。さらに、これらの検討をもとに、ユニークな発想により新しいねじりばねを開発し、静特性と動特性を示し、設計方法を明らかにして実用化・製品化している。インボリュートセレーション応力解析は、従来の経験的な強度設計に対して理論的な根拠を示したものであり、トーションバーの設計にも有用であることを示している。新しいねじりばねをガス遮断器に適用した場合についても考察し、ガス遮断器の動作初期のリンク系の負荷を簡易計算式にて求め、基本構想設計時に最大負荷を把握可能とし、リンク系の設計手法を示している。

本研究の成果は、適用拡大が要望されるガス遮断器のばね操作機構の基本設計のために、非常に重要な指針を示し、この分野の発展に貢献するところ極めて大であるだけでなく、一般に広く用いられているばねに関して、有益で新しい知見を与えるものであるため、将来、広範な技術の発展に寄与することが期待できる。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。