

Title	高速電磁弁の開発
Author(s)	鹿嶋, 宗
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39211">https://hdl.handle.net/11094/39211</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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏 名	鹿 嶋 宗 <sup>かしま たかし</sup>
博士の専攻分野の名称	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	第 1 1 5 4 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 9 月 2 6 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	高 速 電 磁 弁 の 開 発
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 井 口 征 士 (副査) 教 授 田 村 坦 之    教 授 小 林 哲 郎    教 授 辻 本 良 信

### 論 文 内 容 の 要 旨

本高速電磁弁は、ディーゼルエンジンの電子制御用に開発されたもので、エンジンを精度よく制御するために、電磁弁は1msの高速で動作しなければならず、これは市販の高速電磁弁に比べ20倍以上の応答性であった。本電磁弁の開発を難しくしたのは、単にその高速性だけでなく、負荷の大きさと、環境の特殊性にもあった。即ち、1msに近い応答性を持つ電磁弁は過去に開発された例はあるが、それらはいずれも取り扱う油圧のパワーレベル（流量×圧力）が、今回開発した電磁弁の1/40以下と小さかった。更に、制御対象が船用主機エンジンという性格上、高い信頼性が要求されたことは、高速電磁弁の開発に際し制約となった。

電磁弁を高速化するには、電磁力を大きくする必要があるが、一般に電磁力を大きくすれば応答性は低下するので、単にソレノイドを強力にすればよいというものでない。電磁弁の各部寸法やコイルの巻数といった設計要目は、主なものだけでも10項目以上あり、それぞれが単独にあるいは互いに関連しあって、応答性に影響を及ぼす。つまり、設計要目は各々単独に決定することができず、互いに相反する条件間のトレードオフを計ることにより決定しなければならなかった。そして試作に当たっては、単に高速性を求めるだけでなく、製作の可能性を始めコストや信頼性を含めて検討し、それに基づき電磁弁を試作して、実験により性能を確かめるという過程を繰り返した。

高速化に関与するパラメータが多いので、これらを定量的に評価するため、電磁弁の性能を予測する数式モデルを開発した。この数式モデルは、電磁弁の挙動を正確に計算するだけでなく、最適化の過程でパラメータを変えて繰り返し計算を行う都合上、計算時間が短いモデルであることが望まれたので、磁化の浸透過程を簡略化することにより、計算時間が従来のものの1/100と短く、かつ比較的正確な数式モデルを開発し、これを活用した。特に消磁過程に関しては、これまであまり研究されておらず、本モデルは、うず電流とヒステリシスによる磁化の遅れを考慮したことを特徴とする数式モデルである。

次に、電気回路の面から考えると、コイルのインダクタンス成分は電流の高速の立ち上がりを制限し、電磁弁の高速化を妨げる。また、磁性材料には磁気飽和があるので発生する電磁力が飽和し、更に磁界の表皮効果により磁束が磁性体中に浸透するのに時間を要するので、電流を速く立ち上げるだけでは電磁弁の駆動に有効となる磁束を得ることが

できない。これまで、電気回路の面からの研究は余りされてなかった。本研究では、ダミーコイル方式、コイル分割方式および予備励磁方式という3つの励磁回路方式を考案して、電氣的・磁氣的な応答の遅れを従来の励磁方式の1/3にすることができた。

高速電磁弁が完成後は、1,000万回の耐久試験を実施して、その信頼性を確認するとともに、この電磁弁を、エンジンの燃料制御装置に利用してエンジンを実際に運転して、その有用性を確認した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、ディーゼルエンジンの電子制御用に開発された高速電磁弁に関するものである。船用エンジンを高速に制御するためには、電磁弁を1msの応答速度で動作させなければならない。これは従来の高速電磁弁に比較して、20倍以上の速応性を必要とする。ここで単にこの速度だけを実現することは、過去に開発された小型の電磁弁に類を見ることができ、それらは取り扱う油圧のパワーレベル、すなわち「流量×圧力」が、1ないし2kwと小さなものであった。本研究にとって、50kwというパワーレベルで、さらに船舶用の主機エンジンという性格上、高い信頼性が要求される点が、過去の技術に比較して大きなハードルであった。

これに対して本論文は、まず高速化に関与するパラメータを定量的に評価するため、電磁弁の性能を予測する数式モデルを開発するところからスタートしている。この数式モデルは、電磁弁の挙動を正確に計算するだけでなく、パラメータを変えて繰り返し計算するために高速性を実現する必要があった。ここでは磁化の浸透過程を簡略化することなどにより、計算時間を従来方式の1/100に短縮している。特にこのモデルは、従来ほとんど考慮されていなかった「うず電流とヒステリシスによる磁化の遅れ」を組み入れていることを特徴としている。

つぎに、電気回路の面から考えたとき、電磁弁の高速化の妨げとなるコイルのインダクタンス成分についてくわしく分析し、高速化のための方式を提案し、実証的にその効果を確かめている。すなわち、磁性材料の磁気飽和による電磁力の飽和現象、さらに磁界の表皮効果による磁束浸透の遅れなどのため、単に電流の立ち上がりを高速化するだけでは、電磁弁駆動の高速化は達成できないという認識に立って、本研究では、ダミーコイル方式、コイル分割方式、および予備励磁方式という3種類の励磁回路方式を提案し、電氣的・磁氣的な応答の遅れを従来の励磁方式の1/3に高速化している。完成後は、1000万回の耐久試験を実施して信頼性を確認するとともに、実際のディーゼルエンジンに装備し、実際の運転を通してその有効性を確認している。

以上の研究成果は、船用ディーゼルエンジンの高速電子制御の基盤技術として高く評価されるものであり、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。