

低雑音型油圧管制弁の開発

川崎重工業株式会社
住友精密工業株式会社

1 はじめに

潜水艦では、被探知防止の観点から、艦外放射雑音の低減による静粛化が求められている。潜水艦には、油圧により作動する機構が多く採用されており、これらの作動音低減は、潜水艦の静粛化、さらには艦の能力発揮に大きく寄与する。

今回、潜水艦の建造会社である川崎重工業株式会社と、艦艇向け油圧機器の設計、製造に対して実績を有する住友精密工業株式会社が、より雑音を低減し、潜水艦の静粛化に寄与する油圧制御用の管制弁を社内自主研究により開発した。

2 油圧管制弁の概要

油圧管制弁は、油圧シリンダ等へ作動油を供給する際に油圧回路を切換え、動作方向の管制を行うための機器である。管制弁は潜水艦のあらゆる油圧機器を作動させるために数多く装備されているが、艦内の装備スペースが限られているため小型であることが求められ、かつ潜水艦の厳しい使用条件に対応するための耐衝撃性能等の信頼性が必要とされている。

3 開発の取組み

油圧管制弁は、近年の被探知能力向上の観点から、油圧系統における回路切換え時に発生する油撃（図1）の更なる低減が求められている。

それに伴う構成品の小型化及び信頼性にも配慮した開発の取り組みを以降に示す。

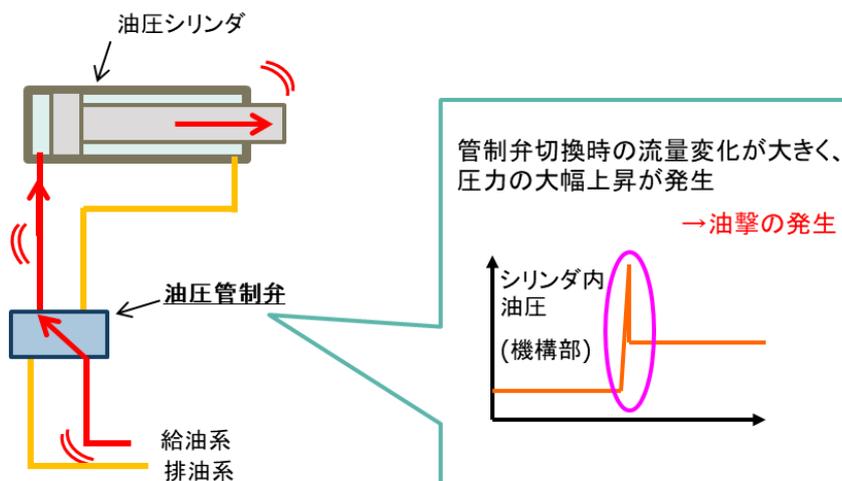


図1 油圧回路切換え時の油撃

(1) 技術課題

従来使用されている油圧管制弁は、まずパイロット弁と呼ばれる小型の弁を切換え、一定のパイロット圧によって主弁を切換える方式であり、動作速度を主弁開度に応じて任意に設定できない構造であった。主弁の開度が急激に変化すると流量変化が大きくなり、油撃の発生につながることとなる（図2左）ため、パイロット弁を流れる作動油の流量を絞ることで主弁の動きを遅くする処置（図2右）を行う必要がある。しかし、絞りすぎると油圧シリンダの作動開始が遅くなり、機器の応答性が悪化するため、調整に限界があるのが課題であった。

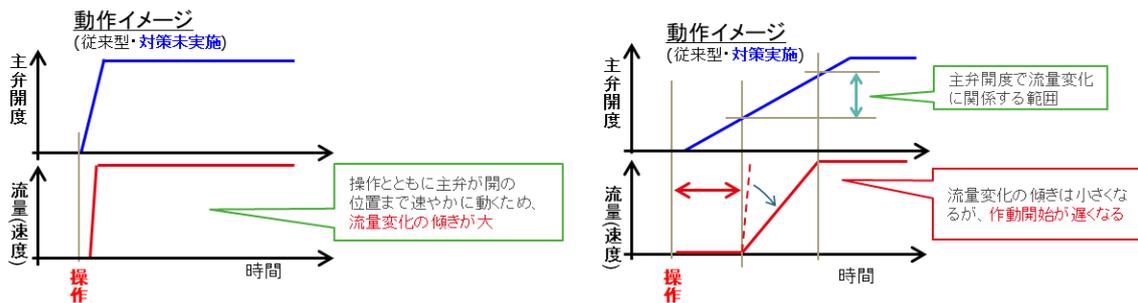


図2 従来型管制弁の動作イメージ

(2) 課題解決の方策

そこで、油撃を低減しつつも、応答性の悪化を最小限にすべく、比例電磁方式を活用した油圧管制弁の開発を行った。比例電磁方式はパイロット弁が減圧弁となっており、任意の圧力まで減圧したパイロット圧によって主弁を切換える方式であるため、主弁開度に応じた任意の動作速度に設定できる構造である。これにより、油圧回路の切換えに際して細やかで精度の高い調整が可能となるが、潜水艦で使用するために必要な応答性を確保するため、図3に示すように主弁開度の動作速度を開度により変える必要があった。これに対し、2種のばねを使用することで、パイロット圧に対する主弁開度の応答性を調節する機構（特許技術）を採用し、必要な応答性を満足しつつ、油撃の原因である流量変化及び機器作動時の衝撃を小さくすることを達成した。

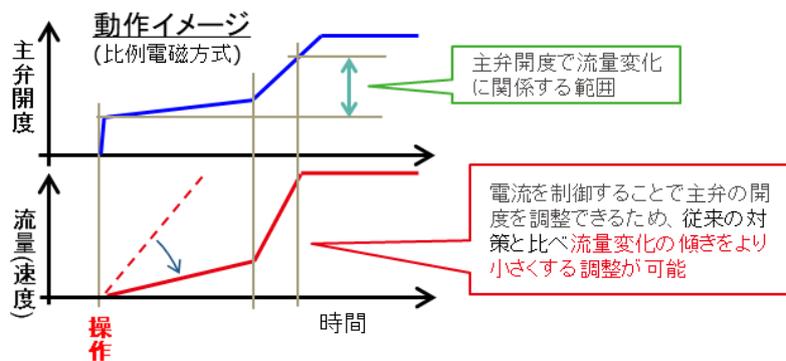


図3 比例電磁方式における管制弁の動作イメージ

比例電磁方式の適用にあたっては、既存機器の改造及び系統の大幅変更を不要とし、従来型管制弁からの置換えが容易となるよう考慮した。制御システムについては、制御装置等の機器を別途増設する必要が無いよう、耐衝撃性を備えた専用コントローラを管制弁に内蔵することとした。

また、形状についても、インターフェースを従来型管制弁と共通化し、既存の装備スペースの範囲で装備が可能となるよう、管制弁の小型化を図ることとした。

4 成 果

本開発では、住友精密工業と川崎重工業が共同で自主研究にて管制弁の試作を行い、数多くの作動試験を繰り返して油撃を発生させない制御システムを模索し、潜水艦に搭載可能な耐衝撃性も有する製品として完成させた。これを防衛省殿にその有用性を提案し、その性能向上が認められ、建造中潜水艦の仕様を変更いただき、実艦採用に至ったものである。

成果の詳細を下記に示す。

(1) 比例電磁方式を活用した管制弁開度制御システムの構築

比例電磁方式を活用した油圧管制弁及び専用コントローラの開発により、油圧シリンダ作動開始及び停止時の雑音低減に最適化した管制弁の開度制御システムを構築した。これにより、油撃による圧力変動の大幅低減及び油圧機器作動音の低減に寄与した。

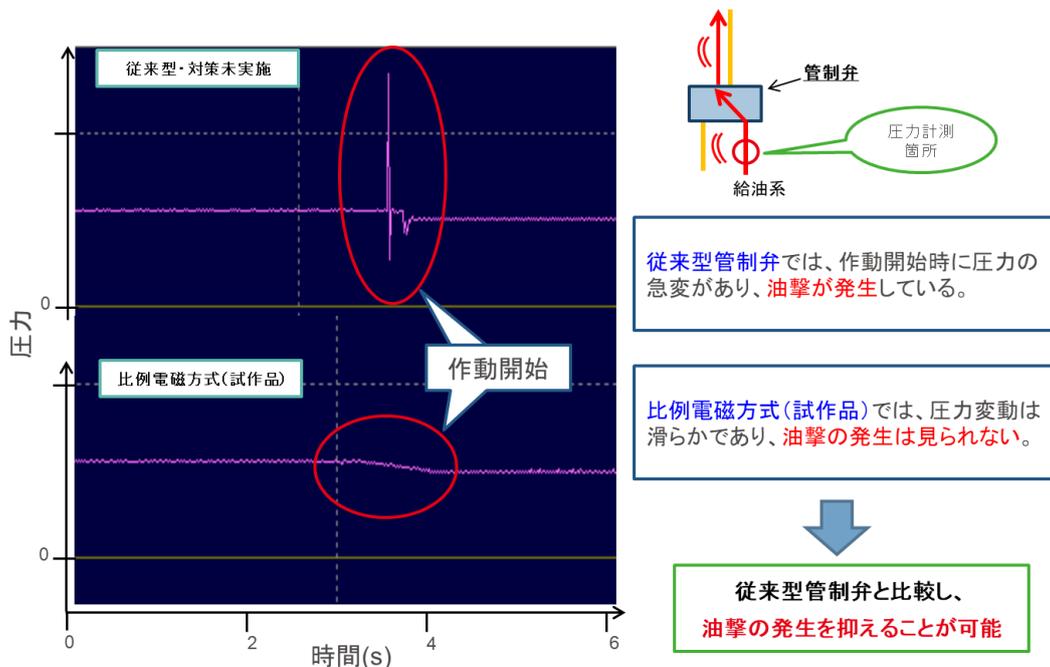


図4 管制弁入口での圧力比較

(2) 既存の装備スペースに装備可能な小型比例電磁弁技術の確立

専用コントローラを内蔵し、かつインターフェースを従来型管制弁と共通化できる小型比例電磁弁の技術を確立した。これにより、すでに搭載されている油圧管制弁からの置換えを容易とし、装備に必要な付帯工事の極小化に寄与した。



図5 開発品の形状

5 おわりに

この度は、「低雑音型油圧管制弁の開発」に対し、防衛基盤整備協会賞という栄えある賞を頂き、大変光栄に存じます。

四方を海に囲まれた我が国にとって潜水艦は重要な防衛力であり、その能力発揮に当たっては、静粛性向上、艦外放射雑音の低減は至上命題であると考えております。この度は、我々が長年培った潜水艦建造技術、油圧制御技術を応用することで、油圧系統に起因する雑音の低減に寄与することができたものと考えております。

今後とも、潜水艦の雑音低減に向けてご満足いただける装置を提供できるよう、更なる研究開発を続けていく所存でございます。

最後になりましたが、本開発に貴重なご助言、多大なご支援を頂きました防衛省関係者の方々にこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。