

氏名	和田 力 わだ つとむ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第43号
学位授与の日付	昭和40年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	空気圧式オンオフ制御系の特性改善に関する研究

(主査)  
論文調査委員 教授 榎木義一 教授 桑原道義 教授 沢村泰造

### 論文内容の要旨

本論文は、オンオフ制御系の特性改善を目的とする、空気圧式制御機器の開発に関する理論、およびこれらの実際上の応用に関する研究をまとめたもので、その内容は二部に分けられ、第Ⅰ部は6章より、第Ⅱ部は5章より構成されている。

第Ⅰ部は従属補償による制御特性改善法についての研究結果で、まず第1章では、いわゆるオンオフ制御系ならびに空気圧式制御機器の特徴を示すことによって、本研究が行なわれるに至った動機およびその意義を明らかにし、また第Ⅰ部の内容を略述している。

第2章では、オンオフ制御系の静特性改善を目的として開発された補償作用をもつ一つの空気圧式温度検出要素の特性が解明されている。理論的解析の重点は、外部の温度変化を熱膨脹による変位に変換する感温部におかれ、この部分についての伝達関数が、感温部の形状、寸法、材質、および外部流体の状態によって明らかに定められている。その結果、この要素による補償作用は、感温部における熱伝導遅れが近似的に比例微分動作を与えることに基づいていることが明らかにされた。

第3章および第4章では、上述のような従属補償要素を含むオンオフ制御系を解析する手法について述べている。第3章の手法は、位相面を用いる方法である。位相面を非線形系の解析に用いることは広く行なわれているが、この手法が実用的意味をもつのは、通常その系の一巡伝達関数の次数が2次以下の場合である。この研究では、制御対象を、むだ時間を含む一次遅れ要素と考えているが、補償要素の伝達関数が2次であるために、位相面法の適用は困難となる。この困難を避けるために、厳密には比例・微分動作とはいえないこの補償要素の動作を仮りに比例・微分動作と考えて系の次数を減らし、代わりに微分時間が入力に依存すると考えている。このために位相面法の適用範囲は拡大され、これまで明らかにされていなかったこの種の制御系の応答が、かなり正確に求められている。

第4章では、システム・パラメータが操作量に依存するようなプロセスを制御対象とするオンオフ制御系の定常応答が、等価伝達関数法を応用して解析されている。この解析法においては、直列に結合されて

いる二個の非線形要素を一括して、一つの等価伝達関数が定義され、また通常用いられる信号の交流成分に関してばかりでなく、直流成分に対しても等価伝達関数が定義されている。そして、この方法により混合型プロセスを制御対象とし、従属補償要素を含むオンオフ制御系のリミットサイクルが解析され、さらに系のシンセシスについても言及されている。

第5章では、従属補償法によるオンオフ制御系の特性改善手法の具体的な応用例として、第2章で示された比例・微分型温度検出要素を含む空気圧式オンオフ制御装置を実際の熱プロセスに応用して温度の制御を行なった場合の諸結果が述べられている。実験においては、まず、定常状態におけるサイクリング・モードと制御対象のもつむだ時間あるいは温水温度との関係が求められ、つぎに設定値変更に対する系の過渡応答が求められている。またこれらは補償を施さない系についての実験結果と比較され、その結果、補償要素を含む系においては、設定値変更に対する過渡応答の際に若干の整定遅れを生ずることがあるけれども、その定常状態でのサイクリング振幅は著しく小さくなり、改善の目的はかなり達成されたことが明らかになった。また、これらの実験結果は、前述の解析結果の妥当性を十分に示している。

第6章は、第I部の諸結果を要約したものである。

第7章は、第II部の序言であって、オンオフ制御系の特性を改善するためのいま一つの手法として、フィードバック補償法を取り上げたことの意義を明らかにしたのち、第II部の内容の概略を示している。

第8章では、フィードバック補償法を応用した空気式オンオフ制御装置の試作ならびにその特性解析について述べられている。すなわち、従来のパイロット弁を改良することにより、新しい空気圧式オンオフ要素を開発し、これを用いてフィードバック補償をもつオンオフ制御装置を構成している。つぎに、この制御装置の特性が理論的ならびに実験的に解析され、その結果、出力の時間平均に注目することにより、この非線形要素の特性が近似的に線形とみなし得ることを明らかにしている。さらに、この装置の主要な構成要素であるオンオフ動作をするパイロット弁の設計法に言及している。

第9章では、上述のフィードバック補償をもつオンオフ制御系の調整法が示されている。前章で得られた結果によれば、この制御装置は近似的に線形連続な特性をもつと考えられる。このことは、この制御系の調整に対して、すでに線形制御理論において得られている最適調整理論が応用できることを暗示している。この方針に基づく調整法が確立され、またこの方法の妥当性が圧力制御系についての実験結果から示されている。さらに、この実験に用いられた特殊なむだ時間発生装置の試作についても述べられている。

第10章では、第8章で示されたフィードバック補償をもつ空気圧式オンオフ制御装置の実際への応用として、温度制御に関する研究が述べられている。まず、ある種の温度制御系は、オンオフ制御装置を用いることにより、その構成を著しく簡単化しうることを示し、つぎにこの系に上述の制御装置を応用して行なった種々の実験の結果を述べている。すなわち、補償をもつ場合、定常状態におけるサイクリング振幅は補償のない場合に比べて著しく小さくなり、また、前章の方法によって調整された系においては、過渡応答もかなり良好であって、改善の目的は十分に達成されたことが述べられている。

最後に第11章では、第II部の結果を要約して結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

オンオフ制御はかなり古くから採用されている制御方式であるが、それがサイクリング現象を伴うことから、次第に軽視される傾向にあった。しかし近年、自動制御系の規模が大きくなるに従い、制御装置を小型・軽量化し、またその保守を容易・確実にする工業的要求が起り、これらの点におけるオンオフ制御の長所が再認識されるに至った。さらに、その非線形性を積極的に利用することにより極めて効果的な制御を行なうことが盛んに研究されている。

著者の研究は、このような背景のもとに、その欠点を補償することにより、オンオフ制御方式をより広い範囲の使用に適應せしめる目的を以って行なわれたものであって、その内容は、オンオフ制御系の(1) 従属補償法に関する研究、および(2) フィードバック補償法に関する研究に大別され、それらはそれぞれ、(a) 空気圧式オンオフ制御機器の開発・改良 (b) オンオフ制御系の挙動に関する理論的ならびに実験的研究 (c) 実際上の応用に関する研究を含んでいる。

まず、著者はオンオフ制御系の特性改善のための従属補償法を取り上げている。すなわち、まず、従属補償要素としてのある空気圧式温度検出器を理論的ならびに実験的に解析し、従来不明確であったこの種の要素の特性を明らかにした。つぎに、このような補償要素を含むオンオフ制御系の過渡的ならびに定常的な挙動を正しく表現するために、新しい二つの解析法を提示している。これらの解析法は従来の位相面法あるいは等価伝達関数法の変形であって、その特徴は、従来の一般的方法に比べて、その適用範囲が広いことである。また、これらの方法による解析の結果、この種の補償要素の設計ならびに調整において、従来採られてきた定常特性のみを考慮した方法によっては、満足な制御結果を得ることはできないことを明らかにし、過渡特性をも考慮した方法の必要性を述べている。

さらに、上述の空気式制御装置を実際の温度プロセスに用いて制御実験を行ない、上述の方法および機器に検討を加えている。すなわち、この制御系に発生するサイクリングの型と、むだ時間などのシステム・パラメータとの関連、および入力の変化に対する過渡応答を求めている。これらの実験は、従属補償を施した場合ならびに施さない場合について行なわれており、著者は両者を比較することによって、補償による制御成績改善の模様を明確に示しており、また実験結果は上述の解析法による解析結果とはほぼ一致しており、解析法の妥当性を示している。

つぎに、フィードバック補償法に関する研究において、著者はまず、局部フィードバックをもつ空気圧式オンオフ制御装置の開発を行なっているが、この場合特にオンオフ要素の特性が重要な意味をもつことを述べたのち、ほぼオンオフ特性をなす新しい空気圧式オンオフ要素を開発している。ついで、このような制御装置の特性が、出力の時間平均をとることによって、近似的に線形特性として取り扱いうることを述べ、その表現法の妥当性を、アナログ計算機による実験結果を統計的に処理することによって示している。この等価線形化法は、非線形制御系のシンセシスの問題をかなり正確に、そして極めて容易に行なうことを可能ならしめるものであって、その実用上の意義は大きい。

また、空気圧式オンオフ動作むだ時間装置の試作についても述べられている。この装置は、従来の同種の装置とは異なる原理に基づいて設計されたものであって、極めて簡単な構造をもち、しかも選ぶうるむ

だ時間の範囲が広い。プロセス制御では大抵の制御対象の特性を、I次遅れとむだ時間として表現しても差支えないことを考えれば、この装置のシミュレータとしての研究上の用途はかなり広いものと考えられる。

最後に、著者は上述の局部フィードバックをもつ空気圧式オンオフ制御装置を湿度制御に応用して、実験的研究を行なっている。湿度を制御する場合、オンオフ制御方式を用いることによって、その制御系の構成を極めて簡単になし得る場合のあることを述べたのち、この制御装置によって、その制御成績を、著しく向上し得たことを示している。このような研究は極めて特異なもので、制御工学上重要な示唆を与えるものと言えよう。

以上述べたように、著者の研究は、空気圧式オンオフ制御系の特性改善に関し、注目すべき数々の成果を挙げたものであって、学術上、工業上寄与するところが少なくない。よってこの論文は工学博士の論文として価値あるものと認める。