

実践報告・資料

給排水設備モデルによるシーケンス制御実験教材の試作 ——電磁リレーからパソコン制御へ——

青森職業訓練短期大学校 渡 邊 進

Production of The Water Supply and Drain Equipment
for Sequence Control Training
—— Personal Computer Control from Magnet Switch Control ——

Susumu Watanabe

要約 この報告はシーケンス制御実験教材に対応したモデルの試作に関するものである。試作した制御実験教材は制御対象をはっきりと提示し、ともすれば抽象化されがちなこの種の実験実習をこの教材利用により具体化させるのと、実験教材の製作過程と実験から得られるシーケンス制御の実学融合教育と、学生の創意工夫の態度を養うことを目的とした。そこで、試作教材は工場設備等の給排水設備を想定し、制御量は直接目視がで可量関係の把握の簡単な水量を扱うこととした。

制御実験教材として初めに電磁開閉器使用の有接点リレーで計画、試作した過程を述べる。この項は試作装置全体の基幹をなすもので、電磁リレーについて述べ、これは設計仕様、装置製作、水系系統、電気回路、制御動作及びモデル製作過程の問題点とから成っている。

次に制御回路部分を半導体及び論理回路理解を目標にTTL-IC利用の無接点リレーで置き換えて、変更計画条件、制御回路、制御動作及び改造過程の問題点について学習の過程を述べる。

さらに目標をパソコン言語Cの習得及び制御への適用に設定し、これも制御回路部分をパソコン制御用に改変を行った。この項では基本計画条件、装置構成、制御プログラム及び改造過程の問題点について述べる。

試行した実験、実習の具体的方法及び諸問題について述べ、またそれぞれの時点で設定した研究テーマ及び目標の提示をした。同一制御動作に対する上記の三手法を学習し、これのモデル製作を行い、学び、作り、考える目的について述べる。

I はじめに

機器の自動制御でON-OFF制御であるシーケンス制御方式で工場、ビル設備等、日常の運転が行われている。

教育面ではシーケンス制御実験教材は、制御対象がパイロットランプの点滅とか、電動機の回転までというものがあ、制御技術の知識を深めるためには適するが、得た知識で装置製作等の応用を試みるには不足を感じる。

以上のようなことから給排水設備モデルの試作、改造は、はっきりした制御対象を持たせた実験教材の作成過程と実験から得られる、シーケンス制御の実学融合教育と、学生の創意工夫の態度を養うことを目的としたものである。

この報告は、試作した電磁開閉器による給排水設備有接点シーケンス制御教材と、制御回路部分のIC利用無接点式への改造、さらにパソコン制御へと改変した一連の経過と、製作成果を述べる。

II 試作実験実習装置

1 設計仕様

学生に提示した課題目標は「給排水設備などの設備シーケンスの理解を目標に計画、製作、実験を通して自動制御を研究する」であった。試作にあたり設けた、基本計画を次の(1)～(3)に示す。

- (1) コンパクトなモデルにする。
- (2) 制御動作が簡単に得られる。
- (3) 使用部品は安価で簡単に入手できる。

上記の(1)項については、プロセス制御等のように対

象が広域に及ぶ場合などは制御装置全体の把握及び制御動作の把握は難しい。学習ではコンパクトなモデルによる方法が一般に行われている。しかし、実験場所を取らないものにするが、学習効果を考慮して操作面と実設備の制御に近づけたい方針からあまり小型にはしない。(2)項は給排水設備制御の原理は、比較的簡単で実用設備の給水、排水の制御動作が理解し得る。また、水位制御量関係の把握ができるよう、装置の工夫によって直接目視できるようにする。これらのことから自動給排水設備をモデル化して教材とすることにした。(3)項は、学生の努力で制御装置が製作できるとすれば、活きた教材になり、学習意欲の向上が期待できる、また扱いやすく改変等自由な手作りの良さを出すものとした。

2 装置製作

製作対象を自動給排水設備に決定し、モデル化に向け設計、製作を行った。構造概要は次のとおりである。実験水位が目視できるように水槽に透明アクリル板を使用して製作した。工場、ビル設備同様、上部に高架水槽を据え、下部に受水槽を置いた。実験実習作業性向上のために、装置中央部に電気関係、裏面に配管関係とした。実験スペース及び実験後の移動、格納を考慮し、全体を縦長キャスター付きスタンド方式にした。図1に試作教材外形図を示す。

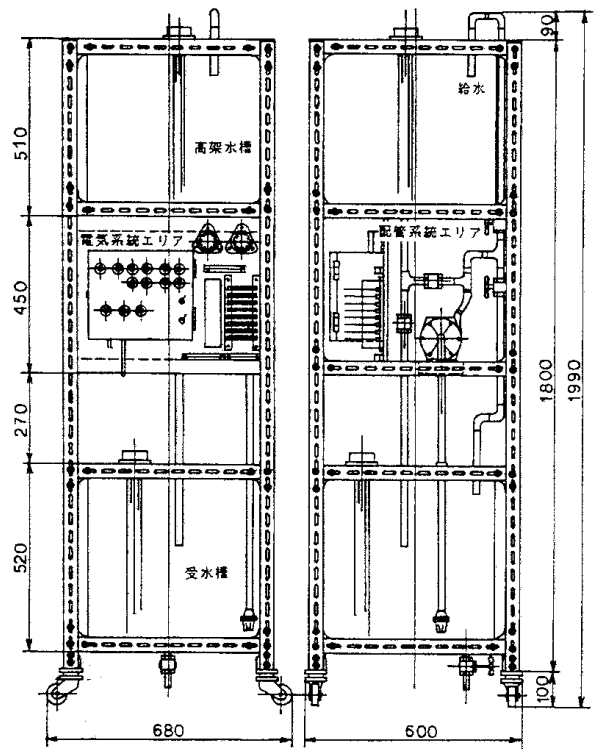


図1 試作教材外形図

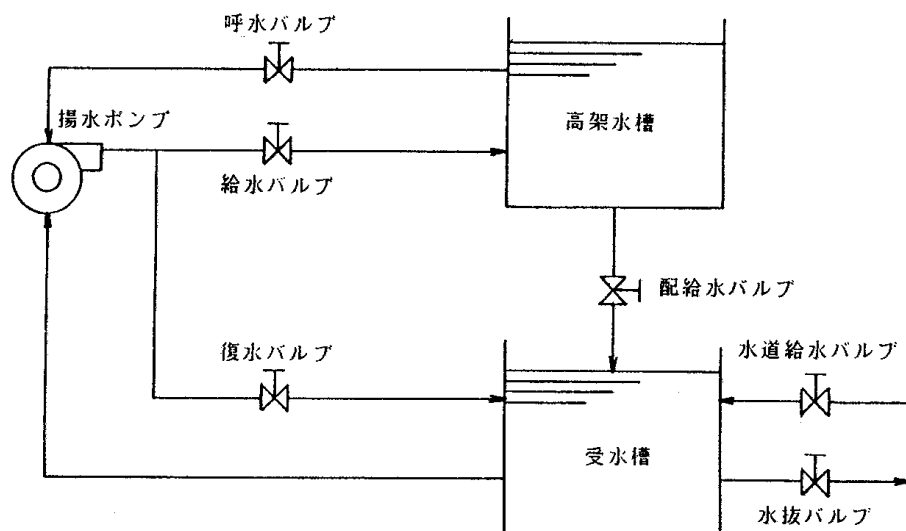


図2 水系系統図

3 水系系統

図2に試作装置の水系接続を示す。下部にある受水槽に外部水道水から給水を受ける。受水槽内の水を揚水ポンプで、上部に位置する高架水槽に給水する。給水量の調整は揚水ポンプを過負荷にしない範囲で給水バルブで行う。配給水バルブで実験水位を作り出し、水は直接受水槽に戻している。復水バルブは実験外乱発生用で、ポンプ給水の一部を高架水槽を通さず、受水槽にバイパスできる。ポンプ始動時のエア抜き対策として呼水バルブを設けている。水抜きバルブは実験終了後の排水に使用する。

III 有接点シーケンス制御

1 試作モデルの電気回路及び制御動作

最初の給排水設備モデル製作は、図3に示す電磁開閉器使用の有接点リレー構成⁽¹⁾で行った。

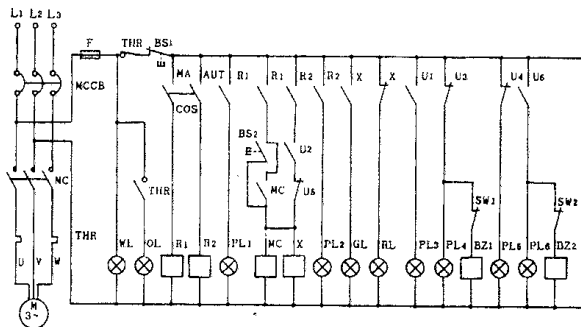


図3 有接点シーケンス制御回路図

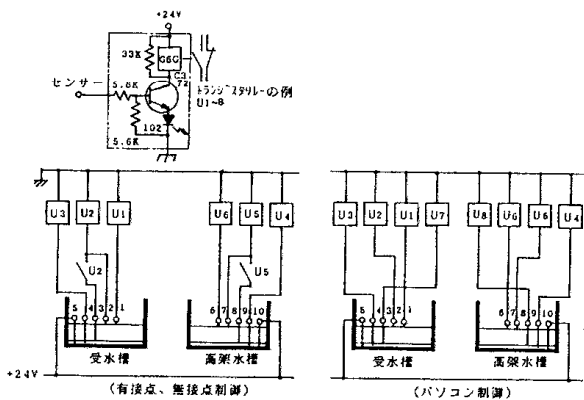


図4 水位センサー回路図

主回路の電源は三相交流200Vを採用、三相誘導電動機は120Wポンプ(4/6m 20/15 l/min)付きを使用した。また、電動機過負荷防止策にサーマルリレーを回路に入れた。

制御回路は電動機の始動、停止制御を自動と手動で、できるようにしてある。表示灯で水位等の状態表示、ブザー

で渴水、満水の水位異常警報ができるようにした。警報受信後原因除去までのブザー停止は、スイッチ(SW₁、SW₂)OFFで行う。スイッチは通常ONにしておく。

水位センサーは高架水槽及び受水槽とも市販の電極保持器(5P)と電極棒(直径6mm)を使用した。図4に水位センサー回路図を示す。水位制御は図4の受水槽の電極棒2-3間、高架水槽の電極棒7-8間を主としている。水位センサーから得られる信号は電動機始動、停止指令及び満水、渴水警報である。電極棒4の長さはポンプ空転防止策として吸込み管口より上水位の所までとした。

センサー信号増幅に使用されている電源は一般に交流100Vを降圧、整流した電圧であるが、手持ち電源の直流電圧(24V)方式にした。図4の上部に示す増幅回路は水槽部リレーU₁~U₆の部分に相当し、6個使用した。この接点信号を制御回路に取り込み、水位制御を行った。

センサー回路の組立て及び全体運転は、電極棒をバケツ等の水面で上下させて試験水位を作るといふ、急速な仮実験後、本装置で本格運転実験を行った。

2 モデル製作過程の問題点

製作で最初に発生した問題は水槽及び配管からの水漏れ事故であった。加工精度及びシールド剤の工夫で問題解決を図る。学生は電気実験の教科でシーケンス制御の基礎は学習済みだったが、正確な制御動作を得るまでには、結線に数回の手直しを要した。装置完成間近に現われた問題は、図2で揚水ポンプが停止している時、高架水槽から給水バルブ、揚水ポンプを通り、受水槽へと降水があり、受水槽からの溢水事故が発生した。管吸込み口にフードバルブを取り付け解決する。長時間運転では、電極棒の表面に水泡ができてしまった。直流電源による成極作用のため、センサー用水中電流を交流にしなかった結果であった。

IV 無接点シーケンス制御

1 変更計画条件

試作制御装置の無接点化へ改造を試み実験を進めた。学生に将来直面するであろう改造等の応用力を養う目的もあり次の(1)、(2)の課題を提示した。

- (1) 改造計画範囲は制御器部分を主に行う。
- (2) 論理部に使用する電子部品は少品種とする。

目標は「給排水設備モデルを通して、三相誘導電動機の制御方法を理解し、改造等の諸問題解決の素養を養う」であった。実際改造れきたのは制御回路部分のみである。

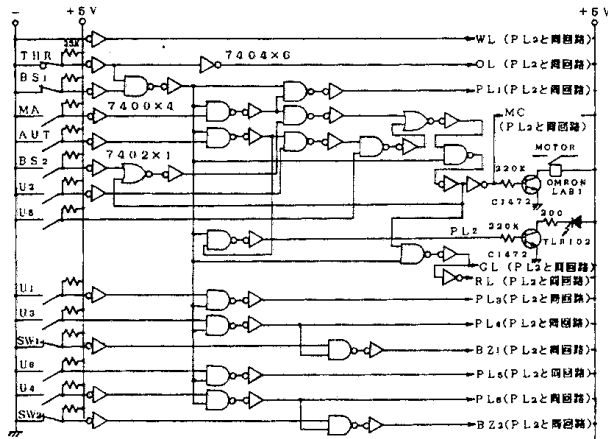


図 5 無接点シーケンス制御回路図

2 制御回路及び制御動作

改造した制御回路を図5に示す。図5の回路は図3電磁リレーによる制御回路を無接点用に書き改めたものである⁽²⁾。入力はすべて図3に対応している。出力は図3とは少し異なり、電動機への始動、停止指令は小型リレーを介して行っている。各警報及び水位状態表示出力は既設の表示灯を使用せず、発光ダイオードの点滅で動作を確認する事にした。シーケンス制御実験は有接点と同様に行えた。

3 改造過程での問題点

改造は学生の創意工夫に期待し、自主性にまかせた。学生の提案(提案理由は省エネ)で元の表示灯、ブザーは発光ダイオードの使用に代えた。改造結果不用になった部品は、有接点の実験もできるように取り付けたままとし、改造無接点制御器は外部引出し方式にした。回路の無接点への書き改めとIC回路の組立てに、手間取っていたが、大きな問題は発生しなかった。IC用に直流5Vの電源が必要になり、直流24Vとの二電源方式となった。

改造の理由(制御性能等)及び経済効果(初期投資と省エネ等)についての議論があった。

V パソコン制御

1 基本計画条件

更に目標をパソコンの言語C習得及び制御への適用に設定し、試作装置のパソコン制御用改造を試みた。この計画条件は次のように学生に提示して作業を進めた。

- (1) パソコン(使用言語はC)により制御する。
- (2) 制御パソコンは16bit機を使用。

上記(1)項のパソコン使用言語をCとしたのは、C言語学習の場を提供しなかったからである。試作装置では制御速度を問題にしないのでBASICの使用でも良かった。

(2)項についての16bitパソコンは、この試作装置に適用するには能力が有り過ぎるが、手近にあるものを使用する方針からである。学生に提示した課題目標は「給排水実習設備モデルの制御を有接点から無接点リレーに改造している。これを更にパソコンによる制御へと改造を試み、設備自動制御の諸問題を検討する」であった。

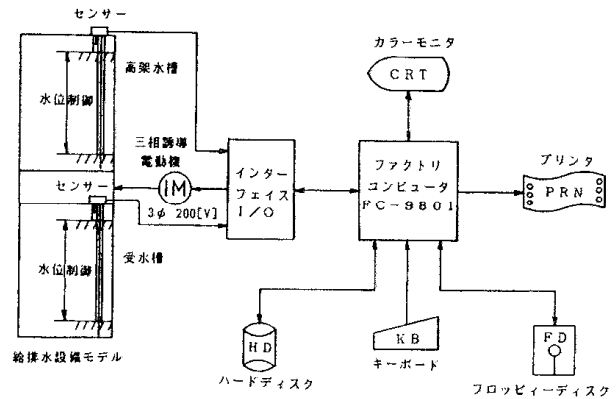


図 6 パソコン制御ハード構成図

2 装置構成

パソコン制御のハード構成を図6に示す。パソコンは汎用16bit機⁽³⁾を使用、パソコン用I/Oボードは市販品8接点入力/4接点リレー出力のボード⁽⁴⁾とした。センサー信号増幅回路は図4のようにトランジスタリレー回路が8個必要なため回路8個を乗せた基板一枚、新製作となった。モニタには制御動作中図2を表示、制御が終了装置休止時図6を表示させた。

3 制御プログラム

使用したフローチャートを図7に、制御プログラム(部分)⁽⁵⁾⁽⁶⁾を図8に示す。プログラム製作途中の制御動作確認はスイッチ8個(センサー)とランプ1個(電動機)の入出力で行い、仮試験後本格運転に入った。プログラム中で「#define C_6_1 115」の「C_」はセンサーを示し、「6_1」は図4の電極棒1-2間、2-3間~9-10間をそれぞれ番号0、1~7としている。0~1、4~6番まで水槽が水で満たされていることを表している。「115」は各電極棒間で水の有無を1、0で表示すると、水位6_1の2進数01110011を10進数で示したものである。他のセンサーに関する変数も同様である。

