

1. 目的

- (1) PC プログラム作成用パソコンソフト(GX Developer)の取り扱い方法を学ぶ。
- (2) ラダー図方式のプログラミング方法を学ぶ。
- (3) 直流電動機盤，操作盤および PC からなる制御システムを設計，製作することによりシーケンス制御そのものの理解を深める。

2. 方法

1. 理論

(1) シーケンスプログラムの設計手順

シーケンス回路の設計を，設計者の知識，経験，勘で行っていると，ミスや無駄な回路が発生し易い。これらを回避する方法として論理代数が使われ，一般的に次の手順で設計を行う。

1. 制御対象の動作から入出力の真理値表を作成する。
2. 真理値表から論理式を作成する。
3. 論理代数の公理，定理を使い論理式を簡素化して得られた複数の式から，もっとも少ない素子となる最適な式を選択する。
4. 論理式をプログラム化する。

(2) 論理代数(Boolean Algebra)

論理代数は，論理の数学的な解析のために英国のジョージ・ブールが提唱した集合論に基づく代数論である。

論理代数では，扱う変数（状態）を 0 と 1 で表し，一般に，接点は開を 0，閉を 1 で，コイルは無励磁を 0，励磁を 1 で，トランジスタは OFF を 0，ON を 1 で表す。

1. 演算の種類と論理記号

| | |
|----------|-------------------------|
| 論理和(OR) | : $A+B$ (A オア B) |
| 論理積(AND) | : $A \cdot B$ (A アンド B) |
| 否定(NOT) | : \bar{A} (バーA) |

2. 公理

| | | |
|-------|---|-------------------------|
| 公理 1: | A が 1 でなければ A は 0 である。 また A が 0 でなければ A は 1 である。 | |
| 公理 2: | $1+1=1$ | $0 \cdot 0=0$ |
| 公理 3: | $0+0=0$ | $1 \cdot 1=1$ |
| 公理 4: | $0+1=1+0=1$ | $1 \cdot 0=0 \cdot 1=0$ |

3. 定理

定理 1

$$A+0=A$$

$$A \cdot 1=A$$

定理 2

$$A+1=1$$

$$A \cdot 0=0$$

定理 3

$$A+A=A$$

$$A \cdot A=A$$

定理 4

$$A+\bar{A}=1$$

$$A \cdot \bar{A}=0$$

定理 5 (二重否定)

$$\bar{\bar{A}}=A$$

定理 6 (交換の法則)

$$A+B=B+A$$

$$A \cdot B=B \cdot A$$

定理 7 (結合の法則)

$$(A+B)+C=A+(B+C)$$

$$(A \cdot B) \cdot C=A \cdot (B \cdot C)$$

定理 8 (吸収の法則)

$$A+A \cdot B=A$$

$$A \cdot (A+B)=A$$

定理 9 (分配の法則)

$$A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C$$

$$A+B \cdot C=(A+B) \cdot (A+C)$$

定理 10

$$(A+\bar{B}) \cdot B=A \cdot B$$

$$A \cdot \bar{B}+B=A+B$$

定理 11 (de Morgan の定理)

$$\overline{(A+B)}=\bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$\overline{(A \cdot B)}=\bar{A}+\bar{B}$$

定理 12 (相対の原理)

ブール代数の公式において, 定理 0 と 1 および, 「 \cdot 」と「 $+$ 」記号を同時に交換した公式は必ず成立する。

(3) 論理式の証明

論理式を証明する方法として, 図表 (Venn 図表) による方法と帰納法による方法とがある。帰納法とは, 論理式にすべての条件をあてはめて確認する方法である。

ここでは PC にすべての条件を入力し, 演算, 出力させることにより, 課題の論理式が正しいか否かを確認する。なお, すべての条件とは, 論理回路の変数は 0 か 1 のどちらかであるので, 変数が n 個の場合の組み合わせは 2^n 個となる。

2. 実験方法

(1) 直流電動機制御システムの製作

1. シーケンス制御実験装置の配線

シーケンス制御実験装置には, PC の出力指令を受け駆動する直流電動機, 電磁継電器, 補助継電器, ランプ, ブザー, カウンタおよび異常電流情報を PC に入力する過電流継電器が配置されている。これらの機器を下図の通り配線する。

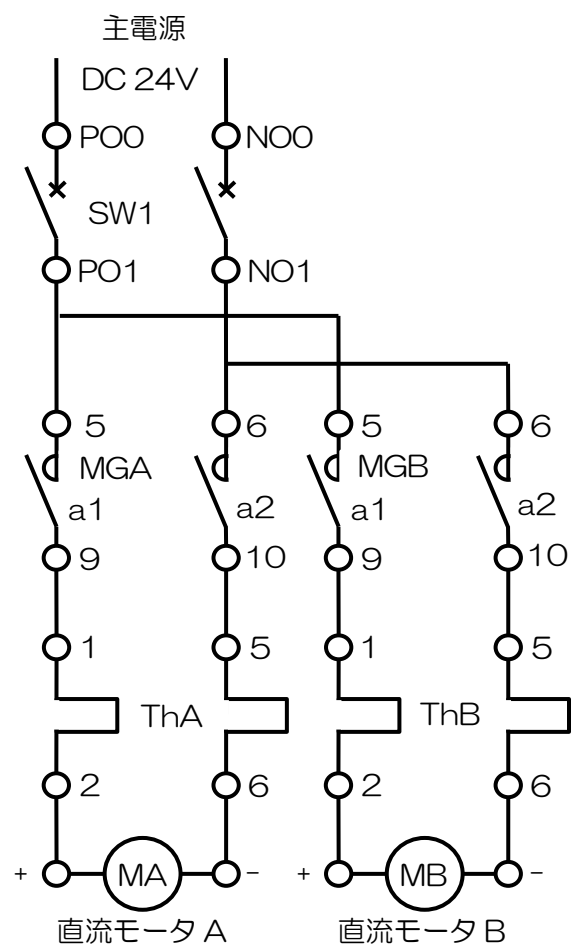
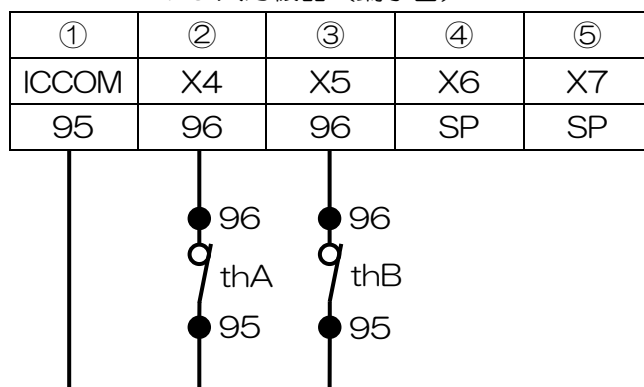


図 1 主回路

PC 入力機器（端子台）



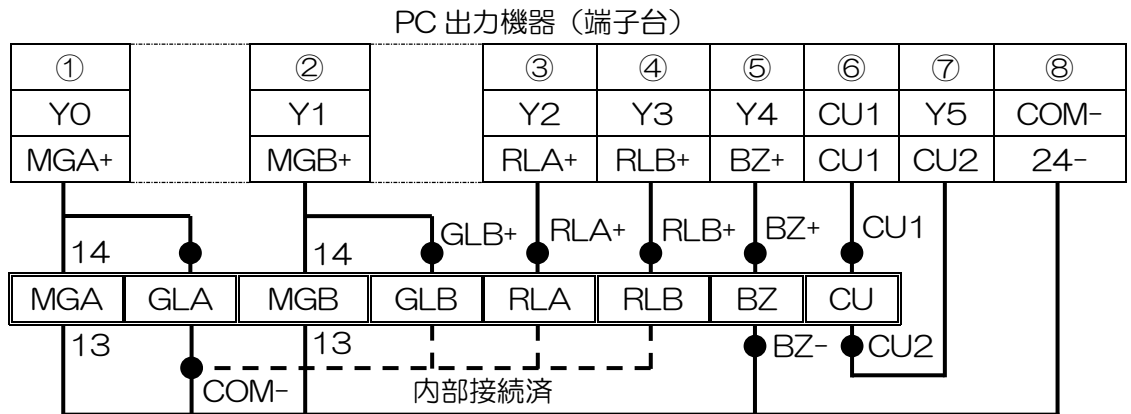


図2 制御回路接続図

2. シーケンス制御実験装置と PC 制御実験装置の端子台間を接続する。
3. PC 制御実験装置と PC 入出力コネクタを接続する。
4. FX-USB-AW を介し PC とパソコンを接続する。

(2) プログラムの作成

製作したシーケンス制御実験装置の直流電動機を制御運転するプログラムを設計する。

1. 2 台の直流電動機を制御運転する方法には、先優先方式、後優先方式、順序運転方式、時間差運転方式などがある。
2. 保護回路、表示回路、警報回路により安全対策を設計に取り入れる。

(3) 直流電動機の制御運転

システムが自分の意図した通りに稼働するか確認する。

(4) PC 制御実験装置の接続、PC とパソコンの接続等

- 1 週目の実験と同様のことをする。

3. 実証結果

実験 1: 先優先運転

- ・ モータ MA を回している時にモータ MB を回そうとスイッチを入れても回らないように設計。モータ MB の場合の同様の運転をする。
- ・ ランプ A はモータ MA に過電流が流れた場合、警告の意味で点灯するように設計。ランプ B もモータ MB に過電流が流れた場合に点灯するように設計。
- ・ ブザーはモータ MA かモータ MB に過電流が流れた場合に警告の意味で鳴らすように設計。
- ・ カウンタはモータ MA かモータ MB が回り、止まるまでを 1 回と数えるように設計。

以下に実験 1 で用いたラダー図を図3で示し、プログラムとその結果のタイムチャートを示す。

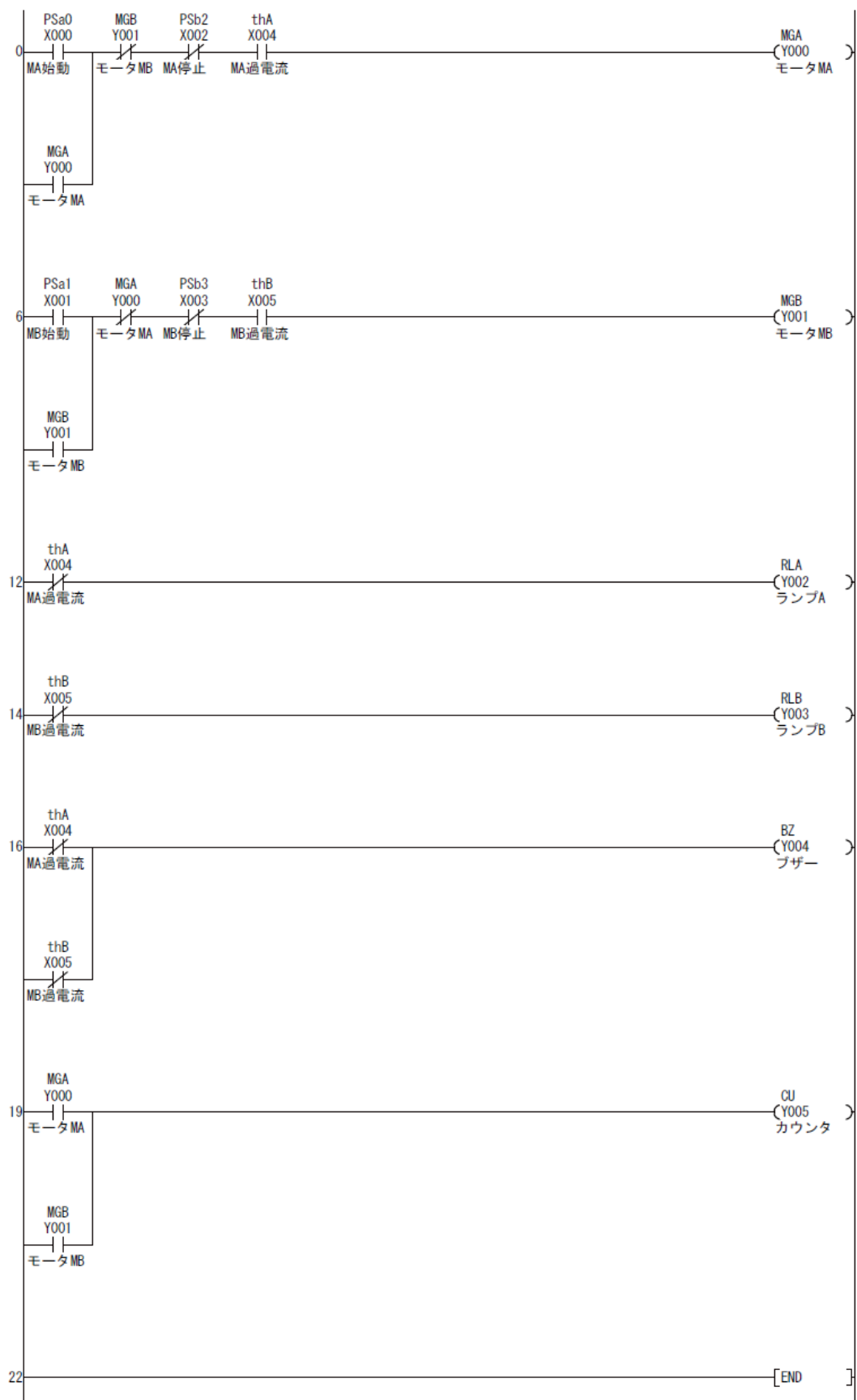


図3 実験 1:先優先運転のラダー図

実験 2:後優先運転

- モータ MA を回している時にモータ MB を回そうとスイッチを入れるとモータ MA が止まり，モータ MB が回るように設計。モータ MB の場合の同様の運転をする。
- ランプ A はモータ MA に過電流が流れた場合，警告の意味で点灯するように設計。ランプ B もモータ MB に過電流が流れた場合に点灯するように設計。
- ブザーはモータ MA かモータ MB に過電流が流れた場合に警告の意味で鳴らすように設計。
- カウンタはモータ MA かモータ MB が回り，止まるまでを 1 回と数えるように設計。

以下に実験 2 で用いたラダー図を図 4 で示し，プログラムとその結果のタイムチャートを示す。

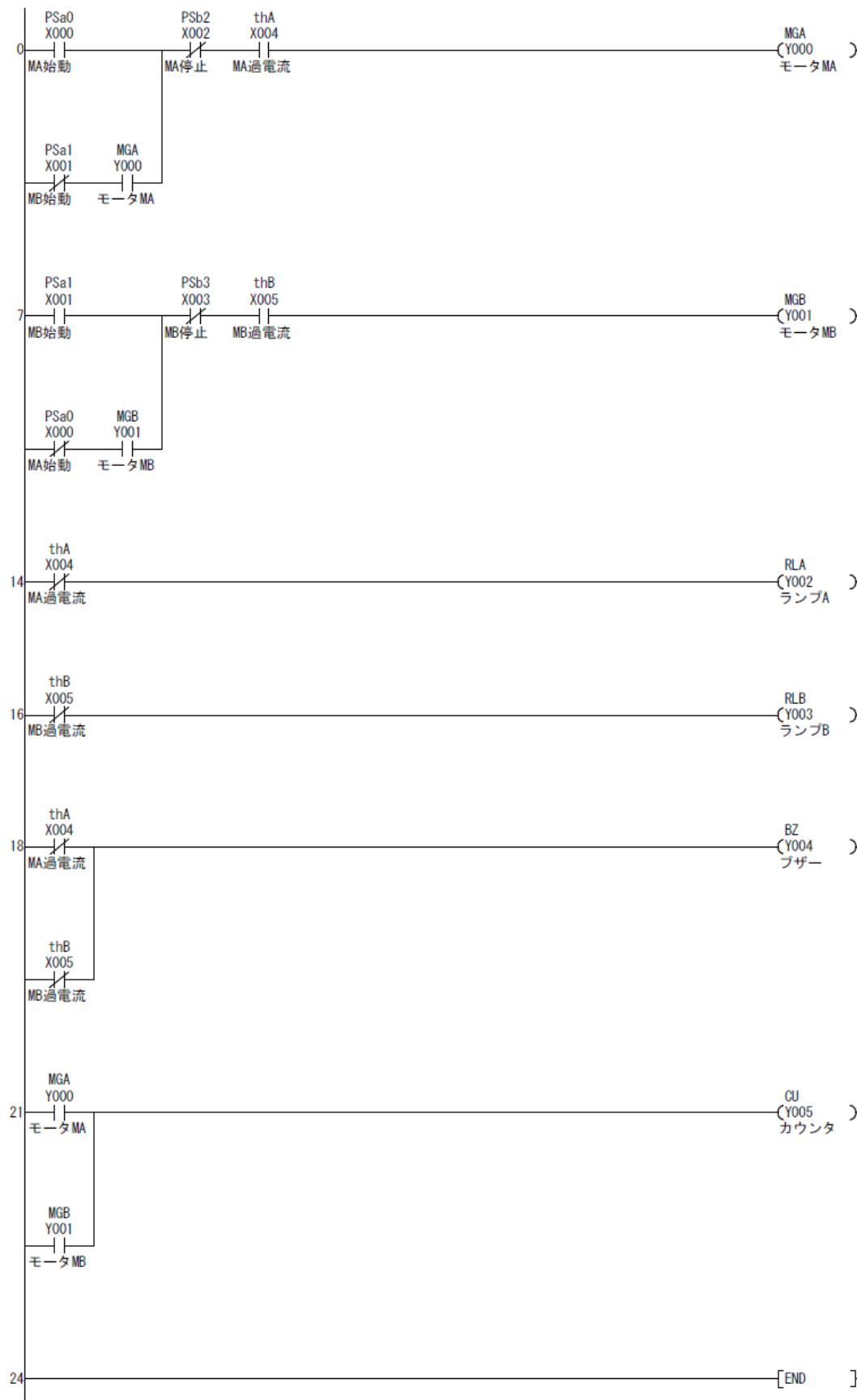


図4 実験2:後優先運転のラダー図

実験 3:分周回路制御運転

- モータの電源を入れると回したいモータの選択ができ、モータ選択のスイッチを 1 回押すと、モータ MA が回り、スイッチをもう一度押すと、モータ MB も回りだすように設計。モータ電源を切るとモータは停止する。
- ランプ A はモータ MA に過電流が流れた場合、警告の意味で点灯するように設計。ランプ B もモータ MB に過電流が流れた場合に点灯するように設計。
- ブザーはモータ MA かモータ MB に過電流が流れた場合に警告の意味で鳴らすように設計。
- カウンタは過電流がモータ MA かモータ MB に流れて、止めるまでを 1 回と数えるように設計。

以下に実験 3 で用いたラダー図を図5で示し、プログラムとその結果のタイムチャートを示す。

実験 4:時間制御運転

- モータの電源のスイッチを 1 回押すと電源パルスが入り、モータが運転をする。その時、5s タイマが作動するとともにモータ MA が回る。5s 経つと、10s タイマが作動し、モータ MA が停止し、モータ MB が回る。10s 経つと、再び 5s タイマが作動し、モータ MB が停止、モータ MA が回る。これを繰り返すよう設計。モータの電源スイッチを 2 回押すと停止する。3 回押すと開始する。
- ランプ A はモータ MA に過電流が流れた場合、警告の意味で点灯するように設計。ランプ B もモータ MB に過電流が流れた場合に点灯するように設計。
- ブザーはモータ MA かモータ MB に過電流が流れた場合に警告の意味で鳴らすように設計。
- カウンタはモータ MA が回り、止まるまでを 1 回と数えるように設計。

以下に実験 4 で用いたラダー図を図6で示し、プログラムとその結果のタイムチャートを示す。

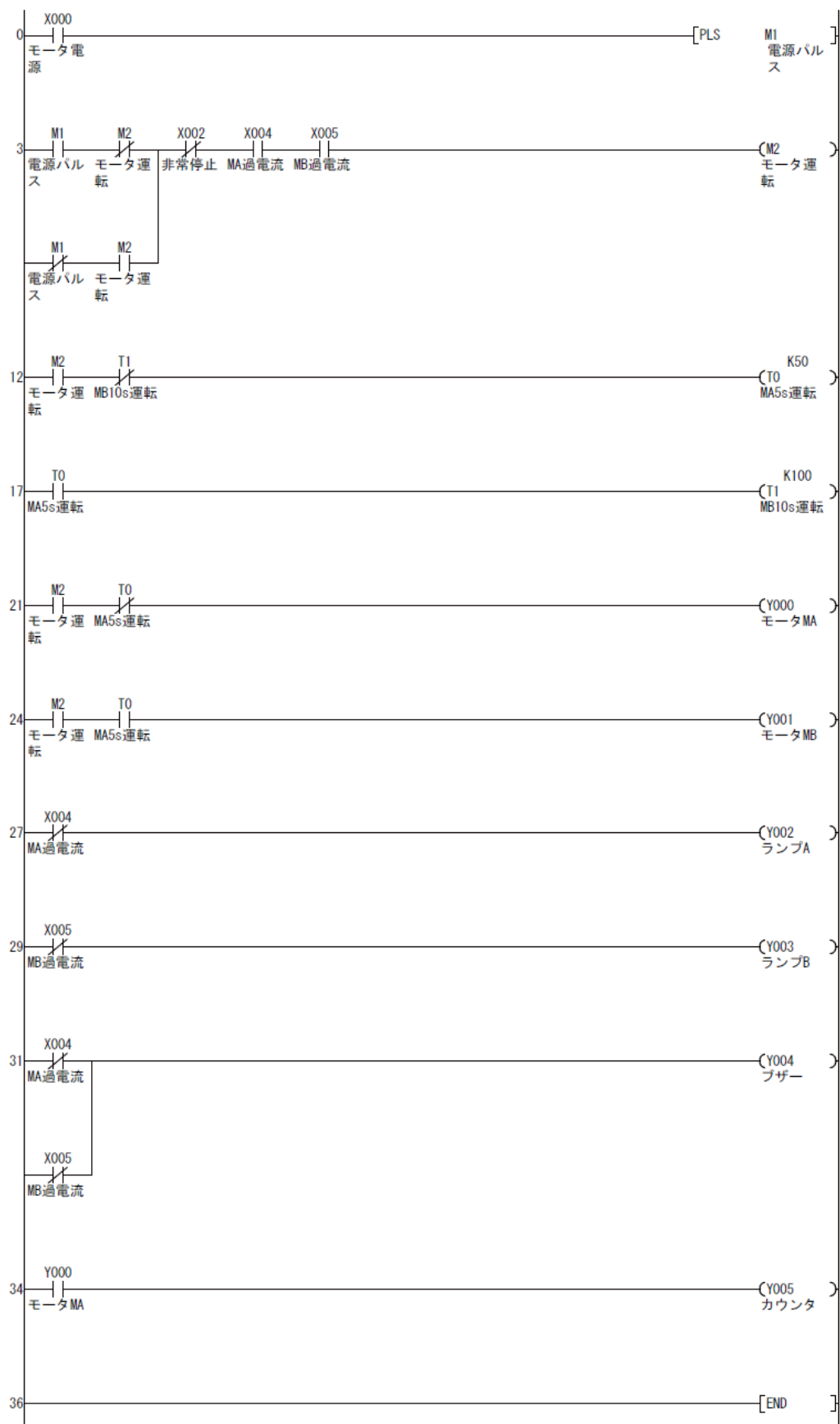


図6 実験 4: 時間制御運転のラダー図

4. 考察

実験 1, 実験 2 は先に押した SW で回したモータを優先するのか, モータが回っていて, ほかの SW で回るモータの SW を押したときに後で押した SW で回したモータを優先するかという回路である。後優先回路を用い, 過電流 SW を押したときには, モータを停止させ, ランプを点灯させ, ブザーを鳴らすなどの安全対策を作成した。

実験 3 はモータの選択によって, モータを 1 つ回すのか, 2 つ回すのかを選択できる回路である。SW を 1 度押すと 1 つ回り, もう一度押すと 2 つ回る。また, 過電流が流れた場合は過電流が流れた方のモータだけを切ることができる。

実験 4 は時間によって, 回るモータを切り替え, それをループさせる回路である。これは, 1 週目の自動車の方向指示ランプと同じ原理である。

5. 課題

(1) 設計したシーケンスプログラムを示し, その動作を説明せよ。特に安全対策で工夫した点を述べよ。

実験 1: 先優先運転

XO (MA 始動) の SW を押すとモータ MA が運転する。自己保持回路になっているため, SW から手を離してもモータ MA は運転し続ける。X2 (MA 停止) の SW を押すとモータ MA は停止する。モータ MA が運転しているときに, X1 (MB 始動) の SW を押しても, YO (モータ MA) の b 接点が切れているため, 運転しない。同様の動作が, モータ MB の時にも言える。

安全対策として, 過電流が流れた時にランプが点灯し, ブザーが鳴り, 何回過電流が流れたかをカウンタで知ることができるようにしてある。

X4 (MA 過電流) の SW を押すとモータ MA が停止し, ランプ A が点灯するとともにブザーが鳴る。その時の回数をカウンタで数える。同様の動作が, モータ MB のときにも言える。

実験 2: 後優先運転

XO (MA 始動) の SW を押すとモータ MA が運転する。自己保持回路になっているため, SW から手を離してもモータ MA は運転し続ける。X2 (MA 停止) の SW を押すとモータ MA は停止する。モータ MA が運転しているときに, X1 (MB 始動) の SW を押すとモータ MB が運転する。また, モータ MA の回路の X1 (MB 始動) の b 接点が切れ, モータ MA が停止する。

安全対策として, 過電流が流れた時にランプが点灯し, ブザーが鳴り, 何回過電流が流れたかをカウンタで知ることができるようにしてある。

X4 (MA 過電流) の SW を押すとモータ MA が停止し, ランプ A が点灯するとともにブザーが鳴る。その時の回数をカウンタで数える。同様の動作が, モータ MB のときにも言える。

実験 3: 分周回路制御運転

XO (モータ電源) の SW を押すと MO (電源) が入る。次に X1 (モータ選択)

のSWを1回押すとモータMAが運転する。X1（モータ運転）のSWをもう一度押すとモータMBも運転する。X2（停止）のSWを押すと停止する。

安全対策として、過電流が流れた時にランプが点灯し、ブザーが鳴り、何回過電流が流れたかをカウンタで知ることができるようにしてある。

X4（MA過電流）のSWを押すとモータMAが停止し、ランプAが点灯するとともにブザーが鳴る。その時の回数をカウンタで数える。同様の動作が、モータMBのときにも言える。

実験4: 時間制御運転

X0（モータ電源）のSWを押すとMO（電源パルス）が入り、M1（モータ運転）が入り、モータMAが運転して、TO（MA5s運転）が入る。

5s経つと、T1（MB10s運転）が入り、モータMAが停止、モータMBが運転をする。

10s経つと、TO（MA5s運転）が入り、モータMBが停止、モータMAが運転をする。

安全対策として、過電流が流れた時にランプが点灯し、ブザーが鳴るようにしてある。

X4（MA過電流）のSWを押すとモータMAが停止し、ランプAが点灯するとともにブザーが鳴る。

- (2) 停止用の押しボタンSWや過電流継電器の接点は、A接点ではなく、B接点が使われている。その理由を述べよ。

A接点の場合、押しボタンSWを押したときや過電流継電器をONにしたときに回路が繋がってしまい、回路を切るためにSWや接点を設けてあるので、もしほかのところが繋がったままだった場合、電流が流れて危険なため。

- (3) 過電流継電器や火災報知器には、手動復帰形の接点が使われている。その理由を述べよ。

自動の場合、まだ過電流が流れていたり、火災が続いているにも関わらず、回路上でプログラムが異常を回復したと判断して、勝手に正常運転をすると危険なため。

- (4) 身の周りの家電・産業機器について下記項目を調べ、具体的にその動作を述べよ。

- ① 実験のモータと同様の動作をする出力機器（モータ以外でも良い）。

- ・HIコンロ

スイッチを入れると電気によってコンロを温める。

- ② 実験と同様の動作をするランプ・ブザー・カウンタ。

- ・蛍光灯

スイッチを押すと電気がつく。リモコンスイッチによって、光の量を調整したりできる。

- ・コンビニの入り口

人の出入りする自動扉が開くと、音が鳴る。

- ③ 設計した安全対策以外の保護，安全対策。
複数のスイッチを用いて，すべてのスイッチを押さないと動作をしない。1 つのスイッチで異常動作を感知した場合，動作を停止する。

6. 参考文献

中部大学電気システム工学科 電気工学ⅡA・ⅡB 実験テキスト 2013 年