島根職業能力開発短期大学校紀要
第２号（2015 年４月）

インバータ実習教材の開発

電子情報技術科　斎藤　正義

Development of Inverter Training Teaching Materials

Masayoshi SAITOU

概要　在職者を対象にした訓練において、生産設備等に使用されるインバータとそれを制御する PLC(Programmable Logic Controller) について学ぶための実習教材の開発を行ったので報告を行う。

1. はじめに

企業から生産設備等に使用されるインバータに関する在職者訓練の依頼を受け、実施することとなった。その訓練で使用する教材を作成したので報告を行う。また、作成した教材は本訓練以外の在職者訓練や離職者訓練において、制御関連実習の制御対象としても利用できるように開発を行った。

2. 作成教材

本教材は在職者訓練において高齢・障害・求職者雇用支援機構が定める標準カリキュラムに沿ったもので「PLC 制御における実践的インバータ制御技術」というコースを実習するための教材である。

作成した教材は以下の 2 点である。

・実習装置
・受講者用テキスト

2.1　実習装置

本装置の構成機器は図 1 に示す通りである。実習では配線作業や各機器の端子電圧の測定を行うために各機器を購入してきた状態に近い状態で実習を行えるようにした。

作成内容は各機器の固定具の作成と使用頻度の高い端子をねじ山がつぶれても問題が出ないように別の端子台に取り出す等である。

機種選定では、インバータは様々なメーカから販売されているが今回、依頼があった企業で使用している機種や著者が制御関連の在職者訓練を実施した時に受講者に聞いた結果、ほとんどが三菱電機（株）製であったことから同社のインバータを選定した。

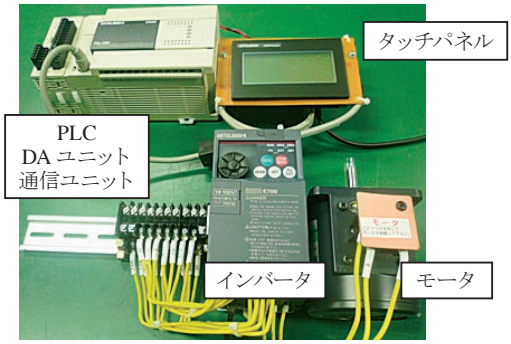

図 1　実習装置

インバータは三相誘導モータ（以下、モータと記す）への印可周波数を変化させ、速度制御を行う装置であるために、ほとんどの機種は定格電圧が三相 200V である。しかし、実習室で使用する電源を考え、単相 100V で動作する機種を選定した。

インバータを制御する PLC やタッチパネルもインバータの機種選定理由と同様に三菱電機（株）製の機種を選定した。

本装置を対象コース以外の PLC 関連の負荷装置として利用した場合、以下の実習を行うことができる。合わせてテキストの作成も行った。

2.1.1　高速カウンタ実習

インバータは図 2 の FM 端子から出力周波数（パラメータで出力電圧やトルク等に変更可能）に比例した周波数でパルスを出力している。それを PLC でカウントすることにより PLC 側でイン

バータの運転状況を把握することができる。インバータから出力されるパルスのパルス幅は短いためにPLCの入力フィルタや割り込みおよび高速カウンタを使用する必要がある。それらの機能を使用し、インバータの運転状況を確認しながら、高速カウンタ等の実習を行うことができる。

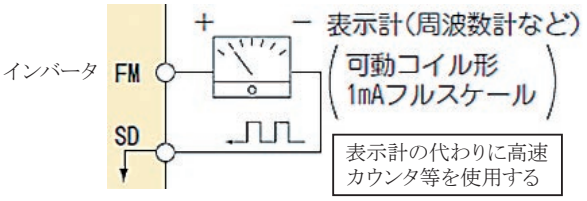

図2　出力周波数の表示[1)]

2.1.2　デジタル･アナログ（DA）変換実習

インバータの出力周波数は図3の2番端子か4番端子にアナログ電圧か電流を印加することによって制御することができる。そのアナログ電圧をPLCから出力するためには、DAユニットを用いるかPLCがトランジスタ出力であればPWM(Pulse Width Modulation)出力とローパスフィルタの組み合わせによりアナログ電圧を作り出す必要がある。モータの速度制御を通して、DAユニット等の実習を行うことができる。

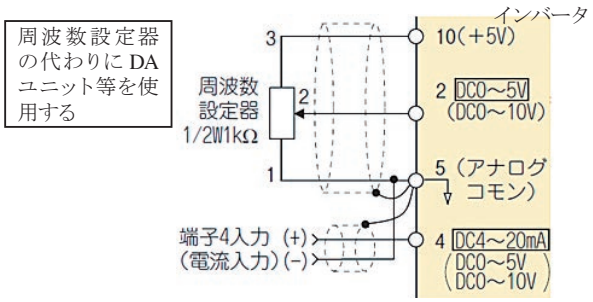

図3　アナログ入力による速度制御[1)]

2.1.3　シリアル通信実習

インバータの運転状況の把握、パラメータの読み書きおよび運転･停止等をRS-485規格のシリアル通信でPLC側から行うことができる。また、パラメータの読み書きは数値データであるために、それらの設定や表示にタッチパネルを接続し、モータやインバータを確認しながら、通信の実習を行うことができる。

2.2　受講者用テキスト

インバータの特性やパラメータの説明はメーカが用意しているもの使用するが、パラメータの種類によっては関連する説明が複数の離れたページに記載されているため、そのままでは使用しにくい。そのために実習に沿って関連する内容を1カ所にまとめる編集を行った。また、説明を記載するだけではなく、インバータの特性やパラメータの意味を理解するための実習も合わせて記載した。

PLCとの配線図や制御プログラム等は標準カリキュラムに沿って作成を行った。

3. カリキュラム

本教材は標準カリキュラムに沿った内容を行うものである。そのカリキュラムの項目ごとに、教材を作成する上で工夫した点や注意した点等を以下に記述する。

3.1　インバータ概要

3.1.1　三相誘導モータの動作原理

モータの動作原理を理解することにより、モータの回転数の算出式やモータを直入れ運転した時の電気的特性やトルク特性の理解と問題点を把握できるようにした。

3.1.2　インバータの原理及び利用方法

インバータは商用電源から供給される交流電圧（50Hz/60Hz）を直流電圧に変換し、その直流電圧を交流電圧（任意の周波数）に変換し、それをモータに印加している。それらを理解し、さらにインバータ使用時の注意点や特性を理解するために、直流電圧の測定や回生ブレーキの必要性または直流電圧から交流電圧を作るときに使用するPWM信号のキャリア周波数を可変した時のモータの振動等の確認をできるようにした。

3.1.3　各種パラメータの意味と設定

インバータの加速時間の設定やインバータの特性による始動トルクの落ち込み等を理解するために、パラメータを可変しながら、図4に示す専用ソフト[2)]を用いて特性の確認をできるようにした。

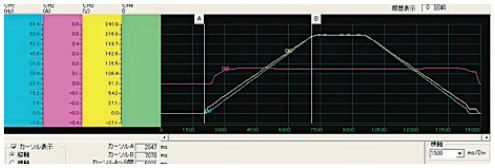

図4　専用ソフトによる特性図

3.1.4　インバータ単独運転による汎用モータ制御実習

インバータは電源とモータを接続し、インバータを操作するだけで簡単にモータの速度制御を行うことができる。しかし、PLC 等の外部装置を使用し、インバータを制御する場合、インバータの入力回路について理解をする必要がある。そのために押しボタンスイッチや切り替えスイッチ等、内部構造が理解しやすい機器とインバータの配線作業を行うようにした。

3.2　PLC プログラミング

3.2.1　PLC との接続

インバータには図 5-1 に示す入出力端子があり、PLC から回転方向、出力周波数および停止方法等を制御することができる。また、インバータはモータの運転状況等も出力しており、それらの制御が行えるように図 5-2 の配線作業を行う。インバータの入出力回路は既に理解しているので、ここでは PLC の入出力回路を理解しながら配線作業を行い、プログラミングを通して入出力の関連を理解できるようにした。

図 2 の FM 端子は電圧出力であり、PLC へ接続するためには接点出力へ変換する必要があるために、その変換回路の作成を予め行っておく。

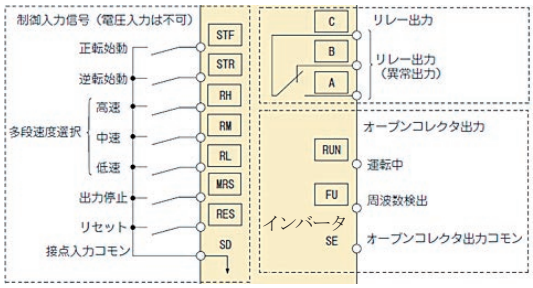

図 5-1　入出力端子 [1)]

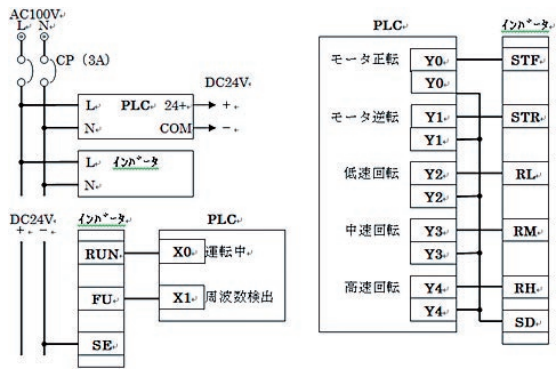

図 5-2　配線図

3.2.2　環境設定

インバータはパラメータの変更により、入出力端子の役割や出力端子の動作タイミングを変更することできる。また、インバータの操作に制限をかけたり、インバータの操作性を変更することができる。それらの操作を通して、インバータの端子の役割や機能を理解できるようにした。

3.2.3　PLC プログラミング技術

プログラミング技術に関しては、今までの項目以上に経験の違いによる事前知識に差が生じてしまう。標準カリキュラムの訓練対象者は「自動化設備の設計・保守業務に従事する技能・技術者等であって、指導的・中核的な役割を担う者又はその候補者」となっているが、この中での保守業務は、企業によって機械担当と制御担当等に分かれる場合があるために訓練対象者が一致していても事前知識に大きな差が生じてしまう。事前知識の差が訓練の理解度の差にならないようにするために、最初に PLC の基本命令を使用し、インバータの正転や停止といった単純な制御とプログラミングを行い、プログラムの理解を深めていけるように課題の作成を行った。

最初に PLC の基本的な命令を使用し、インバータの正転や停止といった単純な制御とプログラミングの課題を行い、プログラミング技術を深めていけるようにした。

また、インバータに正転と逆転等、相反する信号が入ったときの動作やそれらを意図した動作に変更するには、どうのようにプログラミングをすればよいか等の実習を行う。

3.2.4　インバータによる可変速制御実習

PLC によるインバータの出力周波数は図 5-1 の多段速度選択信号の組み合わせによって多段階で制御ができる。また、PLC に DA 変換やシリアル通信を使用しなくてもインバータの遠隔設定機能により加速信号や減速信号を使用して出力周波数を無段階で制御することができる。それらの機能を使用し、本実習を行う。

3.3　総合実習

3.3.1　実習課題の仕様について

本装置は無負荷でモータを駆動し、FM 端子の

出力結果を表示し、動作確認を行う。配線図は図5-2に従い、IO割り付けおよびインバータの各端子の機能の確認を行う。

3.3.2　PLCによるインバータ制御回路設計実習

以下の(イ)～(ホ)に示す制御回路設計実習を行う。回路設計図は図5-2を元にして、必要な機能を追加していく。ただし、スイッチ等の入力機器に関しては図6に示すようなタッチパネルの画面を使用して実習を行う。

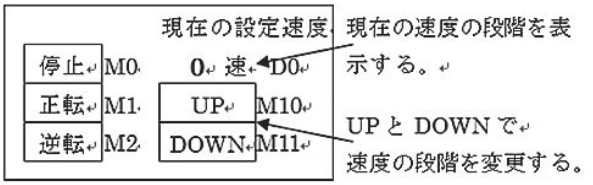

図6　多段速制御実習用のタッチパネル画面

(イ)単純始動の制御実習
(ロ)正転・逆転制御実習
(ハ)3段速制御実習
(ニ)多段速制御実習
(ホ)可変速運転による応用制御実習

一例として、「(ニ)多段速制御実習」について実習の流れを記述する。

最初に図6のタッチパネルの画面を見ながら実習の説明を行う。タッチパネルの画面は予め作成しておき、受講者はその画面を呼び出すだけである。タッチパネルの実習を交える場合はタッチパネルの作成も合わせて行う。

次に、インバータの端子の説明を行い、図5-2を元にしてPLCとの配線図を示す。必要であれば配線作業を行う。配線作業が終了したら、図7のプログラミングを行う。プログラムは何もないところから考えるのではなく、「(イ)単純始動の制御実習」から順番に作業を行っていくので、前の実習のプログラムの一部を変更するだけである。必要であれば新しい命令について説明を行う。図7であれば「INC命令」と「DEC命令」の説明になる。最後にインバータのパラメータの変更を行う。今回であれば、4速以上の周波数設定を行う必要がある。動作確認を行ったあと、図7のプログラムだけでは、特定の操作をしたときに問題が生じる場合があるので、その修正作業を行う。

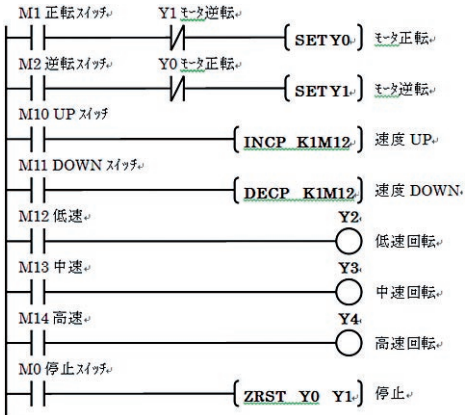

図7　多段速制御実習用のプログラム

3.3.3　運転中のモニタ方法

運転中のモニタはタッチパネルを用いて行う。現在のトルクや電流値等の詳細な確認は図4で示した専用ソフトを用いて行う。

3.3.4　試運転・デバッグ・メンテナンス

試運転は実習の都度行い、プログラム上の問題は受講生に考えてもらう。インバータのエラーはパラメータの説明のときに意図的に出して、エラーの意味や取り除き方を説明する。

4. おわりに

本教材を使用した在職者訓練を実施した結果、利用者アンケートで4段階中、上から2段階目の「分かりやすかった」と評価した受講者が多かった。もう少しテキストに説明等を追加し、さらに良い評価を頂けるようにする必要がある。

本カリキュラムに沿った実習だけでは、実習装置の使用頻度が低いので、今年度、開催予定の在職者訓練「数値処理によるPLC制御技術」で実習装置の一部を利用できるようにする。そこで使用するPLCの機種が本教材とは違っており、またそのカリキュラムに問題が出ないようにするために作成したテキストと実習装置を一部変更する必要がある。

文献

1) 三菱電機(株)　FR-E700取扱説明書（基礎編）
2) 三菱電機(株)　MELSOFT FR Configurator2

著者 E-mail Saito.Masayoshi@jeed.or.jp