

実習機器取扱説明書

○ 教材の概要

本教材は、教科書（基礎編・実習編・イーサネット編）と実習装置（定トルク負荷実習装置・ポンプ実習装置）を組み合わせたもので、汎用インバータの取扱いに関する離職者・在職者訓練に供するものである。この教材では、単なる汎用インバータの取扱い方法の習得のみにとどまらず、負荷の種類に応じたパラメータ・運転方法の選択、負荷変動時の電動機やインバータの動作、設備の省エネ性能の評価と投資判断の方法までをも含めて、インバータ導入で必要となる実的な知識・技能の習得を目指すものである。

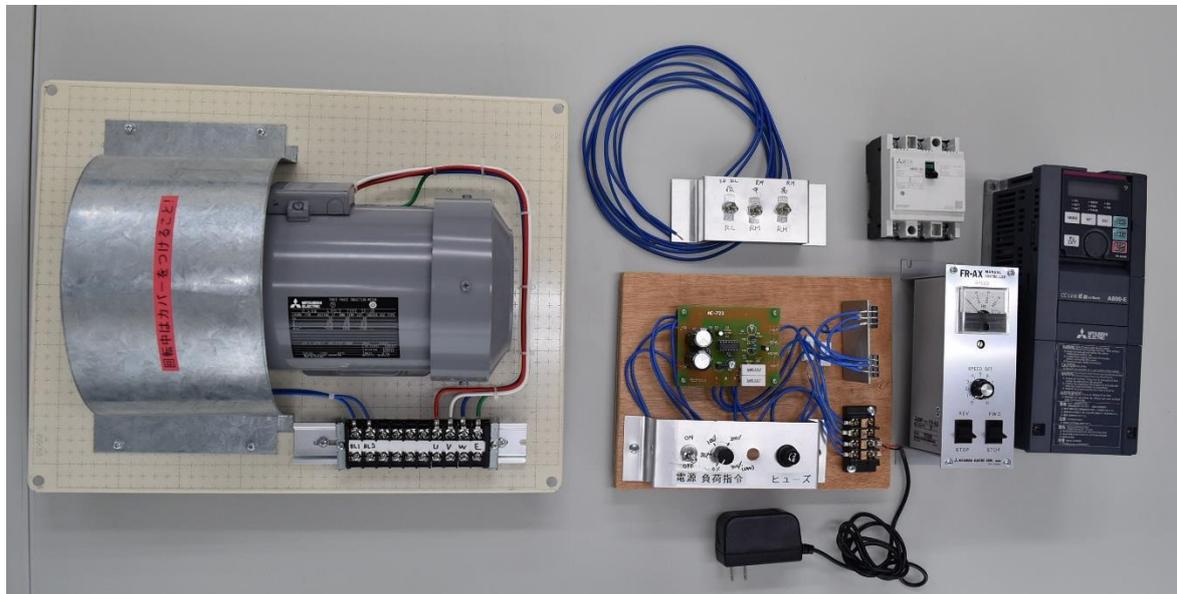
インバータは、電動機を制御するための電気機器であって、受講生の就職する企業では、従来の古い制御方式に代わって、幅広く導入が進んでいる。その一方、財政的な余裕が少ない地方の職業訓練施設では、インバータに関する十分な訓練体制が整備できていない場合が多い。そこで著者らは、実習機器の設計から組み立てまでの全てを著者自身で行い、かつ、カリキュラムの変更や改組等で不要となった古い機械器具等を再活用することで、大幅なコストカットを実現し、高性能なインバータを活用した実習機器を使用した、ハイレベルの訓練を実施する体制を整えた。

インバータが制御対象とする電動機における機械負荷は、定トルク負荷（コンベア等の負荷）・2乗低減トルク負荷（ファン・ポンプ等の負荷）・定出力負荷（巻き取り機等の負荷）などの種類があるが、本実習では、定トルク負荷を下記『**定トルク負荷実習装置**』で、2乗低減トルク負荷を『**ポンプ実習装置**』で、それぞれ実習できるようにしている。ポンプ負荷（2乗低減トルク負荷）までを実習で学べるようにした教材は、市販教材ではほとんどない。本教材では、単なる汎用インバータの取扱い方法の習得のみにとどまらず、負荷の種類に応じたパラメータ・運転方法の選択、負荷変動時の電動機やインバータの動作、設備の省エネ性能の評価と設備投資判断の方法までをも含めて、インバータ導入で必要となる実的な知識・技能の習得を目指すものである。

更に、離職者訓練においては、電動機の負荷特性やイーサネット通信によるインバータ制御などを実習に含めることにより、本訓練を実施する電気・通信施工技術科の訓練内容の総まとめ的な立ち位置の訓練としても活用している。

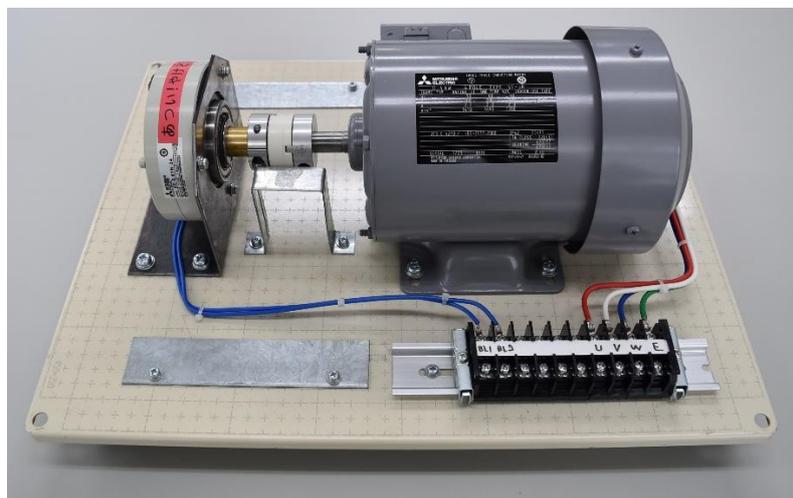
① 定トルク負荷実習装置

定トルク負荷実習装置の機器類一式



各器具の写真と解説

負荷装置付き電動機 0.4kW (MOTOR ASSY)



0.4kW 三相誘導電動機にパウダブレーキを機械的に接続したものである。端子台 U、V、W にインバータの出力を接続して、電動機を駆動する。パウダブレーキの発生トルクは、パウダブレーキに流す電流の大きさに比例するので、端子台 BL1、BL2 にパウダブレーキ用電源装置を接続して、トルク制御をする。(組立図、部品図を別添)

パウダブレーキ用電源装置



市販のシリアズレギュレータキット（秋月電子通商製の定電圧安定化電源キット実験室用精密級）を使用して、写真のような電源装置を構成した。負荷指令と表示のある可変抵抗は電圧指令用のものであり、出力電圧が可変できる。パウダブレーキは電圧—電流特性が概ね線形であるので、電流指令としても使用できる。パウダブレーキは電源投入時に突入電流が流れるおそれがあり、また、訓練中に受講生が定格を大きく超過したブレーキトルクを発生できないようにするため、基板上の半固定抵抗を操作することで電流を制限できるようにしている（ただし、キットのままではうまく電流制御ができなかったため、エミッタフォロアを追加し、一部改造している）。

インバータ（三菱電機株式会社 0.4kW イーサネット通信能付き A800-E）



市販品のインバータである。三菱電機製のシリーズの中では最も高性能のタイプであり、センサレスベクトル制御、オートチューニング機能、イーサネット通信等の各種の機能を備えている。容量が 0.4kW と小さいので、高性能なものであっても購入コストを抑えることが可能である。

周波数計付操作箱（三菱電機株式会社 FR-AX）



市販品の三菱電機製インバータ用のコントロールボックスである。正転・逆転および可変抵抗による速度指令ができるものであるが、高・中・低速指令スイッチによる速度指令はできないので、別途、高・中・低速指令スイッチ部により実習を行うこととした。

高・中・低速指令スイッチ部

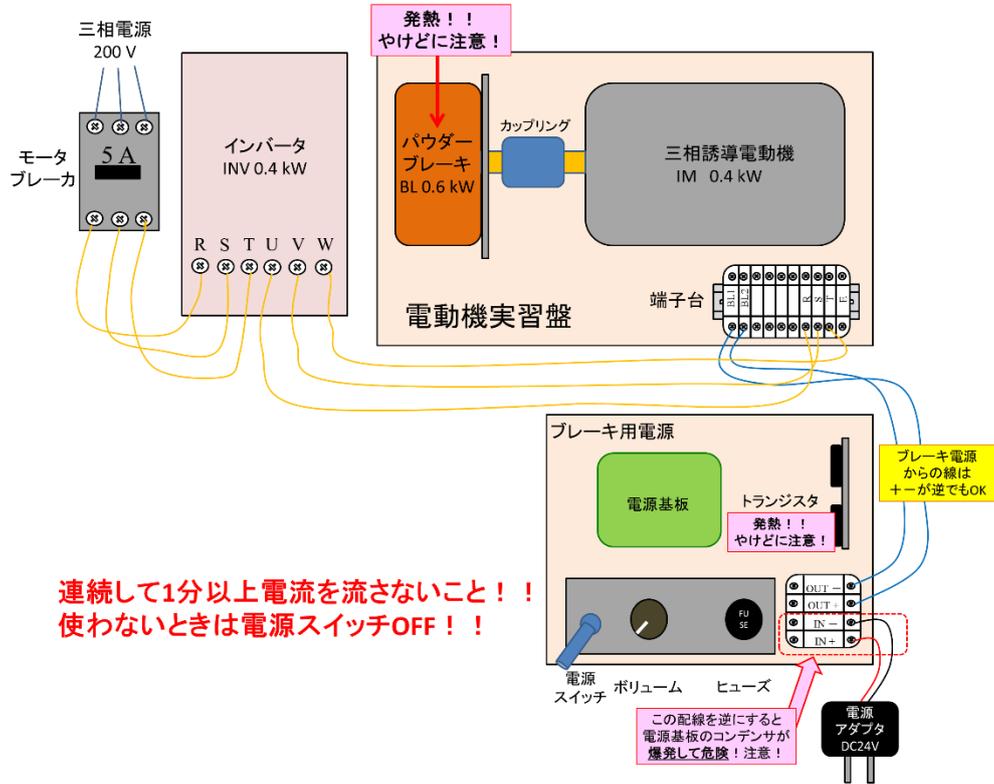


インバータの高・中・低速指令スイッチによる速度指令を行うためのスイッチである。現実には有接点リレーを使用することが多いが、今回の実習では、トグルスイッチを使用して簡易的に速度制御をすることとした。

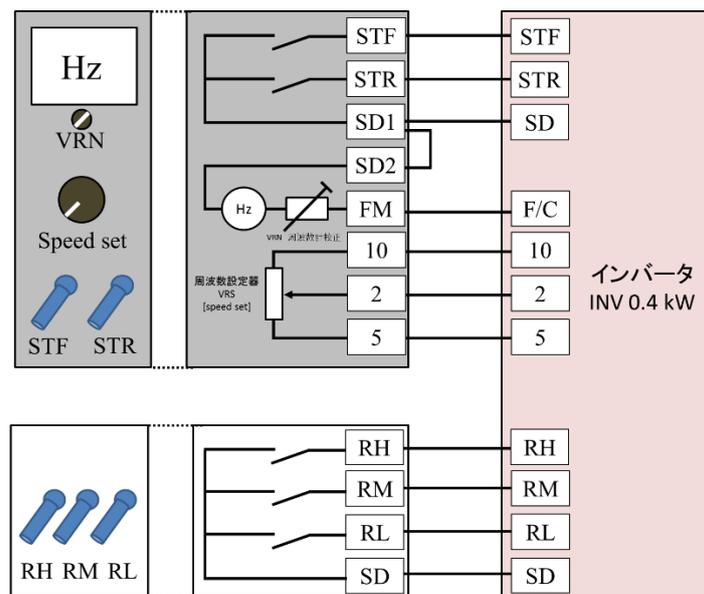
配線法

主回路

巻き込まれ注意！
モータを回すときは、カバーを必ずつけること！



制御回路



操作法

汎用インバータ実習編のテキストによること。

安全上の注意

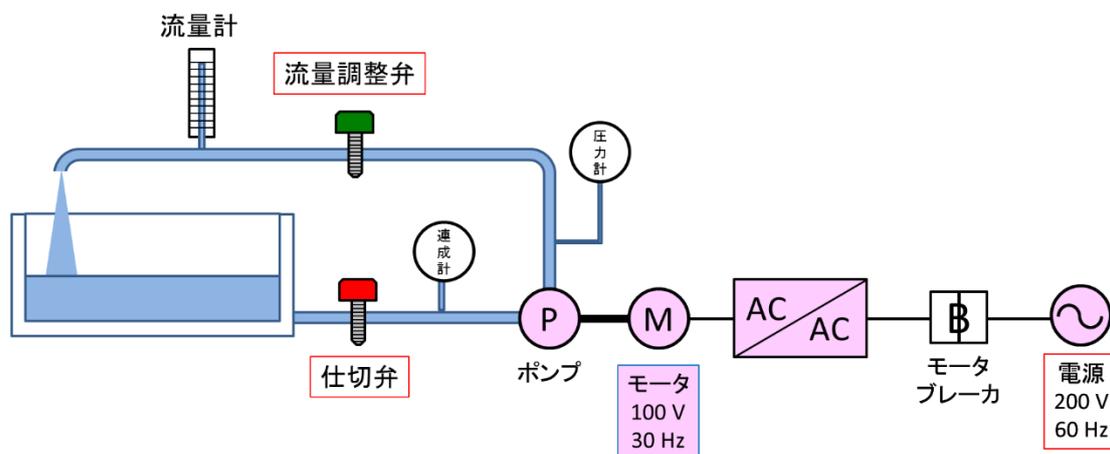
- ・回転部への巻き込まれを防ぐため、電動機動作中は必ずカバーの取付を指示すること。また、ネックレス、ネクタイ等の着用を認めないこと。その他、巻き込まれ防止には十分な配慮を行うこと。
- ・パウダブレーキは回転の運動エネルギーを熱エネルギーに変換するものであるから、運転中は大きな熱をもつことに十分に留意すること。火傷のおそれがあるので、パウダブレーキには、運転中はもちろん運転後もしばらくは触れないように指導すること。
- ・パウダブレーキの長時間の連続運転は避けること。適度に座学の時間を設け、パウダブレーキを冷却させること。
- ・パウダブレーキの発生トルクを電動機が停止するまで大きくすると、電動機に大きな電流が流れるため、数十秒程度までに抑えること。また、複数の受講生が同時に大きな電流を流すと、教室の許容電流を超過し、ブレーカがトリップするおそれがあるので、インバータの設定電流と実習機の台数を計算し、ブレーカがトリップしないよう配慮すること。

② ポンプ実習装置

ポンプ実習装置の機器類一式



ポンプ実習装置の概略図



ポンプ実習装置の操作手順

1) ポンプ実習装置の起動は、以下の手順によること。安全に配慮し、確認事項は必ず指差呼称でおこなうこと。

- ①水槽の水位が 2/3 以上であることを確認する。
- ②接地線が接続されていることを確認する。
- ③仕切弁を全開にする。
- ④水槽に水を入れてから、最初に起動する場合は、ポンプの注水部をわずかに開放し、水槽の水圧によって、ポンプ内の空気を押し出す。注水部から水がしみだして来たら、注水部を閉める。
- ⑤流量調整弁を全開にする。
- ⑥圧力計、連成計、流量計のコックを全開にする。
- ⑦電動機・インバータ等の電気配線を点検する。
- ⑧電源を投入し、異常がなければ、インバータを JOG 運転する。
- ⑨PU 運転モードで数分間運転し、異常な音や電流値がないことを確認する。また、グラウンドパッキンからの水の滴下量が適正であることを確認する。

2) ポンプ実習装置の停止は、以下の手順によること。

- ①すべての電源を落とす。
- ②仕切弁を全閉する（グラウンドパッキンからの不必要な漏水を防ぐため）。

○ 訓練の進め方

定トルク負荷実習装置は指導員用を含めて 6 台あるため、受講生が 30 人の場合、1 台の実習機で 5 人 1 班として実習させる。実習機は熱をもつため、適度に冷却させる必要がある。そのため、実習と座学を適度に組み合わせ、実習機の冷却のタイミングを作る。

ポンプ負荷実習装置は 1 台のみであるが、実習編テキストでは実習課題が 1~3 までであるので、受講生を 3 班に分け、1 班 1 課題を実習させる。他の班が測定をしている間は、操作法を確認したり、計算やグラフの描画を行う。班ごとに測定結果を提出させた後、受講生の人数分印刷し、実験結果を共有する。

○ 参考文献

- [1] 電気書院編集部：「汎用インバータ活用ガイドブック」，電気書院，昭和 60
- [2] 水口雄二郎：「楽勝！ポンプ設備の省エネ技術」，省エネルギーセンター，2010
- [3] 水口雄二郎：「楽勝！現場で使うインバータ」，省エネルギーセンター，2015
- [4] 船渡寛人，桜井知之，小笠原悟司：「マイクロ水力発電システム試験装置の開発」，電学論 D, Vol.130, No.12, pp.1288-1289, 2010
- [5] 山本修，田中 晃，平原 英明：「高度職業訓練におけるパワーエレクトロニクス分野の学習体系に関する考察」，職業大フォーラム 2015 第 23 回職業能力開発研究発表講演会，2015
- [6] 船渡寛人：「基盤技術科に対応したパワーエレクトロニクス教育の現状と課題」，平成 23 年電気学会産業応用部門大会, 1-S5-1, (2015)
- [7] 和田圭二，北野達也，山本吉朗：「大学・高専におけるパワーエレクトロニクス関連科目の現状と課題」，平成 23 年電気学会産業応用部門大会, 1-S5-2, (2015)
- [8] 伊東洋一，岩堀道雄，黒澤良一，秋山登：「企業におけるパワーエレクトロニクス教育の現状と課題」，平成 23 年電気学会産業応用部門大会, 1-S5-3, (2015)
- [9] 星伸一，金東海，船渡寛人，赤津観：「パワーエレクトロニクス教科書の現状」，平成 23 年電気学会産業応用部門大会, 1-S5-5, (2015)

○ 受講生からの評価

ポリテクセンター香川の離職者訓練で本教材を使用し、訓練を実施した。実施後に行ったアンケート結果を以下に示す。

番号	設問	回答	回答数
1	【1】電動機の実習装置について 実習装置は使いやすかったですか？	1. 使いやすい	8
		2. やや使いやすい	9
		3. やや使いにくい	0
		4. 使いにくい	0
2	インバータの用途(使い方/使い道)は分かりましたか？	1. 分かった	5
		2. なんとなく分かった	12
		3. あまり分からなかった	0
		4. 分からなかった	0
3	次の項目について、モータの特性がイメージできるようになりましたか？ ・周波数を上昇させると、回転数も上昇する。	1. 分かった	9
		2. なんとなく分かった	8
		3. あまり分からなかった	0
		4. 分からなかった	0
4	・負荷(ブレーキ)を大きくすると、電流が増加する。	1. 分かった	13
		2. なんとなく分かった	4
		3. あまり分からなかった	0
		4. 分からなかった	0
5	・負荷(ブレーキ)を大きくすると、回転数が低下する。	1. 分かった	12
		2. なんとなく分かった	5
		3. あまり分からなかった	0
		4. 分からなかった	0
6	・回転数が低下しすぎると、インバータの保護が働いて、電動機が停止する。	1. 分かった	9
		2. なんとなく分かった	5
		3. あまり分からなかった	2
		4. 分からなかった	0
		5. 回答なし	1
7	【2】ポンプ設備の実習装置(水槽とポンプを組み合わせた装置)について インバータを使うことによって、ポンプ設備で省エネができることが理解できましたか？	1. 分かった	8
		2. なんとなく分かった	8
		3. あまり分からなかった	1
		4. 分からなかった	0

同アンケートの結果より、本教材を用いた訓練は、概ね好評であったと考えている。特に、「負荷（ブレーキ）を大きくすると、電流が増加する」、「負荷（ブレーキ）を大きくすると、回転数が低下する」といったような、負荷と電動機の実験特性についての評価が高かったことから、本実習装置を通して、イメージをしっかりと持つことができたものと考えている。

一方、改善点としては、訓練生に対して設備の台数や訓練時間が少なく、十分な理解をさせるうえでの制約も多い点が挙げられる。これらの点は、今後の検討課題としたい。