

1. 電気設計

電気は目に見えないものである。しかし、非常に危険なものでもある。感電による死亡事故や漏電による火災が発生する可能性もある。電気設計をする際にはまず危険な部分をいかに排除するかを検討する必要がある。

また、操作スイッチや表示灯など常に機械を操作する人の利便性、また保守作業、定期的な調整の際の作業性を考慮した設計にする必要がある。また様々な規則や規格を遵守する必要もあり、それらの知識が求められる。

電気設計で行うこと

電気設計の担当者が行う作業としては下記のような作業がある。

1. 電気仕様の確認

電線の色、径、使用機器、電線番号など詳細な仕様の確認決定を行う必要がある。

2. 動力系配線図の設計

主に200Vや100Vの交流を使用した電気回路のことをいう。

直流でも高圧であったり電流が多い場合にも「動力系」ということもある。

3. 制御系配線図の設計

リレー回路やPLC（プログラマブル・ロジック・コントローラ）の配線など、センサやランプ、マグネットスイッチなどの機械を制御するための配線図である。

4. 盤設計

盤とは制御盤、操作盤、分電盤、中継ボックスなどを指す。

中に入れる機器のレイアウトやスイッチ、ランプの位置を示す。

操作性、運用面を含めエンドユーザと入念な打ち合わせが必要である。

5. コネクタやピンアサイン

ケーブルなどをコネクタで接続する場合のコネクタの各ピンごとの信号であるか、またコネクタの形状などが書かれた図面。

電気仕様の確認

電気は目に見えないため危険である。そこで細かな部分まで仕様を決め、それに沿った配線、機器選定、作業を行う必要がある。下記はその一例となる。この仕様は導入企業が明確に決めている場合もある。

1. 電線の色

電圧の系統で電線の色を分ける場合が多い。一例であるが、AC200V：黄色、AC100V：赤色、DC：青色というように分けることで危険度が一目で分かるようにする。

2. 電線の太さ

流れる電流を計算し、発熱による損傷がないよう電線の太さを決定する。

3. 電線の線番号の決定

図面中の配線を行う電線には必ず「線番」といわれる記号を記述する。実際の電線には一般的にマークチューブにその線番を印字し、端子の圧着部分に取り付ける。

4. 盤の決定

制御盤、操作盤の位置、大きさ、防水などの仕様を機械設計者、エンドユーザと決定する。

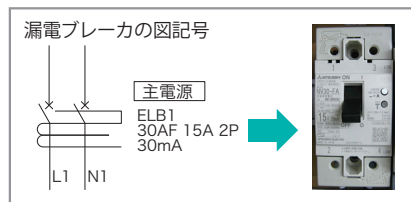
5. 各機器の決定

ブレーカやPLC、スイッチやランプなどの使用する機器をエンドユーザの仕様に合わせ決定する。エンドユーザの仕様がない場合、装置に適切な機器を選定し承認を得る。

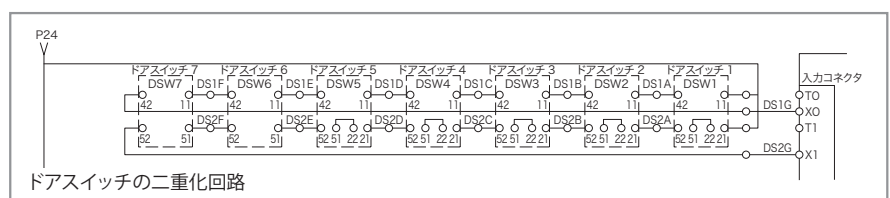
動力系配線図

動力系配線図は高圧の電気を扱うため、まず電気の流れを切る機器の配線を考える。これは異常な電気の流れを検知し、その回路を切断し安全を確保するためである。

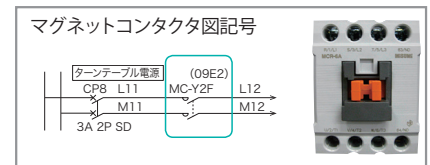
機器としては「漏電ブレーカ」、「配線用遮断器（ノーヒューズブレーカ）」、「サーキットプロテクタ」などがある。



制御機器の指令によってモータなどの機器をオン／オフするための機器を選定記述する。このとき、機器に流れる電流を考慮し、接点の容量を決める必要がある。また、電気が流れた瞬間は突入電



流という大量の電気が一瞬流れる。この突入電流を考慮した選定が必要となる。機器としては「電磁接触器（マグネットコンタクタ）」、「電磁開閉器（マグネットスイッチ）」などがある。



これらの他に電圧を下げる「トランス」やノイズの侵入を防ぐ「ノイズフィルター」、交流から直流に変換するための「スイッチングパワーサプライ」などを選定し記載する。

制御系配線図

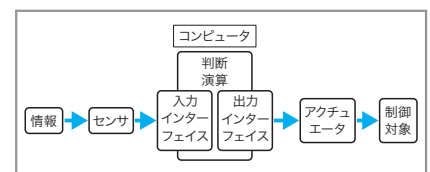
制御系配線図はスイッチやセンサなどの信号をPLC（プログラマブル・ロジック・コントローラ）やリレー回路に配線し、ランプ、リレーやマグネットコンタクタなどで装置を動作させるための径路を図面にしたものである。サーボモータのコントローラやロボットのコントローラとの信号の接続や、ネットワークの接続なども含まれる。

入力信号

機械に取り付けられたセンサやスイッチなどコントロール機器に情報を与える信号。

出力信号

PLCやロボットなどのコントローラが入力信号などからの情報を元に演算し、コンベアを動作させたり、他のコントローラに一指示を出したりする信号。



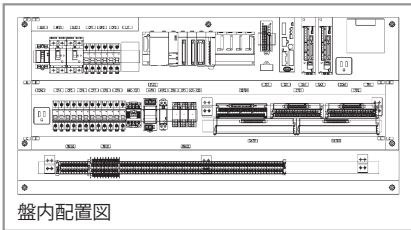
安全回路

非常停止スイッチを押した際や安全柵の安全プラグなどの回路。安全回路には安全リレー（セーフティリレー）や安全PLCが使用される。安全リレーや安全PLCは、異常が発生した場合にそれを検出する機能を有している。また、スイッチやセンサの動作不良を検出するために一つのスイッチの接点を2つ使用し、この2つが違う動作をした際に異常とする機能や、同じ意味の出力信号を2つ出し、この2つが同じ動作でない場合には動かないような回路を組む。これらは「安全カテゴリ」として「B」、「1」、「2」、「3」、「4」と5段階のレベルがあり、「ISO13849-1」の要求事項および指定構造で規定されている。

盤設計

制御盤、操作盤のスイッチ、ランプ位置、ケーブルを通すダクトの位置などを設計する。

制御盤では発熱した熱を逃がすためのファンや通気口の位置、機器間の隙間、ノイズの影響、漏電ブレーカなどの操作性を考慮し設計する。



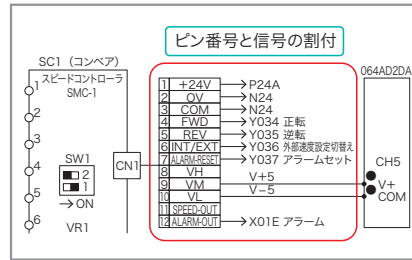
盤内配置図

操作盤では画面、ランプの見えやすさ、スイッチの操作性を考慮する必要がある。特に非常停止スイッチの高さは人の手でとっさに操作できるように会社や工場の規定で細かく決められている場合がある。



コネクタやピンアサイン

コネクタを使用する場合にコネクタのピンの番号とそれに取り付ける信号の内容を記載する必要がある。



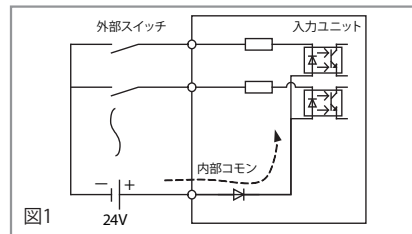
シンク接続とソース接続

PLCやロボットコントローラの入力（IN）と出力（OUT）は一般に直流電源を使用する。直流電源はプラス極（+）とマイナス極（-）で構成され+極から一極に電流が流れる。

この+極と一極の接続方法の違いで「シンク（Sink）」と「ソース（Source）」の接続方法がある。日本国内と海外では、この「ソース」と「シンク」の接続が逆になるケースが多いので注意が必要である。

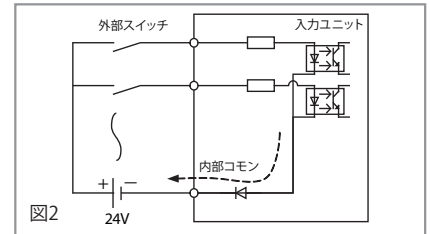
ソース入力（日本で多い接続：図1）

入力ユニットの共通が外部電源の「+」極と接続されている。そして「-」極と入力端子の間にスイッチやセンサを配線する。電流が入力ユニットの共通の端子台から入り、スイッチやセンサの方向に流れる。



シンク入力（海外で多い接続：図2）

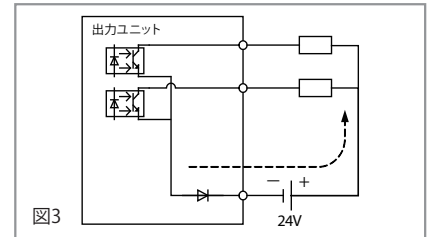
入力ユニットの共通が外部電源の「-」極と接続されている。そして「+」極と入力端子の間にスイッチやセンサを配線する。電流がスイッチやセンサから入り、共通の端子台の方向に流れる。



シンク出力（日本で多い接続：図3）

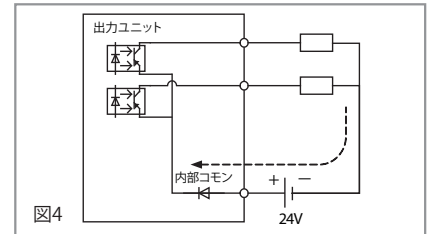
出力ユニットの共通が外部電源の「-」極と接続されている。そして「+」極と出力端子の間にランプやリレーなどの負荷を配線する。

電流が出力ユニットの負荷側から入り、共通の端子台の方向に流れる。

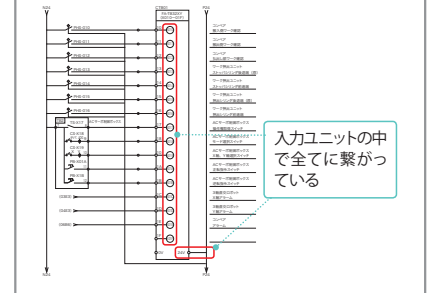


ソース出力（海外で多い接続：図4）

出力ユニットの共通が外部電源の「+」極と接続されている。そして「-」極と出力端子の間にランプやリレーなどの負荷を配線する。電流が共通の端子台から入り、負荷の方向に流れる。



※共通線（共通線）とは
共通線とは複数の信号の伝達にあたり、配線を簡素化するために電流の流れる方向を共通化する考え方。



電源について

日本では商用電源（電力会社が一般に販売している電源）の電圧は基本的に一般家庭向けが100V（ボルト）、工業用が200Vとなっている。商用電源は交流電源であり「AC」で表現され、「AC100V」、「AC200V」と記載する。AC200Vでは電灯に使用される「単相AC200V」とモータの電源に多く使用される「三相200V」がある。海外では「AC110V」～「AC120V」、「AC220V」～「AC240V」が一般的で、日本は世界的に見て電圧は低く設定されている。

また、工場の設備でよく使用される制御用電源は「DC24V」である。センサやリレーなどほとんどの産業用機器の直流電源は「DC24V」で使用されている。工場で使用されるアナログ電圧用電源は「0V～10V」が多く使用されている。また、位置決め用のパルス信号やパソコンのボード関係では「DC5V」が一般的である。

装置内では「三相AC200V」をトランスで「AC100V」に降圧して使用したり、「スイッチングパワーサプライ」という機器を使用し、「DC24V」や「DC5V」に変換して使用する。

インターロックとフェールセーフ

危険を回避する考え方、「インターロック」は条件がそろっていないと動作させない考え方である。車ではブレーキを踏んでいないとエンジンがかからないような制御がこれにあたる。機械の扉が開いていると自動運転ができないようにする。

「フェールセーフ」は間違った操作をした際や障害が発生した際も安全を確保する機能である。安全リレーを使用し、接点が溶着しても運転しないような回路を組み、危険を回避することなどをいう。

2. 制御盤の設計

さまざまな装置が動作する為には、その中に使用されている機器を制御する必要がある。その制御を行うための部品やコントローラを集めた物が制御盤である。装置が正しく動作するためには、正しく設計された制御盤が必要である。システム構築後に思わぬ不具合を招かぬよう、ノイズや熱、湿気などに十分注意する必要がある。

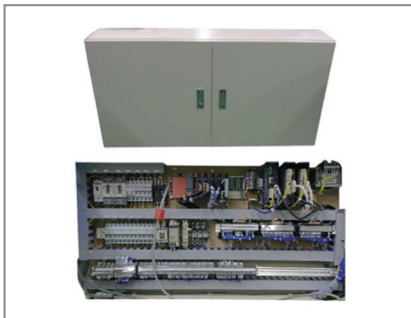
制御盤とは

制御盤とは一般に装置を制御するためのコントローラや電気をオン/オフさせるリレーなどを取り付けられた板、または箱のことをいう。

制御盤の中には装置を動作させるための電気機器が入っており、それらが配線されている。

精密な電機機器が入っているため、粉塵や水、熱を嫌い、それらの対策を行った設計が必要である。

装置には制御盤以外にも、装置を人が操作する操作盤、配線を途中で分岐したり、つなぎ変えたりする分電盤などがある。



制御盤の中に入っているもの

制御盤でよく使用される機器を記載する。また、図面中には名称でなく簡略化した文字記号で書く場合が多く、その記号も記載する。

機器名称	文字記号
漏電ブレーカ	ELB
ノーヒューズブレーカ	NFB
サーキットプロテクタ	CP
ノイズフィルタ	FL
シーケンサ	PLC
スピードコントローラ	SC
低圧コンデンサ	C
ステッピングドライバ	SD
サーボアンプ	SA
電源トランス	TR
サービソコンセント	CON
電磁接触機	MC
スイッチングパワーサプライ	AVR
リレー	CR
中継端子台	TB
換気扇付ルーバー	FAN

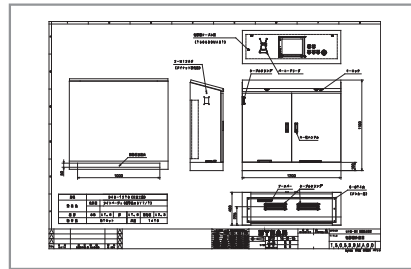
これらは代表的な機器であり、また文字記号も各事業所によって異なる。

制御盤に関する図面

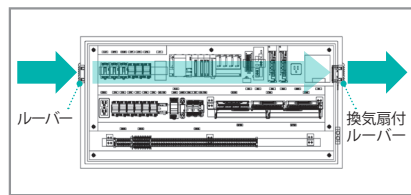
制御盤 外形・配置図

制御盤の外形と中の機器がどのように取り付けられているかを記載したのが下記の図面である。

外形図は外部から主電源のオン/オフがしやすい位置にブレーカが取り付けられているかなどに注意する必要がある。



配置図は各機器の発熱により他の機器に影響が出ないように、空気の流れが勘案された配置になっている必要がある。吸気口、換気ファンの位置関係が重要となる。



また、ノイズの出やすい機器とノイズの影響を受けやすい機器を分離するなどノイズ対策も重要な配置要素となる。

その他、調整や確認が定期的に必要なであったり、電池交換が必要な機器はなるべく手の届きやすい場所に配置するなどの考慮も必要となる。

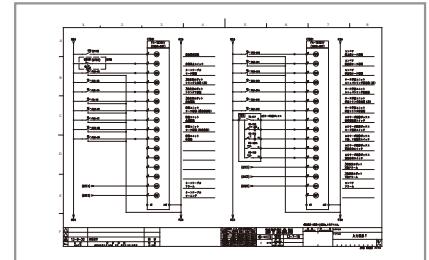
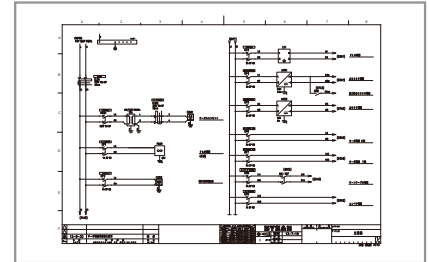
配線図

制御盤内の機器の配線内容を記載した図面である。

図面に記載する電気図記号は「JIS C0617」の規格で決められた記号を使用することが一般的であるが、事業所やメーカー独自で決められた記号を使用する場合もある。

大きく分けて220Vや100Vの商用電源

系を記載した部分と、直流DC24Vを中心にした制御系を記載した部分がある。



制御盤以外の電気用盤

配電盤

配電盤とは、特に高電圧の電気を工場やビルで受け各フロアやエリアに分ける役割を行う。

分電盤

分電盤とは、工場などではあるエリアでそれぞれの装置に電気を分岐して供する盤をいう。よく工場の壁に取り付けられている。

中継盤

装置などの中で、同じ電気の系統だが、長さを延長したり、故障時に途中で配線の取り外し取り付けが簡単に行えるよう、途中で配線を分離するためのもの。

操作盤

装置を操作するスイッチやランプがついたもの。最近はスイッチやランプがタッチパネルに置き変わったものが多い見られる。



電気に関する規格

電気の分野は目に見えない危険が沢山潜んでいる。そのため、規格にて機器の仕様や互換性を統一し、安全面や作業方法など確保されている。

規格は世界的に統一されているものから国や事業所で決められている場合があるが、基本的には世界規模の規格に準拠している。

【IEC】

(International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議)

電気・電子分野を対象にした国際的な規格。1906年に制定され、2017年4月時点で正会員と準会員含め83ヶ国が参加している。

世界的な規格には、電気、通信分野を除く他の全ての分野を対象にした規格を扱っている「ISO (International Organization for Standardization、国際標準化機構)」がある。

また、通信分野の国際標準規格を定めた「ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector、国際通信連合の電気通信標準化部門)」がある。

【JEC規格】

(Japanese Electrotechnical Committee)

電気学会が定める規格。日本での電気分野の標準規格である。

【JEM規格】

(Japan Electrical Manufacturers' Association)

日本電機工業会が定める規格。電力・産業用電機機器、家庭向け電気機器の設計、製造、試験、使用などにかかわる規格。

【EN規格】

(European Norm)

欧州標準化委員会と欧州電気標準化委員会、欧州通信規格協会が発行する欧州の統一規格。

【ANSI規格】

(American National Standards Institute)

米国国家規格協会が定める規格で、電気・電子に関する規格は電子工業会 (EIA) や電気通信工業会 (TIA) が作成したものをANSIが承認し規定している。

【NFPA79】

全米防火協会が規定している。産業用機械及び装置に対しての電氣的な規格であり、安全面を重要視したものとなっている。

スイッチの操作方向

スイッチやレバーの取付方向と操作内容が一般的には下記のようにになっている。

【垂直に取付】

上方向：オン、増加

下方向：オフ、減少

【横取付】

右方向：オン、増加

左方向：オフ、減少

【回転操作】

時計回り：オン、増加

反時計回り：オフ、減少

これは人間工学に基づき【JIS規格】のJIS Z 8907 (人間工学的要求事項) にて推奨されている。

上下取り付けの場合、何かが落下してスイッチに接触した場合、停止や切れる側に働くよう考慮されている。

このような考え方を「フェールセーフ」という。

電気設計のポイント

制御盤を設計する際に注意すべきポイントがいくつかある。下記にそれらを記述する。

1. ノイズ

電気機器はノイズを嫌うが、また、それらを発生させる源でもある。ノイズを発生する機器としては動力系のモータが代表的であるが、電源がオンとなった際に突入電流といわれる大きな電流が流れる機器などからもノイズが発生する。

ノイズの影響を避ける方法として、①動力用電線と制御用電線を離して配線する。②アースを確実に配線する。③ノイズフィルターなどを多用する。④ノイズを嫌う機器を金属で覆う。などの対策がある。

2. 熱

電気機器は熱を嫌うが、熱の発生源でもある。特に高電流を流す機器は熱が多く発生する。トランスやサーボアンプなどがこれに該当する。

制御盤にはこの熱を放出するよう空気の流れを作る換気扇やルーバーを付けるが、熱が発生するものを上部につけ換気扇をその近くに、ルーバーをその対角につけるなどの工夫が必要である。

3. 湿気

電気機器は熱と共に湿気も嫌う。湿気が多い場所に設置する場合はルーバーや換気扇は防湿タイプを使用する。

4. サービスコンセント

コントローラなどの調整を行う際に制御盤内にAC100Vのコンセントをつけておくことがよくある。パソコンなどを使用する際、他から電源を取らなくても良いように最初から付けておくとう便利である。

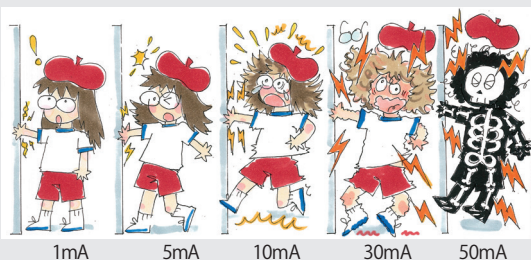
▶ 漏電ブレーカ

漏電ブレーカ (遮断器) とは、過電流や短絡保護だけでなく、電気の漏れを検出するものである。

電気の漏れとは電線以外に電流が流れてしまうことで、人や他の機器に異常をもたらす場合がある。電流が一定値 (定格感度電流値) を超えると遮断装置が電路を遮断する。

人体に電気が流れてもすぐにブレーカが落ちるように、一般的に定格感度電流が30mA、定格動作時間0.1秒以下のものを使用する。30mAという数値は、人体が耐えうることができる最大電流値である。

漏電ブレーカはこのように非常に大事な役目があるので、いつでも正常に動作しなければならない。そのため、漏電ブレーカが正しく働くかどうか確認するためにテストボタンがついている。このテストボタンを押すと、擬似的に漏電状態を作って漏電遮断器の動作を確認することができる。



1mA	ピリツと感じる
5mA	ビリビリと指や腕にいたみを感じる。
10mA	痙攣を起こし、接触状態からはなれることが困難になる。
30mA	強い痙攣を起こし、失神や血圧上昇をまねく。長時間の感電は、死亡することもある。
50mA	強烈なショックを受け、短時間でも死亡する可能性が高くなる。