

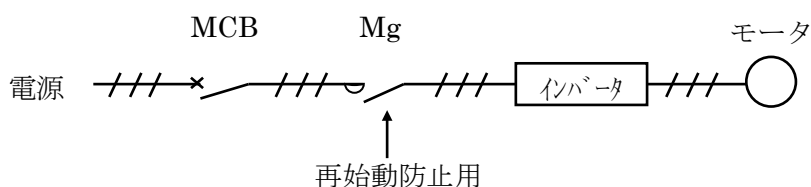
5. 5 主回路配線と適用器具

電磁接触器の使用法

■ 一次側に設置

インバータ運転中に停電が生じた後、インバータより運転指令がありますと、インバータが自動的に再始動するため、相手機械によっては作業の途中から急始動し作業者が危険となります。

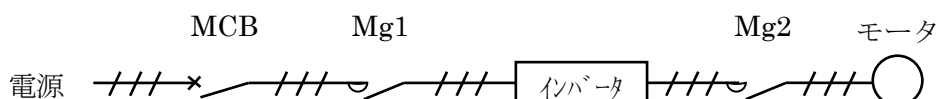
このため一次側に電磁接触器（Mg）を挿入し、再始動を防止する方法もあります。この時は停電で運転指令が OFF するシーケンスとしてください。



■ 二次側に設置

二次側に電磁接触器を設置した場合、“ON” はモータ、インバータ共に停止した後行ってください。インバータの運転中に電磁接触器を“ON” しますとモータに大きな突入電流が流れ（モータの直入始動電流）、インバータの素子の破壊あるいは、寿命を短くすることがあります。

なお、電磁接触器の制御コイル電源はインバータの一次側に接続してください。



漏電遮断器の使用法

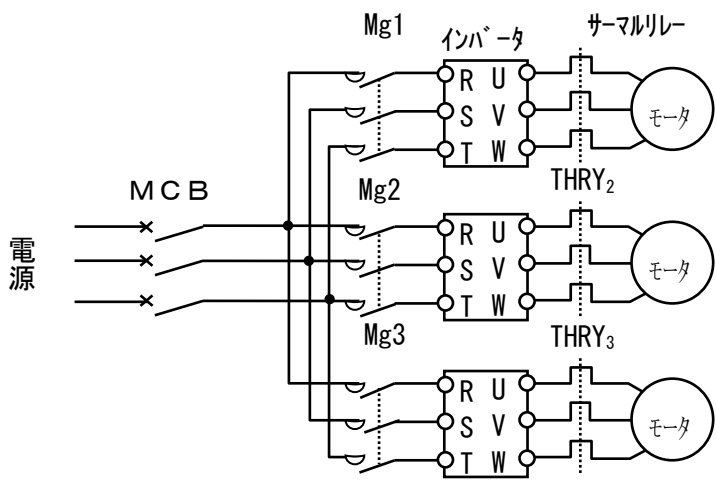
漏電遮断器は「インバータ対応形」をご使用ください。

従来品は、インバータの高調波により誤動作することがありますので、ご注意ください。

■ 漏電遮断器の感度

インバータの1台あたりの漏れ電流は約3mAです。このため受電側に漏電遮断器を設置する場合は、次の式を満足するような感度の漏電ブレーカを選んでください。

$$(\text{漏電遮断器感度電流}) > 3\text{mA} \times (\text{インバータ台数}) + (\text{モータ及び配線の漏れ電流})$$



- (注1) 漏電ブレーカはインバータの出力側に設置しないでください。設定値に対し正しく動作しません。
- (注2) 感度電流が規制されている所への設置は、特にご注意ください。
- (注3) インバータ内蔵の地絡保護機能は、インバータ保護の目的です。感電防止用ではありませんので、人体保護のためには、必ず漏電ブレーカを設置してください。

(参考) 定格感度電流及び動作時間の選定
 詳細は「電気設備技術基準」、「労働安全衛生規制」を参照ください。

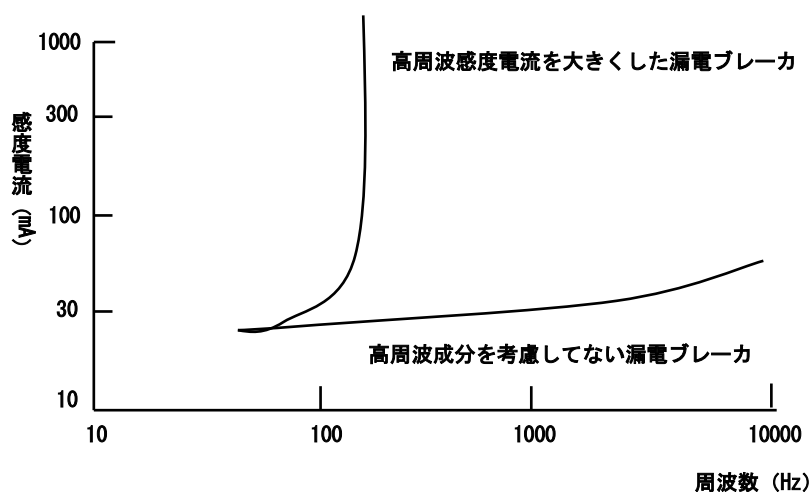
保護目的	電路機器の状況	接地抵抗値	定格感度電流 (動作時間)	保護対象機器の例
感電保護	・機器の接地が困難な電路	—	15mA (高速形)	移動式の機器 コンベア、クラシヤ、コンプレッサ コンクリートミキサ、工場扇等
	・水気のある危険な場所	500Ω以下	30mA (高速形)	
	・労働安全衛生規則適用場所			可般式の機器 電気ドリル、サンダ、グラインダ ハンマ、パイブレータ等
	・第二種接触状態の場所 湿気や水気が著しく存在する場所			
設備保護	・第三種接触状態の場所 人が触れるおそれのある場所、一般場所において、人が直接触れて取り扱う電気工作物	500Ω以下	100mA (高速形)	一般自家用の工場ビル等の固定機器設備
		250Ω以下	200mA (高速形)	大型の電動機器
		100Ω以下	500mA (高速形)	給排水ポンプ等
	・第四種接触状態の場所 人が触れるおそれのない場所	500Ω以下	200mA (高速形)	その他の設備 ロードヒーティング フロアヒーティング、温床等
			500mA (高速形)	
・分岐に漏電遮断器を設置している主回路	500Ω以下	200mA (高速形) 500mA (高速形)		

■ 高周波の影響について

インバータは、スイッチング動作をしているため高周波成分が多く、通常の商用電源時と比べ漏洩電流が増加します。そのため漏電遮断器は下図で示すように、高周波で感度電流値を大きく設定した漏電遮断器を用いないと誤動作する場合があります。

高周波での感度電流値を大きくした漏電ブレーカの特性を示します。

(詳細は漏電遮断器のカタログ等を参照ください。)



<感度電流の周波数特性>

以上のように商用電源時に比べ、インバータと負荷の間で漏電現象が発生した場合、感度電流に差が生じる場合があります。そのため、感度電流が規制される箇所への設置は注意が必要です。

サーマルリレーの使用方法

■ サーマルリレーが不要な場合

インバータは電子サーマル機能が内蔵されていますので、標準適用出力のモータを使用する場合は、外部にサーマルリレーを必要としません。

電子サーマル機能は、インバータに内蔵したマイクロプロセッサに標準適用出力のモータ熱特性を記憶させ、モータ電流をサンプリング検出して、常に監視します。

また、標準適用モータより、小さい容量モータを使用した場合でも、電子サーマル調整機能により、インバータの定格電流の20~100%の間で、電子サーマルレベルが調整できます。

電子サーマル機能は、2章の **電子サーマル** を参照して下さい。

電子サーマル機能が動作するとアラームとなりモータは、フリーラン停止となります。

IE3モータやIE1のAFモータ（インバータ用モータ）をご使用の場合には、定トルクモータ用のサーマル特性を選択して下さい。

■ サーマルリレーが必要な場合

1 台のインバータで複数台のモータを駆動する場合、個々のモータにサーマルリレーが必要です。

- ・ 10～60Hz 以外でモータを長時間使用している場合
- ・ モータの容量、負荷バランスが異なる場合

[インバータ高調波・高周波によるサーマルリレーの誤動作と対応について]

サーマルリレーをインバータとモータ間に接地すると高調波・高周波の影響により定格以内で誤動作する場合があります。

従来はサーマルリレーの整定値を 10%程度上げることで対応できましたが、インバータの高速スイッチング化によりインバータをモータ間の配線距離が長くなると高周波による影響が増し、サーマルリレーが誤動作しやすくなります。このような場合に、以下の方法で誤動作の防止ができます。

(1) 1 台のインバータで 1 台のモータを駆動する場合

電子サーマル(インバータ内蔵)を使用する

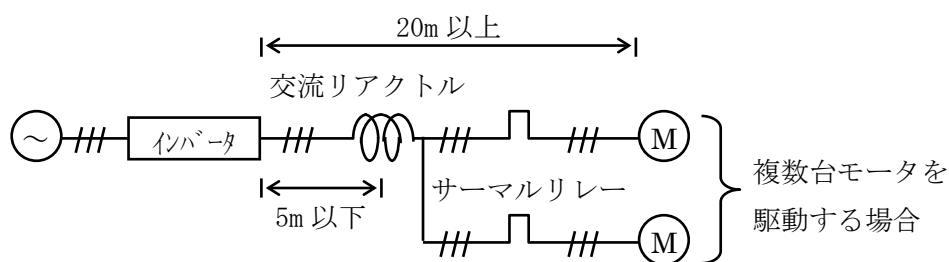
(2) 1 台のインバータで複数台のモータを駆動する場合

①インバータとモータ間の配線距離が 20m以下の場合

サーマルリレーの整定値をモータ定格電流より 10%程度上げて使用してください。

②インバータとモータ間の配線距離が 20mを超える場合

インバータの出力側(インバータから 5m以内)に交流リアクトルを挿入し、サーマルリレーの整定値をモータ定格電流より 10%程度上げて使用してください。



主回路配線の留意点

■ 配線の漏洩電流

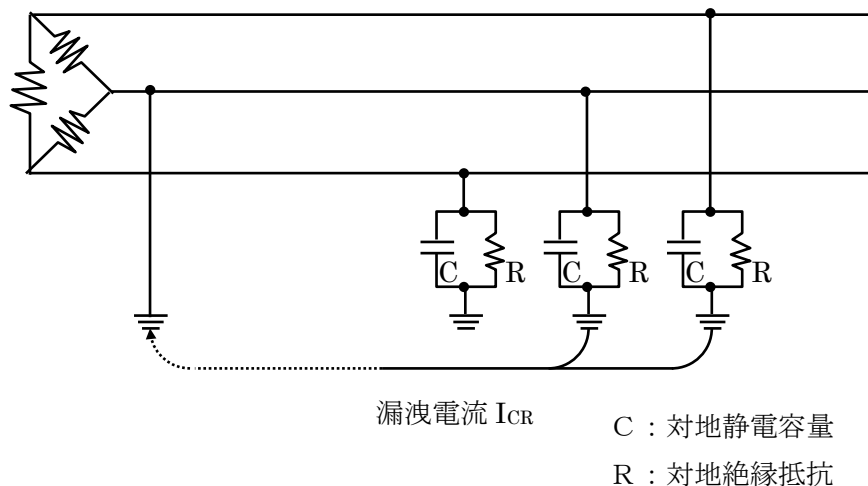
インバータの出力波形は直流電圧をスイッチング動作して作られているため、高調波及び高周波成分を含んでいます。インバータとモータ間の布線距離が長い場合は特に商用電源時よりも多く、漏洩電流が流れやすくなりますので、下記に注意して布線を行ってください。

- ① 布線と大地間の距離を離す。
- ② 布線を短くする。
- ③ 感度電流を大きくする。(高調波の感度電流を大きくした検出器にする。)
- ④ 電線種類を変える。(電線の種類により漏洩電流が変わる。)

スイッチング周波数が高い(10~16kHz)インバータの場合、特に配線の漏洩電流が大きくなりますので注意ください。

目安としてはCV線を使用し、金属管にて約30mA/kmの漏洩電流となります。
また、IV線は比誘電率が高いため漏洩電流がCV線に比べ約8倍に増加します。

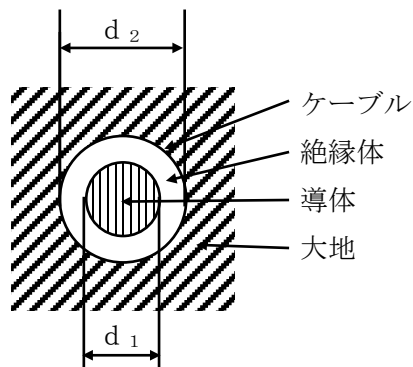
電気回路は、下図のごとく必ず対地間容量Cと対地間抵抗Rがあり、常時これらを通して漏洩電流が流れます。



< 電路の常時漏洩電流 >

電気設備基準では、絶縁抵抗Rは0.4MΩ以上(300V超時)となっており、その値は約1mA程度で問題となりませんが、Cの値が電気回路の布線方式や長さ等により大幅に異なるため注意が必要です。

例えばケーブルを完全に地中に埋設した下図の例の場合、最悪条件でのCは次式で求められます。



$$\begin{aligned} \text{対地静電容量 } C &= \frac{2\pi\epsilon^*}{\ln(d_2/d_1)} \quad (\text{F/m}) \\ &= \frac{0.0241\epsilon^*}{\log(d_2/d_1)} \quad (\mu\text{F/km}) \end{aligned}$$

ϵ^* は絶縁体の比誘電率

図5-6 地中に埋められたケーブルの対地静電容量の計算

$$\text{漏洩電流 } I_{CR} = 2\pi fC \times \text{電圧 (A)}$$

f : 周波数

図5-7に600Vビニール電線(IV線)の地中埋設のC及び I_{CR} の例を示します。

図5-8は設置状況におけるC及び I_{CR} の例を示します。

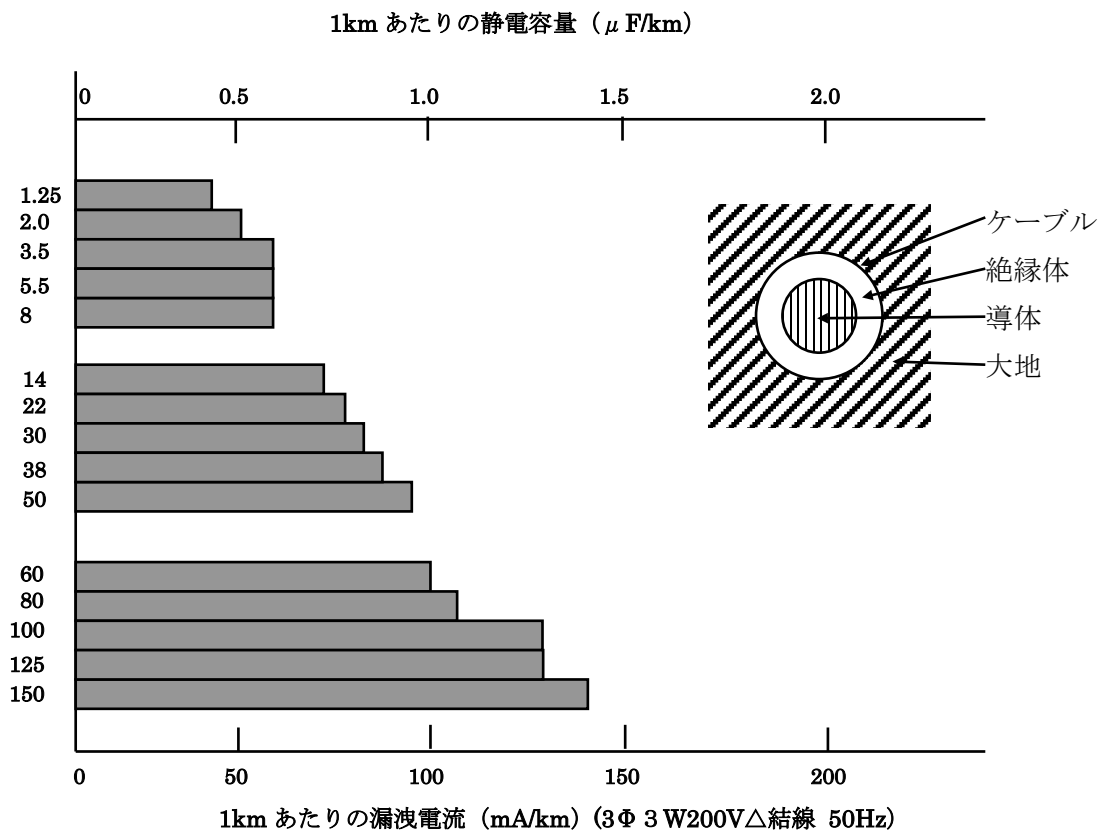


図5-7 600Vビニール電線の対地静電容量
(詳細は、電線メーカーの資料を参照してください)

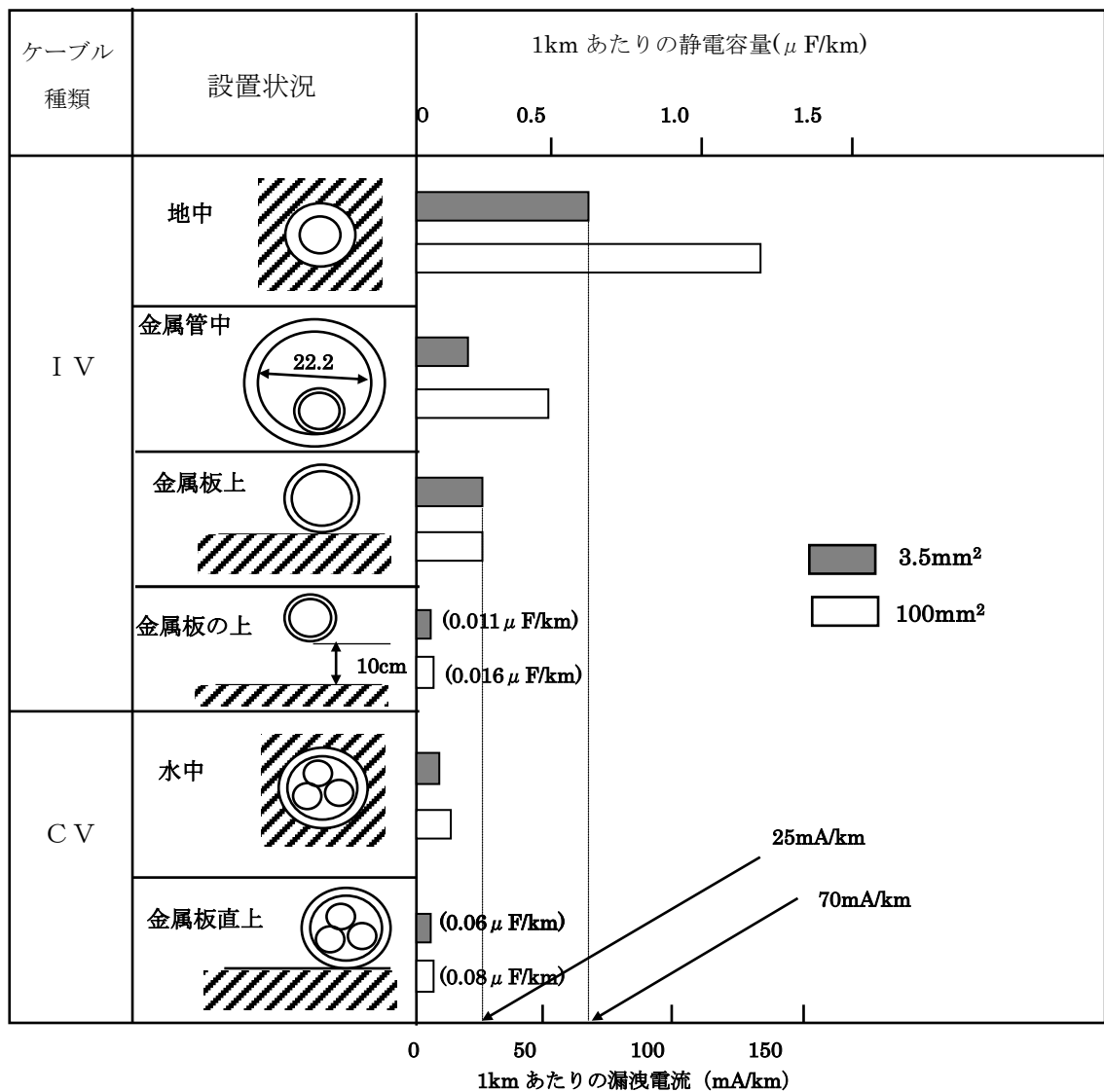


図5-8 各設置状況における対地静電容量 (詳細は各電線の資料を参照)

また IV 線に比べ CV 線 (600V 架橋ポリエチレンケーブル) は比誘電率が小さいため、漏洩電流が少なくなります。

(例) 3.5mm² IV 線 \longrightarrow 3.5mm² CV 線

地中埋設 約 70mA/km \longrightarrow $\frac{1}{8} \times 70 \doteq 9\text{mA}/\text{km}$

金属板上 約 25mA/km \longrightarrow $\frac{1}{8} \times 25 \doteq 3\text{mA}/\text{km}$

接地

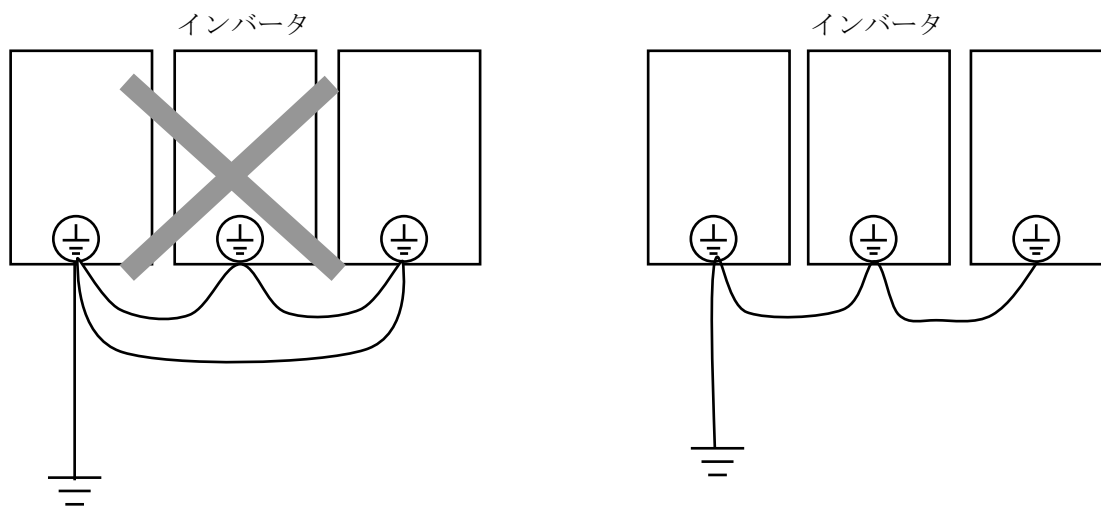
接地には、漏電による感電防止とラジオノイズの侵入及び放射防止という重要な役割があります。装置の筐体を接地することにより、感電事故の防止が図られるとともに、筐体がシールドの役目をし、ラジオノイズの侵入及び放射を防止できるので装置の信頼性も向上します。したがって、接地端子の設けられている装置は必ず接地してください。接地の方法は電気設備技術基準、JIS、内線規程等で下表のように規定されています。

表 5 - 2 接地基準の例

接地工事の種類	対象機器	接地抵抗	接地線の太さ	色別
D種接地工事	AC300V 以下	100 Ω 以下	Φ1.6mm 以上	接地線 { 原則として緑色、やむを得ない 時には緑と黄のしま模様でもよい。
C種接地工事	AC300V～600V	10 Ω 以下	Φ1.6mm 以上	

(注) 接地は定められた接地（例えば第D種接地）を確実にを行い、他の強電機器用と接地極を分離し、共用を避けてください。

複数台の場合は、接地がループにならないように接続してください。



参考：電気設備技術基準

接地抵抗値	区分
10(Ω)	A 種
変圧器の高圧側・特別高圧側の電炉の 1線地絡電流のアンペア数-150(Ω)	B 種
10(Ω) (地絡時 0.5 秒以内に 自動的に電路遮断するとき 500(Ω))	C 種
100(Ω) (地絡時 0.5 秒以内に 自動的に電路遮断するとき 500(Ω))	D 種

接地工事の種類	接地抵抗値
A種接地工事	10Ω
B種接地工事	変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路の1線地絡電流のアンペア数で150を除いた値に等しいオーム数 変圧器の高圧側の電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧側の電路と低圧側の電路との混蝕により、低圧電路の対地電圧が150Vを超えた場合に、1秒を超え2秒以内に自動的に高圧電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは、300、1秒以内に自動的に高圧電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは600
C種接地工事	10Ω 低圧電路において、当該電路に地絡を生じた場合に0.5秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500Ω
D種接地工事	100Ω 低圧電路において、当該電路に地絡を生じた場合に0.5秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500Ω

主回路配線の距離

配線距離が長いと電圧降下が大きくなり、モータのトルク不足や電流の増加により、モータが過熱する場合があります。インバータとモータの間の電圧降下は3%以内を目安にしてください。

表5-3に10m配線の場合の電圧降下を示します。線間の電圧降下は次式で算出できます。

$$\text{線間電圧降下 (V)} = \frac{\sqrt{3} \times \text{電線抵抗 (m}\Omega/\text{m)} \times \text{配線距離 (m)} \times \text{モータ電流 (A)}}{1,000}$$

配線距離が長い場合や低速側での電圧降下（トルク減少）を少なくしたい場合は太い電線径を使用してください。

また、長い距離をシールド線で配線すると地絡リレー、サーマルリレー等が動作し易くなるのでご注意ください。

表5-3 配線距離10mの電圧降下表（200V）

モータ出力 (kW)	適用インバータ		インバータ 出力電圧		標準適用電線		配線距離10mの線間電圧降下		
	インバータ 容量 (kVA)	電流 (A)	50Hz 又は 60Hz	5Hz 又は 6Hz	電線太さ (mm ²)	導体対抗 20℃ (mΩ/m)	線間電圧降下 (V)	50Hz 又は 60Hz (%)	5Hz 又は 6Hz (%)
0.4	1	3.0	200V	28V	2	9.24	0.416	0.21	1.5
0.75	1.5	5.0					0.672	0.34	2.4
1.5	2.5	8.0					1.20	0.6	4.3
2.2	3.5	11					1.68	0.84	6.0
3.7	5.5	17.5			3.5	5.20	1.44	0.72	5.2
5.5	8	24			5.5	3.33	1.35	0.67	5.6
7.5	11	32		24V	8	2.45	1.36	0.68	5.7
11	16	46			14	1.30	1.04	0.52	4.3
15	22	64			22	0.824	0.91	0.46	3.8
22	33	95			30	0.624	1.02	0.51	4.3
30	40	121			38	0.487	0.97	0.49	4.0
37	50	145			50	0.378	0.94	0.47	4.0
45	60	182			60	0.303	0.91	0.46	3.7
55	75	220					1.06	0.53	4.4

(注1) 上表は定トルク特性で算出しています。

(注2) 電線はより線（軟銅）の場合を示します。

* 電線の導体抵抗は、使用する電線により異なることがあります。

詳細は各電線のデータを参照してください。

(例) 200V 受電、0.4kW モータ配線距離 30m で 5Hz 時の電圧降下を 3%以内をしたい。

5Hz のインバータ出力は 28V ですから電圧降下は 0.84V (28V×0.03=0.84V) 以内にする必要があります。

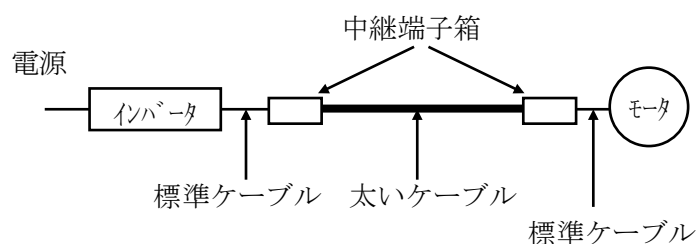
$$0.84 \text{ (V)} = \frac{\sqrt{3} \times \text{電線抵抗 (m}\Omega/\text{m)} \times 30 \text{ (m)} \times 3 \text{ (A)}}{1,000}$$

$$\text{電線抵抗 (m}\Omega/\text{m)} = \frac{0.84 \text{ (V)} \times 1,000}{\sqrt{3} \times 30 \text{ (m)} \times 3 \text{ (A)}}$$

$$\doteq 5.39 \text{ (m}\Omega/\text{m)}$$

したがって、電線抵抗 $\doteq 5.39 \text{ (m}\Omega/\text{m)}$ 以下の電線 (5.5mm²を使用) を選定してください。

(注) 電線ケーブルを太くした時、モータやインバータの端子に直接接続できない場合があります。
このような場合は、中継端子で配線してください。



標準適用器具およびケーブルサイズ

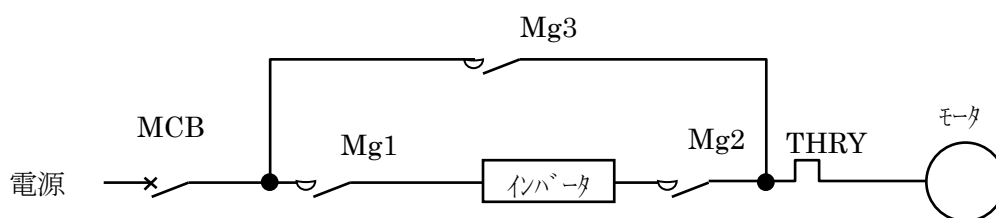


表 5-4 標準適用器具 (HF-430α シリーズの例)

モータ出力 (kW)	インバータ 機種	配線			適用器具		
		動力線 R, S, T, U, V, W, P, N, P1	外部抵抗接続 P, PR 間	信号線	配線用遮断器 (MCB)	電磁接触器 (Mg)	
200V級	5.5	HF4312-5A5	5.5mm ² 以上	5.5mm ² 以上	0.14 ~ 0.75mm ² シールド線	NF-50 (50A)	SC-1N
	7.5	HF4312-7A5	8mm ² 以上	8mm ² 以上		NF-100 (60A)	SC-2N
	11	HF4312-011	14mm ² 以上	14mm ² 以上		NF-100 (75A)	SC-2SN
	15	HF4312-015	22mm ² 以上	22mm ² 以上		NF-100 (100A)	SC-3N
	22	HF4312-022	38mm ² 以上	38mm ² 以上		NF-225 (175A)	SC-5N
	30	HF4312-030	60mm ² 以上	—		NF-225 (200A)	SC-7N
	37	HF4312-037	100mm ² (38mm ² ×2) 以上			NF-400 (250A)	SC-8N
	45	HF4312-045	100mm ² (mm ² ×2) 以上			NF-400 (300A)	SC-10N
55	HF4312-055	150mm ² (60mm ² ×2) 以上	NF-400 (350A)			SC-11N	
400V級	5.5	HF4314-5A5	3.5mm ² 以上	3.5mm ² 以上		NF-30 (30A)	SC-5-1
	7.5	HF4314-7A5	3.5mm ² 以上			NF-30 (30A)	SC-5-1
	11	HF4314-011	5.5mm ² 以上		NF-50 (50A)	SC-1N	
	15	HF4314-015	8mm ² 以上		8mm ² 以上	NF-100 (60A)	SC-2N
	22	HF4314-022	14mm ² 以上	14mm ² 以上	NF-100 (100A)	SC-2SN	
	30	HF4314-030	22mm ² 以上	—	NF-225 (125A)	SC-3N	
	37	HF4314-037	38mm ² 以上		NF-225 (150A)	SC-4N	
	45	HF4314-045	50mm ² 以上		NF-225 (175A)	SC-5N	
55	HF4314-055	60mm ² 以上	NF-225 (200A)		SC-7N		

(注1) 適用器具は、三相モータ (4極) の場合を示します。

(注2) 配線距離が 20m を超える場合は、動力線を太くする必要があります。

(注3) アラーム出力は、0.75mm² をご使用ください。

(注4) 30kW 以上の機種で回生制動が必要な場合は、制動ユニット (オプション) を使用ください。