

速度制御編

1. 速度変化とQ-CONの回路構成

■速度変化について

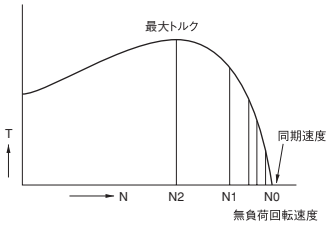


図-1

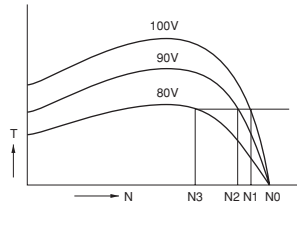


図-2

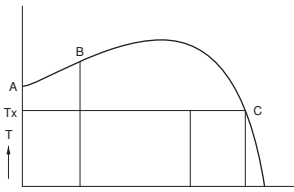


図-3

インダクションモータは無負荷では、同期速度 (50Hz 4極で 1500 r/min、60Hz 4極では1800 r/min) 近くで回り、負荷を加えていくと回転速度がトルクスピードカーブに沿ってN1、N2と変化し、最大トルクに達すると止まります。

$$N \text{ (同期速度)} = \frac{120 \times f \text{ (周波数)}}{P \text{ (モータ極数)}}$$

また、負荷が一定で電圧を変えた場合は図-2のように、低トルクでしか使えず、最大トルク点も電圧に応じて変わってくるため、速度範囲はせまく、低電圧ではわずかな負荷変動でも回転速度は大きく変わってしまいます。

これに対しQ-CONモータは、トルクカーブの全域で回転させることができます。図-3のようにNb設定回転速度でTxの負荷の場合、インダクションモータではA→B→Cの経過でNcの回転速度で安定しますが、Q-CONモータではタコジェネレータのフィードバック電圧でAからBに移った時点で供給電圧は一時ストップし、回転速度はBからAに下がり始めます。そこで供給電圧が再び加わり、B点を超え、またストップするというようにこれを短時間で繰り返しながら回転速度はNb点で安定します。

これを図-4のブロック図で説明します。まず任意の速度信号の設定値Eiと、タコジェネレータからのフィードバック信号Eoが比較されます。次にその差をAMPで増幅し、位相制御回路で差に見合った位相が設定されます。その位相設定で電力制御回路を通してモータに電圧が加えられます。今、設定値とタコジェネレータフィードバック信号の差が正 (設定値 > TGフィードバック信号) ならば、モータへの印加電圧も増加し、負 (設定値 < TGフィードバック信号) ならば、モータへの印加電圧は減少します。

実際の速度制御回路の場合、まず任意の回転速度を得るために設定値をEiにします。モータは停止していますのでタコジェネレータ出力Eoは零です。この時、AMP入力EiはEiとなってモータへの印加電圧は最大になり、モータは始動、加速します。モータの加速によりタコジェネレータ出力Eoは増加し、Ei-Eoは減少します。モータ速度が設定値を越えた時、つまりEi-Eoが負になった時モータへの印加電圧は減少します。そして、再びEi-Eoが正になるとモータへの印加電圧は増加します。これを

繰り返しながら、Ei-Eo≒0の時点でモータは安定します。従って、設定値Eiに相当した速度でモータは回転します。

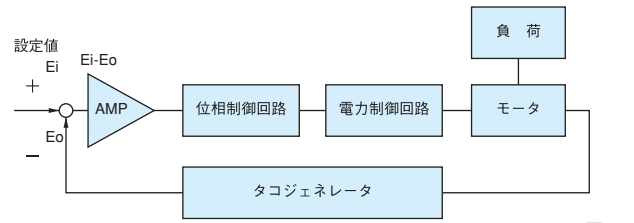


図-4

■Q-CONの回路構成について

図-5にQ-CON HC-60Aの基本回路構成を示します。

○で囲んだ数字は、HC-60Aの端子番号です。

①-②には、商用電源を接続します。

③-④には、Q-CONモータ (3~70W) 接続してあることを示します。

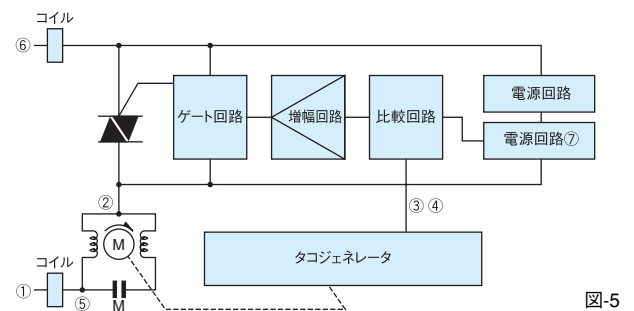


図-5

ここで③-④の波形は、図-6のようになっています。

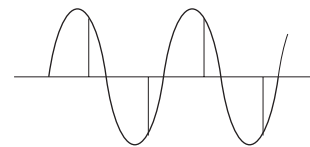


図-6

2. 諸特性

■周波数特性

Q-CONユニット、モータは可変抵抗器の値が同一抵抗値であれば、50Hz・60Hzとも同一回転速度が得られます。しかし、高速時1400 r/minを超えると、制御範囲からはずれ、同一回転速度ではなくなります。

■温度特性

Q-CONモータはタコジェネレータによって発生する電圧をフィードバックして、閉ループ制御を行っています。一般にタコジェネレータの素材にフェライトマグネットを使用すると、モータの温度が上昇した際、フィードバック量が減少し、回転速度が変化します。モータとユニットが同一周囲温度の場合は、図-7のような回転速度-周囲温度特性となり、異なる周囲温度の場合の回転速度-モータケース温度特性は、図-8のようになります。

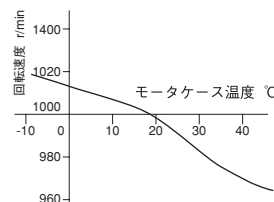


図-7

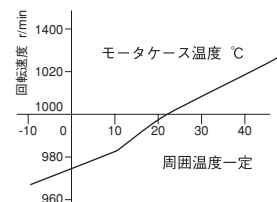


図-8

□80
□90
一体型

□80
□90
分体型

速度制御

速度・停止

□61
□70
IH

□80
□90
IH

□124
IH

□61
□70
RH

□80
□90
RH

□124
RH

外形図

コンデンサ

■起動特性

無負荷時の起動時間はモータや、設定回転速度により下図のようになります。

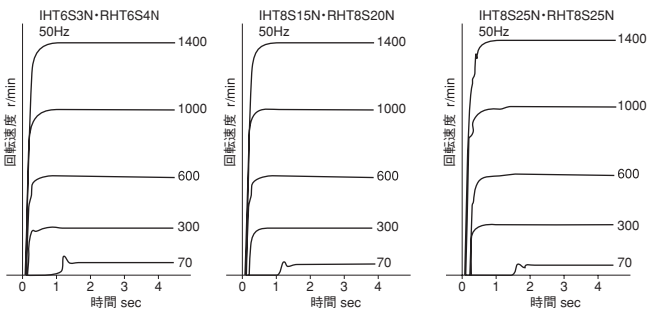


図-9

図-10

図-11

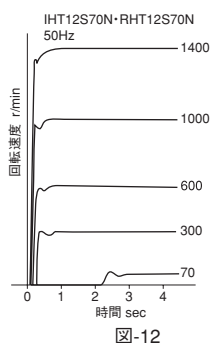


図-12

■許容負荷特性

Q-CONモータでは、負荷が重ければ入力は多くなり、負荷が軽ければ少なくなります。

入力と出力の差を損失といい、入力が多ければ損失も大きくなり、損失の大部分は熱となって消費されます。図-13のように負荷が重く、回転速度が低くなるにしたがい電流が多くなり、入力が増して温度が上昇します。モータは、巻線温度が高くなると絶縁劣化し、焼損や絶縁不良の原因となります。そこで、最適な条件で使用していただける負荷の目安を許容負荷トルク曲線図-15で示します。

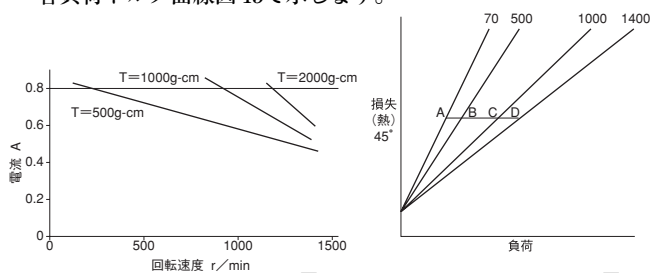


図-13

図-14

しかし、短時間で使用する場合や、放熱効果のよいところで使用する時は、許容負荷トルク以上でも使用可能です。

モータの外被温度が85℃を越えないようであれば安全です。レバーシプルモータが30分定格となっていますが、軽負荷の場合は連続使用が可能になります。

図-14は (70-500-1000-1400) r/minの回転速度で負荷に対する損失(熱)の関係を示したものです。

A~D点は、モータの許容温度上昇値をプロットしたものです。図-15は、これをトルク-スピード特性にA-B-C-D点を結んだものが許容負荷曲線で、この線より下の負荷なら、モータを安定運転することができます。

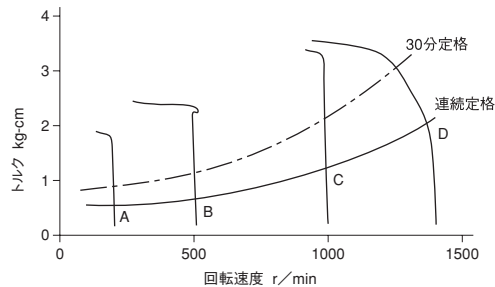


図-15

■速度の安定性

図-16のように低速で回転ムラが大きく(約5%)、高速では安定します。(約0.5%)

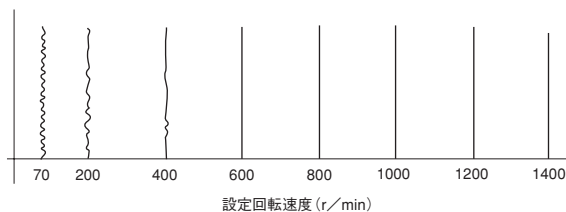


図-16

■対負荷特性

対負荷特性は、許容負荷の80%の負荷で運転したとき、負荷を変えた場合に回転速度がどれだけ変化するかを、対負荷変動率として表します。

- N : 設定回転速度 r/min
- N' : 負荷を加えた後の回転速度 r/min
- ΔN : 回転速度変化量 r/min

$$\text{対負荷変動率} = \frac{N - N'}{N} \times 100 = \frac{\Delta N}{N} \times 100 (\%)$$

HC-60Aの対負荷変動率は2%以下です。

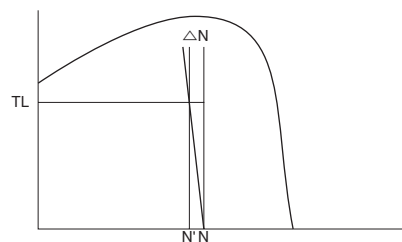


図-17

■対電圧特性

電源電圧が100Vの時の無負荷回転速度と、電源電圧を±10V変化させた時の回転速度の関係を対電圧変動特性といいます。図-18はIHT8S25Nの対電圧変動特性です。

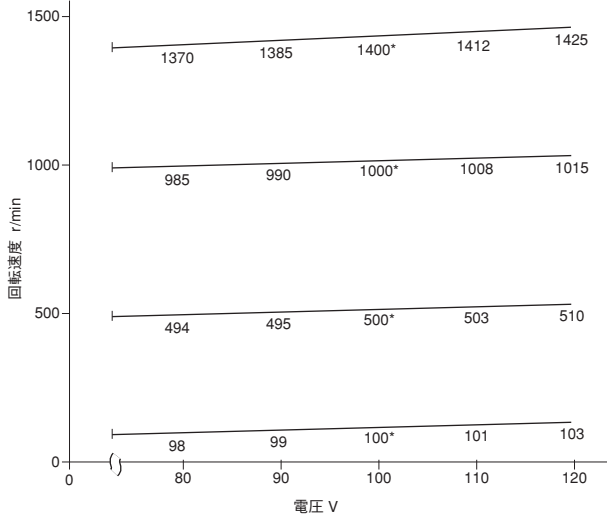


図-18

■応答特性

HC-60AのIHT8S25Nを使用した時の応答特性は、図-19、20、21のようになります。それぞれの負荷で(1200-800-600-400-200) r/min時の応答を表したものです。

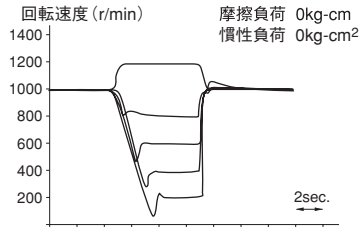


図-19

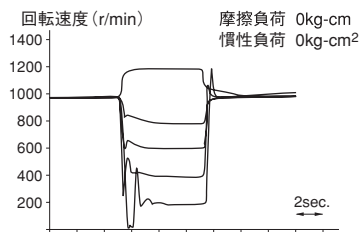


図-20

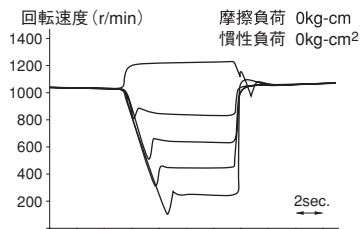
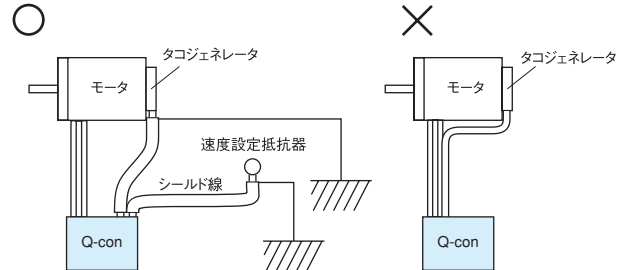


図-21

3. 取扱方法

■遠隔操作の場合

Q-CONユニットとモータ間、及びQ-CONユニットと速度設定抵抗器間のリード線を長くする場合、誘導ノイズによる回転ムラが起きやすくなります。モータへ入力するリード線と、タコジェネレータのリード線はできるだけ離すとともに、タコジェネレータのリード線と、速度設定抵抗器のリード線はシールド線を使用してノイズを防いでください。



タコジェネレータのリード線とモータのリード線は一緒に束ねないでください。

図-22

■ノイズ対策

Q-CONユニットに接続する商用電源の電圧にノイズが混入している場合、内部のサイリスタ、トライアック等が誤点弧してモータの振動、及び回転速度の不安定などの原因となることがあります。このような場合には、オプションのノイズフィルターを接続すると、ノイズ抑制に効果があります。また、Q-CONは、サイリスタを用いた導通角制御を行っていますので、サイリスタが点弧する際にノイズを発生しています。これは、AMラジオ放送帯などに妨害を与えます。これを取り除くために、ノイズフィルターを図-24のように接続することにより対処できます。

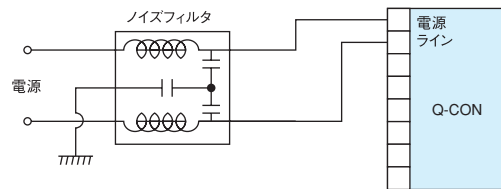


図-23

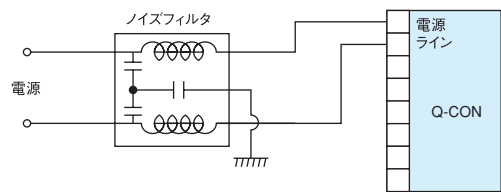


図-24

- 80
- 90
- 一体型

速度制御

速度・停止

- 61
- 70
- IH

- 80
- 90
- IH

- 124
- IH

- 61
- 70
- RH

- 80
- 90
- RH

- 124
- RH

外形図

コンデンサ

■ 速度設定方法

速度設定は可変抵抗器VRで行います。
図-25のように抵抗値は10Ωで1400 r/min, 0Ωで停止します。
HC-60Aでは、VRの代わりにDC電圧、電流でも行うことができます。(詳しくは、外部電源による制御を参照ください。)

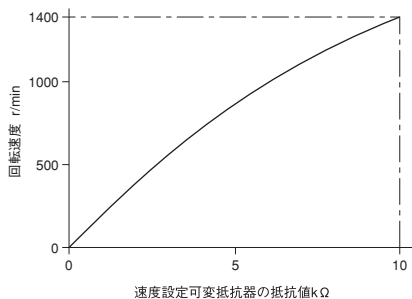


図-25

・スピード調整トリマ (SPEED ADJ. トリマ)

モータのスピードは、速度設定可変抵抗器による設定電圧と、タコジェネレータからのフィードバック電圧によって決まります。しかし、モータ個々のタコジェネレータ発生電圧には2~3Vの幅があり、速度設定可変抵抗器の抵抗値を高速設定の10kΩにしても、速度制御範囲上限の1400 r/minを越えてしまったり、あるいはそこまで達しないことがあります。

そのような場合は、まず、速度設定可変抵抗器を10kΩに設定し、さらにモータの回転速度が1400 r/minになるようにSPEED ADJ.トリマで補正してください。(図-26)

工場出荷時にあらかじめ調整してありますので、特に必要の無い場合は触れないでください。

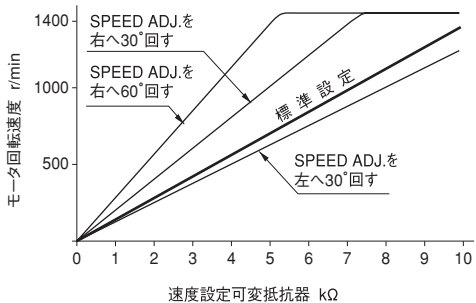


図-26

■ 回転速度表示

図-27のようにTGのリード線に電圧計を接続して回転速度を読むことができます。電圧計及び調整用トリマ抵抗と合成の内部インピーダンスにより、タコジェネレータの発生電圧は図-28のように変化しますので、内部インピーダンスRmが30kΩ以上の交流電圧計を使用してください。内部インピーダンスが低いと直線性が悪くなります。タコジェネレータの発生電圧にはモータ個々に多少の誤差がありますので、実際には電圧計にトリマRtrを接続して調整します。

〔調整例〕 回転速度が1400 r/minのとき、電圧計の針が15Vを指すように調整する。

負荷1mΩ時のタコジェネレータの発生電圧の直線性は3%以下です。

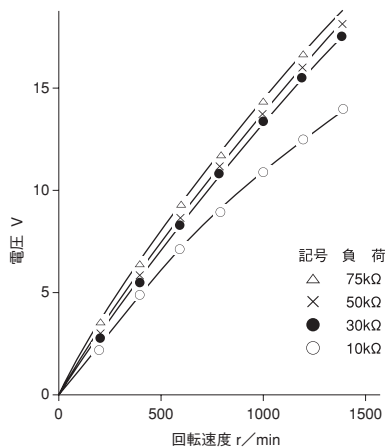
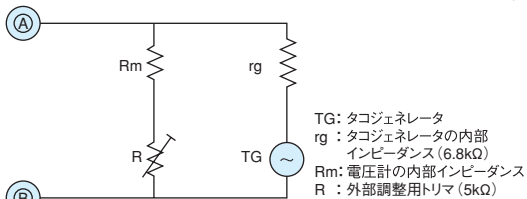


図-27



TG: タコジェネレータ
rg: タコジェネレータの内部インピーダンス (6.8kΩ)
Rm: 電圧計の内部インピーダンス
R: 外部調整用トリマ (5kΩ)

図-28

機種名	端子番号
HC-60A	③
	④

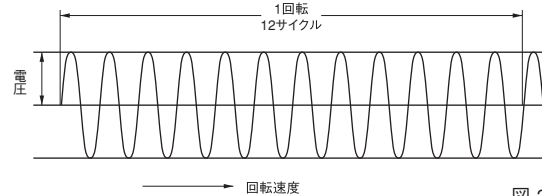


図-29

■ スローアップ・スローダウン

Q-CONユニット、C-21PNシリーズは、スローアップ・スローダウン機能を持っています。起動、加速、減速、停止時に負荷に強い衝撃を与えないため、モータのロータ及び負荷のイナーシャを無視すると、0~20秒の範囲で任意にスローアップ、スローダウンができます。ただし、スローダウンは、自然停止時間未満での時間設定はできません。

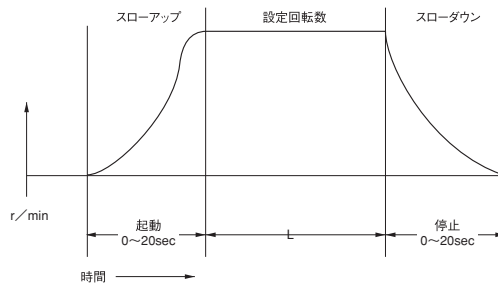


図-30

※C-21PNは準標準です。
(標準価格) 12,500円

□80
□90
一体型

□80
□90
分類型

速度制御

速度・停止

□61
□70
IH

□80
□90
IH

□124
IH

□61
□70
RH

□80
□90
RH

□124
RH

外形図

コンデンサ

■外部電源による制御

Q-CONユニットのうち、速度制御型のHC-60Aは、100V・200V用いずれも、外部の直流電圧・直流電流で直接制御することができます。(図-31・32)

直流電圧・電流制御の場合、端子⑦-⑧の電圧を高くすると回転速度は上昇し、低くすると下降します。

最大許容印加電圧はDC9Vになっています。端子間電圧は、DC9V以下で1400 r/minになるよう抵抗器R1、R2を入れて調整してください。なお、E、R1、R2端子間電圧、及び電流Iの間には次の関係があります。

$$\text{直流電圧の場合 } E_i = E \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\text{直流電流の場合 } E_i = I \cdot R_1$$

なお、端子⑦-⑧は交流100Vまたは、200V電源ラインに接続されていませんが、制御用直流電源はご使用Q-CONの電源、また、外部の制御電源は高周波ノイズを含まないフラットなものを必ずご使用ください。

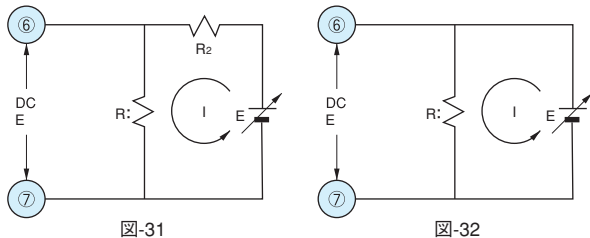
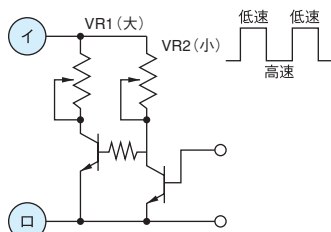


図-31

図-32

外部信号による高速、低速の2値制御方法 (例) 図-33に示します。



注意: ベース電源は絶縁してください。

図-33

機種名	端子番号	
	イ	ロ
HC-60A	⑦	⑧
HC-60A-23	⑦	⑧

・運転

スイッチを起動するとモータにはAC100Vが印加され、運転状態になります。このときゲート回路は動作しませんのでSCRはOFF状態です。

・瞬時停止

スイッチを起動から瞬時停止にすると、モータに交流電流が流れなくなり、ゲート回路が作動するのでSCRはON状態になり、モータの2つの巻線(L1、L2)には同相の電流が流れます。これによりモータには制動力が働き、瞬時に停止します。ただし、制動電流はゲート回路により、約0.5秒流れた後に自動的に遮断されます。スイッチを瞬時停止にして、0.5秒経過しないうちに起動しても、制動電流は流れ続けるため、モータは回転しませんので起動-瞬時停止-起動の最小周期は、1秒以上にしてください。

■オーバーラン特性

オーバーラン特性は、ブレーキ制御端子に信号が入ってから、モータが停止するまでの間にモータが回転した回転量で表します。一般に速度が早い程、また負荷イナーシャが大きい程オーバーランは大きくなります。

例としてHSC-60ZAとIHT8S25Nと組み合わせて使用したときのオーバーラン特性を示します。

オーバーランとモータが止まるまでの時間の関係は、次のようになります。

$$n = \frac{1}{2} \cdot \frac{N}{60} \cdot t$$

n : オーバーラン (回転量)

N : モータの回転速度 (瞬時停止前・r/min)

t : モータが止まるまでの時間

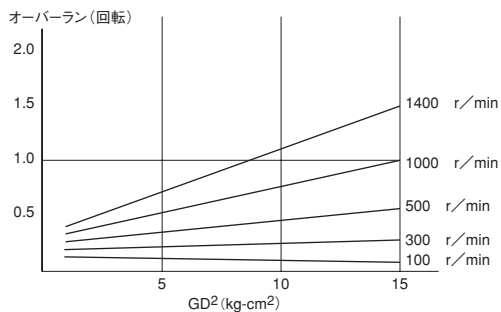


図-35

【共通事項】

- ・電源側には、必ずヒューズを備えてください。
速度制御ユニットにつけるヒューズは、モータの最大電流 + 0.2Aのものをご使用ください。
瞬時停止ユニットにつけるヒューズは、制動電流プラス1A以上のものをご使用ください。
- ・制御回路は電源ラインと接続されていますので、アースとリード線を接触させることは絶対に避けてください。
- ・モータと制御ユニット間の配線は、できるだけ短くしてください。
- ・インダクションモータ (IHT・IH) は赤と青のリード線を入れかえると逆回転しますが、モータが完全に停止してから行ってください。
- ・ラインノイズについて
電源ラインのノイズの多い所で使用する場合、ノイズフィルタを電源端子に接続してください。
- ・制御ユニットとモータ間の距離
制御ユニットとモータの距離は5m以下にしてください。

瞬時停止編

■制動の原理

瞬時停止回路の基本的動作原理を解説します。

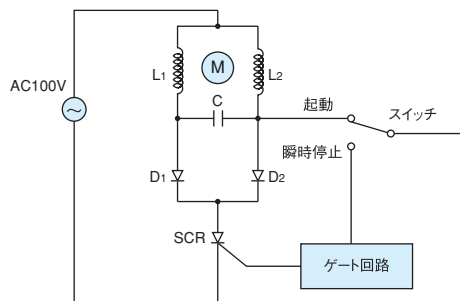
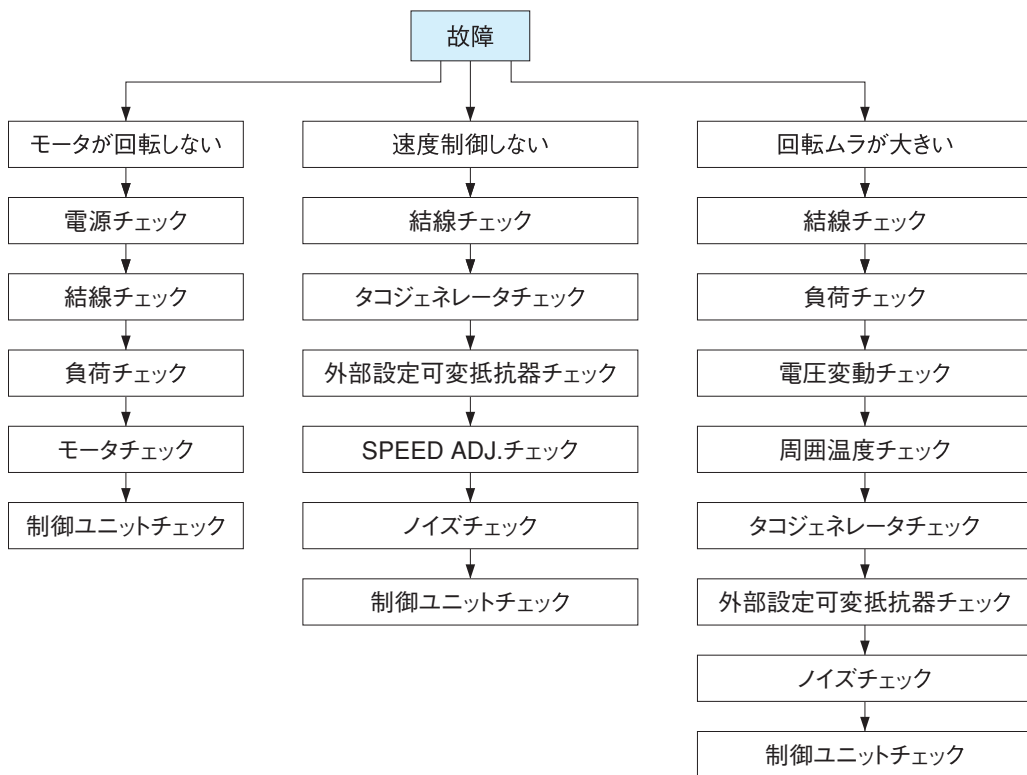


図-34

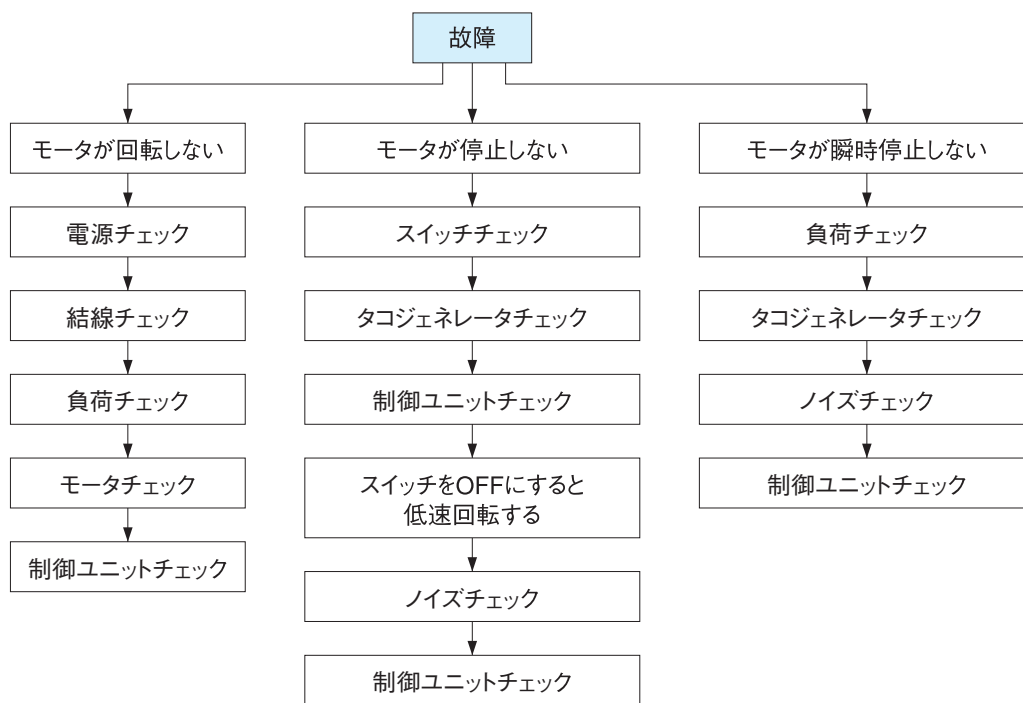
故障診断 [速度制御型]



チェック項目	チェック方法	結果	対策	
電源チェック	ヒューズが熔断していないか	テスター	導通なし	ヒューズ交換
	電源スイッチが故障していないか	テスター	導通なし	スイッチ交換
電圧変動チェック	供給電圧が定格電圧の±10%の範囲にあるか	テスター	定格電圧±10%外	安定電圧の確保
結線チェック	誤配線していないか (コンデンサ結線を含む)		誤配線	結線修正
負荷チェック	許容負荷トルク以内で使用しているか	トルクメータ	許容トルク以上	モータの再選定
周囲温度チェック	周囲温度50℃以内で使用しているか	温度計	50℃以下	放熱効果を検討
タコジェネレータチェック	モータ単体を定格電圧で運転し、タコジェネレータ電圧が20V以上発生するか	テスター	20V以下	モータ交換
外部可変抵抗器チェック	0~10kΩ変化が可能か	テスター	不能	可変抵抗器交換
SPEED ADJ.チェック	標準設定になっているか SPEED ADJ.調整欄参照		設定不良	再調整
モータチェック	モータ単体で、正常に回転するか	回転計	異常	モータ交換
	定格トルクが出るか	トルクメータ	異常	モータ交換
	電流値は正常か	電流計	異常	モータ交換
制御ユニットチェック	モータを制御ユニット端子に結線して電源端子に定格電圧を印加し (イ) モータ端子に無負荷時定格電圧の40~60% (ロ) モータ端子に有負荷時定格電圧の50~110% (ハ) タコジェネレータのリード線を端子よりはずした時、モータ端子にAC90~110Vの電圧が発生しているか	テスター	異常	制御ユニット交換
制御ユニットチェック	外部可変抵抗器を端子に接続後 (イ) 端子間の抵抗を10kΩの時 DC5~9V (ロ) 端子間の抵抗を0kΩの時 DC0Vに可変できるか	テスター	不能	制御ユニット交換
ノイズチェック	電源およびタコジェネレータに特異ノイズが入っていないか		ノイズ有	ノイズフィルタを付設する

図-36

故障診断 [瞬時停止型]



チェック項目	チェック方法	結果	対策
電源チェック	ヒューズが熔断していないか	テスター	導通なし ヒューズ交換
	電源スイッチが故障していないか	テスター	導通なし スイッチ交換
電圧変動チェック	供給電圧が定格電圧の±10%の範囲にあるか	テスター	定格電圧±10%外 安定電圧の確保
スイッチチェック	起動停止スイッチが故障していないか	テスター	導通なし スイッチ交換
結線チェック	誤配線していないか (コンデンサ結線を含む)	誤配線	結線修正
負荷チェック	定格負荷トルク以内で使用しているか	許容トルク以上	モータの再選定
	大きな慣性負荷で使用していないか	慣性負荷大	モータの再選定
モータチェック	モータ単体で、正常に回転するか	回転計	異常 モータ交換
	定格トルクが出るか	トルクメータ	異常 モータ交換
	電流値は正常か	電流計	異常 モータ交換
制御ユニットチェック	モータを制御ユニット端子に結線して、電源端に定格電圧を印加し HSC-6□ZA (イ) モータ端子に無負荷時定格電圧の40~60% (ロ) モータ端子に有負荷時定格電圧の50~100%	テスター	発生電圧異常 ユニット交換
ノイズチェック	電源およびタコジェネレータに特異ノイズが入っていないか	ノイズ有	ノイズフィルタを付設する

図-37