

三菱指示電気計器 トランスデューサ 計器用変成器 技術資料集

三菱指示電気計器 トランスデューサ 計器用変成器 技術資料集

ここにお届けする技術資料は、管理者・設計者の方から工事を担当される方々まで、すべてのお客様に基礎資料として広く活用いただけるよう規格・構造・動作・特性など三菱指示電気計器・トランスデューサ・計器用変成器の全容を紹介し、さらに最も合理的な機種選定は如何にすればよいかをわかりやすく解説したものです。

なお、この資料は文章を平易にするため「……である」調としております。

三菱指示電気計器



目次

			ページ	
1. 概	要	1.1	指示電気計器とは …………… 4	
		1.2	指示電気計器のあゆみ …………… 4	
		1.3	指示電気計器の変遷 …………… 5	
2. 構	造	2.1	構造一般 …………… 6	
		2.2	動作	
		2.2.1	直流電流計・直流電圧計（可動コイル形） …………… 7	
		2.2.2	交流電流計・交流電圧計（可動鉄片形） …………… 8	
		2.2.3	交流電流計・交流電圧計（整流形） …………… 9	
		2.2.4	同期検定器（可動鉄片形（誘導形）） …………… 10	
		2.2.5	トランスデューサ形指示計器	
			(1) 電力計・無効電力計 …………… 11	
			(2) 力率計 …………… 12	
			(3) 周波数計 …………… 12	
		2.2.6	電子式指示計器 …………… 13	
		3. 特性と性能		3.1
3.1.1	電圧の影響 …………… 14			
3.1.2	周波数の影響 …………… 15			
3.1.3	電流の影響 …………… 15			
3.2	過大入力の影響			
3.2.1	連続過負荷 …………… 17			
3.2.2	瞬時過負荷 …………… 17			
3.3	電圧試験・耐インパルスについて			
3.3.1	電圧試験について …………… 18			
3.3.2	耐インパルスについて …………… 18			
3.4	耐久性能・寿命 …………… 18			
3.5	振動・衝撃			
3.5.1	振動について …………… 19			
3.5.2	衝撃について …………… 20			
3.6	サージ・ノイズの影響 …………… 20			
3.7	取付姿勢 …………… 21			
3.8	環境特性			
3.8.1	常規使用条件 …………… 21			
3.8.2	周囲温度の影響 …………… 21			
3.8.3	温度による動作保証範囲 …………… 22			
3.8.4	保存温度について …………… 22			
4. 選	定	4.1	計器用変成器及び計器定格の選定について …………… 23	

4.2	モータ回路の電流計・電力計の推奨目盛値について	23
4.3	電力計・無効電力計の目盛選定	
4.3.1	電力計・無効電力計の目盛計算式	24
4.3.2	電力計・無効電力計の目盛早見表	25
4.4	力率計	26
4.5	電子式指示計器の選定	27
4.6	電子式指示計器の電力目盛・無効電力目盛の設定値早見表	28
5.	特殊使用条件 における適用 対策	
5.1	高温での使用	29
5.2	低温での使用	29
5.3	多湿での使用	29
5.4	じんあい中での使用	29
5.5	腐食性ガス雰囲気での使用	29
5.6	高地での使用	30
5.7	高周波回路での使用	30
5.8	歪波形回路での使用	30
6.	国内規格の抜粋	32
7.	用語の意味	33
8.	目盛板の各部 の名称と表示 事項	34
9.	付 録	
9.1	誤結線時の動作	35
9.2	三相計器を単相で使った時	36
9.3	三相回路の逆相順入力した場合	37
9.4	逆潮流時における指示	38
9.5	標準目盛図一覧表	41
	Y形・L形・F形	
9.6	総合接続例	45
9.6.1	三相3線式(2CT)	45
9.6.2	三相4線式	46

1. 概要

1.1 指示電気計器とは

測定しようとする電氣量をそのまま目盛板上に指針によって直接表示する計器である。JIS C 1102によると「電氣に関する測定量の値を指示する計器。測定量は目盛板に対する指針などによって指示する」と定義されており、最近発達してきたデジタルメータなどとは区別されている。

測定量による種類としては次のものがある。

表 1 種類と用途

	使用目的
電流計	変圧器・調相設備・送配電線路・モータ回路などの電流を計測
電圧計	変電所母線・調相設備・送電線路の電圧を計測
電力計	変圧器・送電線路の電力を計測
無効電力計	変圧器・調相設備・送電線路の無効電力を計測
力率計	変電所母線の力率を計測
周波数計	変電所母線の周波数を計測
受信指示計	回転計・速度計・温度計など

1.2 指示電気計器のあゆみ

目に見えない電氣量を連続的に表示確認できる道具として指針によるアナログ表示式（連続的表示ができるもの）電氣計器（機械式指示計器）は最も古くから使われ、今日でも主流をなしている。

当初の指示電気計器は丸形が使用されていたが、盤取付スペースが広く、指針の振れ角が小さい為読みとり難い欠点があり、指針の振れ角の大きく読みやすいもの、スペースをとらないものが志向されるようになった。こうした背景から我国では、昭和25年頃から角形、広角形、縁形が使われはじめ、丸形計器は特殊な用途を除いて使用されなくなった。

戦後国内の復興に伴い、電氣の需要が増し、工業用電氣機械機器として指示電気計器の需要も飛躍的な伸展を遂げた。

昭和24年にはJIS指定品目となり、外形寸法の統一化が唱われ、アナログ式の角形計器・広角度形計器は普及形として、指示電気計器の王座を占めるに至った。

また、技術の進歩により指示電気計器も小形化され、医療用、音響機器用、小形発電機用等需要層も拡大されている。

近年は、発光ダイオード（LED）や液晶（LCD）を用いた多機能のデジタル表示の電子式指示計器が普及している。

電子式指示計器のメリットは多機能化のほか目盛が設定式で、発注時に煩わしい目盛の指定が不要であり、VT・CTの仕様の変更時にも対応可能である。また、アナログ出力や通信出力などの出力機能を持ち、容易に遠隔監視が可能である。

1.3 指示電気計器の変遷

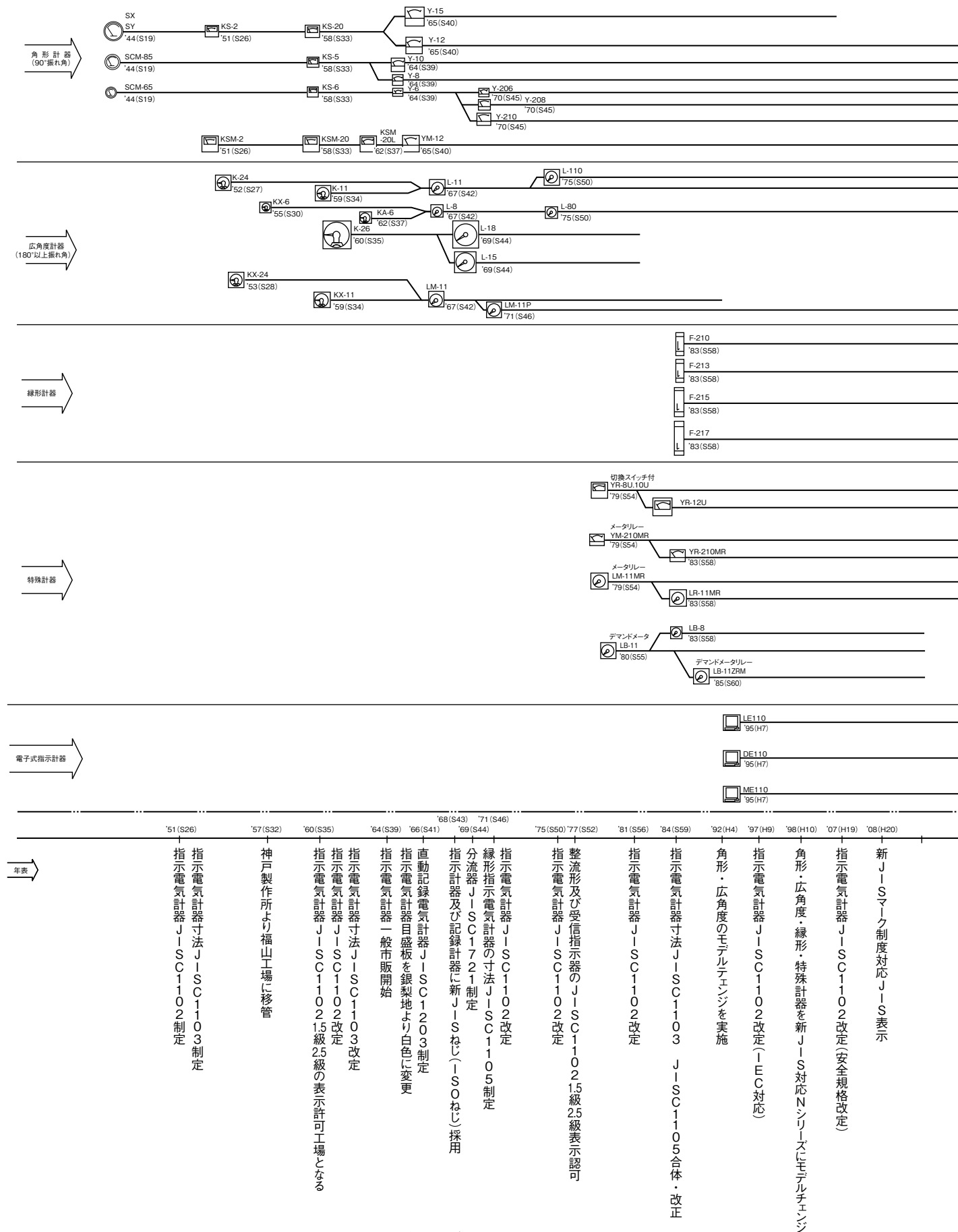


図 1 指示電気計器の変遷

2. 構造

2.1 構造一般

指示電気計器は、指針を駆動させる「駆動トルク」、指針の振れを防げようとする「制御トルク」、指針を所定の目盛値に速やかに指示させる「制動トルク」を必要とし、それぞれの装置を駆動装置・制御装置・制動装置といい計器の3要素という。

計器の形式は主として駆動装置の種類（動作原理）によって分類する。

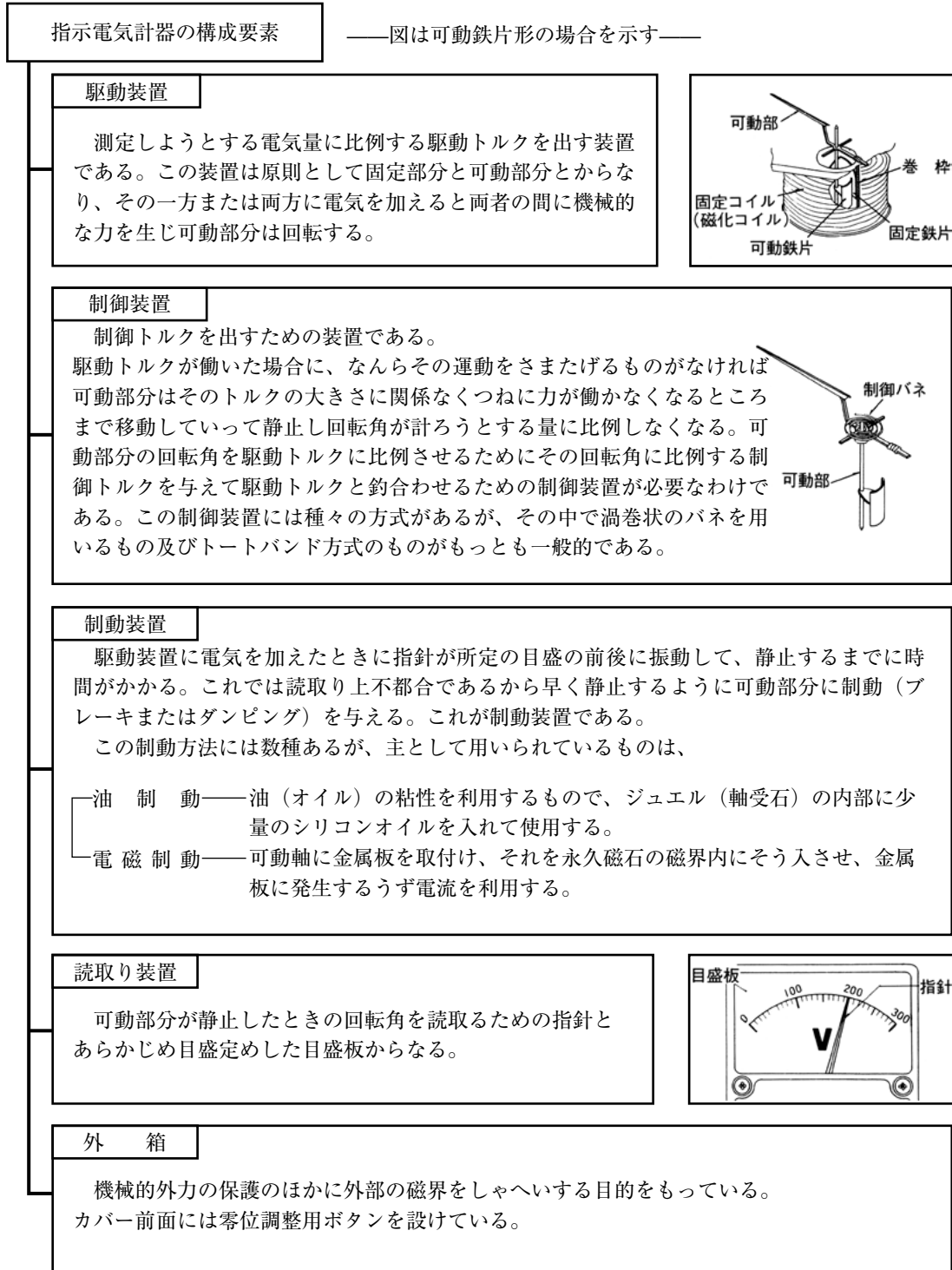


図 2 指示電気計器の構成要素

2.2 動作

指示電気計器は、電圧・電流・電力等の測定対象の別により種々の動作原理があるが、電子回路を用いて各種入力を直流に変換し、可動コイル形計器（直流計器）で指示するトランスデューサ形が多くなっている。以下動作原理について説明する。

2.2.1 直流電流計・直流電圧計（可動コイル形）

(1) 構造

図3のように永久磁石・固定鉄心・測定すべき電流 I を通ずる矩形の可動コイル・制御バネ・指針等で構成する。可動コイルは、永久磁石の両磁極片と固定鉄心との空隙内で回転できるように配置する。

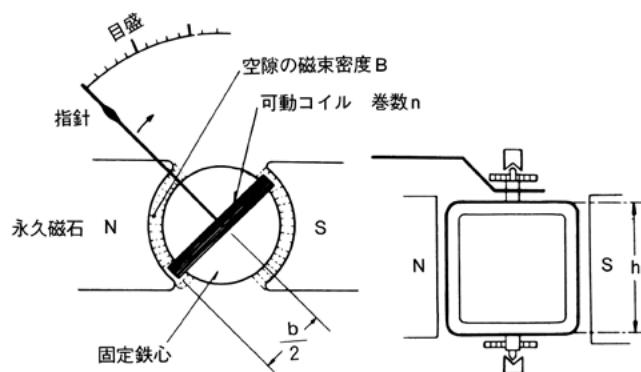


図3 可動コイル形計器の構造図

(2) 動作原理

駆動トルク

空隙の磁束密度と可動コイルに流れる電流との間に働く電磁作用により駆動トルクを発生する。この駆動トルクは、磁束密度 B ・電流 I ・コイルの巻数 n ・コイルの幅 b ・コイルの高さ h の相乗積に比例する。

$$\begin{aligned} \text{すなわち、} T_b &= 2 \times \frac{b}{2} \cdot h \cdot B \cdot n \cdot I \\ &= K_d \cdot I \quad \dots\dots\dots ① \\ (K_d &= b \cdot h \cdot B \cdot n = \text{比例定数}) \end{aligned}$$

制御トルク

駆動トルク T_b によって可動コイルが Q だけ回転すれば、制御バネにこれを戻そうとする力（すなわち T_b とは反対方向の力）が生じる。この力（制御トルク） T_c は回転角 Q に比例する。

$$T_c = K_c Q \quad (K_c: \text{バネ定数} \quad Q: \text{指針振れ角}) \quad \dots\dots\dots ②$$

すなわち ①式、②式より $Q = \frac{K_d}{K_c} \cdot I = KI$ の関係が成立し、回転力は入力電流にのみ比例し、目盛は平等になる。

電流の方向を逆にすると回転力の方向は逆になる。もし交流を流した場合には、指針はわずかに振動するだけで測定することはできない。すなわち、可動コイル形計器は直流専用である。

(3) 適用計器

直流電流計

電流計の可動コイルに直接流せる電流は20mA程度であり、20mAを越える電流を測定する場合は、分流器（シャントともいう）が必要となる。計器定格が30A以下のときは分流器を計器に内付できるが、30Aを越えるときは図4のように外付け（分流器併用直流電流計）して使用する。

分流器併用直流電流計は、分流器と直流電流計間のリード線抵抗値が製作仕様と異なると誤差を発生する。したがって、リード線抵抗が未定の場合は、リード線調整抵抗器付直流電流計（図2下）を使用し、計器据付後、リード線抵抗に合わせて調整を実施し、測定を行う。リード線抵抗の調整方法は、分流器の電圧端子のリード線をはずし、リード線の両端に計器定格に相当する直流電圧を印加し、計器が最大目盛を指示するよう調整抵抗器で調整する。

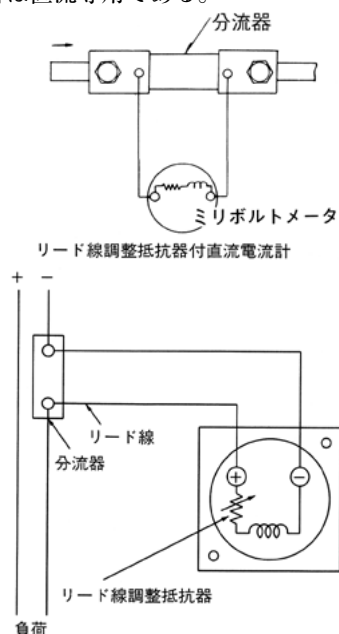


図4 直流電流計と分流器

直流電圧計

被測定電圧にできるだけ影響を与えないようにすると共に、計器内の電力損失をなるべく小さくした方が計器として秀れている。このため、測定計器の端子間抵抗を大きくして、消費電流を小さくした方がよく、直流電圧計は通常 1 mA で駆動するように設計する。

計器に流れる電流を小さくするために、計器に対し直列に接続する抵抗を倍率器という。

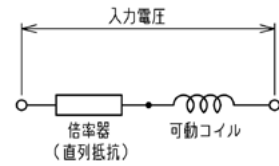


図 5 直流電圧計の回路

2.2.2 交流電流計・交流電圧計（可動鉄片形）

(1) 構造

図 6 のように、測定すべき電流を通ずる固定コイル、その内側に可動軸を中心として動き得る 1 個の鉄片と、固定コイルの内側に固定された鉄片、可動軸に取り付けられた制御バネ及び指針等で構成する。

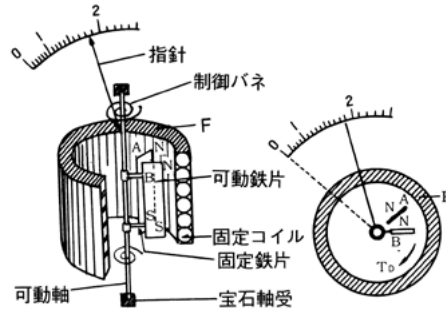


図 6 可動鉄片形計器の構造図

(2) 動作原理

駆動トルク

固定コイルに電流 I を通じたときにできるコイル内の磁束の強さによって 2 つの鉄片（固定鉄片と可動鉄片）は、それぞれ磁化され、この 2 つの磁極 N と N、S と S が相対する状態にあるので両鉄片間に反発力が生じ、可動軸に取り付けられている可動鉄片が回転する。

この駆動トルク T_d は、

$$T_d = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\theta} \quad \left(\begin{array}{l} L: \text{インダクタンス} \\ \theta: \text{指針回転角度} \end{array} \right)$$

となり、 T_d は被測定電流 I^2 に比例する。

被測定電流の方向が交番しても I^2 に比例するので、交流計器として使用する。

制御トルク

制御装置として制御バネを用いた場合、制御トルクは回転角 θ に比例する。

(3) 適用計器

交流電流計

電流計の固定コイルに直接流し得る電流は、30A 程度である。

高圧回路、あるいは 30A を越える電流を測定する場合は、計器用変成器 (CT) を図 7 のように組合せ電流計に流入する電流を小さく（標準的には 5 A）して測定する。

電流計・力率計及び電力計を組合せて使用する場合は、図 8 のように計器の電流端子はすべて直列に接続する。

交流電圧計

電圧計は、固定コイルに細い線を巻き、小さい電流（20mA 程度）で必要な回転力を生じるようにしてある。

小形計器で 300V、大形計器で 600V までは直接測定できるよう計器内部に直列抵抗を接続している。

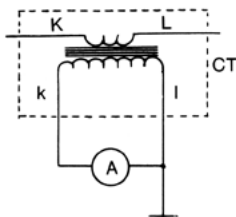


図 7 CTと電流計の組合せ

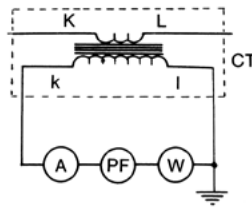


図 8 CTと電流計・力率計・電力計との組合せ例

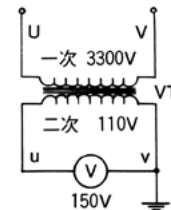


図 9 VTと電圧計の組合せ

300V (600V) を超える場合は、直列抵抗による電力損が大きくなりすぎるため、計器用変圧器 (VT) を図 9 のように組合せ、計器の最大目盛に相当する電圧が150V となる電圧を計器に導いて測定する。

電圧計・力率計及び電力計を組合せる場合、計器の電圧端子は並列に接続する。

(4) その他

可動鉄片形計器は、零点付近の目盛は狭くなり読み難くなる。

平等目盛を必要とする場合は整流形計器を使用する。

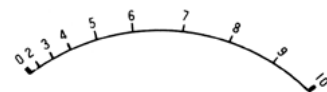


図10 可動鉄片形計器の目盛例

2.2.3 交流電流計・交流電圧計 (整流形)

(1) 構造

交流電流を直流電流に変換する、いわゆる整流回路と可動コイル形計器で構成する。

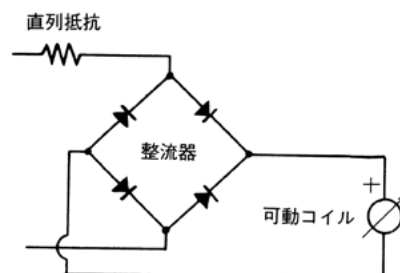


図11 整流形交流計器の基本回路

(2) 動作原理

交流を整流器によって直流電流に変換し可動コイル形計器 (すなわち直流電流計) にて測定する。交流の正弦波をそのまま直流の全波整流にした場合 (平均値応答) には、波形率が1.11であるので歪み波形が入力された場合には誤差が発生する。

整流形計器

- (特長)
1. 感度がよい。
 2. ほぼ平等目盛になる。
 3. 消費電力が微少。

- (欠点)
1. 歪み波形では誤差を生じる。

歪み波形による誤差を低減する「近似実効値整流形」がある。

(3) 適用計器

交流電流計

感度がよい可動コイル形計器を使用するので、最低 $200\mu\text{A}$ 程度から製作できる。

交流電圧計

- ・感度がよい可動コイル形計器を使用するので、最低5V程度から製作できる。

(4) その他

インバータ回路やサイリスタ位相回路の測定には誤差が大きく不向きである。

2.2.4 同期検定器（可動鉄片形（誘導形））

(1) 構造

図13のように、回転磁界を発生させる界磁コイル（発電機側コイル）・可動鉄片及び可動鉄片を磁化させるための磁化コイル（母線側コイル）・制動板・指針等により構成する。

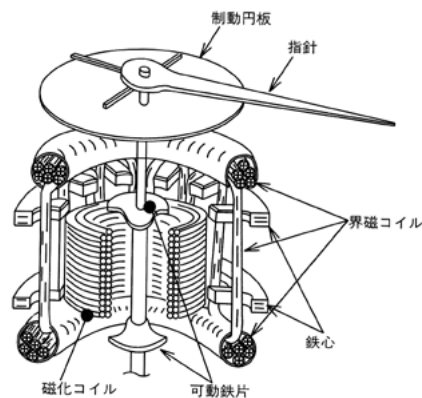


図12 同期検定器内部構造図

(2) 動作原理

界磁コイルに三相平衡電圧を印加し、磁化コイルに単相電圧を印加すると、可動鉄片は磁化コイルによって磁化され、単相電圧が最大になった時可動鉄片の磁力は最大となるが、その時の回転磁界の磁極の位置に可動鉄片は移動する。

したがって、単相と三相の周波数が異なる時は可動鉄片が最大に磁化される時間と回転磁界が1回転する時間に差が生じる。

ゆえに、可動鉄片は回転磁界に追従するように移動（回転）する。

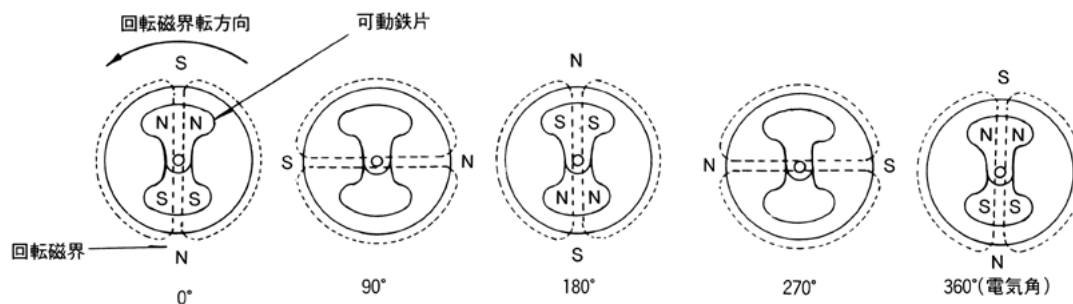


図13 1サイクル間の回転磁界と可動鉄片の磁極関係

上述のとおり回転磁界（発電機側）の周波数が61Hz、磁化コイル（母線側）の周波数が60Hzの場合、回転する間に磁化コイルは $\frac{61}{60}$ 回転し、 $\frac{1}{60}$ 回転だけ先行する。

この時点での回転磁界の位置に可動する為、指針はFAST側に回転する。

同期検定器の指針回転方向は、母線側を基準に発電機側の周波数が高いか低いかを示している。

* 母線に対し発電機周波数が高いとき、

母線（60Hz）発電機（61Hz）= FAST側に回転

* 母線に対し発電機周波数が低いとき、

母線（60Hz）発電機（59Hz）= SLOW側に回転

(3) 応用計器（力率計）

同期検定器で同一周波数となった時点では、両電圧の位相差を指示する。図15 4象限力率計
このことより、可動鉄片誘導形は位相計及び力率計として応用できる。

特に、4象限力率計（潮流回路のような電流反転のある回路用）は、この動作機構にて製作する。
4象限力率計とは、図16のような目盛のものである。

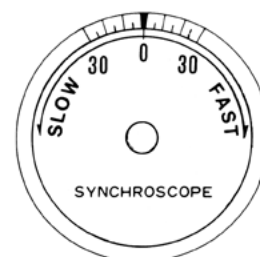
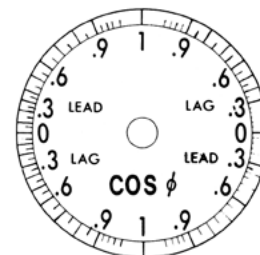


図14 同期検定器



2.2.5 トランスデューサ形指示計器

電子デバイスなどの電子回路を用いて電力、無効電力、力率、周波数等を入力に比例した直流電圧または電流に変換して可動コイル形計器で指示させる方式をトランスデューサ形指示計器という。

(1) 電力計・無効電力計

ホール素子による乗算回路を用いている。

ホール素子はホール効果と称せられる次のような動作をする。

半導体の薄片の長さ方向に電流 I を流し、これと直角方向に磁界 B を加えると、両者の積に比例した電圧 V_H が発生する。

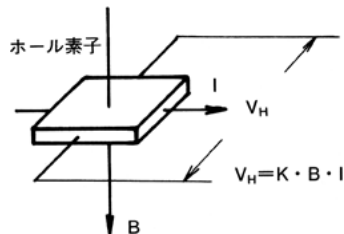


図16 ホール効果

(入力電圧に比例した電流と、コイル R、C を介して入力電流に比例した磁界をホール素子に供給する。)

このホール素子乗算回路で入力電圧と入力電流の積（電力）に比例した直流電圧を得る。

ホール素子の出力電圧は数10mV 程度しかないので、次の増幅回路で必要な電圧まで増幅する。

直流電源は増幅回路を駆動するもので入力回路から供給している。

増幅回路の出力に可動コイル形計器を接続して電力の目盛を表示する。

無効電力計の場合の構成は電力計と同じであるが、三相電流を合成することにより電流の位相をずらし無効電力を計測している。

大形計器については、計器に交換回路部を内蔵しているが、小形計器については、変換回路部を専用付属品として分離したものが多い。

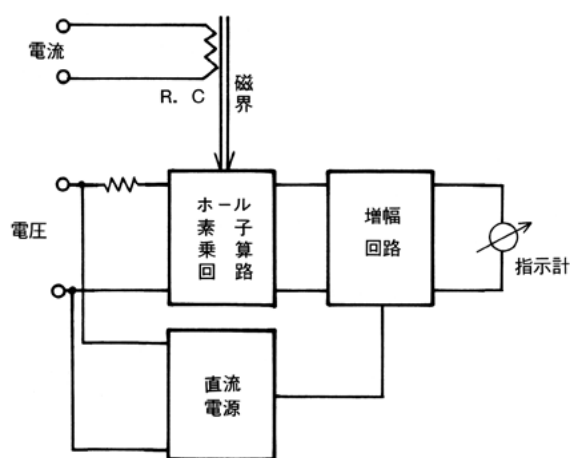


図17 電力計、無効電力計のブロック図

(2) 力率計

電圧と電流の位相角に比例した直流電圧または電流を求めて力率 ($\cos \phi$) の目盛を表示する。

三相平衡回路用と三相不平衡回路用の2種類あり、前者は三相平衡回路の各々1つの電圧及び電流を検出して位相弁別するもので、後者は、三相電圧は平衡として1つの電圧を、三相電流は不平衡として2つの電流を各々検出して位相弁別するものである。

入力電圧及び入力電流は各々、波形整形回路で矩形波定電圧に変換する。これらの矩形波定電圧は位相弁別回路で位相比較し位相角に比例した直流電圧を得る。

変換器の出力が位相角 (ϕ) を検出しているので目盛を力率 ($\cos \phi$) に直して表示する。

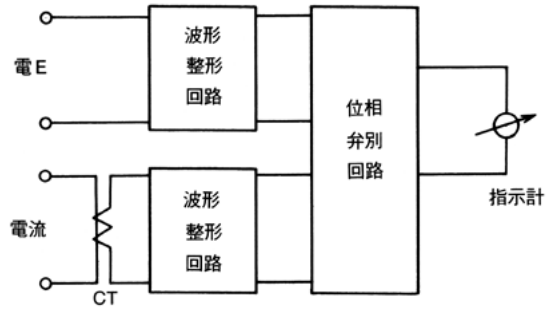


図18 力率計のブロック図

(3) 周波数計

コンデンサの充放電を利用して周波数を検出する方式である。

入力電圧は、波形整形回路及び周波数変換回路により、周波数に比例した直流電圧に変換される。

上述の周波数変換回路は、コンデンサと抵抗を組み合わせた微分回路で、単安定マルチバイブレータのように入力があるごとに一定幅のパルスを出し、入力周波数に比例した直流電圧を得る。

この出力に可動コイル形指示計を接続して、周波数の目盛を表示する。



図19 周波数計のブロック図

2.2.6 電子式指示計器

(1) 交流電流計 (LE110SSAA 形) 交流電流デマンドメータ (DE110SSAA 形)

交流電圧計 (LE110SSAV 形) 交流電圧デマンドメータ (DE110SSAV 形)

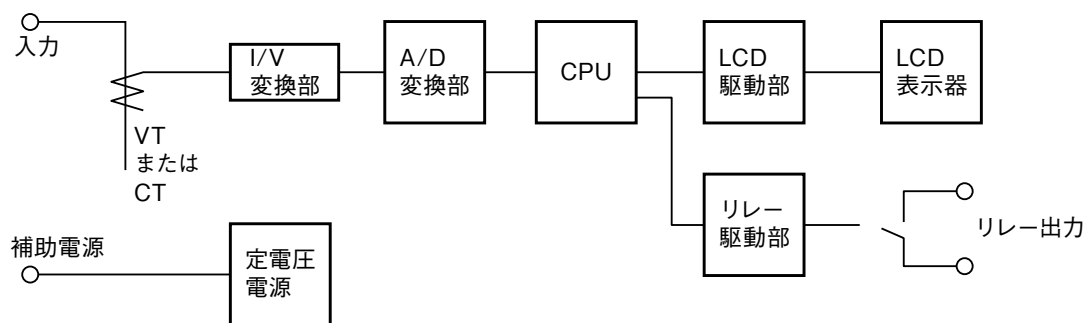


図20 回路ブロック図 (LE・DE形)

・動作

I/V 変換部により内部 VT, CT の出力を交流微小電圧信号に変換し、この信号を CPU でデジタル演算するため A/D コンバータでアナログ信号をデジタル化する。CPU は入力のゼロ補正とスパン補正、目盛り表示のためのスケール演算、デマンドメータの場合はデマンド演算を行い、LCD 駆動部により、計測値を LCD 表示器に表示する。

(2) マルチ指示計器 (ME110SS 形)

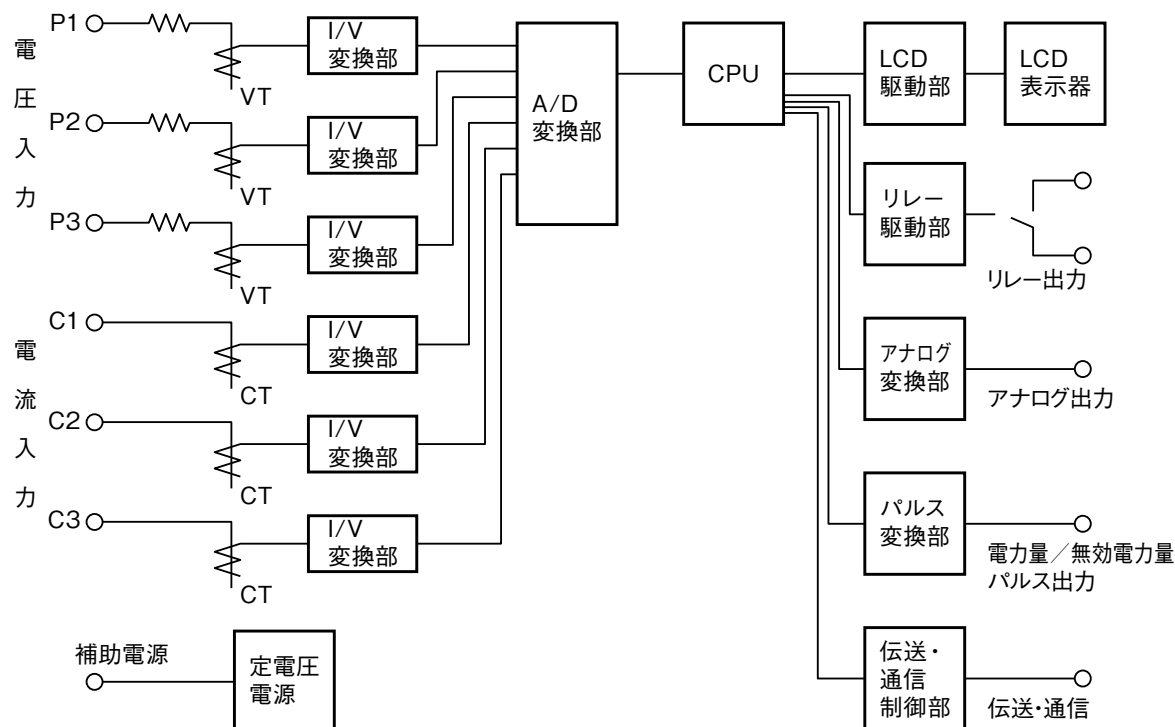


図21 回路ブロック図 (ME形)

・動作

I/V 変換部により内部 VT, CT の出力を交流微小電圧信号に変換し、この信号を CPU でデジタル演算するために A/D コンバータでデジタル化する。CPU は各入力のゼロ補正とスパン補正後、機種に対応して実効値演算、電力演算、力率演算などを行い、VT, CT に対応したスケール演算後 LCD 駆動部により、計測値を LCD 表示器に表示する。

3. 特性と性能

3.1 電圧・周波数・電流の影響

電圧・周波数・電流などは、測定すべき量を得るためには不可欠の要素である。

しかし、これらの要素が変動した場合は、指示計器の指示も影響を受け、変化する場合がある。JIS規格ではこれらの要素の変化量の限度について規定している。

3.1.1 電圧の影響

測定回路の電圧が変動した場合の指示変化の限度を規定している。適用機種は、電力計・無効電力計・周波数計・力率計である。

JIS C 1102による試験は、次のとおりである。

(1) 電力計・無効電力計

定格電圧、力率1で電流を変えて最大目盛値に相当する電力を加えたときの指示値と、力率1で電圧を定格電圧の85%及び115%にして電流を変化させて、前と同じ電力を加えたときの指示値との差を求める。

(無効電力計は力率を無効率に、電力を無効電力に読み替える)

	1級	1.5級	2.5級
指示値に対する%	1.0	1.5	2.5

(2) 力率計

定格電圧、定格電流で中央目盛値に相当する力率を加えたときの指示値と、定格電流で電圧を定格電圧の85%及び115%に変化させ、前と同じ力率を加えたときの指示値との差を求める。

	5級
90°電気角に対する%	5.0

(3) 周波数計

定格電圧で中央目盛値に相当する周波数を加えたときの指示値と、電圧を定格電圧の85%及び115%に変化させ、前と同じ周波数を加えたときの指示値との差を求める。

	0.5級	1級
指示値に対する%	0.5	1.0

3.1.2 周波数の影響

交流計器（周波数計を除く）において、測定回路の周波数が変動した場合の指示変化の限度を規定している。

JIS C 1102による試験は、次のとおりである。

〔周波数表示のない計器の場合〕

最大目盛値に相当する電気を加え、周波数を45～65Hzまで変化させ、その間における指示値相互の差の最大値を求める。（力率計は中心目盛で行う）

〔周波数を表示した計器の場合〕

最大目盛値に相当する電気量を加え、定格周波数における指示値と周波数を定格周波数から±5%変化させたときの指示値との差を求める。（力率計は中心目盛で行う）

上記試験における許容限度は下表のとおりである。

(1) 電圧計・電流計・電力計・無効電力計及び受信指示計

	1級	1.5級	2.5級
指示値に対する%	1.0	1.5	2.5

(2) 力率計

	5級
90°電気角に対する%	5.0

3.1.3 電流の影響

力率計において、入力電流が小さくなった場合の指示変化の限度を規定している。

JIS C 1102による試験は、次のとおりである。（配電盤用）

〔試験〕

電流の影響の試験は、定格電圧で定格電流の120%を通じた場合の指示値と、電流を定格電流の20%とした場合の指示値との差を求める。

	5級
90°電気角に対する%	5.0

当社の力率計の電流の影響はおおよそ次の特性である。

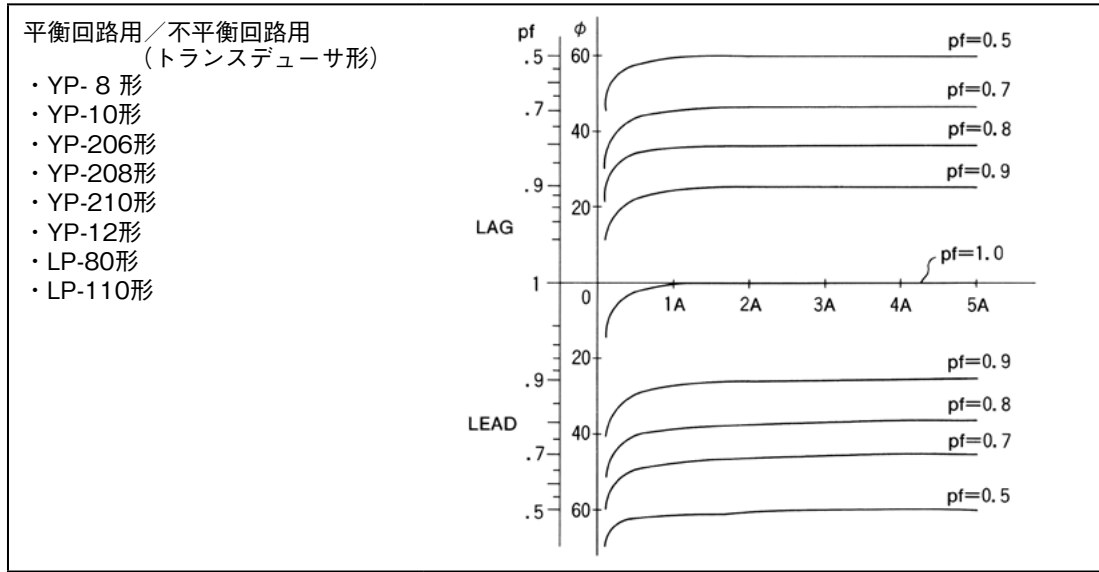


図22 電流の影響による指示特性

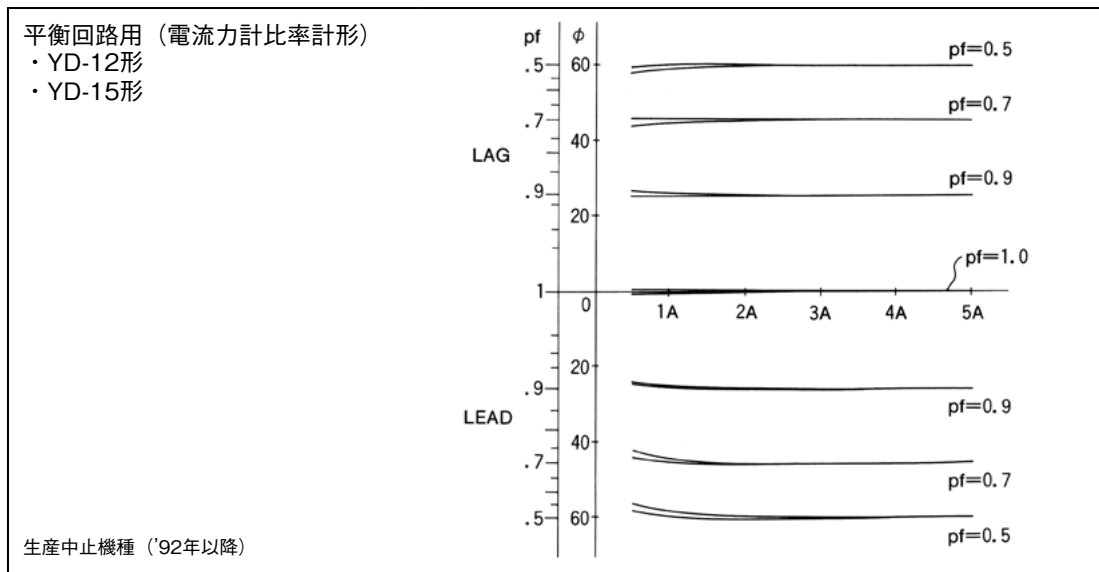


図23 電流の影響による指示特性

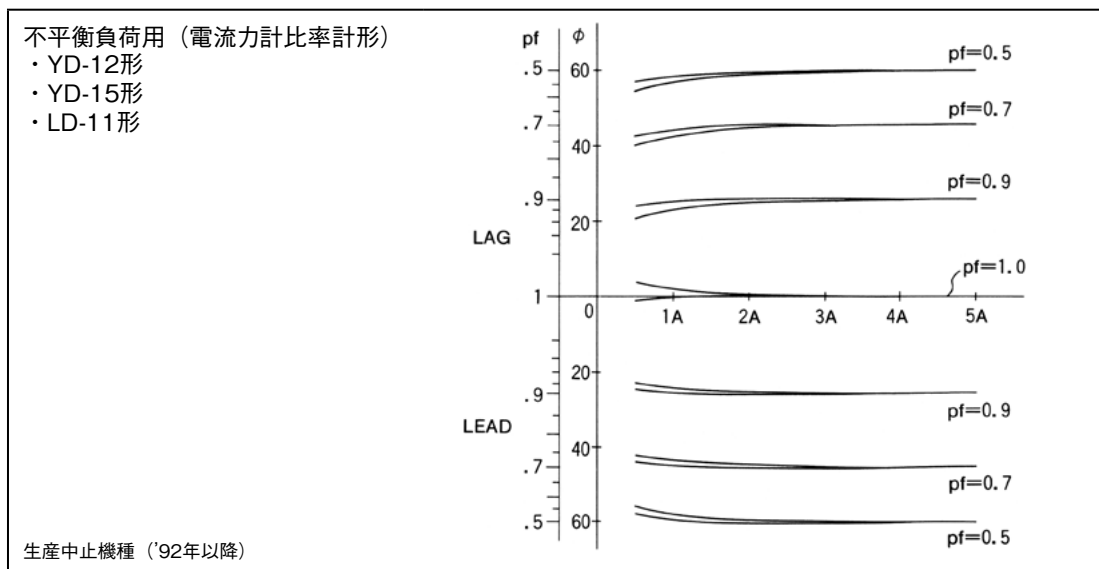


図24 電流の影響による指示特性

3.2 過大入力の影響

過電圧や過電流の印加による各計器の影響として次のことが考えられる。

- ① 指針の振切れによる可動部の変形
- ② 構成部分の位置ずれによる零位の狂い
- ③ 発熱による絶縁劣化
- ④ 電気回路の破壊・焼損

上記の現象はいずれも、長時間の印加やひんぱんに起こる場合に考えられる。

これらを防ぐには、

- A. 定格をアップする
- B. 延長目盛付計器とする（交流電流計）

JIS規格では過電圧・過電流の試験を次のように規定している。

3.2.1 連続過負荷

電圧計・電流計は、最大目盛値の120%、電力計・無効電力計・力率計は定格電圧の120%、定格電流の120%、周波数計は定格電圧の120%の過負荷を2時間加えて試験し不適當な温度上昇又は電氣的若しくは機械的損傷があつてはならない。さらに標準状態に復したとき許容差内になければならない。

3.2.2 瞬時過負荷

表2 種類と衝撃値

種 類	衝 撃 値	衝撃の時間と回数
電圧計	最大目盛値の2倍	1分間隔で0.5秒間の衝撃を9回、次いで5秒間1回
電流計	最大目盛値の10倍	
電力計	定格電圧 定格力率で定格電流の10倍	
無効電力計	定格電圧 定格無効率で定格電流の10倍	
力率計	定格電圧で定格電流の10倍	
周波数計	定格電圧の2倍	

注1. 電力計・無効電力計・力率計では、この試験の後1分以内にさらに定格電流で定格電圧の2倍の電圧を5秒間加えて試験する。

注2. 上表の時間と回数は具体的には次のような状態である。

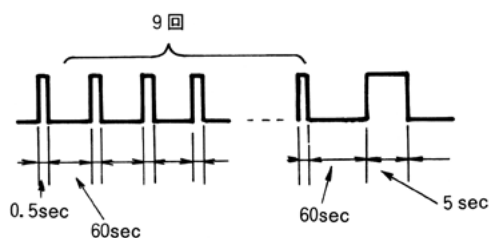


図25 過負荷印加の状態

注3. 定格二次電流が1～10Aの変流器と共に使用される計器は、定格電流の30倍の電流を2秒間加えても、電流回路が開路となっていないこと。

試験後、機械的又は熱的に著しい損傷を生じてはならない。

また、電圧計・電流計・電力計・無効電力計及び受信指示計では、指針の目盛の零位又は所定の位置からの移動は、目盛の長さを百分率で表したとき階級指数の値以下でなければならない。

3.3 電圧試験・耐インパルスについて

3.3.1 電圧試験について

電圧試験は必ず実施しなければならない。

電気回路を構成する部品が外箱などに誤って接したりすれば、重大事故となる恐れがあるためである。

JIS 規格の場合

- 試験箇所
 - ・ 電気回路と外箱間
- 電圧試験の種類
 - ①測定回路における固体絶縁の一次的過電圧電氣的強度の試験（常規試験および形式試験）
 - ②測定回路における固体絶縁の長期間ストレスの試験（型式試験）
- 印加電圧仕様が交流の場合は、周波数50Hz 又は60Hz の正弦波

表3 回路電圧と試験電圧

電圧試験の分類	測定回路における固体絶縁の一次的過電圧電氣的強度の試験		測定回路における固体絶縁の長期間ストレスの試験（型式試験）	
	5秒間交流電圧試験 (交流入力計器、直流入力計器)		1分間交流電圧試験 (交流入力計器に適用)	1分間直流電圧試験 (直流入力計器に適用)
印加時間	5秒間		1分間	
回路電圧	試験電圧			
150V以下	AC 1390V	AC 1350V	DC 1900V	
150Vを超え300V以下	AC 2210V	AC 1500V	DC 2100V	
300Vを超え600V以下	AC 3310V	AC 1800V	DC 2550V	

(注1) 交流回路用計器は交流の試験電圧を適用し、直流回路用計器は直流の試験電圧を適用する。

3.3.2 耐インパルスについて

JIS 規格には特に指定されていないが、当社は特定の機種を除いて次の雷インパルス電圧に耐えることができる。

- (1)印加電圧：標準雷インパルス電圧波形
1.2 / 50 μ s 全波電圧 5 kV
- (2)印加箇所：電気回路と外箱間
正負各 3 回

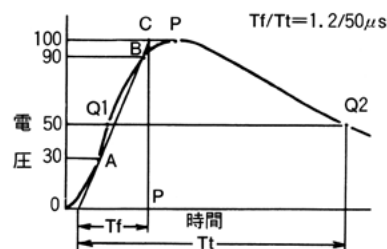


図26 標準雷インパルス波形

3.4 耐久性能・寿命

指示電気計器の耐久性能または寿命を決める主な原因は次のものである。

- ① 振動・衝撃
- ② 温度変化（特に寒暖の差の著しいところ）
- ③ 過電圧・過電流の印加
- ④ 環境（腐食性ガス、有害なガスのある雰囲気）
- ⑤ 多湿

前記①～⑤の原因のない理想的な環境下では、電氣的または機械的な寿命は10年前後である。

電氣的寿命は、電気部品のインピーダンス変化などにより、また機械的な寿命は、ピボットの摩耗・制御ばねのばね定数の変化・接着箇所の変位及び可動部の重量バランスの狂い等による指示誤差が大きくなり、再現性も悪くなってくる。

電子式指示計器の場合、劣化部品はアルミ電解コンデンサと液晶表示器である。

いずれも寿命要因は温度で、日平均温度35℃を基準とすると期待寿命は約15年である。

なお、更新推奨時期は、目安として10年としている。

3.5 振動・衝撃

3.5.1 振動について

指示電気計器を動作させている時、振動が加わっている状態においても、次のことが満たされていることが望ましい。

- ① 振動による機械的破壊がないこと。
- ② 振動中及び振動を取除いた時、指示誤差がないこと。
- ③ 振動中でも指針の振れがなく、正常に読み取りができること。

JIS C 1102の振動試験は、次のとおり規定されている。

(試 験)

掃引振動数範囲10Hz - 55Hz - 10Hz、変位振幅0.15mm、掃引回数 5 回、掃引速度 1 オクターブ/分の振動を計器を使用姿勢に固定した状態で鉛直方向に加える。

(特 性)

試験前と試験後の誤差の変化は階級指数の100%以内のこと。

また指示電気計器は可動部を支承する方法は、次の2つのタイプがあり、振動による影響は、それぞれ次のような特徴がある。

- A. ピボット軸受方式
- B. T.B.S方式 (Taut Band Snsension)

表 4 比較表

	ピボット軸受方式	T.B.S方式
指針の微振動及びハンチング (振動中)	発生しにくい。	一定の周波数及び振幅を超えると発生する。 実験によると下記値を超えると発生 (振動数 1500~2000cpm) (複振幅 1mm)
摩 擦 (振動後)	振動中は、摩擦が小さい状態で指示するが、振動を取除くと摩擦がより大きくなることもある。	可動部が金属バンドで吊られているため摩擦はない。
機械的破壊	ピボットが磨耗したり破損することがある。	金属バンドの断線が起こることがある。

電子式については、可動部 (例えば可変抵抗器) がなく、振動による影響は微少である。

3.5.2 衝撃について

JIS C 1102による衝撃試験は次のとおりである。

(試験)

ピーク加速度 490m/s^2 (50G) の衝撃を計器の可動素子軸の方向及びこれに直角な2軸方向に、正逆方向各3回(計18回)加えて、試験前と試験後の指示値の差を求める。

(性能)

試験前と試験後の誤差の変化は階級指数の100%以内であること。

ピボット軸受方式と T.B.S方式の衝撃に対する特徴は次のとおりである。

表 5 比較表

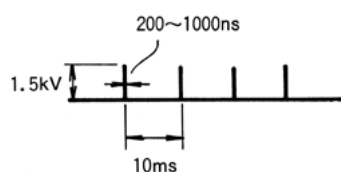
ピボット軸受方式	T.B.S方式
衝撃を直接に吸収する部分がないので、ピボットと軸受が衝突し、ピボットの磨耗が起こりやすい。	金属バンドを支承する張力バネが衝撃を吸収でき、またピボット軸受方式と比較した場合、慣性力(動き過ぎ)を金属バンドに代わって受けとめる各種ストッパーを設けているので、断続的に加わる衝撃(2G程度以下)では異常なく動作する。ただし、100Gを超えるような過大な衝撃が加わった場合には、金属バンドが断線することがある。

電子式については、振動の場合と同様、可動部がないことから衝撃による影響は微少である。

3.6 サージ・ノイズの影響

指示電気計器の一部にはトランジスタやIC等を使用しており、開閉器のON・OFF時や電動機等から発生するノイズ・サージによる誤動作は無視できなくなった。

ノイズシミュレータによるノイズ試験では次のようなノイズには耐えることを確認している。



- 波高値 : 1.5kV
 - ノイズ幅 : 200~1000ns
 - 周期 : 10ms
- (条件; コモンモード
ノーマルモード)

図27 サージ・ノイズ印加の状態

3.7 取付姿勢

JIS C 1102に次のように規定されている。

零位調整後、標準姿勢より前・後・左・右方向へそれぞれ5°傾けたとき、指針の機械的零位からの移動量が下記値を超えてはならない。

	1級	1.5級	2.5級
基底値に対する%	0.5	0.75	1.25

当社の場合、計器の可動部の重量バランスを正確にとっており、JIS規格によって試験した場合、移動量は0.5%以下になるように調整している。

したがって、計器に表示している取付姿勢より、5°程度の移動した姿勢で使った場合、影響の大きいもので0.5%前後の誤差が加算される程度である。

なお、電子式指示計器は、取付姿勢に影響されない。

3.8 環境特性

3.8.1 常規使用条件

標準試験状態は、各々 JIS C 1102に次のように規定されている。

周囲温度：23±2℃

姿勢：標準姿勢±1°

外部磁界：地磁界

相対湿度：40～75%

したがって、性能確認は上記条件で行う。

表 6 項目と使用条件

項 目	条 件
周 囲 温 度	-5～+50℃
相 対 湿 度	40～75%
雰 囲 気	じんあい・煙・腐食性ガス・可燃性ガス・水気・塩分などがあまり含まれていないこと。

3.8.2 周囲温度の影響

JIS規格では、温度の変化による指示誤差は次のように規定されている。

最大目盛値に相当する電気を加え、23℃における指示値と、周囲温度を±10℃変化させたときの指示値との差を求める。さらに23℃における指示値と周囲温度を±20℃変化させたときの指示値との差の $\frac{1}{2}$ を求める。

許容限度は下表のとおりである。

	0.5級	1級	1.5級	2.5級
指示値に対する%	0.5	1.0	1.5	2.5

ただし力率計5級は2.0以内とする（90°電気角に対する%）

3.8.3 温度による動作保証範囲

構成部品、特に絶縁物や電気部品（抵抗器 コンデンサ IC等）の信頼性を考慮して、温度に対する動作保証範囲は次のとおりである。

“- 5 ~ +50℃”

○高温域での問題点

電気回路を構成する部品には、通電することによって発熱することがある。これらの部品には、寿命や信頼性を考慮して許容温度範囲が規定されている。

最高許容温度範囲は「周囲温度+部品の温度上昇」ということになるので、これを超えて使用すると絶縁物の熱劣化や部品の信頼性に問題を生じる。

また、指示電気計器では計器前面カバーに施している帯電防止効果は実験的に60℃前後でなくなる場合がある。

○低温域での問題点

電気部品の信頼性や構成部品のまわりにおける結露や氷結による指示不良、絶縁不良などの問題を生じる。

3.8.4 保存温度について

計器を動作させずに保管する場合に周囲温度は“-20~+60℃”である。

また、上記高温域や低温域に保管されていた計器を使用する場合は、周囲温度に十分慣らしてから使用する。

4. 選 定

4.1 計器用変成器及び計器定格の選定について

指示電気計器の精度は、最大目盛値に対する百分率で表わされる。

したがって、通常の動作値が最大目盛値に比べて小さすぎる場合には、誤差が大きくなり好ましくない。

(例) 交流電流計（階級1.5）、CT比100/5A、一次側に通常流れる電流30Aの場合

交流電流計の誤差は $100A \times \frac{1.5}{100} = 1.5A$ ある。

したがって、30Aの点では指示値（30A）に対して $\frac{1.5}{30} \times 100 = 5$ （%）の誤差が生じる可能性がある。この場合はCT比を50/5A程度にすべきである。

上記例のように、計器用変成器の選定を誤ると、計器は予想以上の誤差を生ずることがある。

選定の目安としては使用範囲が最大目盛値の50～80%にするのがよい。

4.2 モータ回路の電流計の推奨目盛値について

表 7 電動機回路の電流計の推奨目盛値

200V三相誘導電動機

電動機出力 [kW]	定格電流 (参考値) [A]	推奨目盛		絶縁電線の太さ [mm ²]
		電流計	CT比	
0.2	1.8	0～3～9A	—	2以上
0.4	3.2	0～5～15A	5/5	2以上
0.75	4.8	0～7.5～22.5A	7.5/5	2以上
1.5	8	0～10～30A	10/5	2以上
2.2	11.1	0～15～45A	15/5	2以上
3.7	17.4	0～20～60A	20/5	3.5以上
5.5	26	0～30～90A	30/5	5.5以上
7.5	34	0～40～120A	40/5	8以上
11	48	0～60～180A	60/5	14以上
15	65	0～75～225A	75/5	22以上
18.5	79	0～100～300A	100/5	38以上
22	93	0～120～360A	120/5	38以上
30	125	0～150～450A	150/5	60以上
37	160	0～200～600A	200/5	80以上

※ 電流計の目盛は3倍延長目盛を標準仕様とする。

4.3 電力計・無効電力計の目盛選定

4.3.1 電力計・無効電力計の目盛計算式

単相 2 線式回路

二次定格 110V 5 A VT・CT 使用	計器目盛 $P(\text{kW}) = \text{VT 比} \times \text{CT 比} \times (0.4 \sim 0.6)$
ダイレクト 220V 5 A CT 使用	計器目盛 $P(\text{kW}) = \text{CT 比} \times (0.8 \sim 1.2)$

- ・計器目盛は上記乗率0.4～0.6 (0.8～1.2) の範囲内で区切りのよい目盛を選定する。
- ・二次 1 A の CT をご使用の際は乗率が、上記の値の $\frac{1}{2}$ (0.08～0.12 (0.16～0.24)) となる。

単相 3 線式回路

ダイレクト 100/200V 5 A CT 使用	計器目盛 $P(\text{kW}) = \text{CT 比} \times (0.8 \sim 1.2)$
--------------------------	---

- ・計器目盛は上記乗率0.8～1.2の範囲内で区切りのよい目盛を選定する。
- ・二次 1 A の CT をご使用の時の乗率は、上記の値の $\frac{1}{2}$ (0.16～0.24) となる。
- ・電圧表示100/200V は相電圧100V、線間電圧200V を示す。

三相 3 線式回路

二次定格 110V 5 A VT・CT 使用	計器目盛 $P(\text{kW}) = \text{VT 比} \times \text{CT 比} \times (0.8 \sim 1.2)$
ダイレクト 220V 5 A CT 使用	計器目盛 $P(\text{kW}) = \text{CT 比} \times (1.6 \sim 2.4)$

- ・計器目盛は上記乗率0.8～1.2 (1.6～2.4) の範囲内で区切りのよい目盛を選定する。
- ・二次 1 A の CT をご使用の時の乗率が、上記の値の $\frac{1}{2}$ (0.16～0.24 (0.32～0.48)) となる。

三相 4 線式回路

二次定格 $\frac{110}{\sqrt{3}}$ /110V 5 A VT・CT 使用	計器目盛 $P(\text{kW}) = \text{VT 比} \times \text{CT 比} \times (0.8 \sim 1.2)$
二次定格 110/190V 5 A VT・CT 使用	計器目盛 $P(\text{kW}) = \text{VT 比} \times \text{CT 比} \times (1.4 \sim 2.0)$

- ・計器目盛は上記乗率0.8～1.2 (1.4～2.0) の範囲で区切りのよい目盛を選定する。
- ・二次 1 A の CT をご使用の際は乗率が、上記の値の $\frac{1}{2}$ (0.16～0.24 (0.28～0.4)) となる。
- ・ダイレクト回路 (VT なし) の時は、VT 比 = 1 として計算する。($\frac{110}{\sqrt{3}}$ /110V または 110/190V のとき)
- ・電圧表示 $\frac{110}{\sqrt{3}}$ /110V は相電圧 $\frac{110}{\sqrt{3}}$ V、線間電圧110V を示す。

〔計算例 1〕

三相 3 線式回路 電力計 VT6600/110V CT100/5 A
--

$$\begin{aligned} \text{計器目盛 } P(\text{kW}) &= \text{VT 比} \times \text{CT 比} \times (0.8 \sim 1.2) \\ &= 60 \times 20 \times (0.8 \sim 1.2) \\ &= 960 \sim 1440 (\text{kW}) \end{aligned}$$

従って区切りのよい数字として1000kW、または1200kW を計器の最大目盛値とする。

〔計算例 2〕

三相 3 線式回路 無効電力計 VT3300/110V CT100/5 A
--

$$\begin{aligned} \text{計器目盛 } P(\text{kvar}) &= \text{VT 比} \times \text{CT 比} \times (0.8 \sim 1.2) \\ &= 30 \times 20 \times (0.8 \sim 1.2) \\ &= 480 \sim 720 (\text{kvar}) \end{aligned}$$

無効電力計の場合には、遅れ (LAG)、または進み (LEAD)、位相角により振れ方向が逆になるため、零を中心目盛として両振れ目盛とする。区切りのよい数字として、

$$\text{LEAD } 500\text{kvar} \sim 0 \sim 500\text{kvar LAG}$$

計器定格 (Po) の計算例と製作可能範囲

計器定格が製作可能範囲以外 (乗率の範囲以外 kW) のときは計器の製作はできません。

例 1 三相 3 線式回路 P=1200kW VT3300/110V CT200/5 A

$$\begin{aligned} \text{計器定格 } P_o(\text{kW}) &= \frac{P(\text{kW})}{\text{VT 比} \times \text{CT 比}} \\ &= \frac{1200}{30 \times 40} = 1 (\text{kW}) \cdots \cdots \text{製作可能} \end{aligned}$$

例 2 三相 3 線式回路 P=1800kW VT3300/110V CT200/5 A

$$\begin{aligned} \text{計器定格 } P_o(\text{kW}) &= \frac{P(\text{kW})}{\text{VT 比} \times \text{CT 比}} \\ &= \frac{1800}{30 \times 40} = 1.5 (\text{kW}) \cdots \cdots \text{製作不可能} \end{aligned}$$

4.3.2 電力計・無効電力計の目盛早見表

各VT比・CT比における製作可能目盛値（最小・標準・最大）を示す。

表8 電力計・無効電力計の製作可能最大目盛一覧表

□ : 目盛単位 kW
kvar □ : 目盛単位 MW
Mvar

相線式	製作 電圧 VT比 範囲	単相2線(注2)				単相3線(注2)	三相3線・三相4線(注3)								
		110	220	440	100/200	110	220	440	3300	6600	11000	22000	33000	66000	
25/5	最小	2	4	8	4	4	8	15	120	240	400	800	1200	2400	
	標準	2.5	5	10	5	5	10	20	150	300	500	1000	1500	3000	
	最大	3	6	12	6	6	12	25	180	350	600	1200	1800	3500	
50/5	最小	4	8	15	8	8	15	30	240	450	800	1500	2400	4500	
	標準	5	10	20	10	10	20	40	300	600	1000	2000	3000	6000	
	最大	6	12	25	12	12	25	50	350	750	1200	2500	3500	7500	
75/5	最小	6	12	24	12	12	24	45	350	700	1200	2400	3500	7000	
	標準	7.5	15	30	15	15	30	60	450	900	1500	3000	4500	9000	
	最大	9	18	35	18	18	35	75	500	1000	1800	3500	5000	10	
100/5	最小	8	15	30	15	15	30	60	450	900	1500	3000	4500	9000	
	標準	10	20	40	20	20	40	80	600	1200	2000	4000	6000	12	
	最大	12	24	50	24	25	50	100	750	1500	2500	5000	7500	15	
150/5	最小	12	24	45	24	24	45	90	700	1400	2400	4500	7000	14	
	標準	15	30	60	30	30	60	120	900	1800	3000	6000	9000	18	
	最大	18	35	75	35	35	75	150	1000	2000	3000	7500	10	20	
200/5	最小	16	30	60	30	30	60	120	900	1800	3000	6000	9000	18	
	標準	20	40	80	40	80	80	160	1200	2400	4000	8000	12	24	
	最大	25	50	100	50	50	100	180	1500	3000	5000	10	15	30	
300/5	最小	24	45	90	45	45	90	180	1400	2800	4500	9000	14	28	
	標準	30	60	120	60	60	120	240	1800	3600	6000	12	18	36	
	最大	35	75	150	75	75	150	300	2000	4000	7500	15	20	40	
400/5	最小	30	60	120	60	60	120	250	1800	3800	6000	12	18	38	
	標準	40	80	160	80	80	160	320	2400	4800	8000	16	24	48	
	最大	50	100	180	100	100	180	350	3000	6000	10	18	30	60	
600/5	最小	45	90	180	90	90	180	380	2800	6000	9000	18	28	60	
	標準	60	120	240	120	120	240	480	3600	7200	12	24	36	72	
	最大	75	150	300	150	150	300	600	4000	8500	15	30	40	85	
800/5	最小	60	120	250	120	120	250	500	3800	7500	12	25	38	75	
	標準	80	160	320	160	160	320	640	4800	9600	16	32	48	96	
	最大	100	180	350	180	180	350	750	6000	12	18	35	60	120	
1200/5	最小	90	180	380	180	180	380	750	6000	12	18	38	60	120	
	標準	120	240	480	240	240	480	960	7200	14	24	48	72	140	
	最大	150	300	600	300	300	600	1200	8500	18	30	60	85	180	
1500/5	最小	120	240	450	240	240	450	900	7000	14	24	45	70	140	
	標準	150	300	600	300	300	600	1200	9000	18	30	60	90	180	
	最大	180	350	750	350	350	750	1500	10	20	35	70	100	200	
2000/5	最小	160	300	600	300	300	600	1200	9000	18	30	60	90	180	
	標準	200	400	800	400	400	800	1600	12	24	40	80	120	240	
	最大	240	500	1000	500	500	1000	1800	15	30	50	100	150	300	
3000/5	最小	240	450	900	450	450	900	1800	14	28	45	90	140	280	
	標準	300	600	1200	600	600	1200	2400	18	36	60	120	180	360	
	最大	350	750	1500	750	750	1500	3000	20	40	75	150	200	400	

注1 表の最大目盛値はVT比×CT比×調整範囲乗率を若干はずれるものがあるが、最もふさわしい値を選んだために生じるものであり、表を優先する。

注2 単相2線、単相3線は電力計のみ。

注3 無効電力計は両振計器を標準とし、この時の最大目盛値は表の1/2の値とする。

(備考) 上表にないCT比の目盛は、10倍（または1/10）のCT比の目盛値を1/10倍（または10倍）する。

4.4 力率計

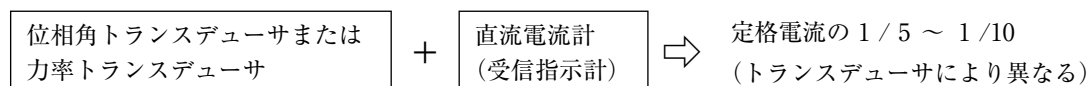
力率計は回路の力率を測定するものではあるが、測定回路よりある程度の電力を消費する。したがって回路の電圧及び電流が小さすぎる場合は、正確な計測はできない。

使用可能な電圧及び電流の範囲は下記のとおりである。

なお、この範囲はJIS規格でも定められている。

- ・電 圧：定格電圧 $\pm 15\%$ 以内
- ・電 流：定格電流の20～120%

負荷電流が定格電流の $1/5$ より小さい場合通常はCTを適正な定格に取りかえる必要があるが、トランスデューサと直流電流計（受信指示計）を組合わせて測定することにより、さらに小さな電流でも測定することができる。



4.5 電子式指示計器の選定

電子式指示計器は、VT または CT 比、時限は設定式のため、目盛の指定は不要である。したがって発注に際して交流電流計、電圧計については形名のみ、マルチ指示計器については、形名のほか、相線（三相 3 線式 三相 4 線式）の指定が必要となる。

各要素の標準最大目盛値は下記のとおりである。

- (1) 電流：5 A × CT 比（1 A 仕様の場合、1 A × CT 比）

5A~30kA

(10A未満：上位2桁設定可能)

(10A以上：上位3桁設定可能)

- (2) 電圧：150V (110V ダイレクト)、300V (220V ダイレクト)、150V × VT 比

三相3線式、单相2線式	单相3線式	三相4線式	・ VT付	2次電圧	1次電圧
ダイレクト接続時 150V (110V) , 300V (220V)	ダイレクト接続時 300V (220V)	・ダイレクト 100/150V (63.5/110V) 150/300V (110/190V) 300/600V (220/380V) 300/600V (240/415V) 300/600V (254/440V) 400/640V (277/480V)	63.5/110V 100/173V 110/190V 115/199V 120/208V	60V~750kV (100V未満：上位2桁設定可能) (100V以上：上位3桁設定可能)	
VT使用時 2次電圧 /100V 1次電圧 60V~750kV /110V (100V未満：上位2桁設定可能) /220V (100V以上：上位3桁設定可能)					

※单相 3 線式は300V (220V ダイレクト) のみ

- (3) 電力（正電力の片振れ、正負電力の両振れ表示が設定可能）、無効電力（LEAD、LAG の両振れ表示）

单相2線式：0.5kW (kvar) × VT 比 × CT 比 (220V ダイレクトは VT 比 = 2)

单相3線式：1kW (kvar) × CT 比

三相3線式：1kW (kvar) × VT 比 × CT 比 (220V ダイレクトは VT 比 = 2)

最大目盛値については、次頁、電子式指示計器の電力目盛・無効電力目盛の設定値早見表に示す。

- (4) 力率：バーグラフ表示：LEAD -0.5 ~ 1 ~ LAG0.5、デジタル表示：LEAD - 0 ~ 1 ~ LAG 0

- (5) 周波数：45 ~ 55Hz (50Hz 時)、55 ~ 65Hz (60Hz 時)

4.6 電子式指示計器の電力目盛・無効電力目盛の設定値早見表

ME110SS シリーズ

表 9 電力・無効電力の最大目盛

■単相 3 線式、単相 2 線式、三相 3 線式 (代表例)

・単位は電力:W、無効電力:var

相線式 一次電圧(V) 一次電流(A)	単相3線					三相3線式									
	220	220	440	3300	6600	220	440	3300	6600	11k	22k	33k	66k	77k	
10	2000	2000	4000	30k	60k	4000	8000	60k	120k	200k	400k	600k	1200k	1500k	
15	3000	3000	6000	45k	90k	6000	12k	90k	180k	300k	600k	900k	1800k	2200k	
20	4000	4000	8000	60k	120k	8000	16k	120k	240k	400k	800k	1200k	2400k	3000k	
25	5000	5000	10k	75k	150k	10k	20k	150k	300k	500k	1000k	1500k	3000k	3600k	
30	6000	6000	12k	90k	180k	12k	24k	180k	360k	600k	1200k	1800k	3600k	4000k	
40	8000	8000	16k	120k	240k	16k	32k	240k	480k	800k	1600k	2400k	4800k	6000k	
50	10k	10k	20k	150k	300k	20k	40k	300k	600k	1000k	2000k	3000k	6000k	7200k	
60	12k	12k	24k	180k	360k	24k	48k	360k	720k	1200k	2400k	3600k	7200k	8000k	
75	15k	15k	30k	220k	450k	30k	60k	450k	900k	1500k	3000k	4500k	9M	10M	
80	16k	16k	32k	240k	480k	32k	64k	480k	960k	1600k	3200k	4800k	9.6M	10M	
100	20k	20k	40k	300k	600k	40k	80k	600k	1200k	2000k	4000k	6000k	12M	15M	
120	24k	24k	48k	360k	720k	48k	96k	720k	1500k	2400k	4800k	7200k	15M	16M	
150	30k	30k	60k	450k	900k	60k	120k	900k	1800k	3000k	6000k	9M	18M	22M	
200	40k	40k	80k	600k	1200k	80k	160k	1200k	2400k	4000k	8000k	12M	24M	30M	
250	50k	50k	100k	750k	1500k	100k	200k	1500k	3000k	5000k	10M	15M	30M	36M	
300	60k	60k	120k	900k	1800k	120k	240k	1800k	3600k	6000k	12M	18M	36M	40M	
400	80k	80k	160k	1200k	2400k	160k	320k	2400k	4800k	8000k	16M	24M	48M	60M	
500	100k	100k	200k	1500k	3000k	200k	400k	3000k	6000k	10M	20M	30M	60M	72M	
600	120k	120k	240k	1800k	3600k	240k	480k	3600k	7200k	12M	24M	36M	72M	80M	
750	150k	150k	300k	2200k	4500k	300k	600k	4500k	9M	15M	30M	45M	90M	100M	
800	160k	160k	320k	2400k	4800k	320k	640k	4800k	9.6M	16M	32M	48M	96M	100M	
1000	200k	200k	400k	3000k	6000k	400k	800k	6000k	12M	20M	40M	60M	120M	150M	
1200	240k	240k	480k	3600k	7200k	480k	960k	7200k	15M	24M	48M	72M	150M	160M	
1500	300k	300k	600k	4500k	9M	600k	1200k	9M	18M	30M	60M	90M	180M	220M	
2000	400k	400k	800k	6000k	12M	800k	1600k	12M	24M	40M	80M	120M	240M	300M	
2500	500k	500k	1000k	7500k	15M	1000k	2000k	15M	30M	50M	100M	150M	300M	360M	
3000	600k	600k	1200k	9M	18M	1200k	2400k	18M	36M	60M	120M	180M	360M	400M	
4000	800k	800k	1600k	12M	24M	1600k	3200k	24M	48M	80M	160M	240M	480M	600M	
5000	1000k	1000k	2000k	15M	30M	2000k	4000k	30M	60M	100M	200M	300M	600M	720M	

■三相 4 線式 (代表例)

一次電圧 一次電流(A)	ダイレクト		
	110V/190V	240/415V 254/440V	
10	W	4.00k	8.00k
	var	2.00k	4.00k
15	W	6.00k	12.00k
	var	3.00k	6.00k
20	W	8.00k	16.00k
	var	4.00k	8.00k
25	W	10.00k	20.00k
	var	5.00k	10.00k
30	W	12.00k	24.00k
	var	6.00k	12.00k
40	W	16.00k	32.00k
	var	8.00k	16.00k
50	W	20.00k	40.0k
	var	10.00k	20.00k
60	W	24.00k	48.0k
	var	12.00k	24.00k
75	W	30.00k	60.0k
	var	15.00k	30.00k
80	W	32.00k	64.0k
	var	16.00k	32.00k
100	W	40.0k	80.0k
	var	20.00k	40.0k
120	W	48.0k	96.0k
	var	24.00k	48.0k
150	W	60.0k	120.0k
	var	30.00k	60.0k
200	W	80.0k	160.0k
	var	40.0k	80.0k
250	W	100.0k	200.0k
	var	50.0k	100.0k
300	W	120.0k	240.0k
	var	60.0k	120.0k

一次電圧 一次電流(A)	ダイレクト		
	110V/190V	240/415V 254/440V	
400	W	160.0k	320.0k
	var	80.0k	160.0k
500	W	200.0k	400k
	var	100.0k	200.0k
600	W	240.0k	480k
	var	120.0k	240.0k
750	W	300.0k	600k
	var	150.0k	300.0k
800	W	320.0k	640k
	var	160.0k	320.0k
1000	W	400k	800k
	var	200.0k	400k
1200	W	480k	960k
	var	240.0k	480k
1500	W	600k	1200k
	var	300.0k	600k
2000	W	800k	1600k
	var	400k	800k
2500	W	1000k	2.000M
	var	500k	1000k
3000	W	1200k	2.400M
	var	600k	1200k
4.00k	W	1600k	3.200M
	var	800k	1600k
5.00k	W	2.000M	4.00M
	var	1000k	2.000M
6.00k	W	2.400M	4.80M
	var	1200k	2.400M
7.50k	W	3.000M	6.00M
	var	1500k	3.000M
8.00k	W	3.200M	6.40M
	var	1600k	3.200M

5. 特殊使用条件における適用対策

5.1 高温での使用

周囲温度が50℃を超えて使用することは下記理由により避ける。

- (1) 計器前面カバーに施している帯電防止効果が悪化する。
カバーは空気などの摩擦により静電気を帯びやすく、そのために指針が振れたり、カバー表面にはこりが付着することがある。
- (2) 電子部品の最高許容温度を超えて使用すると適正な指示が期待できない。
電子部品に加わる温度は（周囲温度+温度上昇）の値であり、周囲温度が50℃、温度上昇が30degとすると80℃になり、適正動作が望めず、寿命も著しく低下する。
- (3) 50℃を超えて使用できる指示計器は製作できないため、使用環境を改善することが望ましい。

5.2 低温での使用

低温になると金属のぜい性の影響や電子部品の信頼性等を考慮すれば、-5℃以下の場合には周囲温度を上昇させる改善が望ましい。

油制動方式の指示計器は粘性の変化で過制動となり動きが鈍くなる。

5.3 多湿での使用

多湿条件では、絶縁耐力の低下及びサビの発生などが考えられるので、重要部品には金属構成部品には防サビ塗装を塗布し、通電部にはニッケルメッキを施したもの（熱帯処理仕様）を使用する。

5.4 じんあい中での使用

じんあいの多い場所での使用は避ける。ほこりなどが計器に侵入すると針かかりをおこし、指針が振れなくなることがある。

また、指示電気計器のカバーにほこりが付着した場合は、湿った柔らかい布で拭きとる。シンナーやアルコール類を使用してはならない。

じんあいが多い条件下では保護用の外箱に入れて使用する。

5.5 腐食性ガス雰囲気での使用

亜硫酸ガス、硫化水素ガス、塩基性ガス等の腐食性ガスの雰囲気下では、金属部品やメッキが腐食される。特に硫化水素ガスは、制御バネに対して大きく影響する。

腐食性ガス雰囲気で使用する場合は、次の耐食増し処理を施したものを必ず使用する。

〔処理内容〕

(1) L形・Y形指示計器

- (a) 方式 ……通気部のシーリングを行い密封構造にして内部部品の耐性の向上を行う。
また、内部の金属部品に表面処理を施し耐性の向上を行う。

(b) 処理

- ・ 擡動部 ……擡動部にシリコングリスを塗布する。
(零調整ボタン)
- ・ 接合面 ……シリコンゴムコンパウンドを接合面に充填する。
(ケースとカバー ベースとケース 端子部等)
- ・ 金属類 ……露出するネジ類にメッキ処理、防サビ塗装またはコーティング処理を施す。
- ・ プリント基板 ……コーティング処理を行う。

(2) F形縁形計器

- (a) 方式 ……内部の鉄、銅系の部品に表面処理を施す。

(b) 処理

- ・ 金属類 ……内部の重要部品にメッキ処理、防サビ塗装またはコーティング処理を施す。
- ・ プリント基板 ……コーティング処理を行う。

5.6 高地での使用

高地においては、空気が薄くなり、気中絶縁耐力が低下するので、計器の耐圧は低下するが、標高2000m程度までは使用できる。

5.7 高周波回路での使用

計器の動作原理により高周波回路の使用に適・不適がある。

(1) 交流電流計・電圧計

整流形は約1000Hzまで製作できる。(ただし、使用周波数を指定すること)
可動鉄片形は商用周波数以外では使用できない。

(2) 周波数計

約400Hzまで製作できる。

(3) 電力計 無効電力計 力率計

約400Hzまで製作できる。

5.8 歪波形回路での使用

一般に入力波形は正弦波、商用周波数を基準に製作しているのでインバータ回路、サイリスタ回路等の標準波形と異なる波形・周波数を測定すると誤差が生じる場合がある。これらの性能は計器の動作原理により大きく影響するので機種選定が必要である。

(1) 歪波形

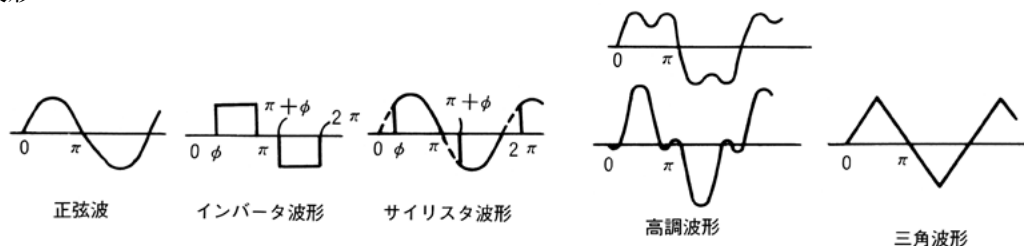


図28 波形

(2) 電流計 電圧計 電力計 無効電力計 力率計 周波数に対する歪波形の影響

表10 高調波形・三角波形の計測（機械式指示計器）

	形名	動作原理	3次高調波 15%含有波形	三角波形
電流計・電圧計	LR-Nシリーズ	近似実値整流形	○	△
	YR-Nシリーズ	整流形（平均値）	×	△
	YS-Nシリーズ	可動鉄片形	○	○
	LS-Nシリーズ			
電力計・無効電力計	LP-Nシリーズ YP-Nシリーズ	トランスデューサ形	○	○
力率計	LPシリーズ YPシリーズ	トランスデューサ形	△	△
周波数計	全機種	トランスデューサ形	△	○

○…精度以内 △…誤差±5%程度以内 ×…誤差±10%を超える

表11 高調波形・三角波形の計測（電子式指示計器）

	形名	動作方式	3次高調波 15%含有波形	三角波形
交流電流計・交流電圧計	LE110SSシリーズ DE110SSシリーズ ME110SSシリーズ	実効値演算形	○	○
電力計・無効電力計	ME110SSシリーズ	デジタル乗算形	○	○
力率計	ME110SSシリーズ	電力比演算形	○	○
周波数計	ME110SSシリーズ	ゼロクロス検出	○	○

○…階級精度以内 △…誤差5%程度以内 ×…誤差10%を超える

6. 国内規格の抜粋

(1) JIS C 1102-1 ~ -9

試験項目	試験条件	性能	測定量の種類					
			DA	AA	W	F	PF	SY
固有誤差	標準状態で主要な各点を測定する	精度階級の±100%	○	○	○	○	○	○
周囲温度の影響	標準温度(23℃)から±10℃変化させる	階級指数の100%	○	○	○	○	○	○
湿度の影響	相対湿度25%、80%、各96Hr放置する	階級指数の100%	○	○	○	○	○	○
直流測定量の影響	リップルの影響 入力の20%で45~65Hz及び90~130Hzの交流を重量させる	階級指数の50%	○					
交流測定量の影響	ひずみの影響 AC、DC、W：第3高調波20%含有(W：各測定回路毎) PF：第3高調波5%含有(各測定回路毎) F：第3高調波15%含有	階級指数の100% (整流形は除外)		○	○	○	○	○
	周波数の影響 基準周波数から±10%変化させる	階級指数の100%		○	○	○	○	○
	電圧成分の影響 基準電圧から±15%変化させる	階級指数の100%		○	○	○	○	○
	電流成分の影響 定格電流の20~120%変化させる	階級指数の100%		○	○	○	○	○
力率の影響	力率1から力率0.5(var：遅れ位相角30°)変化させる	階級指数の100%		○				
位相の平衡度	1つの電流回路の接続を外して測定する	階級指数の200%		○	○			
多相計器の異なる素子間の干渉による影響	1つの電圧回路の接続を外して測定する	階級指数の200%		○				
姿勢の影響	標準姿勢から前後左及び右に各5度傾斜させる	階級指数の50%	○	○	○	○	○	○
外部磁界の影響	0.4kA/mの磁界を加える	可動鉄片形6%、その他1.5%	○	○	○	○	○	○
強磁性体支持物による影響	鋼板 厚さ2mmのパネルに取り付ける	固有誤差の限度内	○	○	○	○	○	○
導電性支持物による影響	アルミ 厚さ1.5mm以上のパネルに取り付ける	固有誤差の限度内	○	○	○	○	○	○
制動	行き過ぎ量 目盛長の約2/3入力、最初の振れ過ぎ量の長さ	全振れ角180°未満は20%以下、その他は25%以下 4秒以下	○	○	○	○	○	○
	応答時間 目盛長の約2/3入力、1.5%以内におさまるまでの時間							
自己加熱の影響	入力90%、通電1~3分後から30~35分後の変化	階級指数の100%	○	○	○	○	○	○
短時間過負荷	電流回路 10倍0.5秒を9回、60秒間隔、5秒を1回	固有誤差の限度内	○	○	○	○	○	○
	電圧回路 2倍0.5秒を9回、60秒間隔、5秒を1回							
連続過負荷	電流回路 定格電流の120%、2時間	固有誤差の限度内	○	○	○	○	○	○
	電圧回路 定格電圧の120%、2時間							
大電流過負荷後の電流回路の導通	変流器の公称2次電流の30倍を2秒間 (1~10Aで変流器と組み合わせる計器に適用)	電流回路が開路しないこと		○	○			
温度の限界値	40℃16時間、-25℃8時間を各3回	固有誤差の限度内	○	○	○	○	○	○
零位からの偏位	測定範囲の上限值30秒間、零位15秒間後に偏位測定	階級指数の50%	○	○	○	○	○	○
機械的零位調整器	上昇及び下降方向の最大調整値を測定する	範囲：2%又は2°以上	○	○	○	○	○	○
同期検定器	離脱周波数 起動回路の周波数を上昇、下降して回転停止の周波数	三相用：1.5Hz以上 単相用：1Hz以上 指標は同期点±30外を指示						○
	引込周波数 起動回路の周波数を上昇、下降して回転開始の周波数							
	開路 起動回路または運転回路側を開放する							
振動・衝撃	振動 10~55~10Hz、振幅0.15mm、 掃引速度：1オクターブ/分、掃引回数：5回	階級指数の100%	○	○	○	○	○	○
	衝撃 490m/s ² 、X、Y、Z方向 正逆方向 各3回							

(2) JIS C 1010-1 (測定カテゴリⅢ、汚染度2)

試験項目	試験条件	性能/基準値	測定量の種類					
			DA	AA	W	F	PF	SY
電圧試験	測定回路一括と外箱間 試験電圧値は使用回路電圧毎に規定 50Hz/60Hz交流実効値電圧、5秒間	絶縁破壊及びフラッシュオーバーのないこと	○	○	○	○	○	○
空間距離及び沿面距離	操作者が接触できる外装部と入力から絶縁されていない内部回路の間 空間距離及び沿面距離は使用回路電圧毎に規定	接地されている金属及び樹脂：基礎絶縁 接地されていない金属：強化絶縁または二重絶縁	○	○	○	○	○	○

代表的な使用回路電圧と要求される空間距離、沿面距離

使用回路電圧	基礎絶縁			強化絶縁または二重絶縁		
	空間距離(mm)	沿面距離(mm)	試験電圧値(V)	空間距離(mm)	沿面距離(mm)	試験電圧値(V)
100V	0.5	1.4	840	1.5	2.8	1390
150V	1.5	1.57	1390	3.0	3.14	2210
300V	3.0	3.0	2210	5.9	6.0	3510
600V	5.5	6.0	3310	10.5	12.0	5400

(3) 参考 (JIS C 1102-1：1997に規定されていた規格)

試験項目	試験条件	性能/基準値	測定量の種類					
			DA	AA	W	F	PF	SY
絶縁試験 ^{注1}	全回路一括と外箱間 DC500Vを印加して測定する	5MΩ以上	○	○	○	○	○	○

注1. JIS C 1102-1：2007には規定されておりません。

7. 用語の意味

用語	意味	用語	意味
指示電気計器 (直動式指示計器)	指示装置が機械的に結合されている可動素子によって駆動される計器。	固有誤差	計器の標準状態での誤差。 固有誤差 = $\left[\frac{\text{目盛値} - \text{基準値}}{\text{基底値}} \right] \times 100(\%)$
電子式計器	電子式手段を用いて、電気的又は非電気的量を測定し表示する計器。	基底値	計器の精度を定義するために、誤差の基準となる規定された値で、計器の種類により基底値が異なる。 ・電流計、電圧計、電力計及び無効電力計の基底値 測定範囲の上限値。ただし、機械的及び電気的零位の両者が目盛の内側にある場合には、測定範囲の二つの限度に相当する電気的量の絶対値の和、目盛が電気的入力量と一致しない場合はスパン。 ・周波数計 測定範囲の上限値。 ・力率計 90° 電気角。
固定用計器 (配電盤用計器)	固定された導線によって外部回路に接続し、恒久的に取り付けて使用する計器。		
携帯用計器	持ち運んで使用する計器。		
広角度計器	目盛の角度が180°以上の計器。		
受信指示計	電気的入力量と異なる目盛をもつが、電気的入力量と目盛値の関係が既知な計器。		
零サブレス計器	機械的零位を目盛範囲外に移動した目盛をもつ計器。		
可動コイル形計器	固定永久磁石の磁界と、可動コイル内の電流による磁界と相互作用によって動作する計器。	スパン	測定範囲の上限と下限との間の代数的な差。
可動鉄片形計器	軟磁性材の固定片と可動片をもち、両者の鉄片が固定コイル内の電流によって磁化されて生じる反発力(及び吸引力)によって動作する計器。	行き過ぎ量	測定量が、ある一定の値から他の値に急に変化したときの、最大の振れと最終値との差。
整流形計器	交流の電流又は電圧を測定するために、直流で動作する計器と整流器とを組み合わせた計器。	応答時間	測定値が、ゼロから最終静止位置の値に急に変化したとき、指示が最終静止位置を中心とした特定の幅の中におさまるまでの時間(秒)。
トランスデューサ形計器	電子デバイスなどの電子回路によって、交流の電気的量を直流の電圧又は電流に変換し、可動コイル形計器で指示させる計器。	残留偏位	機械的に制御された可動素子の、振れを生じる原因がなくなった後に残っている振れの部分。
バイメタル形計器	電流で直接又は間接的に熱せられるバイメタル素子の変形で指示を生じる熱形計器。	影響量	一般に、計器の外部にあり、性能に影響を与える可能性がある量。(周囲温度、外部磁界等)
互換性附属品	組み合わせる計器の性能とは関係なく、それ自体が特性と精度をもつ附属品。	ひずみ率 (全高調波ひずみ率)	比: $\frac{\text{含有高調波の実効値}}{\text{非正弦波の実効値}}$
制限付互換性附属品	特定の性能をもった計器と組み合わせることができるもので、それ自体が特性と精度をもつ附属品。	リップル含有率	比: $\frac{\text{変動成分の実効値}}{\text{直流成分の値}}$
専用附属品 (非互換性附属品)	組み合わせる計器の電気的特性を考慮して調整した附属品。	予備状態	計器の試験に先立ち、測定量の規定された値を測定回路に供給すること。

●測定量の種類記号

- DA : 直流電流
DV : 直流電圧
AA : 交流電流
AV : 交流電圧
W : 電力
VAR: 無効電力
PF : 力率、位相
F : 周波数
SY : 同期検定器

●基底値

- 1) DA、DV、AA、AV、W、VAR
測定範囲の上限値、零位が目盛の内側にあるものは両側の絶対値の和、目盛が電気的量和一致しない場合スパン。
2) F
測定範囲の上限値
3) PF、SY
90° 電気角

●予備状態の条件

予備状態を必要とする計器は試験に先立ち、次の入力を加える。

計測量	入力条件	時間
DA、DV AA、AV	最大目盛値の80%	15分
W、VAR	電圧100%、力率(又は無効率) 1 最大目盛値の80%	
F	電圧100%、最大目盛値	
PF	電圧100%、電流80%、力率1	
SY	電圧100%、同期点	

8. 目盛板の各部の名称と表示事項

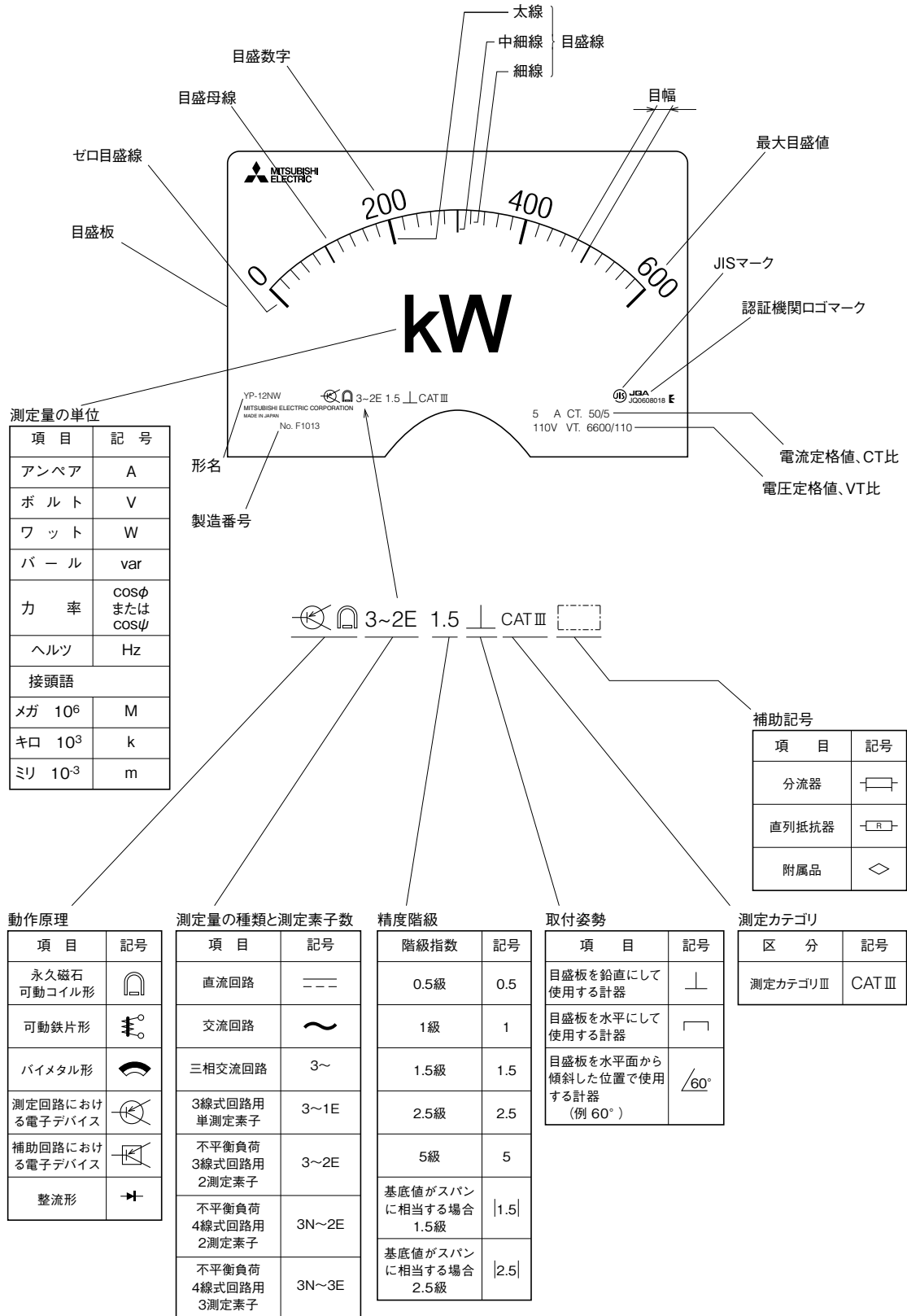


図29 各部の名称と表示事項

9. 付 録

9.1 誤結線時の動作

指示電気計器は接続を誤ると、まず正常な計測をしないのが普通である。
誤結線による動作を現象のみとらえて記載する。

計測要素と計器の仕様		誤結線の内容	現 象
直流電圧計 直流電流計		極性が反対	振れ方向が逆
電 力 計	単 相 2 線	電圧の極性に対し 電流の極性が反対	振れ方向が逆
		端子符号に対し 電圧・電流共に極性が反対	正常に動作
	三 相 3 線	1側 3側のうち片方の電流極性が反対	2電力計法により、 $ W_1-W_3 $ だけ振れる。(1側が正しい極性の時) (W_1 : 1側の電力素子) (W_3 : 3側の電力素子) 振れ方は (1側が正しい極性の時) $W_1 > W_3 \cdots +$ 方向 $W_1 < W_3 \cdots -$ 方向
		1側 3側共に電流極性が反対	$ W_1-W_3 $ の値で振れ方向は逆である。 (片振れ計器の場合は 目盛0以下に振り切れる)
	三 相 4 線	1 2 3相の電流のうち1つの電流極性が反対	正規の2ケの相の電力和から、逆接続した相の電力値を引いた値を指示。 振れ方は、いずれか大きい方へ振れる。
すべての電流極性が反対		指示値は同じだが、振れ方向は逆である。	
力 率 計	単相2線	電流の極性が反対	遅れ 進みが反対になる。 指示値は若干の誤差が生ずる。
	三相3線 (平衡)	電流の極性が反対	遅れ 進みが反対になる。
	三相3線 (不平衡)	1相の電流極性が反対	正常な指示をしない。
		三相4線	電流の極性がすべて反対

注 三相計器において電圧の極性が入れかわった場合には、正常な指示をしない。

9.2 三相計器を单相で使った時

三相計器を单相計器として使用できるのは、電力計だけである。

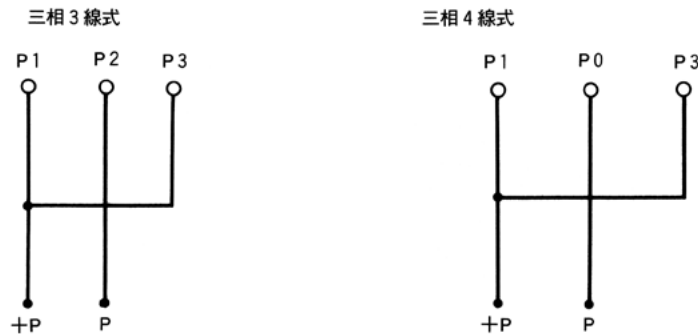
(無効電力計、力率計は使用できない。)

(1) 電力計の場合

三相用電力計を单相用電力計として使用する方法は次のようにすれば可能である。

(a) 結線

〔電圧回路〕 並列に接続する。



〔電流回路〕 すべて直列接続する。

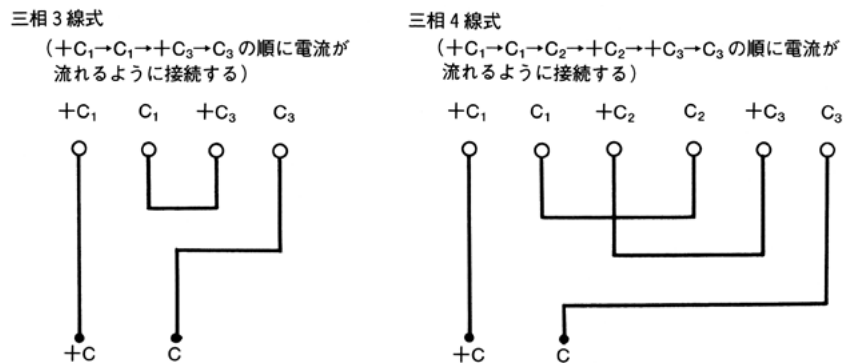


図30 結線図

(b) 指示値

○三相3線式計器を使った時

三相3線計器の場合は、(計器定格×1/2)の单相電力値で動作する。

(1000W 定格の計器では、单相500W 印加で全振れする。)

また、測定回路の電力値は、指示読取り値の1/2である。

○三相4線式計器を使った時

三相4線の計器の場合は、(計器定格×1/3)の单相電力値で動作する。

(1000W 定格の計器では、单相333W 印加で全振れする。)

また、測定回路の電力値は、指示読取り値の1/3である。

三相4線式計器は相電圧を印加するので、单相で動作させる場合、電圧印加は三相の相電圧と同じ値とする。

9.3 三相回路の逆相順入力した場合

盤内結線が正しくても逆相順で入力した場合には計器の動作原理によっては正常に動作しない場合がある。


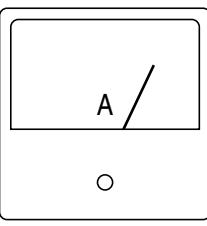
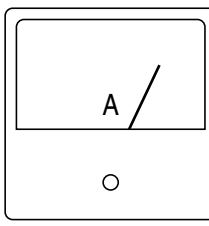

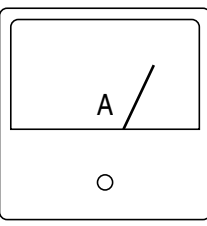
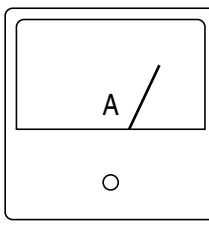

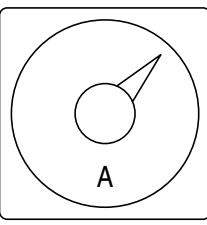
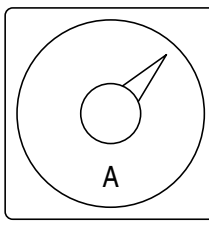

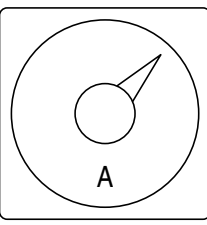
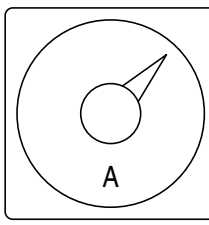
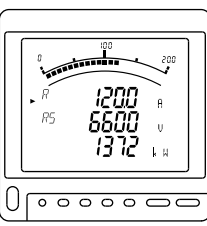
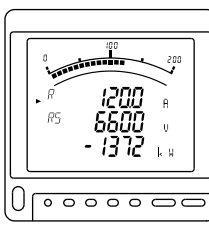

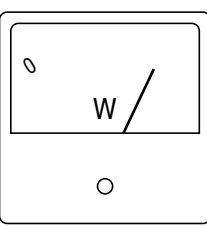
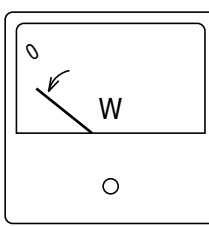

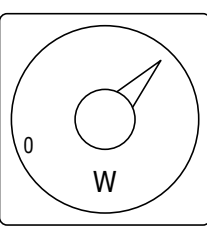
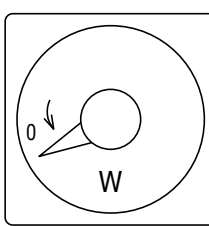
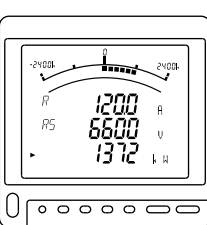
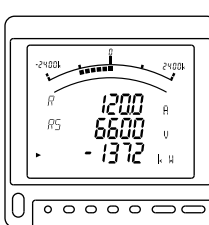
三相3線回路

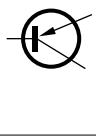
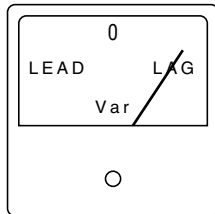
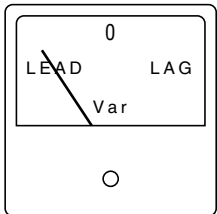
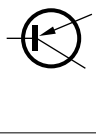
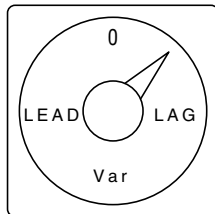
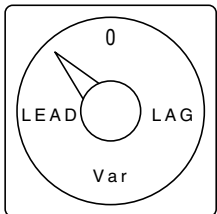
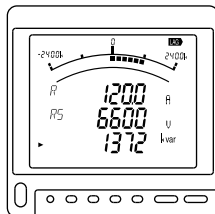
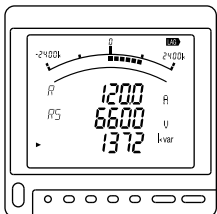
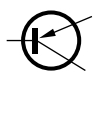
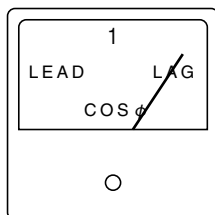
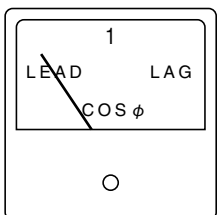
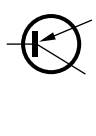
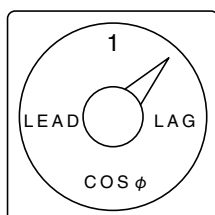
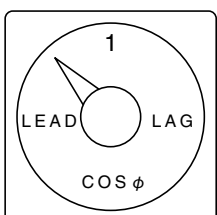
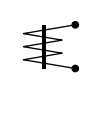
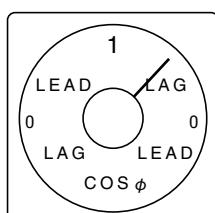
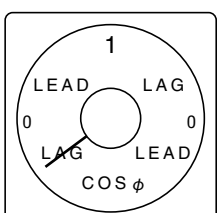
表15 動作原理の違いによる適応性


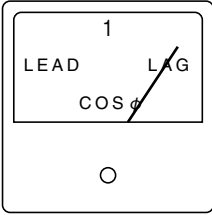
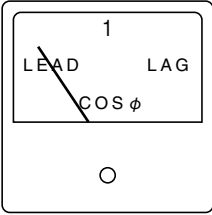

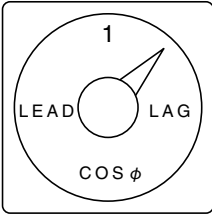
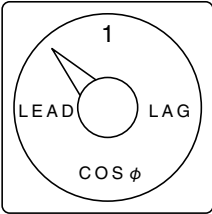
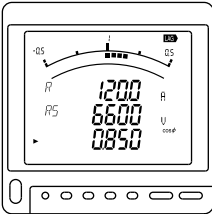
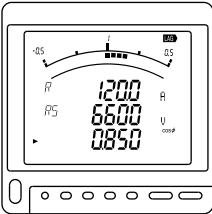

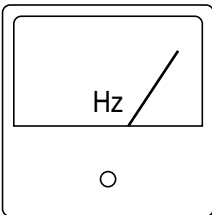
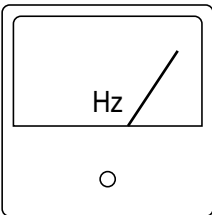

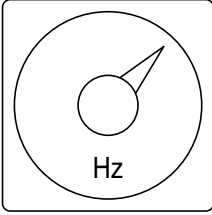
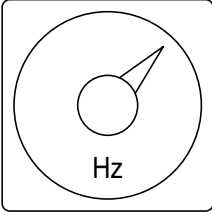
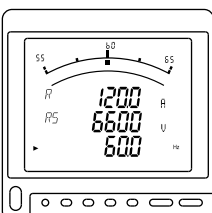
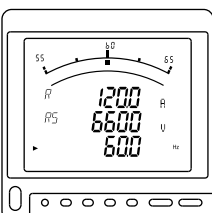
要素	形名		動作方法	動作	
				極性	指示値
電力	LP-Nシリーズ YP-Nシリーズ		トランスデューサ形 (ホール素子乗算方式)	正常	正常
	ME110SSシリーズ		デジタル乗算方式		
無効電力	LP-Nシリーズ YP-Nシリーズ		トランスデューサ形 (ホール素子乗算方式)	反転	絶対値は等しい
	ME110SSシリーズ		デジタル乗算方式	正常	正常
力率	平衡回路用	LP-Nシリーズ YP-Nシリーズ	トランスデューサ形	反転	絶対値は等しい
	不平衡 負荷用	LP-110Nシリーズ YP-12Nシリーズ	トランスデューサ形	正常	正常
		LP-80Nシリーズ YP-206N 208N 210N YP-8N 10Nシリーズ		不確定	不確定
		ME110SSシリーズ		電力比演算方式	正常

9.4 逆潮流時における指示

指示電気計器は逆潮流時、正常に指示しない場合がある。逆潮流時の指針の振れについて記載する。

品名	形名	動作原理	潮流		備考
			正方向	逆方向	
交流電流計・電圧計	YS-Nシリーズ	可動鉄片形 			同じ指示となる。
	YR-Nシリーズ	整流形 			
	LS-Nシリーズ	可動鉄片形 			同じ指示となる。
	LR-Nシリーズ	近似実効値 整流形 			
	LE110SSシリーズ DE110SSシリーズ ME110SSシリーズ	実効値 演算形			同じ指示となる。
電力計	YP-Nシリーズ	トランス デューサ形 			振れの方向が逆となる。両振タイプを使用する。
	LP-Nシリーズ	トランス デューサ形 			振れの方向が逆となる。両振タイプを使用する。
	ME110SSシリーズ	デジタル 乗算形			バーグラフ表示は振れの方向が逆となる。両振れに設定する。デジタル表示はマイナス(-)符号を示す。

品名	形名	動作原理	潮流		備考
			正方向	逆方向	
無効電力計	YP-Nシリーズ	トランスデューサ形 			振れの方向が逆となる。 (LEAD、LAG)が逆になる。 潮流方向は電力計で確認する。
	LP-Nシリーズ	トランスデューサ形 			振れの方向が逆となる。 (LEAD、LAG)が逆になる。 潮流方向は電力計で確認する。
	MEI10SSシリーズ	デジタル乗算形			正しく指示する。
平衡回路用 力率計	YP-Nシリーズ	トランスデューサ形 			振れの方向が略逆となり、 正確な指示をしません。 トランスデューサと受信指示計の 組合わせで対応ください。
	LP-Nシリーズ	トランスデューサ形 			
三相平衡回路用 力率計	LI-11NPF 四象限力率計	可動鉄片形(誘導形) 			正しく指示する。

品名	形名	動作原理	潮流		備考
			正方向	逆方向	
不平衡回路用 力率計	YP-Nシリーズ	トランスデューサ形 			振れの方向が略逆となり、正確な指示をしません。 トランスデューサと受信指示計の組合わせで対応ください。
	LP-Nシリーズ	トランスデューサ形 			
	MEI10SSシリーズ	電力比演算形			正しく指示する。
周波数計	YP-Nシリーズ	トランスデューサ形 			同じ指示となる。
	LP-Nシリーズ	トランスデューサ形 			同じ指示となる。
	MEI10SSシリーズ	ゼロクロス検出形			同じ指示となる。

9.5 標準目盛図一覧表

1 a. Y-206N普通目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000	0 2 4 6 8 10	10	0.1 1 10 100
1.2 12 120 1200	0 3 6 9 12	12	0.1 1 10 100
1.5 15 150 1500	0 5 10 15	15	0.1 1 10 100
2 20 200 2000	0 5 10 15 20	20	0.1 1 10 100
2.5 25 250 2500	0 5 10 15 20 25	25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000	0 10 20 30	15	0.2 2 20 200
4 40 400 4000	0 10 20 30 40	20	0.2 2 20 200
4.5 45 450 4500	0 10 20 30 40 45	22.5	0.2 2 20 200
5 50 500 5000	0 10 20 30 40 50	10	0.5 5 50 500
6 60 600 6000	0 20 40 60	12	0.5 5 50 500
7.5 75 750 7500	0 20 40 60 75	15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000	0 20 40 60 80	16	0.5 5 50 500
9 90 900 9000	0 30 60 90	18	0.5 5 50 500

1 b. Y-206N延長目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000	0 5 10 20 30	10	0.1 1 10 100
1.2 12 120 1200	0 3 6 9 12 24 36	12	0.1 1 10 100
1.5 15 150 1500	0 5 10 15 30 45	15	0.1 1 10 100
2 20 200 2000	0 10 20 40 60	20	0.1 1 10 100
2.5 25 250 2500	0 5 10 15 20 25 50 75	25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000	0 10 20 30 60 90	15	0.2 2 20 200
4 40 400 4000	0 10 20 30 40 80 120	8	0.5 5 50 500
5 50 500 5000	0 10 20 30 40 50 100 150	10	0.5 5 50 500
6 60 600 6000	0 20 40 60 120 180	12	0.5 5 50 500
7.5 75 750 7500	0 25 50 75 150 225	15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000	0 20 40 60 80 160 240	16	0.5 5 50 500
9 90 900 9000	0 30 60 90 180 270	9	1 10 100 1000

(注) 可動鉄片形等の零位付近の目盛が著しく接近する計器は目盛仕様欄の___の範囲の目盛を省略する。

2 a. Y-208N, Y-210N普通目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000	0 2 4 6 8 10	20	0.05 0.5 5 50
1.2 12 120 1200	0 3 6 9 12	24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500	0 5 10 15	15	0.1 1 10 100
2 20 200 2000	0 5 10 15 20	20	0.1 1 10 100
2.5 25 250 2500	0 5 10 15 20 25	25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000	0 10 20 30	30	0.1 1 10 100
4 40 400 4000	0 10 20 30 40	20	0.2 2 20 200
4.5 45 450 4500	0 10 20 30 40 45	22.5	0.2 2 20 200
5 50 500 5000	0 10 20 30 40 50	25	0.2 2 20 200
6 60 600 6000	0 20 40 60	30	0.2 2 20 200
7.5 75 750 7500	0 20 40 60 75	15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000	0 20 40 60 80	16	0.5 5 50 500
9 90 900 9000	0 30 60 90	18	0.5 5 50 500

2 b. Y-208N, Y-210N延長目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000	0 5 10 20 30	20	0.05 0.5 5 50
1.2 12 120 1200	0 3 6 9 12 24 36	24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500	0 5 10 15 30 45	15	0.1 1 10 100
2 20 200 2000	0 10 20 40 60	20	0.1 1 10 100
2.5 25 250 2500	0 5 10 15 20 25 50 75	25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000	0 10 20 30 60 90	15	0.2 2 20 200
4 40 400 4000	0 10 20 30 40 80 120	20	0.2 2 20 200
5 50 500 5000	0 10 20 30 40 50 100 150	25	0.2 2 20 200
6 60 600 6000	0 20 40 60 120 180	12	0.5 5 50 500
7.5 75 750 7500	0 25 50 75 150 225	15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000	0 20 40 60 80 160 240	16	0.5 5 50 500
9 90 900 9000	0 30 60 90 180 270	18	0.5 5 50 500

(注) 可動鉄片形等の零位付近の目盛が著しく接近する計器は目盛仕様欄の___の範囲の目盛を省略する。

3 a. Y-8 N、Y-10N普通目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000	0 2 4 6 8 10	20	0.05 0.5 5 50
1.2 12 120 1200	0 3 6 9 12	24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500	0 5 10 15	15	0.1 1 10 100
2 20 200 2000	0 5 10 15 20	20	0.1 1 10 100
2.5 25 250 2500	0 5 10 15 20 25	25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000	0 10 20 30	30	0.1 1 10 100
4 40 400 4000	0 10 20 30 40	40	0.1 1 10 100
4.5 45 450 4500	0 10 20 30 40 45	22.5	0.2 2 20 200
5 50 500 5000	0 10 20 30 40 50	25	0.2 2 20 200
6 60 600 6000	0 20 40 60	30	0.2 2 20 200
7.5 75 750 7500	0 20 40 60 75	15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000	0 20 40 60 80	16	0.5 5 50 500
9 90 900 9000	0 30 60 90	18	0.5 5 50 500

3 b. Y-8 N、Y-10N延長目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000	0 5 10 20 30	20	0.05 0.5 5 50
1.2 12 120 1200	0 3 6 9 12 24 36	24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500	0 5 10 15 30 45	15	0.1 1 10 100
2 20 200 2000	0 10 20 40 60	20	0.1 1 10 100
2.5 25 250 2500	0 5 10 15 20 25 50 75	25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000	0 10 20 30 60 90	15	0.2 2 20 200
4 40 400 4000	0 10 20 30 40 80 120	20	0.2 2 20 200
4.5 45 450 4500	—	—	—
5 50 500 5000	0 10 20 30 40 50 100 150	25	0.2 2 20 200
6 60 600 6000	0 20 40 60 120 180	12	0.5 5 50 500
7.5 75 750 7500	0 25 50 75 150 225	15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000	0 20 40 60 80 160 240	16	0.5 5 50 500
9 90 900 9000	0 30 60 90 180 270	18	0.5 5 50 500

(注) 可動鉄片形等の零位付近の目盛が著しく接近する計器は目盛仕様欄の___の範囲の目盛を省略する。

4 a. Y-12N普通目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000	0 2 4 6 8 10	50	0.02 0.2 2 20
1.2 12 120 1200	0 3 6 9 12	24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500	0 5 10 15	30	0.05 0.5 5 50
2 20 200 2000	0 5 10 15 20	40	0.05 0.5 5 50
2.5 25 250 2500	0 5 10 15 20 25	25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000	0 10 20 30	30	0.1 1 10 100
4 40 400 4000	0 10 20 30 40	40	0.1 1 10 100
4.5 45 450 4500	0 10 20 30 40 45	45	0.1 1 10 100
5 50 500 5000	0 10 20 30 40 50	50	0.1 1 10 100
6 60 600 6000	0 20 40 60	30	0.2 2 20 200
7.5 75 750 7500	0 20 40 60 75	37.5	0.2 2 20 200
8 80 800 8000	0 20 40 60 80	40	0.2 2 20 200
9 90 900 9000	0 30 60 90	45	0.2 2 20 200

4 b. Y-12N延長目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000	0 5 10 20 30	20	0.05 0.5 5 50
1.2 12 120 1200	0 3 6 9 12 24 36	24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500	0 5 10 15 30 45	15	0.1 1 10 100
2 20 200 2000	0 5 10 15 20 40 60	20	0.1 1 10 100
2.5 25 250 2500	0 5 10 15 20 25 50 75	25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000	0 10 20 30 60 90	15	0.2 2 20 200
4 40 400 4000	0 10 20 30 40 80 120	20	0.2 2 20 200
4.5 45 450 4500	—	—	—
5 50 500 5000	0 10 20 30 40 50 100 150	25	0.2 2 20 200
6 60 600 6000	0 20 40 60 120 180	30	0.2 2 20 200
7.5 75 750 7500	0 25 50 75 150 225	15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000	0 20 40 60 80 160 240	16	0.5 5 50 500
9 90 900 9000	0 30 60 90 180 270	18	0.5 5 50 500

(注) 可動鉄片形等の零位付近の目盛が著しく接近する計器は目盛仕様欄の___の範囲の目盛を省略する。

5 a. L-110N普通目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000		50	0.02 0.2 2 20
1.2 12 120 1200		24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500		30	0.05 0.5 5 50
2 20 200 2000		40	0.05 0.5 5 50
2.5 25 250 2500		25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000		30	0.1 1 10 100
4 40 400 4000		40	0.1 1 10 100
4.5 45 450 4500		45	0.1 1 10 100
5 50 500 5000		50	0.1 1 10 100
6 60 600 6000		30	0.2 2 20 200
7.5 75 750 7500		37.5	0.2 2 20 200
8 80 800 8000		40	0.2 2 20 200
9 90 900 9000		45	0.2 2 20 200

5 b. L-110N延長目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000		20	0.05 0.5 5 50
1.2 12 120 1200		24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500		30	0.05 0.5 5 50
2 20 200 2000		40	0.05 0.5 5 50
2.5 25 250 2500		25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000		30	0.1 1 10 100
4 40 400 4000		20	0.2 2 20 200
—	—	—	—
5 50 500 5000		25	0.2 2 20 200
6 60 600 6000		30	0.2 2 20 200
7.5 75 750 7500		15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000		40	0.2 2 20 200
9 90 900 9000		18	0.5 5 50 500

(注) 可動鉄片形等の零位付近の目盛が著しく接近する計器は目盛仕様欄の___の範囲の目盛を省略する。

6 a. L-80N普通目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000		50	0.02 0.2 2 20
1.2 12 120 1200		24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500		30	0.05 0.5 5 50
2 20 200 2000		40	0.05 0.5 5 50
2.5 25 250 2500		25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000		30	0.1 1 10 100
4 40 400 4000		40	0.1 1 10 100
4.5 45 450 4500		22.5	0.2 2 20 200
5 50 500 5000		25	0.2 2 20 200
6 60 600 6000		30	0.2 2 20 200
7.5 75 750 7500		37.5	0.2 2 20 200
8 80 800 8000		40	0.2 2 20 200
9 90 900 9000		45	0.2 2 20 200

6 b. L-80N延長目盛計器

最大目盛値	目盛仕様	分割数	1目の読み
1 10 100 1000		20	0.05 0.5 5 50
1.2 12 120 1200		24	0.05 0.5 5 50
1.5 15 150 1500		30	0.05 0.5 5 50
2 20 200 2000		40	0.05 0.5 5 50
2.5 25 250 2500		25	0.1 1 10 100
3 30 300 3000		30	0.1 1 10 100
4 40 400 4000		20	0.2 2 20 200
—	—	—	—
5 50 500 5000		25	0.2 2 20 200
6 60 600 6000		30	0.2 2 20 200
7.5 75 750 7500		15	0.5 5 50 500
8 80 800 8000		40	0.2 2 20 200
9 90 900 9000		18	0.5 5 50 500

(注) 可動鉄片形等の零位付近の目盛が著しく接近する計器は目盛仕様欄の___の範囲の目盛を省略する。

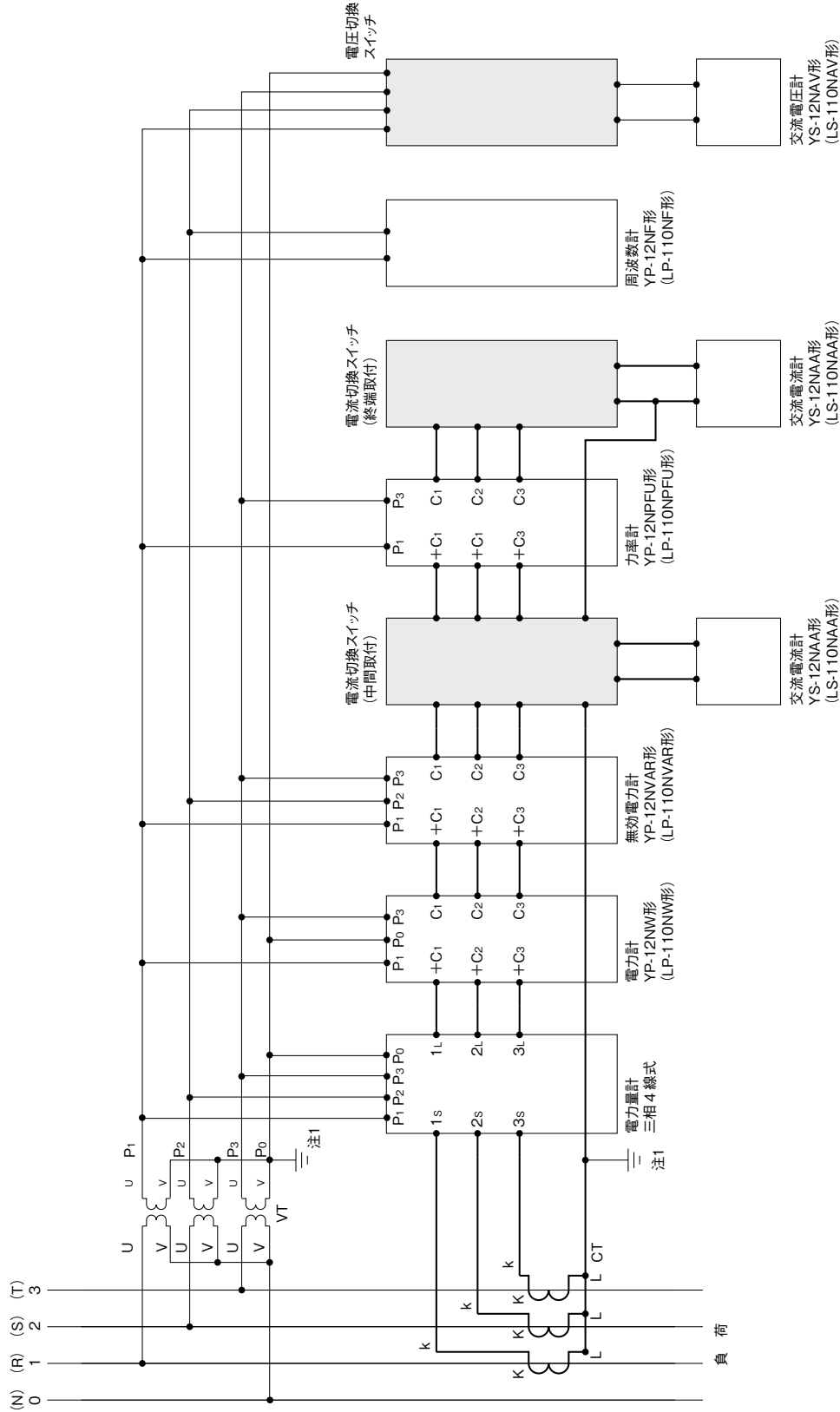
7 a. F-210N普通目盛計器

最大目盛値	1 10 100 1000	1.2 12 120 1200	1.5 15 150 1500	2 20 200 2000	2.5 25 250 2500	3 30 300 3000	4 40 400 4000	4.5 45 450 4500	5 50 500 5000	6 60 600 6000	7.5 75 750 7500	8 80 800 8000	9 90 900 9000
目盛仕様様													
分割数	20	24	30	20	25	30	20	22.5	25	30	15	16	18
1目の読み	0.05 0.5 5 50	0.05 0.5 5 50	0.05 0.5 5 50	0.1 1 10 100	0.1 1 10 100	0.1 1 10 100	0.2 2 20 200	0.2 2 20 200	0.2 2 20 200	0.2 2 20 200	0.5 5 50 500	0.5 5 50 500	0.5 5 50 500

8 a. F-213N, F-215N, F-217N普通目盛計器

最大目盛値	1 10 100 1000	1.2 12 120 1200	1.5 15 150 1500	2 20 200 2000	2.5 25 250 2500	3 30 300 3000	4 40 400 4000	4.5 45 450 4500	5 50 500 5000	6 60 600 6000	7.5 75 750 7500	8 80 800 8000	9 90 900 9000
目盛仕様様													
分割数	50	24	30	40	50	30	40	45	50	30	37.5	40	45
1目の読み	0.02 0.2 2 20	0.05 0.5 5 50	0.05 0.5 5 50	0.05 0.5 5 50	0.05 0.5 5 50	0.1 1 10 100	0.1 1 10 100	0.1 1 10 100	0.1 1 10 100	0.2 2 20 200	0.2 2 20 200	0.2 2 20 200	0.2 2 20 200

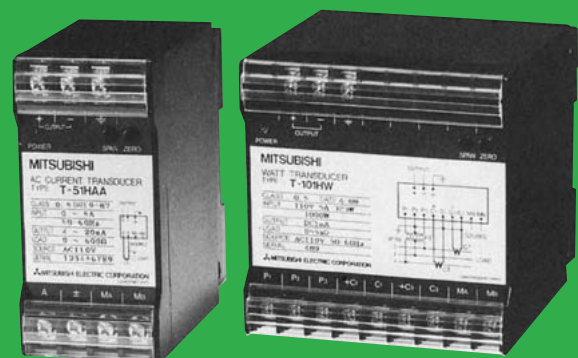
9.6.2 三相4線式



注1. 低圧回路において計器用変圧器・変流器の二次側の接地は不要です。

図32 三相4線式総合接続図

三菱トランスデューサ



目次

	ページ
1. 概 要	
1.1 トランスデューサとは	50
1.2 トランスデューサのあゆみ	52
2. 構成と動作	
2.1 基本構成	53
2.2 電力用トランスデューサ	54
2.3 マルチトランスデューサ・高調波トランスデューサ	55
3. 特性と性能	
3.1 入力変動による影響	
3.1.1 電圧の影響	56
3.1.2 電流の影響	57
3.1.3 周波数の影響	57
3.1.4 力率の影響（無効率の影響）	57
3.1.5 波形の影響	58
3.2 自己加熱の影響	58
3.3 強度	
3.3.1 過大入力の影響	58
3.3.2 耐電圧と絶縁抵抗	59
3.3.3 雷インパルス耐電圧	60
3.3.4 ノイズの影響	60
3.3.5 振動と衝撃	61
3.4 環境特性	
3.4.1 温度の影響	61
3.4.2 動作及び保存温度範囲	61
3.4.3 外部磁界の影響	62
4. 選 定	
4.1 選定手順	63
4.2 選定上のお願い	
4.2.1 計器用変成器及びトランスデューサ入力定格の選定	64
4.2.2 出力選定	64
4.2.3 その他	65

5. 特殊使用条件	5.1 常規使用条件	66
	5.2 特殊使用条件	66
	5.3 高調波 歪み波での使用	67
6. 規 格	70
7. 付 録	7.1 用語の意味	72
	7.2 取扱い	
	7.2.1 T-51 T-101シリーズ	74
	7.3 誤接続・逆相順・逆潮流時の動作	
	7.3.1 誤接続の場合	79
	7.3.2 逆相順の場合	80
	7.3.3 逆潮流の場合	81
	7.4 トランスデューサの更新について	83

1. 概要

1.1 トランスデューサとは

トランスデューサとは、センサーからの電気信号（交流または直流）を入力して、これに比例した直流電圧または電流に変換し、指示計器、記録計、シーケンサ及びコンピュータ等の監視・制御機器に信号を出力するインターフェース機器で、電力用と計装用がある。

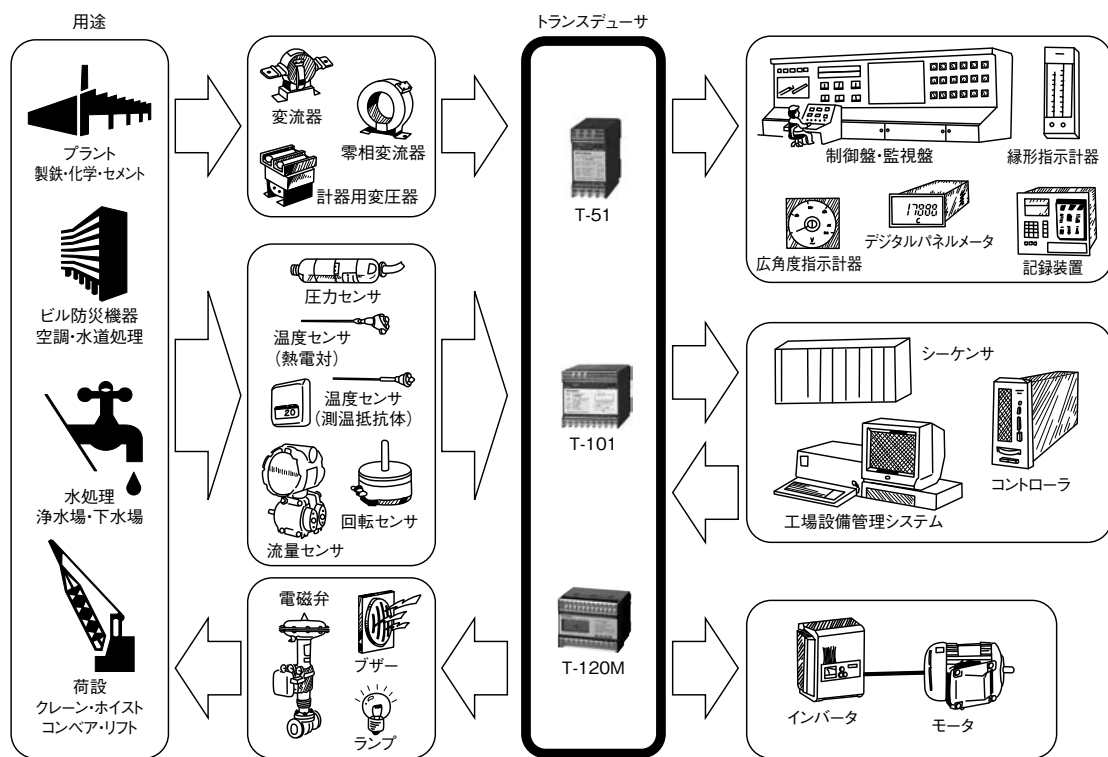
- 電力用トランスデューサ

交流の電流・電圧・電力・無効電力・力率・位相角及び周波数等の交流諸量を入力して、これに比例した直流信号に変換する。

- 計装用トランスデューサ

温度・流量等工業計測量の直流信号への変換、直流信号の絶縁、出力信号の統一などを行う。

(1) 用途



(2) 三菱トランスデューサの種類

品名 形状	電力用										計装用						周辺						特殊						
	交流電流(飽和出力)	交流電流(飽和出力)	電圧	無効電力	位相角(三相平衡回路)	位相角(三相不平衡負荷)	力率	周波数	電圧位相	高調波電圧	高調波電流	電圧	電流	無効電力	電圧	電流	温度(測温抵抗体)	温度(熱電対)	一次遅れ	交流電流デマンド(中時限)	交流電圧デマンド(中時限)	潮流検出付交流電流	漏電電流	漏電電流(ローパスフィルタ内蔵)	電圧低下検出器	電圧上昇検出器	フイルタ	高調波	電力・電力量
単機能形	Kシリーズ(普通級)	○	○																										
	T-51シリーズ(普通級)	○	○	○	○	○	○	○																					
	T-101シリーズ(精密級)	○	○	○	○	○	○	○	○																				
集合形	T-120シリーズ	○		○	○	○			○	○		○	○	○															○

・外観

単機能形

箱形 T-51シリーズ



T-101シリーズ



集合形

T-120シリーズ

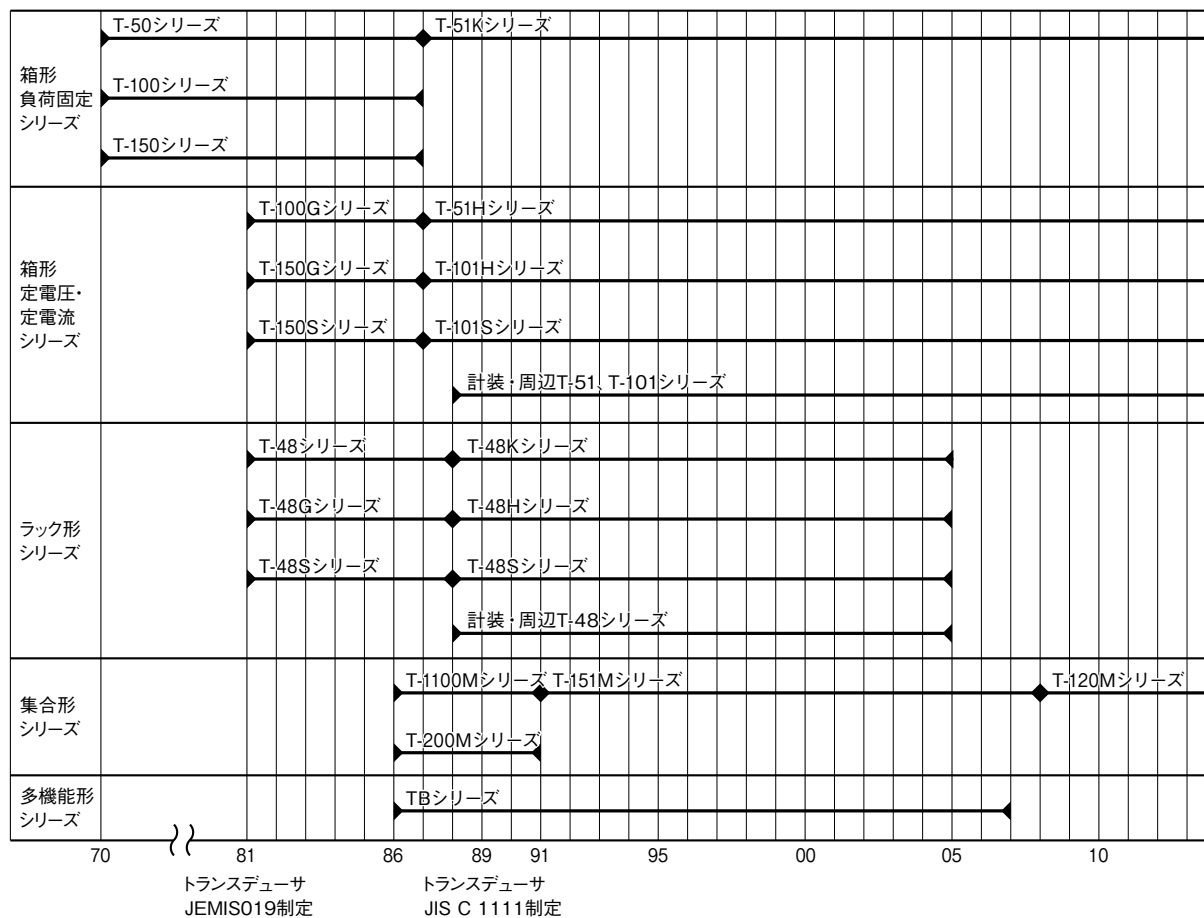


1.2 トランスデューサのあゆみ

トランスデューサはもともと、指示電気計器を駆動するための付属品として生まれたものであるが、監視・制御技術の進歩に伴ない、その用途も急速に広がってきている。現場とはなれた場所で監視を行う遠隔計測用として、また記録計、シーケンサ、コンピュータ等による自動計測・制御用として、需要が増加しつつある。

このような用途の広がりから、市場ニーズも多種多様となり、外形：箱形・ラック形、取付方式：取付足・IECレール・集合形・多機能形等多くの新製品を投入してきた。

表1 トランスデューサの機種変遷



2. 構成と動作

2.1 基本構成

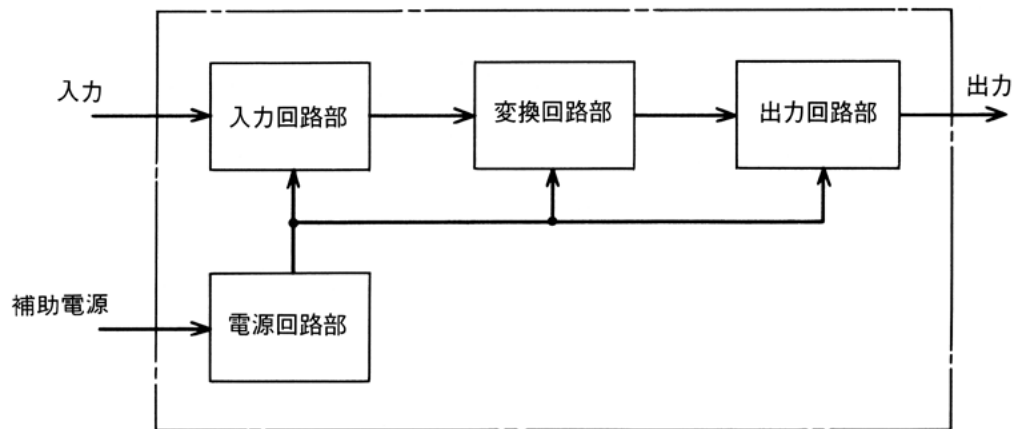


図 1 機能ブロック図

(1) 入力回路部

交流電圧・電流等の入力を受け、絶縁して、変換しやすい所定の電圧を次の変換回路部へ供給する回路部。

(2) 変換回路部

入力の大きさに比例した直流電圧に変換する回路部。

この部分はトランスデューサの種類により全て異なる。

電流トランスデューサ…交流電流に比例した直流電圧に変換する。

電圧トランスデューサ…交流電圧に比例した直流電圧に変換する。

電力トランスデューサ…電力に比例した直流電圧に変換する。

温度トランスデューサ…温度に比例した直流電圧に変換する。

(3) 出力回路部

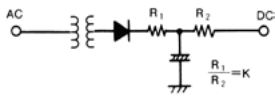
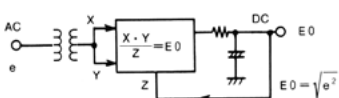
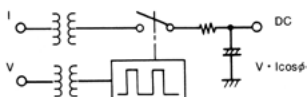

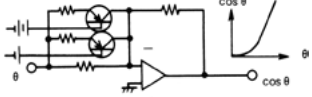
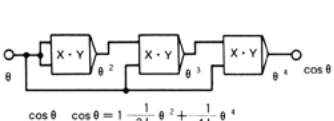
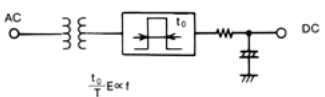
変換回路部の出力電圧から、仕様に応じて、100mV・1V・5V・1mA・5mA または 4～20mA に変換して出力する回路部。

(4) 電源回路部

外部補助電源電圧を受け、絶縁して、安定化した直流電圧を各回路部へ供給する回路部。

2.2 電力用トランスデューサ（変換回路部）

表2 動作説明

品名	動作原理	動作方式	動作
1 交流電流	近似実効値 整流		交流電流（電圧）を整流して直流に変換するが、 $R_1/R_2 = K$ を適当な値に選ぶことにより、波形歪みの影響を小さくできる。
2 交流電圧	実効値演算		乗除算器を使って交流電流（電圧）を二乗→積分→開平することにより実効値に比例した直流電圧を得る。
3 電力 無効電力	時分割乗算		パルス幅変調回路で入力電圧に比例したデューティ比のパルス電圧を得、このパルス電圧で入力電流を制御することにより入力電力に比例した直流電圧を得る。
4 位相角	位相弁別		Exclusively-OR等のゲートにより入力電圧と電流の位相差に比例した直流電圧を得る。
5 力率	力率補正		位相差 θ に比例した電圧からトランジスタを使った折線近似の $\theta - \cos \theta$ 変換回路で力率に比例した直流電圧を得る。
6 力率	力率演算		位相差 θ に比例した電圧から、乗算器を多段接続したベキ乗回路で $\theta^2 \theta^3 \dots$ を得、 $\theta - \cos \theta$ 近似して力率に比例した直流電圧を得る。
7 周波数	ワンショット		入力電圧の立上り時に一定幅のパルス電圧を出力するワンショット回路により、入力周波数に比例した直流電圧を得る。

2.3 マルチトランスデューサ・高調波トランスデューサ T-120シリーズ

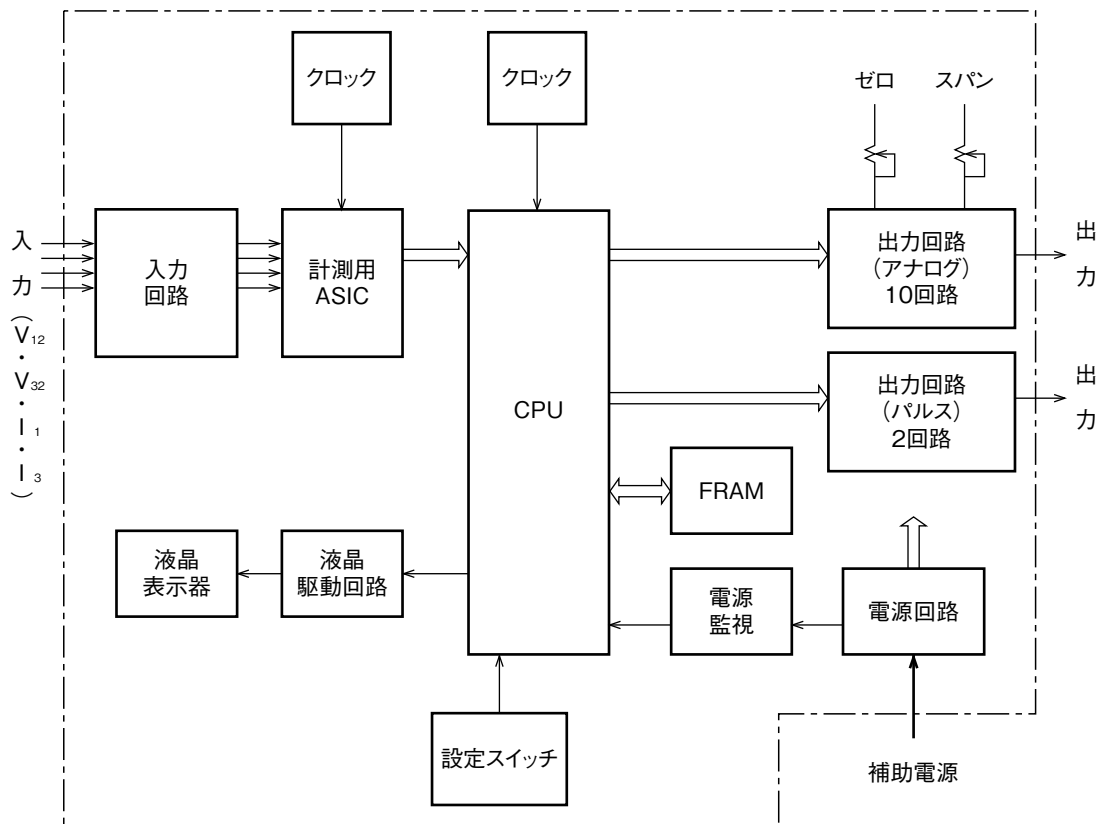


図 2 T-120シリーズ機能ブロック図

- ・入力回路…入力電圧 (V_{12} , V_{32})、入力電流 (I_1 , I_3) を絶縁し、レベル変換する。
- ・計測用 ASIC…レベル変換された入力電圧 (V_{12} , V_{32})、入力電流 (I_1 , I_3) により有効電力 (W)、無効電力 (var)、力率 ($\cos \phi$)、周波数 (Hz) 等の電気量を演算し、デジタル値に変換する。
- ・液晶駆動回路…設定値等の表示情報の信号変換を行う。
- ・液晶表示器…信号変換された表示情報を表示する。
- ・CPU…デジタル化された計測信号を基に、高調波演算などの各種演算を行う。
- ・クロック…CPU を駆動するクロックを供給する。
- ・FRAM…演算データを記憶するメモリ。
- ・設定スイッチ…各種の設定をするスイッチ。
- ・電源監視…電源の立上り、立下がり時に、CPU をリセットする。
- ・出力回路…計測要素に対応したアナログやパルス信号を所定のレベルに変換して出力する。

3. 特性と性能

3.1 入力変動による影響

測定する入力量そのもの以外の要素が変動した場合、トランスデューサの出力はその影響を受ける。たとえば、周波数トランスデューサの場合、測定する入力量は周波数であるが、電圧の大きさが変動すると出力はその影響を受ける。JIS規格では、これら測定する入力量以外の要素が変動した場合の出力値変化の許容限度を規定している。

以下に代表機種として電力用トランスデューサについて記す。

3.1.1 電圧の影響

測定回路の電圧が変動した場合の出力変化を規定している。適用機種は、電力・無効電力・力率・位相角及び周波数トランスデューサである。

(1) 電力（無効電力）トランスデューサ

電力トランスデューサについては、定格電圧、力率1で電流を変えて定格出力値に相当する入力を加えたときの出力値と、力率1で電圧を定格電圧の90%及び110%にして電流を変化させて、前と同じ入力を加えたときの出力値との差によって試験する。

無効電力トランスデューサについては、上記の電力を無効電力に、力率を無効率に、それぞれ読み替えて試験する。

出力変化の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の50%をこえてはならない。

階級	0.25	0.5
基底値に対する%	0.125	0.25

※基底値………百分率誤差を規定するための基準の値で特に指定がなければスパン（有効出力範囲の上限値と下限値の差）である。

正負両方向出力のトランスデューサでは、正・負それぞれのスパンの和、力率トランスデューサでは入力の進相側、遅相側それぞれに相当するスパンの和とする。

(2) 力率（位相角）トランスデューサ

力率トランスデューサ及び位相角トランスデューサについては、定格電圧、定格電流で定格出力値に相当する入力を加えたときの出力値と、定格電流で電圧を定格電圧の90%及び110%に変化させ、前と同じ入力を加えたときの出力値との差によって試験する。

階級	1.0	2.0	3.0
基底値に対する%	0.5	1.0	1.5

(3) 周波数トランスデューサ

周波数トランスデューサについては、定格電圧で定格出力値に相当する入力を加えたときの出力値と電圧を定格電圧の90%及び110%に変化させ、前と同じ入力を加えたときの出力値との差によって試験する。

階級	0.5	1.0
基底値に対する%	0.25	0.5

3.1.2 電流の影響

測定回路の電流が変動した場合の出力変化を規定している。適用機種は力率及び位相角トランスデューサである。

- 電流の影響は力率トランスデューサ及び位相角トランスデューサについて、定格出力値に相当する入力を加え、定格電圧で定格電流を通じた場合の出力値と、電流を定格電流の20%及び120%とした場合の出力値との差によって試験する。

出力変化の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の100%をこえてはならない。

	階級	1.0	2.0	3.0
基底値に対する%		1.0	2.0	3.0

3.1.3 周波数の影響

測定回路の周波数が変動した場合の出力変化を規定している。適用機種は電流・電圧・電力・無効電力力率及び位相角トランスデューサである。

- 周波数の表示のないトランスデューサについては、定格出力値に相当する入力を加え、周波数を45Hz～65Hzまで変化させ、その間における出力値相互の差の最大値によって試験する。
- 定格周波数が表示されているトランスデューサについては、定格出力値に相当する入力を加え、定格周波数における出力値と、周波数を定格周波数から±5%変化させたときの出力値との差によって試験する。

出力変化の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の50%をこえてはならない。

	階級	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0
基底値に対する%		0.125	0.25	0.5	1.0	1.5

3.1.4 力率の影響（無効率の影響）

測定回路の力率または無効率が変動した場合の出力変化を規定している。

適用機種は電力及び無効電力トランスデューサである。

- 電力トランスデューサについては、定格電圧、力率1で電流を変えて、定格出力値の $\frac{1}{2}$ に近い出力値に相当する入力を加えた場合の出力値と、定格電圧、力率0.5（進相及び遅相）で電流を変化させて前と同じ入力を加えた場合の出力値との差によって試験する。

- 無効電力トランスデューサについては、上記の力率を無効率に読み替えて試験する。

出力変化の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の100%をこえてはならない。

	階級	0.25	0.3	0.5	1.0
基底値に対する%		0.25	0.3	0.5	1.0

3.1.5 波形の影響

測定回路の電圧または電流の波形が歪んだ場合の出力変化を規定している。適用機種は電圧、電流及び周波数トランスデューサである。

- 波形の影響は、商用周波数用の電圧トランスデューサ、電流トランスデューサ及び周波数トランスデューサについて正弦波で定格出力値に相当する入力を加えたときの出力値とこれと同じ実効値をもち、基本波の15%の第3高調波を含む入力を加えたときの出力値との差によって試験する。
- 出力変化の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の100%をこえてはならない。

	階級	0.25	0.5	1.0
基底値に対する%		0.25	0.5	1.0

3.2 自己加熱の影響

入力、補助電源を印加した後のトランスデューサ出力の時間的变化を規定している。適用機種は全機種である。

- 自己加熱の影響は、標準試験状態において、ほぼ定格出力値に相当する一定入力量を加え、通电1分から3分後における出力値と、30分から35分後の出力値との差によって試験する。
- 出力変化の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の100%をこえてはならない。

	階級	0.25	0.5	1.0	2.0
基底値に対する%		0.25	0.5	1.0	2.0

3.3 強度

過大入力の影響、絶縁耐力及びノイズ・サージ等に対する強度について、JIS規格で規定している。

3.3.1 過大入力の影響

過電圧や過電流の印加によるトランスデューサへの影響としては、

- 熱による絶縁劣化
- 電気・電子部品の破壊・焼損

等が考えられる。

JIS規格では過電圧・過電流の試験を次のように規定している。

(1) 連続過負荷

下表の過負荷を2時間加えて試験する。

表3 連続過負荷試験条件

種類	過負荷
電圧トランスデューサ 電流トランスデューサ	定格入力値の120%
電力トランスデューサ 無効電力トランスデューサ 力率トランスデューサ 位相角トランスデューサ 無効率トランスデューサ	定格電圧の120%及び 定格電流の120%
周波数トランスデューサ	定格電圧の120%

試験後、トランスデューサは不適當な温度上昇または電氣的損傷があつてはならない。さらに、標準試験状態に戻したとき、“許容差”を満足しなければならない。

(2) 瞬時過負荷

下表の過負荷を加えて試験する。

表 4 瞬時過負荷試験条件

種 類	過 負 荷	過負荷の時間と回数
電圧トランスデューサ	定格入力値の1.5倍	10秒間の過負荷を10秒間隔で10回
電流トランスデューサ	定格入力値の2倍	10秒間の過負荷を10秒間隔で10回
	定格入力値の10倍	3秒間の過負荷を5分間隔で5回
電力トランスデューサ 無効電力トランスデューサ 力率トランスデューサ 位相角トランスデューサ	定格電圧の1.5倍で定格電流	10秒間の過負荷を10秒間隔で10回
	定格電圧で定格電流の2倍	10秒間の過負荷を10秒間隔で10回
	定格電圧で定格電流の10倍	3秒間の過負荷を5分間隔で5回
周波数トランスデューサ	定格電圧の1.5倍	10秒間の過負荷を10秒間隔で10回

試験後、トランスデューサは電氣的または熱的損傷を生じてはならない。さらに標準試験状態に戻したとき、“許容差”を満足しなければならない。

3.3.2 耐電圧と絶縁抵抗

耐電圧及び絶縁抵抗について、JIS規格では下記のように規定されている。

(1) 耐電圧

下表に示す箇所に、周波数50Hzまたは60Hzの正弦波試験電圧を1分間加えて試験する。

表 5 耐電圧試験条件

試験箇所	試験電圧V	
出力端子一括と外箱間 出力回路相互間 (※1)	500	※1. 出力相互間が絶縁されていないものには適用しない。 ※2. 電力用トランスデューサ以外で入力と出力が絶縁されていないものには適用しない。
入力端子一括と外箱間 入力端子一括と出力端子一括間 (※2) 入力回路相互間 補助電源端子一括と外箱間 補助電源端子一括と入力端子一括間 補助電源端子一括と出力端子一括間	2,000	

試験後、トランスデューサは電氣的または機械的損傷を生じてはならない。

(2) 絶縁抵抗

下記の箇所において、500Vの直流電圧で試験する。

入出力端子一括と外箱間

入力回路相互間

入力端子一括と出力端子一括間 (※1)

出力回路相互間 (※2)

補助電源端子一括と外箱間

補助電源端子一括と入力端子一括間

補助電源端子一括と出力端子一括間

※1. 電力用トランスデューサ以外で入力と出力が絶縁されていないものには適用しない。

※2. 出力相互間が絶縁されていないものには適用しない。

各試験箇所において10MΩ以上の絶縁抵抗を有すること。

3.3.3 雷インパルス耐電圧

雷インパルス耐電圧は、次の方法によって試験する。

(1) 印加電圧

標準雷インパルス電圧波形：1.2/50 μ s 全波電圧：5 kV

(2) 印加方法

入力端子及び補助電源端子一括と外箱間(図3)、並びに入力端子一括と出力端子及び外箱一括間(図4)に、正負それぞれ3回 合計12回印加する。

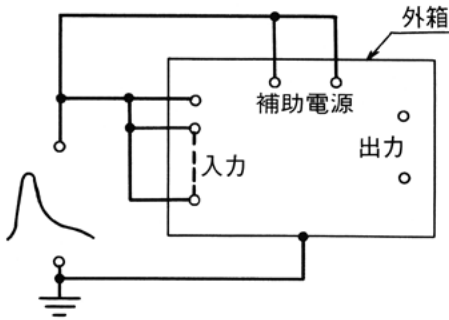


図 3

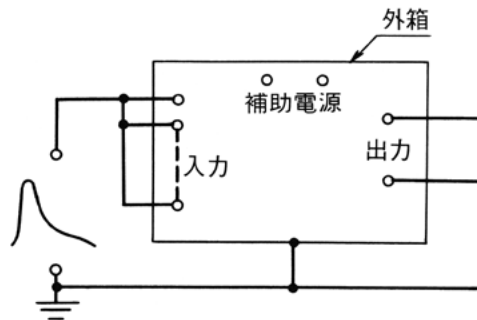


図 4

衝撃電圧 1.2 \times 50 μ s, 5kV

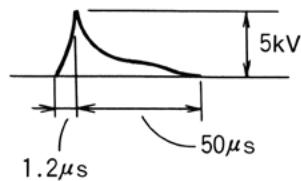


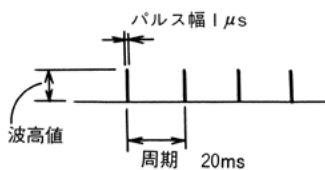
図 5 印加電圧波形

試験後、電氣的・機械的に損傷がなく、かつ標準状態に戻したとき許容差を満足すること。

3.3.4 ノイズの影響

トランスデューサは、IC・トランジスタ他の電子部品を使用しており、開閉器のON・OFF時や電動機から発生するノイズによる誤動作対策が必要である。バイパスコンデンサ・ダイオード・サージアブソーバ等によってノイズ対策を実施している。

JIS規格ではこの耐ノイズ性能について規定していないが、下記の条件でノイズ試験を実施し、これに耐えることを確認している。



印加箇所	モード	波 高 値	
		ノーマル	コモン
補 助 電 源		1500V	1500V
入 力	カ	—	500V

ノーマルモード：端子間にノイズを印加する。

コモンモード：端子と外箱またはアース端子間にノイズを印加する。

3.3.5 振動と衝撃

JIS 規格による振動・衝撃試験は次のとおりである。

(1) 振動

振動数16.7Hz、振動変位振幅ピーク・ピーク値 4 mm の振動を、取付面を含む互いに直角な 3 軸方向にそれぞれ 1 時間、合計 3 時間加えて試験する。

試験前後の出力値の差の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の100%をこえてはならない。

(2) 衝撃

大きき490m/s²の衝撃を、取付面を含む互いに直角な 3 軸を選び、各正逆方向に各 3 回、合計18回加えて試験する。

試験前後の出力値の差の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の100%をこえてはならない。

3.4 環境特性

常規使用条件

トランスデューサの標準試験条件は、JIS C 1111に次のように規定されている。

周囲温度：23 ± 2 °C

相対湿度：45 ~ 70%

外部磁界：地磁界

従って、性能確認は、上記条件で行う。

3.4.1 温度の影響

JIS 規格では、温度変化による出力変化は次のように規定されている。

- 温度の影響は、定格出力値に相当する入力を加え、23°C における出力値と、周囲温度23±10°C のときの出力値との差によって試験する。さらに23°C における出力値と、周囲温度23±20°C のときの出力値との差の $\frac{1}{2}$ によって試験する。

出力変化の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の100%をこえてはならない。

3.4.2 動作及び保存温度範囲

構成部品、特に電子部品（IC・トランジスタ・コンデンサ他）の信頼性を考慮して、温度範囲は次のように決めている。

動作温度範囲… -10 ~ +50°C

保存温度範囲… -20 ~ +60°C

• 高温域での問題点

構成部品、特に電子部品は、寿命や信頼性を考慮して、許容温度範囲が規定されている。特に高温で連続使用したりするとコンデンサの容量ぬけ等、寿命が短くなる。

• 低音域での問題点

電子部品の信頼性やプリント基板上での結露・氷結等により、絶縁不良をおこし、正常に動作しなくなることがある。

3.4.3 外部磁界の影響

• 外部磁界の影響は、定格出力値に相当する入力を加え、外部磁界を加えないときの出力値と400A/mの外部磁界（トランスデューサの入力と同一種類の電流による磁界）を影響の最も大きい方向及び位相に加えたときの出力値との差によって試験する。

出力変化の基底値に対する百分率が、階級ごとにその階級指数の100%をこえてはならない。

階級	0.25	0.3	0.5	1.0	2.0	3.0
基底値に対する%	0.25	0.3	0.5	1.0	2.0	3.0

4. 選 定

4.1 選定手順

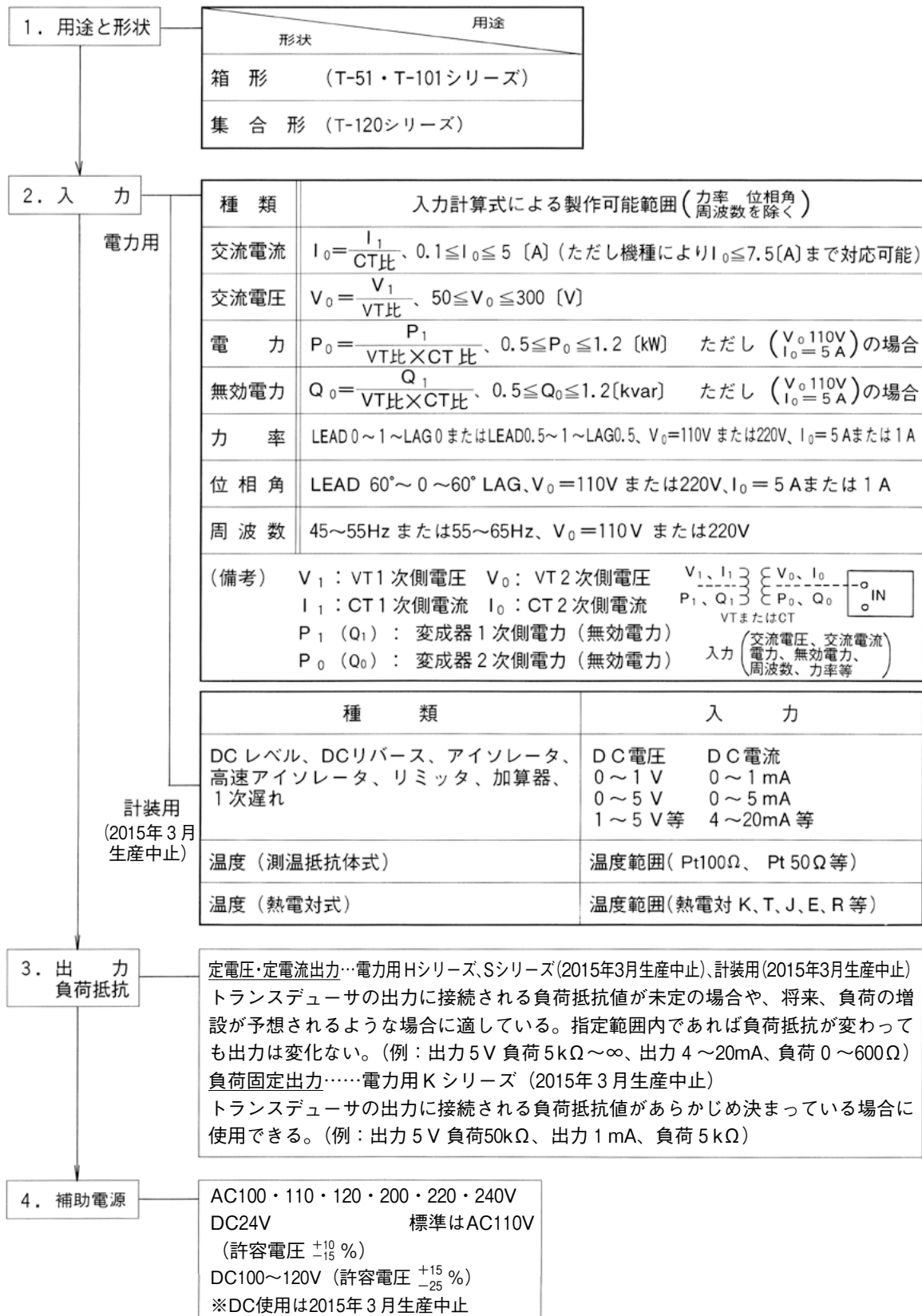


図 6 選定フロー

4.2 選定上のお願い

4.2.1 計器用変成器及びトランスデューサ入力定格の選定

(1) トランスデューサの精度は、基底値に対する百分率で表されているので、通常の動作値が基底値に比べて小さすぎる場合には誤差が大きくなる。

(例) 電流トランスデューサ (階級0.5級) CT比100/5 Aの場合
トランスデューサの許容誤差は $100 \times \frac{0.5}{100} = 0.5\text{A}$ である。(100Aが基底値)
従って、一次側電流30Aの点では入力値(30A)に対しては $\frac{0.5}{30} \times 100 = 1.7\%$ の誤差が生じる可能性がある。
このようにCT定格が実使用電流より大きすぎると、誤差が大きくなる。
この場合はCT比を50/5程度に選定する。

(2) 電力及び無効電力トランスデューサ

代表例としてVT 2次110V、CT 2次5 A、三相回路について記述する。(その他の詳細についてはカタログ等を参照)

$$P_0 = \frac{P_1}{\text{VT比} \times \text{CT比}} \quad P_1; \text{変成器1次側の電力 (単位: kW) (無効電力の場合 単位: kvar となる.)}$$

上記 P_0 はトランスデューサに印加される電力(無効電力)を示すもので、これが下記の範囲にはいるように P_1 を決定する。

$$0.5 \leq P_0 \leq 1.2 \text{ (kW)}$$

(3) 力率及び位相角トランスデューサ

力率及び位相角トランスデューサは、回路の位相角(力率)を測定するものではあるが、測定回路よりある程度の電力を消費する。従って回路の電圧及び電流が小さすぎる場合は、正確な計測ができない。使用可能な電圧及び電流の範囲は、下記のとおりである。

なお、この範囲はJIS規定でも同様に定められている。

- 電 圧: 定格電圧 $\pm 10\%$ 以内
- 電 流: 定格電流 \sim 定格電流の $\frac{1}{5}$

従って、計器用変成器の定格選定には注意を要す。なお、Sシリーズの力率及び位相角トランスデューサは、誤差は増えるが、定格電流の $\frac{1}{10}$ 程度までは使用できる。

4.2.2 出力選定

(1) 出力タイプの選定

トランスデューサの出力タイプには負荷固定出力と、定電圧・定電流出力がある。その仕様は次のとおりである。

- 負荷固定出力……………Kシリーズトランスデューサ

トランスデューサの出力に接続される負荷抵抗値があらかじめ決まっている場合に使用できる。負荷抵抗値が指定値と異なると誤差が生じる。

(例: 出力5 V 負荷50k Ω 、出力1 mA 負荷5 k Ω)

- ・定電圧・定電流出力…… Hシリーズ・Sシリーズトランスデューサ及び計装用・周辺トランスデューサ

トランスデューサの出力に接続される負荷抵抗値が未定の場合や、将来負荷の増設が予想されるような場合に適している。指定範囲内であれば負荷抵抗が変わっても出力は変化しない。

(例：出力 5 V、負荷 5 k Ω ～ ∞ 、出力 4 ~ 20mA、負荷 0 ~ 600 Ω)

性能的には上記のように、定電圧・定電流出力タイプの方が優れている。通常は定電圧・定電流タイプを使用する方がよい。

(2) 出力定格の選定

トランスデューサは、出力線の伝送距離、まわりの環境（磁界・電界等の条件）等によって、その伝送線に誘導ノイズが重畳して誤動作する場合がある。このような耐ノイズ性からいえば、トランスデューサの出力定格は 4 ~ 20mA が最も優れている。従って、特に制約がない限り 4 ~ 20mA 出力を使用する方がよい。

4.2.3 その他

(1) 三相負荷が不平衡の場合の位相角トランスデューサ選定

位相角トランスデューサには、三相平衡用と三相不平衡負荷用があるが、三相平衡用は、三相負荷が不平衡になると誤差が生じる。

従って、このような場合には、三相不平衡負荷用 T-101HPA (U)、T-101SPA (U) を使用する必要がある。

(2) 入力波形が歪む場合の電流・電圧トランスデューサ選定

トランスデューサは、その入力条件として、正弦波・商用周波数を基準に製品化されている。従って、このようなトランスデューサでインバータ出力、サイリスタ出力等の標準条件と異なる波形・周波数の電流・電圧を測定すると誤差が生じる。しかし、この波形歪みによる誤差はトランスデューサの動作方式に依存するところが大きく、機種選定によって実用上支障のない程度の測定をすることができる。波形歪みによる誤差の小さい機種は S シリーズの電流・電圧トランスデューサ T-101SAA、T-101SAV 等である。

5. 特殊使用条件

5.1 常規使用条件

トランスデューサの常規使用条件は次のとおりである。

- (1) 使用箇所：屋内
- (2) 周囲温度：-10～+50℃（日平均温度35℃以下）
- (3) 湿度：相対湿度30～85%
- (4) 雰囲気：じんあい・腐食性ガス等が著しくないところ
- (5) 標高：1000m以下
- (6) 入力周波数：商用周波数

5.2 特殊使用条件

常規使用条件と異なる条件で使用する場合は一般に次のような考慮をはらって使用することが望ましい。

(1) 高温での使用

構成部品、特に電子部品は寿命や信頼性を考慮して、許容温度範囲が規定されている。特に高温で連続使用したりすると、コンデンサの容量ぬけ等寿命が短くなるので、50℃をこえる高温での使用は避けなければならない。

(2) 低温での使用

電子部品の信頼性やプリント基板上での結露・氷結等により絶縁不良をおこし、正常動作しなくなることがあるので、-10℃より低温での使用は避けなければならない。

(3) 多湿での使用

多湿条件下で使用する場合は、トランスデューサに熱帯処理をしたものを使用する。

熱帯処理 … 鉄・銅系部品：ニッケルメッキまたは防サビ塗装

プリント基板：コーティング処理

(4) じんあい中での使用

じんあいの多い場所での使用は避ける。じんあい、異物等により、内部回路の絶縁不良等の不具合をおこす可能性がある。

(5) 腐食性ガス雰囲気での使用

腐食性ガスの多い場所での使用は、トランスデューサに耐食増し処理をしたものを使用する。

耐食増し処理 … 鉄・銅系部分：ニッケルメッキまたは防サビ塗装

プリント基板：コーティング処理

(6) 塩分環境での使用

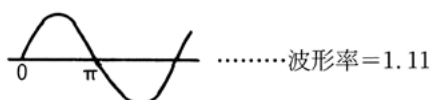
耐食増し処理をしたものを使用する。

5.3 高調波 歪み波での使用

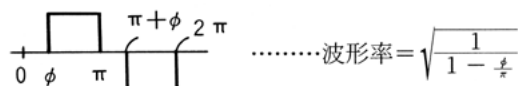
一般にトランスデューサは、その入力条件として正弦波、商用周波数を基準に製品化されているのでインバータ回路、サイリスタ回路等の高調波を含んだ歪み波形の電気量を測定すると、誤差が生じたり誤動作したりすることがある。しかし、波形に関する性能はトランスデューサの動作方式に依存するところが大きく、機種選定により実用上支障のない程度の計測が可能である。

(1) 各種波形と波形率 (波形率 = $\frac{\text{実効値}}{\text{平均値}}$)

- 標準波形：正弦波



- インバータ波形



$\phi = 0$ のとき 波形率 = 1 (矩形波)

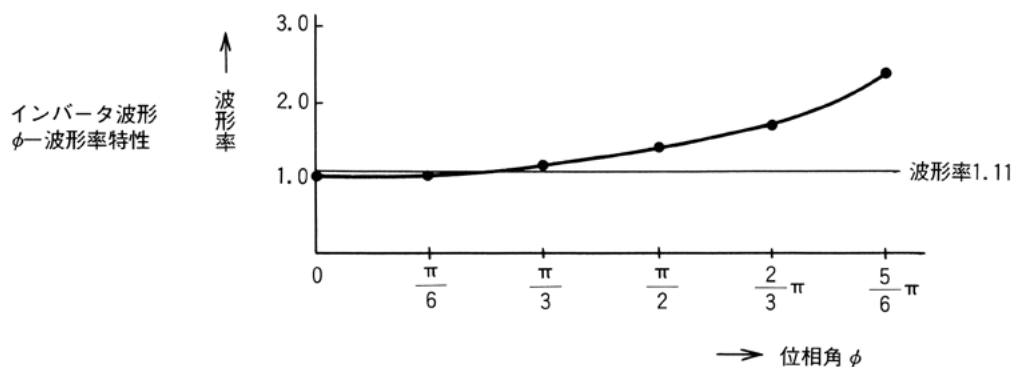
$\phi = \frac{\pi}{6}$ のとき 波形率 = 1.095

$\phi = \frac{\pi}{3}$ のとき 波形率 = 1.225

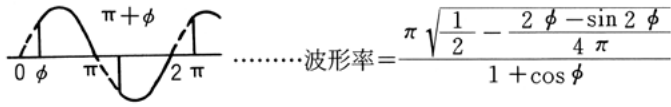
$\phi = \frac{\pi}{2}$ のとき 波形率 = 1.414

$\phi = \frac{2}{3}\pi$ のとき 波形率 = 1.732

$\phi = \frac{5}{6}\pi$ のとき 波形率 = 2.449



• サイリスタ波形



$\phi = 0$ のとき 波形率 = 1.11 (正弦波)

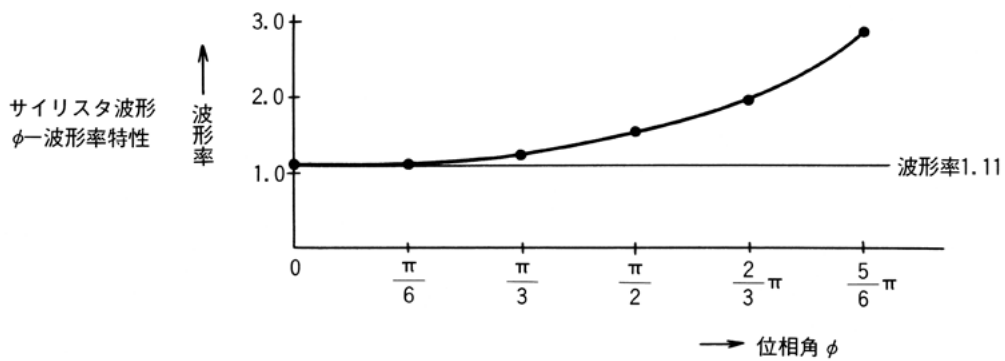
$\phi = \frac{\pi}{6}$ のとき 波形率 = 1.173

$\phi = \frac{\pi}{3}$ のとき 波形率 = 1.328

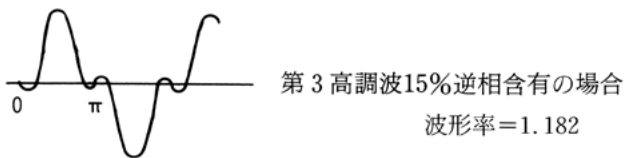
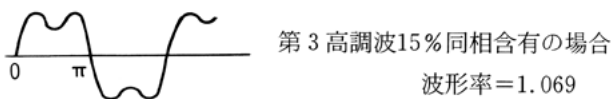
$\phi = \frac{\pi}{2}$ のとき 波形率 = 1.571

$\phi = \frac{2}{3}\pi$ のとき 波形率 = 1.964

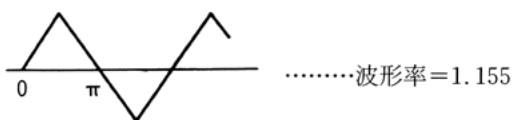
$\phi = \frac{5}{6}\pi$ のとき 波形率 = 2.816



• 第3高調波含有波形



• 三角波



(2) 波形に応じた機種選定

(1)項に記載のように各波形毎に波形率は異なるが、波形歪みによる誤差の大きさは“その波形の波形率が正弦波の波形率1.11に対して、どの位差異があるか”ということによって推測することができる。特に整流方式（平均値）トランスデューサの場合は、波形率の差異とそのために生ずる誤差がほとんど同じ位になる。

たとえば、正弦波で校正された整流方式（平均値）トランスデューサに矩形波（波形率1）を入力したとき生ずる誤差は約10%（ $\frac{1.11-1}{1.11} \times 100$ ）になる。

表6 電流・電圧トランスデューサ歪み波による影響

形名	動作方式	入力波形				
		矩形波	インバータ波形	サイリスタ波形	第3高調波15%含有波形	三角波
T-51KAA T-51KAV	整流方式 (平均値)	✗ 誤差：約10%	✗ 誤差：大 (正弦波との波形率の差に比例)	✗ 誤差：大 (正弦波との波形率の差に比例)	✗ 誤差：約±5%	✗ 誤差：約-4%
T-51HAA T-51HSS T-51HAV	近似実効値 整流方式	△ 誤差：約-1%	✗	✗ 誤差：中≤90°では約3% 90°<φ<130°では約10%	△ 誤差：約±1%	△ 誤差：約-1%
T-101SAA T-101SAV	実効値 演算方式	○ 誤差：僅少	△	△ 誤差：中≤90°では約0.5% 90°<φ<130°では約±1.5%	○ 誤差：僅少	○ 誤差：僅少

(3) インバータ回路、サイリスタ回路への使用について

インバータ回路、サイリスタ回路の1次及び2次側に使用する場合の適応と選定について概要を示す。

表7 インバータ回路、サイリスタ回路への適応と選定

回路	1・2次区分	1次側	2次側
インバータ		<p>1.適応性 電圧は正弦波、電流は高調波成分を有する歪波形であることから若干の誤差は伴うが、下記の選定機種での適応性はある。 ただし電力は、負荷電流が大きくなるにつれマイナス誤差が発生(増大)する。 定格電流付近では、10%程度の誤差となる。</p> <p>2.選定機種 A：(実効値演算形) … T-101SAA V： … T-51KAV、T-51HAV、T-101SAV W：(時分割乗算) …… T-101HW、SW</p>	<p>1.適応性……………機械式指示計器と同じ 電圧は方形波(矩形波)、電流は高次数の高周波成分を有する歪波形であることから1次側に比べ、誤差は大きくなるが、5~10%程度での測定は可能である。 20Hz以下での測定は参考データとする。 電圧計はインバータの動作を見る上では平均値電圧を読み取る方が適している (三菱インバータ技術資料集より)という観点から整流形を選定する。</p> <p>2.選定機種 A：(実効値演算形) … T-101SAA V：(平均値整流形) … T-51KAV W：() …なし</p>
サイリスタ (位相制御)		<p>1.適応性 電圧は正弦波、電流は高周波成分を有する歪波形であることから若干の誤差は伴うが、下記の選定機種での適応性はある。</p> <p>2.選定機種 A：(実効値演算形) … T-101SAA V： … T-51KAV、T-51HAV、T-101SAV W：(時分割乗算) …… T-101HW、SW</p>	<p>1.適応性 高周波成分を有する歪波形であることから若干の誤差は伴うが、下記の選定機種での適応性はある。</p> <p>2.選定機種 A：(実効値演算形) … T-101SAA V：(実効値演算形) … T-101SAV W：() …なし</p>
サイリスタ (サイクル制御)		<p>1.適応性 電圧は正弦波、電流は歪波形であることから若干の誤差は伴うが、下記の選定機種での適応性はある。</p> <p>2.選定機種 A：(実効値演算形) … T-101SAA V： … T-51KAV、T-51HAV、T-101SAV W：(時分割乗算) …… T-101HW、SW</p>	<p>1.適応性 歪波形であることから、サイクル期間によっては変動が激しくなるため、2次側で使用しないことが望ましい。</p> <p>2.選定機種 A：() …なし V：() …なし W：() …なし</p>

6. 規 格

表 8 JIS C 1111抜粋 (1989年)

試 験 項 目	試 験 条 件 ・ 方 法 等	
許 容 差	標準試験状態において主要な各点を試験する。	
応 答 時 間	有効出力範囲の0%から約90%の出力変化を生ずるステップ入力を加えたとき、出力が最終定常値の±1.0%以内に納まるまでの時間によって試験する。	
自己加熱の影響	標準試験状態において、ほぼ定格出力値に相当する一定入力量を加え、通電1～3分後における出力値と、30～35分後の出力値との差によって試験する。	
温 度 の 影 響	定格出力値に相当する入力を加え、23℃における出力値と、周囲温度23℃±10℃のときの出力値の差によって試験する。さらに23℃における出力値と周囲温度23℃±20℃のときの出力値の差の1/2によって試験する。	
電 圧 の 影 響	(1) 電力トランスデューサについては、定格電圧、力率1で電流を変えて定格出力値に相当する入力を加えたときの出力値と、力率1で電圧を定格電圧の90%及び110%にして電流を変化させて前と同じ入力を加えたときの出力値との差によって試験する。 (2) 無効電力トランスデューサについては(1)の電力を無効電力に、力率を無効率にそれぞれ読み替える。 (3) 力率・位相角トランスデューサについては、定格電圧・定格電流で定格出力値に相当する入力を加えたときの出力値と定格電流で電圧を定格電圧の90%及び110%に変化させ、前と同じ入力を加えたときの出力値との差によって試験する。 (4) 周波数トランスデューサについては、定格電圧で定格出力値に相当する入力を加えたときの出力値と電圧を定格電圧の90%及び110%に変化させ、前と同じ入力を加えたときの出力値との差によって試験する。	
電 流 の 影 響	力率・位相角トランスデューサについて、定格出力値に相当する入力を加え、定格電圧で定格電流を通じたときの出力値と電流を定格電流の20%及び120%とした場合の出力値との差によって試験する。	
周 波 数 の 影 響	(1) 周波数表示のないトランスデューサについては、定格出力値に相当する入力を加え、周波数を45Hzから65Hzまで変化させ、その間における出力値相互の差の最大値によって試験する。 (2) 定格周波数が表示されているトランスデューサについては、定格出力値に相当する入力を加え、定格周波数における出力値と周波数を定格周波数から±5%変化させたときの出力値との差によって試験する。	
力 率 の 影 響	(1) 電力トランスデューサについては、定格電圧、力率1で電流を変えて、定格出力値の1/2に近い出力値に相当する入力を加えたときの出力値と、定格電圧、力率0.5（進相及び遅相）で電流を変化させて前と同じ入力を加えたときの出力値との差によって試験する。 (2) 無効電力トランスデューサについては(1)の力率を無効率に読み替える。	
連 続 過 負 荷	右表の入力を2時間加えて電氣的損傷のないこと。	
瞬 時 過 負 荷	右記の入力を加えて電氣的・熱的損傷のないこと。	3秒間の衝撃を5分間隔で5回
		10秒間の衝撃を10分間隔で10回
絶 縁 抵 抗	入出力端子一括と外箱間 入力回路相互間 入力端子一括と出力端子一括間	DC500V 直流電圧
耐 電 圧	補助電源端子一括と外箱間 補助電源端子一括と入力端子一括間 補助電源端子一括と出力端子一括間	AC2000V 1分間 ただし、出力端子一括と外箱間は AC500V 1分間

※ (1)基底値……百分率誤差を規定するための基準の値で特に指定がなければスパン(有効出力範囲の上限値と下限値の差)です。正負両方向出力のトランスデューサでは、正・負それぞれのスパンの和、力率トランスデューサでは入力側の進相側遅相側それぞれに相当するスパンの和とする。

電流・電圧トランスデューサ			電力・無効電力トランスデューサ			位相角・力率トランスデューサ			周波数トランスデューサ		
階 級			階 級			階 級			階 級		
0.25	0.5		0.25	0.5		1.0	2.0	3.0	0.5	1.0	
±0.25 ±0.5 基底値に対する %			±0.25 ±0.5 基底値に対する %			±1.0 ±2.0 ±3.0 基底値に対する %			±0.5 ±1.0 基底値に対する %		
2秒			2秒			2秒			2秒		
±0.25 ±0.5 基底値に対する %			±0.25 ±0.5 基底値に対する %			±1.0 ±2.0 ±3.0 基底値に対する %			±0.5 ±1.0 基底値に対する %		
±0.25 ±0.5 基底値に対する %			±0.25 ±0.5 基底値に対する %			±1.0 ±2.0 ±3.0 基底値に対する %			±0.5 ±1.0 基底値に対する %		
—			±0.125 ±0.25 基底値に対する %			±0.5 ±1.0 ±1.5 基底値に対する %			±0.25 ±0.5 基底値に対する %		
—			—			±1.0 ±2.0 ±3.0 基底値に対する %			—		
±0.125 ±0.25 基底値に対する %			±0.125 ±0.25 基底値に対する %			±0.5 ±1.0 ±1.5 基底値に対する %			—		
—			±0.125 ±0.5 基底値に対する %			—			—		
定格入力値の120%			定格電圧の120% 及び 定格電流の120%			定格電圧の120% 及び 定格電流の120%			定格電圧の120%		
電流トランスデューサ：定格電流の10倍			定格電圧で定格電流の10倍								
電流トランスデューサ：定格電流の2倍 電圧トランスデューサ：定格電圧の1.5倍			定格電圧で定格電流の2倍 定格電流で定格電圧の1.5倍						定格電圧の1.5倍		
10MΩ以上											
電氣的・熱的損傷のないこと。											

※ (2)標準試験状態

入力……………・波形：正弦波形

・周波数：定格周波数

・三相交流：平衡電圧・平衡電流

・設定条件：定格電圧・定格電流・定格力率（位相角・力率トランスデューサは定格電流の40～100%）

出力……………定格出力負荷を接続する。

7. 付 録

7.1 用語の意味

●負荷固定出力

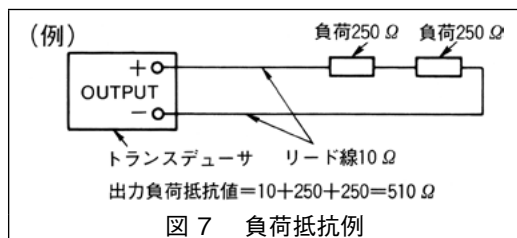
出力に接続する負荷抵抗値が一点決められた値でのみ使用できる出力方式のことで、負荷抵抗値が指定値と異なると誤差を生じる。

●定電圧出力・定電流出力

出力に接続する負荷抵抗値が規定範囲内であれば使用できる出力方式のことで、負荷抵抗値が未定の場合や、将来、負荷の増設が予想されるような場合に適する。

●負荷

トランスデューサの出力端子に接続する全抵抗値。(リード線抵抗値を含む)



●出力スパン

有効出力範囲の上限值と下限値の差。

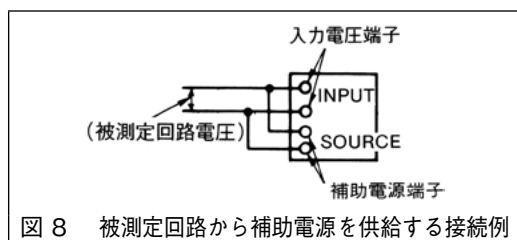
(例1) 出力5Vの場合、スパンは5V。

(例2) 出力4~20mAの場合
スパンは16mA。

(例3) 出力-5~0~5Vの場合
スパンは+側:+5V -側:-5V

●補助電源

トランスデューサを動作させるために必要な外部(被測定回路以外)から供給する交流電源または直流電源。被測定回路の電圧が比較的安定していれば、被測定回路の電圧を補助電源端子に接続して使用することもできる。



●階級

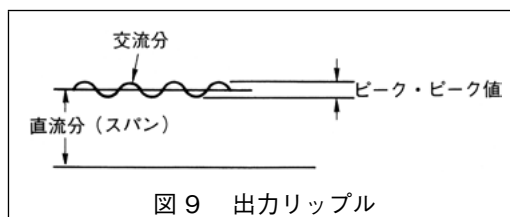
トランスデューサの精度を表わす用語で、許容差及び影響の限度(温度の影響 周波数の影響 他性能の許容限度)によって分類したもの。

(例) 階級0.5のトランスデューサの許容差は±0.5%。
入力1000W 出力5Vの場合の許容差の許容限度は
 $5V \times (\pm 0.5\%) = \pm 25mV$ になる。

●出力リップル

出力に含有される交流分で、交流分のピーク・ピーク値とスパンの比で表す。

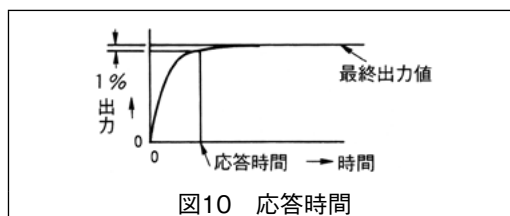
(例) P-P 1%と表す。



●応答時間

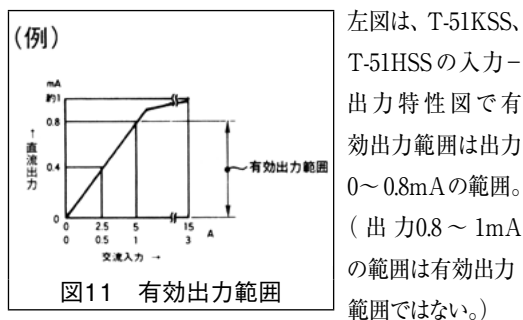
入力がある一定の値から他の一定の値に急激に変化したとき、出力が最終定常値の特定範囲内に納まるまでの時間。

通常、有効出力範囲の0%から約90%の出力変化を生ずるステップ入力を加えたとき、出力が最終出力値の±1%以内に納まるまでの時間をいう。



●有効出力範囲

出力範囲のうち、規定された性能が保証される範囲。



(飽和出力)

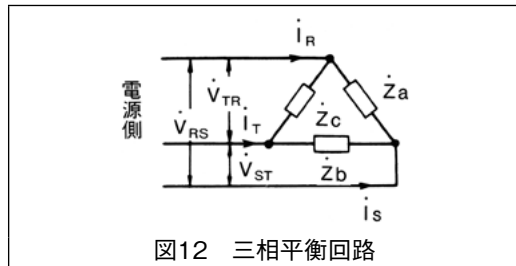
上図の出力0~0.8mAの範囲は入力に比例しているが、0.8~1mAの領域は入力の変化の割合に対して、出力の変化の割合がだんだん小さくなり、飽和してきている。このような出力

を飽和出力という。

●三相平衡回路

三相電源に接続する負荷 \dot{Z}_a , \dot{Z}_b , \dot{Z}_c が全て等しい場合、各電圧 \dot{V}_{RS} , \dot{V}_{ST} , \dot{V}_{TR} は大きさ及びそれぞれの電圧の間の位相差が全て等しく、かつ各線電流 \dot{I}_R , \dot{I}_S , \dot{I}_T も大きさ及び位相差が全て等しくなる。

このような回路を三相平衡回路という。



●三相不平衡負荷

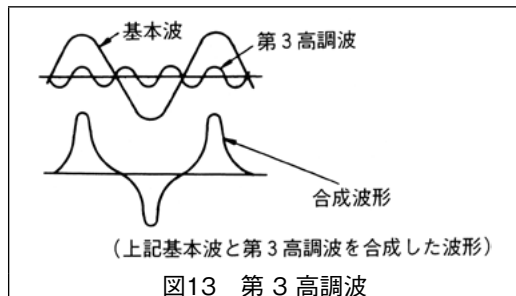
三相電源に接続する負荷 \dot{Z}_a , \dot{Z}_b , \dot{Z}_c が等しくない場合、各線電流 \dot{I}_R , \dot{I}_S , \dot{I}_T はその大きさやそれぞれの電流の間の位相差が等しくない。このような負荷を三相不平衡負荷という。

位相角トランスデューサには、三相不平衡負荷に使用できるもの（三相不平衡負荷用）と使用できないもの（三相平衡回路用）がある。

●第3高調波

基本周波数電圧または電流（基本波：入力周波数60Hzの場合は60Hzの交流電圧または電流）の3倍の周波数の電圧または電流。

また第3高調波に限らず、高調波が含まれると波形が歪み、測定誤差の要因となる。



●バーンアウト

温度トランスデューサの場合によく使われる用語で、温度トランスデューサへの入力線やその先の温度センサー等が断線したとき、出力を強制的に有効出力範囲外（普通は出力を増大させる……上

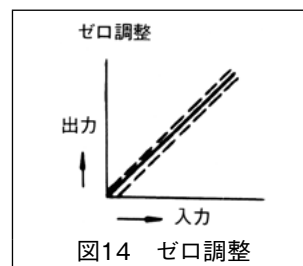
限バーンアウト）に動作させる機能をいう。

●冷接点補償器

熱電対式温度トランスデューサに入力する熱電対の熱起電力は、被測定点の温度 $T^{\circ}\text{C}$ よりも周囲温度 $T_a^{\circ}\text{C}$ 分だけ小さい電圧になるので、この $T_a^{\circ}\text{C}$ 分だけを補償するようにしている。これを冷接点補償器という。冷接点補償器は、外付するものとトランスデューサに内蔵するものがある。

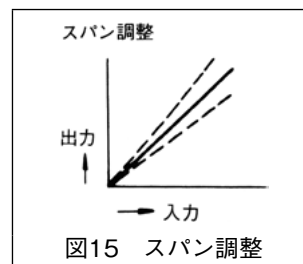
●ゼロ調整器

ゼロ調整器は下図に示すように出力範囲が一定（スパンに対して約 $\pm 0.3 \sim \pm 5\%$ ）の値で増加、あるいは減少する。



●スパン調整器

スパン調整器はゼロ入力を基点として同じ比率（定格出力において $\pm 3 \sim \pm 15\%$ ）で出力が増加あるいは減少する。



●トランスデューサの和文 英文名称

和文	英文
交流電流トランスデューサ	AC Current transducer
交流電圧トランスデューサ	AC Voltage transducer
電力トランスデューサ	Watt transducer
無効電力トランスデューサ	Var transducer
位相角トランスデューサ	Phase angle transducer
力率トランスデューサ	Power factor transducer
周波数トランスデューサ	Frequency transducer
フィルタ	Filter

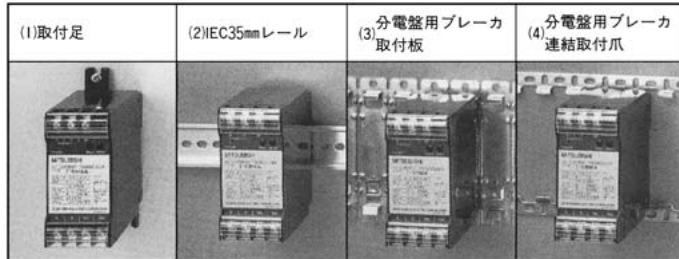
7.2 取扱い

7.2.1 T-51、T-101 シリーズ

■取付方法

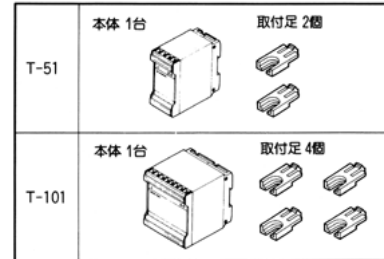
取付作業は専門の技術を有する人が行ってください。

- 標準仕様で次の4種類の取付ができる。用途に合わせて使用できる。

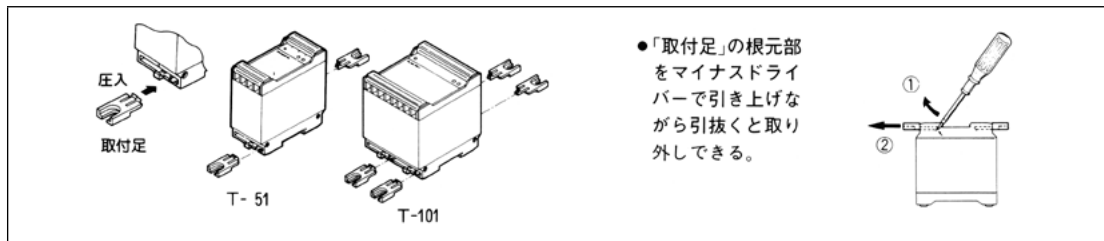


■付属品 (T-51、T-101シリーズ)

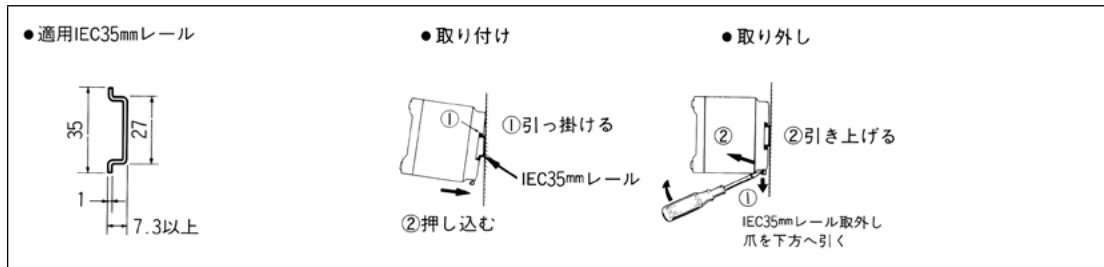
本体に取付足を付属品として同梱している。



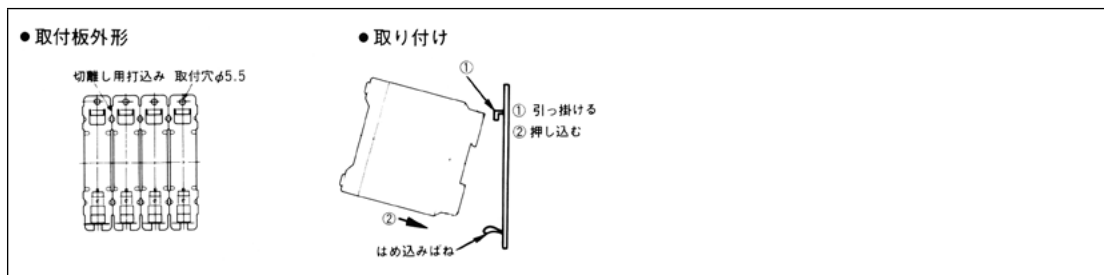
(1) 取付足取付



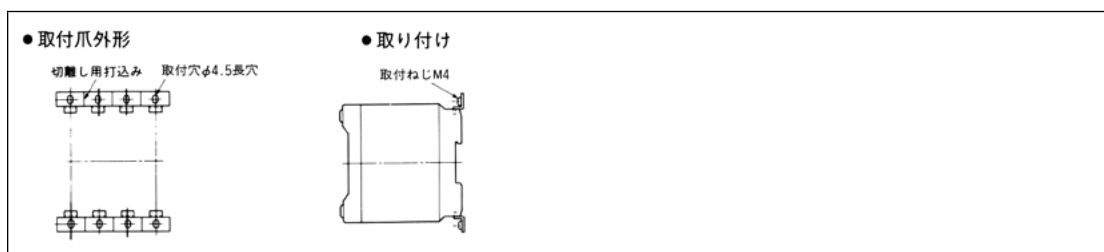
(2) IEC35mmレール取付



(3) 分電盤用ブレーカ取付板取付



(4) 分電盤用ブレーカ連結取付爪取付

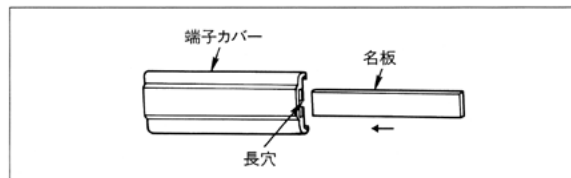
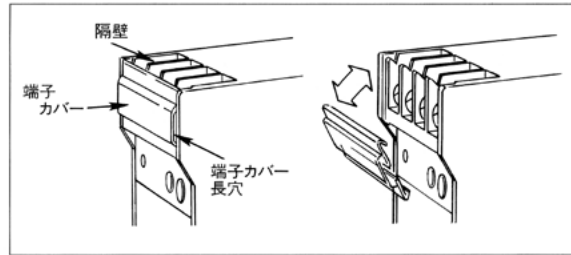


■ワンタッチ式端子カバー (T-51、T-101シリーズ)

- 端子カバーは、端子部の隔壁にはめ込んでいるので容易に取り外すことができる。
また、端子カバーの端面の長穴にマイナスドライバーを引っ掛けて取り外すこともできる。
- 端子カバーを装着する時は、そのまま押し付ける。
- 端子カバーの端面の長穴に、名板を入れて信号名称や器具番号の表示ができる。
名板はお客様でご用意ください。

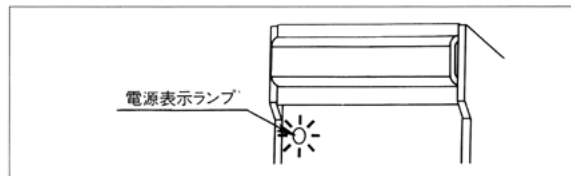
外形	名板寸法
T-51	t0.8~1×7.5×45
T-101	t0.8~1×7.5×95

名板の材質は安全上、絶縁材料をご使用ください。



■電源表示ランプ (T-51、T-101シリーズ)

補助電源の通電表示ランプ (赤色 LED) を備えている。(K シリーズを除く)
日常点検や、動作表示中の有無等のめやすに利用してください。



■配線

接続作業は専門の技術を有する人が行ってください。

- 接続は、正しく確実に行ってください。
誤配線は、誤動作や機器を損傷させたりするだけでなく、他の電力設備にも波及する恐れがありますので、ご注意ください。
- トランスデューサの出力と負荷を接続するリード線は伝送ノイズや、外乱サージによる誤動作や故障防止のため2芯のシールド線か、ツイストペア線をご使用ください。伝送距離が100mを超える場合には、電流出力仕様（例えばDC 4 ~ 20mA）をおすすめします。
- 出力線は他の動力線や入力線（VT・CT及び補助電源）との近接や束線を行わないでください。
- Hシリーズ・Sシリーズ・計装用及び周辺トランスデューサには補助電源端子が付いていますが、測定回路の電圧が比較的安定しており、補助電源電圧許容範囲内である場合は計測回路（VT二次側）から電圧を供給してもかまいません。
- シールドケーブルのシールド線は、受信側で接地してください。
ただし、外部ノイズの状況によっては、トランスデューサ側で接地した方がよい場合もあります。

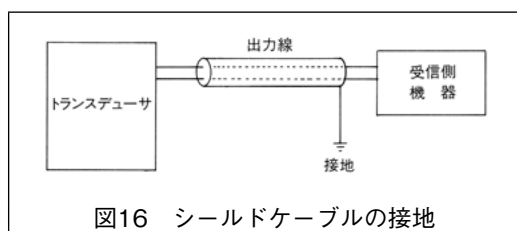


図16 シールドケーブルの接地

●入力線の接続

温度トランスデューサ、アイソレータ、DCレベルトランスデューサなどの微小入力信号を扱うトランスデューサは、入力線にノイズ・サージ等が重畳しないような配慮が必要です。このような入力線は伝送ノイズ・外乱ノイズ等による誤動作や故障防止のため、シールド線かツイストペア線等をご使用ください。また、電力ライン他のノイズ源との並設や下図のような異なる入力線同士、あるいは他の線とのペア構成はさけてください。

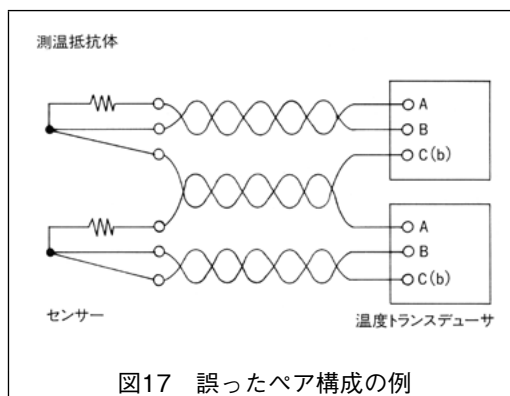


図17 誤ったペア構成の例

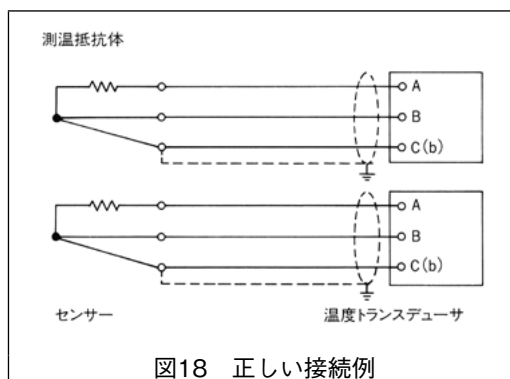


図18 正しい接続例

●信号線の接続距離

トランスデューサの出力信号線の仕様・布設方法・外部の磁界・電界等の条件によって一概に決めることはできませんが、経験上、下記の長さを基準にしてください。

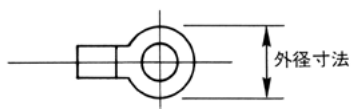
表 9 出力信号線の接続距離

トランスデューサの出力	接続の条件	接続距離					
電圧信号出力の場合		10m以下					
	<p>信号線が動力線と並行するときは右表の隔離距離をとってください。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>条 件</th> <th>距 離</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>600V以下の低圧電力線</td> <td>30cm以上</td> </tr> <tr> <td>その他の高圧電力線</td> <td>60cm以上</td> </tr> </tbody> </table>	条 件	距 離	600V以下の低圧電力線	30cm以上	その他の高圧電力線	60cm以上
条 件	距 離						
600V以下の低圧電力線	30cm以上						
その他の高圧電力線	60cm以上						
電流信号出力の場合	<p>信号線が動力線と並行する場合は、上記表の隔離距離をとってください。不可の場合はシールド板、電線管などで電磁シールドをしてください。</p>	2km以下					

■適合圧着端子と締付けトルク

表10 適合圧着端子と締付けトルク

シリーズ	適合圧着端子	締付けトルク
T-51 T-101	M4ねじ用丸形圧着端子(外径φ8.5以下)	0.98~1.47Nm(10~15kgf・cm)



■出力端子の短絡及び開放

- 電流出力用………開放・短絡してもかまいませんが、開放した場合には、8～50Vの電圧が発生する。
- 電圧出力用………開放してもかまいませんが短絡はしないでください。

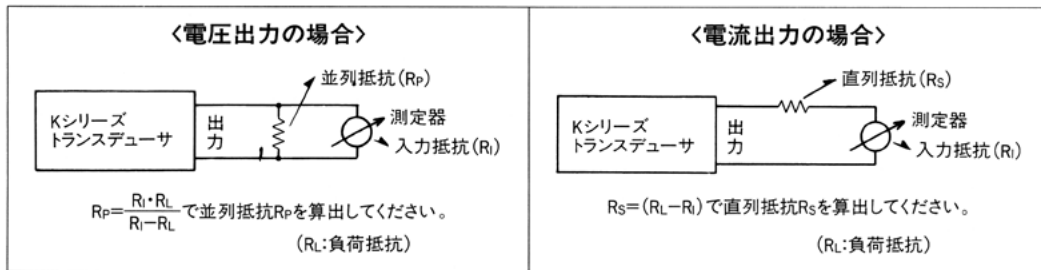
■出力の確認

負荷を開放して、指定負荷範囲の入力抵抗の電圧計または電流計で測定してください。(Kシリーズを除く)

Kシリーズトランスデューサの場合

指定負荷抵抗と同じ入力抵抗の電圧計または電流計で測定してください。

このような計器がない場合は下記のような方法で確認してください。



■出力調整

- ご指定の仕様で調整済ですが、合わせ込みなどの再調整を行う場合は、トランスデューサ表面のスパン調整器またはゼロ調整器で調整してください。
特別の場合を除いて通常はさわらないようにしてください。
- T-51、T-101シリーズはキャップを取り外して出力調整を行います。調整後は、防埃のためキャップをしてください。

●調整方法

- ①スパン調整器、ゼロ調整器は右回転で出力が増加、左回転で出力が減少する。
- ②ゼロ調整器は右図に示すように出力範囲が一定（スパンに対して約±0.3～±5%）の値で増加あるいは減少する。
- ③スパン調整器はゼロ入力を基点として同じ比率（定格出力において±3～±15%）で出力が増加あるいは減少する。

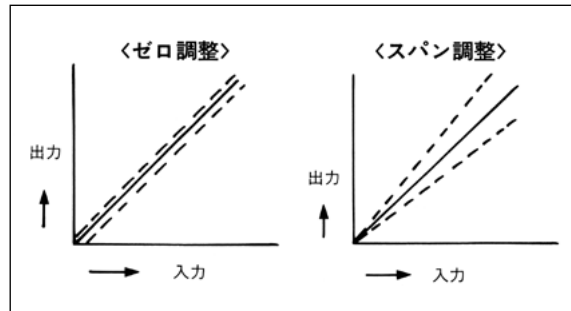


図19 出力調整

●標準調整手順

補助電源を印加し、入力を加えない状態で規定された出力になるようにゼロ調整を行い、次に定格入力を加えて定格出力になるようにスパン調整を行う。

ただし、周波数トランスデューサのゼロ調整は入力を下限周波数にして行い、スパン調整は上限周波数で行う。

- 調整器に過大な力が加わらないようにしてください。(0.05N 以下)

7.3 誤接続・逆相順・逆潮流時の動作

7.3.1 誤接続の場合

電力・無効電力・力率及び位相角等のトランスデューサは、所定の相の電圧と電流の乗算をしたり位相を測定して、電力・力率等を測定するものであるから、トランスデューサへ接続する電圧及び電流の相や極性を誤ると正常動作しない。三相VT・CTの位相関係を次に示す。

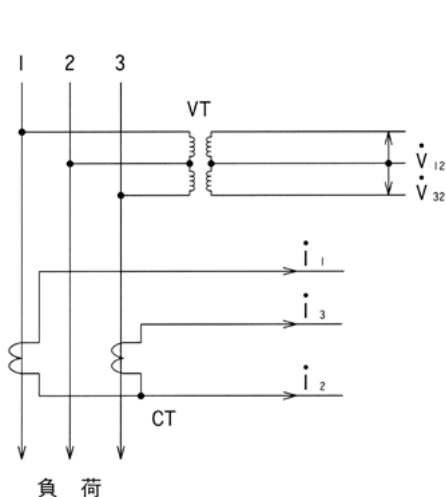


図20 三相回路VT・CT接続例

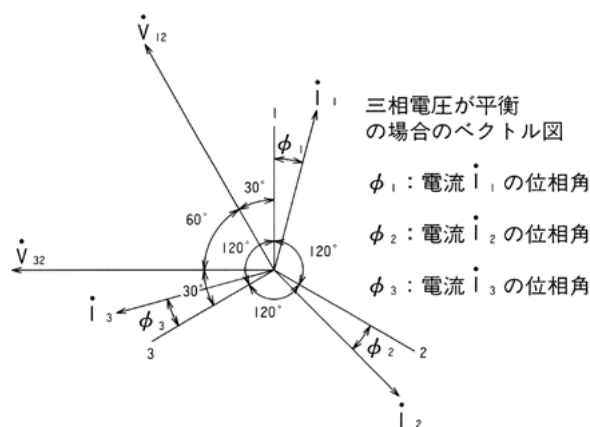


図21 電圧・電流ベクトル図例

たとえば、三相電力トランスデューサでは上記図21ベクトル図例において、正しい接続の場合には、その出力は、

$$W = \dot{V}_{12} \times \dot{I}_1 + \dot{V}_{32} \times \dot{I}_3 \text{ に比例する。}$$

しかし、誤接続で電流 \dot{I}_1 と \dot{I}_3 が入れかわったとすると、その出力は、

$$\dot{V}_{12} \times \dot{I}_3 + \dot{V}_{32} \times \dot{I}_1 \text{ となり正しい出力が得られない。}$$

誤接続例は数十通りが考えられるため、誤った出力信号から誤接続箇所を推定することは困難である。出力信号が正しく出ている原因の一つとして、接続チェックを行う場合は、実際の現場で接続が正しく行われているかどうかを確認するのが早道である。

7.3.2 逆相順の場合

市場のトラブルの原因の一つに逆相順がある。逆相順とは電圧と電流の相順が1相と3相が入れかわったり、2相と3相、1相と2相が入れかわるなどにより、1相、2相、3相の順番が1相、3相、2相の順番になることをいう。この場合もトランスデューサは正しい出力をしなくなるので、正しい相順に接続変更することが必要になる場合がある。

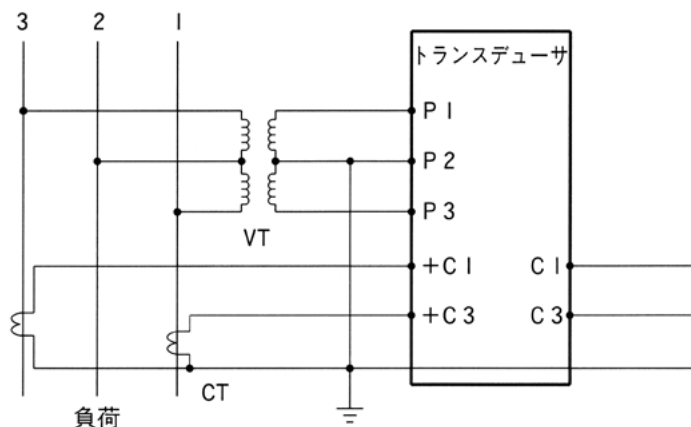


図22 逆相順接続の例

逆相順になった場合のトランスデューサの動作を次に示す。

表11 逆相順の場合の動作

機種	逆相順の場合の動作
電力トランスデューサ	正常に動作する。
無効電力トランスデューサ	“遅れ”と“進み”が逆になる 無効電力の絶対値は同じ
位相角トランスデューサ (三相平衡回路用)	“遅れ”と“進み”が逆になる 位相角の絶対値は同じ
位相角トランスデューサ (三相不平衡負荷用)	正常動作しない(出力が不定)
力率トランスデューサ (三相不平衡負荷用)	正常動作しない(出力が不定)

7.3.3 逆潮流の場合

同一回路で送電・受電を行った場合に、電流の方向が送電・受電で逆になる。このような回路では定常状態である受電の状態に対し、送電の状態を逆潮流と呼んでいる。逆潮流は、例えば自家用発電設備を有する需要家において、自家用発電設備が接続されている系統の負荷が季節や時間帯によって減少し、自家用発電設備に余力が生じた場合に発生する。

逆潮流が発生する場合の一例を下記に示す。

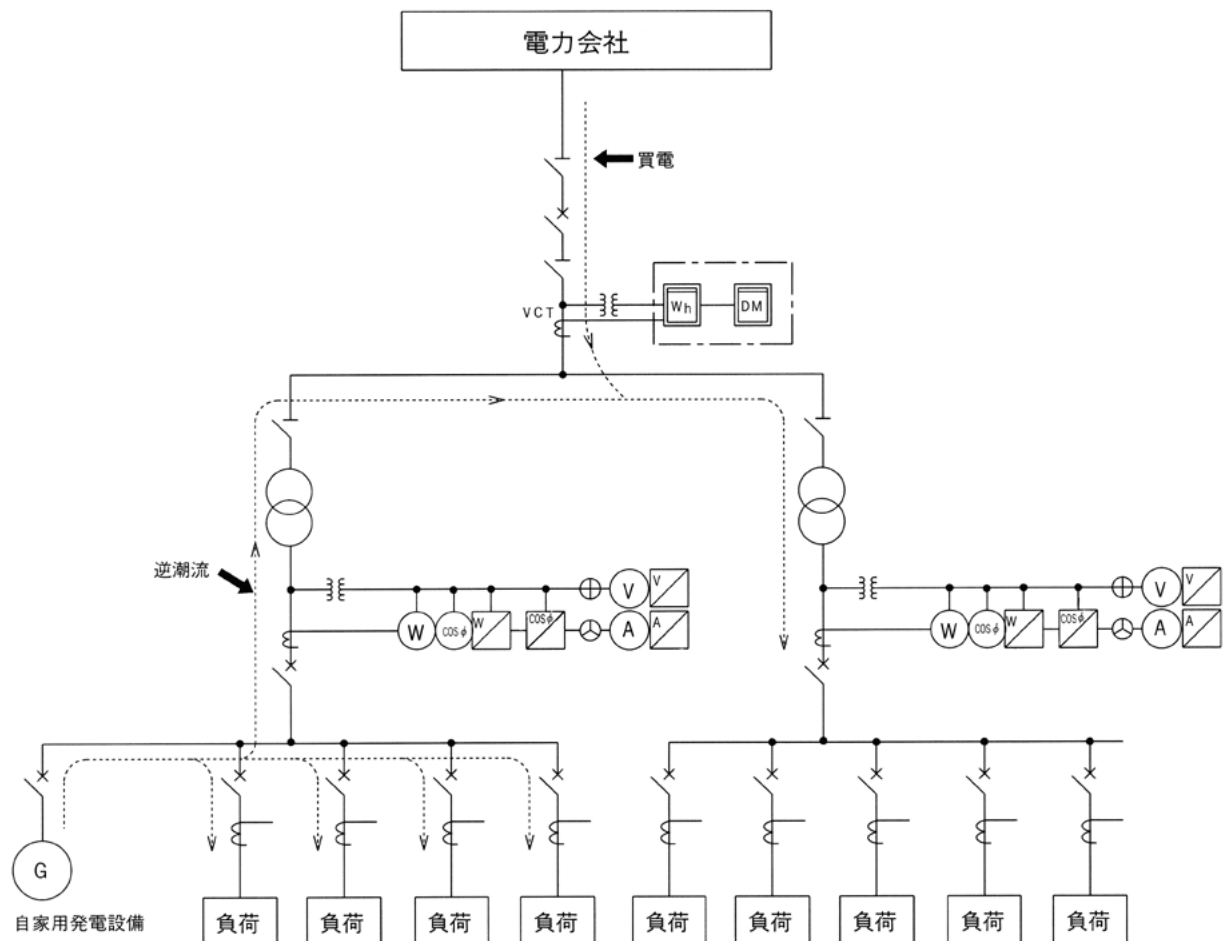


図23 逆潮流発生例

逆潮流の発生する回路に接続されたトランスデューサは、定常状態の場合と、逆潮流の場合では出力の極性が反転するものがあり、回路の状態を正しく把握できないことがある。

逆潮流の発生する回路に接続されたトランスデューサの出力信号を次表に示す。

回路の状態を正しく計測し、把握するための方策を「潮流回路への対応」の欄に記載してあるので逆潮流の発生する回路に使用するトランスデューサは、発注の際によく仕様を検討し、逆潮流でも正しく計測のできる仕様で手配することが必要である。

表12-1 三菱トランスデューサ逆潮流状態の出力

形名	出力	定常状態	逆潮流状態	潮流回路への対応
交流電流 トランスデューサ ・ T-51KAA ・ T-51KSS ・ T-51HAA ・ T-51HSS ・ T-101SAA	5 V			<ul style="list-style-type: none"> ・ いずれの状態にも使用可能 ・ 潮流判別を必要とする場合には「潮流検出付交流電流トランスデューサ」を使用。 ・ T-101HAA (D) (例 4-12-20mA)
	4 ~ 20mA			
交流電圧 トランスデューサ ・ T-51KAV ・ T-51HAV ・ T-101SAV	5 V			<p>潮流には影響されない。いずれの状態にも使用可能。</p>
	4 ~ 20mA			
電力 トランスデューサ ・ T-101HW ・ T-101SW	5 V		<p>マイナス電力となり、出力は0→-5Vとなる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 潮流回路用電力トランスデューサを使用。
	4 ~ 20mA		<p>マイナス電力となり、出力は4→約0mAとなる。</p>	
無効電力 トランスデューサ ・ T-101HVAR ・ T-101SVAR	5 V			<ul style="list-style-type: none"> ・ 逆潮流状態での出力はLEADとLAGが反転。無効電力トランスデューサでは潮流判別は不可。 ・ 「潮流検出付交流電流トランスデューサ」または「潮流回路用電力トランスデューサ」を用いて潮流判別を行い、無効電力トランスデューサの出力の補正要。
	4 ~ 20mA			

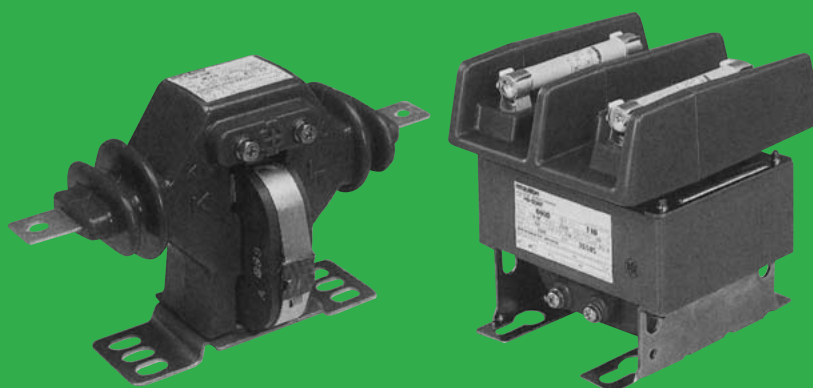
表12-2 三菱トランスデューサ逆潮流状態の出力

形名	出力	定常状態	逆潮流状態	潮流回路への対応
力率 トランスデューサ ・ T-101HPF(U) ・ T-101SPF(U)	5 V			<ul style="list-style-type: none"> ・ 逆潮流状態での出力はLEADとLAGが反転。力率トランスデューサでは潮流判別は不可。 ・ 「潮流検出付交流電流トランスデューサ」または「潮流回路用電力トランスデューサ」を用いて潮流判別を行い、力率トランスデューサの出力の補正要。
	4 ~ 20mA			
位相角 トランスデューサ ・ T-101HPA ・ T-101HPA(U) ・ T-101SPA(U)	5 V			<ul style="list-style-type: none"> ・ 逆潮流状態での出力はLEADとLAGが反転。位相角トランスデューサでは潮流判別は不可。 ・ 「潮流検出付交流電流トランスデューサ」または「潮流回路用電力トランスデューサ」を用いて潮流判別を行い、位相角トランスデューサの出力の補正要。
	4 ~ 20mA			
周波数 トランスデューサ ・ T-51HF ・ T-101SF	5 V			潮流には影響されない。いずれの状態にも使用可能。
	4 ~ 20mA			

7.4 トランスデューサの更新について

トランスデューサの更新推奨時期は 7 年である。

三菱計器用変成器



目次

		ページ
1. 概 要	1.1 計器用変成器とは	88
	1.2 計器用変成器の変遷	88
2. 構 造	2.1 変流器 (CT)	91
	2.2 計器用変圧器 (VT)	91
	2.3 零相変流器 (ZCT)	91
	2.4 計器用変圧変流器 (VCTまたはMOF)	91
3. 選 定	3.1 選定要領	92
	3.2 絶縁方式とその特長	
	3.2.1 絶縁材料による比較	94
	3.2.2 コイルモールド方式と全モールド方式の比較	95
	3.3 用途と確度階級	
	3.3.1 一般計器用・継電器用の場合	95
	3.3.2 電力需給用の場合	95
	3.4 検定	96
	3.5 定格耐電流の選定法	96
	3.6 定格過電流定数の選定法	97
	3.7 キュービクル式高圧受電設備に使用する変流器	
3.7.1 キュービクル用CTの定格	98	
3.7.2 過電流継電器・真空遮断器・計器との組合せ	98	
3.7.3 組合せ試験及び結果	99	
3.8 計器用変圧器一次側ヒューズについて	100	
3.9 インバータ回路・サイリスタ回路への使用について	100	
3.10 接地形計器用変圧器の使用について	101	
3.11 零相変流器 (ZCT) について	101	

4. 特性と性能	4.1 計器用変成器の部分放電と耐圧試験時の発音	
	4.1.1 部分放電	102
	4.1.2 耐圧試験時の発音	103
	4.2 変流器の諸特性	104
	4.3 計器用変圧器の諸特性	107
	4.4 計器用変成器の諸特性の傾向	108
5. 使用条件と その適用	5.1 常規使用条件	109
	5.2 高温での使用	109
	5.3 低温での使用	109
	5.4 多湿での使用	109
	5.5 高地での使用	109
	5.6 腐食性ガス雰囲気での使用	110
	5.7 じんあい中での使用	110
	5.8 汚損・湿潤について	110
	5.9 耐振動・衝撃性	110
6. 特殊用途	6.1 消防法に基づく耐熱形変流器	111
	6.2 特殊周波数での使用	112
7. 規 格	7.1 日本の規格	112
	7.2 外国の規格	112
	7.3 国内外主要規格の比較（抜粋）	113
8. 計器用変成器の 更新について	119

1. 概要

1.1 計器用変成器とは

計器用変成器は、次のような機能をもった機器である。

- ① 回路の電圧または電流を正確に変成する。
- ② 回路の二次側につなかれた計器類と回路を絶縁する。

JIS規格では、「電気計器または測定装置とともに使用する電流及び電圧の変成用機器で変流器 (CT;Current Transformer)、計器用変圧器 (VT;Voltage Transformer) 及び計器用変圧変流器 (VCT;Voltage and Current Transformer または MOF;Metering Outfit) の総称」また JEC 規格では「保護継電器などとともに使用する電流及び電圧の変成用機器で変流器 (CT)、零相変流器 (ZCT:Zero phase Current Transformer) 及び計器用変圧器 (VT) の総称」と定義されており、鉄心巻線、絶縁体などで構成されている。

1.2 計器用変成器の変遷

計器用変成器は電力量計と共に生産を開始し、当初はワニス絶縁形、絶縁コンパウンド形、油入形が主流であったが、当社では早くから高度な絶縁性能をもつエポキシレジン、ブチルゴム、EPT ゴムでモールドした計器用変成器の開発に着手し製品化を行った。

以降高圧低圧用ともに、現在までに数多くの納入実績を誇り、社会の発展に寄与している。

表 1 変流器の機種変遷

区分		'65	'70	'75	'80	'85	'90	'95	'00	'05	'10	'15(年)	
変流器	低圧	<p>1150V 以下</p> <p>CW-5C,15C,40C(ワニス絶縁) CW-5R,15R,40R(ブチルゴム) CW-5L,15L,40L(ダブルモールド)</p> <p>CW-5(エボキシ) CW-15RS(ブチルゴム) CW-15LS(ダブルモールド)</p> <p>CW-5CP,15CP,40CP(ワニス絶縁) CW-5RP,15RP,40RP(ブチルゴム) CW-5LP,15LP,40LP(ダブルモールド)</p> <p>CW-15M,40M(エボキシ) CW-15RM,40RM(ブチルゴム) CW-15LM,40LM(ダブルモールド)</p> <p>CW-15LMS(ダブルモールド)</p> <p>CW-5S(ダブルモールド)</p> <p>CW-2SL,5SL(ダブルモールド)</p> <p>CW-5LS3,5LMS3(ダブルモールド)</p>											
	3.6kV 以下	<p>TM-15,40,100,15C,40C(ワニス絶縁)</p>											
	高圧	<p>6.9kV 以下</p> <p>CD-15,25,40,100(エボキシ) CD-40N(エボキシ) CD-40NA(エボキシ) CD-40H(エボキシ)</p> <p>CD-100B(エボキシ) CD-100C(エボキシ)</p> <p>CD-40S(エボキシ) CD-40KS(エボキシ) CD-40KSA(エボキシ) CD-40K(エボキシ)</p> <p>CD-15E,BC,G,L CD-15BC,G,L CD-15BD,CD-40BD(エボキシ)</p> <p>CD-40E,BC,G,L(エボキシ) CD-40BC,G,L(エボキシ) CD-40EN(エボキシ) CD-40ENA(エボキシ)</p> <p>CD-40GN(エボキシ) CD-40GNA(エボキシ)</p> <p>TNC-0,0A(ポリエステルレジン) BN-0(ブチルゴム) BN-0(LA)(メルキッド) OEC-0,0EB-0(EPTゴム)</p> <p>EC-0(ブチルゴム) EC-0(LA)(メルキッド)</p>											
特高	11kV 22kV	<p>TNC-1,2(ポリエステルレジン) BN-1,2(ブチルゴム) BN-2(ブチルゴム) BN-2A(メルキッド)</p> <p>OEC-1,2,0EB-1,2(EPTゴム) BN-1(LA)(メルキッド)</p> <p>BW(ブチルゴム)</p>											

表 2 計器用変圧器等の機種変遷

区分		'65	'70	'75	'80	'85	'90	'95	'00	'05	'10	'15(年)
計器用変圧器	低圧 0.44kV											
	3.3kV 以下											
	高圧 6.6kV 以下											
	特高 11kV 22kV 33kV											
接地形計器用変圧器	低圧 0.44kV											
	高圧 6.6kV 以下											
	特高 11kV 22kV 33kV											
計器用変圧変流器	高圧 3.3kV 6.6kV											
	特高 11kV 22kV											
零相変流器	高圧 3.3kV 6.6kV											
	特高 11kV 22kV											
操作用変圧器												

2. 構造

2.1 変流器 (CT)

主回路の電流を電気計器や保護継電器に必要な電流（通常 5 A）に変成するもので、巻線形と貫通形がある。

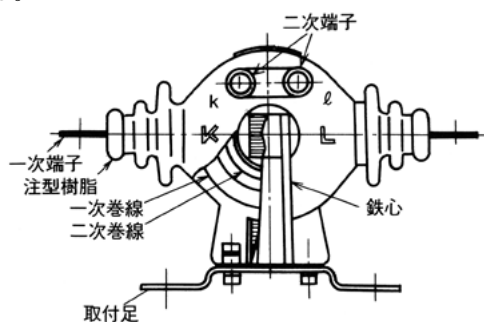


図1 巻線形CT

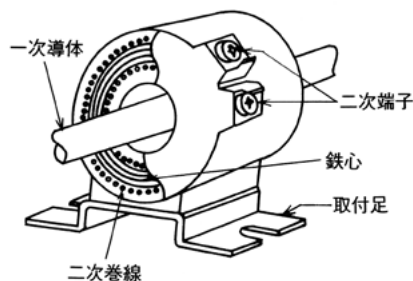


図2 貫通形CT

2.2 計器用変圧器 (VT)

主回路の電圧を電気計器や保護継電器に必要な電圧（通常110V）に変成するもので、非接地形と接地形がある。接地形 (EVT) は地絡による零相電圧を変成し、回路の地絡事故を検出するものである。

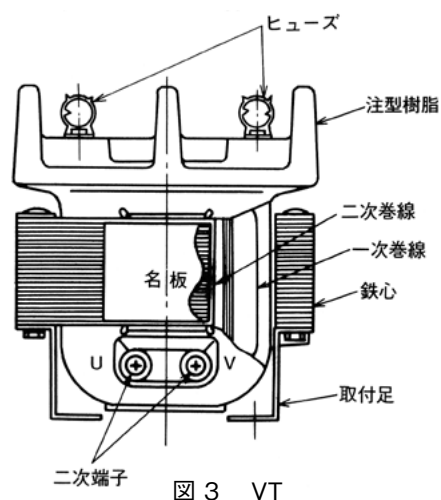


図3 VT

2.3 零相変流器 (ZCT)

地絡による零相電流を変成し、回路の地絡事故を検出するものである。

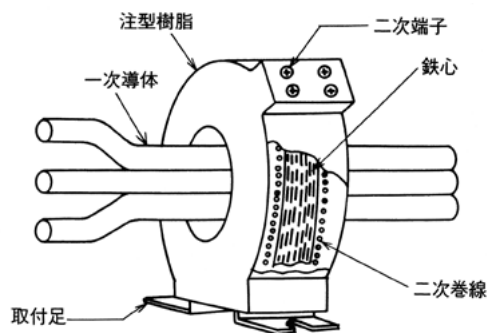


図4 ZCT

2.4 計器用変圧変流器 (VCTまたはMOF)

VT 2 台、CT 2 台を組合せて同一外箱に収納したもので三相 3 線回路の高電圧、大電流を計器に必要な電圧電流 (110V、5 A) に同時に変成するものである。

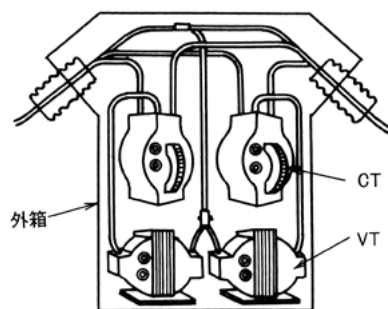


図5 VCT

3. 選 定

経済的で信頼性の高い計測、保護システムを構成するために、機種選定に際しては下記事項を参考に使用する回路条件、用途、周囲条件を総合的に検討して選定する。

3.1 選定要領

表3 変流器の選定要領

項 目	選 定 要 領														
1 用 途	一般計器用、継電器用、検定用、キュービクル式高圧受電設備用。														
2 定 格 一 次 電 流	一般に負荷電流の1.5倍程度としJISまたはJEC規格に定められた値より選定する。														
3 定 格 二 次 電 流	5Aが標準である。遠隔計測の場合には1Aを使用するとCT負担の軽減及び配線の費用削減が図れる。 なお、1Aは低圧変流器CWシリーズのみである。														
4 最 高 電 圧 耐 電 圧	回路電圧により選定する。 当社標準耐電圧値 なお、当社は右表を標準としている。 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>最高電圧(kV)</td> <td>0.46</td> <td>1.15</td> <td>3.45</td> <td>6.9</td> <td>11.5</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>耐電圧</td> <td>3/—</td> <td>4/—</td> <td>22/60</td> <td>28/90</td> <td>50/125</td> <td></td> </tr> </table> ※耐電圧は、商用周波耐電圧値/雷インパルス耐電圧値を示す。	最高電圧(kV)	0.46	1.15	3.45	6.9	11.5	23	耐電圧	3/—	4/—	22/60	28/90	50/125	
最高電圧(kV)	0.46	1.15	3.45	6.9	11.5	23									
耐電圧	3/—	4/—	22/60	28/90	50/125										
5 確 度 階 級	用途、接続する計器及び継電器が必要とする精度により選定する。 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">用途</th> <th colspan="2">確度階級(級)</th> </tr> <tr> <th>JIS C 1731-1</th> <th>JEC-1201-2007</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>精密計測用</td> <td>0.5</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>普通計測用・継電器用</td> <td>1.0(*1P, 1PS)</td> <td>1P, 1PS</td> </tr> <tr> <td>配電盤・継電器用</td> <td>3.0</td> <td>3P, 3PS</td> </tr> </tbody> </table> ※JIS C 4620附属書「キュービクル式高圧受電設備に使用する変流器」に規定の定格である。	用途	確度階級(級)		JIS C 1731-1	JEC-1201-2007	精密計測用	0.5	—	普通計測用・継電器用	1.0(*1P, 1PS)	1P, 1PS	配電盤・継電器用	3.0	3P, 3PS
用途	確度階級(級)														
	JIS C 1731-1	JEC-1201-2007													
精密計測用	0.5	—													
普通計測用・継電器用	1.0(*1P, 1PS)	1P, 1PS													
配電盤・継電器用	3.0	3P, 3PS													
6 検 定 の 有 無	電力取引用として使用する場合は検定を受ける必要がある。 カタログに「検定可」と記載している機種を選定する。 なお、組合せるVTはカタログの「電力量計との組合せ検定可能機種」を参照すること。														
7 定 格 負 担	注1 変流器に接続される計器、継電器及び接続電線の合計負担VA以上を定格負担とする。														
8 過 電 流 強 度 (定 格 耐 電 流)	配電系統の短絡電流に耐える変流器を選定する。 キュービクル式高圧受電設備にはJIS C 4620準拠品を使用する。 なお、各機種の耐電流は104~106ページ「変流器の諸特性」を参照のこと。														
9 過 電 流 定 数	一般計器に使用する場合は不要である。 継電器用として使用する場合に必要となる。継電器と協調がとれる過電流定数をもった変流器を選定のこと。 なお、使用負担時の過電流定数(n)は次式により計算する。使用負担を低減することにより使用負担時の過電流定数は定格過電流定数より大きくなる。 $n = \text{過電流定数}n (\text{定格値または実力値}) \times \frac{\text{CTの定格負担} + \text{二次漏洩VA}}{\text{使用負担} + \text{二次漏洩VA}}$ 二次漏洩VAについては104~106ページ「変流器の諸特性」を参照のこと。														
10 使 用 環 境	高温・多湿(熱帯処理)、腐食性ガス(耐食増し)、高地、汚損・湿潤、高温、低温の特殊環境については109~110ページを参照のこと。														

注1. 接続電線の負担VA値は下記値を参考のこと。

表4 接続電線負担 (VA)

リード線公称断面積 (mm ²)	電線長さ (m)		
	5	10	15
2.0	1.16	2.31	3.47
3.5	0.65	1.30	1.95
5.5	0.42	0.83	1.25

表5 接続電線の導体抵抗

電線公称断面積 (mm ²)	導体抵抗 (Ω/km)
2.0	9.24
3.5	5.20
5.5	3.33
8.0	2.31

備考1. 電線は600Vビニル絶縁 (IV線) を使用。

- 各電線に於ける負担値は周囲温度20℃、定格電流5Aに於ける値である。
- 電線長さは2次回路を構成する総長を表わし負担値は総長に対する値である。
- 電線長さが15mを超す場合は次式により計算のこと。

例: 2.0mm²の往復100mの場合

$$VA = I^2 R \dots 5A^2 \times 1km \text{ 当たりの導体抵抗 (右上表)} \times \frac{100m}{1000m} = 23.1VA$$

表 6 計器用変圧器の選定要領

項 目	選 定 要 領																																					
1 用 途	一般計器用、継電器用、検定用。																																					
2 定 格 電 圧	回路電圧により決定のこと。 なお、接地回路用は「接地形計器用変圧器 (EVT)」の中から選定する。																																					
3 耐 電 圧	<p>回路電圧により選定する。 なお、当社は右表を標準としている。</p> <p>注1. 計器用変圧器の耐電圧は商用周波耐電圧値／雷インパルス耐電圧値を示す。 接地形計器用変圧器の耐電圧は誘導耐電圧値／雷インパルス耐電圧値を示す。</p> <p>注2. EP-0FH形VTは、3.3kV用においても、22/60kVとなる。</p> <table border="1"> <caption>当社標準耐電圧値</caption> <thead> <tr> <th>回路電圧 (kV)</th> <th>0.44</th> <th>3.3</th> <th>6.6</th> <th>11</th> <th>22</th> <th>33</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計器用変圧器</td> <td>3/—</td> <td>16/45</td> <td>22/60</td> <td>28/90</td> <td>50/125</td> <td>70/170</td> </tr> <tr> <td>接地形計器用変圧器</td> <td>0.88/—</td> <td>6.6/45</td> <td>13.2/60</td> <td>22/90</td> <td>44/125</td> <td>66/170</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <caption>特殊変圧比の耐電圧値</caption> <thead> <tr> <th>一次電圧 (V)</th> <th>耐電圧 (kV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>220以下</td> <td>2/—</td> </tr> <tr> <td>221~440</td> <td>3/—</td> </tr> <tr> <td>441~1100</td> <td>4/—</td> </tr> <tr> <td>1101~3000未満</td> <td>16/—</td> </tr> <tr> <td>3000~4000未満</td> <td>16/45</td> </tr> <tr> <td>4000~6000未満</td> <td>22/45</td> </tr> <tr> <td>6000~6600</td> <td>22/60</td> </tr> </tbody> </table>	回路電圧 (kV)	0.44	3.3	6.6	11	22	33	計器用変圧器	3/—	16/45	22/60	28/90	50/125	70/170	接地形計器用変圧器	0.88/—	6.6/45	13.2/60	22/90	44/125	66/170	一次電圧 (V)	耐電圧 (kV)	220以下	2/—	221~440	3/—	441~1100	4/—	1101~3000未満	16/—	3000~4000未満	16/45	4000~6000未満	22/45	6000~6600	22/60
回路電圧 (kV)	0.44	3.3	6.6	11	22	33																																
計器用変圧器	3/—	16/45	22/60	28/90	50/125	70/170																																
接地形計器用変圧器	0.88/—	6.6/45	13.2/60	22/90	44/125	66/170																																
一次電圧 (V)	耐電圧 (kV)																																					
220以下	2/—																																					
221~440	3/—																																					
441~1100	4/—																																					
1101~3000未満	16/—																																					
3000~4000未満	16/45																																					
4000~6000未満	22/45																																					
6000~6600	22/60																																					
4 確 度 階 級	<p>用途、接続する計器及び継電器が必要とする精度により選定する。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">用途</th> <th colspan="2">確度階級 (級)</th> </tr> <tr> <th>JIS C 1731-2</th> <th>JEC-1201-2007</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>精密計測用</td> <td>0.5</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>普通計測用・継電器用</td> <td>1.0</td> <td>1P</td> </tr> <tr> <td>配電盤用・継電器用</td> <td>3.0</td> <td>3P</td> </tr> <tr> <td>地絡継電器用 (EVT)</td> <td>—</td> <td>3G</td> </tr> </tbody> </table>	用途	確度階級 (級)		JIS C 1731-2	JEC-1201-2007	精密計測用	0.5	—	普通計測用・継電器用	1.0	1P	配電盤用・継電器用	3.0	3P	地絡継電器用 (EVT)	—	3G																				
用途	確度階級 (級)																																					
	JIS C 1731-2	JEC-1201-2007																																				
精密計測用	0.5	—																																				
普通計測用・継電器用	1.0	1P																																				
配電盤用・継電器用	3.0	3P																																				
地絡継電器用 (EVT)	—	3G																																				
5 検 定 の 有 無	<p>電力取引用として使用する場合は検定を受ける必要がある。 カタログに「検定可」と記載している機種を選定のこと。 なお、組合せるCTはカタログの「電力量計との組合せ検定可能機種」を参照のこと。</p>																																					
6 定 格 負 担	<p>計器用変圧器に接続される計器及び継電器の合計負担VA以上を定格負担とすること。 ただし、負担の小さい電子式計器と組合せるVTは定格負担50VA以下のVTを使用する。 VTの負担保証範囲外であるが、誤差特性は問題ない。</p>																																					
7 制 限 負 荷	<p>計器用変圧器を試験用とか制御用電源として使用する場合には、誤差特性よりむしろ温度上昇が問題となる。 この温度上昇が規格いっぱいになる負荷が制限負荷である。 各計器用変圧器の制限負荷及びこのときの誤差については107ページ「計器用変圧器の諸特性」を参照のこと。</p>																																					
8 一 次 側 ヒューズ付 計器用変圧器の 選 定	<p>計器用変圧器の一次側ヒューズは計器用変圧器自体の保護ではなく、計器用変圧器が絶縁破壊し主回路の短絡事故に波及する前に事故VT回路をすみやかに切離し、事故を最小限度に食い止めるものである。計器用変圧器は一次側にヒューズを装着している機種を選定すること。 当社計器用変圧器は次のヒューズを使用している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>回路電圧</th> <th>形名</th> <th>定格</th> <th>サイズ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>440V以下</td> <td>PL-G</td> <td>0.6kV T2A 100kA</td> <td>φ15×107ℓ</td> </tr> <tr> <td>3300V</td> <td rowspan="2">PL-G</td> <td rowspan="2">7.2/3.6kV T1A 40kA</td> <td rowspan="2">φ15×107ℓ</td> </tr> <tr> <td>6600V</td> </tr> </tbody> </table> <p>11kV~33kV用計器用変圧器はヒューズを装着していませんので、下記のヒューズを別置で使用のこと。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>回路電圧</th> <th>形名</th> <th>定格</th> <th>サイズ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11000V</td> <td>PL-J</td> <td>12kV T1A 40kA</td> <td>φ50×260ℓ</td> </tr> <tr> <td>22000V</td> <td>PL-J</td> <td>24kV T1A 40kA</td> <td>φ50×325ℓ</td> </tr> <tr> <td>33000V</td> <td>PL-J</td> <td>36kV T1A 25kA</td> <td>φ50×445ℓ</td> </tr> </tbody> </table>	回路電圧	形名	定格	サイズ	440V以下	PL-G	0.6kV T2A 100kA	φ15×107ℓ	3300V	PL-G	7.2/3.6kV T1A 40kA	φ15×107ℓ	6600V	回路電圧	形名	定格	サイズ	11000V	PL-J	12kV T1A 40kA	φ50×260ℓ	22000V	PL-J	24kV T1A 40kA	φ50×325ℓ	33000V	PL-J	36kV T1A 25kA	φ50×445ℓ								
回路電圧	形名	定格	サイズ																																			
440V以下	PL-G	0.6kV T2A 100kA	φ15×107ℓ																																			
3300V	PL-G	7.2/3.6kV T1A 40kA	φ15×107ℓ																																			
6600V																																						
回路電圧	形名	定格	サイズ																																			
11000V	PL-J	12kV T1A 40kA	φ50×260ℓ																																			
22000V	PL-J	24kV T1A 40kA	φ50×325ℓ																																			
33000V	PL-J	36kV T1A 25kA	φ50×445ℓ																																			
9 使 用 環 境	<p>高温・多湿 (熱帯処理)、腐食性ガス (耐食増し)、高地、汚損・湿潤、高温、低温の特殊環境については109~110ページを参照のこと。</p>																																					

備考 接地形計器用変圧器も上表と同一要領で選定のこと。

3.2 絶縁方式とその特長

3.2.1 絶縁材料による比較

表 7 絶縁材料による比較

絶縁材料	特 長	三菱製の場合
エポキシレジン モールド	吸湿による絶縁劣化が少ない。 耐薬品性に優れている。 電気絶縁性が優れている。	PD形計器用変圧器 CD形変流器 PO形計器用変圧変流器 EV形計器用変圧器 EF形計器用変圧器 BZ形零相変流器
メルキッドゴム	弾性があり過電流、振動、衝撃に強い。 耐薬品性に優れている。 電気絶縁性が優れている。	EC(LA)形変流器 BN(LA)形変流器
ダブルモールド	外部を耐熱ABS樹脂またはPBT樹脂でモールドして、内部をシリコンゴムでモールドし絶縁性、耐環境性の向上を図っている。	CW形変流器 PE形計器用変圧器

3.2.2 コイルモールド方式と全モールド方式の比較

基本的な比較を表8に示す。

表8 コイルモールドと全モールド方式の比較

	コイルモールド方式	全モールド方式
絶縁距離の確保	低圧露出部が、鉄心・2次端子・取付足であり、外形寸法を小さくするには、“ひだ”を出す必要がある。	低圧露出部が、2次端子・取付足であり有利である。
モールドによる鉄心の歪	なし	エポキシレジンモールドの場合には、エポキシレジンの硬化収縮による鉄心の歪があるため、何らかの対策が必要である。
耐環境性	鉄心の防サビが必要	鉄心の防サビは不要であるが、2次端子、取付足についてはコイルモールド方式と同条件である。
耐圧試験時の発音	発音するが、実用上は全く問題ない。	発音しない。

上記のような差があるが、それぞれに対し充分な対策を行なっているため、市場にある製品では、性能上外形寸法上両方式間にほとんど差はない。

しかしながら、モールドによる鉄心の歪防止対策が難しいため、全モールド方式の方が、価格的には高くなっている。

3.3 用途と確度階級

3.3.1 一般計器用・継電器用の場合

表9 一般計器用・継電器用の用途と確度階級

確度階級 (級)		用 途
JIS	JEC	
0.5	—	精密計測用
1.0, 3.0	—	普通計測用 配電盤用
1P	1P, 3P	キュービクル式高圧受電設備用 (CT) 一般保護継電器用
1PS	1PS, 3PS	キュービクル式高圧受電設備用 (CT) 低電流領域で良い精度を必要とする保護継電器用 (CT)
—	3G, 5G	地絡保護継電器用 (VT)
—	3G, 5G, 10G	〃 (CT)
—	L, H	〃 (ZCT)

3.3.2 電力需給用の場合 (電力会社向取引用変成器に適用)

表10 電力需給用の契約電力と確度階級

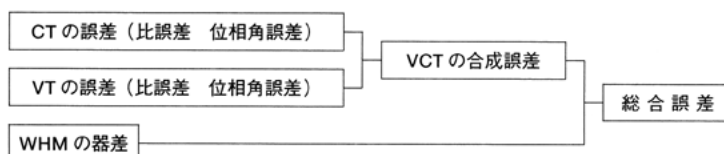
契約最大電力	電 力 量 計	計器用変成器の確度階級
電灯需要家及び500kW未満	普通電力量計	1.0W級
500kW以上10000kW未満	精密電力量計	0.5W級
10000kW以上	特別精密電力量計	0.3W級

3.4 検 定

検定の諸規則は計量法に定められており、電力量の取引用として使う場合は、電気計器検定所にて検定を受ける必要がある。検定を申請するに際しては、組合せる電力量計を同時に提出する必要がある。指示電気計器や継電器などは提出する必要はないが、使用負担を計算して申請する必要がある。一般用と異なる点は主として次の3点である。

① 誤差が計量法に合格すること。

計量法では、下図の各誤差、器差について規定している。



3.3.1項の表9には、JISの確度階級を示しているが、JISと計量法とは、直接の関連はない。したがって、上図の各誤差、器差が許容範囲内にあれば、JISの確度階級に関係なく受検可能である。

- ② 封印小判を取付ける装置があること。
- ③ 使用負担名板があること。

3.5 定格耐電流の選定法

CTの定格耐電流は定格過電流強度（保証する過電流を定格一次電流で除した値）または定格耐電流（保証する耐電流の値）で表わし、JISとJECにその標準の値が規定されている。

・熱的耐電流

定格耐電流に相当する一次電流（実効値）が1秒間流れても損傷しないこと。

・機械的耐電流

定格耐電流に相当する一次電流（実効値）の2.5倍に相当する初期最大瞬時値をもった過電流が2～3サイクル流れても、損傷しないこと。

①遮断器によって短絡電流を遮断する場合

配電系統における短絡電流の通電時間は遮断器の遮断時間、継電器のトリップ時間によって決まり、0.25秒以下でよい場合もある。

通電時間t秒間における過電流強度または過電流／定格一次電流と、それぞれの定格値との間には次の関係がある。

$$S = \frac{S_n}{\sqrt{t}}$$

S : 通電時間t秒間における過電流強度または過電流／定格一次電流
 S_n : 定格過電流強度または定格過電流／定格一次電流

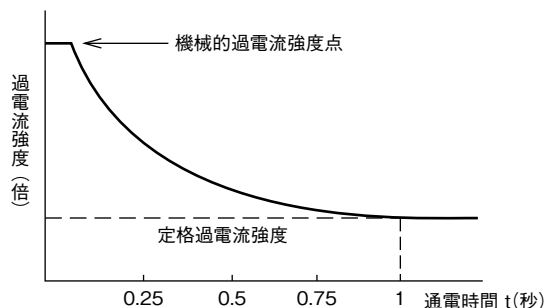


図6 CTの過電流強度と通電時間

回路の短絡容量から短絡電流を計算し、遮断方式から決まる通電時間を求め、次の関係にあればよい。

耐電流 = S · I_n > I_s S : 通電時間t秒間における過電流強度または耐電流／定格一次電流
 I_n : 定格一次電流
 I_s : 短絡電流

短絡電流を計算する場合には、電路・電源等のインピーダンスの他に、CTの漏洩インピーダンス負担インピーダンスも考慮に入れると良い。(104～106ページ表18参照)

また表12に高圧受電における短絡電流通電時間の例を示すが、一般的には200msと考えるとよい。経済的な選定を行うには、定格値のかわりに実力値（メーカー保証値）を使えばよい。当社品の耐電流（実力値）と通電時間の関係を表18（104～106ページ）に示す。

なお、 $t=0.2$ 秒未満では、 $S=S_n/\sqrt{t}$ により算出した熱的耐電流よりも機械的耐電流によりCTの耐電流実力値が決まることが多くなるので短絡電流の通過時間が短い場合はこの点に十分注意して適用する必要がある。

表11 遮断器の遮断時間

	遮断時間 (50Hzのとき)	継電器のトリップ時間 (瞬時要素)	短絡電流の通電時間
3サイクル遮断の遮断器を使った場合	60ms	50ms以下	110ms
5サイクル遮断の遮断器を使った場合	100ms	〃	150ms

②限流ヒューズによって短絡電流を遮断する場合

この場合は短絡電流の通過時間は一般的に瞬時（半サイクル）となるので機械的耐電流の検討のみでよい。

この方式では、限流ヒューズによる短絡電流の限流効果を考慮すべきである。

回路の短絡容量から規約短絡電流（限流ヒューズがない場合の短絡電流）を求め、限流ヒューズの限流特性曲線（限流ヒューズのカatalogに記載してある）から限流波高値を求め、定格耐電流の2.5倍以下であることを確認する。この場合にも表18（104～106ページ）にある実力値を使うと経済的選定ができる。

3.6 定格過電流定数の選定法

過電流定数とは、過電流の誤差特性を表わす数値であり、定格負担時における比誤差が-10%になるときの一次電流を定格一次電流で除した値である。

過電流定数を選定するには、まず回路の過電流保護協調を検討して、過電流継電器の整定値を決める。この整定値には、限時要素の限時整定値と瞬時要素の動作整定値があるが、一般にCTの過電流定数値を選定するには、瞬時要素の動作整定値のみを考慮すればよい。

なぜならば、CTの過電流定数の大小によって過電流継電器の限時要素の動作時限があまり変化しないからである。

過電流定数を経済的に選定するには、使用負担における過電流定数（ n' ）を求めるのが良い。

使用負担時の過電流定数（ n' ）は、

$$n' = \text{過電流定数 } n \text{ (定格値または実力値)} \times \frac{\text{CTの定格負担} + \text{二次漏洩 VA}}{\text{使用負担} + \text{二次漏洩 VA}}$$

であり、使用負担を低減することにより使用負担時の過電流定数は定格過電流定数より大きくなる。

上式の過電流定数 n 及び二次漏洩 VA については、表18（104～106ページ）に記載している。

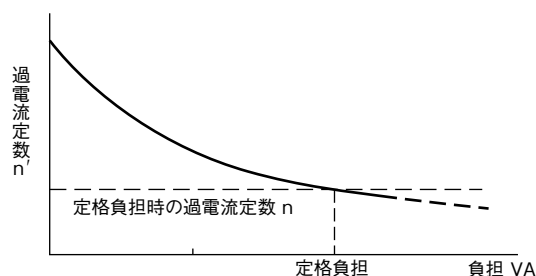


図7 使用負担とCTの過電流定数

3.7 キュービクル式高圧受電設備に使用する変流器

キュービクル式高圧受電設備（JIS C 4620）に使用する変流器は、従来JIS C 1731の一般計器用として規定されたものが準用されていた。1988年 JIS改訂に際し、附属書として「キュービクル式高圧受電設備に使用する変流器」が新しく制定された。その後1998年JIS改正でJIS C 4620附属書に規定されている。

3.7.1 キュービクル用CTの定格

新しく制定された変流器の定格を表12に示す。

表12 変流器の定格

精度階級		1 P	1 PS
定格一次電流	A	20, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 150, 200,	
定格二次電流	A	1 ^{注1} , 5	
最高電圧	kV	6.9	
定格耐電流	kA	8, 12.5	
耐電流の定格保証時間	s	0.125 ^{注2} , 0.16 ^{注3} , 0.25 ^{注4}	
定格過電流定数		n>10	
定格負担	VA	10, 25, 40	
定格周波数	Hz	50, 60	

注1 1 Aは特殊品とする。(当社は製作しておりません)

注2 3サイクル遮断器用とする。

注3 5サイクル遮断器用とする。

注4 0.25sは特殊品とする。

・耐電流とその保証時間

JIS C 4620では、適用範囲を系統短絡電流12.5kA以下と規定しており、JIS標準値である12.5kA、8kAを定格耐電流として制定した。一方、この変流器と組合わされる高圧遮断器は真空遮断器が主流になっており、その遮断時間は3サイクルと高速遮断する。

したがって変流器の耐電流保証時間は遮断器及び過電流継電器の動作時間によって0.125秒、0.16秒及び0.25秒と規定した。

・定格負担

過電流継電器が静止形は10VA、誘導形は25VA、計器・継電器の種類により25VAをこえる場合も考えられることから40VAも規定している。

・過電流定数

JIS C 4620に使用される高圧受電用過電流継電器（JIS C 4602）は必ず瞬時要素をもち、30A、40A及び60Aを整定値の標準としており、n>10を標準とした。

3.7.2 過電流継電器・真空遮断器・計器との組合せ

変流器・過電流継電器・真空遮断器及び計器の組合せにおいて、過電流引外し方式にて遮断器を動作させる場合、(1)遮断器の動作、(2)短絡時の変流器二次電流による継電器・計器への影響が問題となる。

(1) 遮断器の動作

定格負担が10VAの変流器を使用する場合、遮断器の過電流引外し装置でラッチを引外すことができるかが問題になる。なお、25VA変流器は飽和電圧が50V以上あり問題はない。

(2) 継電器・計器への影響

遮断器が事故電流を過電流継電器の瞬時要素で検出し、過電流引外し方式の動作により遮断する場合、変流器によって変成された大きな二次電流は、常時閉路状態から転流して遮断器の引外しコイルに通電することになる(図8(a)→(b))。

このとき、継電器はこの大きな電流を接点で開路することになり、接点の消耗、あるいは損傷が問題になる。また、二次回路に接続される計器類への影響も問題になる。

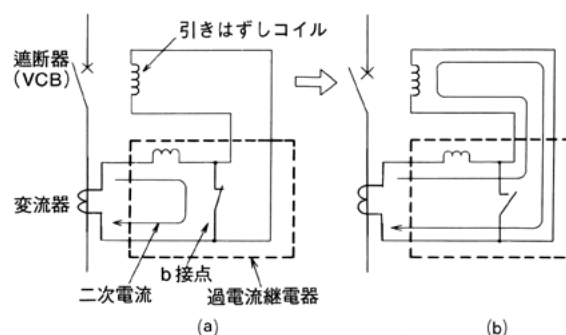


図8 変流器二次電流による遮断器動作説明図

これらは遮断器の過電流引外し装置のインピーダンスによっても影響を受け、さらに、変流器の二次電流は、変流比が小さく（一次電流が低定格）使用負担が小さい（過電流定数が大きくなる）ものほど大きくなり、継電器・計器への影響が厳しくなる。

3.7.3 組合せ試験及び結果

このため、変流器・継電器・遮断器の組合せ検証を実施し、表13に適用条件を明確にした。

キュービクルがCB方式で過電流引外し方式の場合は、この組合せ条件以外では使用できないので注意が必要である。

表13 組合せ機器及び変流器の適用負担（過電流引き外し方式）

組合せ機器の形名(当社製)					変流器の適用負担 (VA) ^{注2}
遮断器	過電流継電器	変流器			
		定格負担	形名	一次電流 ^{注1}	
VF-8□H-D/DG形 VF-13□H-D/DG形 (過電流引外し装置付)	静止形 MOC-A1T-R形	10VA	CD-10ANA CD-10CNA	20A	9~10
			CD-10ANA CD-10CNA	30A	7~10
			CD-10ANA CD-10CNA	40~200A	5~10
		25VA	CD-25ANA CD-25CNA	20A	22~25
			CD-25ANA CD-25CNA	30, 40A	18~25
			CD-25ANA CD-25CNA	50~200A	10~25
		40VA	CD-40ANA CD-40CNA	20~200A	25~40

注1. 変流器の一次電流が40A以下の場合は、電圧引外し方式（コンデンサ引外し方式）を推奨する。

注2. 使用負担が、適用負担より小さい場合は、T-100L形負担調整器（2, 4, 6, 8VAの調整が可能）等を利用するとよい。

3.8 計器用変圧器一次側ヒューズについて

VTは使用回路において誤結線、過負荷による焼損あるいは過度の異常現象による絶縁劣化のため、絶縁破壊に至る事故は少なくない。一次側ヒューズはVTの絶縁破壊時の相間短絡電流によって動作するものであるが、このヒューズは、次のような重要な2つの機能をもっている。

① 主回路の保護

ヒューズが動作するとVT回路は主回路から切り離されたことになるので、事故範囲を最小限度にとどめる。

② 安全性の確保

一次側ヒューズの付いていないVTが、万一、絶縁破壊をおこすと、いわゆる短絡事故となり、アークの発生によって、VTのまわりの機器の被爆や、場合によっては火災の発生の可能性もある。さらに停電時間も長時間になる場合が多い。

しかし、一次側ヒューズ付VTの場合、一次側ヒューズが短絡電流を限流しながら、すばやく遮断するので上記のような危険な事態はおこらない。

電力の安定供給性とか安全性が重視される昨今、是非一次側ヒューズ付VTを選定願いたい。

ヒューズが溶断した時には上述のようにVT内部で異常が発生している場合があるので必ずVTの絶縁性能を診断し、異常があれば取り替える必要がある。絶縁性能に異常がなければ、ヒューズの劣化や励磁突入電流によりヒューズが断線しているので、ヒューズを取り替えを行い、溶断が1本でも全数取り替えることが必要である。尚ヒューズを取り替え後、短期間に再度ヒューズが切れる場合は、VT内部で絶縁破壊している可能性が高いのでVTの取り替えが必要である。

3.9 インバータ回路・サイリスタ回路への使用について

表14 インバータ回路での使用について

	1次側	2次側
CT	1.適応性 高周波成分を有する歪波形であることから確度階級を若干超える可能性もあるが適応性はある。 2.選定機種…………… CWタイプ	1.適応性 低周波数領域では励磁電流増大により比誤差がマイナスになる傾向がある。 励磁電流を抑制するために、使用負担の約10倍を定格負担に選ぶ。 但し、25Hz以下の低周波数領域におけるデータは参考データとして扱う必要がある。 2.選定機種…………… CWタイプ
VT	1.適応性 高周波成分を有する歪波形であることから確度階級を若干超える可能性もあるが適応性はある。 2.選定機種…………… PEタイプ	1.適応性 電圧は方形波(矩波形)が連続するため、鉄心飽和により発熱し焼損事故に至る可能性があり使用できない。 2.選定機種…………… なし

表15-1 サイリスタ(位相制御)回路での使用について

	1次側	2次側
CT	1.適応性 電流は高周波成分を有する歪波形であることから確度階級を若干超える可能性もあるが適応性はある。 2.選定機種…………… CWタイプ	1.適応性 高周波成分を有する歪波形であることから確度階級を若干超える可能性もあるが適応性はある。 2.選定機種…………… CWタイプ
VT	1.適応性 電圧は正弦波形であり適応性はある。 2.選定機種…………… PEタイプ	1.適応性 サイリスタ回路の投入動作の度に、VTの一次側に励磁突入電流が流れ、その電流の発熱により焼損事故に至る可能性があり使用できない。 2.選定機種…………… なし

表15-2 サイリスタ(サイクル制御)回路での使用について

	1次側	2次側
CT	1.適応性 電流は歪波形であることから確度階級を若干超える可能性もあるが適応性はある。 2.選定機種…………… CWタイプ	1.適応性 歪波形であることから確度階級を若干超える可能性もあるが適応性はある。 2.選定機種…………… CWタイプ
VT	1.適応性 電圧は正弦波形であり適応性はある。 2.選定機種…………… PEタイプ	1.適応性 サイリスタ回路の投入動作の度に、VTの一次側に励磁突入電流が流れ、その電流の発熱により焼損事故に至る可能性があり使用できない。 2.選定機種…………… なし

3.10 接地形計器用変圧器の使用について

6.6kV 受電の系統は非接地であり、電力会社配電線でのメガリングテスト時の不具合を避けることから高圧需要家の受電点では接地形計器用変圧器（EVT）は使用できず、各種コンデンサ接地方式が採用されている（高圧受電設備規定参照）。特高受電の高圧回路において三相回路地絡時の零相電圧を検出するには、一般にEVTの開放三角結線（オープンデルタ）された三次巻線が用いられる。

正常時には下図（a）に示す様に三次電圧のベクトル和は0となり、開放三角結線した三次巻線の開放端子間には電圧は現れないが、V相端子が完全地絡すると下図（b）の様になり、健全な他の二相の一次巻線には線間電圧が加わる。したがって、一次電圧は正常時の $\sqrt{3}$ 倍になり、かつ 60° の位相となるので、三次巻線の開放端子間には定格三次電圧の3倍の電圧が出力される。

三相EVT 6600/110/ $\frac{110}{3}$ V(单相EVT $\frac{6600}{\sqrt{3}}$ / $\frac{110}{\sqrt{3}}$ / $\frac{110}{3}$ V)

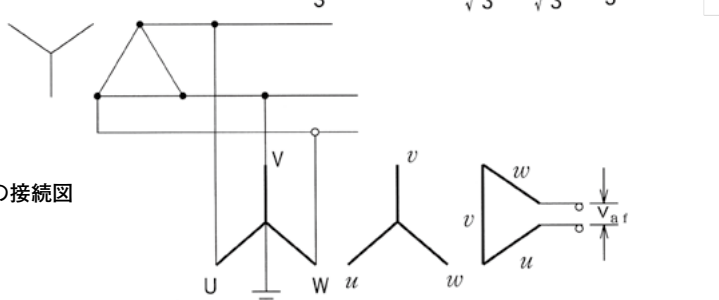


図9 EVTの接続図

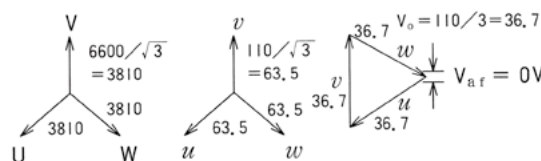


図10(a) 正常時ベクトル

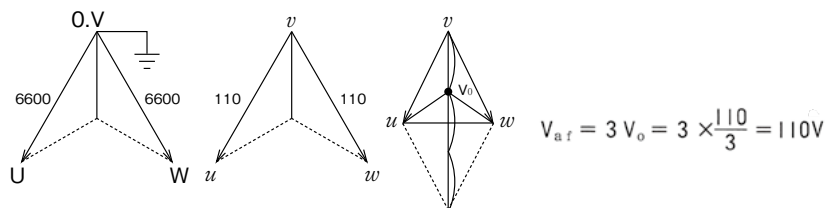


図10(b) V相接地時ベクトル

3.11 零相変流器（ZCT）について

回路の地絡事故時に発生する零相電流を検出する変流器で、JEC準拠品と継電器専用品がある。一般に特高需要家の受電点及びその構内配電線（6kV）の地絡保護用検出器としては、JEC-1201準拠品であるBZ形ZCTが使用される。

ZCTは、高インピーダンス接地系回線で事故時の地絡電流が100～200mA程度と小さい系統の零相電流検出に使用される。

そのため、JEC-1201規格では、定格零相一次電流200mA、定格零相二次電流1.5mAと定められている。このような低電流域では誤差特性が厳しく、確度階級をH級、L級としている。

表16 ZCTの零相二次電流の限度

単位 mA

確度階級	定格零相一次電流	定格零相二次電流	零相二次電流の限度
H級	200	1.5	1.2以上1.8以下
L級			1.0以上2.0以下

また、実際に一次各相電流に零相電流を含んでいなくても、二次側にいくらかの電流が流れることがあり、これを残留電流と呼んでいる。残留電流は、一次導体と二次巻線及び鉄心の配置、鉄心の励磁特性などによって左右されるが、零にすることは困難であるため表17のように限度を定められている。

表17 ZCTの残留電流の限度

定格一次電流	残留電流の限度
400A以上	零相一次電流100mAにおける零相二次電流
400A未満	零相一次電流100mAにおける零相二次電流の80%

4. 特性と性能

4.1 計器用変成器の部分放電と耐圧試験時の発音

4.1.1 部分放電

図11のように電気機器の絶縁物（エポキシレジン・ブチルゴムなど）にボイド（空隙）が存在し、これに高電圧が印加されるとボイド中の気体は放電をおこす。この理由として、

①ボイド中の気体の誘電率が絶縁物に比べて小さいためボイド中の電位傾度が絶縁物中より高くなる。

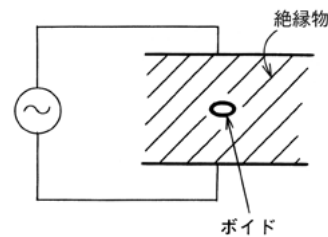


図11 絶縁物中のボイド

②ボイド中の気体の破壊はパッシェン（Paschen）の法則によって起り、その破壊電圧は絶縁物に比べて小さいことがあげられる。

この放電現象を部分放電とかコロナ放電といっているが、一般には部分放電が正しい呼称といわれている。

ボイド中で放電が起ると、ボイドを形成する絶縁物の表面に電荷が蓄積し、そこに逆電界が形成されて放電は一旦消滅する。しかし、印加電圧が交流の場合は、ボイド中の電圧もたえず変化しているので再び放電が起き、図12のようなパルス状放電が持続することになる。

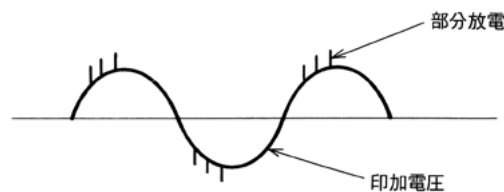


図12 部分放電の波形

この部分放電は、このように局部的、パルスのみであるばかりでなく印加電圧、ボイドの形状、ボイド内の気体の種類や圧力、絶縁物の種類や表面状態、温度、湿度などの周囲条件、課電履歴など多数の因子により複雑に影響される。

また、部分放電現象にともなう生じるオゾンによる酸化作用、電子衝撃作用及び熱作用などによって、絶縁物を物理的、化学的に変質劣化させ、場合によっては、機器の絶縁破壊に至る可能性もある。

この部分放電による劣化の程度は、絶縁物の種類によって異なることはいままでもないが、一般的には有機質に比べて無機質は劣化が少ない。

最近のように機器の小形化が進み、絶縁物にかかる電圧が高くなるにしたがって、この現象による絶縁物の劣化が重視されるようになった。そこで、部分放電が機器の絶縁性能の評価とか、絶縁診断の一方法として一般化されつつある。JIS C 1731と1736では1980年、JEC-1201では1985年から部分放電について規格化されている。

現在のところ、部分放電と絶縁物の劣化との関係は、十分に解明されていないが、絶縁物の劣化に及ぼす因子としては、部分放電の大きさ（電荷量…クーロン値で表わす）と放電頻度（1秒間の放電回数）があるとされている。

例えばJIS C 1731と1736及びJEC-1201には、6 kV以上のモールド形計器用変成器の部分放電現象に対して次のように規定している。

「一次コイルと二次コイル・鉄心一括間に最高電圧の1.2倍（6kVでは8280V）の電圧を10秒間以上加えた後、これを徐々に下げて最高電圧の $1.1/\sqrt{3}$ （6kVでは4382V）の電圧で1分間以上保持した場合、放電電荷量は50pCを超えてはならない。」

（注）pC = 10^{-12} クーロン

4.1.2 耐圧試験時の発音

これは前述の部分放電現象の一種であるが、放電個所が図13（コイルモールド形変成器の断面図）の斜線部であり、一般的にいう部分放電現象とは異なるものである。

絶縁物中のボイドの放電現象ではないため、コイルモールド形変成器独特の現象であり、全モールド形変成器には見られない現象である。

耐圧試験時に上記のような放電音が発生すると、その機器の絶縁性能に疑問をいだかせるのは当然であるが、実用上は次の3点で問題がないといえる。

- ・ 6 kV用の場合、一次コイルと鉄心間にかかる通常の電圧は、 $6600 \times \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 3800\text{V}$ であり、上記発音開始電圧（約7 kV）に比べて小さいので、通常の使用状態ではこの空隙部分における放電は全くない。
- ・ 上記のような発音現象のある機器でも前記JIS、JEC規格に合格する。
- ・ 十分な使用実績がある。

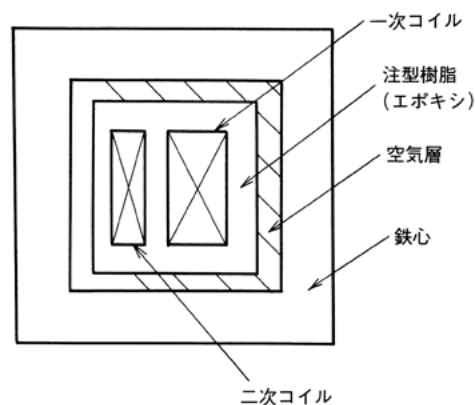


図13 コイルモールド形変成器の断面図

4.2 変流器の諸特性

表18-1 変流器の諸特性

形名	定格 一次電流 (A)	耐電流			二次漏洩 インピー ダンス (VA) ^{※1}		
		熱的kA(実効値)		機械的kA (波高値)			
		通電時間(秒)					
		1.00	0.20	0.13			
CD-40K n>3	5	0.23	0.50	0.57	1.5	6.3	
	10	0.45	1.00	1.14	3.0		
	15	0.68	1.50	1.71	4.5		
	20	0.90	2.00	2.28	6.0		
	25	1.20	2.60	2.93	7.5		
	30	1.40	3.00	3.42	9.0		
	40	1.80	4.00	4.56	12.0		
	50	2.30	5.00	5.70	15.0		
	60	2.70	6.00	6.84	18.0		
	75	3.40	7.60	8.55	22.5		
	80	3.60	8.00	9.12	24.0		
	100	4.50	10.10	11.40	30.0		
	120	5.40	12.00	13.68	36.0		
	150	6.80	15.10	17.10	45.0		
200	9.00	20.10	22.80	60.0			
	250	11.30	25.20	28.50	75.0	4.9	
	300	13.50	30.20	34.20	90.0	6.3	
	400	18.00	○	○	◎	8.3	
	500	22.50	○	○	◎	4.9	
	600	27.00	○	○	◎	6.3	
	750	33.80	○	○	◎	7.0	
CD-40NA n>10	5	0.25	0.56	0.59	1.5	9.5	
	10	0.50	1.10	1.17	3.0		
	15	0.75	1.70	1.75	4.5		
	20	1.00	2.20	2.34	6.0		
		25	1.25	2.80	2.92	7.5	9.5
		30	1.50	3.40	3.51	9.0	
		40	2.00	4.50	4.68	12.0	9.5
		50	2.50	5.60	5.85	15.0	
		60	3.00	6.80	7.02	18.0	10.2
		75	3.80	8.40	8.80	22.5	
		80	4.00	8.96	9.36	24.0	9.5
		100	5.00	11.20	11.70	30.0	
		120	6.00	13.40	14.04	36.0	10.2
		150	7.50	16.80	17.50	45.0	11.2
	200	10.00	22.40	23.40	60.0	9.5	
	250	12.50	28.00	29.25	75.0	10.2	
	300	15.00	33.50	35.10	90.0	11.2	
	400	20.00	○	○	◎	9.5	
	500	25.00	○	○	◎	12.3	
CD-40H n>10	600	○	○	○	◎	9	
	750	○	○	○	◎	13.1	
	800	○	○	○	◎	14.3	
	1000	○	○	○	◎	20.6	
	1200	○	○	○	◎	-	
	1500	○	○	○	◎	-	
	2000	○	○	○	◎	-	

表18-2 変流器の諸特性

形名	定格 一次電流 (A)	耐電流			二次漏洩 インピー ダンス (VA) ^{※1}		
		熱的kA(実効値)		機械的kA (波高値)			
		通電時間(秒)					
		1.00	0.20	0.13			
CD-40ENA n>10	5	0.43	0.95	1.01	2.6	9.2	
	10	0.85	1.90	2.03	5.2		
	15	1.30	2.90	3.04	7.9		
		20	1.70	3.80	4.06	10.5	9.4
		25	2.20	4.90	5.07	13.1	
		30	2.60	5.70	6.09	15.8	9.2
		40	3.40	7.60	8.10	21.0	
		50	4.30	9.50	10.10	26.3	9.2
		60	5.20	11.40	12.18	31.6	9.6
		75	6.40	14.30	15.20	39.4	9.2
		80	6.80	15.20	16.24	42.0	9.6
		100	8.50	19.00	20.30	52.5	10.1
		120	10.20	22.80	24.30	63.0	10.6
		150	12.80	28.50	30.40	78.8	9.2
	200	17.00	38.00	○	◎	10.1	
	250	21.25	○	○	◎	9.2	
	300	25.50	○	○	◎	12.0	
	400	34.00	○	○	◎	10.1	
CD-40GNA n>10	5	0.85	1.90	1.98	5.1	3.7	
	10	1.70	3.80	3.97	10.1		
	15	2.60	5.70	5.95	15.2		
		20	3.40	7.60	7.94	20.3	3.7
		25	4.20	9.30	9.81	25.3	
		30	5.10	11.40	11.91	30.4	3.8
		40	6.80	15.20	15.88	40.5	
		50	8.50	19.00	19.80	50.6	3.7
		60	10.20	22.80	23.82	60.8	
		75	12.80	28.50	29.70	75.9	4.4
		80	13.60	30.40	31.76	80.9	3.7
		100	17.00	38.00	39.70	◎	
		150	25.50	○	○	◎	4.4
		200	34.00	○	○	◎	3.7
CD-40LN n>10	5	1.70	3.80	4.15	11.2	4.8	
	10	3.50	7.80	8.54	22.5		
	15	5.20	11.60	12.70	33.7		
	20	7.00	15.60	17.10	45.0		
	25	8.70	19.40	21.20	56.2		
	30	10.50	23.50	25.60	67.5		
	40	14.00	31.30	34.20	90.0		
	50	17.50	39.10	○	◎		
	60	21.00	○	○	◎		
	75	26.20	○	○	◎		
	80	28.00	○	○	◎		
	100	35.00	○	○	◎		

※1 これは60Hz時の値であるが、50Hz時もほとんど同じである。

※2 ○は40kA、◎は100kAを示す。

※3 耐電流値は二次側に定格負担の25%の負担を接続した条件での値。

表18-3 変流器の諸特性

形名	定格 一次電流 (A)	耐電流			二次漏洩 インピー ダンス (VA) ^{※1}	
		熱的kA(実効値)				機械的kA (波高値)
		通電時間(秒)				
		1.00	0.20	0.13		
CD-15BB n>10	5	0.25	0.56	0.59	1.5	9.5
	10	0.50	1.10	1.17	3.0	
	15	0.75	1.70	1.75	4.5	
	20	1.00	2.20	2.34	6.0	9.5
	25	1.25	2.80	2.92	7.5	
	30	1.50	3.40	3.51	9.0	
	40	2.00	4.50	4.68	12.0	9.5
	50	2.50	5.60	5.85	15.0	
	60	3.00	6.80	7.02	18.0	
	75	3.80	8.40	8.80	22.5	9.5
	80	4.00	8.96	9.36	24.0	
	100	5.00	11.20	11.70	30.0	
	120	6.00	13.40	14.04	36.0	10.2
	150	7.50	16.80	17.50	45.0	11.2
	200	10.00	22.40	23.40	60.0	9.5
	250	12.50	28.00	29.25	75.0	10.2
300	15.00	33.50	35.10	90.0	11.2	
400	20.00	○	○	◎	9.5	

※1 これは60Hz時の値であるが、50Hz時もほとんど同じである。

※2 ○は40kA、◎は100kAを示す。

※3 耐電流値は二次側に定格負担の25%の負担を接続した条件での値。

表18-4 変流器の諸特性

形名	定格 一次電流 (A)	定格 過電流 強度 (倍)	耐電流			二次漏洩 インピー ダンス (VA) ^{※1}		
			熱的kA(実効値)				機械的kA (波高値)	
			通電時間(秒)					
			1.00	0.20	0.13			
EC-0 (形番LA) n>5	5	40	0.27	0.60	0.60	1.5	7.5	
	10		0.54	1.20	1.20	3.0		
	15		0.84	1.80	1.80	4.5		
	20		0.93	2.07	2.40	6.0		
	30		1.68	3.60	3.60	9.0		
	40		2.69	4.80	4.80	12.0		
	50		3.36	6.00	6.00	15.0		
	60		3.36	7.20	7.20	18.0		
	75		3.36	7.51	9.00	22.5		
	100		6.72	12.00	12.00	30.0		
	120		6.72	14.40	14.40	36.0		
	150		6.72	15.02	18.00	45.0		
	200		10.08	22.53	24.00	60.0		
	300		16.81	36.00	36.00	90.0		
BN-0 (形番LA) n>10	10	40	0.69	1.54	1.91	5.0	7.3	
		75	0.82	1.83	2.24	5.6		
		150	1.56	3.36	3.36	8.4		
	15	40	1.03	2.30	2.85	7.5	7.3	
		75	1.23	2.75	3.36	8.4		
		150	2.50	5.04	5.04	12.6		
	20	300	4.80	8.00	8.00	20.0	8.5	
		40	1.38	3.08	3.82	10.0		7.2
		75	1.64	3.66	4.48	11.2		
	25	150	3.10	6.72	6.72	16.8	8.5	
		40	1.72	3.84	4.77	12.7		7.2
		75	2.05	4.58	5.60	14.0		
	30	150	3.90	8.40	8.40	21.0	7.2	
		40	2.07	4.62	5.74	15.0		8.4
		75	2.46	5.50	6.72	16.8		
	40	150	4.60	10.08	10.08	25.2	7.1	
		40	2.76	6.17	7.65	20.0		8.4
		75	3.28	7.33	9.00	22.5		
	50	150	6.20	13.44	13.44	33.6	7.1	
		40	3.45	7.71	9.56	25.0		8.4
		75	4.10	9.16	11.24	28.1		
	60	150	7.80	16.80	16.80	42.0	7.2	
		40	4.14	9.25	11.48	30.0		8.4
		75	4.92	11.00	13.48	33.7		
	75	150	9.36	20.16	20.16	50.4	7.1	
		40	5.17	11.56	14.33	37.5		8.4
		75	6.15	13.75	16.84	42.1		
	80	150	11.70	25.20	25.20	63.0	7.8	
		40	5.44	12.16	15.09	37.7		7.1
		75	6.54	14.62	18.13	45.3		
	100	150	12.03	27.01	27.01	67.5	8.4	
		40	6.90	15.42	19.13	50.0		7.1
		75	8.20	18.33	22.48	56.2		
	120	150	15.60	33.60	33.60	84.0	7.1	
		40	8.28	18.51	22.96	60.0		8.2
		75	9.84	22.00	27.00	67.5		
150	19.50	○	○	◎				
300	38.40	○	○	◎				

※1 これは60Hz時の値であるが、50Hz時もほとんど同じである。

※2 ○は40kA、◎は100kAを示す。

※3 耐電流値は二次側に定格負担の25%の負担を接続した条件での値。

表18-5 変流器の諸特性

形名	定格 一次電流 (A)	定格 過電流 強度 (倍)	耐電流			二次漏洩 インピー ダンス (VA) ^{※1}	
			熱的kA(実効値)				機械的kA (波高値)
			通電時間(秒)				
			1.00	0.20	0.13		
BN-0 (形番LA) n>10	150	40	10.35	23.14	28.70	75.0	7.0
		75	12.30	27.50	33.72	84.3	
		150	23.40	○	○	◎	
		40kA	○	○	○	◎	8.1
	200	40	13.80	30.85	38.27	◎	7.0
		75	16.40	36.67	○	◎	
		150	31.20	○	○	◎	
		40kA	○	○	○	◎	8.0
	250	40	17.00	38.00	○	◎	12.1
		75	20.43	○	○	◎	
		150	37.64	○	○	◎	
	300	40	20.70	○	○	◎	8.4
		75	24.60	○	○	◎	
		40kA	○	○	○	◎	
	400	40	27.60	○	○	◎	12.7
		75	31.75	○	○	◎	
		40kA	○	○	○	◎	
	500	40kA	○	○	○	◎	17.7
600	40kA	○	○	○	◎	9.2	
750	40kA	○	○	○	◎	13.0	
800	40kA	○	○	○	◎	10.4	
1000	40kA	○	○	○	◎	20.5	
1200	40kA	○	○	○	◎	26.5	
1500	40kA	○	○	○	◎	34.5	

※1 これは60Hz時の値であるが、50Hz時もほとんど同じである。

※2 ○は40kA、◎印は100kAを示す。

※3 耐電流値は二次側に定格負担の25%の負担を接続した条件での値。

4.3 計器用変圧器の諸特性

表19 計器用変圧器の諸特性

形 名		PE-15F		PD-50HF			PD-100HF			PD-200KFH			EP-0FH ^{注1}	
定 格 電 圧 (V)		220	440	440	3300	6600	440	3300	6600	440	3300	6600	3300	6600
制 限 負 荷 (VA)	連続定格	100		200			200			500			300	
	2秒定格 ^{注2}	200		500			500			1000			700	
制限負荷時の 誤差 (%)	連続定格	-5		-5			-5			-5			-5	
	2秒定格	-10		-10			-10			-10			-10	
一 次 ヒ ュ ー ズ	定格電流 (A)	T2		T2	T1		T2	T1		T2	T1		T1	
	遮断電流 (kA)	100		100	40		100	40		100	40		40	
% インビ ーダンス 電圧	% 抵抗電圧 (%)	0.69		0.93			1.99			1.59			0.77	0.71
	%リアクタンス電圧 (%)	0.15		0.21			0.49			1.01			0.17	0.19
	%インピーダンス電圧 (%)	0.71		0.95			2.05			1.88			0.79	0.73

注1 EP-0FH形のインピーダンス電圧は50VA時を示す。

注2 2秒定格は0.2秒通電1.8秒間隔で10サイクルの責務を考慮した値である。

4.4 計器用変成器の諸特性の傾向

(1) CTの使用負担と誤差の関係（確度階級1.0級の場合）

使用負担が増加すると、誘起電圧が上昇し鉄心の励磁電流が増加するため、誤差は変化する。

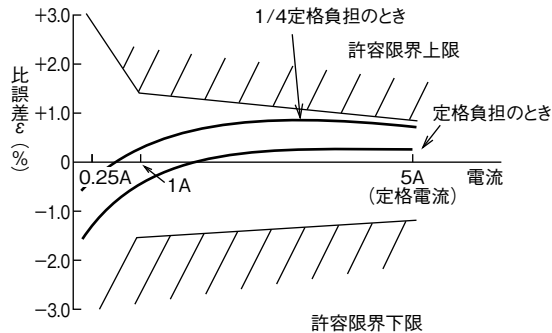


図14 CTの使用負担と比誤差

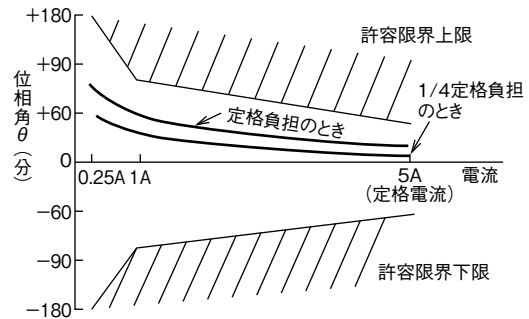


図15 CTの使用負担と位相角

(2) VTの使用負担と誤差の関係（確度階級1.0級の場合）

使用負担が増加すると、一次電流と二次電流が増加するため巻線の電圧降下により、誤差は変化する。

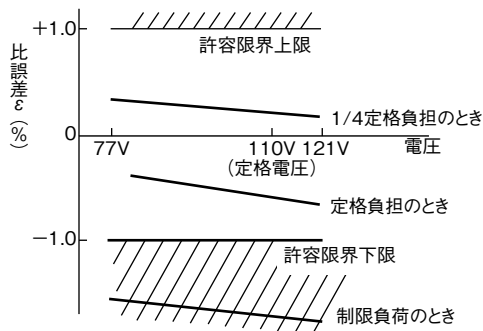


図16 VTの使用負担と比誤差

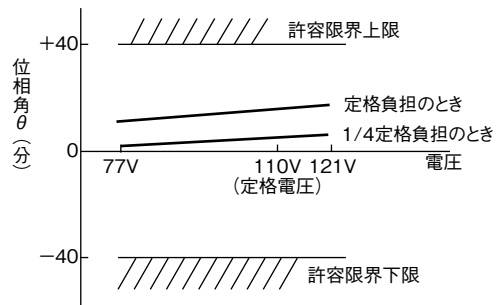


図17 VTの使用負担と位相角

(3) 使用負担と温度上昇

CTの場合、負担と温度上昇は直接には関係ない。

定格以上の負担を接続すると誤差及び過電流特性が悪くなる。

VTの場合、電流増加により巻線の発熱量が増えるため、温度上昇となる。

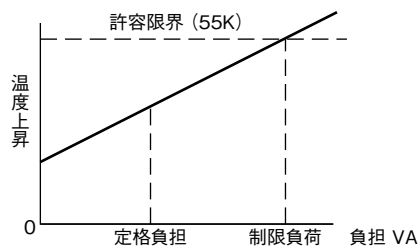


図18 VTの使用負担と温度上昇の関係

5. 使用条件とその適用

計器用変成器は設置される環境により寿命が異なるため、日常点検及び定期点検の実施が必要である。絶縁低下等の異常が判明した場合は更新すること。

5.1 常規使用条件

モールド形計器用変成器の常規使用条件は次のとおりとする。

- ① 周囲温度は-20℃～+40℃ しかも24時間の平均周囲温度35℃以下。
- ② 標高1000m以下。
- ③ 使用雰囲気にて潮風、湿潤、腐食性ガス、可燃性ガス、じんあい等が著しくないところ。
- ④ 屋内で直射日光に晒されず、雨水に直接当たらないこと。

5.2 高温での使用

JIS規格の温度上昇限度（A種絶縁、巻線55℃、鉄心その他50℃）より考えて40℃以下での使用が望ましい。

高温使用としての特殊仕様はないので、上記温度を越えて使用する場合は、次の様に負荷条件を緩和する必要がある。

- CT — CT比が所定より大のものを使用して負荷電流による温度上昇を低減
 — 過電流強度が所定より大のCTを選定（温度上昇が小）
- VT — 使用負担の低減

5.3 低温での使用

エポキシまたはメルキッドゴムモールドタイプを使用し、-20℃以下の場合は、スペースヒータなどにより-20℃以上に保つこと。

なお、保存は-30℃まで可能。

5.4 多湿での使用

エポキシ及びメルキッドゴムモールドタイプを使用のこと。ワニスタイプは不適當。とくに熱帯地方のような高温多湿な環境下で使用する場合には、防サビ、防カビのために下記のような熱帯処理を施したものを使用する。

- ① 金属部品
 - 鉄系 — 亜鉛メッキ有色クロメート処理
 - 銅系 — スズメッキ
- ② 製品外面
 - 防湿、防カビ効果の高い塗料を導電部を除く製品外面に塗布する。

5.5 高地での使用

1000m以上の高地で使用する場合には、使用電圧、電流を低減する必要がある。アメリカ規格（ANSI）では商用周波数耐圧値、インパルス耐圧値、CTの定格電流値に表20の定数をかけて適用することを規定している。

表20 高地での補正值

標高 (m)	補正值	
	耐圧値	CTの定格電流
1000	1.00	1.00
1500	0.95	0.985
3000	0.80	0.94

なお、VTについても放熱効果の減少にともなって、温度上昇が高くなるが、一般に定格負担は制限負荷よりかなり小さいため、高地における使用でも定格負担以下であれば問題ないといえる。

5.6 腐食性ガス雰囲気での使用

腐食性ガスの雰囲気で使用する場合には、腐食により接触抵抗の増加や、サビによる絶縁劣化等の不具合がおこる可能性があり、各部品の耐食性能を向上させるため、表21に示す表面処理を施したものを使用する。

表21 表面処理

部品	素地材料	表面処理または耐食処理
ベース部	鉄系	亜鉛メッキ有色クロメート処理
端子	銅系	スズメッキ
鉄心 (コイルモールド形)	鉄系	塗装またはワニス処理
ねじ 座金 その他部品	銅形	スズメッキ
	鉄系	亜鉛メッキクロメート処理
	ステンレス	表面処理せず

5.7 じんあい中での使用

適当な保護ケースに収納して使用することが望ましい。

5.8 汚損・湿潤について

VT・CTに使用しているモールド材料は有機材料特有のトラッキング現象があることから、汚損の多いところ及び湿潤（結露）のある所では使用できない。したがって湿潤（結露）環境ではスペースヒータの設置が必要不可欠である。

5.9 耐振動・衝撃性

計器用変成器に対する振動、衝撃の規定はないが輸送等を考慮して下記条件で異常のないことを確認している。

振動——振動数：16.7Hz, 複振幅：4 mm, 方向：3 方向, 時間：1 時間（各方向）

衝撃——最大加速度：490m/s²

6. 特殊用途

6.1 消防法に基づく耐熱形変流器

消防庁告示第10号の「低圧で受電する非常電源専用受電設備の配電盤及び分電盤の基準」により、耐熱性をもった配・分電盤に収納される機器については、火災時でも消防用設備への通電を継続できる耐熱性能をもったものでなければならない。

(a) 耐熱形変流器の適用

耐熱形変流器は設置場所により表22のとおり定められている。

表22 耐熱形変流器の種類

消防庁予防課171号 昭和55年8月23日による

非常電源の種類	設置場所	区分	機器の種類
非常電源専用受電設備 (特定防火対象物では 1000m ² 未満に限る)	低圧受電	電気室 ^(注2)	二種
		機械室 ^(注3) パイプシャフト	二種
		一般居室	—種
		階段	一般階段 特別避難階段 ^(注4) 避難階段
	廊下	—	—種
高圧受電 特別高圧受電	キュービクル式は規定された屋外または受電室その他は不燃専用室		一般形機器

注1 不燃材料で造られた壁、柱、床及び天井（天井のない場合にあっては屋根）で区画され、かつ窓及び出入口に甲種防火戸または乙種防火戸を設けた不燃区画をいう。

注2 耐火構造の床、壁または甲種防火戸もしくは乙種防火戸で区画された電気室は除き、これら除かれた場所についてはJIS C8480（分電盤通側）に適合する配電盤等を設置すればよい。

注3 ボイラー室等の火気使用機械室は、1種配電盤等を設置すること。

注4 建築基準法施行令第123条に規定する避難階段または特別避難階段をいう。

(b) 耐熱通電性能

○ 一種耐熱形

1/3 火災温度曲線により30分間加熱したとき支障なく耐熱定格電流を通電することができる。

○ 二種耐熱形

1/7 火災温度曲線により30分間加熱したとき支障なく耐熱定格電流を通電することができる。

○ 耐熱定格電流について

負荷電流は耐熱定格電流（定格一次電流の70%）

以内で使用すること。

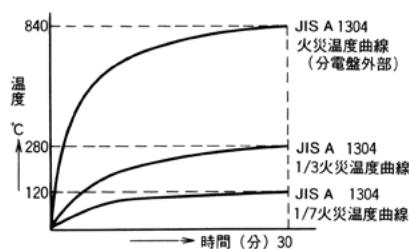


図19 耐熱温度曲線

三菱耐熱形変流器はこの基準に定められる一種耐熱、二種耐熱機器に適合し「非常用配電盤等認定業務委員会」の登録機器として承認されている。

6.2 特殊周波数での使用

周波数が増えると、磁束密度が小さくなり、磁化電流は減り、誤差特性を良くするが、鉄損電流と漏洩インピーダンスは増えて、誤差特性を悪くする。

一般的に1000Hz ぐらいまでは前者の影響が打勝って、誤差特性は良くなり、1000Hz 以上になると後者の影響が打勝って、誤差特性が悪くなる傾向にある。一例として図20のようになる。

高周波領域（例えば400Hz 程度）では50又は60Hz 時の誤差とあまり変わらないと考えてよい。

つまり、50、60Hz 時1.0級の VT・CT であれば400Hz でもほぼ1.0級に合格すると考えてよい。

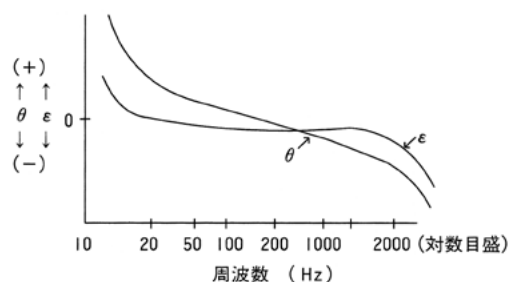


図20 周波数による誤差特性

低周波領域（例えば25Hz 程度）では、50（60）Hz 時の誤差に比べて相当悪くなると考えられる。

したがって一般的に50（60）Hz 用の VT・CT を使用すると正確な計測はできない。

7. 規 格

計器用変成器に関する国内・外国のおもな規格は次のとおりである。

7.1 日本の規格

- (1) 日本工業規格
 - ・ JIS C1731-1 計器用変成器 — (標準用及び一般計測用) 第1部：変流器
 - ・ JIS C1731-2 計器用変成器 — (標準用及び一般計測用) 第2部：計器用変圧器
 - ・ JIS C1736 〃 (電力需給用)
- (2) 電気規格調査会標準規格
 - ・ JEC-1201 計器用変成器 (保護継電器用)
- (3) 計量法省令「検定検査規則」

7.2 外国の規格

- (1) 国際 International Electro technical Commission
 - ・ IEC 60044-1 Current Transformers
 - ・ IEC 60044-2 Inductive Voltage Transformers
- (2) アメリカ American National Standards Institute
 - ・ ANSI C 57.13 Requirements for Instrument Transformers

7.3 国内外主要規格の比較（抜粋）

表23 CTの定格電流

規 格	定 格 一 次 電 流 (A)						定格二次電流 (A)		
JIS C 1731-1	-	(1)	10	[100]	1000	10000	注) (1) 多重比は左記から選ぶこととし、二重比の場合は2倍比をとるものとする。 (2) () 値はJECにはない。 (3) キュービクル式高圧受電設備用は [] 値のみ。 (4) JECの場合の定格零相一次電流は100A、200A。 注) (5) JECの場合の定格零相三次電流は5Aのみ。		
	-	-	(12)	(120)	1200	12000			
	-	-	15	[150]	1500	15000			
	-	(2)	[20]	[200]	2000	20000			
	(0.25)	(2.5)	(25)	(250)	(2500)	-			
	-	(3)	[30]	300	3000	(30000)			
	-	(4)	[40]	400	4000	-			
	(0.5)	5	[50]	500	5000	-			
JEC-1201	-	(6)	[60]	600	6000	-			
-	-	[75]	750	7500	-				
-	(8)	80	800	8000	-				
IEC60044-1	10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75及び前記の10の倍数が分数						多重比の最低電流値は左記から選定。 標準：5, 2, 1 非標準： $\frac{5}{\sqrt{3}}, \frac{2}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}$		
ANSI C 57.13	単 一 比		二 重 比		多 重 比 (ブッシング形)		定格二次電流 5		
	10	15	25	40	25/50	50/100		最高電流 600 1200 2000 3000 4000 5000	
	50	75	100	200	100/200	200/400			
	300	400	600	800	300/600	400/800			標準比 120/100/90/80/60/50/40/30/20/10 : 1 240/200/180/160/120/100/80/60/40/20 : 1 400/320/300/240/220/160/100/80/60 : 1 600/500/440/400/300/240/200/160/100/60 : 1 800/700/600/500/400/300/200/100 : 1 1000/800/700/600/500/400/300/200/100 : 1
	1200	1500	2000	3000	600/1200	1000/2000			
	4000	5000	6000	8000	1500/3000	2000/4000			
12000									

表24 CTの定格負担

規 格	確 度 階 級	定 格 負 担 (VA)						pf	
JIS C 1731-1	一 般 計 器 用	0.5級	-	-	15	25	40	0.8	
		1.0級	5	10	15	25	40		
		3.0級	5	10	15	25	40		
JIS C 4620 附属書1	キュービクル式 高圧受電設備用	1P級	-	10	-	25	40	-	
		1PS級	-	10	-	25	40	-	
JEC-1201	継 電 器 用	1P級	5	10	15	25	40	60	100
		3P級							
		1PS級							
		3PS級							
		3G級	5	10	-	-	-	定格一次電流800A以下	
		5G級	-	10	15	25	40	定格一次電流1000A以上	
5G級	5	10	15	25	40				
10G級	-	10	15	25	40				
IEC60044-1	2.5 5.0 10 15 30 30以上の選択も可						0.8 (5VA以下は1.0)		
ANSI C 57.13	一 般 計 器 用	B-0.1	2.5	注) (1) 二次5Aのとき標準負担として抵抗、インダクタンス、インピーダンスも規定。 (2) 二次1Aのときは規定の抵抗インピーダンスを25倍する。				0.9	
		B-0.2	5.0						
		B-0.5	12.5						
		B-0.9	22.5						
		B-1.8	45.0						
	継 電 器 用	B-1	25	0.5					
		B-2	50						
		B-4	100						
	B-8	200							

表25 CTの確度階級

規 格	確 度 階 級	比 誤 差 (%)				位 相 角 (分)				VA (%)	pf		
		0.05In	0.2In	1.0In		0.05In	0.2In	1.0In					
JIC C 1731-1	一 計 器 用	一次電流		0.05In	0.2In	1.0In		0.05In	0.2In	1.0In	25~100	0.8	
		0.5級	±1.5	±0.75	±0.5		±90	±45	±30				
		1.0級	±3.0	±1.5	±1.0		±180	±90	±60				
JIC C4620 附屬書 1	キュービクル 式高圧受電用	1P級	—	±3.0	±1.0		—	±180	±60	25~100	0.8		
		1PS級	±3.0	±1.5	±1.0		±180	±90	±60				
JEC- 1201	繼電器用	1P級	—	±3.0	±1.0		—	±180	±60	25~100	定格二次電 流が5Aで 定格負担 5VAのCT は2.5VA~ 5VA	0.8	
		3P級	—	±10.0	±3.0		—	±600	±180				
		1PS級	±3.0	±1.5	±1.0		±180	±90	±60				
		3PS級	—	±4.5	±3.0		—	±270	±180				
		零相一次電流	0.1Ino		1.0Ino		0.1Ino		1.0Ino				
		3G級	±6.0		±3.0		±360		±180				
		5G級	±10.0		±5.0		±600		±300				
10G級	±20.0		±10.0		±1200		±600						
IEC 60044-1	一 次 電 流	0.05In	0.2In	1.0In	1.2In	0.05In	0.2In	1.0In	1.2In	25~100	0.8 ただし5VA CTは1.0		
		0.5	±1.5	±0.75	±0.5	±0.5	±90	±45	±30			±30	
		1	±3.0	±1.5	±1.0	±1.0	±180	±90	±60			±60	
		3	0.5In±3		1.2In±3								
	5	0.5In±5		1.2In±5									
繼電器用	5P	1.0In±1				1.0In±60				100	0.8 ただし5VA CTは1.0		
	10P	1.0In±3											
ANSI C 57.13	限 度	TCF				RCF : Ratio Correction Factor $RCF = 1 - \frac{\epsilon}{100}$ TCF : Transformer Correction Factor $TCF = RCF - \theta / 2600$ (例) 1.2級 				100	0.6~1.0		
	一 次 電 流	1.0In		0.1In									
	計 器 用	階級	最小	最大	最小							最大	
		0.3	0.997	1.003	0.994							1.006	
計 器 用	0.6	0.994	1.006	0.988	1.012								
	1.2	0.988	1.012	0.976	1.024								

表26 CTの過電流強度

規 格	過 電 流 値		時 間	二次負担	許容最高温度	始 発 温 度			計 算 式
	熱的(数値)	機械的				過電流強度	A種	B種	
JIS C 1731-1	40倍	左記の 2.5倍 (最大瞬 時値)	1秒	定格負担の 25%の負担 (力率:0.8 ~1.0)	A種 250℃	40倍	105℃	130℃	$T=T_0+0.008 \cdot \sigma^2$
	75%				75倍	75℃	90℃		
150%	150倍				55℃	65℃			
300%	300倍				45℃	—			
JEC-1201	40倍	左記の 2.5倍 (最大瞬 時値)	1秒	二次短絡 但し、150倍 以上は協議に よる	A種 250℃	40倍	105℃	130℃	$T=T_0+0.008 \cdot \sigma^2$
	75%				75倍	75℃	90℃		
150%	150倍				55℃	65℃			
300%	300倍				45℃	—			
IEC60044-1	標準値はなし 機械的には熱的 (実効値)の2.5倍 (最大瞬時値)		0.5~5秒	二次短絡	—	—		$I_m^2 \leq I^2 t$ なる電流Iで試験。 tは0.5~5秒	
ANSI C 57.13	標準値はなし 機械的過電流値は一 次電流の交流成分の 実効値で表わす。		1秒 時間換算 $1/\sqrt{t}$ 5秒まで	二次短絡	温度上昇55℃のCTの場合250℃ 温度上昇80℃のCTの場合350℃			—	

表27 CTの過電流域特性

規格	名称	特性		内容
JEC-1201	過電流定数 (n)	n > 5, n > 10, n > 20を基準とする。		定格二次負担 (pf : 0.8) における誤差が-10%となるときの一次電流を定格一次電流で除した値。
IEC60044-1	Accuracy Limit Factor : 5, 10, 15, 20, 30	誤差階級	ϵ_c : Composite error %	$\epsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_{nl} - I_p)^2 dt}$ Accuracy Limit Factor は ϵ_c を満足する最大一次電流と定 格一次電流の比
		5P 10P	5 10	
ANSI C 57.13	C及びT classあり C class : プッシング形 CT T class : 巻線形及び プッシング形以 外のCT	比誤差が10%を超えないところの定格二次電流の20倍までの二次端子電圧を規定。二次端子電圧定格 : 10, 20, 50, 100, 200, 400, 800V 指定例 : C100…… (1 ^o × 5 ^A × 20 = 100 ^V) この場合の定格負担はB-1 T200…… (2 ^o × 5 ^A × 20 = 200 ^V) この場合の定格負担はB-2		

表28 VTの定格負担

規 格	定 格 負 担 (VA)										pf
JIS C 1731-2	確度 階級	0.5級	15	—	—	50	100	200	—	—	0.8
		1.0級	15	—	—	50	100	200	—	—	
		3.0級	15	—	—	50	100	200	—	—	
JEC-1201	定格二次負担	—	—	—	50	100	200	500	—	0.8	
	定格三次負担	—	—	25	50	100	200	—	—		
IEC 60044-2	$\underline{10}$ $\underline{15}$ $\underline{25}$ $\underline{30}$ $\underline{50}$ $\underline{75}$ $\underline{100}$ $\underline{150}$ $\underline{200}$ $\underline{300}$ $\underline{400}$ $\underline{500}$ アンダーラインは推奨値										0.8
ANSI C 57.13	表示	W	12.5								0.10
		X	25								0.70
		Y	75								0.85
		Z	200								0.85
		ZZ	400								0.85
		M	35								0.20

表29 VTの確度階級

規 格	確度階級	比 誤 差 (%)			位相角 (分)	VA (%)	pf
JIS C 1731-2	一次電圧	0.7~1.1V _n			0.7~1.1V _n	25~100	0.8
	一 般 計器用	0.5級	±0.5		±20		
		1.0級	±1.0		±40		
		3.0級	±3.0		±120		
JEC-1201	一次電圧	0.7~1.1V _n			0.7~1.1V _n	25~100	0.8
	計器用	1P級	±1.0		±40		
		3P級	±3.0		±120		
		5P級	±5.0		±200		
	一次電圧	1.0V _n ~√3 V _n			1.0V _n ~√3 V _n	無負担, 100	0.8
継電器用	3G級	±3.0		±120			
	5G級	±5.0		±200			
IEC 60044-2	電 圧 (%)	80~120			80~120	25~100	0.8
	計器用	0.5級	±0.5		±20		
		1.0級	±1.0		±40		
		3.0級	±3.0		—		
	電 圧 (%)	5~120			5~120	25~100	0.8
保護用	3P級	±3.0		±120			
	6P級	±6.0		±240			
ANSI C 57.13	限 度	TCF	pf	電圧 (%)	(例) 1.2級 RCF 	VA (%)	
	計器用	1.2級	1.012~0.988	0.6~ 1.0			90~ 110
		0.6級	1.006~0.994				
0.3級	1.003~0.997						

表30-1 VTの定格電圧及び試験電圧

JIS C 1731-2・JEC-1201					
最高電圧	公称電圧	試験電圧(kV)			
		雷インパルス耐電圧		商用周波耐電圧	
		全波	さい断波	非接地形計器用 変成器	接地形計器用 変成器
0.23	0.22	—	—	2	2
0.46	0.44	—	—	3	
1.15	1.1	—	—	4	
3.45	3.3	30 ^{注1}	—	10 ^{注3}	
		45	50	16	
6.9	6.6	45 ^{注1}	—	16 ^{注3}	
		60	65	22	
11.5	11	75 ^{注1}	—	28	
		90	100		
13.8	13.2	100 ^{注1}	—	39	
		115	125		
17.25	16.5	100 ^{注1}	—	39	
		115	125		
23	22	100 ^{注2}	—	50	
		125 ^{注1}	—		
		150	165		
34.5	33	150 ^{注2}	—	70	
		170 ^{注1}	—		
		200	220		

注1 避雷器などにより過電圧が低いレベルに抑制されている場合、または雷侵入頻度・過電圧レベルが小さい場合に適用する。

注2 高性能を図った避雷器を接地する場合に適用する。

注3 低い耐電圧レベル。

表30-2 VTの定格電圧及び試験電圧

ANSI C 57.13					IEC60044-2			
絶縁階級 BIL	定格電圧 (kV)	試験電圧 (kV)			最高電圧 (kV)	定格電圧 (kV)	試験電圧 (kV)	
		商用周波 耐電圧	雷インパルス耐電圧				商用周波耐電圧	雷インパルス耐電圧
			全波	さい断波				
10	0.12/0.208	4	10	12(-)	0.72	0.38 (0.277/0.48)	3	-
	0.24/0.416							
	0.3/0.52							
30	0.12/0.208	10	30	36(1)	1.2	0.5(0.6)	6	-
	0.24/0.416							
	0.3/0.52							
	0.48/0.832							
	0.6/1.040							
60	2.4/4.16	19	60	69(1.5)	3.6	3.3	10	40
75	4.2/7.28	26	75	88(1.6)	7.2	6.6	20	60
	4.8/8.32							
110 or 95	7.2/12.47	34	95	110(1.8)	12	11	28	75
	8.4/14.56							
	7.2/12.47	34	110	130(2)				
	8.4/14.56							
10	0.12	4	10	12(1)	17.5	15	38	95
	0.24							
	0.3							
	0.48							
	0.6							
45	2.4	15	45	54(1.2)	24	20,22	50	125
60	4.8	19	60	69(1.5)				
75	7.2	26	75	88(1.6)				
110 or 95	12	34	95	110(1.8)	36	30,33	70	170
	14.4							
	12	34	110	130(2)				
	14.4							
150 or 125	24	50,40	150,125	145(3) 175(3)				
200 or 150	34.5	70,50	200,150	175,230(3)				

* BIL250kV以上は省略

* 最高電圧52kV以上は省略

8. 計器用変成器の更新について

(1) 機器の寿命の考え方（高圧機器の更新推奨時期）

日本電機工業会（JEMA）は、受配電設備の高圧機器に関し、更新推奨時期を下記の様に推奨している。

表31 高圧機器の更新推奨時期と寿命

機 種	更新推奨時期(JEMA)	機 種	更新推奨時期(JEMA)
高圧交流負荷開閉器	屋内用 15年または負荷電流開閉回数200回	保護継電器	15年
	屋外用 10年または負荷電流開閉回数200回	高圧限流ヒューズ	屋内用 15年 屋外用 10年
断路器	手動操作 20年または操作回数 1,000回	高圧交流電磁接触器	15年または規定開閉回数
	動力操作 20年または操作回数 10,000回		
避雷器	15年	高圧進相コンデンサ 直流リアクトル 放電コイル	15年 15年
交流遮断器	20年または規定開閉回数		
計器用変成器	15年	高圧配電用変圧器	20年

更新推奨時期とは……機能や性能に対する製造者の保証値ではなく、通常の使用条件・環境条件の下で、通常の保守・点検を行なって使用した場合に機器構成材の老朽化などにより、新品と交換した方が経済性を含めて一般的に有利と考えられる時期である。

⇒ 図21 バスタブカーブのA点

(2) 劣化故障モデルとライフサイクルコスト

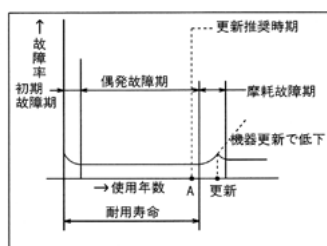


図21 バスタブカーブ

劣化故障モデル
電気機器の寿命は、左記のバスタブカーブの偶発故障期の長さで左右され、この期間を維持するためには、適切な保守が必要である。

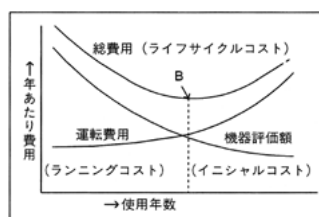


図22 ライフサイクルコスト

ライフサイクルコスト
ライフサイクルコスト（総費用）は、受配電設備の建設時の費用（インシヤルコスト）と運転費用（ランニングコスト）の総計である。より経済的なりニューアル時期は、ライフサイクルコストの最小値（図22 B点）である。

(3) 寿命を決める要因

モールド形変成器は部品の交換及び修理ができない構造である。寿命を決める要因は次のとおりで、単独または複合的に作用する。

表32 寿命を決める要因

絶縁劣化の種類	要 因	進行プロセス
熱劣化	熱	酸化 熱分解 →機械強度低下 吸湿性増大など
電界劣化	部分放電劣化	酸化 穿孔 →絶縁厚さ減少 →貫通破壊
	トリッキング	
応力劣化	熱応力 ヒートサイクル 振動応力	クラックなどポイド発生・進展 →電圧劣化
環境劣化	湿気 じんあいなど	汚損 吸湿 →絶縁抵抗低下 トラッキング

[電気学会技術報告（Ⅱ部）第225号より]

(4) 計器用変成器のリニューアルの考え方

(計器用変成器の保守・点検指針 JEMA 第164号より)

- (a) モールド形変成器は多数使用され、その期間も長期間にわたるものが年々増加しつつあり、経年劣化による事故も増えている。一方では、その製造技術及び評価技術の向上が長年にわたって図られてきている。製造技術とは、エポキシモールドの場合は樹脂配合、注型・硬化条件など、ゴムモールドの場合は高圧押出成形などであり、評価技術とは、部分放電特性、ヒートサイクル性、長期寿命特性等に対するものである。従って、近年に製造されたものの方が従来のものに比較して性能が優れている。
- (b) モールド形変成器は、内部に絶縁異常（放電 ボイド き烈など）が生じた場合、全く回復性がなく、劣化が進行していくため、更新しないと性能を維持することができない。
- (c) モールド形変成器は絶縁材料そのものが気中に直接さらされているうえ、有機材料特有のトラッキング現象があることから、環境劣化の影響を受けやすい製品である。
- (d) モールド形変成器の劣化診断である部分放電と寿命の相関関係については、裏付けデータが必ずしも十分でないため現時点では寿命を予測することは技術的に難しい。

(5) 計器用変成器の更新推奨時期

日本電機工業会技術資料第164号では更新推奨時期を定めているのでこれにより更新されることを推奨する。なおこの値は保証値ではない。下記の更新推奨時期は、日常点検及び定期点検を実施することを前提としたものである。

計器用変成器の更新推奨時期（使用年）

モールド形(外の乾式含む)	15年
---------------	-----



三菱 FA

検索

www.MitsubishiElectric.co.jp/fa

メンバー登録無料!

インターネットによる情報サービス「三菱電機FAサイト」

三菱電機FAサイトでは、製品や事例などの技術情報に加え、トレーニングスクール情報や各種お問い合わせ窓口をご提供しています。また、メンバー登録いただくとマニュアルやCADデータ等のダウンロード、eラーニングなどの各種サービスをご利用いただけます。

⚠ 安全に関するご注意

- 正しく安全にお使いいただくため、ご使用前に必ず「取扱説明書」をお読みください。
- 安全のため接続は電気工事電気配線などの専門技術を有する人が行ってください。

三菱電機株式会社

〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3(東京ビル)

お問合せは下記へどうぞ

本社 機器営業第一部	〒100-8310	東京都千代田区丸の内2-7-3(東京ビル7F)	(03) 3218-6660
北海道支社	〒060-8693	札幌市中央区北二条西4-1(北海道ビル5F)	(011) 212-3789
東北支社	〒980-0011	仙台市青葉区上杉1-17-7(仙台上杉ビル)	(022) 216-4554
関越支社	〒330-6034	さいたま市中央区新都心11-2(明治安田生命さいたま新都心ビル ランドアクスタワー34F)	(048) 600-5845
新潟支店	〒950-8504	新潟市中央区東大通2-4-10(日本生命ビル6F)	(025) 241-7227
神奈川支社	〒220-8118	横浜市西区みなとみらい2-2-1(横浜ランドマークタワー18F)	(045) 224-2625
北陸支社	〒920-0031	金沢市広岡3-1-1(金沢パークビル)	(076) 233-5501
中部支社	〒451-8522	名古屋市西区牛島町6-1(名古屋ルーセントタワー)	(052) 565-3341
豊田支店	〒471-0034	豊田市小坂本町1-5-10(矢作豊田ビル)	(0565) 34-4112
関西支社	〒530-8206	大阪市北区大深町4-20(グランフロント大阪タワーA)	(06) 6486-4096
中国支社	〒730-8657	広島市中区中町7-32(ニッセイ広島ビル)	(082) 248-5296
四国支社	〒760-8654	高松市寿町1-1-8(日本生命高松駅前ビル)	(087) 825-0072
九州支社	〒810-8686	福岡市中央区天神2-12-1(天神ビル)	(092) 721-2243

計器、B/NETに関する技術的なお問合せはFAXサービスをご利用ください。

三菱電機株式会社

計測制御機器技術FAXサービス担当 宛
FAX: 福山 084-926-8340

電話技術相談【月～金曜日9:00～19:00】

*土・日・祝日・春期・夏期・年末年始の休日を除く通常営業日

- ◆計器: (052) 719-4556
変成器、WHM、指示計器、タイムスイッチ、デマコンなど管理用計器
- ◆省エネ支援機器: (052) 719-4557 ※金曜日のみ17:00まで。
EcoMonitor、EcoServer、E-energy、アプリケーションソフト、B/NET機器など