

HIOKI

組立・取扱説明書

3021

キットハイテスタ

△ 安全上の注意



工業用電力ラインには電源電圧の数倍のスパイク状電圧を含むものがあります。このような電力ラインの測定の場合には、テストの故障や電気事故につながる危険性を含んでいます。安全上、このテストを250V以上の工業用電力ラインの電圧測定に使用しないでください。この場合には、短絡事故防止用の過電流保護装置が組み込まれている専用のテストをお使いください。

適用機種：3008

注：工業用電力ラインとは、工場、ビル等の電動機や業務用機械器具に供給している電路を総称しています。一般住宅の屋内電路（配線用しゃ断器等で保護されている電路）は含みません。

はじめに

このたびは、日置の3021キットハイテスタをご選定いただき誠にありがとうございました。

3021キットハイテスタは、信頼性の高い設計、高品質の部品を使用するなどにより、どなたが組立てても十分な性能を発揮するものと存じます。

3021キットハイテスタを正しく組立てるためにも、また機能を十分活用し、末長くご使用いただくためにも、まず説明書をよくお読み下さい。また説明書には、テストの回路説明、試験及びデータの整理方法なども記載してあります。皆様方の学習の一助となれば幸いです。

目 次

1. 3021キットハイテスタ	1	4-2 使用部品一覧	16
1-1 テスタとは	1	4-3 部品の加工	17
1-2 特 長	1	4-4 テスタの組立	18
1-3 各部の名称	2	4-5 簡単な動作試験	24
1-4 測定範囲、仕様	2	5. 試験	25
1-5 仕様の説明	3	5-1 試験設備	25
2. 取扱説明	3	5-2 校正方法について	26
2-1 測定準備および注意事項	3	5-3 誤差と補正	26
2-2 目盛の読み方	4	5-4 テスタにおける誤差率の表わし方	27
2-3 直流電圧 (DC V) の測定	5	5-5 テスタの試験	27
2-4 交流電圧 (AC V) の測定	5	5-6 結果のまとめ	29
2-5 直流電流 (DC mA) の測定	6	6. テスタ回路の設計	30
2-6 抵抗 (Ω) の測定	7	6-1 メータ回路	30
2-7 電池チェック (BATTERY) の測定	7	6-2 メータ過負荷保護 ヒューズ式過負荷保護について	30
2-8 温度 (TEMP) の測定	7	6-3 直流電流計	31
3. テスタとその基礎知識	8	6-4 直流電圧計	32
3-1 オームの法則について	8	6-5 抵抗計	34
3-2 補助単位	8	6-6 交流電圧計	36
3-3 抵抗器の直列接続	9	6-7 バッテリーテスト	38
3-4 抵抗器の並列接続	9	6-8 デシベル目盛について	39
3-5 部品の知識	10	3021テスト回路図	40
3-6 カラーコードについて	12	主要電気部品一覧	40
4. テスタの組立	13		
4-1 組立の前に	13		

1. 3021キットハイテスタ

1-1 テスタとは

電気実験のように色々な所の電気量を同時に測定しなければならない場合は別として普通は、一つの計器で電圧、電流、抵抗を測定できるようにしておいた方が便利です。これを実現させたものを回路計（サーキットテスタあるいはマルチテスタ）と呼んでいます。

普通は、一つの電流計に色々な回路を組合せて直流電圧、交流電圧、抵抗等を測定できるようになっており、どのような電気量を測定することができるかを表現するのに測定範囲（レンジ）という言葉を使っています。たとえば、300Vまで測定できる直流電圧計があるとしたと、この測定範囲は直流300V（あるいはDC 300V）であるといえます。テスタの場合はこの測定範囲がたくさんあり、その数を測定範囲数（レンジ数）と呼び、普通は16～20程度のものが多いようです。この測定範囲を変える方法として、ロータリースイッチで切替える方法と、測定リードの差込む位置を変える方法とがあります。最近では測定範囲数が多いものが要求され、また取扱いが便利なところからロータリー式が多くなりました。

1-2 特 長

●内磁トートバンドメータを使用

現在多く使用されているピボット形メータは、軸受部分があるために摩擦による誤差を避けることができません。また使用により、ピボットも摩耗して摩擦が増加します。

この3021キットは、これらの欠点のないトートバンド支持方式を採用し、更に内磁構造にすることにより摩擦がなく、外部磁界や電池外筒の鉄による感度の影響を受けにくいなどの特長をもつ、高性能メータを使用しています。

●20k Ω /Vの感度

エレクトロニクス回路の点検にも使える実用的な感度を持ち、広い分野に活用できる実用的なテスタです。

●故障防止の設計

万一あやまって商用電源の過電圧を抵抗レンジや電流レンジなどに加えてしまってもAC 250Vまでは、抵抗などの部品を保護します。（保護ヒューズは溶断します）また溶断した時、簡単に交換できるガラス管ヒューズを使用しています。

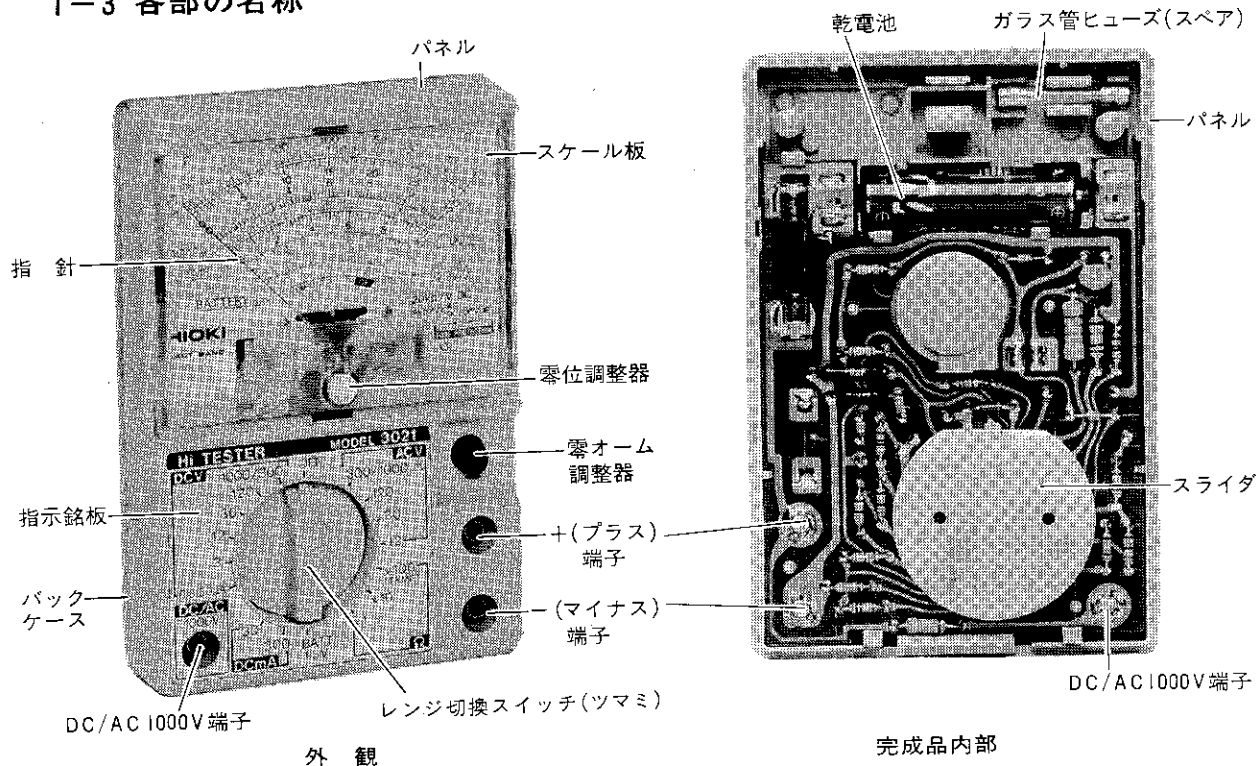
●許容差はAC、DC共に $\pm 3\%$

専門メーカーのヒオキが長年の経験による設計技術と厳選した高品質の部品や材料の使用によりテスタにつきものの調整も不要で、ただ組立てるだけでAC、DC共に $\pm 3\%$ とJIS規格（AC $\pm 4\%$ 、DC $\pm 3\%$ ）を上回る精度を保証します。

●実負荷によるバッテリーテストレンジ付

色々なところに使われている電池を簡単に、10 Ω の実負荷をかけた状態でチェックできます。

1-3 各部の名称



1-4 測定範囲、仕様

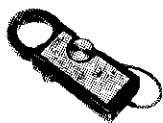
測定項目	最大目盛値	許容差	仕 様
直 流 電 圧	0.3/3/12/30/120/300/1000V ⁽¹⁾	最大目盛値の±3%	内部抵抗 20kΩ ⁽²⁾ /V
直 流 電 流	(50μA)/30/300mA	" ±3%	電圧降下 300mV
交 流 電 圧	12/30/120/300/1000V ⁽¹⁾	" ±3%	内部抵抗 9kΩ/V
抵 抗	10kΩ/100kΩ/1MΩ(中央目盛値100Ω)	目 盛 長 の±3%	電池 SUM-3 1個
dB 目 盛	-5~23/15~32dB	" ±3%	0 dB=0.775V
温 度 目 盛	-50~150℃	" ±3%	9021温度プローブと併用
電池チェック	10Ω実負荷による良否の判別		

回路保護：ガラス管ヒューズにより商用電源のAC 250Vまでの過電圧に対しΩ・mAレンジを保護
(使用ヒューズ: MF61NR 250V 0.3A AC05)
メータ保護：ダイオードとコンデンサによる過負荷保護
メー タ：内磁トートバンド形
寸法・重量：136H×92W×39Dmm, 約230g
付 属 品：テストリード棒1式、予備ヒューズ1本、組立説明書1冊

(1)、DC/AC 1000V端子使用 (2)、300, 1000Vレンジは、9kΩ/V

別売アクセサリ

●9005-01 実効値形クランプオン電流変換器



AC 300Aまでの電流が実効値で測れます。

●9021-01 サーマスタ温度プローブ



-50~150℃の温度測定ができます。

●9017 DC 30kV高圧プローブ



DC 50μAレンジを使用してDC 30kVまでの高電圧が測れます。

●9088 携帯用ケース



●9144 携帯用ケース



1-5 仕様の説明

●許容差について

試験条件は、標準試験状態(23℃、RH65%)で行うことが原則となっております。最大目盛値の誤差とは測定して読み取った値(指示値)の何%ではなく、最大目盛値(そのレンジの最高測定可能値)に許容差を乗じた値が、全目盛範囲にわたっての許容範囲として適用されます。抵抗目盛など最大値をきめられないものや目盛がいちじろしく不均等な場合は、最大目盛値の代りに目盛長(全振れ角度)を使用します。

●電圧計における内部抵抗について

電圧計は、内部抵抗が無限大(∞)であることが理想ですが、メータは電流で動作するため実現は無理です。電圧計の感度は最大目盛値まで振らせるに必要な電流値(動作電流)で表示することもあります。テストの場合、その逆数をとって Ω/V という数値で表わします。これは、測定レンジの最大目盛値にこの Ω/V の値を乗ずることでそのレンジの内部抵抗が計算でき、大変便利な数値です。

●抵抗計の中央目盛値について

抵抗計においてメータの指針が半分振れた所の Ω 計の目盛値を中央目盛値とよび、そのレンジでの内部抵抗を表わします。テストの目盛は、この中央目盛値の約1/30~100倍の範囲で目盛られます。使用電池電圧がわかれば、中央目盛値で割ることによって0 Ω 指示での動作電流が計算できるなど、設計上でも使う上でも重要な数値です。

●電流計における電圧降下について

電流計の場合、電圧計とは逆に内部抵抗は零(0)であることが理想ですが、実際はなにかしらの抵抗が存在し、流れる電流により電圧降下が生じます。この電圧降下が最大目盛値で何V(mV)になるかを表わしたものが電流計における電圧降下で、これを最大目盛値で割ると電流計の内部抵抗となります。

2. 取扱説明

2-1 測定準備および注意事項

●メータ指針の0位置を確認して下さい。

長い期間を経たり、テスト使用時の姿勢により指針が0位置を示さなくなる場合がありますが、この場合はメータ中央部の零位調整器で正しく0位置に合せて下さい。どんなに正確に値を読んでも、ここで狂っているのは、その分だけ誤差が加わることになります。

●テストリード線の差し込み

テスト棒は、赤色と黒色のものがあります。赤はプラス、高圧、危険などを表わし、黒はマイナス、アース、共通ラインを意味します。このことから赤色のテスト棒を⊕端子に、黒色のテスト棒を⊖端子に差し込むように習慣づけて下さい。そうすれば、テスト棒の差し込み状態を本体で確認することなくテスト棒の色だけで極性がわかり便利です。

●測定値の読み取り

スケール板と直角の位置で読取ります。読取る時の目の位置が違くとスケール板と指針との距離があるため視差を生じます。

●ヒューズのテストをして下さい

回路保護用のヒューズが切れると全レンジ動作しません。テストを抵抗レンジにセットし、テスト棒の先端をショートして指針が動くか調べて下さい。全く動かない場合は、ヒューズの断線が考えられますのでスペアヒューズと交換してみてください。

注) ヒューズは、当社指定のもの、もしくはそれと同等品を必ず使用して下さい。指定外のヒューズ

ズをご使用になりますと、故障や誤差増大の原因となりますのでご注意ください。スベアヒューズは、パネル上部に取付けてありますのでご利用下さい。なお使用後は、忘れずに代りを補充しておいて下さい。

●測定前に、測定レンジを確認して下さい

テスタ故障の大部分は、抵抗または電流レンジになっていることに気付かず、電圧計のつもりで電源電圧を測定するなどの、誤使用が原因です。測定前に必ずレンジを確認してから測定部にテスト棒をあてて下さい。3021キットには、AC 250Vまで保護できる保護回路が付いていますがあくまでも万一の誤使用に備えたもので、過負荷による影響が全くないわけではありません。

また、レンジの切換えはテスト棒を測定回路から離れた状態で行って下さい。

●測定値が不明な時は最高レンジから測定を始めて下さい

測定しようとする電圧値あるいは電流値などが不明の場合、レンジによっては、テストに大きな電圧あるいは電流などを加えてしまい思わぬ過負荷で回路が焼損する恐れがあります。

未知の値を測定する場合最大レンジにセットしてその値を確認した後に最適のレンジに切換えて測定して下さい。なお、電圧計、電流計の場合は最大目盛付近で、抵抗計の場合は、中央目盛付近で測定すると精度の良い測定ができます。

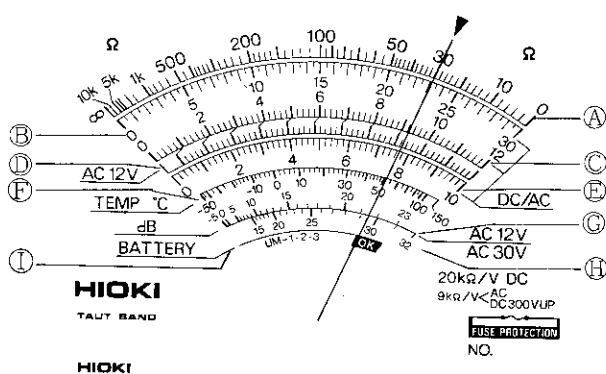
●電子レンジなどの高周波部分の測定は避けて下さい

高周波に対する耐圧は、通常の数分の1程度しかなく思わぬ感電をする恐れがあります。

●直射日光の当る場所、高温・多湿の所での保管は避けて下さい

日中密閉した車中に放置しておいて外筐が変形した例もありますので注意が必要です。

2-2 目盛の読み方



測定の種類	レンジ	使用する目盛	倍率	*測定例
直流電圧 (DC V)	0.3V	B (0~30)	×0.01	0.231V
	3V	B (0~30)	×0.1	2.31V
	12V	C (0~12)	×1	9.23V
	30V	B (0~30)	×1	23.1V
	120V	C (0~12)	×10	92.3V
	300V	B (0~30)	×10	231V
	1000V	E (0~10)	×100	769V
交流電圧 (AC V)	12V	D (0~12)	×1	9.26V
	30V	B (0~30)	×1	23.1V
	120V	C (0~12)	×10	92.3V
	300V	B (0~30)	×10	231V
	1000V	E (0~10)	×100	769V
直流電流 (DC mA)	50μA	E (0~10)	×5	38.5μA
	30mA	B (0~30)	×1	23.1mA
	300mA	B (0~30)	×10	231mA
抵抗 (Ω)	R×1	A (0~10k)	×1	30Ω
	R×10	A (0~10k)	×10	300Ω
	R×100 (TEMP)	A (0~10k)	×100	3kΩ
電池チェック	BATT.	I		OK
温度	R×100 (TEMP)	F (-50~150)	×1	51.5℃
低周波出力	AC 12V	G (-5~23)	×1	21.6dB
	AC 30V	H (15~32)	×1	29.5dB

※▼印の点を指示した場合の各レンジの値

2-3 直流電圧(DC V)の測定

- 電圧の測定は、測定点にテスト棒をあてる(接続する)ことで測ることができます。(測定点とテスト棒が並列に接続されます。)
- 直流には、極性があるため⊕極性に赤色テスト棒(テストの⊕端子)を、⊖極性に黒色のテスト棒を接続します。テスト棒が逆振れする場合は回路の電圧が逆極性ですから接続を入れ替えて正しい振れとなるようにして値を読みます。この場合、赤色テスト棒の所が⊕極性です。
- 1000Vの測定は、⊕端子側のテスト棒をDC/AC1000V端子に接続して測定します。(⊖端子と1000V端子間で測定する。)
- 値の読取りは、4ページの表に基づき指針の位置を指定の目盛分割と目盛数字を使って値を読み、レンジによる倍率を乗じて測定値とします。

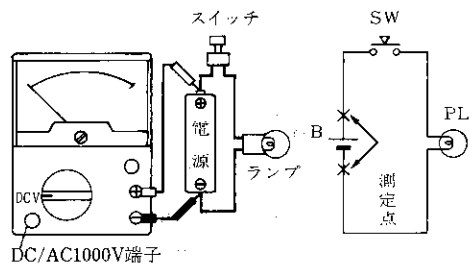


図2-1 直流電圧の測定例

2-4 交流電圧(AC V)の測定

(1)一般的な交流電圧の測定

- 直流電圧測定の場合と同様に測定点とテスト棒が並列となるように接続します。
- 交流の場合、直流電圧と異なり接続方法でテスト棒が逆振れすることではなく、どのように接続しても正常に振れますが、高電位側に赤色テスト棒を、低電位側(シャーシ、COM)に黒色テスト棒を接続するように心がけて下さい。
- 1000Vの測定は、⊕端子側のテスト棒をDC/AC1000V端子に接続して測定します。(⊖端子と1000V端子間で測定する。)
- 値の読取りは、4ページの表に基づき指針の位置を指定の目盛分割と目盛数字を使用して値を読み、レンジによる倍率を乗じて測定値とします。

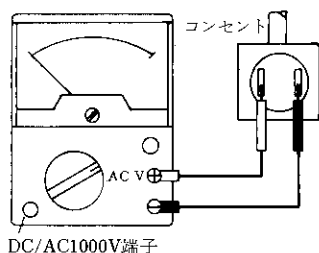


図2-2 一般交流電圧の測定例

(2)直流電圧が重畳された回路での交流電圧の測定

アンプ等の電子回路を試験する場合、直流電圧に交流分が重畳されることが多くあります。このような場合、交流電圧のみを測定するには図2-3のように⊕端子に0.1 μ F(400WV)程度のコンデンサーを直列に接続して不要な直流分を除去して下さい。

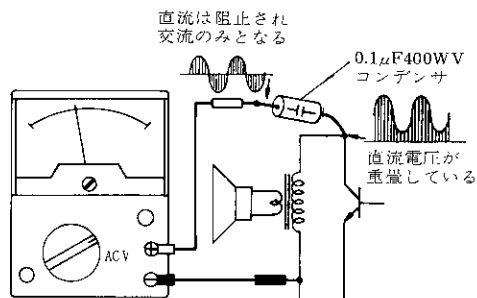


図2-3 直流が重畳された交流電圧(出力)の測定例

(3)低周波出力の測定

● 負荷インピーダンスが600 Ω の場合

アンプ等の出力は、デシベルで表わす場合が多いためこのテストも負荷インピーダンス600 Ω において1mWの出力を生じる電圧(0.775V)を0dBとしたデシベル目盛を付けてあります。すなわち、交流電圧測定の状態では4ページの表に基づき、AC 12Vレンジの場合は、-5 ~ 23dBの目盛を、AC

30Vの場合は、15～32dBの目盛を読むことによりアンプの出力をデシベルで読取ることができます。また、AC 120、300、1000Vレンジで使用する場合は、15～32dB目盛の読取り値に次の値を加算することによって測定できます。

- ・ AC 120Vレンジの場合 +12dB
- AC 300Vレンジの場合 +20dB
- AC 1000Vレンジの場合 +30.5dB

●負荷インピーダンスが600Ω以外の場合

有線通信回路は、600Ωのインピーダンスに統一されていますが一般のアンプ等は、その他のインピーダンスのものもあります。その場合は、600Ωに換算しなければ正しい値は読めません。(電力値としてのデシベルにならないと言う意味で、0.775Vを基準とした電圧のdB値になる。) このため、マッチングトランスを使用して600Ωに変換して測定するか、下表の値を加算して下さい。

負荷抵抗(Ω)	3	4	8	16	50	75	150	300
加算値(dB)	23.0	21.8	18.8	15.7	10.8	9.0	6.0	3.0
負荷抵抗(Ω)	1k	2.5k	5k	7k	10k	12k	30k	50k
加算値(dB)	-2.2	-6.2	-9.2	-10.7	-12.2	-13.0	-17.0	-19.2

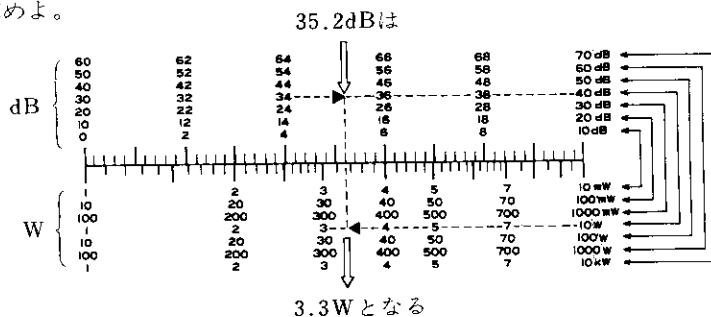
●dBからWへの換算

このようにして求めたdB値を電力(W)に直す場合は、下図により換算することができます。

【例題】インピーダンス4Ωのスピーカの出力を測定したところ、テストが13.4dBを指示した。

4ΩにおけるdB及びWの値を求めよ。

答え：表により4Ωの補正値は、21.8dBであるので4ΩでのdB値は、テスト指示の13.4dBに補正値の21.8dBを加えた35.2dBとなる。これを図によりWを求めると3.3Wであることがわかる。



2—5 直流電流(DC mA)の測定

- 電流の測定は、測定しようとする電路を切離し、切離した所にテストを接続します。接続は、赤色(⊕極性)から黒色(⊖極性)のテスト棒に向かって電流が流れるようにします。
- 電路の切離しや、テスト棒の接続は、必ずセットのスイッチを切った状態で行うようにして下さい。電源を入れたままで行いますと切離した回路に高い電圧が現われて大変危険です。レンジ切換も電源を切った状態で行うように心がけて下さい。
- 値の読取りは、4ページの表に基づき指針の位置を指定の目盛分割と目盛数字を使って読み、レンジによる倍率を乗じて測定値とします。

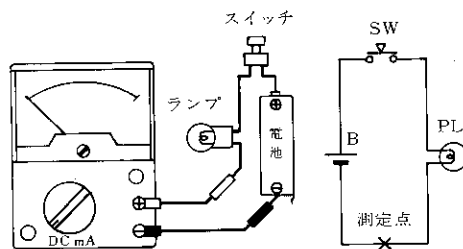


図2-4 直流電流の測定例

2-6 抵抗 (Ω) の測定

- テスト棒の先端をショートさせて下さい。
- 指針が Ω スケールの0を指示するか確認します。0を指示しない場合、0 Ω ADJつまみを調整して0に合せます。調整しても0を指示しなければ、電池が消耗しているわけですから、新しい電池と交換して下さい。交換は、23ページの注-5を参考にケースをあけます。新しい電池を入れる場合、電池の $\oplus$ 、 $\ominus$ の極性をまちがえないように確認してから入れて下さい。 $\ominus$ 側から先に入れた方が入れやすいと思います。

- 値の読取りは、4ページの表に基づき指針の位置を専用の Ω 目盛で読み、レンジによる倍率を乗じて測定値とします。

〔注意〕 ● セットなどの回路上で抵抗測定を行う場合は装置の電源を切り、コンデンサ等が十分放電したことを確認してから測定して下さい。もし電圧が加わった状態で測定を行いますと、正しい値を示さないばかりでなく、テスト故障の原因となります。

- 抵抗計を電源と考えた時の極性は、 $\ominus$ 端子（黒テストリード）が $\oplus$ 極性となりますので、ダイオード等の試験には注意が必要です。

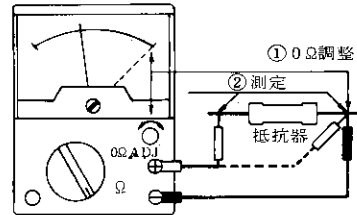


図2-5 抵抗の測定例

2-7 電池チェック(BATTERY)の測定

- BATT. 1.5Vレンジにセットして、電池の正極端子に赤色のテスト棒(テストの $\oplus$ 端子)、負極端子に黒色のテスト棒を接続して測定します。
- 判別の方法は、指針の位置が専用目盛のOKの中にあれば、その電池は良好であると判断します。(4ページ参照)

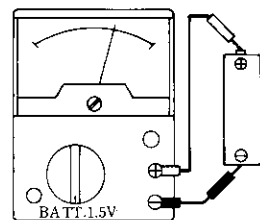


図2-6 電池チェックの測定法

2-8 温度 (TEMP) の測定

- 別売の9021-01サーミスタ温度プローブと併用して、 $R \times 100$ (TEMP.) レンジを使用して測定します。
- 図2-7のように、まず $\oplus$ 、 $\ominus$ 両端子に黒色リードを差込んで抵抗測定の場合と同様に、0 Ω ADJつまみを調整して、 Ω 目盛の0を指示するように合せて下さい。もし調整できない場合は、電池を交換して下さい。
- 調整が終了したら $\oplus$ 端子の黒リードを赤色リードに差換えて測定します。
- 値の読取りは、指針の位置を専用の温度目盛から読取して下さい。(4ページ参照)

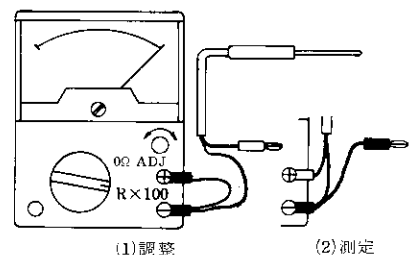


図2-7 温度の測定方法

3. テスタとその基礎知識

3-1 オームの法則について

電気の量に電圧、電流、抵抗の三つの基本的な要素があります。この三つの量の関係を表わしたものにオームの法則があります。この法則は電気を学ぶ上で最も基本となる式です。

すなわち、電圧(E)、電流(I)、抵抗(R)の間には、

$$E_V = I_A \cdot R_{\Omega} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$I_A = \frac{E_V}{R_{\Omega}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$R_{\Omega} = \frac{E_V}{I_A} \quad \dots\dots\dots(3) \quad \text{の関係があります。}$$

この式は、一つを覚えれば他の数式は、式の変形だけで求められます。(1)式が基本となる式であると考えれば覚えやすいと思います。

【例題1】図3-1における電流値はいくらか。

答：電圧をE、抵抗をR、求める電流をIとすると、

$E=1.5V$ 、 $R=15\Omega$ となるので求める電流Iは、(2)式により、

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1.5V}{15\Omega} = 0.1A$$

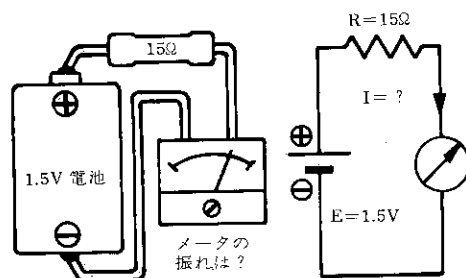


図3-1 例題の回路

3-2 補助単位

電圧、電流、抵抗における、ボルト(V)、アンペア(A)、オーム(Ω)という単位は、実際に使用した場合、表わす数字が大きくなりすぎたり、また反対に小さくなりすぎたりして不便な場合があります。このため、これらの単位の1,000倍、1,000,000倍または、1/1,000、1/1,000,000倍を表わす補助単位を単位の前につけて表わします。これらの補助単位とその使用例は、表の通りとなります。

主 な 補 助 単 位 と 使 い 方

倍 率	記 号	呼 び 方	使 用 例
100万倍 (10^6 倍)	M	メガ又はメガ	1 MΩ (1メガオーム) 100万オーム 3.6 MΩ (3.6メガオーム) 360万オーム
1000倍 (10^3 倍)	k	キ ロ	1 kV (1キロボルト) 1 000ボルト 3.8 km (3.8キロメートル) 3,800メートル
1000分の1 (10^{-3} 倍)	m	ミ リ	1 mA (1ミリアンペア) $\frac{1}{1000}$ アンペア 250 mm (250ミリメートル) 0.25メートル
100万分の1 (10^{-6} 倍)	μ	マイクロ	1 μA (1マイクロアンペア) 100万分の1アンペア 120 μA (120マイクロアンペア) 0.12ミリアンペア
1兆分の1 (10^{-12})	p	ピ コ	1 pF (1ピコファラッド) 100万分の1マイクロファラッド 1000 pF (1000 ") 0.001マイクロファラッド

また計算をする場合、たとえば、2 MΩを2,000,000 Ωと0をいくつも書いては、0の数をまちがえたりして大変なことになります。これを避けるために、 $2 \times 10^6 \Omega$ (指数表示)と表わすと便利です。このようにすると掛算、割算における位どりは指数のたし算、引算で行うことができます。

【例題 2】● $50\mu\text{A}$ を mA 及び A で表わせ。また指数表示ではどうなるか。

答： $1\mu\text{A}=1/1,000(10^{-3})\text{mA}=1/1,000,000(10^{-6})\text{A}$ 、したがって

$$\begin{aligned} 50\mu\text{A} &= 50 \times 10^{-3}\text{mA} = 5 \times 10^{-2}\text{mA} = 0.05\text{mA} \\ &= 50 \times 10^{-6}\text{A} = 5 \times 10^{-5}\text{A} = 0.000,05\text{A} \end{aligned}$$

● $100\text{k}\Omega$ の抵抗に $50\mu\text{A}$ の電流を流すと抵抗の両端の電圧は何 V になるか。

答： $R=100\text{k}\Omega$ 、 $I=50\mu\text{A}$ であるから、オームの法則(1)式より

$$\begin{aligned} E_v &= I_A \times R_a = 100 \times 10^3 \Omega \times 50 \times 10^{-6}\text{A} = 1 \times 10^5 \Omega \times 5 \times 10^{-5}\text{A} \\ &= 1 \times 5 \times 10^5 \times 10^{-5}\text{V} = 5 \times 10^0\text{V} = 5\text{V} \end{aligned}$$

3-3 抵抗器の直列接続

例題 1 の接続は電池に対して抵抗とメータがじゅずつなぎに接続されていますが、このような接続方法を直列接続といいます。すなわち図 3-1 の回路は電池に対して抵抗とメータが直列に接続されている………と言うようにいいます。

図 3-2-(1) のように何本かの抵抗を直列に接続した回路を図 3-2-(2) のように同じ働きをしかつ簡単な回路（この場合一本の抵抗）にしたものを等価回路と呼び、この一本にされた値を等価抵抗値または、合成抵抗値と呼びます。

直列接続の合成抵抗値を R とすると、

$$R = r_1 + r_2 + \cdots + r_n \cdots \cdots (4)$$

となります。

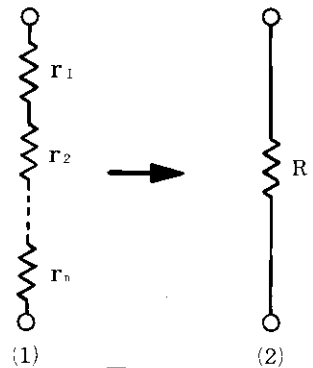


図3-2

3-4 抵抗器の並列接続

部品の接続には直列接続の他に、図 3-3-(1) のように横に並べて接続する方法があり、その接続を並列接続と呼びます。

この場合の等価抵抗値を R としますと、

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \cdots + \frac{1}{r_n} \cdots \cdots (5)$$

となります。

なお、抵抗器 2 本による並列接続の等価抵抗値を計算するには、

$$R = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2} \cdots \cdots (6)$$

と言う式で計算すると良いと思います。この式はよく使用しますので覚えておくくと便利です。

【例題 3】図 3-4 の合成抵抗は、

R_1 と R_2 は直列接続である。この合成抵抗を R_4 とすると、

(4) 式により、

$$R_4 = R_1 + R_2 = 8\text{k}\Omega + 2\text{k}\Omega = 10\text{k}\Omega$$

R_4 と R_3 は、並列接続となるので合成抵抗を R とすると

(6) 式より、

$$R = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4} = \frac{10\text{k}\Omega \times 20\text{k}\Omega}{10\text{k}\Omega + 20\text{k}\Omega} = 6.67\text{k}\Omega$$

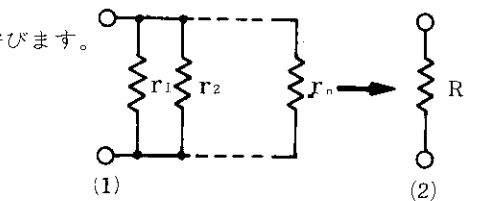


図3-3

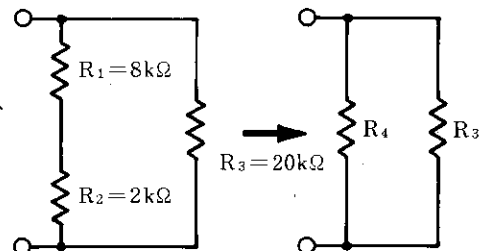


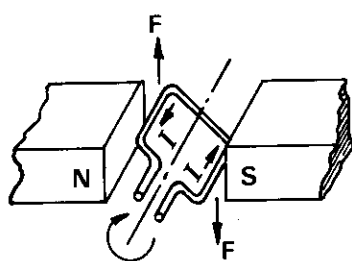
図3-4

3-5 部品の知識

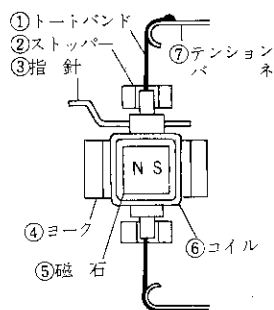
●メータ (記号)

、テストに使用するメータは、可動コイル形直流電流計が使われます。可動コイル形とは、磁石による磁界の中にコイルを置き、コイルに流れる電流により発生する電磁力で指針を振らせる方式を言います。磁石をコイルの内側に置くか外側に置くかで内磁形、外磁形が、またコイルを支える方法にピボット方式とトートバンド方式があります。一般には、外磁形ピボットメータが多く使用されていますが、このキットには図3-5に示すような数々の特長を持った内磁形トートバンドメータを使用しており、長期にわたり安定した性能を維持いたします。

なお、メータは磁石により方向のそろった磁界内にコイルを置いているため逆方向の電流を流すとメータも逆振れします。このため、交流のように同じ大きさで方向が周期的に反転する場合は、両方向の力が打消しあってメータは振れず0を指示します。なお、指針の振れは電流値に比例した均等目盛となります。



磁界中に電流(I)を流すと電磁力(F)を生じる。
コイルの場合、図のように回転力となる。



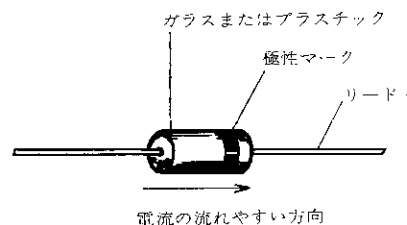
- コイルを①のバンドで吊っており、軸受部が無いいため摩擦を生じない。
- 磁界をヨークで囲っており、磁気が外にもれず、逆に外部磁界の影響も受けない。
- 可動部が一定限度以上動かないように、②のストッパーが付き、衝撃にも十分耐える。

(1) 長方形コイルと平行磁界との間に働く力 (2) 内磁トートバンドメータの構造と特長

図3-5 メータの動作原理と構造例

●整流器 (ダイオード) (記号)

これは、電流の流れる方向によって抵抗値が全く異なるという特別な性質を持った部品で右図のように矢印(→)の方向には流れやすく、逆の方向には流れにくくなります。このように流れやすい方向を順方向、その反対を逆方向といいます。このような性質を示す物質に亜酸化銅、セレン、ゲルマニウム、シリコン等がありますが、最近ではほとんどがシリコンまたはゲルマニウムになってきています。このダイオードは交流の一方向のみを通して直流にする整流回路用として使用されます。



●コンデンサ

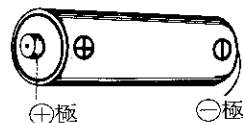
電気部品の中で抵抗と同等な位置を占める重要な部品で、直流分を阻止して交流分のみを通す働きがあります。また、電気を貯める性質があることから蓄電器とも呼ばれます。図に代表的な外観を示しましたが、容量(単位はファラッド、記号はFで表わす)の大きいものは電解(またはタンタル)コンデンサが、中程度でペーパー(またはフィルム)コンデンサが、小容量のものはチタコンと呼ばれるものが主として使われます。



ディップ型

●電池（乾電池）（記号)

普通、乾電池といえばマンガン電池を指し、トランジスタラジオ、懐中電燈など色々な所に使われています。発生する電圧は公称1.5V（乾電池は使用状態によって発生電圧が異なるために代表電圧を示している）ですが新品の場合は1.65V程度あるのが普通です。

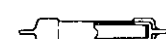


電池の中には、積層電池といって、内部でこの電池の素子を多数重ねて9V（6個重ね）とか22.5V（15個重ね）を発生する電池もあります。

●抵抗器（記号 なお可変形は 、)

このキットには、金属皮膜抵抗器を使用しています。金属皮膜抵抗器は、従来より使われている炭素皮膜抵抗器の炭素皮膜の代りに金属皮膜を使ったもので温度特性に優れ（温度係数が小さい。）精度の良い抵抗が作れますので高級機器に用いられています。このキットでは、数Ω程度から数MΩと広範囲の抵抗が使われるため、一般用と高抵抗用で金属皮膜の材質を変えたりして使いわけています。

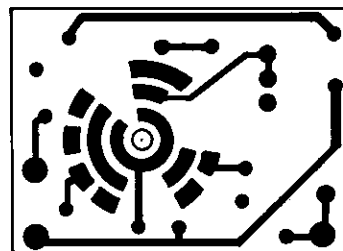
また、シャフト等を回転させることで抵抗値を変えることができるものを可変抵抗器（ボリューム）と呼び、ツマミを付けてラジオやテレビの音量調整器など各所に使われています。また、セット等の調整時のみ動かし普段は手を触れないような使い方をするものを半固定（トリマー）と呼び区別しています。

種 類	特 長	構 造
金属皮膜抵抗器	小形、高性能だが高価。温度特性、精度に優れ、0.1%を超えるものもできる。	 金属皮膜にらせん状のミゾを切り、巾と長さで抵抗値をきめる。（捲線形の線径と長さに相当する。）
カーボン皮膜抵抗器	一般に良く使用される抵抗器で、性能も良い。1%程度のものまでできる。	上図に同じ 抵抗体の材質がカーボン（炭素）である点異なる。
捲線抵抗器	低抵抗、大容量の抵抗器に適する。線材にマンガニン線使用のものは、特性も良く標準抵抗器として使われるほどである。	 金属線を捲いたものを抵抗体とする。線径と長さで抵抗値をきめる。
ソリッド抵抗器	ラジオ用など、精度を必要としない所に使用。精度は5%が限度と特性は良くないが安価。	 炭素粉を適当なまぜものと共にねり固めたものを抵抗体とする。配合比、形状で抵抗値をきめる。

●プリント基板

絶縁板の上に銅板を貼付けたもので、化学処理により配線に必要な場所のみを残して他は溶かし去ってしまった物に部品取付用の穴をあけたものです。

このプリント板を使うことにより回路配線は、ほとんどこれで済ませることができ、配線作業が簡単できれいに仕上がるため、複雑な配線はほとんどこの方式になりつつあります。絶縁材料にはベーク板、紙エポキシ板、ガラスエポキシ板等の種類があり、このキットは、ベーク板を使用しております。



3-6 カラーコードについて

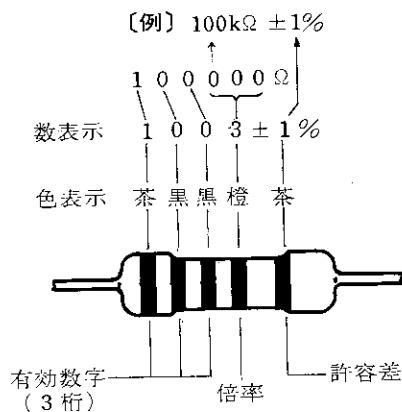
最近部品の小形化により、抵抗やコンデンサをカラー表示することが多くなりました。この場合抵抗は Ω 、コンデンサはpF(ピコファラッド= 10^{-12} F)で表わした数値を有効数字(一般は2桁、1%以上の精密用は3桁)と倍率(有効数字に続く“0”の数)で表わします。これらを色で表示する訳ですが、単に数字の組合せで表わす場合もあります。(コンデンサの容量0.1 μ Fを104と表わす等)

※記号による許容差の表わし方

F..... $\pm 1\%$ G..... $\pm 2\%$ J..... $\pm 5\%$
K..... $\pm 10\%$ M..... $\pm 20\%$

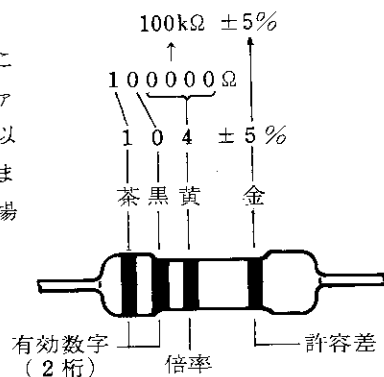
[例] $100k\Omega \pm 1\% \Rightarrow 100k\Omega F$

●精密抵抗の場合

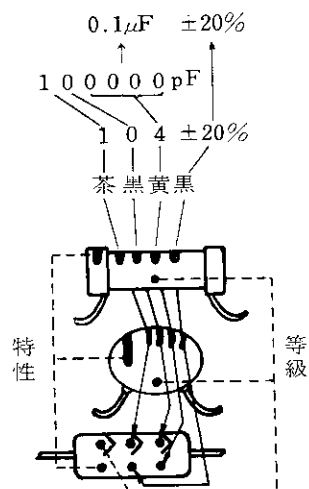


※精密抵抗の場合、最初と最後の区別が付きづらいので注意が必要。一般的には、リード線からの距離が短い方が頭であるが、区別が付きにくい場合、倍率と許容差の間をあけたものもある。

●一般抵抗の場合



●コンデンサの場合



●カラーコード表

	黒	茶	赤	橙	黄	緑	青	紫	灰	白	金	銀	無色
有効数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—	—
倍率	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6		(磁器 10^{-1})	(磁器 10^{-2})	10^{-1}	10^{-2}	
抵抗器許容差		$\pm 1\%$	$\pm 2\%$								$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
コンデンサ許容差	$\pm 20\%$	$\pm 1\%$				$\pm 5\%$				$\pm 10\%$			

4. テスタの組立

①20W程度のハンダゴテ

②ピンセット

4-1 組立の前に

(1)準備するもの

③ラジオペンチ

④ニッパ

⑤⊕ドライバー

⑥⊖ドライバー

⑦ものさし

⑧平やすり

⑨1kΩの抵抗器、乾電池
(仮試験用……あれば便利)

(2)ハンダ付けについて

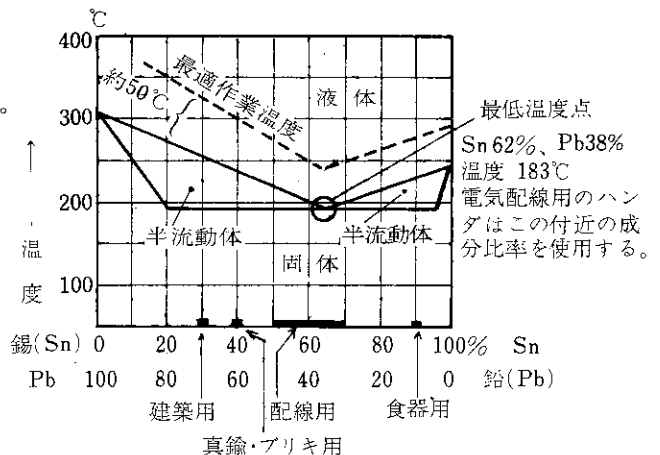
●ハンダ付けとは

ハンダ付けしようとする金属の表面にハンダを溶かし込んで加熱することにより、溶けたハンダが金属表面にある凸凹や傷などにそって毛細管現象によって広がり、十分になじむとハンダと金属が互に拡散し合ってその界面に合金層を作り接合するものと考えられています。

この現象を妨げるものとして金属表面の酸化膜や油などの汚染物があります。この汚染物は拭い去るなどして取除き、また酸化膜に対しては、フラックスを使用することにより除去します。フラックスの働にはこの他に、金属表面の酸化防止やハンダの表面張力を低下させてハンダをなじみやすくさせる等があり、ハンダ付け作業を良好に行うために欠くことのできないものです。

●ハンダについて

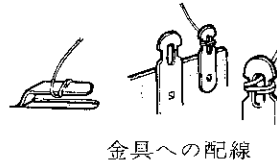
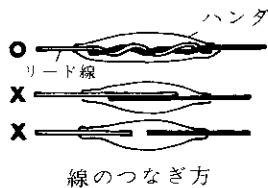
電気配線に使用するハンダは、錫(Sn)と鉛(Pb)の合金です。合金の場合、金属の配合比率によって熔ける温度が変わります。ハンダの場合は特性図のように最低点は、Sn62%、Pb38%の時に183℃となります。ハンダは、用途によりこの配合比率が異っており、熔ける温度も異なりますが一般的には、熔融温度より50℃程度高い温度のハンダゴテを使用すると良いといわれています。電気配線用のハンダは、最低熔融温度付近のSn50~70%の比率のものが用いられているため、コテ先の温度は230~240℃程度が適しています。その他に食器用のハンダは鉛中毒を避けるためにSn90%のものを、また大量に使用する建築用やブリキハンダ付け用はSn30~40%ものを使用します。



普通、ハンダのみでは加熱による高温のため接合面が酸化されて接合がうまく行われない。この酸化を防止するためにペーストまたはフラックスが用いられる。ペースト類は、つけすぎると使いきれずペーストが残り、残ったペーストで金属が錆びたり湿気やホコリをすいよせて絶縁や耐圧を劣化させるので適量を使用し、ハンダ付け後はシンナー等でキレイにふき取る必要がある。最近はこのような問題のあまりないフラックスが用いられ、適量のフラックスをハンダの中心に封入したヤニ入りハンダといわれるものが多く使われている。ヤニ入りハンダの場合、ハンダ付けする所で溶かさないと効果がないため、ペーストによるハンダ付けのようにコテ先にハンダを盛ってからハンダ付け部へもって行く方法では、良く付かないので注意が必要です。

(3)線のつなぎ方、金具への配線

- 線を途中でつなぐ時は、よじってからハンダ付けをすること。また、ハンダ付け部分はチューブかテープで絶縁をする。
- 金具へのハンダ付けは、リード線を穴に通した後にハンダ付けする。



金具の穴を使ってカラゲ
るか必ず穴へ通してハン
ダ付けする。

(4)ハンダ付け作業について

●ハンダ付け作業における注意点

- (1)ハンダ付けする部分がきれいなこと。錆でいたり、汚れているとハンダは付きません、汚れや錆は落してからハンダ付けをして下さい。
- (2)ハンダばかりでなくハンダ付けされる部分も同時に加熱します。ハンダを溶かしてもハンダ付けされる部分で冷えてしまえばハンダは付きません。ハンダ付けされる部分へもコテ先をあてて加熱しながらハンダ付けするとハンダの流れが良くなり、きれいに仕上がります。
- (3)ハンダの量は適宜にします。盛りすぎると不経済でもあり、他の回路と接触などの不良の発生原因ともなります。逆に、少なすぎると機械的強度が不足したり、テンブラハンダとなったりもします。
- (4)コテ先の温度が適当であること。2～3分でコテ先のハンダの色が変わってしまうようでは、温度が高すぎます。また、ハンダが白っぽく、ツヤがないような仕上りの場合は、コテ先の温度が低過ぎます。この場合、コテ先の温度調整はコテ先の長さで行います。(伸ばせば温度は低く、縮めれば温度は高くなります。)

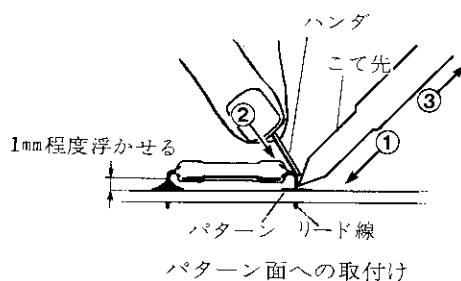
●仕上げについて

一ヶ所ハンダ付けが済む毎に、完全にハンダ付けがしてあるかどうか確認してから次の工程に進むように習慣づけ、最後にまとめて点検することは避けた方が良い。ハンダ層やペーストは完全に取り除き、配線がショートする恐れがないか確認する。上手なハンダ付けは、無駄がなく、円錐状で均一な光沢がある。

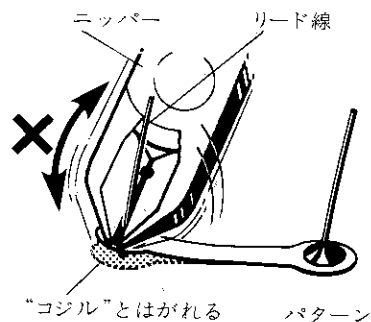
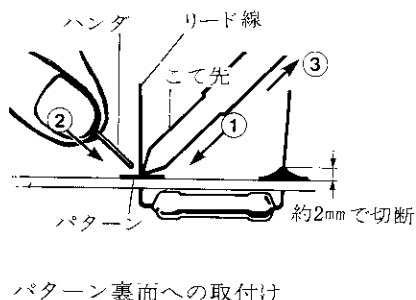
なお、プリント基板のパターン部分、特に円弧状の接点部は、できるだけ素手で触れないように注意しながら作業して下さい。

●ハンダ付け作業手順

- ①コテ先をハンダ付け部にあてる。
- ②ハンダをコテ先を持って行き熔かす。
- ③ 1 ～ 2 秒加熱しハンダが十分回ったことを確認してコテ先を離す。
- ④静かにハンダが冷めるのを待つ。
- ⑤不用リード線の切断。その際に“コジ”ったりしないこと……パターンがはげてしまう。



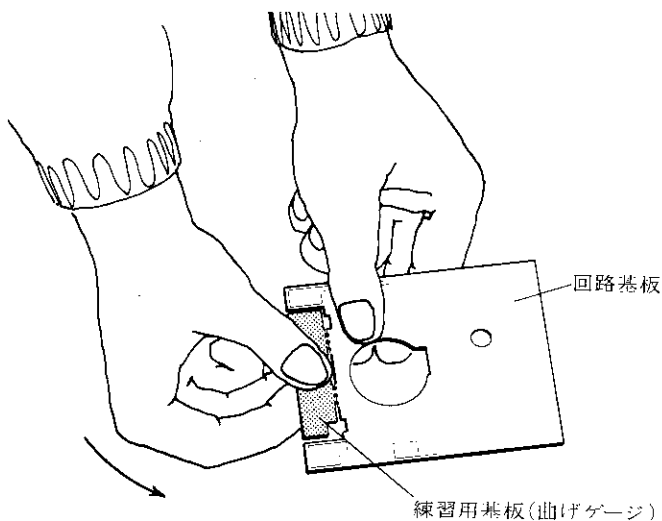
以上の順序でてぎわ良く行います。



ゲルマニウムのダイオードやトランジスタ等、特に熱に弱いものをハンダ付けする場合は、手早く確実に行うことが必要です。なおリードの途中をピンセット等ではさんだり、リード線をコイル状(2φ程度の径で1～2回捲く)に捲くことにより、リードを長くして熱の伝達を妨げることも良い方法である。(このキットに使用しているダイオードは、シリコンダイオードのため特にこのような配慮は不要ですが、手早く行うように心がけて下さい。)

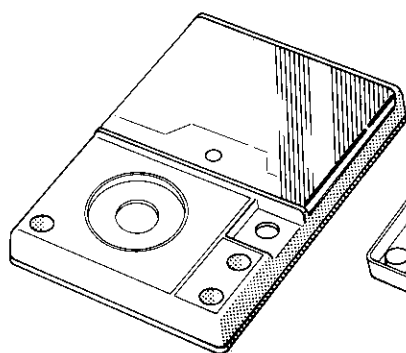
(5)ハンダ付けの練習

回路基板に部品を取付け、ハンダ付けをする前に、練習用基板でハンダ付けの練習を行い、ハンダ付けの要領をつかんでから作業することにより、より確実に作業を行うことができます。練習用基板の取外しは、図の様に“ミシン目”に沿って折曲げる様にして下さい。

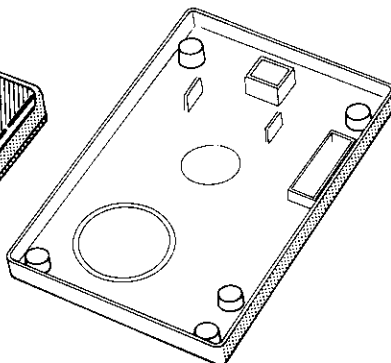


4-2 使用部品一覧

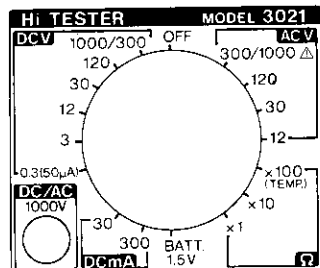
- 部品と数量を確認して□の内にレ印でチェックします。
- バックケースの取外し方は、23ページを参照。
- 抵抗類は、袋から出して12ページのカラーコードを参考にして、17ページの加工図に基づき曲げ加工、リード線の切断を行い抵抗カードの実体配線図に挿入して数量、種類のチェックを行って下さい。



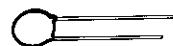
□ パネル(メータ付)



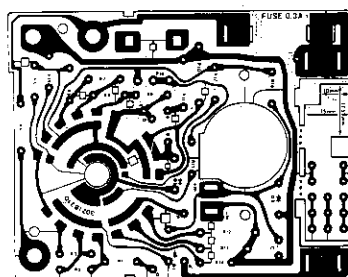
□ バックケース…1



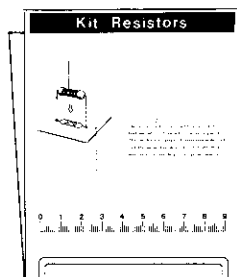
□ 指示銘板…1



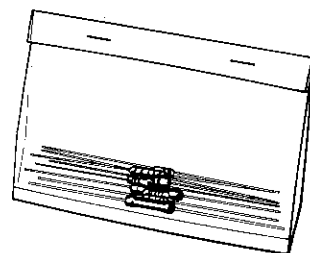
□ コンデンサ… 1



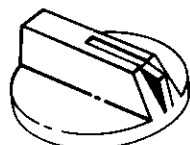
□ プリント基板…1



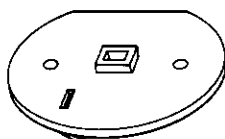
□ 抵抗カード…1



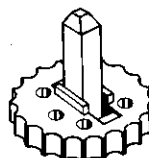
□ 抵抗類…1式



□ ロータリツマミ…1



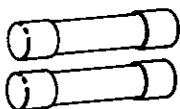
□ スライド…1
(パネル内に収納)



□ 分割板…1



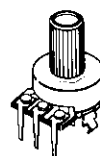
□ ロータリパネ…1



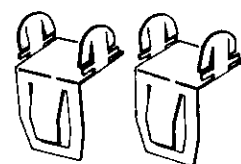
□ ガラス管ヒューズ…2



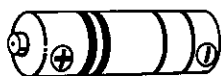
□ ヒューズ金具… 2



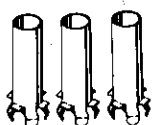
□ ボリューム…1



電池金具…2



□ 乾電池…1



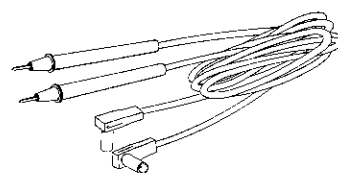
□ 端子金具… 3



□ 配線用リード…1



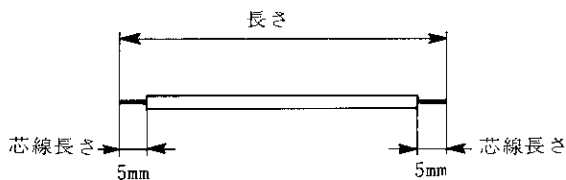
□ ハンダ…1



□ テストリード棒…1組

4-3 部品の加工

(1)配線導線の加工(この加工は、配線作業中に行っても良い。)



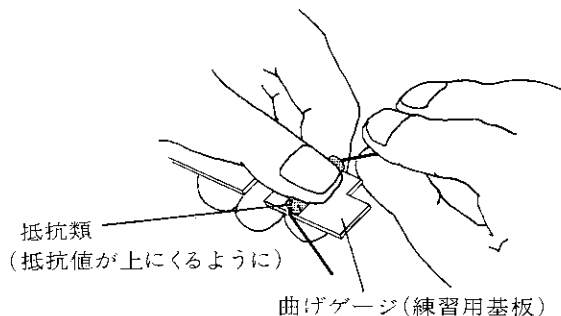
記号	長さ
L ₃	60mm
L ₄	70mm

※切断した線の両端を5mmずつ被覆を取る時に、芯線に傷をつけない様に注意する。(この線は、芯線がハンダメッキされているため、傷がつくと折れやすいので、あまった線で練習すると良い。…2～3回折曲げて折れるようでは芯線に傷がある。)

(2)ジャンパー線の加工

	L ₁	L ₂
切断長	20～25mm	25～30mm
加工		

②リード線の曲げ加工、リード線の切断

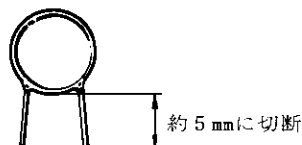


曲げゲージ(練習用基板)

表のL寸法と曲げゲージ(基板)に表示された寸法を合せて、抵抗類のリード線を曲げ加工、切断を行う。

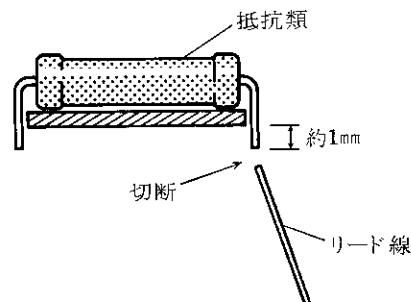
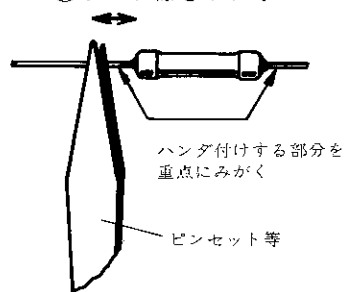
L寸法	品名
10mm	102k Ω , 162k Ω , 806k Ω , 300k Ω , 1.8M Ω , 360k Ω , 180k Ω , 54k Ω , 15k Ω , 24.3k Ω , 17.8k Ω , 4.93k Ω , 4.87k Ω , ダイオード類(D ₁ ～D ₃)
15mm	6.34M Ω , 1.04k Ω , 0.988 Ω (R-1)
17.5mm	10 Ω , 98.8 Ω

(4)コンデンサの加工



(3)抵抗類の加工

①リード線をみがく



4-4 テスタの組立

説明文の前にある□印は、作業チェックのためのものです。作業が終了したらレ印を付けて再確認をしましょう。また○番号の付いたものは、図も参照して注意深く組立て下さい。

4-4-1 パネル加工

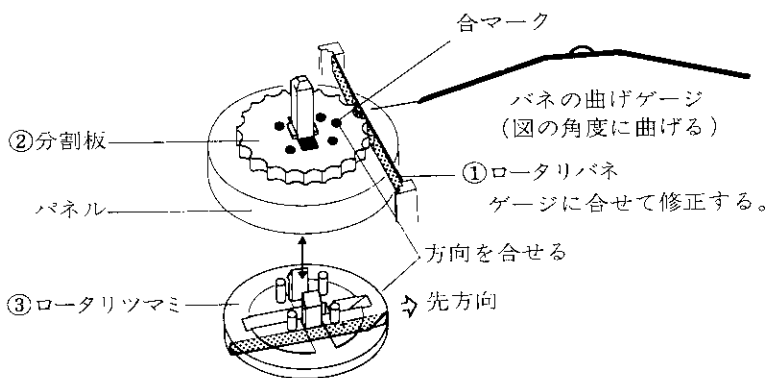
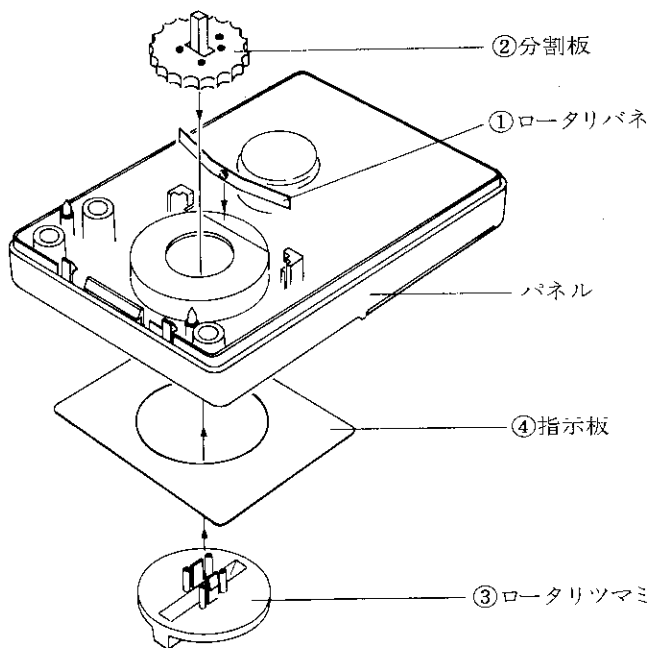
□①ロータリバネを曲げゲージに合わせて修正してパネルに取付ける。

□②分割板をロータリバネを押し付けながらパネルに取付ける。

□③ロータリツマミの先方向と分割板の合マークを合せてロータリツマミを挿入する。（“パチン”とツメがかみ合う様に）

□④指示板の裏面の紙を剥がして、のり部を出してパネル面に貼る。組立終了後に表面に貼ってある保護シートを剥がす。

□以上の作業が終わったらロータリツマミを回転させてスムーズに回転することを確認して、ツマミを“OFF”に向けておく。



ロータリ部組立

4-4-2 プリント基板の組立

(1)加工及び配線上の注意

- テスト回路は高い精度の抵抗器で組立てられており、基板の汚れなどによる絶縁劣化により誤差が生じる恐れがあります。作業にあたっては、手袋などを使用して下さい。万一、汚れた場合は、アルコールなどできれいに拭いて下さい。
- ハンダ付け作業時に、接点部付近の作業は特に注意をして行い、接点にフラックス、ハンダなどが付かないようにして下さい。……接触不良やスライダ接点の変形などの不良発生の原因となります。

(2)プリント基板の準備

●テスト回路を理解していただくように、回路別に配線するになっています。メータ回路など共通回路は、実体図上では略図（配線信号など）で書いてありますので、まちがえないようにして下さい。

●部品の取付順序は、抵抗・ダイオード類→金具類の順で行います。

□プリント基板のパターン面に塗ってあるオイルをロータリ接点部を残して軽くふきとる。

□パターン面を表（上）にして、抵抗、ダイオードなどを取付けてハンダ付けを行います。取付けをまちがえてハンダ付けをすると修理がたいへんですので、取付ける場所を良く確認してから行って下さい。

(3)直流電圧計(DC V)回路の配線

- 3V用倍率器 R_9 54k Ω
- 12V用 " R_8 180k Ω
- 30V用 " R_7 360k Ω
- 120V用 " R_6 1.8M Ω
- 300V用 " R_5 300k Ω
- 1000V用 " R_4 6.34M Ω
- メータ直列抵抗 R_{18} 4.93k Ω
- 300、1000V用分流器 R_{19} 4.87k Ω

●ヒューズ式保護回路の配線

- 限流用抵抗(DC 300mAレンジ用分流器と兼用) R_{11} 0.988 Ω ($R-1$)
- 保護用ダイオード(AC V整流用ダイオードと兼用) D_3 (プラスチックタイプ……黒く、大きい方)

●メータ保護の配線

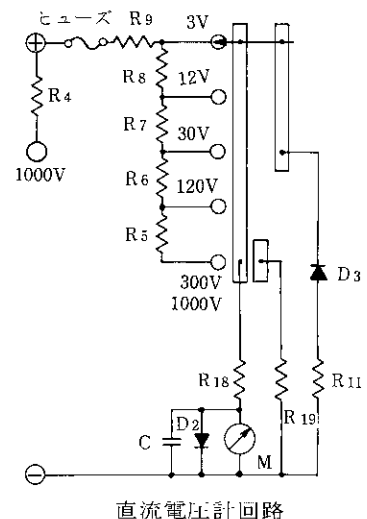
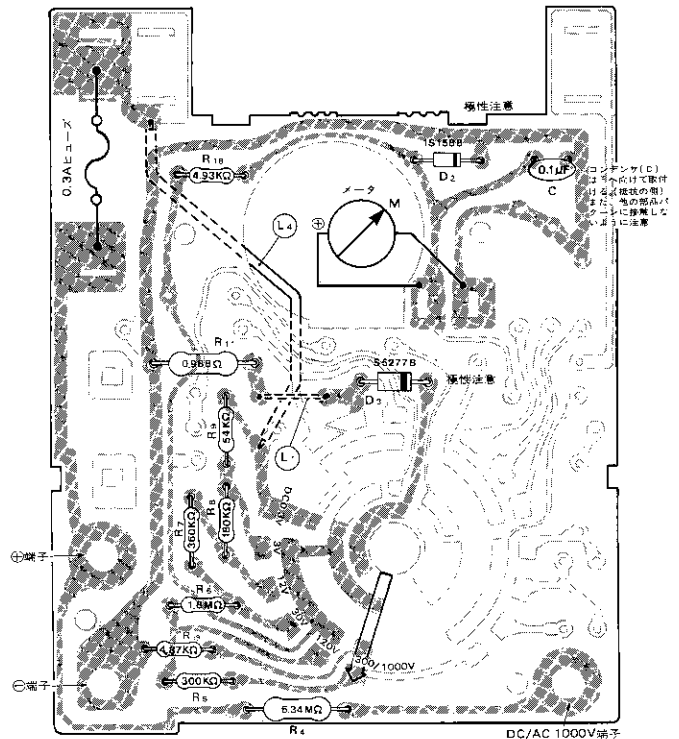
- D_2 の取付け……極性注意
- Cの取付け……コンデンサを下側に曲げるようにする。その際、抵抗、パターンに接触しないように注意をする。

●リード線の配線……パターン裏面に取付ける。

- L_1 の配線……B-B'を結ぶ
- L_4 の配線……E-E'を結ぶ

●回路構成について

ぬりつぶしてあるパターンがこの回路を表わします。回路図と照合しながら回路を追って下さい。

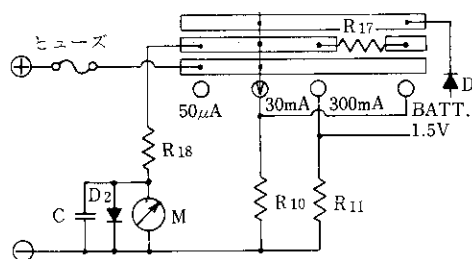


(4) 直流電流計(DCmA)、バッテリーテスト(BATT.)回路の配線

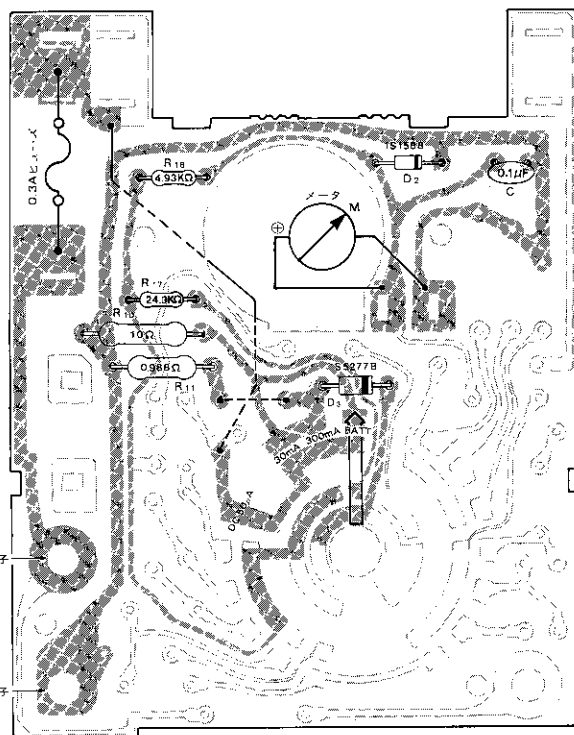
- 30mA用分流器 (BATT.レンジ用
負荷抵抗) R_{10} 10 Ω
□BATT.用倍率器 R_{17} 24.3k Ω
※50 μ Aレンジは、メータ感度と同一
のため分流器はなく、メータ回路
のみとなります。なおこのレンジ
は、0.3Vの直流電圧計となります。

●回路構成について

ぬりつぶしてあるパターンがこの回路を表わします。回路図と照合しながら回路を追ってみてください。



直流電流計、バッテリーテスト回路



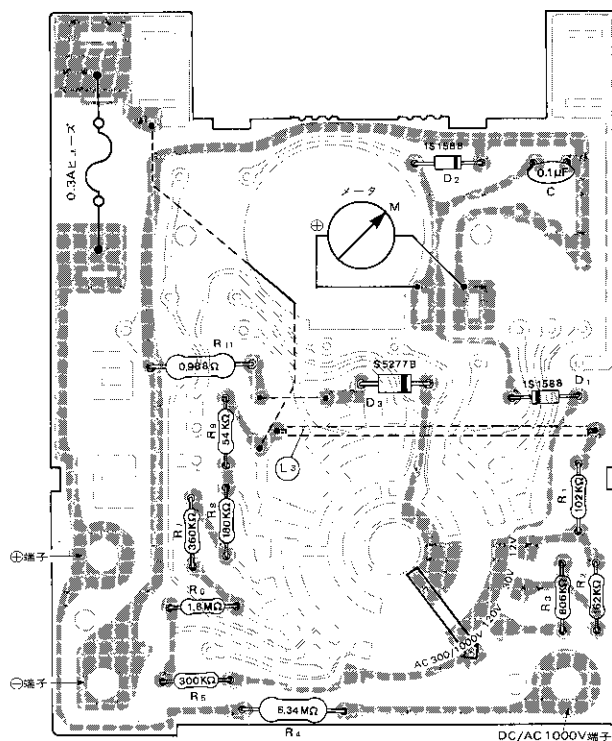
(5)交流電圧計（ACV）回路の配線

- L₃の配線……パターン裏面に取付
ける。D-D'を結ぶ
- 12V用倍率器 R₁ 102kΩ
- 30V用 " R₂ 162kΩ
- 120V用 " R₃ 806kΩ
- 整流用ダイオード D₁…極性注意

●回路構成について

ぬりつぶしてあるパターンがこの回路を表わします。回路図と照合しながら回路を追ってみて下さい。

(21ページ参照)



(6)抵抗計(Ω)回路の配線

□L₂の配線……パターン裏面に取付ける。A-A'を結ぶ

□R×100レンジ用 R₁₄ 15k Ω

□R×10 " R₁₃ 1.04k Ω

□R×1 " R₁₂ 98.8 Ω

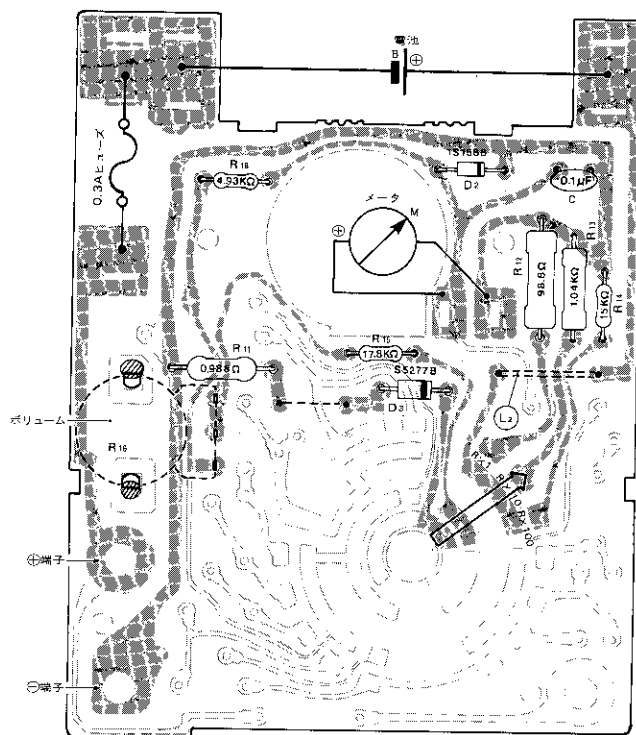
□0 Ω 調整回路用 R₁₅ 17.8k Ω

□0 Ω 調整ボリューム R₁₆ 20k Ω

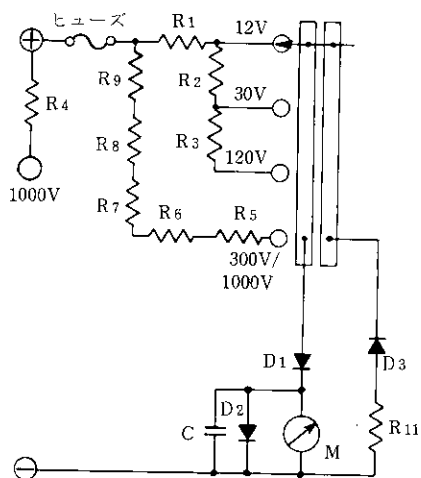
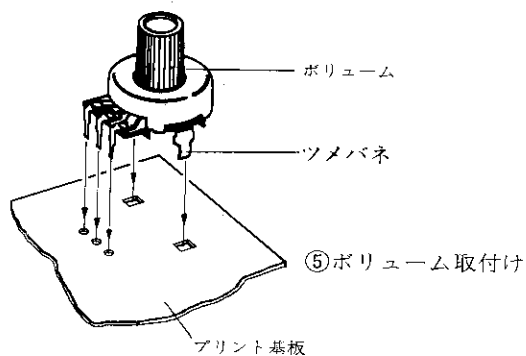
⑤3本の端子を先に穴に入れ、次に固定用の“ツメバネ”を四角穴に確実にはめ込む。(ガタがある場合は、少し“ツメ”を広げて“シツクリ”入るようにする。きつくて入らない場合は、その逆)その後、端子、“ツメ”をハンダ付けする。

●回路構成について

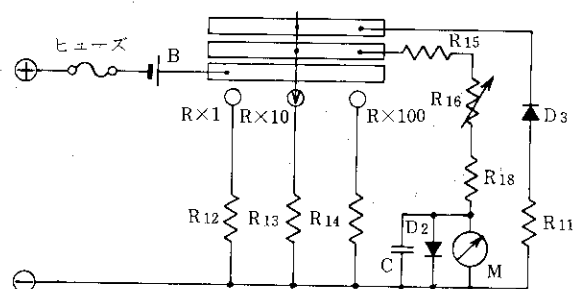
ぬりつぶしてあるパターンがこの回路を表わします。回路図と照合しながら回路を追ってみてください。



穴に合せパターン裏面から挿入する。



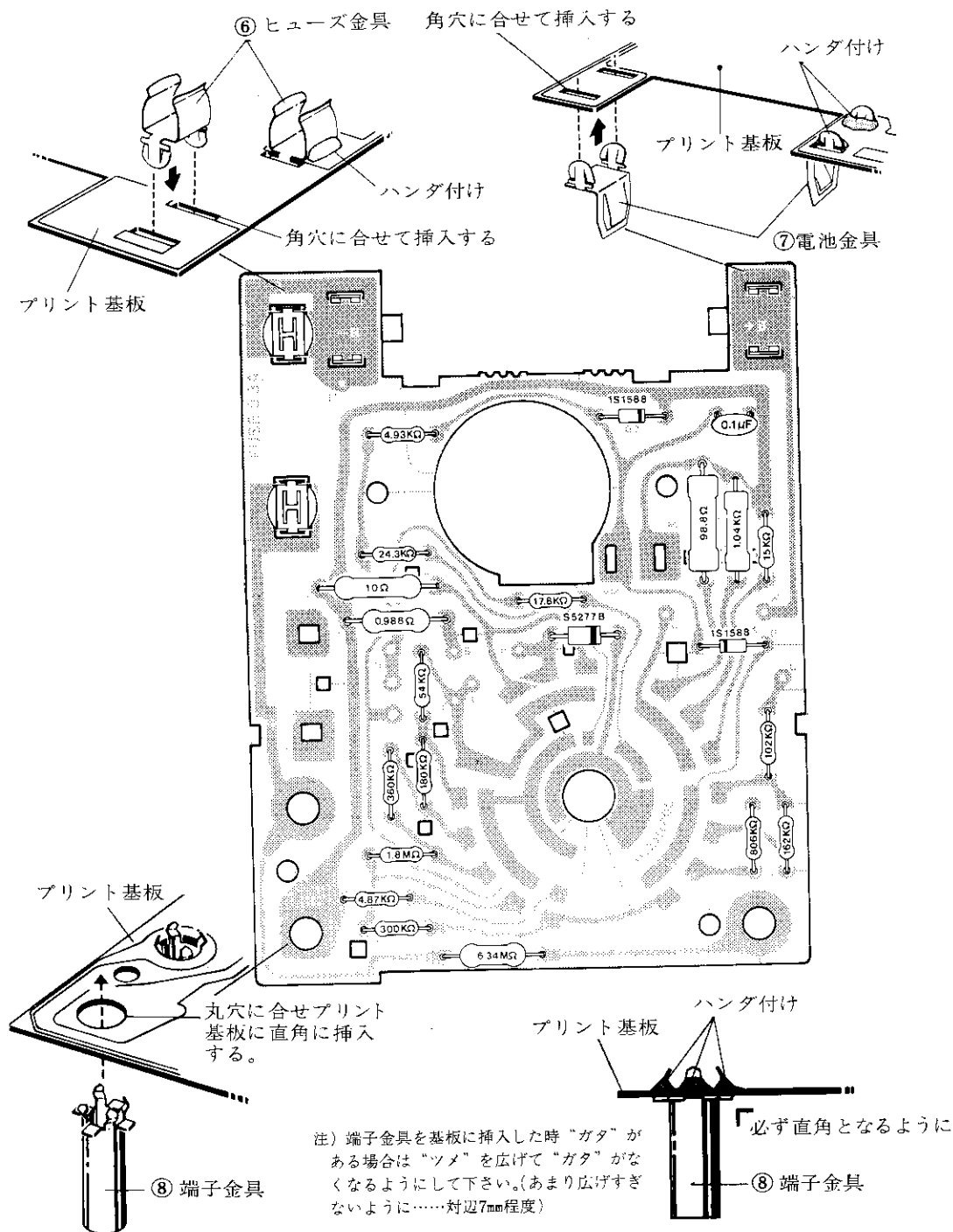
交流電圧計回路



抵抗計回路

(7)金具類の取付け……挿入、ハンダ付けを確実に行って下さい。

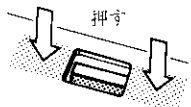
- ☐ ⑥ ヒューズ金具の取付け (2カ所) ……パターン面に取付ける
- ☐ ⑦ 電池金具の取付け (2カ所) ……パターン裏面に取付ける
- ☐ ⑧ 端子金具の取付け (3カ所) ……
- ☐ 取付けが終了したらハンダ付けの仕上がり、汚れ、ハンダ玉、フラックス玉などの除去を行い、ロータリ接点部のオイルをふき取りながら接点部の汚れをきれいにする。



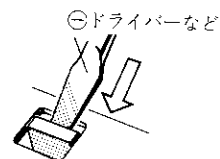
4-4-3 総合組立

- ⑨ スライドの接点の高さを調整してプリント基板へ取付ける。
・ 取付ける方向は、接点が下側（メータと反対側）になるように取付ける。（ロータリツマミの先と接点の方向が逆になるようにする。）注-3
- ⑩ プリント基板をパネルと平行にして近づけ“ツメ”部（4か所）の近くを押し取付ける。その際、電池金具、ボリュームメータ端子金具、端子金具が必ず所定の位置に挿入されているか確認する。 注-1、注-2、注-4
- ⑪ メータ端子金具をプリント基板にハンダ付けする。 注-2
- ガラス管ヒューズを挿入する。（2か所）
- 乾電池を挿入する……
極性注意
- ⑫ ケースを取付ける。
注-5

AとBを合せケース上部を押す。
“パチン”と音がするまで確実に。

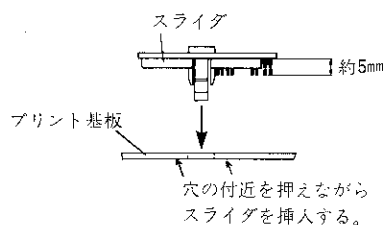
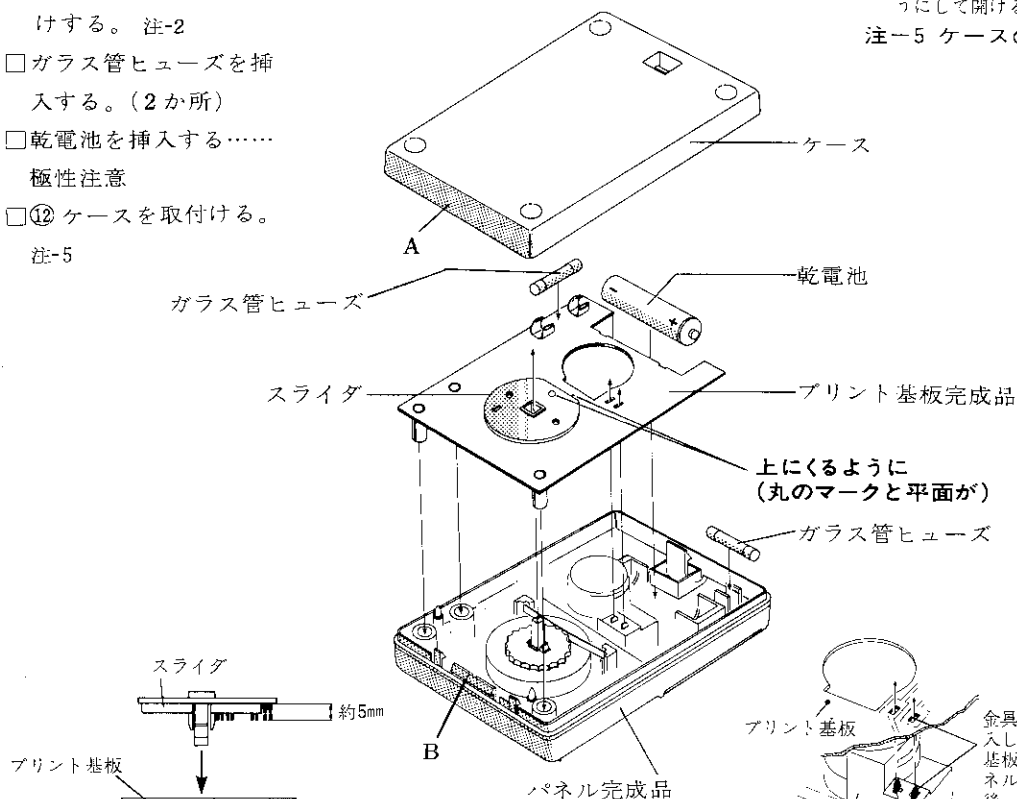


注-5 ケースの閉め方

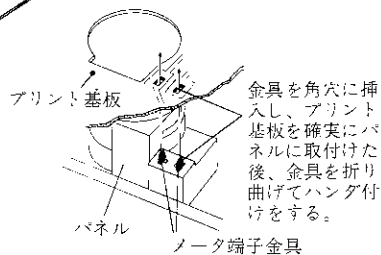


⑩ドライバーなどで図のように“ツメ”を押しケースをもち上げるようにして開ける。

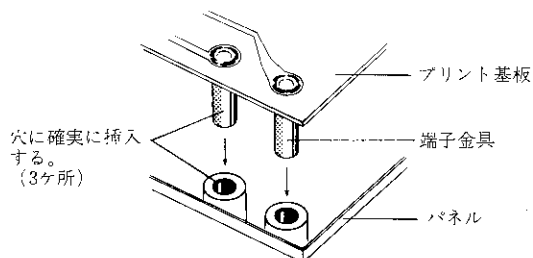
注-5 ケースの開け方



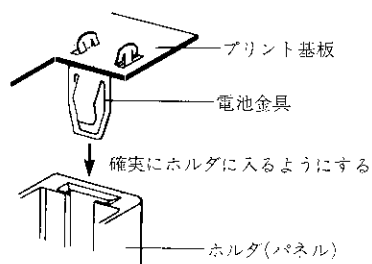
注-3 スライド修正、組込



注-2 メータ端子金具部



注-1 端子金具部



注-4 電池金具部（2ヶ所）

4-5 簡単な動作試験

正規な試験とは別に、組立てたテストが動作するかどうかを、 $1k\Omega$ の抵抗器と乾電池 1 本で次のように行って、問題がなければレ印でチェックをする。

- 1

 ⊕端子に赤のテスト棒を、⊖端子に黒のテスト棒を差込みます。
- 2

 ⊖ドライバーでメータの零位調整器を回して指針を目盛線の 0 に合せる。(通常は、机の上に置いた水平状態で行う。)
- 3

 レンジスイッチツマミを $\times 100$ レンジにする。テスト棒の先端を触れさせる。(ショートする。) 指針が右に振れるので 0Ω ADJ. ツマミ (零オーム調整器) を動かして、指針が 0Ω となるように調整する。
- 4

 次に $1k\Omega$ の抵抗器をテスト棒の先端にあてて Ω 計目盛の 10Ω を指示するかを調べる。 $(10\Omega \times 100 = 1k\Omega)$
- 5

 同様に 0Ω 調整をしながら、 $\times 10$ レンジ、 $\times 1$ レンジで抵抗を測定して、 $\times 10$ レンジの時 100 、 $\times 1$ レンジの時 $1k\Omega$ を指示することを確認する。
- 6

 レンジスイッチツマミを DC $3V$ レンジにして電池電圧を測定する。黒テスト棒を乾電池の ⊖側に、赤テスト棒を ⊕側にあて、指針は、 $0 \sim 30$ 目盛で 16 程度を示すことを確かめる。(電池がない時はテストのものをはずして使用しても良い、この場合、必ず電池をはずして測定する。……使用後は元どりにすること) 同様に DC $12V$ レンジ、 $30V$ レンジと切換えて指針を読んでみる。振れは小さくなるが $1.6V$ 程度指示すれば良い。
- 7

 同様にセットをして DC $50\mu A$ レンジ、 $30mA$ レンジ、 $300mA$ レンジで指針が振りきれれることを確認する。また BATT. $1.5V$ レンジにセットして指針が OK 帯を指示することを確認する。(試験は、あまり長時間行なわないようにして下さい。……電池が消耗してしまう。)
- 8

 同様に AC $12V$ レンジ、 $30V$ レンジ……と切換えて指針が振れることを確認する。(AC $12V$ レンジの場合 $0 \sim 12$ の目盛で 3 程度を指示する。)
- 9

 次に、テスト棒の極性を逆にして (乾電池の ⊕側を黒テスト棒に、⊖側を赤テスト棒にあてる) 接続して AC V レンジは振れない、DC mA レンジと DC V レンジ及び BATT. $1.5V$ レンジは逆振れすることを確認する。
- 10

 AC $120V$ レンジにセットしてテストで電源電圧 (コンセントの電圧) を測定してみる。(取扱説明の AC V 測定の項を参照) $100V$ を指示することを確認する。同様に AC $300V$ レンジ、AC $1000V$ レンジについても測定してみる。振れは小さくなるが $100V$ 程度指示すれば良い。

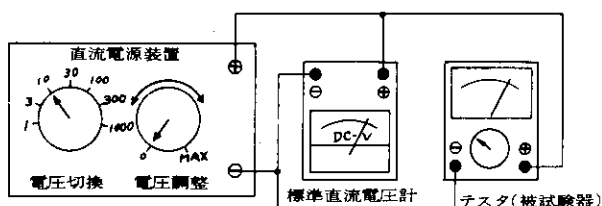
5. 試験

でき上ったテストが、どのような特性になっているかを調べて許容差（誤差の範囲）が規格を満足していない場合は、調整する必要があります。以下にこのテストにおける試験及び結果のまとめ方について述べます。

5-1 試験設備

テストを試験する場合は、テストの指針を振らせるための交流、直流の電源装置や正確な電圧、電流を読む標準電圧計、電流計および抵抗器などが必要です。以下にこのテストを試験するにあたって必要な代表的設備とその接続方法について述べます。（これは一例であって必ずしもこの通りでなくて良い。）

● 直流電圧計

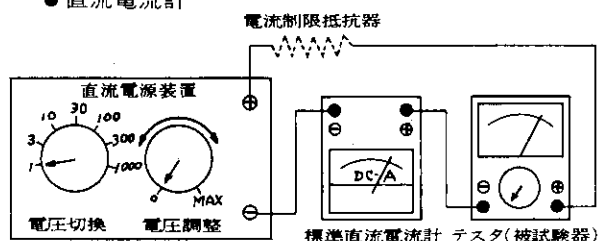


※標準器の精度は、0.5級以上のものが望ましい。

※電源装置としては、できるだけリップルの少ないものが望ましい。

テ ス タ 試験レンジ	電 源 装 置 出力電圧	標準器最大 目盛値(参考)
DC 0.3V	DC 1V	DC 0.3V
3V	3V	3V
12V	30V	30V
30V	30V	30V
120V	300V	300V
300V	300V	300V
1000V	1000V	1000V

● 直流電流計



※標準器の精度は、0.5級以上が望ましい。

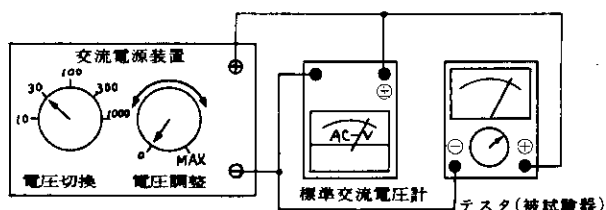
※電源装置としては、出来るだけリップルの少ないものが望ましい。

※電流制限抵抗器は、電源装置の出力電圧が大きすぎる時に使用する。

※専用の電流用電源がのぞましいが、電流も少なく短時間使用のため、電圧用の低圧部を使用した。

テ ス タ 試験レンジ	電 源 装 置 出力電圧	標準器最大 目盛値(参考)
DC 50 μ A	DC 1V	DC 100 μ A
30mA	1V	30mA
300mA	1V	300mA

● 交流電圧計

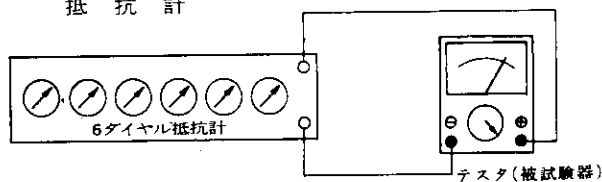


※標準器の精度は、1.0級より良いものが望ましい。

※電源装置としては、できるだけ正しい波形(正弦波)のものが望ましい。

テ ス タ 試験レンジ	電 源 装 置 出力電圧	標準器最大 目盛値(参考)
AC 12V	AC 30V	AC 30V
30V	30V	30V
120V	300V	300V
300V	300V	300V
1000V	1000V	1000V

抵抗計



※抵抗器の精度は、1%程度が望ましい。なお()の範囲のものでも良い。

テ ス タ 試験レンジ	ダイヤル抵抗範囲
R × 1	0(10 Ω) ~ 10K Ω
R × 10	0(100 Ω) ~ 100K Ω
R × 100	0(1K Ω) ~ 1000K Ω (100K Ω)

5-2 校正方法について

テストを試験したい目盛（通常は最大目盛値）まで電源装置の電圧（電流）を上げて、その目盛に達した時の標準器の指示とその比較を行うことを校正と呼びます。この方法については、JIS規格（JIS-C-1102）では、

- ①試験は、目盛の上位から下位におよぼし、さらに下位から上位におよぼして両者の平均を取る。（例えば、12Vの点を試験する場合12V以上に電圧を上げて、徐々に12V点まで下げながら試験点でデータを取る。次にさらに下げた点より徐々に上昇させて同じ試験点でデータを取り、その平均値を測定値とします。これは、メータに摩擦があるためで、その影響を避けるために行うものです。しかし、このテストの場合トートバンド方式のメータを採用しているので摩擦の影響がないので、1回だけの試験で行います。）

- ②2種類以上の測定範囲を持つ計器は最大測定範囲から始め、順次下位におよぼす。（例えば、DCVレンジの試験の場合、1000Vレンジ、300Vレンジ……と高い電圧レンジから試験をします。）

と定めていますが、精密計器を除き一般には、①ではメータの軸受付近を軽くたたきながら摩擦の影響を避けてデータを取っています。②については、このようにすれば不良発見が早い訳ですが（高圧レンジでの不良が多い）初めの場合、危険感、不安感がともないますので低レンジから始めても良いと思います。

測定値の読み方は、被試験器（この場合はテスト）の指針を試験点に合せて、その時の標準計器の値を読み取ります。もし誤差が多くて標準器の指針の位置が目盛からはずれるようでしたら、標準器を正しい値に合せて被試験器の値を読み取ります。（この場合データをカッコでくくるなどして区別すると良い）このようにする理由は、標準器の方がより細かく値が読み取れて正確なデータが得られるためです。

5-3 誤差と補正

試験結果を整理する方法として誤差と補正という2つの表わし方があります。

標準器の読み(T)、被測定器(テスト)の読みを(M)とした場合、

$$\text{誤差値 } \varepsilon \text{ は } \varepsilon = M - T \quad \text{誤差率(\%)} \text{ で表わすと } \varepsilon(\%) = \frac{M - T}{T} \times 100$$

$$\text{補正値 } \alpha \text{ は } \alpha = T - M \quad \text{補正率(\%)} \text{ で表わすと } \alpha(\%) = \frac{T - M}{M} \times 100$$

となります。

私達は普通、誤差値(または誤差率)を使用していますので、このテキストでは誤差率で説明いたしますが、測定器のように最終結果として正しい値（上記におけるT）が必要な場合は、補正値が便利のため、計器の校正を行う試験所や検定所では補正値または補正率を多く使用しています。

5-4 テスタにおける誤差率の表わし方

メータでも同じですが、誤差率は指示値に対する値ではなく最大目盛値に対する値で表わすようになっています。例えば、AC 120 Vレンジで商用電源を測定した時にテスタは100Vを、標準器は102Vを指示した場合、このテストの誤差は、

$$\frac{100-102}{120} \times 100 = -1.67\% \text{ であって}$$

$$\frac{100-102}{102} \times 100 = -2\% \text{ ではありませんので注意が必要です。}$$

これはメータの誤差の原因には、零位調整器の合せ違いとか摩擦のように指示値の大小に関係のないものが含まれているためです。なおΩ計のように目盛が不均等な場合は、目盛の長さ（目盛線の弧の長さ）に対する値で表わすことになっています。このテキストもすべて誤差の扱いは最大目盛値に対する値で示し、指示値に対する値ではありません。

5-5 テスタの試験

(1) 最大目盛値の校正

テストの各レンジにおける最大目盛値を校正します。Ω計は最大目盛値と言うわけにゆきませんので中央目盛値で試験します。このテストでは、この誤差が±3%以内であれば規格を満足していることになります。

(a) 電圧計・電流計

テスタの 最大目盛値 (M)	標準器の読み (T)	誤差値 (ε) = M - T	誤差率 (%) (ε%) = $\frac{\epsilon}{T} \times 100$
DC 1000 V			
300 "			
120 "			
30 "			
12 "			
3 "			
0.3 "			
DC 300mA			
30 "			
50μA			
AC 1000 V			
300 "			
120 "			
30 "			
12 "			

(b) 抵抗計

試験は、中央目盛値で行います。抵抗計の場合は不等分目盛のため目盛長に換算して、目盛長の何%と言うように表わします。なお誤差値は表にはありませんが、 $\epsilon = M - T$ となります。

レンジ	試験点(中央 目盛値) (M)	目盛長(振れ角) に対する%(M')	標準器の読み (T)	指針の位置% (T') = $(M/(M+T)) \times 100$	誤差率 (ε%) = T' - M'
R×1	100Ω	50.0%			
R×10	1kΩ	50.0%			
R×100	10kΩ	50.0%			

(2)目盛特性試験

これは、目盛の打ち方が正しいかどうかを試験するもので、最大目盛が正確であったと仮定した時の途中の目盛における誤差率を調べます。したがって同じ目盛分割を共用している場合は、同じ誤差となります。(ただし、AC Vレンジの場合は、整流器特性の影響が低いレンジに多く現れます。)これを考慮して直流目盛の試験にDC 3Vレンジ、専用目盛のあるAC 12 Vレンジ、それに整流器の影響を考慮してAC 30Vレンジを試験します。Ω計の場合は計算方法が異なりますので、別項目にしました。試験はR×10レンジで行います。

(a) 電圧計・電流計目盛試験

レンジおよび試験点 (M)	最大目盛値に対する % (M')	標準器の読み (T)	最大目盛値データ に対する% (T')	誤 差 率 (ε%)=M'-T'
DC 3V 3V	100.0%		100.0%	0.0%
2.5 "	83.3 "			
2.0 "	66.7 "			
1.5 "	50.0 "			
1.0 "	33.3 "			
0.5 "	16.7 "			
AC 30V 30V	100.0%		100.0%	0.0%
25 "	83.3 "			
20 "	66.7 "			
15 "	50.0 "			
10 "	33.3 "			
5 "	16.7 "			
AC 12 V 12V	100.0%		100.0%	0.0%
10 "	83.3 "			
8 "	66.7 "			
6 "	50.0 "			
4 "	33.3 "			
2 "	16.7 "			

(b) 抵抗計目盛試験

試験はR×10レンジで行います。なお、(T')の計算式におけるM(中央値)は1kΩとなります。

レンジ	試験点	目盛長(振れ角) に対する%(M')	標準器の読み (T)	指針の位置 % (T')= $\frac{M}{(M+T)} \times 100$	誤 差 率 (ε%)=T'-M'
R×10	200Ω	83.3%			
"	500Ω	66.7 "			
"	1kΩ(M)	50.0 "			
"	2kΩ	33.3 "			
"	5kΩ	16.7 "			

5-6 結果のまとめ

今までの試験結果をグラフに記入します。製造No、試験条件は、

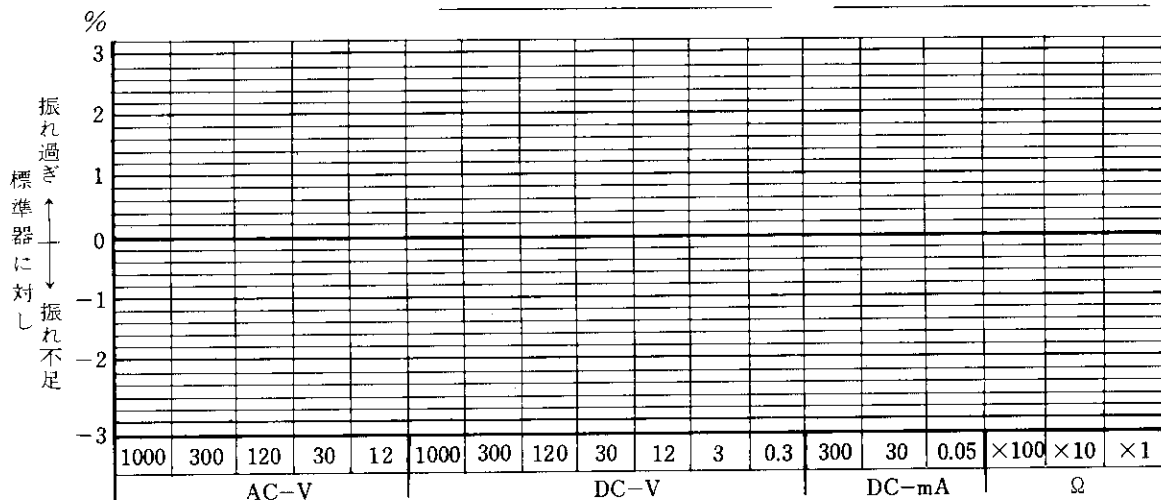
製造番号

試験者名

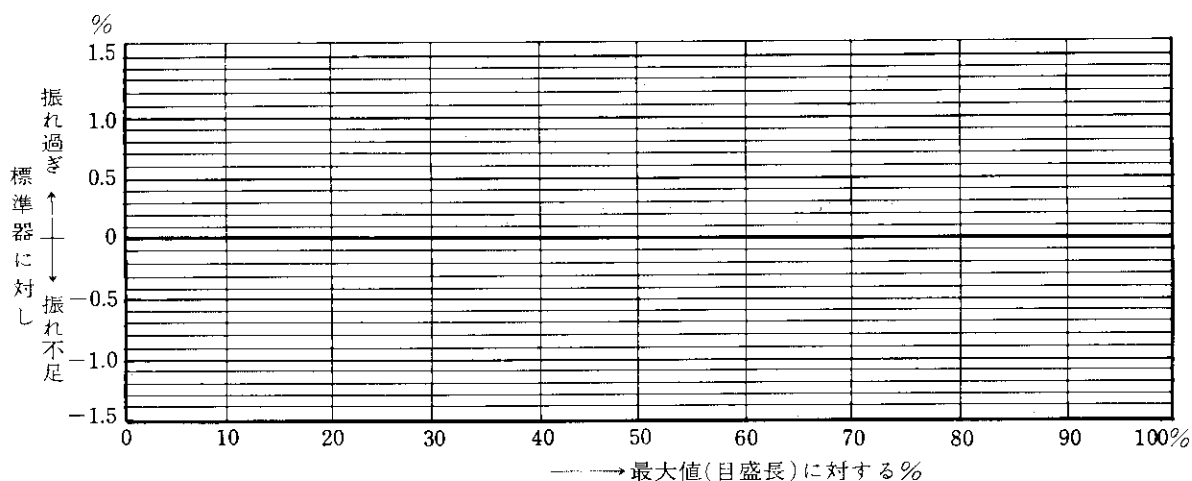
(1)最大目盛値

検査日 年 月 日

環境条件 ℃ %



(2)目盛特性



(3)学 習

任意の測定値たとえば、AC 120VレンジにおけるAC 100Vの誤差は、最大目盛値の誤差(レンジ誤差)と目盛特性(中間誤差)の2つを合せた値となります。任意の測定値に対して、これらの誤差がどのように影響するかを考えて、どのようにすればこの点の誤差率が求まるか考えて下さい。

①最大目盛値に対する誤差率を求める式はどうなりますか？

②同様に指示値に対する誤差率は？

6. テスタ回路の設計

回路設計を行う訳ですが、このテスタの抵抗値は、計算値と多少異っています。それは計算値をE₁₉₂という数値系列表に従って数値を丸めているためです。

なお計算は、4桁まで行い、4桁目を4捨5入して下さい。

6-1 メータ回路

このテスタには、可動コイル形直流電流計（以後メータと呼ぶ）が使用されています。メータのみでテスタ回路を設計しますとメータ内部のコイル抵抗のバラツキや温度係数（このメータのコイル銅線の場合、10℃の温度上昇でコイル抵抗値が4%増加する。）の為に、誤差のバラツキや使用する温度によって指示値が変動する等の欠点をもつテスタとなってしまいます。これらの影響を小さくするために温度係数が小さく、正確な値をもった抵抗器を直列に入れ、補正して使用します。

このテスタは、以上の様なことを考慮して、メータ回路の電圧降下を300mVに設定してあります。メータはフルスケール感度50μA、内部抵抗1.05kΩのものを使用していますので、これらの条件を使って直列抵抗値を計算します。まずメータ回路の全抵抗をR_M、回路電流をI_M、電圧降下をE_MとするとI_Mはメータ感度につき50μA、E_Mは設計条件より300mVとなります。したがってR_Mはオームの法則(3)式(ページ)により(図6-1-(1)参照)

$$R_M = \frac{E_M}{I_M} = \frac{\boxed{} \text{ mV}}{\boxed{} \text{ } \mu\text{A}} = \frac{\boxed{} \times 10^{-3} \text{ V}}{\boxed{} \times 10^{-6} \text{ A}} = \boxed{} \times 10^3 \Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

またメータの内部抵抗をr_mとするとr_m=1.05kΩより、直流抵抗R₁₈は、

$$R_{18} = R_M - r_m = \boxed{} \text{ k}\Omega - \boxed{} \text{ k}\Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

となります。メータ回路には、この他に、過負荷保護回路が付き、図6-1-(2)の様になります（間接的にはD₃、R₁₁で構成されたヒューズ式過負荷保護回路も含まれる）が回路説明でのメータ記号では、R₁₈も含んだ50μA f.s.、6kΩまたは、50μA f.s.、300mVのメータとして扱います。(ACVは除く)。

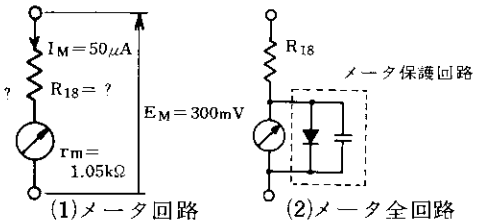


図6-1 メータ回路

6-2 メータ過負荷保護とヒューズ式過負荷保護について

シリコンダイオードの場合、順方向に徐々に電圧を加えた場合、ある電圧（約0.5V）を越えた点から急に電流が流れ出す（内部抵抗が低くなる図6-2）という性質があります。この性質を利用してメータとシリコンダイオードを並列に接続しておくと、メータ端子間に一定以上の電圧（すなわち過負荷状態）が加わると、ダイオードにも電流が流れる様になりメータに流れる電流がそれほど増加しなくなります。このテスタは両方向から流れる電流に対して保護する為に極性を違えて2本使用しています。(D₂、D₃)なおコンデンサは交流に対する影響を避ける為です。(但しDC 120V、300V、1000V、300mAは一方方向だけです。)

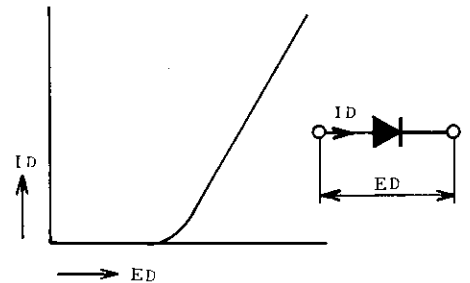


図6-2 ダイオードの順方向特性

次にこのテスタには、故障の原因の大半を占める電流計、抵抗計で誤って電源電圧(コンセント)を測定しようとするなどの誤使用による抵抗焼損を防止する回路(AC 250Vまで)が組込まれています。

これを図6-3の電流計回路を例に説明致します。

電源電圧は6-6 交流電圧計の項で説明されている様に+、-に振動していますので⊕側の場合と、⊖側の場合を分けます。仮に⊕端子側が⊕(正)の電位になった場合、電流はメータ回路と分流器(R_s)に流れます。逆に⊖端子が⊕(正)の電位になった場合は、ダイオード(D₃)と巻線抵抗(R₁₁)にほとん

と流れヒューズを溶断します。(もちろんメータ回路、分流器にも多少は流れる…レンジによって異なる)ゆえに、抵抗にて負担する過負荷は、一周期の $\frac{1}{2}$ で済むことになる。(もちろんその期間過負荷に耐えられる抵抗を選択してあります)すなわち、レンジによっては、ヒューズが溶断せずに抵抗が焼損する場合がありますが、この回路では確実にヒューズによって回路を保護することができます。(DC 300mAレンジは、ヒューズのみ。これで十分です)抵抗計の回路も同様な方法で行っています。なお、ダイオード(D₃)に直列に接続されている捲線抵抗器(R₁₁)は、サージ電流によってダイオード(D₃)が破損することを防止する限流用の抵抗として入っているものです。(DC 300mAレンジ用分流器と共用)

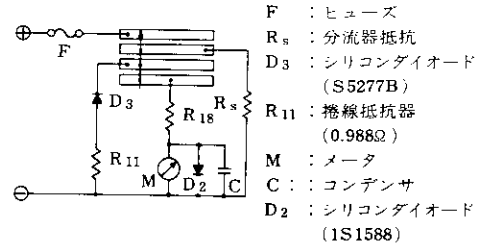


図6-3 ヒューズ保護回路

6-3 直流電流計

● 説明

メータの動作電流より大きな電流を測れるようにするには図6-4のように電流計に並列抵抗R_sを接続します。これは測定電流IをR_sに分流させてメータにはI_Mだけを流す役目を持ちます。このため、この抵抗R_sを分流器と呼びます。図より、端子間電圧をE_Mとすると、オームの法則よりE_M = I_M · R_Mしたがって分流器の抵抗R_sは、

$$R_s = \frac{E_M}{I_s} = \frac{E_M}{I - I_M} \dots \dots \dots (7)$$

設計する電流計の最大目盛値Iとメータの最大目盛値との比、すなわち分流比をmとすれば、

$$m = \frac{I}{I_M} \quad \text{したがって} \quad I = m \cdot I_M$$

これを(7)式に代入して、

$$R_s = \frac{E_M}{I - I_M} = \frac{I_M \cdot R_M}{m \cdot I_M - I_M} = \frac{R_M}{m - 1} \dots \dots \dots (8)$$

(7)式は原理を理解するのに、また(8)式は分流器を理解するのに都合の良い式です。

● 実際の回路

このテストの直流電流計回路は図6-5のようにになります。ここで使う式は(8)の式を使うことにします。

ここでメータ定数はR_M = 6 kΩ、I_M = 50 μAです。

a) DC 50 μA

この場合は測定電流とメータ動作電流が同じですから分流器は不要ですが、一応計算してみますと、

$$I = 50 \mu A, I_M = 50 \mu A, \text{したがって} m = 1$$

$$R_s = \frac{R_M}{m - 1} = \frac{6 k\Omega}{1 - 1} = \infty$$

b) DC 30mA、I = 30mA

$$m = \frac{I}{I_M} = \frac{\boxed{} \times 10^{-3}}{\boxed{} \times 10^{-6}} = \boxed{} \times 10^3 = \boxed{}$$

$$R_{10} = \frac{R_M}{m - 1} = \frac{\boxed{} \times 10^3 \Omega}{\boxed{} - 1} = \boxed{} \Omega$$

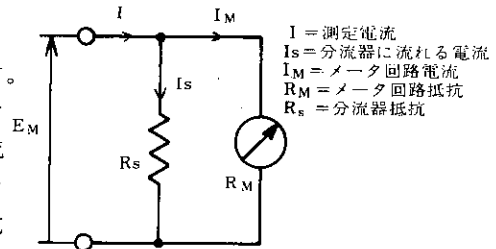
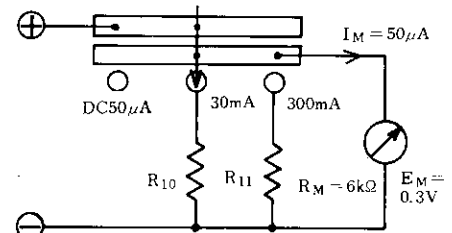
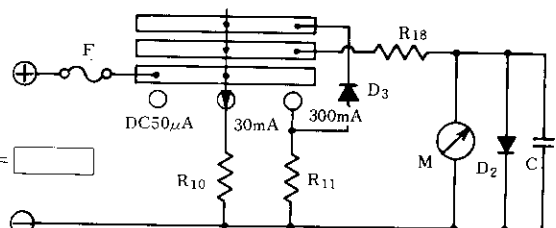


図6-4 直流電流計基本回路



(1) 直流電流計回路



(2) 実際の回路

図6-5 直流電流計回路

c) DC 300mA、 $I = 300\text{mA}$

$$m = \frac{I}{I_M} = \frac{\boxed{} \times 10^{-3}\text{A}}{\boxed{} \times 10^{-6}\text{A}} = \boxed{} \times 10^3 = \boxed{}$$

$$R_{11} = \frac{R_M}{m-1} = \frac{\boxed{} \times 10^3 \Omega}{\boxed{} - 1} = \frac{\boxed{} \Omega}{\boxed{}} = \boxed{} \Omega$$

なおここで計算した抵抗値の中にスイッチの接触抵抗や配線導線の抵抗等が含まれているので R_{11} のように抵抗値の少ない場合は、この誤差を無視できなくなり、これを差し引かねばなりません。

この抵抗値を約 0.012Ω と見込んであるので R_{11} は、

$$R_{11} = (\text{計算の抵抗値}) - (\text{配線部分の抵抗値}) = \boxed{} \Omega - \boxed{} \Omega = \boxed{} \Omega$$

6-4 直流電圧計

●説明

メータ（直流電流計）に直列に抵抗を接続して抵抗に流れる電流を測定することにより直流電圧計となります。このことはオームの法則(1)式を使って説明します。なおこの場合の抵抗器を倍率器と呼びます。

電圧計の測定範囲（最大目盛値）を E 、メータ回路電圧を E_M 、メータ回路電流を I_M 、倍率を m （ E と E_M の比、 E/E_M で表わす）とすると図6-6より測定電圧 E は、メータ電圧（ E_M ）と倍率器電圧降下 E_R を加えたものであり、 E_R はオームの法則(1)式より計算できる。

すなわち、

$$E_R = R_A \cdot I_M, E_R = E - E_M \text{ となるので}$$

$$R_A = \frac{E_R}{I_M} = \frac{E - E_M}{I_M} \dots\dots\dots(9)$$

また、メータ回路電流の逆数すなわち $1/I_M$ を Ω/V （オームパーボルトと呼ぶ……電流の逆数は、 R/E これを単位名で呼んだもの）とすると(9)式は、

$$R_A = (E - E_M) \cdot \frac{1}{I_M} = (E - E_M) \times (\Omega/V) \dots\dots\dots(10)$$

さらに $E_R = R_A \cdot I_M$ の式を変形すると $I_M = \frac{E_M}{R_M}$ となり倍率比(m)を使って(9)式を変形すると $m = \frac{E}{E_M}$ なので、

$$R_A = \frac{E - E_M}{\frac{E_M}{R_M}} = (E - E_M) \cdot \frac{R_M}{E_M} = \left(\frac{E}{E_M} - 1 \right) \cdot R_M = (m - 1) \cdot R_M \dots\dots\dots(11)$$

(10)式の、 Ω/V は 1V あたりの内部抵抗と考えることができ、テスタの最大目盛値にこの Ω/V を乗ずるとその内部抵抗が計算できることから、テスタの様に電圧レンジが多数ある場合によく使われる数値です。

●実際の回路

このテスタの直流電圧計回路は図6-7の通りです。ここで使用する式は、(9)(10)(11)いずれを使用しても良いわけですが、ここでは、 Ω/V の考え方を理解する為に(10)式で行うことにします。メータの回路電流は $50\mu\text{A}$ なので、

$$\Omega/V = \frac{1}{I_M} = \frac{1}{50 \times 10^{-6}\text{A}} = 20\text{k}\Omega/V \text{ となります。}$$

a) DC 3Vレンジ

$$E_M = 0.3\text{V}, E = 3\text{V}$$

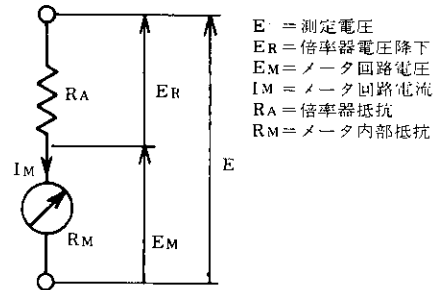


図6-6 直流電圧計の基本回路

$$R_9 = (E - E_M) \times \Omega / V = (E - E_M) \times 20k\Omega / V$$

$$= (\quad V - \quad V) \times 20k\Omega / V = \quad k\Omega$$

b) DC 12Vレンジ

a)と同様に計算しても良い訳ですが、考え方を変えて3Vレンジまでをメータ回路と考えると、 $E_M = 3V$ 、 $E = 12V$ として計算すると、

$$R_8 = (\quad V - \quad V) \times 20k\Omega / V = \quad V$$

$$\times 20k\Omega / V = \quad k\Omega$$

c) DC 30Vレンジ

b)と同様に12Vレンジまでを E_M と考えると、

$$R_7 = (\quad V - \quad V) \times 20k\Omega / V = \quad V$$

$$\times 20k\Omega / V = \quad k\Omega$$

d) DC 120Vレンジ

b)と同様に30Vレンジまでを E_M と考えると、

$$R_6 = (\quad V - \quad V) \times 20k\Omega / V = \quad V$$

$$\times 20k\Omega / V = \quad k\Omega = \quad M\Omega$$

e) DC 300Vレンジ

b)と同様に120Vレンジまでを E_M と考えると、

$$R_5 = (\quad V - \quad V) \times 20k\Omega / V = \quad V$$

$$\times 20k\Omega / V = \quad k\Omega = \quad M\Omega$$

f) DC 1000Vレンジ

b)と同様に300Vレンジまでを E_M と考えると、

$$R_4 = (\quad V - \quad V) \times 20k\Omega / V = \quad V$$

$$\times 20k\Omega / V = \quad k\Omega = \quad M\Omega$$

しかし、3021の回路の場合は、40頁の配線図に示すとおり300Vレンジと1000Vレンジの倍率器を、直流電圧計回路と交流電圧計回路で共用する回路構成となっています。この場合の感度つまり電流計の感度は低い方に合せなければならないので、交流電圧計のフルスケール感度($I_{M(AC)}$) $111.1\mu A$ ($9k\Omega/V$) にします。(交流電圧計の電流感度については、6-6の交流電圧計のメータ回路の項を参照して下さい)

従って、メータ回路電流 I_M ($50\mu A$) との差の分だけ分流器(R_{19})に電流を流す様にしてやれば良い訳です。ここで分流器の抵抗 R_{19} の値を直流電流計の(7)式($R_s = \frac{E_M}{I - I_M}$)を使って求めてみます。 R_s に相当するものが R_{19} 、 I に相当するものが $I_{M(AC)}$ ($111.1\mu A$)となります。

ゆえに、

$$R_{19} = \frac{E_M}{I_{M(AC)} - I_M} = \frac{\quad V}{(\quad - \quad) \mu A} = \frac{\quad}{\quad} \times 10^3 = \quad \times 10^3 = \quad k\Omega$$

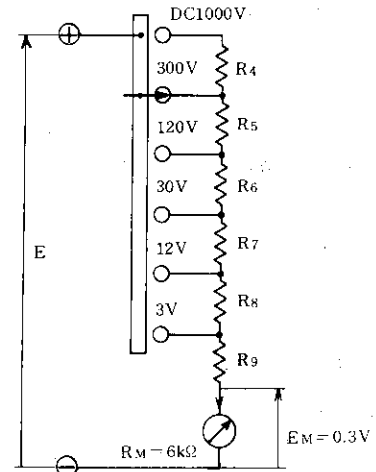
DC 3V、12V、30V、120Vレンジについては前の回路と同様に計算します、300V、1000Vレンジについては、次の様に求めます。

●DC 300Vレンジの場合

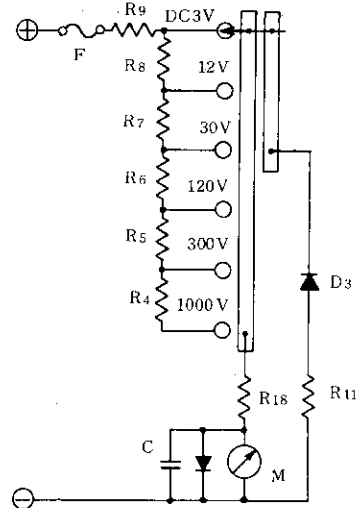
この場合、分流器(R_{19})が並列に入る為に、 $E_M = 0.3V$ 、 $E = 300V$ 、 $I_M = 111.1\mu A$ として、300Vレンジの倍率器の抵抗値 R_{300} を求めてみます。

$$R_{300} = (E - E_M) \times \Omega / V = (E - E_M) \times 9k\Omega / V$$

$$= (\quad V - \quad V) \times 9k\Omega / V = \quad k\Omega$$



(1) 直流電圧計回路



(2) 実際の回路

図6-7 直流電圧計回路

以上の結果から、 R_5 を求めると、

$$\begin{aligned} R_5 &= R_{300} - (R_6 + R_7 + R_8 + R_9) \\ &= \boxed{} \text{ k}\Omega - (\boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega) \\ &= \boxed{} \text{ k}\Omega - \boxed{} \text{ k}\Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

●DC 1000Vレンジの場合

b)と同様に300Vレンジを E_M として考えると、

$$\begin{aligned} R_4 &= (\boxed{} \text{ V} - \boxed{} \text{ V}) \times 9 \text{ k}\Omega / \text{V} = \boxed{} \text{ V} \times 9 \text{ k}\Omega / \text{V} \\ &= \boxed{} \text{ k}\Omega = \boxed{} \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

6-5 抵抗計

●説 明

このテストで使用している抵抗計の基本回路は図6-8の通りです。測定端子を短絡($R_x=0\Omega$)し、全回路抵抗を R_c (抵抗計回路の等価抵抗でメータ、電池、配線等全ての抵抗を含む)、電池電圧を E とすると、流れる電流 I_0 はオームの法則(2)式により、

$$I_0 = \frac{E}{R_c} \dots\dots\dots(12)$$

次に測定端子に抵抗 R_x (これが測る抵抗となる)をつ

なぐと、流れる電流 I_x は、 $I_x = \frac{E}{R_c + R_x}$ となる。感度

I_0 のメータをこの電流値で目盛れば良い訳です。

目盛をつけるために I_0 に対する I_x の比を求めてこれを m とすると、

$$m = \frac{I_x}{I_0} = \frac{\frac{E}{R_c + R_x}}{\frac{E}{R_c}} = \frac{R_c}{R_c + R_x} \dots\dots\dots(13)$$

となる。なお、 $R_x=R_c$ の条件を入れると $m=1/2$ となる。これは端子間を短絡した時の電流 I_0 の1/2の点がこの抵抗計の内部抵抗であることを示しています。

実際の回路ではメータ感度が I_0 となるよう分流器を入れ、また電池電圧が変化しても I_0 で最大目盛値を示すよう0 Ω 調整回路をつけボリュームで調整するようにします。なお、 $m=1/2$ の値は中央目盛値と呼び抵抗計の仕様あるいは、特性を表わす重要な数字です。

●実際の回路

抵抗計の設計に当って一番問題になる所は電池が消耗しても、メータが最大(すなわち0 Ω)を指示するようにするための0 Ω 調整回路です。このテストでは、この調整回路を電圧計と考えて電池電圧と同じ電圧計となるよう回路構成しております。(一般のテストは、電流感度を変化させたようにしたものが多い。)

まず、抵抗計の設計条件として、

電池電圧(E)=1.5V(計算の為の数値で、最低使用電圧は1.19V)

中央目盛値(R_c)=100 Ω ($R \times 1$ での値で $\times 10$ 、 $\times 100$ は各々10倍、100倍する)

メータ動作電流感度(I_M)=50 μA

メータ回路抵抗(R_M)=6k Ω

設計に当っては $R \times 100$ のレンジから行います。

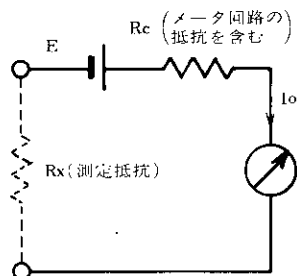


図6-8 抵抗計基本回路

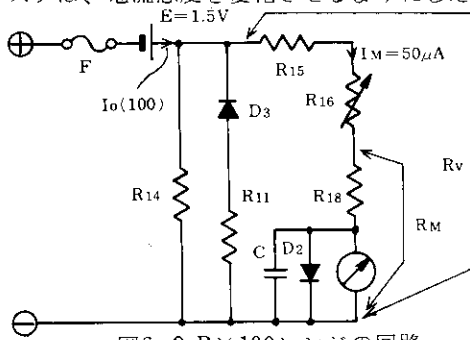


図6-9 $R \times 100$ レンジの回路

a) R×100

この回路は、 R_{15} 、 R_{16} 、 R_M で電圧計を構成している。 R_{16} が可変抵抗器となっているのは電池電圧が変化しても使用できるようにするためです。(この可変抵抗器を0Ω調整器とよぶ)

Ω計は、電池電圧を1.5Vとして設計するので、電圧計回路を1.5Vとすれば $R_x = 0$ の時、メータは最大目盛(すなわち0Ω)を指示します。 $R \times 100$ レンジの等価内部抵抗は、中央目盛値 R_c の100倍である。これを $R_{c(100)}$ とすると、

$$R_{c(100)} = R_c \times 100 = \boxed{} \Omega \times 100 = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

となる。つぎに、 $R \times 100$ レンジの回路電流を $I_{o(100)}$ とすると(12)式により、

$$I_{o(100)} = \frac{\boxed{} \text{ V}}{\boxed{} \times 10^3 \Omega} = \boxed{} \times 10^{-3} \text{ A} = \boxed{} \times 10^{-6} \text{ A} = \boxed{} \mu\text{A}$$

R_{14} は電流計の分流器である。メータ回路は、 $E = 1.5 \text{ V}$ 、 $I_M = 50 \mu\text{A}$ 、したがって分流器の式(7)より、

$$R_{14} = \frac{E}{I_{o(100)} - I_M} = \frac{\boxed{} \text{ V}}{(\boxed{} - \boxed{}) \times 10^{-6} \text{ A}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \times 10^3 = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

※この時の電圧計回路の全抵抗 R_v を求めて R_{14} との合成抵抗が、 $R_{c(100)}$ となることを確かめよ。

次に R_{15} 、 R_{16} の値であるが、電池をあまり低い所まで使用すると誤差が多くなるので約1.19Vまで使うことにする。この電圧を $E_{(min)}$ とすると、

$I_M = 50 \mu\text{A}$ 、 $E_{(min)} = 1.19 \text{ V}$ より、

$$R_v = \frac{E_{(min)}}{I_M} = \frac{\boxed{} \text{ V}}{\boxed{} \times 10^{-6} \text{ A}} = \boxed{} \times 10^6 \Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

この時はボリュームは0Ωのはずである。 $(R_{16} = 0)$ また R_M は6 kΩとして、

$$R_{15} = R_v - R_M = \boxed{} \text{ k}\Omega - \boxed{} \text{ k}\Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

ボリュームは、市販のものを使用するためあまり種類はなく、許容差も±20%と大巾である。一応20 kΩのボリュームを使用して最悪(−20%誤差の時)で何Vまで調整可能か調べる。

$$R_{16(min)} = \boxed{} \text{ k}\Omega \times 0.8 = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

$$E_{(max)} = I_M (R_{15} + R_{16(min)} + R_M)$$

$$= \boxed{} \times 10^{-6} \text{ A} \times (\boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega)$$

$$= \boxed{} \times 10^{-6} \text{ A} \times \boxed{} \times 10^3 \Omega = \boxed{} \times 10^{-3} \text{ V} = \boxed{} \text{ V}$$

※新品電池は1.65V程あるので、1.8V以上あれば十分である。

b) R×10

同様に、このレンジの内部抵抗 $R_{c(10)}$ は、

$$R_{c(10)} = R_c \times 10 = \boxed{} \Omega \times 10 = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

回路電流 $I_{o(10)}$ は、

$$I_{o(10)} = \frac{E}{R_{c(10)}} = \frac{\boxed{} \text{ V}}{\boxed{} \times 10^3} = \boxed{} \times 10^{-3} \text{ A} = \boxed{} \mu\text{A}$$

$$R_{13} = \frac{E}{I_{o(10)} - I_M} = \frac{\boxed{} \text{ V}}{(\boxed{} - \boxed{}) \times 10^{-6} \text{ A}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \times 10^3 \Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

※同様に電圧計回路の抵抗 R_v と R_{13} の合成抵抗が $R_{c(10)}$

となることを確かめよ。

c) R×1

同様に $R_c = \boxed{} \Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega$

$$I_{o(1)} = \frac{E}{R_c} = \frac{\boxed{}}{\boxed{} \times 10^3 \Omega} = \boxed{} \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_M = 0.05 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_{12} = \frac{E}{I_{o(1)} - I_M} = \frac{\boxed{} \text{ V}}{(\boxed{} - \boxed{}) \times 10^{-3} \text{ A}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \times 10^3 \Omega = \boxed{} \Omega$$

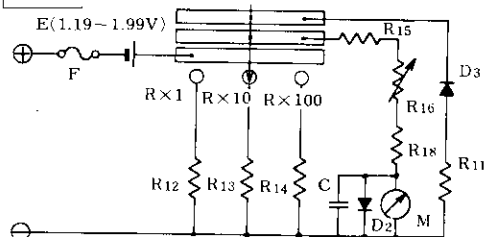


図6-10 抵抗計全回路

※同様に R_v と R_{13} の合成抵抗が $R_{c(1)}$ となることを確かめよ。

なお、ここで計算した値には、ヒューズの抵抗、電池の内部抵抗等が含まれているので R_{12} のような抵抗値の少ない場合は、この誤差が無視できなくなりこれらを差し引かなければなりません。この抵抗値を約 1.2Ω と見込んであるので、

$$R_{12} = (\text{計算の抵抗値}) - (\text{ヒューズ等の抵抗値}) = \boxed{} \Omega - 1.2\Omega = \boxed{} \Omega$$

6-6 交流電圧計

●説明

このテストに使用している可動コイル形の直流電流計では、メータに流れる電流値の平均値を指示するようになっているため、交流の場合、指示は“0”となり振れません。(我々が使っている交流は1秒間に60(または50)回という速さで⊕側と⊖側交互に流れが変るため、メータはこの流れに応じて⊕側↔⊖側でぶる振動しているはずですが、動きが速くて指針がついてゆけないため⊕側と⊖側でたがいに打消し合い、この場合は“0”を指示するようになります。)

この交流を可動コイル形のメータで指示させるため図6-11のような整流回路を使用し、メータ回路へ交流の⊕側半分だけを流すようにしてあります。⊕側と⊖側は同じ波形ですから⊕側の電流を2倍にする事により、回路電流を知る事ができます。この交流の波形は正弦波交流と呼ばれ、時間に対する電流(電圧でも同じ)の変化の状態が図6-12のように円周上の一点(P)が回転する時の高さの動きと同じで、時間(角度)を横軸に電流(または電圧)を縦軸に書くと、いわゆる正弦曲線(サインウェーブ)になることからこう呼びます。

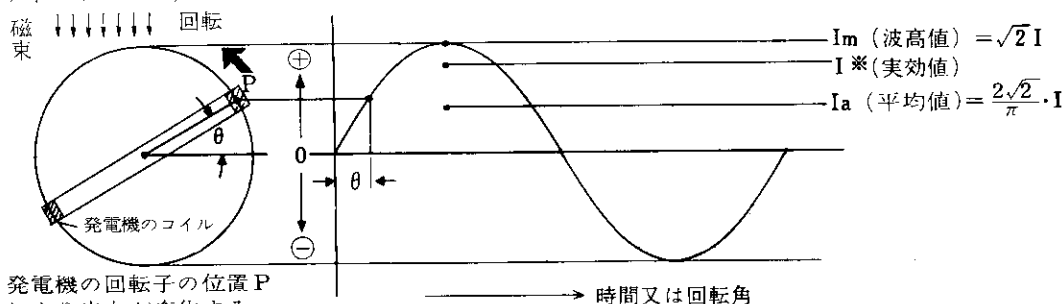


図6-12 交流波形(正弦波)説明図

※私達が普通、電流何A(電圧でも同じ)と呼ぶ場合は実効値(I)で呼んでおり、波形の最大値(波高値とも呼ぶ) I_m やこのメータで測ることができる平均値 I ではありません。 I_m と I との関係は正弦波の場合、 $I_m = \sqrt{2} I$ となります。

また図の回路(半波整流)の場合の平均値(I_a)と実効値(I)との関係は理論値として、

$$I_a' = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot I \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} I = 0.45 I$$

の関係が成り立ちます。……………(14)

●実際の回路

(1) 交流電圧計のメータ回路

図6-13回路にて $I_m = 50\mu A$ とすると、交流動作電流

$I_{m(AC)}$ は(14)式より、 $I_m = 0.45 I_{m(AC)}$ したがって、

$$I_{m(AC)} = \frac{I_m}{0.45} = \frac{50\mu A}{0.45} = \frac{100\mu A}{0.9} = 111.1\mu A$$

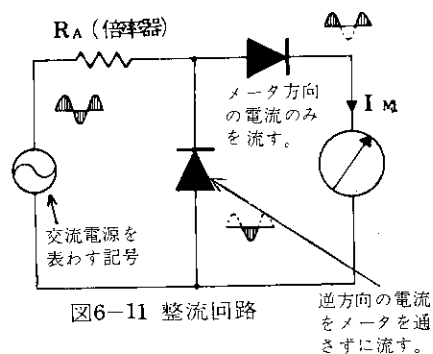


図6-11 整流回路

$E_{m(AC)} = 0.667V$
実効値

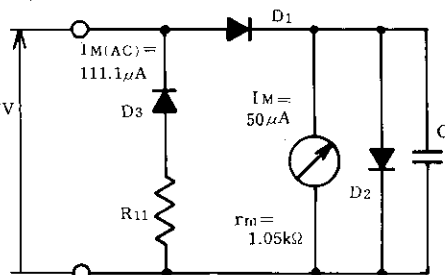


図6-13 交流電圧計メータ回路

また Ω/V は、

$$\Omega/V = \frac{1}{111.11 \cdots \mu A} = 9k\Omega/V \text{ となります。}$$

普通ならこの回路も直流部と同じに $100\mu A$ などごくぎりの良い数にしたい所ですが回路を簡単にするためにこのテストでは $111.1\mu A$ で設計しています。なおこのメータ回路の入力電圧 $E_{M(AC)}$ (または等価内部抵抗、 $R_{M(AC)}$)は整流器の動作が複雑で計算することができませんので実測で求めます。そのため図6-13の回路を実際に組立て実験し、結果は $E_{M(AC)} = 0.667V$ となりました。したがって $R_{M(AC)}$ は、 $R_{M(AC)} = \frac{0.667V}{111.1\mu A} = 6k\Omega$ となります。

(2) 回路設計

直流電圧計の回路計算では Ω/V の考え方を理解するために、(10)の式を使いましたので、ここでは倍率器の考え方を理解するために(11)の式を使って倍率器の計算をしてみます。この場合、考えやすくするために、図6-14-(1)の回路を考え、次に図6-14-(2)の回路に変換することになります。(このテストでは図6-14-(2)の回路方式を行っているのです)

a) AC 12V

メータ回路の条件は、

$$E_{M(AC)} = \boxed{} V \quad R_{M(AC)} = \boxed{} k\Omega,$$

また12Vのときの m を $m_{(12)}$ とすると、

$$m_{(12)} = \frac{E_{12}}{E_{M(AC)}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

$$R_1' = R_{M(AC)} (m_{(12)} - 1) = \boxed{} k\Omega \times (\boxed{} - 1) = \boxed{} k\Omega$$

図6-14-(2)に直すが、この場合 $R_1 = R_1'$ で良い。し

たがって、 $R_1 = \boxed{} k\Omega$

b) AC 30V

a)と同様に、

$$m_{(30)} = \frac{E}{E_{M(AC)}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

$$R_2' = R_{M(AC)} (m_{(30)} - 1) = \boxed{} k\Omega \times (\boxed{} - 1) = \boxed{} k\Omega$$

図6-14-(2)に直すと、

$$R_2 = R_2' - R_1' = \boxed{} k\Omega - \boxed{} k\Omega = \boxed{} k\Omega$$

c) AC 120V

a)と同様に、

$$m_{(120)} = \frac{E}{E_{M(AC)}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

$$R_3' = \boxed{} \times (\boxed{} - 1) = \boxed{} k\Omega$$

図6-14-(2)に直すと、

$$R_3 = R_3' - R_2' = \boxed{} k\Omega - \boxed{} k\Omega = \boxed{} k\Omega$$

d) AC 300V

a)と同様に、

$$m = \frac{E}{E_{M(AC)}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

$$R_4' = \boxed{} \times (\boxed{} - 1) = \boxed{} k\Omega$$

図6-14-(2)の回路になおすと、

$$R_4 = R_4' - R_3' = \boxed{} k\Omega - \boxed{} k\Omega = \boxed{} k\Omega = \boxed{} M\Omega$$

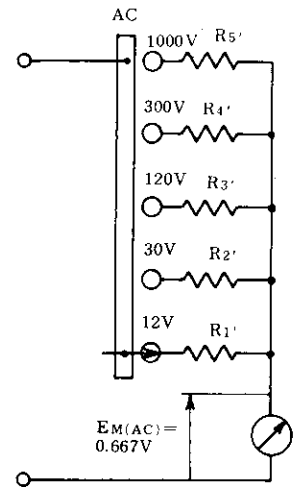


図6-14-(1)交流電圧計回路

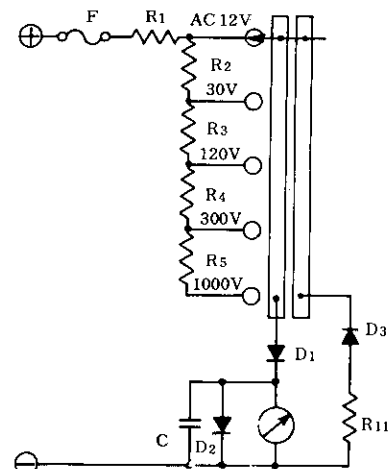


図6-14-(2)実際の回路

e) AC 1000V

a)と同様に、

$$m = \frac{E}{E_{M(AC)}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

$$R_5' = \boxed{} \times (\boxed{} - 1) = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

図6-14-(2)の回路図になおすと、

$$R_5 = R_5' - R_4' = \boxed{} \text{ k}\Omega - \boxed{} \text{ k}\Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega = \boxed{} \text{ M}\Omega$$

しかし3021の回路の場合は、40頁の配線図に示すとうり300Vレンジと1000Vレンジの倍率器を直流電圧計回路と交流電圧計回路で共用する回路構成となっていますので実際は、以下ようになります。

・AC 300Vレンジの場合

メータ回路の条件は、

$$E_{M(AC)} = \boxed{} \text{ V}, R_{M(AC)} = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

また300Vのときのmを $m_{(300)}$ 、倍率器を $R_{(300)}$ とすると、

$$m_{(300)} = \frac{E}{E_{M(AC)}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

$$R_{(300)} = R_{M(AC)} \times (m_{(300)} - 1) = \boxed{} \times (\boxed{} - 1) = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

回路図から $R_{(300)} = R_9 + R_8 + R_7 + R_6 + R_5$ が証明できれば良い。

$$R_9 + R_8 + R_7 + R_6 + R_5 = \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ M}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega \div R_{(300)}$$

となり成立することがわかる。

AC 1000Vレンジの場合

AC 300Vレンジの場合と同様に、

$$m_{(1000)} = \frac{E}{E_{M(AC)}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

$$R_{(1000)} = \boxed{} \times (\boxed{} - 1) = \boxed{} \text{ k}\Omega$$

$R_{(1000)} = R_9 + R_8 + R_7 + R_6 + R_5 + R_4$ が証明されれば良いので、

$$R_9 + R_8 + R_7 + R_6 + R_5 + R_4 = \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ M}\Omega + \boxed{} \text{ k}\Omega + \boxed{} \text{ M}\Omega = \boxed{} \text{ k}\Omega \div R_{(1000)}$$

となり成立することがわかる。

6-7 バッテリーテスト

電池の良否を判定する場合に端子電圧を測定する方法が簡単であるので現場用として多く使用されている。電池は、図6-16に示すような回路でスイッチKを閉じて回路に電流を流すと電圧計の指示が減少する。これは外部に電流を流すと電池内にも電流が流れますが、このとき電池の内部に電流を流れるのを妨げるような作用があると考えられていてこの作用を回路の内部抵抗と言う。この内部抵抗は、電池を長時間使用したり、周囲温度が低下したりすると増大するので使用状態に近い回路で端子電圧を測定しないと電池の良否の判断はできないことになる。

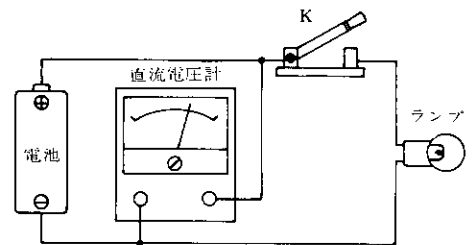


図6-16

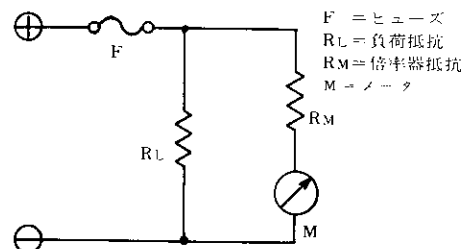


図6-17 バッテリーテスト回路

そこでこのキットは、図6-17に示すような回路構成として実際に負荷をかけて測定している。
 なお、良否の判定は、電池の使用電圧範囲の中間と新品時の電圧までの範囲を帯としてあります。
 (1.35V~1.65V)

6-8 デシベル目盛について

●デシベルとは

電子回路を扱うようになるとよくデシベルという言葉が出て来ます。これは増巾器の場合、入力(E_0)が何倍かされて出力(E_1)となって出てきます。そしてこの入力と出力の比 E_1/E_0 を増巾率といいます。このような回路をたくさん接続すると、全体の入力と出力の関係は、各々の増巾率の積となり計算が大変になりますので、対数になおしてこの計算がたし算になるようにしたものです。この対数に直したものの単位をベル(B)といいます。ここでは実際に扱う数字が小さくなりすぎますので1/10を示す補助単位(d)を付けた、デシベル(dB)が一般に使われております。電気の場合、電力が考え方の基礎となっておりますので、今までの考えを入力電力 P_0 、出力電力 P_1 としますと、

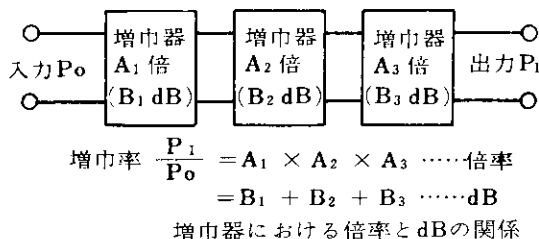
$$dB = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0} \text{ となり、}$$

電圧の場合、入力電圧 E_0 、出力電圧 E_1 として、

$$dB = 20 \log_{10} \frac{E_1}{E_0} \text{ また、}$$

電流の場合、入力電流 I_0 、出力電流 I_1 として、

$$dB = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_0}$$



で表わされます。なお、この関係は、増巾のみでなく減衰の場合でも成立し、この場合デシベル値はマイナスの値となります。

●デシベル目盛について

今までのデシベル計算式において入力電力 P_0 を入力電力でなく、基準の値(たとえば1W)とすれば電力(電圧、電流でも同じ)をdBで表わすことができます。電子回路を扱う場合、あまり大きな電力を扱いませんので、この基準となる電力を1mWとして電力をdBで表わしています。(このように表わしたものをdBmと区別する場合があります。) すなわち、

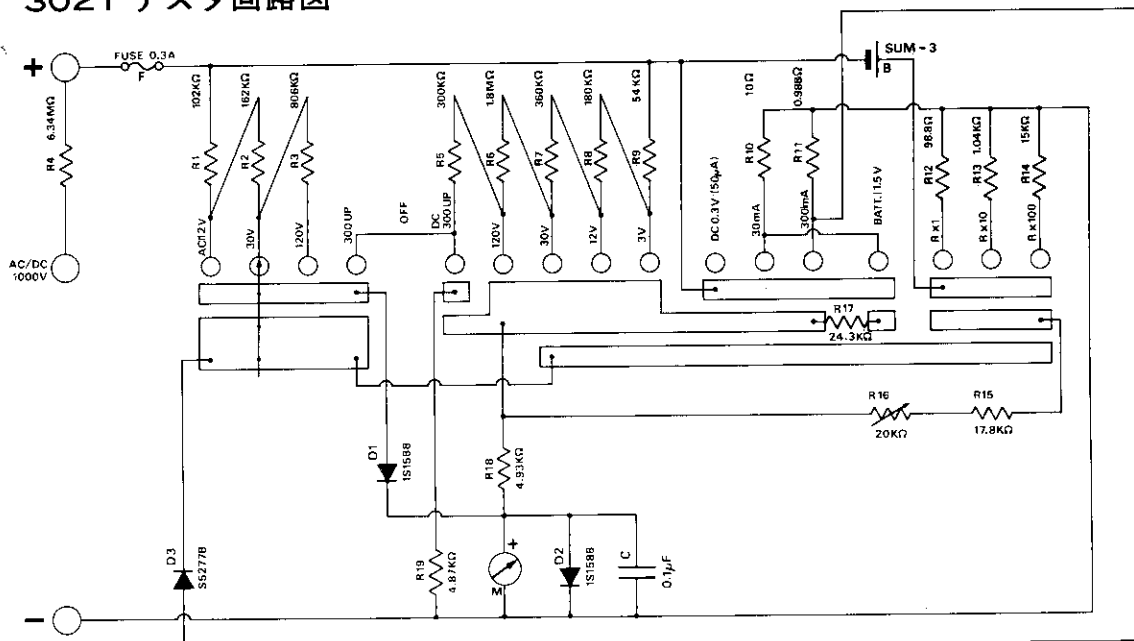
$$dBm = 10 \log_{10} \frac{1}{1 \text{ mW}} \text{ で表わせます。}$$

この電力を電圧で表わす場合は、一般に負荷抵抗は600Ω(無線関係では75Ωまたは50Ω)基準に考えますので、この600Ωで1mWを消費する電圧0.775Vを基準にしますと、

$$dBm = 20 \log_{10} \frac{E}{0.775} \text{ となります。}$$

すなわち、0dB(1mW)=0.775V、10dB(10mW)=2.45V、20dBm(100mW)=7.75V、30dBm(1W)=24.5V……となり。このテストに目盛ってあるdB目盛は、このように計算した値をAC12V目盛(-5dB~+23dB)およびAC30V目盛(+15~+32dB)で目盛ったものです。その他のレンジで使用する場合はレンジによる加算値を加えて使用します。(取扱説明の項参照)

302I テスタ回路図



主要電気部品一覧

記号	品名	記号	品名
R1	金属皮膜固定抵抗器 SN14K2E 102kΩF	R13	炭素皮膜固定抵抗器 SPR1 1.04kΩF
R2	" " 162kΩF	R14	金属皮膜固定抵抗器 SN14K2E 15kΩF
R3	" " 806kΩF	R15	" " 17.8kΩF
R4	" RK14B2H 6.34MΩF	R16	ポリウム EVH-LWAD25B24 20kΩB
R5	" SN14K2E 300kΩF	R17	金属皮膜固定抵抗器 SN14K2E 24.3kΩF
R6	" " 1.8MΩF	R18	" " 4.93kΩF
R7	" " 360kΩF	R19	" " 4.87kΩF
R8	" " 180kΩF	D1,2	シリコンダイオード 1S1588
R9	" " 54kΩF	D3	" S5277B
R10	捲線抵抗器 W1/2P 10ΩF	C	コンデンサ 0.1μF25WV
R11	" W1/2PS 0.988ΩF	F	ガラス管ヒューズ MF61NR250V0.3AAC05 0.3A250V
R12	炭素皮膜固定抵抗器 SPR2 98.8ΩF	B	乾電池 SUM-3 1.5V

サービスに関するお問い合わせ：最寄りの営業所まで。

日置電機株式会社

本社・工場 〒386-11長野県上田市小泉81
TEL 0268-28-0555 FAX 0268-28-0559

3021A980-03 90-05-006T 78310029