

2 電気に関する一般知識

1 電気の種類

(1) 直流と交流

① 直流 (DC) (図2-1 (a))

大きさが変化しても、方向が変わらない電流をいう。

a) 乾電池

b) 直流電源

交流から変換して得る電源で、24Vの電源が制御回路で多く使用されている。

この電圧では死亡事故がなく、接点のノイズ等による誤動作防止にもよい。

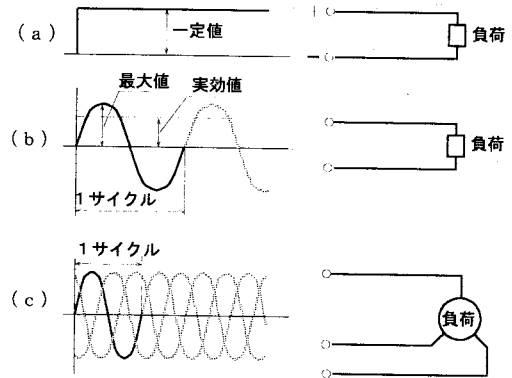


図2-1 電気回路の電源の種類

② 交流 (AC) : 大きさと方向が周期的に変わる電流である。

a) 単相交流 (図2-1 (b))

一般家庭用には、対地電圧100Vが使用(200Vより安全)されている。

160Vを超えると感電死亡率が高くなる。

b) 三相交流 (図2-1 (c))

図のように各コイルには周波数、大きさ、波形が同じで、位相が 120° ずつ異なった交流をいい、生産現場の動力等の電力消費の多いところで使用されている。

3本の線で、単相三つ分(6本)の電気を送ることができる。

対地電圧200Vにすることにより経済性がよくなる。

(電力が同じなら、電圧を高くすると電流を小さくでき、電線も細くできる。その結果、電動機も小型化できる。)

(2) 電圧・電流・抵抗

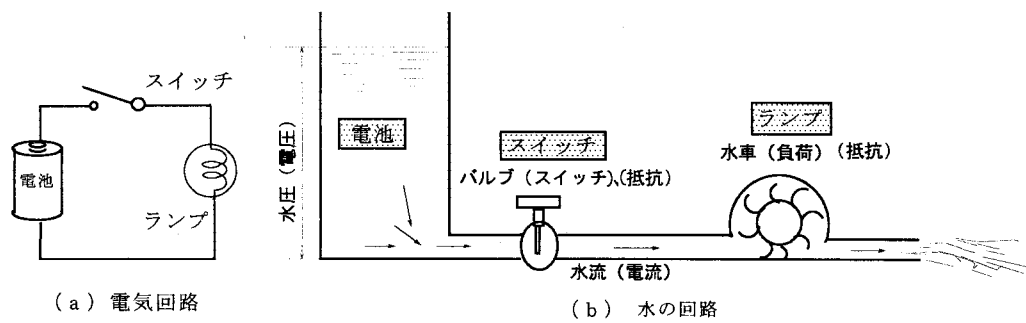


図2-2 電圧・電流・抵抗と水の回路との関係は

図2-2 (a) に描いた電気回路を、水の回路に例えると、図2-2 (b) のように置き換えて考えることができる。

水圧が高ければ水流は多くなり、水管が細くて長いと水の流れは悪くなる。

電気回路では電気の流れを流れにくくする成分を抵抗といい、導体の太さと長さに影響する。この関係を式で表すと、

$$R = \rho \times \frac{L}{S} = \text{抵抗率} (\Omega \cdot \text{cm}) \times \frac{\text{長さ (cm)}}{\text{断面積 (cm}^2\text{)}} \\ (\text{抵抗を} R、\text{導体の長さを} L、\text{断面積を} S \text{とする。})$$

となる。

電圧、電流、抵抗の単位はそれぞれ、電圧：V (ボルト)、電流：A (アンペア)、抵抗：Ω (オーム) で表し、電圧・電流・抵抗の間には次の関係が成り立つ。これを”オームの法則” という。

$E = R \times I$	電圧：E [V (ボルト)]
電圧 抵抗 電流	抵抗：R [Ω (オーム)]
	電流：I [A (アンペア)]

設問1 図2-3の回路において、豆電球が点灯するか。ただし乾電池は新品とし、豆電球は1.5V用とする。

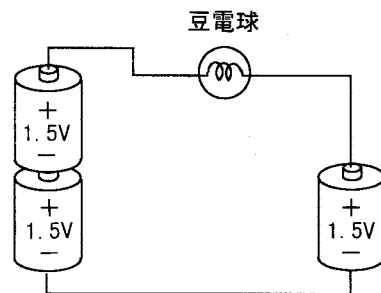


図2-3 電流の流れ

設問2 直流24V、内部コイルの抵抗が600Ωのリレーがある。これに直流24Vの電圧を加えると、このコイルには何Aの電流が流れるか。

設問3 ある直流リレーに直流5Vの電圧を加えたところ25mAの電流が流れた。この機器の抵抗は何Ωか。

設問4 一般住宅の屋内配線の絶縁抵抗は、電気設備技術基準によると0.1MΩ以上なければならない。この回路の電圧を100Vとすると、最大何mAの漏れ電流となるか。

(3) 抵抗の接続

先の水路（図2-2）でも述べたように、長さが長くなると水の出が悪くなる。

—————→ 抵抗が大きくなることを意味する。

この関係は、一方の抵抗を R_1 、他方の抵抗を R_2 、全体の抵抗（合成抵抗）を R として式で表すと次のようになる。

$$R = R_1 + R_2 \quad \text{-----抵抗の直列接続}$$

または、水路を並列に接続すると、全体の水の流れは多くなる。

—————→ 抵抗が小さくなることを意味する。

同様に一方の抵抗を R_1 、他方の抵抗を R_2 、合成抵抗を R として式で表すと次のようになる。

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{-----抵抗の並列接続} \quad (\text{和分の積})$$

設問5 図2-4のように100Vの電源に
10kΩと15kΩの抵抗を直列に接
続し、電流を流したとき、各々の抵抗
の両端にかかる電圧 V_1 、 V_2 を求めよ。

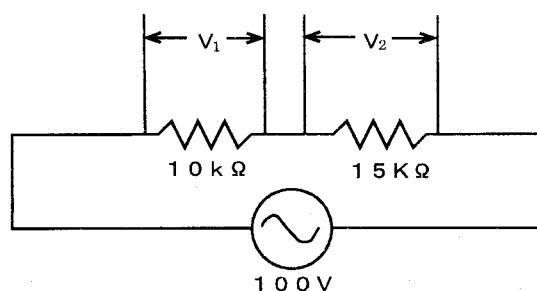


図2-4 電圧降下

<補足> このときの V_1 及び V_2 は、それぞれ10kΩ、15kΩの抵抗による電圧降下という。電圧降下は電流が流れているときに起きる。

(4) 電力と電圧・電流の関係

先の図2-2において、水が流れ水車が回るといことは、水が水車に対して仕事をするというように、電気においても電流が流れると電気はランプを点灯させたり、電動機を回すなどの仕事を行う。

電気では、この仕事を表すのに電力 W （ワット）という単位を使っている。

例えば、200V 1kW（約1.3Hp）の電動機とは、定格電圧が200Vで、電動機の軸から機械的な力及び回転として取り出すことのできる仕事の大きさが、1kWということを表している。

電力とは、単位時間あたりに電気がする仕事の大きさを表し、次の式で表される。

① 直流回路では

$$P = E \times I = I^2 R$$

電力 電圧 電流

電力： P [W (ワット)]

電圧： E [V (ボルト)]

電流： I [A (アンペア)]

② 交流回路では

交流には、周波数があり、直流とは異なった性質がある。それは、一般の交流負荷には抵抗、コイル、コンデンサの成分があり、コイルに対しては電気が流れにくく、コンデンサに対しては電気が流れやすくなる。

この現象から、電流の変化は電圧の変化よりずれ（位相差）が生じる。この位相差を位相角といい $\cos \theta$ で表し、力率という。

a) 単相交流の電力は

$$P = V \times I \times \cos \theta$$

定格電圧：V [V (ボルト)]
定格電流：I [A (アンペア)]
位相差： θ
力率： $\cos \theta$
(電動機で全負荷では、0.7~0.8)

b) 三相交流の電力は、

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta$$

これらの式から分かるように、電力は、同じ電圧なら電流が多いほど電力は大きく、大きな仕事をすることを意味する。

設問6 AC100V, 2kWの電熱器（力率は1）に流れる電流を求めよ。

設問7 AC100V, 力率0.8, 0.2kWの電動機に流れる電流を求めよ。

* (5) 電線の許容電流

電線には抵抗があるので電流を流すと電線は発熱する。この発熱量は<参考>で示す式から分かるように、電流の二乗に比例して大きくなる。これは、電線に過大な電流を流すと発熱し火災発生等の原因となることを意味している。

そこで、電線には表2-1、表2-2に示すように、断面積に対する許容電流が決められている。

<参考>・電力量

電気のする仕事の量を電力量といい、次の関係式が成り立つ。

$$W = P \times t$$

電力量：W [Wh (ワットアワー(ワット時))]]
電力量 電力 通電時間 電力：P [W (ワット)]
通電時間：t [h (アワー)]]

発熱量 $\div 860 \times$ 電力量

$$Q \div 860 \times W$$

$$= 860 \times V \times I \times t$$

$$= 860 \times I^2 \times R \times t$$

発熱量: Q [cal (カロリー)]

表 2-1 絶縁電線の許容電流 (A) (JIS と JEM より)

線の区分		公称断面積 mm ²	素線数/ 素線直径mm	許容電流 (A)	備考	JIS
600Vビニル絶縁電線 (IV) (主に600V以下の一般 電気工作物や電気機器の配 線に用いる)	より線	0.9	7/0.4	17	制御線 盤内配線	C3307
		1.25	7/0.45	19		
		2	7/0.6	27		
		3.5	7/0.8	37		
	単線			1	16	
				1.2	19	
				1.6	27	
電気機器用ビニル絶縁電線 (KIV) (主に600V以下の電気 機器の配線に用いる導体が 可とうより絶縁電線)	より線	0.75	30/0.18	※ 9	素線が細く 切れにくい 制御盤と扉 間に使用	C3316
		1.25	50/0.18	※ 12		
		2	37/0.26	※ 24		
		3.5	45/0.32	※ 35		
		5.5	70/0.32	※ 50		
単心ビニルコード (VSF) (主として屋内で交流300 V以下の小型電気器具に使 用する)	より線	0.5	20/0.18	4	素線が細く 切れにくい ロボット用 ケーブル等	C3306
		0.75	30/0.18	7		
		1.25	50/0.18	12		
		2	37/0.26	17		
		3.5	45/0.32	23		

※電気機器用ビニル絶縁電線の許容電流値について定められていないため、参考値を記す

表 2-2 コード及びけい光灯電線の許容電流 (A)

(内線規程(130-2)より一部抜粋)

公称断面積 (mm ²)	0.75	1.25	2.00	3.50	5.50
素線数/直径 (本/mm)	30/18	50/18	37/26	45/32	70/32
ビニル混合物(除く耐熱性)等	7	12	17	23	35
ビニル混合物(耐熱性)等	8	14	20	28	42
エチレンポリゴム混合物	9	15	22	29	45
けい素ゴム混合物等	10	17	24	32	49

<参考> 電線に関する規格について

☆ 配電盤・制御盤の盤内低圧配線用電線 (JEM 1122-1994) より一部抜粋

I. 電線の種類

原則として、JIS C 3307 600Vビニル絶縁電線 (IV)、または、JIS C 3316 電気機器用ビニル絶縁電線 (KIV) に規定された電線とする。

制御回路に用いる電線の断面積は原則として1.25mm²、計器用変成器二次回路に用いる電線の断面積は原則として2mm²とする。ただし、電流容量・電圧降下などに支障がなく、保

護協調がとれれば、これより細い線を使用してもよい。

定格電圧300Vクラスの電線としては、次のものがある。

V S F : 単心ビニルコード ……JIS C 3306(ビニルコード)

K V : 通信機器用ビニル電線……日本電線工業会規格 JCS246A

II. 電線被覆の色別

- a) 一般(低圧主回路を含む。) ----- 黄
(JIS C 3307, JIS C 3316以外の絶縁電線を使用する場合は、黒色としてもよい。)
- b) 盤内接地線 ----- 緑
- c) シールド線の外被色 ----- 黒

<内線規定 JEAC 8001-1995 より一部抜粋>

- ・ 多線式屋内配線における中性線の電線(絶縁電線、ケーブル及びコード)には、白色または灰色の標識をしなければならない(内線規定 160-1)。
- ・ 電磁開閉器の制御回路(内線規定 300-7)

電磁開閉器の制御回路は、次の各号により施設しなければならない。

- (1) 1.6mm以上の銅電線(300V以下の場合で、絶縁電線を管または線ぴに納めて施設するときは、1.2mm以上)または2.3mm以上の半硬アルミ電線もしくは2.0mm以上の硬アルミ電線を用い、低圧配線方法の規定により施設する。
- (2) 制御回路は、配電盤、電磁開閉器またはこれに近接して施設した専用の過電流遮断器により保護すること。ただし、次のいずれかに該当する場合は、この限りでない。
 - a 制御回路に、規定以上の太さの電線を用いる。
 - b 電磁開閉器、制御用の器具(操作用スイッチ、検出用スイッチなどのようなもの)及び制御回路の全部を同一機械上に取り付け、かつ、制御回路を金属管配線、金属製可とう電線管配線、ケーブル配線などにより施設する場合。

表2-3 電線被覆の色別(600Vビニル絶縁電線)

回路の種別	標準		非標準	
	新JEM	準標準	旧JEM	MAS
主回路	黒	黄	黒	黒 但し中性線は白
制御回路	交流	黄	黄	赤、黄
	直流	黄	青	青
PT 2次回路	黄	赤	赤	
CT 2次回路	黄	黒	黒	
接地回路	緑	緑	緑	緑

< 演習問題 1 >

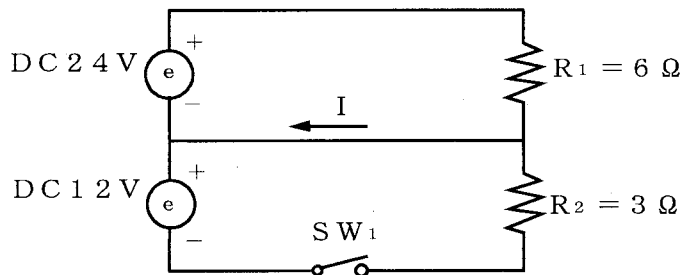
1-1. 次の文で正しいものに○印をつけなさい。

- イ) 導体の固有電気抵抗は、一般に、温度が上昇すると減少する。 (検定1級)
- ロ) $5\ \Omega$ 、 $7\ \Omega$ 及び $8\ \Omega$ の抵抗を直列に接続して、これに $100\ \text{V}$ の電圧を加えたら、回路に流れる電流は $6\ \text{A}$ である。 (検定2級)
- ハ) 同一材質、同一長さの導線の電気抵抗は、導線が太くなるにしたがって大きくなる。 (検定2級)

1-2. 電気回路に関する記述のうち、誤っているものはどれか。 (検定2級)

- イ) 交流は周期的に電流の流れる方向が変わる。
- ロ) 抵抗 R に電流 I が流れるとき、抵抗の両端の電圧 E は、 $E = I \times R$ である。
- ハ) インピーダンスとは交流回路における電力のことである。
- ニ) 抵抗器に電流を流すとその抵抗は発熱する。

1-3. 電気回路の SW_1 を入れた場合の電流値 I として、正しいものはどれか。 (検定2級)



- イ) 0
- ロ) $2\ \text{A}$
- ハ) $4\ \text{A}$
- ニ) $6\ \text{A}$

1-4. 電力量計に使用されている測定単位として、正しいものはどれか。 (検定2級)

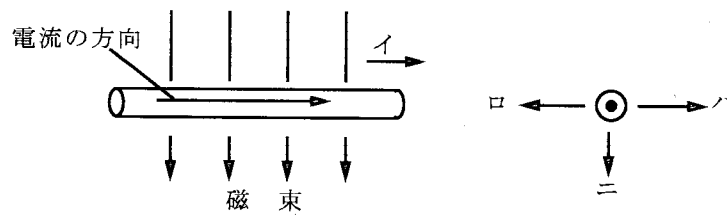
- イ) Wh
- ロ) A
- ハ) V
- ニ) VA

1-5. 電気回路に関する記述のうち、適切なものはどれか。 (検定1級)

- イ) 三相交流回路の電力 P は、 $P = V I \cos \theta$ で表される。ただし、 V = 線間電圧、 I = 線電流、 $\cos \theta$ = 力率とする。
- ロ) 回路の抵抗に流れる電流は、抵抗に反比例し、抵抗の両端に加えられた電圧に比例する。
- ハ) 交流回路では、キルヒホッフの法則は成立しない。
- ニ) 静電容量に電圧一定の交流を加えた場合、周波数が低い程大きな電流が流れる。

1-6. 図のように電流を流した場合に、導体の動く方向として、正しいものはどれか。

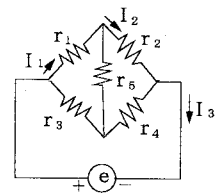
(検定1級)



1-7. 電気回路から計算される等式として、誤っているものはどれか。

(検定1級)

- イ) $r_1 I_1 + r_5 (I_1 - I_2) + r_3 (I_1 - I_3) = 0$
- ロ) $r_2 I_2 + r_4 (I_2 - I_3) + r_5 (I_2 - I_1) = 0$
- ハ) $r_1 I_1 + r_5 (I_1 - I_2) + r_4 I_3 = e$
- ニ) $r_1 I_1 + r_2 I_2 = e$



1-8. 磁界の中で導線に電流を流すと力が発生する。このときの力の向きを求めるための法則として、正しいものはどれか。

(検定2級)

- イ) 右ねじの法則
- ロ) フレミングの右手の法則
- ハ) フレミングの左手の法則
- ニ) 電磁誘導の法則

* 2 感電と安全

(1) 感電

感電とは、例えば、漏電している機器に人が触れると人体に電流が流れる。このとき人は刺激を受け、痛さを感じたり、体の自由を奪われたり、やけどをしたり、あるいは死亡したりする。この現象を感電という。それが危険であるか否かは、電圧の大きさではなく、電流の大きさと時間によって決まる。

人体に流れる電流の大きさと人体におよぼす影響は、次の表2-4のとおりである。

表2-4 人体に流れる電流の大きさと人体におよぼす影響

人体に流れる電流	人体におよぼす影響
60ヘルツ 約1mA	わずかに刺激を感じる。(感知電流)
7~8mA	筋肉の自由はきくが相当に苦痛をともなう。(離脱電流)
10~15mA	筋肉はけいれんし支配力を失う。(付随電流)
50mA	相当危険、死ぬことがある。

(安全工学—実践技術者のための— 財団法人 職業訓練教材研究会より)

(2) 人体の抵抗

人体の抵抗は接触状態によって変わる。すなわち、直流か交流か？周波数は？電圧の大きさは？、そして、接触部位の圧力、面積、湿度等によって大きく変わる。

おおまかな傾向としては、次のことがいわれている。

- ① 人体の抵抗は皮膚抵抗と人体の内部抵抗を加えたもので、等価的には図2-5のように表されている。
- ② 手や足の皮膚抵抗は大きく、人体内部抵抗は小さい。

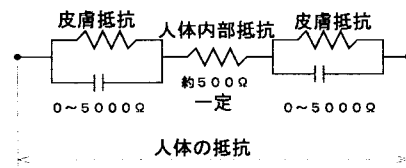


図2-5 人体の抵抗

- ③ 皮膚に傷があると、その部分の抵抗は0に近くなる。
- ④ 皮膚の抵抗は、乾いているときを1とすれば、汗をかいているときは1/10、水で濡れているときは1/25に低下する。
- ⑤ 接触電圧が高くなると、皮膚のインピーダンスは低下する。
- ⑥ 周波数が増大すると、人体の抵抗は低下する。
- ⑦ 交流は直流に比べ1/4~1/5の電流で心室細動を起こす可能性がある。
- ⑧ 女性の場合、男性に比べ感度が高く、70%の電流で同一結果をもたらす。子供はその体重に応じて弱い。

(3) 感電の危険度

アメリカやドイツの研究者は、通電時間と危険度を次のように発表している。

- ① 通電時間が、心臓の拍動周期より長くなると急激に心室細動を起こしやすくなる。
- ② 人体を通過した電気エネルギーが大きくなると危険度は高くなる。
- ③ 通過した電流を I (mA) とその時間を t (sec) とすると、その積 $I \times t$ が 50 mAs のときが安全の限界で、安全率を 1.67 として 30 mAs が感電対策に採用されている。

具体例

図2-6において洗濯機から漏電している電流は

$$I_G = 100 / (R_2 + R_3) \quad (\text{A}) \quad [0.95\text{A}]$$

で、この洗濯機に人が触れると、

$$e = R_3 \times 100 / (R_2 + R_3) \quad (\text{V}) \quad [95\text{V}]$$

の電圧が人体にかかる。この e (V) を接触電圧という。

このとき人体には、

$$I = e / R_1 \quad (\text{A}) \quad [0.095=95\text{mA}]$$

の電流が流れる。

([] 内の数値は、第2種接地抵抗を 5 Ω、第3種接地抵抗を 100 Ω、人体抵抗を 1000 Ω として計算した結果である。)

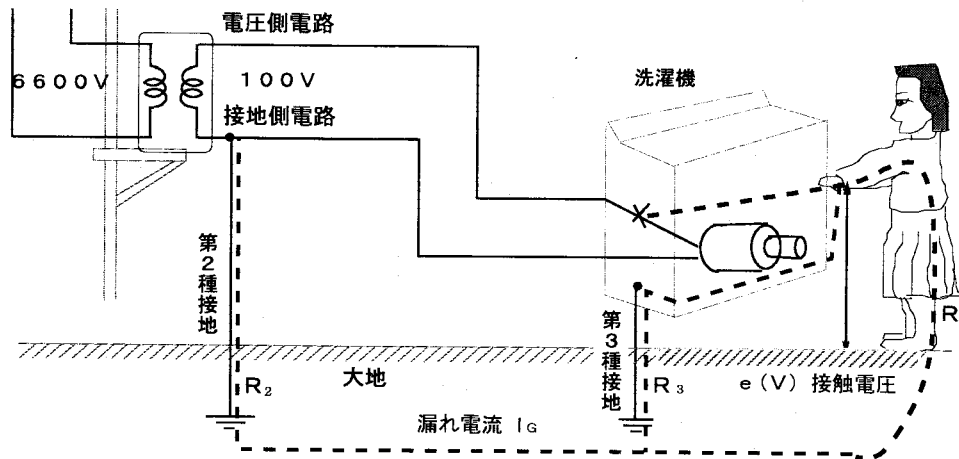


図2-6 人体に流れる電流

* (4) 電気に関する安全の基本的心得

① 高压線の近くで作業をしない。

高压電気では、低圧と異なり充電部（電気がきているところ）に接触しなくても、接近しただけでもアークが発生して火傷や感電をすることがある。

② 電気設備の周辺は、いつも整理整頓。

③ 異常があったらただちに連絡責任者に連絡する。

④ 電気設備はフェイルセーフを常に心がける。

a) 停電作業時は電気回路を接地して作業を行う。

b) 電気機器の金属製外箱や鉄台を接地する。

c) 漏電遮断器を付ける。

⑤ 錯覚を起こしやすい設備をなくする。

<その他思いつくものをあげてみよう>

①

②

③

④

⑤

⑥

⑦

< 演習問題 2 >

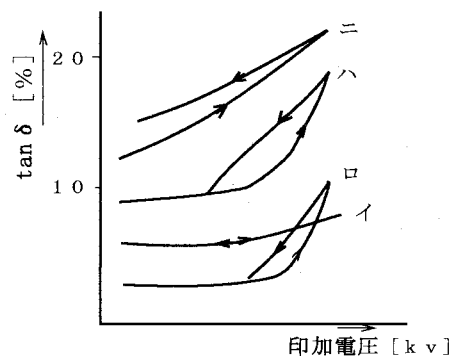
2-1. 絶縁抵抗計の取扱いに関する記述のうち、誤っているものはどれか。 (検定2級)

- イ) ライン端子とアース端子を解放し絶縁抵抗計のスイッチを入れたとき指示は無量大を示す
- ロ) 被測定箇所が充電された状態で測定する。
- ハ) 測定値を読み取る場合は指針が安定してから読み取る。
- ニ) ライン端子とアース端子を短絡し絶縁抵抗計のスイッチを入れたとき指示はゼロを示す。

2-2. 電気部品等の絶縁不良を発見する方法として、誤っているものはどれか。 (検定1級)

- イ) 成極指数法
- ロ) 漏電電流測定法
- ハ) 絶縁抵抗測定法
- ニ) 気中超音波法

2-3. 絶縁性能劣化の徴候を調べるのに、 $\tan \delta$ 法で空隙(ボイド)による劣化のパターンとして、正しいものはどれか。 (検定1級)



2-4. 低圧電路の絶縁抵抗の判断基準を漏れ電流に置き換えた値として、正しいものはどれか。ただし、DC100Vを判定基準とする。 (検定1級)

- イ) 1 mA
- ロ) 10 mA
- ハ) 20 mA
- ニ) 25 mA

3 テスタ（回路計）の使い方

テスタでは、次のことが測定できる。

- a) 抵抗（導通、ショートも含む）
 - b) 直流電圧
 - c) 交流電圧
 - d) 直流電流
 - e) その他・・・電池の良否、ダイオードの良否、コンデンサの容量 等
- ここでは一般的なアナログ式のテスタの使用法について述べる。

* (1) 測定の準備作業

測定にあたってまず確認することと、それが合っていないときの処置。

- a) 設置場所の確認（水平、垂直）。
- b) 指針の0メモリの確認・・・ドライバでゲージの中程のねじを回して合わせる。
- c) テスタ棒の短い赤棒は+端子に、黒棒は-端子に接続する。
- d) 抵抗レンジに合わせ、テスタ棒2本を接触させて指針が抵抗目盛の0を指示することを確認する。

----->指針が振れないときは、ヒューズが切れてないか確認する。

----->合っていないときは、零点調整つまみを回して合わせる。

（合わないときは、電池を交換して再度調整する。）

- e) 測定しようとするレンジに合わせる。（測定値不明の場合は、大きなレンジより行う。）

* (2) 抵抗及び導通の測定

- a) 被測定物にはテスタ棒と一緒に手で触れない。
（特に大きな抵抗値を測定するとき）
- b) 導通の測定は、低いレンジにて行う。
- c) 絶縁の測定は、高いレンジにて行う。
- d) 回路中での測定は、周辺の回路からの影響も考えられるので注意する。

<参考>

① ダイオードの良否判定と電流の流れる方向は？

一般のアナログ式テスタの場合、+端子は内部の電池の-側に、-端子は内部電池の+側に接続されているので、図2-7 (b) のように順方向に接続したときには電流が流れ指針がある程度振れる、図2-7 (a) ように逆方向に接続し、指針が振れないとき、そのダイオードは正常と判断する。

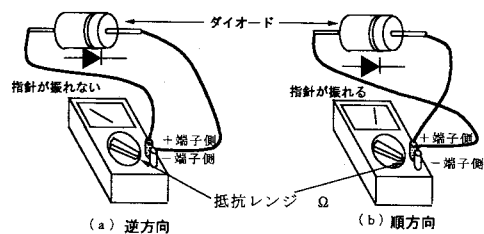


図2-7 ダイオードの良否

すなわち、指針が振れたときは、-端子側から+端子側（順方向）へと電流が流れる。

（注：この動きは、一般のアナログ式テスタの場合で、デジタル式や一部のアナログ式は+端子側から-端子側に流れる。）

② 発光ダイオードの良否判定と電流の流れる方向の判定はできるか？

多くのテスタの内部電池が1.5Vのため、判定できない。

(一般のシリコンダイオードは0.6V以上の電圧がかかると電流が流れるが、発光ダイオードは約2V以上の電圧が順方向にかかると流れない。)

* (3) 直流電圧 (DCV) 及び交流電圧 (ACV) の測定 (図2-8)

- a) 電圧の測定は、テスタをその回路に並列に接続する。
- b) 直流電圧の場合は、テスタ棒の極性に注意する。
- c) レンジの切り換えは、テスタ棒の接続を外してから行う。
- d) 抵抗の両端にかかる電圧の測定で、その抵抗値が大きい (流れる電流が少ない) 場合には、テスタの内部抵抗が指針に影響をおよぼすので注意が必要である。

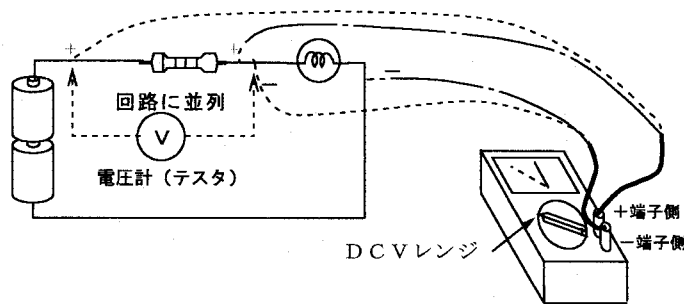


図2-8 直流電圧の測定

(4) 直流電流 (DCmA) の測定 (図2-9)

- a) 電流の測定は、テスタをその回路に直列にする。
- b) 誤って回路に並列に接続するとただちに内部のヒューズが切れる。
- c) 電流値測定域は大きくないので注意する。

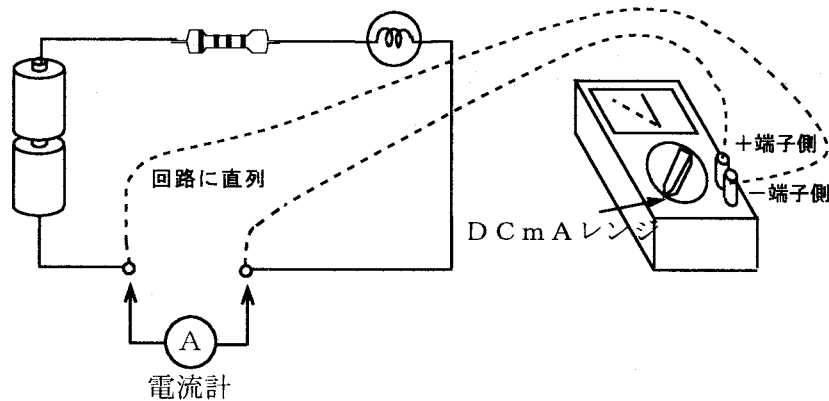


図2-9 直流電流の測定

設問8 図2-10の①、②、③の方法で交流電圧を測定する。

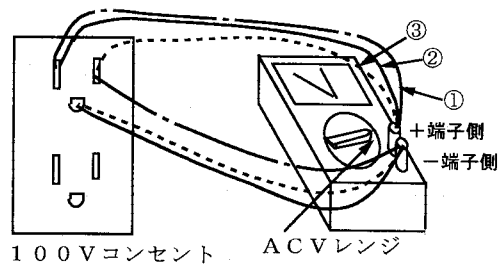
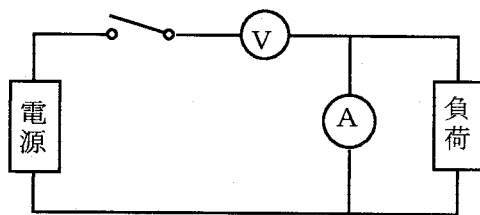


図2-10 交流電圧の測定

< 演習問題3 >

3-1. 電圧計、電流計の接続は、下図のように結線して使用する。

(検定2級)



3-2. 定格電圧が150Vで2.5級の電圧計を用いて測定した結果100Vを示した場合の電圧の「真の値」の範囲として、正しいものはどれか。

(検定1級)

- イ) 99.625 ~ 100.375 V
- ロ) 98.33 ~ 101.67 V
- ハ) 97.5 ~ 102.5 V
- ニ) 96.25 ~ 103.75 V

3-3. アナログ回路計(テスタ)内部の電池が消耗した場合、正しく測定することができなくなるものはどれか。

(検定1級)

- イ) 直流電圧
- ロ) 抵抗
- ハ) 交流電圧
- ニ) 直流電流