U.D.C. 621.317.735

# 無限位調整装置を必要としない絶縁抵抗計

矢　内　　博*

# Hitachi Insulation Testers

By Hiroshi Yanai
Taga Works, Hitachi, Ltd.

**Abstacrt**

Insulation testers have been in industrial use for more than half a century and the demand on them is ever increasing.

In the article, the writer relates the development of Hitachi insulation testers into the top-ranking quality product in Japan which has been achieved by the unremitting efforts of Hitachi's engineers through the past several decades. The writer also discusses such problems concerning the abolition of the infinity adjusting device for high range rating insulation testers, the measuring terminal voltage, and the torque of the tester handle.

## 〔I〕 緒　　言

絶縁抵抗計[6]は絶縁物の抵抗測定器として発明されて以来，その取扱いの簡便さにより電気機器取扱者の必携の測定器として普及し，その歴史も半世紀をこえている。日立製作所における絶縁抵抗計（日立メガー）もその歴史は古く1933年製作を開始して以来，すでに20有余年を経過している。その間，取扱の簡便，性能の向上に不断の努力をはらい，内部磁石交叉線輪型の計器方式を採用した$E_{16}$型日立メガーはその優秀な性能で斯界の注目をうけている。以下日立メガーの歴史と最近における絶縁抵抗計の二，三の問題について述べる。

## 〔II〕 日立メガーの変遷と各型の特長

20年以上の歴史をもつ日立メガーは，幾多先人の苦心と努力の結晶をあつめた日立技術の成果である。そして$E_{16}$型以前の日立メガーも，当時の絶縁抵抗計としては，需要者側の要求を十分満足させる優秀品として好評をうけた。各型の特長を述べればつぎの通りである。

### (1) $E_{12}$型日立メガー（1933～1942）

計器方式は外部磁石父子線輪型でエバーシエッド小型メガーとほぼ同様である。特長としては構造が簡単で組立やすく，有効目盛内（定格抵抗の$^1/_{1,000}$まで）では可動部の回転力が強く指示が安定である。しかし外部磁界

第1図　$E_{12}$型，$EN_{12}$型，$E_{15}$型　日　立　メ　ガ　ー

Fig. 1. Type $E_{12}$, $EN_{12}$ and $E_{15}$ Hitachi Insulation Testers

* 日立製作所多賀工場

第2図 $E_{16}$ 型 日 立 メ ガ ー
Fig. 2. Type $E_{16}$ Hitachi Insulation Tester

第3図 $E_{16}$ 型日立メガーの計器機構
Fig. 3. Meter Part of Type $E_{16}$ Insulation Tester

の影響をうけやすく，特に無限位目盛においては地球磁界の方向によつても指示に変動を認められるくらいであつた。これは低目盛において可動部の占める位置が弱磁界のために生ずる不足制動とともに，この型の一つの問題点であつた。

**（2） $EN_{12}$ 型日立メガー[1][2]（1939～1945）**

外函が木箱で計器方式は外部磁石並置線輪型である。特長としては磁極片の形状および可動線輪の形状が外部磁界の影響を小ならしめるようにつくられている。また制動がよく速指的でもある。ただ可動部の回転力が小さいので無限位狂いを生じやすかつた。

**（3） $E_{15}$ 型日立メガー[2]（1942～1948）**

$E_{12}$ 型を改良したものである。すなわち計器方式は $E_{12}$ 型同様，外部磁石父子線輪型でエバーシエッドと同じ形式であるが，磁石形状，線輪方式は日立独自の方法をとり，未知抵抗が無限大のときでも，電流線輪（未知抵抗と直列になつている）全体の回転力が零にならないようにしてある。そのため電圧線輪（未知抵抗に関係なく発電機の電圧によつて動作する）は磁界の強さが零になる位置に達する必要がなく，外部磁界の影響をうけることが非常に少なくなり JEC-60 に十分合格した。しかし完全とはいいがたく，$E_{12}$ 型同様低目盛における制動とともに以後改良すべき問題として残された。

**（4） $E_{16}$ 型日立メガー[3][7]（1948 以降）**

計器方式は内部磁石交叉線輪型[8]である。すなわち円筒形のヨークの内側に適当な空隙をもつて永久磁石を配置し，その空隙内をある角度で交叉した電流，電圧の二線輪が回転する。この型の特長としては，

（A） 永久磁石が内部にあるため漏洩磁束がほとんどなく，磁石の出す磁束の約 80% が有効磁束として使用される。したがつて磁束密度が大で回転力強く，目盛全般にわたつて制動がよく速指的である。

（B） 磁路を形成する円筒形のヨークが遮磁壁となつて空隙磁界を保護するため外部磁界により指示が影響されることがない。すなわち日本工業規格で規程している5エルステッド程度の外部磁界の強さでは全目盛にわたり指示の変化を認めることが難しいくらいである。

第 1 表
日立メガー各型の特徴
Table 1.
Typical Charactors of Hitachi Insulation Tester Series

| 型名 | $E_{12}$ 型 | $EN_{12}$ 型 | $E_{15}$ 型 | $E_{16}$ 型 |
|---|---|---|---|---|
| 製造年代 | 1933 ～ 1942 | 1939 ～ 1945 | 1942 ～ 1948 | 1948 以降 |
| 形状 | 小形 | 小形 | 小形 | 小形 |
| 外函 | 軽金属製 | 木製 | 軽金属製 | 軽金属製 |
| 計器方式 | 外部磁石父子線輪型 | 外部磁石並置線輪型 | 外部磁石父子線輪型 | 内部磁石交叉線輪型 |
| | | | | |
| 計器の回転力 | 強い | 弱い | 普通 | 最も強い |
| 制動 | 普通 | 良 | やゝ良 | 非常に良い |
| 外部磁界の影響 | 有 | 僅小 | やゝ有 | 殆んどない |
| 把手軸の起動回転力 | やゝ重い | 普通 | 普通 | 軽い |

第 2 表　日本工業規格と $E_{16}$ 型日立メガーの対照
Table 2.　Contractions of Hitachi Insulation Tester and JIS Code

| | 項目 | | JIS C-1301 | E 16 型 |
|---|---|---|---|---|
| 許容誤差 | 有効目盛範囲 | | 指示値の ± 5% 以下 | ±3% 以下 |
| | 定格抵抗 | | ±10% 以下 | |
| | 0 目盛および ∞ 目盛 | | 0.5 mm 以下 | 0.4 mm 以下 |
| 摩擦 | | | きわめて小 | なきこと |
| 制動 | 中央目盛で | | 3 秒以下 | 0.8〜1 秒 |
| 端子電圧 | ∞ 位置の電圧 (Vo) の許容差 | | 定格値の ±10% 以下 | 定格値の +10% 0% 以下 |
| | 中央目盛で | | Vo の 90% 以上 | 93〜94 |
| 傾斜の影響 | ∞ 位置で 5° 傾斜の時 | | 0.5 mm 以下 | 0.4 mm 以下 |
| 温度の影響 | 20°C ベースで上下いづれかに 20°C 変化 | 中央目盛 | 5% 以下 | 0.5% |
| | | 0 位置 | 0.5 mm 以下 | 認められない |
| 外部磁界の影響 | 5 エルステツドの強さの磁場で | 中央目盛 | 3% 以下 | 全目盛でほとんど認められない |
| 湿度の影響 | RH 90% で | | 許容誤差内 | |
| 耐久度 | 標準使用状態で 10,000 回 | | 各規程に合格 | 全然変化なし |
| 絶縁抵抗 | RH 70% のとき D.C. 500 V で | | 定格 500 V 100 MΩ のもの 25 MΩ | 定格 500 V 100 MΩ のもの 50 MΩ 以上 |
| 耐圧 | 50〜 または 60〜 正弦波に近い電圧 2,000V 1 分間 | | 異状なきこと | 異状なし |
| 衝撃 | 可動部軸の方向および直角方向に (100 g×2回) | | 許容誤差，摩擦，傾斜の影響が規格内にあること | 異状なし |

(注)　$E_{16}$ 型の性能は現製作品の実測

(C)　無限位の指示狂いの原因となる測定端子間の漏洩および指針——目盛板，「ケース」——指針間の静電作用を防止してあることと[9][10]，高感度点における可動部の回転力が強いため，1,000 V，2,000 MΩ 級の高定格絶縁抵抗計でも無限位調整装置が不要である[5]。

(D)　内蔵の直流手廻し発電機の発電子回転数を少なくし，刷子，整流子間の圧力および整流子径を適正に減少したため発電機起動の把手回転が非常に軽い[4]などがあげられる。そしてこれらの特長は上述の $E_{12}$ 型，$EN_{12}$ 型，$E_{15}$ 型のすべての問題点を解決したものである。

**第 1 表**は以上日立メガー各型の特長を比較したもので，**第 2 表**は日本工業規格の各規定に対する $E_{16}$ 型日立メガーの性能を示したものである。

## 〔III〕 絶縁抵抗計に関する諸問題

絶縁抵抗計の一般的性能を論ずるとき，構造上の改良によつて解決する問題と，絶縁抵抗計の特質上必然的に附随する問題とがある。前者には外部磁界の影響，傾斜の影響，定格附近の目盛形状，無限位狂いなどがあり，後者には低目盛の端子電圧，各目盛および定格の違いによる発電機把手の回転力の差異などがあげられる。

$E_{16}$ 型日立メガーではすでに前者は解決ずみであるが，前述の高定格絶縁抵抗計の無限位狂いを修正する無限位調整装置の廃止は他社製品が性能の点で廃止できず，依然としてつけてあるため，時に誤解をうけることがある。以下この無限位調整装置と後者の二問題につき解明する。

### (1)　無限位調整装置

定格 1,000 MΩ 以上のものは一般に高絶縁抵抗測定の目的に使用されるものであるが，最大目盛附近の測定確度はとくに良好でなければならない。しかし高感度の点は計器の回転力が弱いため，外部磁界の影響，測定端子間の漏洩，指針と附近の金属体との静電作用，その他種々な原因で指針が実際の値を指示せず誤差を生ずる。このうち外部磁界の影響などは計器の磁極片と鉄心の構成が可動部の回転する空隙磁界を保護するようにすれば十分防止できる。ただ測定端子間の漏洩とか，静電力による指針の変化などは測定時の温度，湿度および周囲の状態などによつて違つてくるため，なかなか防止が困難である。そのため特に高目盛において計器の回転力の弱いものや，可動部構造の複雑なものは，無限位調整装置をつけ，それらの影響が誤差にならないように測定の都度無限位点における指示を修正しなければならない。これは取扱上不便であるばかりでなく，測定値に誤差を生ずる原因ともなるので高定格絶縁抵抗計の無限位調整装置はできうれば除去すべきものである。

第4図　測定端子電圧の測定

Fig. 4. Connection Diagram of Terminal Voltage Measurement

日本工業規格の絶縁抵抗計解説にも無限位調整装置の取扱上，不便なる点を認めて将来技術の発達によりこれが廃止を希望すると述べてある。

日立製作所では前述の無限位狂いの諸原因を究明し，その防止を技術的に解決して小型高定格絶縁抵抗計の無限位調整装置を廃止した。

### (2) 測定端子電圧

絶縁抵抗計の定格電圧は測定端子間を開放したときの電圧である。定格電圧の測定は一般的に絶縁抵抗計の標準使用状態において計器の接地端子と保護端子（ついてないものは保護環）間に 100 μA 程度の可動線輪型電流計と適当な直列抵抗よりなる電圧計を接続して測定する。このとき電圧計の指示する電圧は，電圧計に流れる電流が絶縁抵抗計の所要電流に加わるため発電機内部で電圧降下が大きくなり，実際の電圧より通常数%程度低く出る。これは使用する直列抵抗と電流計の定格電流によつて測定値が異るから一応注意すべき問題である。

測定端子間の電圧は無限位目盛において定格電圧と一致し，以下低値の目盛になるにしたがつてその値が減少するのが普通である。これは無限位目盛以外は電流回路に電流が流れ，電流回路の直列抵抗によつて電圧の降下を生ずるからである。

日本工業規格では目盛に対する測定端子電圧の変化があまり大きくならないように「中央目盛における測定端子間の実測電圧は，無限位目盛における実測電圧の90%以上たること」を規程している。この場合中央目盛とは目盛円弧のほぼ中央に位する目盛劃線をさしている。中央目盛における測定端子間の電圧測定は，前述の定格電圧測定のような可動線輪型電流計と直列抵抗を組合せた電圧計では絶縁抵抗計内部の直列抵抗による電圧降下が大きくなり，測定できないので**第4図**のごとき直流電源，摺動抵抗，マイクロアンメータおよび直流電圧計を組合せた電位差計の方法による。すなわちマイクロアンメータの指示が零になるように摺動抵抗を調整し，そのときの電圧計の指示を読む方法である。この方法は中央目盛の測定端子電圧のみならず，任意の目盛における測定端子間の電圧測定に応用できる。

第5図　端子電圧と目盛の関係例

Fig. 5. Relation between Terminal Voltage and Insulation Tester Scale

第6図　小型絶縁抵抗計の目盛形状

Fig. 6. Scales of Hitachi Insulation Tester

絶縁抵抗計を低値の目盛で使用するときは，**第5図**のごとく測定端子電圧が定格電圧に比して低いから，定格電圧が同じで，定格抵抗の低い絶縁抵抗計を用いるべきである。日本工業規格の目盛例によれば，定格 100 V 10 MΩ, 250 V 20 MΩ の中央目盛は定格 100 V 20 MΩ' 250 V 50 MΩ の中央目盛の 1/4 および 1/5 の値をとつている。**第5図**の定格 500 V 50 MΩ の絶縁抵抗計は日立製作所で製作したもので，中央目盛が定格 500 V 100 MΩ の中央目盛の 1/4 の値になつている。

### (3) 絶縁抵抗計の種類と把手の回転力

日本工業規格に制定してある小型絶縁抵抗計の定格は**第3表**のとおりである。

**第3表**の定格中 * 印は 1940 年に制定された日本電気工芸委員会標準規程で，すでに小型の標準品として指定されていた。この種の絶縁抵抗計は電流および電圧回路

第 3 表　日本工業規格制定の小形絶縁抵抗計
Table 3. Standard Ratings of Mineature Insulation Tester

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 定格 | 定格電圧(直流)(V) | 100 | 100* | 250 | 250* | 500* | 500 | 1,000 |
| | 定格抵抗 (MΩ) | 10 | 20 | 20 | 50 | 100 | 1,000 | 2,000 |
| 目盛形状 | | 第 6 図 参 照 | | | | | | |

第 4 表　絶縁抵抗計の使用例
Table 4. Using Examples of Insulation Testers

| 定格電圧 | おもな使用例 |
|---|---|
| 100 V | 低圧配電線および低圧避雷器をもつ通信回路または通信機器などの絶縁試験 |
| 250 V | 船舶などの敷設低圧線の絶縁試験 |
| 500 V | 一般の絶縁試験 |
| 1,000 V | 常時使用電圧の高いもの（たとえばケーブル高電圧用電気機器または高電圧を使用する通信機器など）の絶縁試験 |

の直列抵抗をかえるのみで同一の計器構造で製作することができ，目盛形状も相似である。

* 印以外の定格のものは 1953 年の日本工業規格が制定されたとき，新しく小型の標準となつたものである。このうち定格 500 V 1,000 MΩ および 1,000 V 2,000 MΩの絶縁抵抗計は従来大型にのみ製作されたが計器の性能が向上し，小形でも十分製作できるようになつたので加えられた。

また定格 100 V 10 MΩ および 250 V 20 MΩ の絶縁抵抗計は需要者側の希望により追加制定された。これは定格抵抗附近の目盛形状を縮小して，低値の目盛を拡大したものである。**第 4 表**はそれぞれの定格のおもな使用例である。

絶縁抵抗計の優劣を把手の回転力で比較されることがある。これは絶縁抵抗計に自蔵された発電機を回転させて抵抗測定をする原理から当然のことであつて，使用上把手の回転力の軽重は製作者として軽視できない。

発電機の把手回転力は大別すると発電機の起動時の把手回転力と定速運転中の把手回転力とにわけられる。絶縁抵抗計の把手の回転力の大小を論ずるとき，起動と定速回転中の把手回転力がたまたま混同されるが，これらは性質が全然異なるもので，把手回転力を比較するときは起動と定速回転中の区別を判然とする必要がある。

起動回転力とは静止する発電機の回転子が回転し始めるため把手に加えるべき回転力で，これは刷子と整流子間の摩擦，軸受の摩擦，歯車の効率，回転子と固定子間の磁気的吸引力，歯車比などにより定まるもので，発電機の構造が同じであればほゞ一定で定格には無関係である。このため発電機の構造が異なる他の絶縁抵抗計と把手の回転力を比較するのに便利である。ただこの場合には前述のごとく絶縁抵抗計の把手軸の起動回転力の比較と明示する必要がある。

定速回転時における把手の回転力とは計器と発電機部の消費電力による回転力と，起動時の各部の静止摩擦回転力が，ほぼ一定の動摩擦回転力に変化して加わつたものである。このうち動摩擦回転力は，発電機の構造によつても異なるが普通起動回転力の 1/3 以下である。

計器および発電機の消費電力による把手の回転力は次式で与えられる。

$$M=K\frac{W\gamma}{N\eta}\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ただし　$M$＝把手の回転力
$W$＝計器および発電機の消費電力
$\gamma$＝歯車比
$\eta$＝歯車能率
$N$＝電機子の 1 分間の回転数
$K$＝常数

(1)式中で $\gamma, \eta, N$ は完成された絶縁抵抗計の定速運転中では一定とみなしうるので，把手の回転力は計器と発電機の消費電力に比例する。

絶縁抵抗計においては消費電力が目盛によつて変化する特性上，定速運転中の把手回転力は測定する抵抗の値でかわつてくる。一般に標準速度で運転中の絶縁抵抗計の把手回転力は，無限位目盛で最も小さく，最小目盛で最も大きい。また絶縁抵抗計は各定格によつて消費電力の違うのが普通なので，定速運転中の把手の回転力は，定格によつても当然かわつてくる。

**第 5 表**は $E_{16}$ 型日立メガー各定格の無限位目盛と最小目盛の消費電力および 500 V 100 MΩ を 100% とした各定格の最小目盛における定速運転中の把手回転力の比較である。

第 5 表　$E_{16}$ 型日立メガーの定速回転時における把手回転力
Table 5. Handling Torque of Hitachi Insulation Tester (At Standard Speed)

| 定格 | (V) | 100 | 100 | 250 | 250 | 500 | 500 | 500 | 1,000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (MΩ) | 10 | 20 | 20 | 50 | 50 | 100 | 1,000 | 2,000 |
| 消費電力 (W) | ∞目盛 | 0.3 | 0.3 | 0.7 | 0.7 | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 1.1 |
| | 最小目盛 | 0.9 | 0.5 | 2.6 | 1.3 | 4.8 | 2.6 | 0.7 | 1.4 |
| 定速回転時の把手回転力 (%) | | 45 | 32 | 100 | 58 | 170 | 100 | 39 | 61 |

## 〔IV〕 結　　言

以上日立メガーの各型の特長と絶縁抵抗計の最近における二，三の問題についてその概略を述べた。

現在製作中の $E_{16}$ 型および $E_{17}$ 型日立メガーは，性能的にも，使用面からもあらゆる角度から改良を行つたもので，国内製品および最近入手した外国製品に比して一歩地を抜いていることを自負するものであるが，今後ともよりすぐれた日立メガーの完成をめざして努力している。

### 参 考 文 献


(1) 西山： 日立評論 **23** 12 (昭 15)
(2) 北川： 日立評論 **26** 12 (昭 18)
北川： 科学測器 **4** 4 (昭 19)
(3) 北川： 日立評論 **30** 6 (昭 23)
(4) 北川： 日立評論 **31** 3 (昭 24)
(5) 北川，藤本： 日立評論 **31** 5 (昭 24)
(6) 北川： 絶縁抵抗計 (昭 24)
(7) 北川： 計測 **4** 3 (昭 29)
(8) 北川： 新案 352600 (昭 20)
(9) 北川，丸谷： 特許 183330 (昭 25)
(10) 北川，藤本： 新案 373850 (昭 25)
(11) C. V. Drysdate, A. C. Jolley: Electrical Measuring Instrument II (1924)


# 日 立 製 品 ニ ュ ー ス

## $E_{17}$ 型 日 立 メ ガ ー
## Type $E_{17}$ Hitachi Insulation Tester

昭和 29 年7月絶縁抵抗計としては最初の日本工業規格表示認可をうけた日立メガーは，以来いつそう部品および製品の均一化，性能の向上を計るとともに顧客よりの希望などに対しても十分吟味し，使いやすく信頼度の高い日立メガーの実現にたえざる努力をつゞけている。

$E_{17}$ 型日立メガーは $E_{16}$ 型に対し使用上の便宜を計り改善を加えた最近型であつて下記の特長がある。

(1) 測定端子を上部測面にしてある。したがつてリード線の接続およびの操作が非常に簡易化された。

(2) 計器機構は従来の $E_{16}$ 型日立メガーと同形式の内部磁石交叉線輪型であるため計器の回転力が強く速指的である，外部磁界の影響をうけない，無限位狂いをおこさないなど $E_{16}$ 型日立メガーの特長をそのまゝ保持している。

(3) 合理的品質管理により量産的精密工作を行つているため均一性高く製品にむらがない。

(4) 外形形状の改善とともに色彩の均衡を考慮し，外観は優美である。

第1図 $E_{17}$ 型 日 立 メ ガ ー
Fig. 1. Type $E_{17}$ Hitachi Insulation Tester