

変流器二次結線器の接触状態診断の一手法

安藤 清治 江南 義彦 吉澤 陽介* (日本電気計器検定所 検定部)

1. はじめに

当所検定部では、申請数の多い型式の変流器二次側の接続は、専用の二次結線器（以下、結線器）を製作し実用化している。結線器を使った接続は、電流接触子（以下、接触子）を変流器二次端子のねじ頭部にばね圧で押し付けて接触させている。結線器の一例を図1に示す。ここで報告する結線器は2個の変流器を同時に結線する構造である。

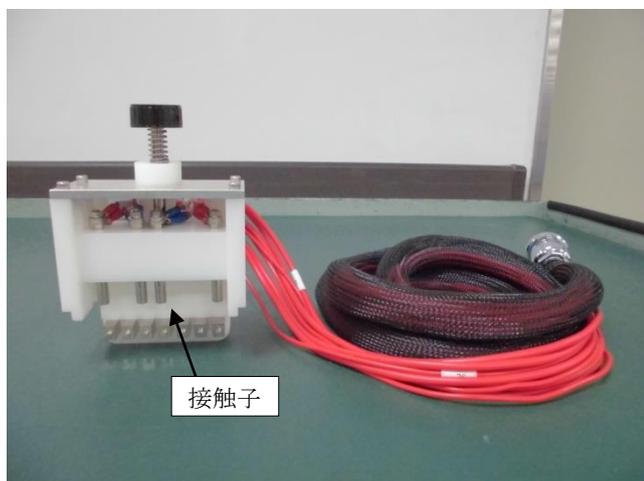


図1 変流器二次結線器の一例

結線器の利用によりワンタッチで接続が可能であるが、まれに接触が悪くなるため、試験結果に影響を与える恐れがある。結線器は構造上、外観から接触状態の診断が困難であるが、新たな確認方法について検討したので報告する。

2. 変流器試験時の二次結線

変流器自動試験台（以下、試験台）による変流器の誤差試験は、標準変流器（以下、CTs）と被試験変流器（以下、CTx）の一次側に同じ電流を流したときのCTsとCTxの二次電流を変流器試験装置で比較する方法で行われる。変流器は二次側に繋がる負荷の大きさが誤差が変化するため、電子式負担装置（以下、負担装置）でCTxの負担条件を設定して試験を行う。試験台の結線図を図2に示す。

近年の負担装置は、四端子法により、配線による負担の影響を除去することで零負担設定が可能となっている。試験台の負担装置にも採用されており、結線器の端子も各接触子に通電用端子と検出用端子が同じ点で結線されている四端子構造となっている。

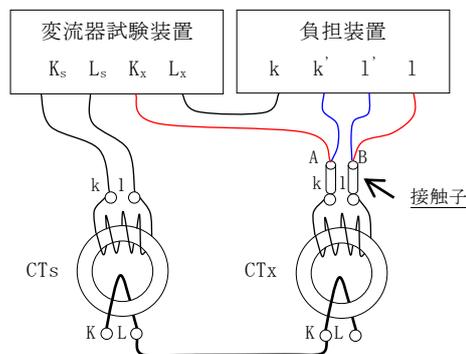


図2 変流器試験時の二次結線図

3. 診断方法

結線器の接触状態を確認するには、CTx 二次端子と接触子との間の接触抵抗（以下、接触抵抗）を測定できれば可能である。厳密に接触抵抗を測定するには四端子抵抗測定法により、然るべき測定ポイント及び測定条件を定めて測定する必要があるが、結線器に接続された状態で測定することは難しく容易な方法ではない。

前項において結線器の接続は四端子構造となっていると述べた。そこで四端子抵抗測定が可能な抵抗計（以下、抵抗計）と結線器を適切に接続すれば、結線状態のCTxの二次巻線抵抗及び接触子の導体抵抗を含んだ端子間抵抗値（以下、端子間抵抗）を測定できると考えた。図2のA-B間の端子間抵抗は、図3のように表される。図3より、端子間抵抗は、次式となる。ただし、接触子の配線に緩みはないものとする。

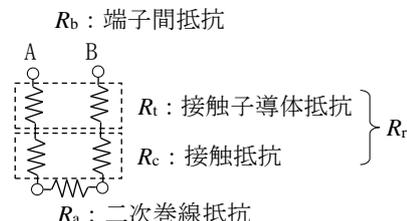


図3 端子A-B間の等価回路

$$R_b = R_t + R_c + R_a \quad (1)$$

CTxの二次巻線抵抗 R_a は、結線器などで接続されていない状態で抵抗計により測定可能である。端子間抵抗 R_b から R_a を引いた値を R_t とすると、次式となる。

$$R_t = R_b - R_a = R_t + R_c \quad (2)$$

* 現 標準部

接触子導体抵抗 R_c は同じ型式の結線器であれば、材質、形状及び寸法が同一であるため、値は一定である。仮に、同じ CTx を用いて測定した結線器 A の R_r と結線器 B の R_r の間に差があれば、接触抵抗 R_c の差であると考えられることができる。

よって、複数の結線器を用い得られた R_r を比較して接触状態の確認を行うことにした。

4. 測定用器具の製作

結線器と試験台は、メタルコネクタを介して接続する。結線器は2個の変流器（例えば、1側及び3側）を同時に結線できるが、使用する抵抗計は同時に2カ所の測定ができないため、接続を切り替える必要がある。測定効率を上げるため、一方を結線器のメタルコネクタに、一方を抵抗計に接続し、抵抗計に繋がる配線を切り替えることができる測定用器具を製作した。製作した測定用器具を図4に、結線器及び抵抗計との接続例を図5に示す。



図4 測定用器具

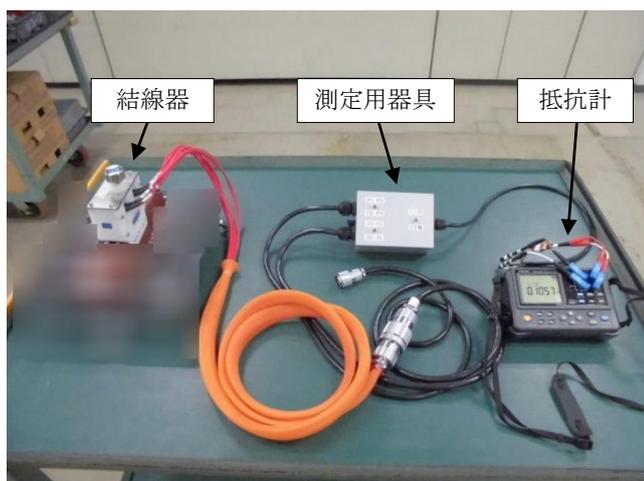


図5 結線器及び抵抗計との接続例

5. 直流抵抗計による誤差試験への影響

使用する抵抗計は、四端子抵抗測定が可能で、100 mΩ 付近の抵抗を最小分解能 0.01 mΩ で測定できる直流抵抗計を

利用した。同等の性能を有する交流抵抗計の準備ができなかったため、直流抵抗計のみで測定を行った。

なお、直流抵抗計を使用して結線器の接触状態を確認する場合、変流器が磁化され誤差が変化するが、減磁を行うことで残存する影響を完全に除去できることを確認した。

6. 測定結果と判定基準

変流器に結線器を接続した状態で、抵抗計を使って測定した端子間抵抗 R_b 及びあらかじめ測定された変流器の二次巻線抵抗 R_a の結果を表1に示す。表1より、5台の結線器を使って得られた R_b から求めた R_r の最大は 0.00418 Ω であるが、これには接触子導体抵抗 R_c の約 0.3 mΩ が含まれている。このため、(2)式より R_c を求めると、現在使用している結線器の接触抵抗は最大で 0.004 Ω（負担換算で 0.1 VA）となった。

表1 結線器の接触抵抗の測定結果

使用結線器	変流器 1 (1S-1L 間) (Ω)	変流器 2 (3S-3L 間) (Ω)
結線器 1	0.10450	0.10528
結線器 2	0.10632	0.10414
結線器 3	0.10483	0.10427
結線器 4	0.10494	0.10441
結線器 5	0.10553	0.10452
二次巻線抵抗 R_a	0.10214	0.10177
R_r の最大	0.00418	0.00351

次に、誤差試験結果に与える結線器の接触状態の影響を調べるため、変流器二次端子のねじ頭部と接触子の接触圧力などを調節して R_r の値を変化させ、同じ結線器を使って同一の変流器を繰り返し測定した結果を表2に示す。表に示す R_r の 0.0024 Ω は変流器二次端子のねじ頭部と接触子の接触圧力などの調節を行わない値で、 R_r が 0.00134 Ω の場合の誤差試験結果と比較すると、比誤差で 0.01 %、位相角で 0.5 分の差がある。使用した変流器試験装置の確度は、比誤差で ±0.01 %、位相角で ±0.5 分であるため、直ちに誤差試験結果に影響があるとは判断できない。しかし、 R_r が 0.0024 Ω と 0.0234 Ω を比較すると、比誤差で 0.02 %、位相角で 0.8 分の差があるため、誤差試験結果への影響が認められる。

この結果から R_r が 0.0134 Ω を超えると影響があると考えられるが、安全を考慮して誤差試験結果に影響を及ぼす R_r の判定基準を 0.012 Ω（負担換算で 0.3 VA）とした。

表2 結線器の接触状態による誤差試験結果（定格負担時）

R_r (Ω)	R_r による負担 (VA)	比誤差 (%)	位相角 (分)
0.0024	0.06	-0.23	+3.7
0.0134	0.34	-0.24	+4.2
0.0234	0.59	-0.25	+4.5
0.1619	4.05	-1.44	+50.7

7. おわりに

本研究で検討した接触状態の診断方法は、現在、誤差試験の結果から結線器の接触不良が疑われる場合や定期点検時の結線器の検査などに活用している。これまでの測定から、結線器の接触不良が疑われる場合に R_t を測定すると判定基準を満たしていないため、本研究で提案した判定基準は妥当であると考えている。

留意点として、測定に直流抵抗計を使用しているため、変流器の二次巻線の抵抗を測定した場合はその後、必ず減磁する必要がある。

今後は、要求性能を満たす交流抵抗計を使用し、誤差試験結果への影響を調査する予定である。

(2017年6月27日受付)