

# 計器用変成器の検査機器の開発

川越 順 小澤 藍地（日本電気計器検定所 検定管理部）

## 1. はじめに

日本電気計器検定所（以下、当所という）では、計器用変成器<sup>(1)(2)</sup>（変流器、計器用変圧器及び計器用変圧変流器）の検査を効率よく検査することを目的に、2008年に開発された検査機器（変成器試験装置<sup>(3)</sup>及び電子負担装置）を本社並びに支社・事業所に配備し、現在に至るまで使用してきた。しかしながら、開発されてから10年以上が経過し、旧型となった使用部品の入手性の悪化や価格上昇が懸念されるため、回路を刷新した新しい検査機器を開発したので本稿にて紹介する。また、変成器試験装置の校正システムを新規に開発したので併せて報告する。

## 2. 計器用変成器の試験回路

計器用変成器の比誤差及び位相角の試験は、標準器と計器用変成器の一次巻線に同一の一次信号を入力し、二次信号同士を比較する方法が一般的である。図1に変流器の場合の試験回路を示す。

一般に、計器用変成器の誤差は負担によって変動することから、所定の負担を接続した上で試験が行われる。変流器の場合は、定格及び定格の50%の負担を接続して試験を行う他にも、変流器に接続される電流線や電力量計に相当する負担を接続して試験する必要があるため、当所では、柔軟に負担を摸することができる電子負担装置を使用している。一方、計器用変圧器の試験の場合は、一部で電子負担装置を使用しているが、負担が定格及び無負担に限定されることから、単に抵抗を負担として用いる場合が多い。

変成器試験装置は、標準器の二次信号を基準に、被試験器の比誤差及び位相角を測定する装置である。したがって、被試験器の比誤差及び位相角の絶対値は、標準器の校正値

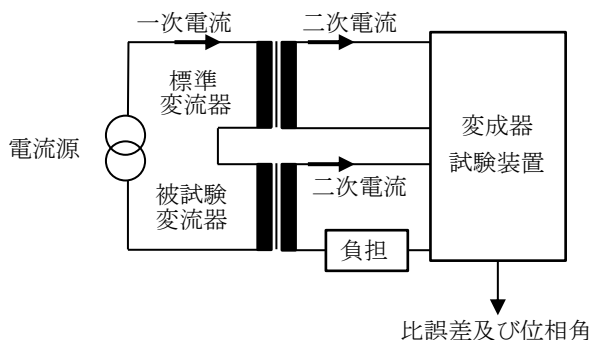


図1 変流器の試験回路

及び変成器試験装置による測定結果から得られる。

## 3. 計器用変成器の検査機器

3.1 変成器試験装置 装置のブロック図を図2に、仕様を表1に示す。

計器用変圧器を測定する場合、本装置は、装置に入力した標準変圧器及び被試験変圧器の二次電圧を、同型の検出変圧器2個で電子回路が扱える電圧に変換する。さらに、後段の計装アンプを用いて差電圧を検出している。変流器を測定する場合、本装置は、検出変流器を用いて標準変流器の二次電流を検出し、標準変流器と被試験変流器の二次電流との差を差検出変流器によって検出する。

なお、測定対象の信号をアナログスイッチで切り換えてAD変換器（以下、ADという）に入力するため、計器用変圧器と変流器を同時に測定することはできない。

本装置は、上記の回路で検出した、標準器の二次信号並び標準器と被試験器の二次信号の差をADでデジタル変換し、デジタル演算回路が既報<sup>(3)</sup>の測定原理に則って比誤差及び位相角を演算する。なお、ADのサンプリングクロックは、標準器側の入力信号をPLL(Phase Locked Loop)で周波数通倍して得ている。

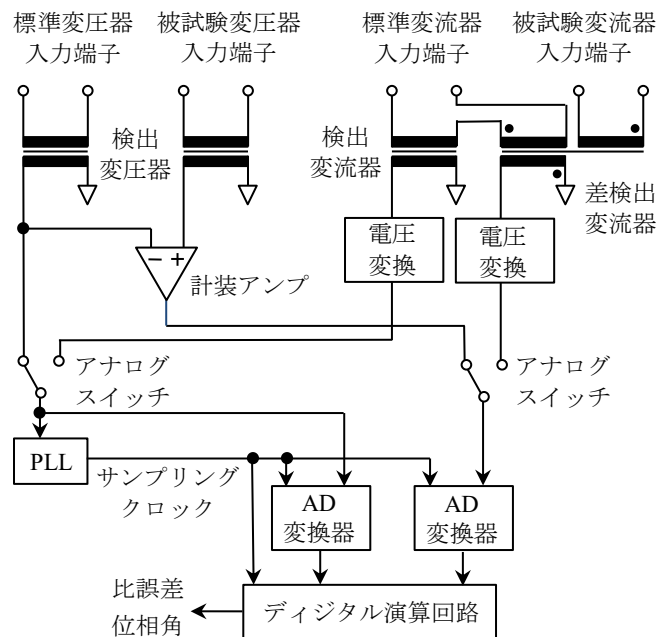


図2 変成器試験装置のブロック図

表 1 変成器試験装置の仕様

	計器用変圧器	変流器
定格入力	110 V、50~60 Hz	5 A、50~60 Hz
入力範囲	1.5~150 V	0.05~6 A
比誤差	±10.000 %	
位相角	±350.0 分	

3.2 電子負担装置 図 3(a)のとおり、変流器に抵抗等の受動的な負担  $z$  を接続し、そこへ二次電流  $i$  が流れたとき、変流器の二次端子間に電圧  $u = zi$  が生じる。一方、図 3(b)では、負担の代わりに電圧源を配置して能動的に電圧  $u$  を発生させている。両者とも端子間に電圧  $u$  が発生している点で違いが無いことから、変流器にとって図 3(b)の電圧源は負担  $z$  と等価である。

本装置は、電流  $i$  と設定値（皮相電力及び力率）から決定される電圧  $u$  を発生する電圧源として働き、変流器の模擬的な負担を実現する。図 4 に、変流器の試験回路の全体図を本装置のブロック図と共に示す。また、本装置の仕様を表 2 に表す。

本装置は、検出変流器で電流を検出し、その信号と直交する信号を積分回路により得る。さらに、両信号の振幅を 2 つの乗算型 DA 変換器（以下、DA という）で制御した後に加算することによって任意の振幅と位相を持った信号を獲得し、電圧アンプ及び出力変圧器を経て電流回路に電圧を重ねる。本装置は、このような回路構成で電圧を出力することにより、任意の皮相電力及び力率の模擬負担を実現する。

本装置は、電流を検出変流器で、電圧を検出変圧器で検出し、AD でデジタル変換した後にデジタル演算回路によって電圧実効値、電流実効値及び有効電力を測定する。これらの測定値に基づき皮相電力及び力率を計算し、設定値に応じた電圧が出力されるように DA を制御する。

なお、実効値や有効電力の測定原理は、既報のサンプリング電力計<sup>(4)</sup>と同一である。ところで、図中では省略したが、AD のサンプリングクロックは、検出変流器で検出した電流の周波数を基準に、PLL で周波数通倍して得ている。

本装置の電圧アンプ及び出力変圧器の容量は 15 VA であ

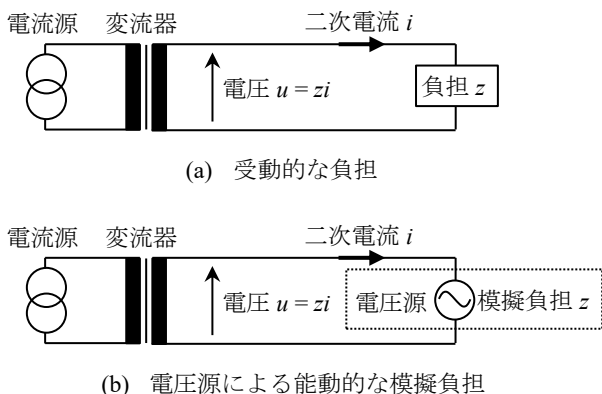


図 3 変流器の模擬負担の概念図

表 2 電子負担装置の仕様

電流入力範囲	0.05~6 A、50~60 Hz
皮相電力	0.00~15.00 VA
設定範囲	15.00~40.00 VA（補助負担接続時）
力率設定範囲	0.00 遅れ~1.00~0.00 進み

り、装置単独では 15 VA までの負担しか実現できない。15 VA 超過の負担が必要な場合は、被試験変流器の二次側に、抵抗等の補助負担と本装置を直列に接続することで、最大 40 VA の負担を実現可能である。この場合、本装置は、補助負担との合計が設定負担になるように、出力電圧の制御を行う。

#### 4. 変成器試験装置校正システム

4.1 校正システムの概要 変成器試験装置の変流器入力を校正する場合の全体図を図 5 に示す。本システムは、基準電流源、変成器試験装置校正装置（以下、校正装置という）及び変成器試験装置（標準器）で構成される。

基準電流源が発生する基準電流は、変成器試験装置（標準器及び被試験器）の標準変流器入力端子及び校正装置に入力される。また、校正装置が発生する基準+誤差電流は、両変成器試験装置の被試験変流器入力端子に入力される。

本システムにおける基準電流源及び校正装置は、単に試験信号源である。本システムは、試験信号を、標準器と被試験器に同時に入力し、標準器と被試験器の測定値を比較することで校正を行う。

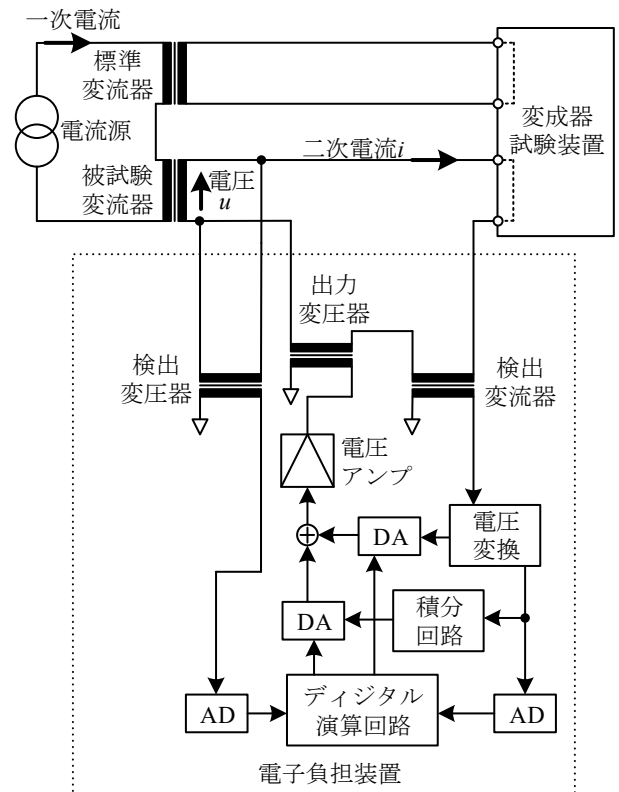


図 4 電子負担装置のブロック図

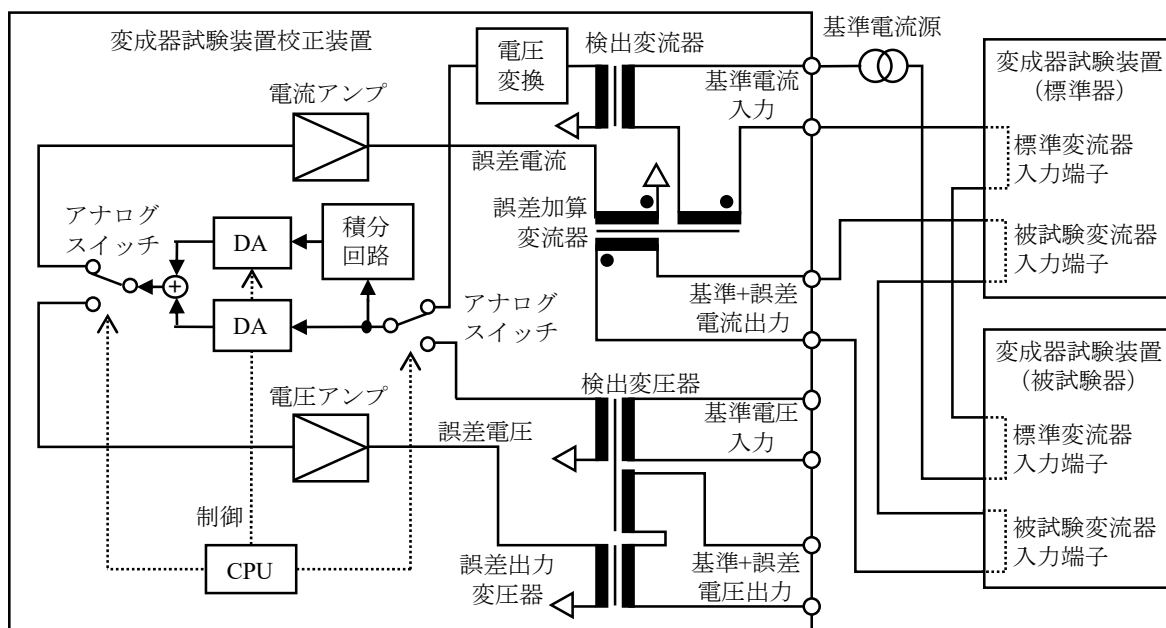


図5 変成器試験装置校正システム

変成器試験装置の変圧器入力を校正する場合は、基準電流源の代わりに基準電圧源を用い、発生した基準電圧を校正装置及び両変成器試験装置の標準変圧器入力端子に入力する。また、校正装置が発生した基準+誤差電圧を両変成器試験装置の被試験変圧器入力端子に入力する。

**4.2 変成器試験装置校正装置** 校正装置の構造は図5のとおりである。校正装置は、入力した基準電圧に誤差を重畳した基準+誤差電圧あるいは、入力した基準電流に誤差を重畳した基準+誤差電流を出力し、変成器試験装置を校正するための試験信号を生成する。

なお、電圧側と電流側の切換えは、2つのアナログスイッチで行う。

電流側の動作原理は次のとおりである。まず、基準電流を検出変流器で変流し、電圧変換した後、その信号と直交する信号を積分回路で得る。さらに、両信号の振幅を2つのDAで制御して加算し、電流増幅器で増幅することで誤差電流を生成する。

なお、校正装置は、DAを制御することにより、基準電流に対して0~10%の範囲の誤差電流を任意の位相角で出力可能である。さらに、校正装置は、基準電流と誤差電流を誤差加算変流器で加算し、基準+誤差電流を出力する。この信号が変成器試験装置に入力されることから、変成器試験装置の校正範囲は、比誤差が±10%、位相角が約±350分となる。

電圧側の場合も、電流側と同様にDAを制御することで、電圧アンプから最大10%の誤差電圧が任意の位相角で出力される。

なお、基準+誤差電圧は、検出変圧器及び誤差出力変圧器の二次電圧を直列に接続することで得られる。

## 5. おわりに

本稿では、変成器試験装置及び電子負担装置について、さらに新たに開発した変成器試験装置校正システムについて紹介した。現在、本システムを用いた変成器試験装置の校正体系の構築を図っており、本システムを支社や事業所に定期的に移送し、現地で変成器試験装置を校正することを視野に入れている。

なお、各支社・事業所で保有している電圧電流発生器を基準電圧源あるいは基準電流源として利用できるため、変成器試験装置（標準器）、校正装置及び各機器を制御するためのコンピュータを輸送すれば良い。

今回紹介した変成器試験装置及び電子負担装置は、本社及び支社・事業所で現在使用されている機器と順次置き換えられる見込みである。

## 参考文献

- (1) JIS C 1736-1:2009:「計器用変成器（電力需給用）—第1部：一般仕様」、日本産業規格（2009）
- (2) JIS C 1736-2:2009:「計器用変成器（電力需給用）—第2部：取引又は証明用」、日本産業規格（2009）
- (3) 川越 順・土山卓宏:「デジタル乗算方式による計器用変成器誤差試験装置」、電気検定所技報、Vol. 43、No 4、pp. 61-69 (2008)
- (4) 川越 順:「サンプリング方式による標準電力量計」、電気検定所技報、Vol. 47、No 1、pp. 1-5 (2012)

(2020年6月11日受付)