

三巻線変圧器の温度試験に於ける 負荷法に就いて*

富士電機 技術部 越 川 誠

内容梗概 三巻線変圧器の温度試験に於て、静電蓄電器を用ひ小容量の簡單なる電源に依つて試験を行ひ得ることを實例に就いて述べたものである。(口繪参照)

I 緒 言

三巻線変圧器の温度試験に於ける負荷法としては、日本電氣工藝委員會標準規定 [J. E. C—36(2594), 414(6)] に記載せる方法、即ち、相及び電壓を調整し得る三つの試験電源を使用し、一つの電源より鐵損を供給し、他の二つの電源より抵抗損を供給し、各巻線に通ずる電流を、巻線容量に相當する電流と同一ならしめて試験する方法がある。然し乍ら、此の方法は相及び電壓を調整し得る三つの電源を必要とし、大容量の変圧器の場合に適用することは困難である。變圧器の容量が増加すると結局工場に於ける温度上昇試験は JEC—36, 414(7) 又は (8) に従つて施行する事を要する事に成る。そのためには三巻線變壓器の各巻線に巻線容量に相當する電流を通ずる必要を生ずる。此の方法には種々あるが、今回弊社に於て試みた方法は、一方の巻線より常規周波数の電流を通し、他の巻線は適當なる静電蓄電器及び抵抗を通して短絡し、各々に其巻線容量に相當する電流を通せしめ、全銅損を供給して状態が不變となるまで運轉し、油及び巻線の温度上昇を推定する方法である。以下本試験方法の概略を紹介する。

II 三巻線變壓器の等價回路

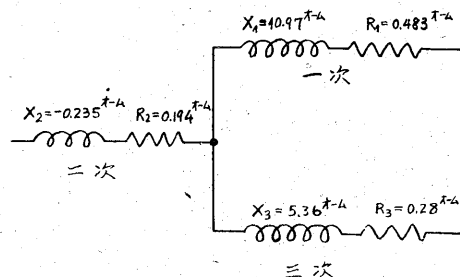
本試験を實施したる三巻線變壓器は單相、50 サイクル、油入水冷式、連續定格のもので容量は一次 13,333 kVA 二次 18,000 kVA 三次 13,333 kVA、電壓は一次 85—80.33—76.875 (定格) kV 二次 38.1 (定格)—36.2—34.3 kV 三次 10.45 (定格) kV、定格電流は一次 174 A 二次 472 A 三次 1,276 A、である。短絡試験より求めた上記三巻線變壓器の一次タップ電壓 85 kV 二次定格電壓 38.1 kV 及び三次定格電壓 10.45 kV に於ける基本容量 13,333 kVA に對する %インピーダンスボルト及び %インピーダンスワットは次表の如くである。

	%インピーダンスボルト	%インピーダンスワット
一次、二次間	9.82%	0.62%
一次、三次間	15.02%	0.70%
二次、三次間	4.65%	0.435%

之より各巻線の %インピーダンスボルト及び %インピーダンスワットを算出すると次の如くなる。

$$\text{一次インピーダンスボルト} = \frac{9.82 + 15.02 - 4.65}{2} = 10.1\%, \text{ 二次イ}$$

$$\begin{aligned} \text{ンピーダンスボルト} &= \frac{9.82 + 4.65 - 15.02}{2} = -0.28\%, \text{ 三次インピー} \\ \text{ダンスボルト} &= \frac{15.02 + 4.65 - 9.82}{2} = 4.93\%, \text{ 一次インピーダンス} \\ \text{ワット} &= \frac{0.62 + 0.70 - 0.435}{2} = 0.443\%, \text{ 二次インピーダンスワ} \\ \text{ット} &= \frac{0.62 + 0.435 - 0.70}{2} = 0.178\%, \text{ 三次インピーダンスワット} \\ &= \frac{0.70 + 0.435 - 0.62}{2} = 0.258\%, \text{ 之より \%リアクタンス降下は、} \\ \text{一次} &\sqrt{10.1^2 - 0.443^2} = 10.09\% \quad \text{二次} \sqrt{0.28^2 - 0.178^2} = -0.216\% \\ \text{三次} &\sqrt{4.93^2 - 0.258^2} = 4.925\% \text{ である。計算の便宜上リアクタンス} \\ \text{及び等價抵抗を二次側に換算しオームにて表はすと、一次リア} \\ \text{クタンス } X_1 &= \left(\frac{10.09}{100}\right) \left(\frac{85,000^2}{13,333 \times 1,000}\right) \left(\frac{38,100}{85,000}\right)^2 = 10.97 \text{ オ} \\ \text{ーム、二次リアクタンス } X_2 &= -\left(\frac{0.216}{100}\right) \left(\frac{38,100^2}{13,333 \times 1,000}\right) = -0.235 \\ \text{オーム、三次リアクタンス } X_3 &= \left(\frac{4.925}{100}\right) \left(\frac{10,450^2}{13,333 \times 1,000}\right) \left(\frac{38,100}{10,450}\right)^2 \\ &= 5.36 \text{ オーム、一次等價抵抗 } R_1 = \left[\left(\frac{13,333 \times 1,000}{85,000}\right)^2\right] \left(\frac{0.443}{100}\right) \\ &= \left(\frac{38,100}{85,000}\right)^3 = 0.483 \text{ オーム、二次等價抵抗 } R_2 = \\ &\left[\left(\frac{13,333 \times 1,000}{38,100}\right)^2\right] \left(\frac{0.178}{100}\right) = 0.194 \text{ オーム、三次等價抵抗 } R_3 = \\ &\left[\left(\frac{13,333 \times 1,000}{10,450}\right)^2\right] \left(\frac{0.258}{100}\right) \left(\frac{38,100}{10,450}\right)^2 = 0.28 \text{ オームとなる。} \\ \text{故に二次側に於ける勵磁アドミッタンスを無視してリアクタンス} \\ \text{及び抵抗にて表した等價回路は第 1 圖の如くなる。}\end{aligned}$$



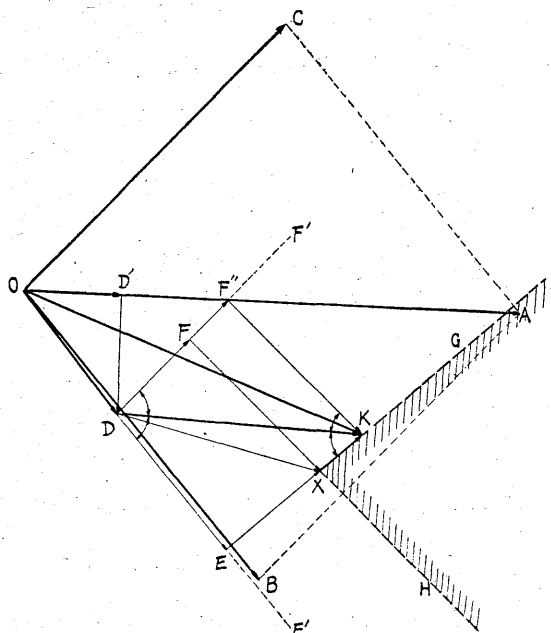
第 1 圖

III 二次より全銅損を供給する場合、一次及び三次巻線に接続する静電蓄電器のリアクタンス及び抵抗値の算定

二次側を電源に接続した場合に、各巻線に巻線容量に相當する

* Kosikawa Makoto: One method of heat run test of three-winding-transformers.

電流を通ぜしむる爲の條件を考へて見る。一次容量 13,333kVA
二次容量 18,000kVA 三次容量 13,333kVA として二次側に換算
した一次電流 I_1 と三次電流 I_3 との合成が二次電流 I_2 に成る
ためには、第2圖に於て



第2圖

$$\overline{OA} = I_2 \cos 18.0^\circ$$

$$\overline{OB} = I_1 \cos 13.333$$

$$\overline{OC} = I_3 \cos 13.333$$

とすると、三角法の計算から簡単に

$$\angle COB = 94^\circ 66' \approx 95^\circ$$

即ち I_1 と I_3 との間には 95° の相差を有し、且つ其の絶対値 $OC = OB$ の關係が成立せねばならぬ故に、一次回路及三次回路の二次に換算したインピーダンスの絶対値は相等しいと云ふ條件を満足せねばならぬ。

此の條件を満足した場合の等価回路のベクトルダイアグラムは第2圖の如くに成る。

即ち上記の如く

$$\overline{OA} = I_2 \quad \overline{OB} = I_1 \quad \overline{OC} = I_3$$

$$\angle COB = 95^\circ \quad I_2 = I_3$$

であつて

$$\overline{OD'} = I_2 R_2 = I_2 \times 0.194$$

$$\overline{D'D} = I_2 X_2 = I_2 \times (-0.235)$$

として

$$\overline{OD} = \overline{E_2} = I_2 \{0.194 + j(-0.235)\}$$

D より OB 及び OC に平行に DE' 及 DF' を引く。

DE' 上に

$$\overline{DE} = I_1 R_1 = I_1 \times 0.483$$

DF' 上に

$$\overline{DF} = I_3 R_3 = I_3 \times 0.28$$

を取つて、E 及び F より DE' 及 DF' に垂線 EG 及び FH を引き EG と FH との交點を X とすると、XG 及 XH の右方に圍はれた斜線を附した區域内の一點を取り、それより DE' 及び DF' に垂線を下すと、所要の條件を満足す可き一次及び三次のリアクタンスを其の垂線の長さにより、一次及三次の抵抗を DE' 及び DF' 上に與ふる事に成る。巻線のリアクタンスは蓄電器又はリアクトルを直列に接続する事に依つて自由に加減出来るが、巻線の抵抗は増加出来ても減少せしめる事は出来ぬ故に、GXH より左方には條件を満足する點を作り得ぬ。従つて點 X が一次及三次の巻線の抵抗を其の儘増減せずして一次及三次のリアクタンスのみを加減して條件を満足する點で、しかも所要の有効電力及び皮相電力の最少の點である。此の點で試験を施行するのが最も賢明な方法であるが、今回弊社で行つた場合には三次側の大電流のケーブル損失等を考慮して、一次側に静電蓄電器を、三次側に静電蓄電器及び抵抗を直列に挿入接続して、1次側の抵抗は其の儘變化せぬ事にしたのである。

先づ一次抵抗は變化せしめぬ故に EG 線上に點を選ぶことになり、一次リアクタンスを \overline{EX} に等しく即ち

$$\overline{EX} = 0.323 = X_1 - X_{Cp} = 10.97 - X_{Cp}$$

$$X_{Cp} = 10.647 \text{ オーム}$$

にすれば良いのであるが手持の静電蓄電器の關係上

$$X_{Cp} = 10.5 \text{ オーム}$$

に選んだのである。其の結果 K 點を選択した事に成つて、三次側に挿入する静電蓄電器 (X_{Ct}) は

$$\overline{F'K} = -0.51$$

$$X_3 = 5.36$$

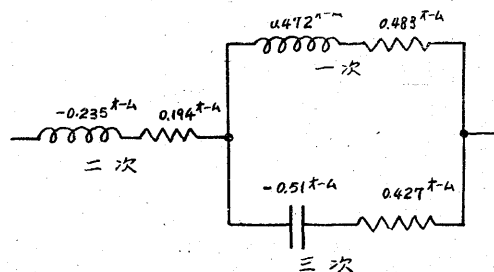
$$\overline{F'K} = X_3 - X_{Ct}$$

$$X_{Ct} = X_3 - \overline{F'K} = 5.36 + 0.51 = 5.87 \text{ オーム}$$

又三次に挿入する抵抗は

$$\overline{DF'} - \overline{DF} = 0.427 - 0.28 = 0.147 \text{ オーム}$$

に成つた。總括すると一次巻線にリアクタンス 10.5 オームの静電蓄電器を接続し、三次巻線にはリアクタンス 5.87 オームの静電蓄電器と 0.147 オームの抵抗とを接続すれば、等価回路は第3圖の如くなり各巻線に夫々の容量に相當する電流が通ずることになる。(以上の計算に於ける數値は總て二次側に換算せる値を以て示す。) 尙 \overline{OK} は二次端子に加ふ可き電壓を示す事に成る。



第3圖

IV 溫度試験を実施したる回路及び試験結果

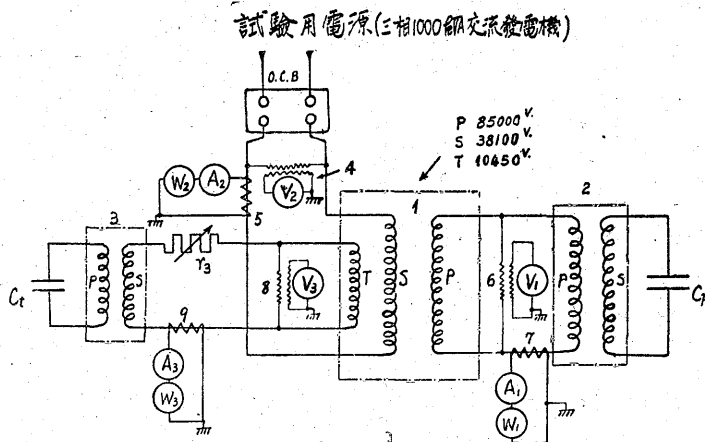
前記計算より求めたる靜電蓄電器及び抵抗を實際に接続する場合、一次側端子電壓が 8,000V 以上に達するに對し、試験用靜電蓄電場の定格電壓は 3,300V で直接に接続し得ないから、中間に變壓器を使用した。三次側に對しては、電壓を上昇せしむる目的で同様に變壓器を使用した。第 4 圖は試験回路の大略の接続圖である。

	端子電壓 (V)	電流 (A)	電力 (kW)	三巻線變壓器 入力 (kW)
二次 (電源側)	453	473	189.9	138.8
一次	8,400	158	37.0	
三次	554	1,200	13.2	

第 4 圖に示した回路に於て、試験中に測定せる各巻線の電流分布及び三巻線變壓器の入力は上の如くなつた。三巻線變壓器の入力は二次 (電源側) 電力より一次及び三次側電力の和を減じたものである。

V 結 言

靜電蓄電器を巻線に直列に接続することによつて、一次、二次、三次各々容量の異なる三巻線變壓器の各巻線に、容量に相當する電流を通せしめ、比較的小容量の電源を以て、容易に試験を行ふことが出来る。靜電蓄電器は斯くの如き變壓器の試験に於いて、今後變壓器の容量が増大すると共に、益々其の利用價值が高まると思ひ、此處に其の一例を紹介して諸賢の御參考とする次第である。



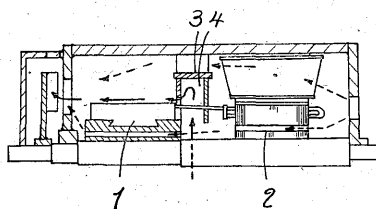
第 4 圖

- 1. 18,000 kVA 三巻線變壓器 (被試験器)
- 2. 2,400 kVA 試験用變壓器 (一次電壓 11,000V, 二次電壓 4,500V)
- 3. 700 kVA 試験用變壓器 (一次電壓 3,000V, 二次電壓 550V)
- 4. P.T 1,000/100V
- 5. C.T 500/5A
- 6. P.T 11,000/110V
- 7. C.T 200/5A
- 8. P.T 1,000/100V
- 9. C.T 1,500/5A
- Cp. 1,150kVA 靜電蓄電器 (3,300V, 50~)
- C1. 793 kVA 靜電蓄電器 (3,300V, 50~)
- r3. 抵抗器 0,005 オーム

電 機 の 冷 却 装 置

(實用新案登録第 290255 號)

整流子面の冷却に對しては従來種々の方法が提案されてゐるが、此處で紹介する考案は簡單な構造で鐵心、巻線を冷却して加熱された冷却空氣に無關係に整流子を良好に冷却する様にしたものである。即ち整流子 1 と電機子 2 との連結部分の空間に筒 3 で包まれた環狀室 4 が作られ、之が例へば下方から直接外氣と連結してゐる。そして此の部屋に吸込まれた



新鮮な外氣が、整流子面に沿つて實線矢印の様に機外に排出される。それ故巻線部分を通して加熱された冷却空氣は點線矢印の様に筒 3 の外側を通する様にすれば、之に無關係に整流子を常に新鮮な外氣で冷却する事が出来る。而も筒 3 は整流子と電機子との間に取附けられるから之が爲に電機が大型になる様なこともない。(富士電機 池上晃記)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。