省エネルギー変圧器用鉄心材質の選定

正 員 宮 沢 永次郎 (福井大)

正 員 村 本 浩 (福井大)

正 員 新 谷 邦 弘 (福井高専)

正 員 斎 藤 弘 一 (福井高専)

Select of Core Material for Energy Conservative Transformer

Eijiro Miyazawa, Member, Hiroshi Muramoto, Member (Fukui University), Kunihiro Shinya, Member, Koichi Saito, Member (Fukui Technical College)

キーワード：損失比，高効率範囲，最大効率，鉄心材質

1. ま え が き

変圧器の主な特性は効率と電圧変動率である。省エネルギー変圧器はこれらの特性を損なわないで、最大効率が高く、高効率範囲が広いことが要求される。本論文は、まずこの条件に適した損失比を求め、次にこの損失比における最大効率と定格出力あたりの鉄損との関係を求めたものである⁽¹⁾。なお、配電用変圧器について、現状の規格値およびアモルファス変圧器の試作例を対比してアモルファス変圧器の省エネルギー効果を明確とし、変圧器設計および磁性材料開発の指針を与えている。

2. 解 析

(1) 損失比 出力を P ，負荷電流を I ，無負荷損を W_i ，負荷損を W_c とし，定格値に対しては添字 n を付し，負荷率を $\gamma = I/I_n$ ，定格負荷における負荷損と無負荷損の比である損失比を $LR = W_{cn}/W_i$ とする。負荷損が負荷電流の 2 乗に比例するものとする。負荷力率が 1 の場合，効率 η は (1) 式となる。

$$\eta = 100 \times \{1 + (1 + \gamma^2 LR) W_i / \gamma \cdot P_n\}^{-1} \cdots (1)$$

定格出力における効率を η_n ，最大効率を η_M とし， η_n と等しい効率となる負荷率を γ_n ， η_M となる負荷率を γ_M とすると次式が成り立つ。

$$\gamma_n = 1/LR, \quad \gamma_M = 1/\sqrt{LR} \cdots \cdots (2)$$

ここで， $\eta \geq \eta_n$ の負荷範囲を高効率運転範囲と考えると， γ_n ないし 1 がこの範囲となり， LR と γ_n ， γ_M との関係を図 1 に示す。

次に， η_n と η_M および電圧変動率 ε との関係は次式となる。

図 1 LR と γ_n ， γ_M との関係
Fig. 1. Relation between LR and γ_n ， γ_M .

図 2 LR と η_n/η_M および ε との関係
Fig. 2. Relation between LR and η_n/η_M ， ε .

$$\eta_n = 100 \times \left\{ \frac{1 + LR}{2\sqrt{LR}} \left(\frac{\eta_M}{100} - 1 \right) + 1 \right\}^{-1} (\%) \cdots \cdots (3)$$

$$\varepsilon = \{ (100 - \eta_M) \sqrt{LR} / 2\eta_M \} \times 100 (\%) \cdots \cdots (4)$$

LR と η_n/η_M および ε との関係を図 2 に示す。

図 1 および図 2 より， LR が大きいほど高効率運転範囲は広くなるが，定格出力時の効率は減少し，電圧

図3 η_M と W_i/P_n との関係
Fig. 3. Relation between η_M and W_i/P_n .

変動率は増加するため、 LR の適値は 10 近傍と考えられる。また、変圧器価格と運転費を合計した TOC は、 LR がケイ素鋼およびアモルファス変圧器で各々 7.5 および 11.6 で最小となることが報告されている⁽²⁾。従って、以上を総合すると、 LR は約 11 が適値と言える。

(2) 材質と変圧器特性 定格出力あたりの鉄損は次式で与えられる。

$$W_i/P_n = (100/\eta_M - 1)/2\sqrt{LR} \dots\dots\dots (5)$$

LR をパラメータとした η_M と W_i/P_n との関係を図 3 に示す。図より望ましい LR に対する η_M と W_i/P_n との関係が得られる。従って、この W_i を設計より求めた鉄心質量とビルディングファクタの積で除し、規定の磁束密度の値に換算することにより所要の η_M とするために使用すべき鉄心材質が定まる。

(3) 現状と将来展望 配電用三相変圧器を例にとり、現状として規格値 (JEM 1392)、展望としてアモルファス変圧器の試作例⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾を図 3 に併記する。いずれの場合にも LR および η_M は小容量のものほど小さく、従来の電磁鋼板では $LR < 7$ であるのに対し、アモルファス磁性材料を用いることにより $LR \geq 11$ を得ている。また、アモルファス変圧器では $\eta_M \approx 99\%$ であり、図 2 より $\eta_n/\eta_M = 0.992$, $\varepsilon = 1.68\%$ となり、特性を損なうことなく省エネルギーを達成できることがうかがえる。なお、図は $\eta_M \geq 99.5\%$ とする鉄損値も示しており、今後の変圧器設計および鉄心材料開発の指針を与えている。

3. あとがき

省エネルギー変圧器とするため、高効率範囲を拡大し、最大効率を向上するための損失比および出力あたりの鉄損と最大効率との関係を示し、アモルファス変圧器とすることにより省エネルギーが達成できることを述べた。更に、これらのデータを基に好ましい損失比における最大効率の向上の目安が示され、アモルファス磁性材料の開発目標を与えることができた。な

お、以上の結果は定速度で運転する誘導電動機などについても同様に適用できる。

(平成 2 年 3 月 22 日受付)

文 献

- (1) 宮沢, 他:「省エネルギー機器の設計指針」, 電気学会マグネティックス研究, MAG-89-142 (平元)
- (2) 山本:「変圧器の最適損失比」, 調査委員会資料, EMA-123
- (3) 土屋:「アモルファス鉄心を用いた変圧器」, 電学誌, 104, 185 (昭 59-3)
- (4) 佐藤, 他:「積層アモルファス材の基礎特性と積み鉄心変圧器の試作」, 電中研報, W 86030 (昭 62)

宮 沢 永次郎 (正員)

大正 13 年 4 月 19 日生。昭和 19 年山梨工専電気工学科卒業。現在、福井大学工学部電子工学科教授。工学博士、日本応用磁気学会、IEEE

会員。

村 本 浩 (正員)

昭和 6 年 9 月 14 日生。昭和 30 年 3 月京都大学大学院工学研究科修士課程修了。現在、福井大学工学部電子工学科助教授。日本応用磁気学会

会員。

新 谷 邦 弘 (正員)

昭和 21 年 12 月 1 日生。45 年 3 月福井大学工学部電気工学科卒業。現在、福井高専電気工学科助教授。工学博士。日本応用磁気学会会員。

斎 藤 弘 一 (正員)

昭和 27 年 5 月 9 日生。46 年 3 月福井県立武生工業高等学校電気工学科卒業。現在、福井工業高等専門学校電気工学科勤務。