

新アモルファス材料を適用した変圧器の開発

アモルファス変圧器の最適設計

Development of Transformer which Applies New Amorphous Material

Optimum Design of Amorphous Transformer

(配電部 技術G)

アモルファス変圧器は低損失機器であるが、一般的に使用されているけい素鋼板変圧器と比較して、大きく重い、初期コストが高い、騒音も若干大きいという課題がある。今回、磁束密度を高めた新アモルファス材料の変圧器鉄心への適用を検討した結果、けい素鋼板変圧器と同等の小形・軽量化を実現できるとともに、初期コストも現行アモルファス変圧器よりも低減できる見通しを得た。

1 背景

近年、地球温暖化防止のため二酸化炭素排出量の削減が推進されるなど環境保全の社会的機運が高まる中、配電用変圧器についても低損失化が求められている。

低損失化の方法の一つとして、無負荷損の低減に有効なアモルファス材料を柱上変圧器の鉄心に用いたアモルファス変圧器があるが、普及しているけい素鋼板を用いた変圧器に比べると、大きく重い、初期コストが高い、騒音も若干大きいという課題がある。

今回、磁束密度を高めた新アモルファス材料を用いることにより課題を解決できる可能性がわかり、試作・評価を行った。

2 新アモルファス材料の適用検討

(1) アモルファス材料の概要

アモルファス材料は、鉄などから成る合金を熔融状態から急激に冷却することで非結晶のまま固体化したもので、厚さ30 μ mほどの薄い薄帯である。これを変圧器の鉄心に用いると、非結晶で原子配列が不規則なため、結晶構造のけい素鋼板に比べて、鉄心に交番磁束が通る際のエネルギー損失(ヒステリシス損)が小さくなる。また、板厚が薄いため、渦電流損も小さくなる。しかし、アモルファス材料は、けい素鋼板に比べて磁束密度が低いいため、変圧器の鉄心に用いると、鉄心が大きく重くなるという課題がある(第1図)。

(2) 新アモルファス材料の特徴

アモルファス変圧器の小形・軽量化のためには、磁束密度の高い材料を用いて、鉄心を小さくする必要がある。

一方、小形化すると、騒音を減衰させる媒体(絶縁油など)が減るため、騒音が大きくなる。騒音は、鉄心が

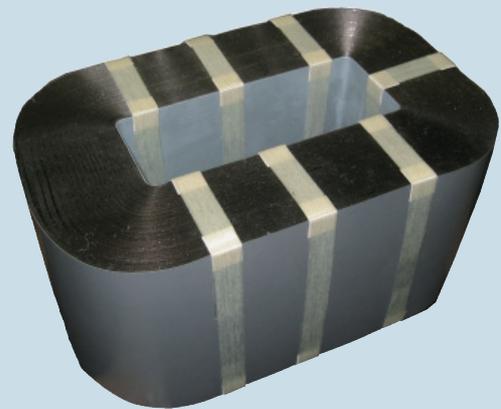
(Engineering Group, Distribution Department)

We applied the new amorphous material, which was improved in higher magnetic flux density than present, to the transformer core, and aimed at size down, lightweighting of the amorphous transformer. As a result, we were able to make the amorphous transformer small and lighten it to the almost same level as a silicon metal transformer, and we found the possibility that could reduce cost of the amorphous transformer from now.



写真提供：日立金属株式会社

(a) アモルファス材料

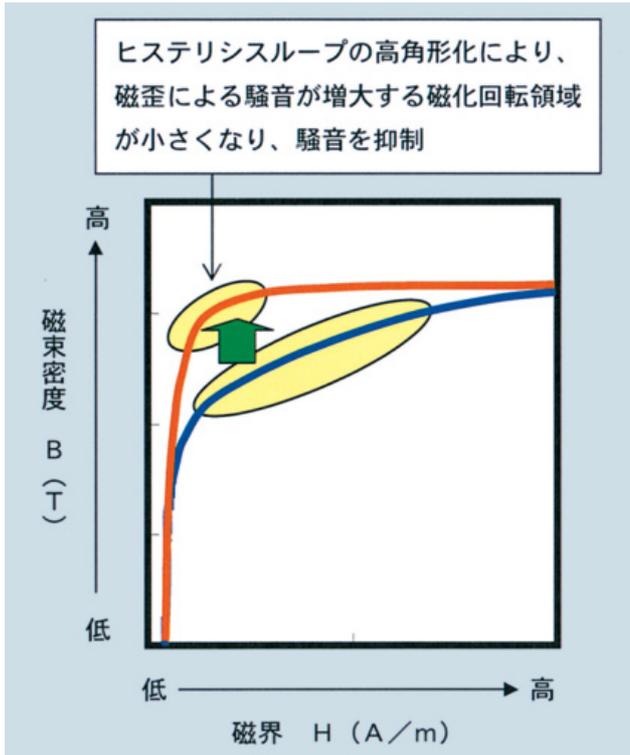


(b) アモルファス鉄心

第1図 アモルファス材料および鉄心の外観

磁化状態に応じて伸縮する磁歪現象に起因し、磁化回転領域(ヒステリシスループが屈折し始める領域)で増大する。このため、ヒステリシスループが高角形の材料を用いれば、磁化回転領域が小さくなり、騒音を抑制できる(第2図)。

検討の結果、現行アモルファス材料(以下、SA1という)よりも飽和磁束密度が向上し、ヒステリシスループが高角形になる新アモルファス材料(以下、HB1という)を用いることで、アモルファス変圧器の小形・軽量化や騒音の抑制が期待できることがわかった(第1表)。



第2図 低騒音化の原理

第1表 変圧器鉄心材料の特性

鉄心材料	飽和磁束密度 B_s (T)	保持力 H_c (A/m)	比抵抗 ($M \cdot m$)	無負荷損 P_{100} (W/kg)	磁歪 S (ppm)	板厚 t (mm)	占積率 SF (%)
SA1	1.56	2.0	1.3	0.070	27	0.025	> 85
HB1	1.64	1.5	1.3	0.063	27	0.025	> 85
けい素鋼板	2.03	45.0	0.5	0.440	-1	0.23	> 95
備考	高いほど小形化	小さいほど低損失	大きいほど低損失	小さいほど低損失	小さいほど低騒音	厚いほど加工性良	大きいほど小形化

1) 飽和状態における磁歪はSA1と同じであるが、磁化回転領域の磁歪が低減している。

(3) 新アモルファス材料を用いた変圧器の試作

HB1を用いて、小形・軽量タイプの変圧器を試作した(第3図)。



第3図 各種変圧器の外観(20kVA)

HB1の特徴を引き出すためには、変圧器の鉄心に加工した後の焼鈍を、材料に適した方法で行う必要がある。アモルファス材料に加える熱エネルギーが大きいと(高温焼鈍、長時間)非結晶構造が結晶化してしまい、ヒステリシス損が大きくなる。逆に、加える熱エネルギーが小さくても(低温焼鈍、短時間)加工時の応力を除去できず、磁気抵抗が大きくなるため、ヒステリシス損が大きくなる。今回、試作した鉄心について、焼鈍温度と時間を変化させて、無負荷損が最も低減する焼鈍条件を検討し、量産工程も考慮した最適な焼鈍条件を設定した。

(4) 試作品の性能評価

試作品について、性能試験を行った結果、問題ないことを確認した。これにより、HB1を用いた変圧器は、寸法・質量ともけい素鋼板変圧器と同等になることがわかり、初期コストも抑制できる見通しを得た。また騒音に関しては、小形・軽量化に特化して試作したため、現行アモルファス変圧器よりも若干大きくなった(第2表)。

第2表 試作品の性能比較²⁾

項目	アモルファス変圧器		けい素鋼板変圧器
	現行	試作	
鉄心材料	SA1	HB1	けい素鋼板
直径 [%]	100	92	95
高さ [%]	100	96	96
質量 [%]	100	87	81
無負荷損 [%]	100	77	277
負荷損 [%]	100	98	99
騒音 [%]	100	111	94
ロス評価額 [%]	100	97	-
イニシャルコスト [%]	100	95	89
TOC評価額 [%] ³⁾	100	96	-

2) 現行アモルファス変圧器を100として比較

3) TOC (Total Owning Cost) 評価額・・・経済性評価額

3 今後の展開

HB1はSA1よりもキュリー温度(物質が磁性を失う境界となる温度)が低く、高温環境下(過負荷運転時など)で継続使用した場合の特性変化など、未知の部分があるため、今後、長期信頼性の評価を行うとともに、さらなる小形・軽量化、低騒音化などを検討する。



執筆者 / 橋倉 裕
Hashikura.Yuu@chuden.co.jp