

低騒音トランスに適した方向性電磁鋼板「27~35 New RGH」^{*1}

黒沢 光正^{*2} 名村 夏樹^{*3} 山田 茂樹^{*4}

Grain Oriented Electrical Steel Sheet for Low-Noise Transformer Core, "27-35 New RGH"

Mitsumasa Kurosawa Natsuki Namura Shigeki Yamada

1 はじめに

近年、トランスの騒音低減が社会的要請として高まり、鉄心材料である方向性電磁鋼板に対しても低騒音化への対応が求められている。

トランスの騒音は主として、鉄心材料に左右される磁歪振動およびトランス接合部における電磁振動が騒音として感知されるため発生する¹⁻³⁾。素材要因としては、鋼板を構成する結晶粒の理想方位からのずれに応じて発生する磁歪振動の高調波成分が主原因であると考えられる。このため騒音の低減には結晶組織の方向性を高度に揃えること、すなわち磁束密度 B_0 を向上させることが重要となる。

本報では、低騒音トランス用に開発した高磁束密度を有する方向性電磁鋼板「New RGH」を紹介する。とくに積鉄心用途に需要の多い板厚 0.27 mm から 0.35 mm の素材について、騒音特性に大きな影響をおよぼす磁歪特性をはじめとする素材磁気特性およびモデルトランス、実機トランスにより騒音低減効果を確認した実験例を報告する⁴⁾。

2 New RGHの素材特性

板厚 0.27 mm、0.30 mm および 0.35 mm の低騒音トランス用方向性電磁鋼板「New RGH」の磁気特性を川崎製鉄の従来材「RGH」と比較して Table 1 に示す。電気抵抗率は従来材と同等であるが、磁束密度 B_0 は 1.93 T を有し、従来材に比べ約 0.03 T 以上改善した。磁束密度の向上は結晶組織の方向性がより先鋭化したためであり、これに伴い鉄損値も改善した。

New RGH の大きな特長の一つは、実機騒音特性に影響する磁歪特性が大きく改善されたことである。Fig. 1 に 30RGH105N と従来材 30RGH105 の磁歪-磁束密度曲線を示す。1.7 T での磁歪は従来材に比べ約 0.3×10^{-6} 改善された。また両者の磁歪振幅値の差は励磁磁束密度が高くなるほど大きい。

Fig. 2 に磁歪-圧縮応力特性曲線を示す。1.7 T での磁歪振幅に対する圧縮応力耐性は従来材に比べ約 1 MPa 改善されており、応力付加時の磁歪振動低減の効果が期待できる。

Fig. 3 に磁歪高調波成分の周波数依存性を示す。聴感におよぼす影響が大きい 400~1500 Hz の範囲での調波成分の低減が著しく、磁歪振動の振幅は従来材に比べ 1/2 以下である。

Table 1 Typical electrical and magnetic properties of New RGH and RGH materials

Material	Grade	Thickness (mm)	Assumed density (kg/dm ³)	Resistivity ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	Iron loss (W/kg)				Flux density (T)	
					$W_{15/50}$	$W_{17/50}$	$W_{35/50}$	$W_{17/60}$	B_3	B_0
New RGH	27RGH095N	0.27	7.65	49	0.69	0.93	0.91	1.22	1.90	1.93
	27RGH1100N				0.71	0.97	0.93	1.26	1.90	1.93
	27RGH110N				0.74	1.03	0.98	1.35	1.89	1.92
	30RGH100N	0.30	7.65	49	0.74	0.99	0.98	1.31	1.90	1.93
	30RGH105N				0.75	1.02	1.01	1.35	1.90	1.93
	30RGH110N				0.78	1.07	1.04	1.42	1.89	1.92
	35RGH115N	0.35	7.65	49	0.87	1.14	1.13	1.50	1.90	1.93
	35RGH125N				0.91	1.20	1.18	1.58	1.89	1.92
	35RGH135N				0.94	1.25	1.21	1.64	1.88	1.91
RGH	27RGH100	0.27	7.65	48	0.71	0.98	0.93	1.30	1.81	1.89
	27RGH110				0.74	1.03	0.97	1.34	1.81	1.89
	30RGH105	0.30	7.65	48	0.75	1.03	0.97	1.36	1.82	1.89
	30RGH110				0.78	1.07	1.01	1.41	1.82	1.89
	35RGH115				0.86	1.13	1.15	1.53	1.83	1.89
	35RGH125	0.35	7.65	48	0.89	1.22	1.19	1.60	1.83	1.89
	35RGH135				0.91	1.26	1.21	1.65	1.83	1.89

*1 平成9年7月31日原稿受付

*2 技術研究所 電磁鋼板研究部門 主任研究員(課長)

*3 水島製鉄所 電磁鋼板部電磁鋼板技術室 主査(課長)

*4 水島製鉄所 管理部電磁鋼板管理室長

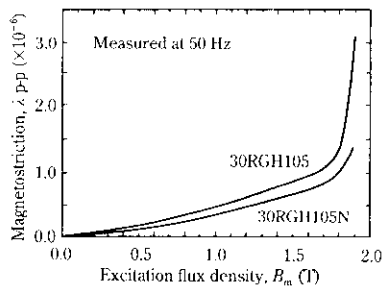


Fig. 1 Magnetostriction of 30RGH105N and 30RGH105 as a function of excitation flux density

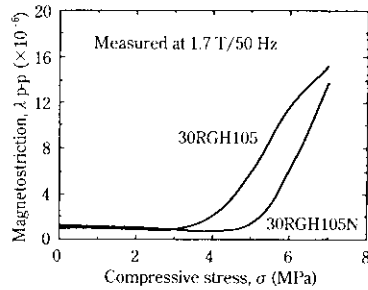


Fig. 2 Magnetostriction of 30RGH105N and 30RGH105 as a function of compressive stress

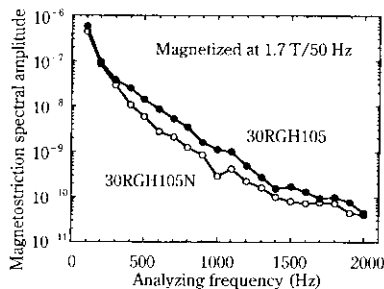


Fig. 3 Magnetostriction oscillation amplitude of 30RGH105N and 30RGH105

以上のように、New RGH は従来材に比べトランスの低騒音化に適した特性を実現している。

3 New RGH によるモデルトランス特性

素材として 30RGH105N および 30RGH110 を積層した三相モデルトランスによる騒音特性の測定結果を示す。モデルトランスの諸元は Table 2 に示すとおりである。積層方法は、素材磁束密度の改善効果がより明確に現われると考えられるステップラップ接合方式を用い、ステップ数を 6 段とした。

Fig. 4 にモデルトランスの鉄損-磁束密度曲線を示す。素材磁束密度の向上を反映して、1.7T 以上の高励磁磁束密度領域で鉄損の改善が大きくなる傾向が認められる。

Fig. 5 に励磁電流-磁束密度曲線を示す。30RGH105N の励磁電流値は従来材に比べ顕著に低減されるが、より高い励磁磁束密度領域での改善が著しい。

Fig. 6 にモデルトランスの騒音値を示す。30RGH105N の騒音値改善率は 1.7T で約 3dB、1.8T では約 5dB に達する。New RGH

Table 2 Specifications of model transformer core

Joint geometry	Step lap (6 steps)	
Core size	(mm)	750 × 750 × 40
Lap width	(mm)	2 × 5
Number of sheets per step	2	
Number of stacked sheets	108	
Core weight	(kg)	ca. 100

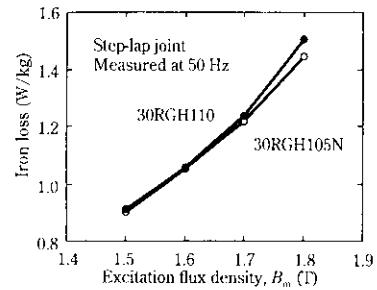


Fig. 4 Dependence of no-load loss of model core on excitation flux density

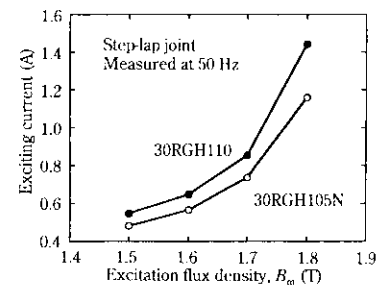


Fig. 5 Dependence of exciting current of model core on excitation flux density

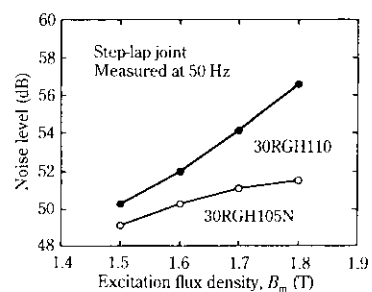


Fig. 6 Dependence of noise level of model core on excitation flux density

による騒音低減効果は素材磁束密度の向上によるため、騒音に対しても励磁磁束密度が高いほど改善効果の著しいことがここでも現われている。

Table 3 に三相積鉄心モデルトランスによる測定結果をまとめた。トランスと素材の鉄損比 BF (building factor) は従来材とほぼ同等であるため、素材磁束密度の向上による素材鉄損低減を反映してトランス鉄損が改善された。また高磁束密度化により励磁電流および騒音値が大幅に改善されたといえる。

Table 3 Model transformer performance of 30RGH105N and 30RGH110

Grade	Material properties			Model transformer performance (3-phase stacked core; step-lap)					
	$B_p^{1)}$ (T)	$W_{17/50}^{2)}$ (W/kg)	$W_{15/60}$ (W/lb)	$W_{17/50}$ (W/kg)	$W_{15/60}$ (W/lb)	BF _{17/50} ³⁾	BF _{15/60}	$I_{0.17/50}^{4)}$ (A)	Noise _{17/50}} (dB)
30RGH105N	1.93	1.02	0.446	1.21	0.528	1.18	1.18	0.74	51.1
30RGH110	1.90	1.06	0.462	1.24	0.537	1.17	1.16	0.84	54.1

¹⁾Flux density at 800 A/m

²⁾Iron loss at 1.7 T, 50 Hz

³⁾Building factor; BF = transformer iron loss/material iron loss

⁴⁾Exciting current at 1.7 T, 50 Hz

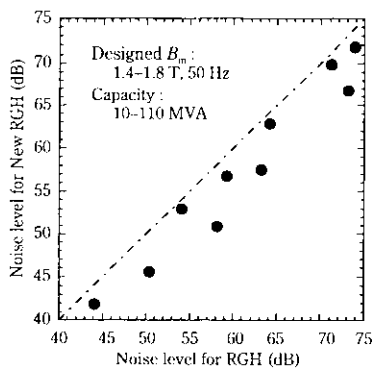


Fig. 7 Comparison on noise level for the real transformers using New RGH and RGH materials respectively

4 実機トランスの騒音特性

Fig. 7 に New RGH と RGH を用いた実機トランスの騒音値比較を示す。それぞれのお客様で同一型式の積トランスを作製、騒音特性の測定をしていただいた結果について、100% 励磁したときの騒

音値で比較した。騒音値は、各社の設計様式、容量、測定法の違いにより広範囲に及んでいるが、New RGH の騒音値が低いことで一致している。

モデルトランスで得られた New RGH の騒音低減効果が実機トランスでも実証された。

5 まとめ

素材の方向性を改善することにより、磁束密度を向上させ、低騒音用途に適した積鉄心用方向性電磁鋼板「New RGH」を開発した。その特性は以下のようにまとめられる。

- (1) 素材の磁束密度 B_p は従来材に比べ約 0.03 T 以上改善された。このため磁歪高調波成分は顕著に低減された。また、素材の磁歪振幅値および磁歪圧縮応力特性も改善された。
- (2) モデルトランスの鉄損および励磁電流は高励磁磁束密度領域で特に改善された。
- (3) モデルトランスの騒音は素材磁束密度の向上を反映して 1.7 T 励磁で約 3 dB 低減された。
- (4) 実機トランスにおいてもモデルトランスの結果と良く一致し、素材の磁束密度改善による騒音低減効果を検証できた。

参考文献

- 1) 電気学会技術報告 (I) 部第 101 号 (1971)1
- 2) 堀 康郎, 清野和之: 電気学会マグネティックス研究会資料 MAG-79-20(1979)
- 3) 中田高義, 石原好之, 中野正典: 電気学会マグネティックス研究会資料 MAG-79-24(1979)
- 4) 石田昌義, 佐藤圭司: 電気学会マグネティックス研究会資料 MAG-93-187(1993)