

Y 系超伝導線材の細線化による超伝導送電ケーブルの交流損失低減

Ac loss reduction of power transmission cables using narrow strips of coated conductors

竹内 活徳, 雨宮 尚之, 中村 武恒(京大・工); LI Quan (University of Cambridge)

八木 正史 (古河電工); 藤原 昇 (SRL)

TAKEUCHI Katsutoku, AMEMIYA Naoyuki, NAKAMURA Taketsune (Graduate School of Engineering, Kyoto University)

LI Quan (University of Cambridge) YAGI Masashi (Furukawa Electric Co., Ltd.) FUJIWARA Noboru (SRL)

E-mail: amemiya@kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

超伝導ケーブルの交流損失を低減する方法のひとつとして、線材の細線化がある。一般に、現在利用可能なY系線材の幅方向の J_c 分布は均一ではなく、線材の両端付近において低下している。線材幅が大きい場合、これらの影響は小さいと考えられるが、線材を細線化した場合、端部での J_c の低下は交流損失に大きく影響する。

これらの影響を見積もるため、 J_c 分布を反映した交流損失解析を行い、一様な J_c 分布を仮定した場合の解析結果、及び交流損失測定結果と比較した。また、レーザによって線材端部を切り落とすことにより、端部の J_c 低下を抑えた場合を想定した解析を行なった。

2. 解析対象

ケーブル断面内において、一次元有限要素法を用いて解析を行なった。まず、実際の測定結果と比較した解析の諸元を Table 1 に示す。この導体は狭いギャップ(0.04 mm)と広いギャップ(0.391 / 0.309 mm)が交互に配置された構造をしている。磁気ナイフ法での測定結果より、 J_c の低下している領域は 0.3 mm 程度であったので、解析では Fig. 1 に示すような台形分布を仮定した。次に、線材幅と J_c 分布の肩幅の異なる 2 種類の線材で構成されたケーブルを解析した。これまでの我々の測定で、製造上のプロセスによって生じる J_c 分布の線材端における低下は場合によって 1 mm 程度まで達するのに対し、レーザ切断による切断面付近の J_c の低下は 0.3 mm 程度まで抑えられる可能性があることがわかった。そこで、両端 0.8 mm の領域で J_c が低下している 5 mm 幅の線材で構成されたケーブル(Model A)と、その線材の両端の J_c 低下領域 0.5 mm を削って、低下領域が 0.3 mm である幅 4 mm の線材ができたとして仮定し、この線材で構成されたケーブル(Model B)を交流損失解析した。これらのケーブルの諸元を Table 2 に示す。なお、通電電流はどちらのケーブルとも 50 Hz、3 kA_{rms} とした。

3. 解析結果

Fig. 2 に解析と測定の比較をした。台形 J_c 分布を仮定した場合の交流損失は、一様な J_c 分布を仮定した場合に比べ大きく、測定結果に近づいた。また Fig. 3 より、レーザ切断などで J_c が低下している線材端部の切り落とすことによって、交流損失を効果的に低減できることがわかった。線材には端部から磁束が侵入するため、交流損失の多くは線材の端部で発生している。そのため端部での J_c の低下は、より広範囲に磁束の侵入を招き、交流損失に大きく影響したと考えられる。

謝辞

本研究は、イットリウム系超伝導電力機器技術開発の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託のもと、国際超伝導産業技術研究センターとの共同研究として実施されたものである。

Table 1 Specifications of 2 layer cable

Conductor width	2.23 mm
No. of conductor in inner / outer layer	36 / 38
Wide gaps of inner / outer layer	0.391 / 0.309 mm
Narrow gaps of inner / outer layer	0.04 / 0.04 mm
Total critical current	4547 A

Table 2 Specifications of 2 layer cables

	Model A	Model B
Conductor width	5 mm	4 mm
No. of conductor in inner / outer layer	14 / 15	17 / 18
Gaps of inner / outer layer	0.444 / 0.494 mm	0.462 / 0.559 mm
I_c of each conductors	252 A	222 A
Total I_c of cable	7308 A	7770 A
Shoulder of J_c	0.8 mm	0.3 mm

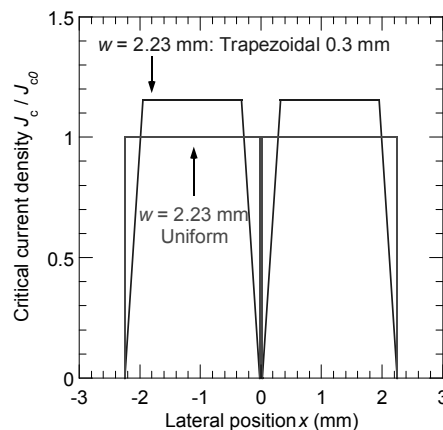


Fig. 1 Lateral J_c distributions supposed in analysis: Shoulder width of trapezoidal distribution is supposed 0.3 mm.

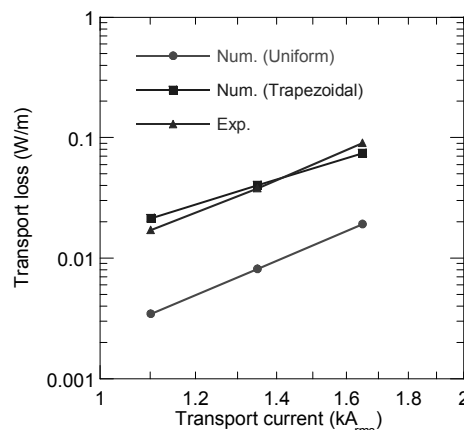


Fig. 2 Transport loss of 2 layer cables

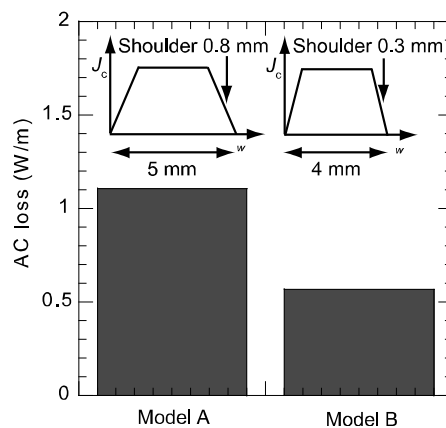


Fig. 3 Calculated AC loss of 2 layer cables: Model A is a cable composed by 5 mm wide conductors with 0.8 mm shoulders and Model B is 4 mm wide conductors with 0.3 mm shoulders.