

〔経済産業大臣賞〕

GCTインバータ (MELVEC-3000C)

三菱電機株式会社

東京都千代田区

1. 機器の概要

鉄鋼圧延機ドライブ装置などの大容量ドライブ装置には、電源高調波の低減および電源力率 1.0 での運転が可能な GTO (Gate Turn Off thyristor) インバータが広く適用されてきた。GTO サイリスタは、電流通流時の素子電圧 (オン電圧) が低く、大電流化が容易なため、大容量ドライブ装置に適したパワー半導体素子である。しかし、スイッチング時に素子に印加される電圧の急峻な変化を抑制するスナバ回路 (コンデンサ等で構成されるサージ吸収回路) が必要であり、この回路中で電力損失が生じる。そこで、スナバ回路に蓄えられた電力を直流電源に回生する回生回路を設けることにより、効率改善を行ってきた。当社では、世界最大口径の 6 インチ GTO サイリスタを使用した GTO インバータを中心として、数多くの GTO インバータを生産してきた。

近年、大容量ドライブ装置のさらなる高効率化ニーズが増加しつつある。そこで、当社では、GTO サイリスタの特長を損なわずに、スイッチング損失の低減が可能な 6 インチ GCT (Gate Commutated Turn-off thyristor) サイリスタを適用したドライブ装置を 1999 年 12 月に開発完了させた (写真 1、図 1)。

本装置は、世界最大容量 (定格電圧 3950V ・定格電流 1750A) の GCT インバータであり、10,000kW 級の同期電動機の駆動が可能である。2000 年 10 月の初号機出荷以来、GCT インバータの需要が増加している。

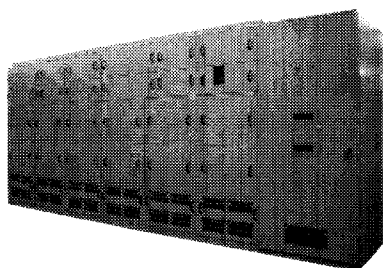


写真 1 GCT インバータ外観

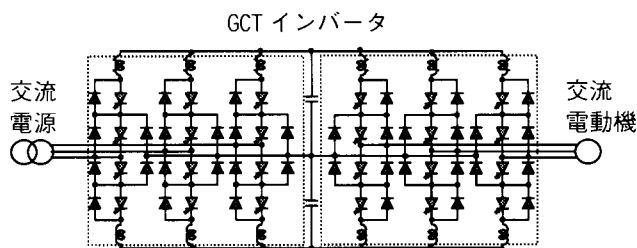


図 1 主回路構成

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

(1) 6 インチ GCT サイリスタ (6kV・6kA) の採用

従来の GTO サイリスタと、今回新しく開発した GCT サイリスタの外観を写真 2 に示す。これらは業界最大口径 (6 インチ) のシリコンウェハを使用した素子であり、耐電圧 6kV、最大遮断電流 6kA の特性を有している。GTO サイリスタはパッケージ側面から外部に引き出された一対のゲートリード線を介してゲートドライブ回路と接続されるため、GTO サイリスタとゲートドライブ回路間のインダクタンスの低減が困難であった。これに対し、GCT サイリスタでは、素子の外周部にリング状のゲート電極を設け、写真 3 のようにゲートドライブ回路と素子を低インダクタンスの積層基板で接続することにより、インダクタンスを低減した。これにより、高速スイッチングが可能となり、かつスナバ回路の省略が可能となった。

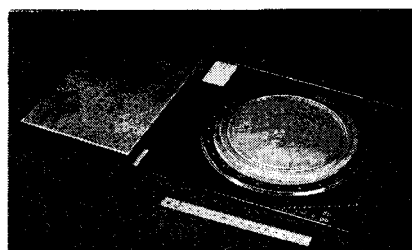


写真 2 GTO/GCT サイリスタ

写真 3 GCT 用ゲートドライブ回路

(2) 主回路構成の簡素化

図 2 に GTO インバータと GCT インバータの 1 相分の主回路構成を示す。主回路は、主素子の GTO サイリスタまたは GCT サイリスタ、その対となるフライホイールダイオード、および中間電極 (C 電極) に接続される結合ダイオードから構成される。

GTO インバータでは、各 GTO サイリスタと並列に電圧変化率抑制用のスナバ回路が接続されており、GTO サイリスタのターンオフ動作時にスナバコンデンサにエネルギーが蓄積される。中小容量のインバータでは、このエネルギーは抵抗で消費させることが多いが、大容量の GTO インバータでは、抵抗で消費させると省エネ上の問題となる。そこで、エネルギー回生回路を設け、エネルギーの一部をインバータの直流電源に回生させる方式を採用してきた。

一方、GCT インバータではスナバ回路でエネルギー損失が生じない。サージ抑制用に直流クランプ回路を設けるが、コンデンサ電圧は一定に維持されるためエネルギーの消費量は少ない。さらに、回生回路が不要となるため、GTO インバータと比較して回路構成が非常に簡単となる。

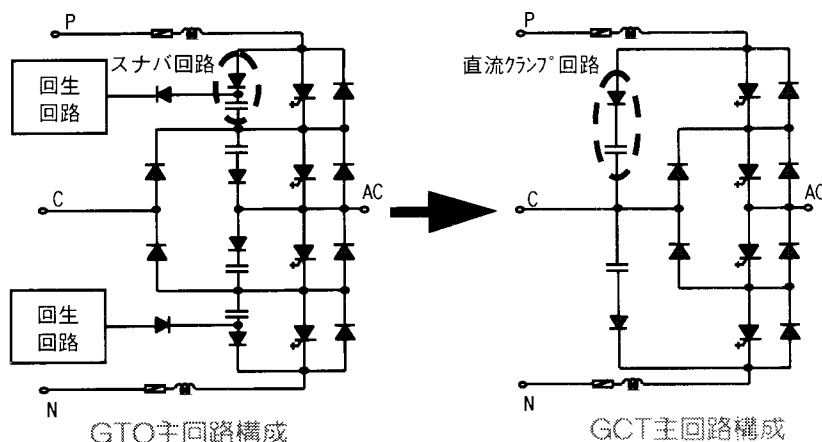


図 2 GTO インバータと GCT インバータの主回路構成比較

2.2 機器の効果

10MVA のインバータ 1 台を 1 年間運転した場合の損失差異を比較する。代表的な運転パターンを図 3 に示す。約 150 秒間隔で同じパターンの運転が行われるが、負荷が印加されインバータに電流が流れる期間は約 60 秒である。

図 4 に GCT インバータと GTO インバータの装置効率を示す。GCT インバータは GTO インバータと比較して、定格負荷時のみならず軽負荷時の効率が低い。このため、図 3 の運転パターン時には以下のように経済性が向上する。

従来型ドライブ装置 (GTO インバータ) の損失

$$365 \text{ 日} \times 24 \text{ hr} \times 0.9 \text{ 稼働率} \times (300 \text{ kW} \times 60 / 150 + 120 \text{ kW} \times 90 / 150) \div 1,514,000 \text{ kWh}$$

新型ドライブ装置 (GCT インバータ) の損失

$$365 \text{ 日} \times 24 \text{ hr} \times 0.9 \text{ 稼働率} \times (200 \text{ kW} \times 60 / 150 + 18 \text{ kW} \times 90 / 150) \div 716,000 \text{ kWh}$$

→ 上記の差異：798,000kWh / (台・年)

GTO インバータのこれまでの年間出荷台数は約 20 台であるため、ドライブ装置全体として年間約 15,960,000kWh の省エネルギー化を実現できる。

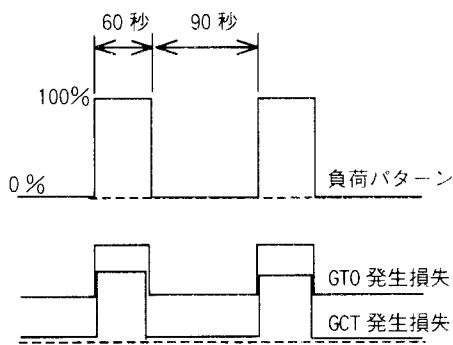


図3 負荷パターンによる発生損失

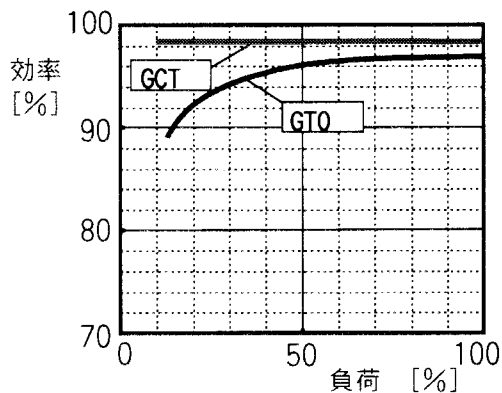


図4 GCTインバータとGTOインバータの装置効率

3. 用途

代表的な用途は鉄鋼圧延機駆動用である。図5にGTO/GCTインバータでの適用実績を示す。高速の線材から低速の熱延に至る鉄鋼プラント全体に適用されている。これらすべての分野でGCTインバータの適用が進んでいる。間欠負荷パターンの多い熱延プラントにおいて大きな省エネルギー効果が見込まれることから、これまで以上にGCTインバータの需要が増加するものと考えられる。

さらに、大容量ファン・ポンプ・コンプレッサの省エネドライブ装置としても適用可能である。

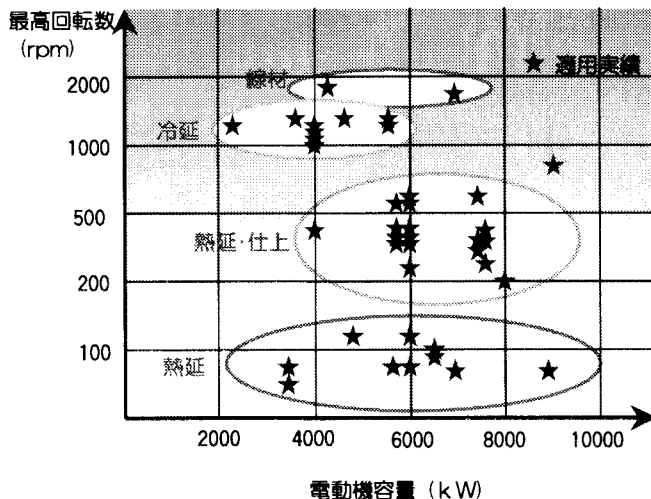


図5 GTO/GCTインバータの鉄鋼分野への適用例