

第7世代「Xシリーズ」1,700V/800A 産業用 RC-IGBT モジュール「Dual XT」

7th-Generation "X Series" 1,700-V/800-A RC-IGBT "Dual XT" Modules for Industrial Applications

山野 彰生* YAMANO, Akio

江袋 佑太* EBUKURO, Yuta

掛布 光泰* KAKEFU, Mitsuhiko

近年、安全・安心で持続可能な社会を実現するために、エネルギーを効率的に利用し、省エネルギーに貢献できるパワーエレクトロニクス技術への期待が高まっている。中でも産業、車載、再生可能エネルギーなどのさまざまな分野で用いられる電力変換装置のキーデバイスであるパワー半導体の需要が拡大している。

富士電機はこれまで多くの技術革新を行い、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールを小型化、低損失化および高信頼性化をすることで、電力変換装置の小型化や低コスト化および高性能化に貢献してきた。チップおよびパッケージのさらなる技術革新を行った最新世代である第7世代「Xシリーズ」IGBT モジュールでは、低損失化と高信頼性化を両立し、一層の高パワー密度化を実現した。

さらに第7世代 IGBT と FWD (Free Wheeling Diode) の機能をワンチップ化した RC-IGBT (逆導通 IGBT: Reverse-Conducting IGBT) を開発し、IGBT と FWD のそれぞれのチップを組み合わせた従来の IGBT モジュールよりも一層の高パワー密度化と高信頼性の両立を実現した、Xシリーズ産業用 RC-IGBT モジュールの系列化を進めている。従来の定格電流が最大で 600 A⁽¹⁾ であったのに対し、今回、定格電流を 800 A まで拡大した。

1 RC-IGBT の特徴

図1にXシリーズ産業用 RC-IGBT の概略図と等価回路図を示す。電力変換装置であるインバータでは、IGBT と FWD の2種類の半導体チップを逆並列に接続している (IGBT+FWD 方式)。これに対して RC-IGBT では一つのチップに IGBT と FWD の機能を集約し、ワンチップ化している。

RC-IGBT は IGBT および FWD の機能をワンチップ化しているので、個々の IGBT と FWD と比較して同じ定格電流では RC-IGBT のチップ面積は大きい。そのため、従来チップよりも放熱性に優れ、熱抵抗が低いという特徴がある。一方で、IGBT と FWD を合わせたチップ面積よりも RC-IGBT のチップ面積は小さくなる。そのため同じチップ面積では、RC-IGBT の定格電流を大きくできる。これらの特徴を利用して、IGBT モジュールの出力を同一パッケージサイズのまま拡大した。

* 富士電機株式会社半導体事業本部産業事業部産業設計第一部

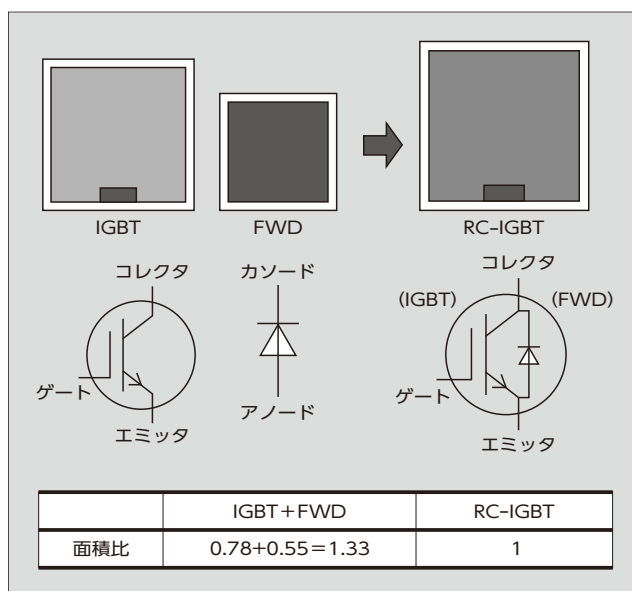


図1 Xシリーズ産業用 RC-IGBT 概略図および等価回路図

2 製品ラインアップ

新たに系列に加えた 1,700V Xシリーズ産業用 RC-IGBT モジュール「Dual XT」のラインアップ、製品外観および等価回路を図2に示す。顧客は、用途に応じて最適なモジュールを選択できる。

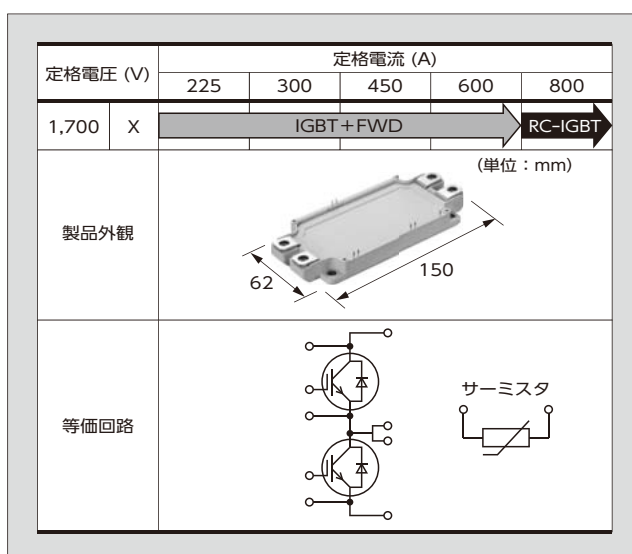


図2 1,700V「Dual XT」のラインアップ

③ 第7世代「Xシリーズ」1,700V/800A 産業用RC-IGBT モジュール「Dual XT」の特徴

(1) チップ接合温度 ΔT_{vj} の低減

再生可能エネルギーの中でも最も重要な電力源の一つと考えられている風力発電システムには、定格電圧1,700VのIGBTモジュールが広く用いられている。図3に、風力発電システムの概略図を示す。発電機側では風車の回転により交流電力が発生し、電力変換装置により直流電力に変換される。その直流電力を系統側の電力変換装置で交流電力に再変換する。

ここで、風車の回転を電気エネルギーに変換する発電機側の電力変換装置では、1～10Hzの低周波運転時には温度の時間変化 ΔT_{vj} が大きくなり、パワーサイクルにおけるRC-IGBTモジュールの余寿命の短縮が懸念された。

図4に、回生動作時の低周波動作の1サイクルにおけるチップ接合温度 T_{vj} の変化を計算で求めた結果を示す。従来のIGBT+FWD方式IGBTモジュールでは、IGBTチップとFWDチップが交互に発熱し、1サイクルにおける T_{vj} の ΔT_{vj} は41℃であった。一方、XシリーズRC-IGBTモジュールでは、RC-IGBTでは、チップ面積が拡大したため放熱性が向上し、最高チップ接合温度 T_{vjmax} は低くなった。さらに、RC-IGBTでは1チップ内の

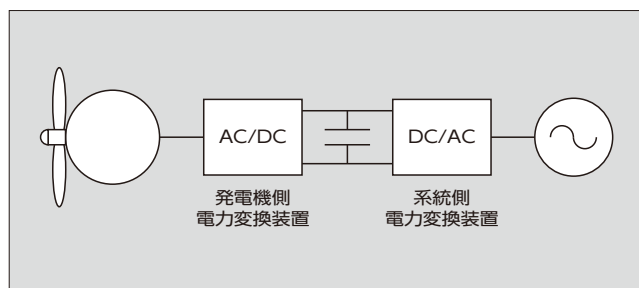


図3 風力発電システムの概略図

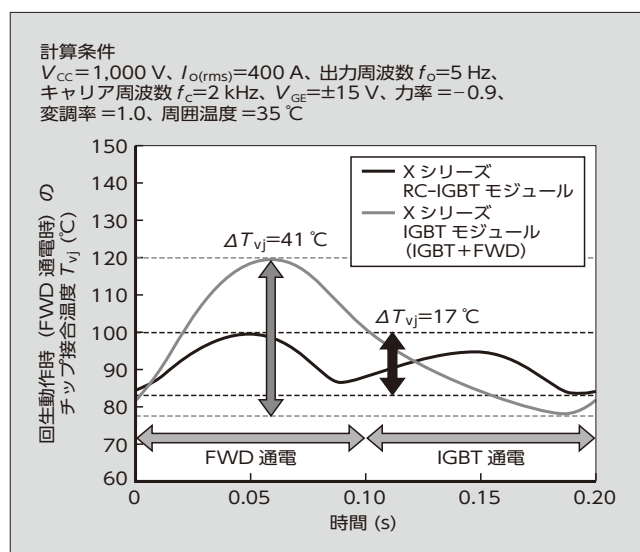


図4 低周波動作の T_{vj} 計算結果

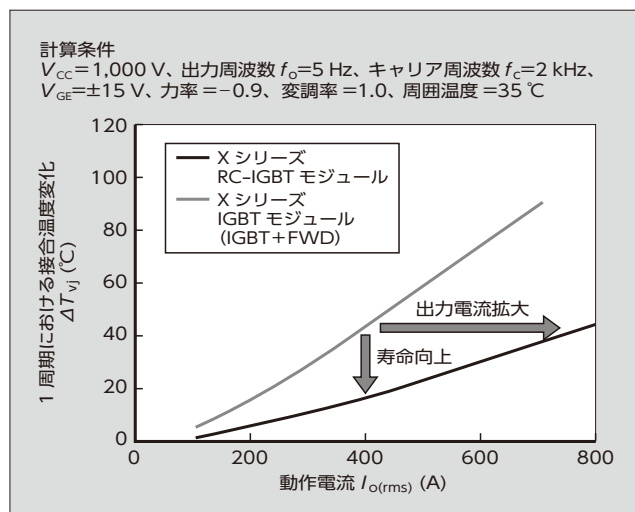


図5 低周波動作時の ΔT_{vj} - I_o 計算結果

IGBT領域およびFWD領域が交互に発熱することにより、最低チップ接合温度 T_{vjmin} が高くなった。その結果、XシリーズRC-IGBTモジュールの ΔT_{vj} は17℃と大幅に改善し、アルミニウムワイヤやはんだに加わる熱応力の変化量が低減した。

(2) 出力電流とパワーサイクル寿命向上

図5に、低周波動作時の ΔT_{vj} と出力電流 I_o の計算結果を示す。Xシリーズ産業用RC-IGBTモジュールは、従来のIGBT+FWD方式であるXシリーズIGBTモジュールと比較して、同一出力電流の場合、 ΔT_{vj} を大幅に小さくできる。これにより同じ電力変換条件では、IGBTモジュールの温度変化量が小さくなることに伴い熱応力の変化量が小さくなる。また、 ΔT_{vj} をそろえてパワーサイクル寿命を従来と同等となるように電力変換装置を設計した場合、図5に示すようにXシリーズRC-IGBTモジュールは、従来のIGBT+FWD方式よりも出力電流を拡大できる。例えば ΔT_{vj} が41℃の場合、従来のIGBT+FWD方式と比較して、Xシリーズ産業用RC-IGBTモジュールは電力変換装置の出力電流を約1.8倍にすることが可能となる。

参考文献

- 江袋佑太ほか、第7世代「Xシリーズ」産業用RC-IGBTモジュール「Dual XT」、富士電機技報、2021, vol.94, no.4, p.246-250.

発売時期

2021年10月

お問い合わせ先

富士電機株式会社
半導体事業本部営業統括部営業第一部
電話 (03) 5435-7152

(2022年11月17日 Web 公開)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。