

低コストかつ高効率な電力変換を 実現する三相AC-DCコンバータ

神戸大学 大学院海事科学研究科
マリンエンジニアリング講座

准教授 三島 智和

2019年8月1日

従来技術とその問題点

既実用化されている技術

- ①三相PWM整流回路＋高周波絶縁DC-DCコンバータの2段構造→【問題点：複雑化した電力制御プロセス、センサ設置数増、モジュール化に非対応、大容量直流コンデンサ要】
- ②三相ダイオード整流＋力率改善(PFC)回路＋高周波絶縁DC-DCコンバータ→【問題点：部品点数大によるコスト増、大型化、制御複雑化】

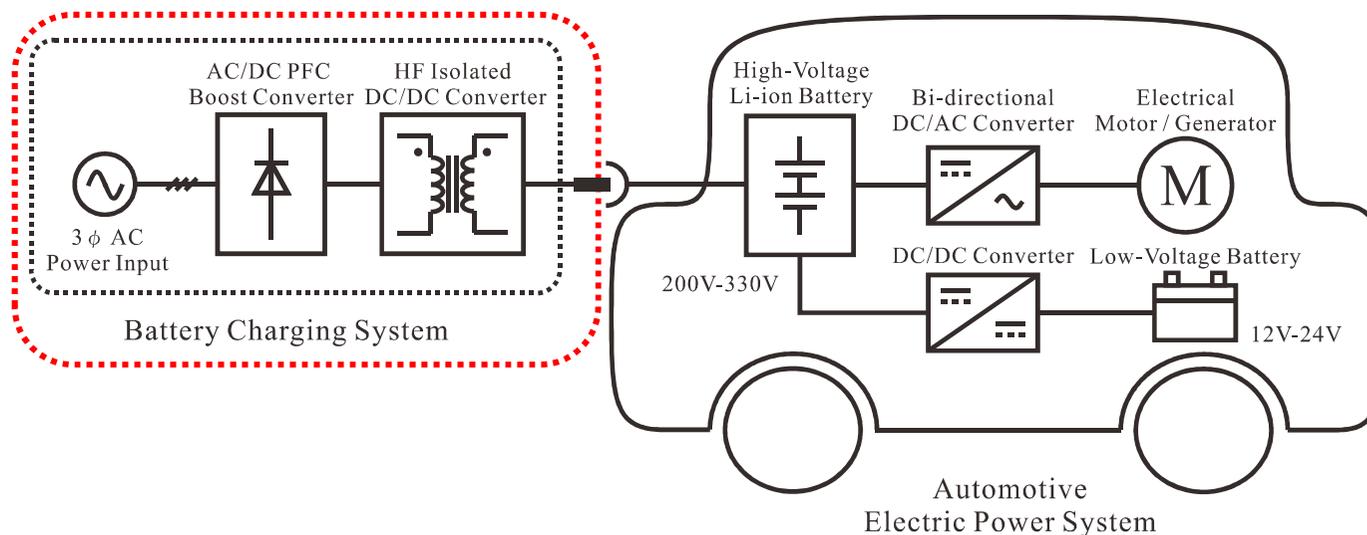
新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、「部品数増・メンテナンス性・制御複雑性」を改良することに成功した。
- 本技術の適用により、使用する半導体素子数が約40%削減できるため、20%～30%程度のコスト削減されることが期待される。
- 大容量平滑コンデンサ不要（ケミコンレス）であり、装置の薄型化（30%以上）、軽量化、メンテナンスフリーを実現する。

バッテリー急速充電装置

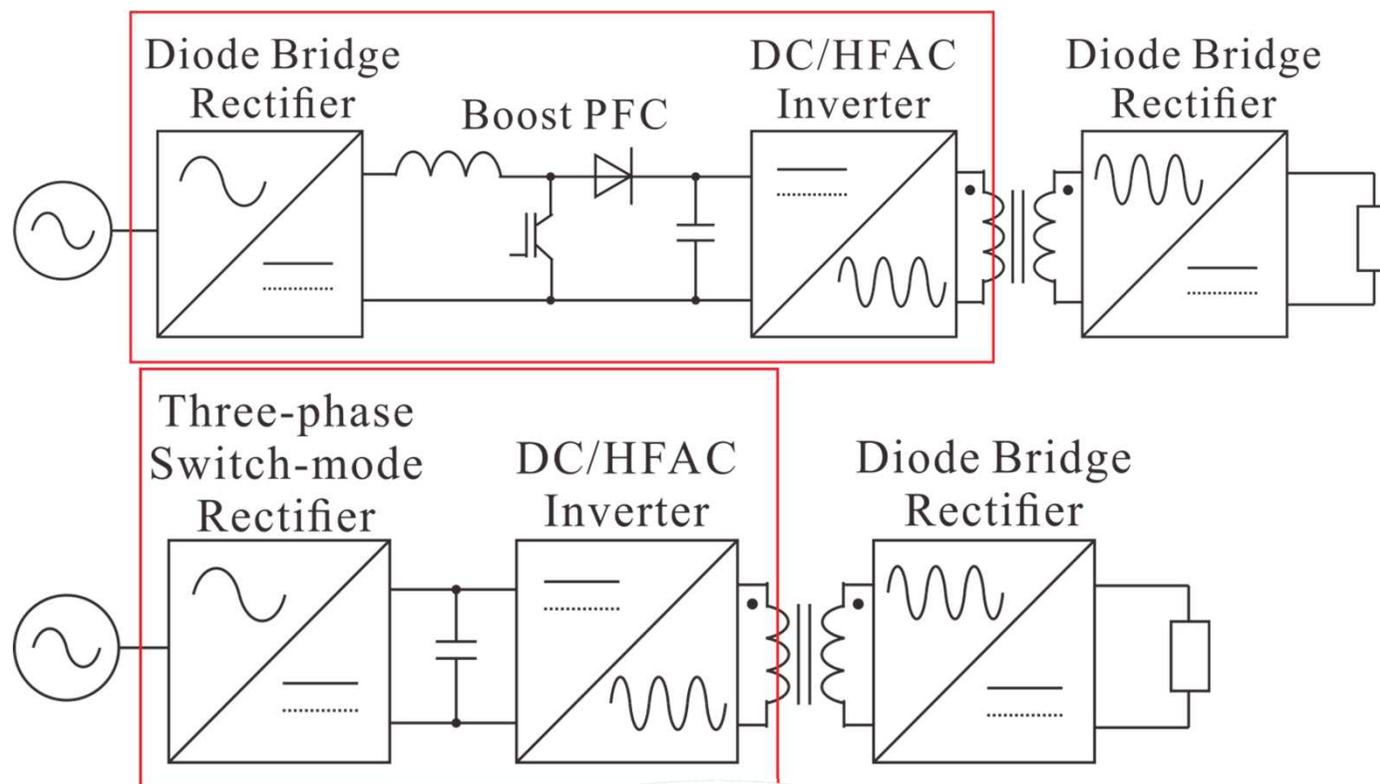
大容量電力貯蔵バッテリーへの電力供給(充電)として

三相整流回路／高周波絶縁形DC-DCコンバータ



高性能, 高効率な三相DC-DCコンバータが求められる

従来のAC-DCコンバータ技術

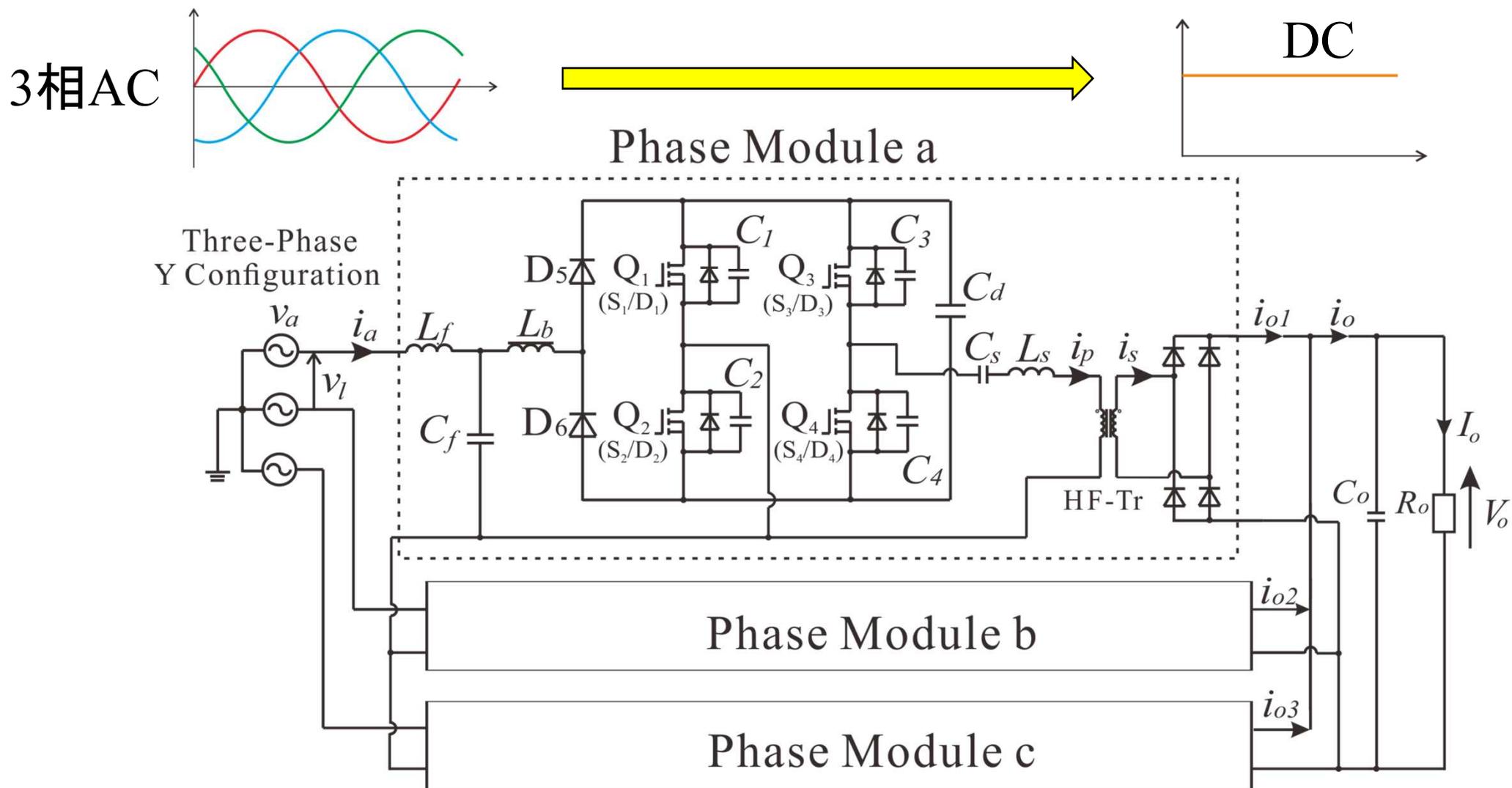


電源—高周波トランス1次側が複数段かつ中間直流リンク

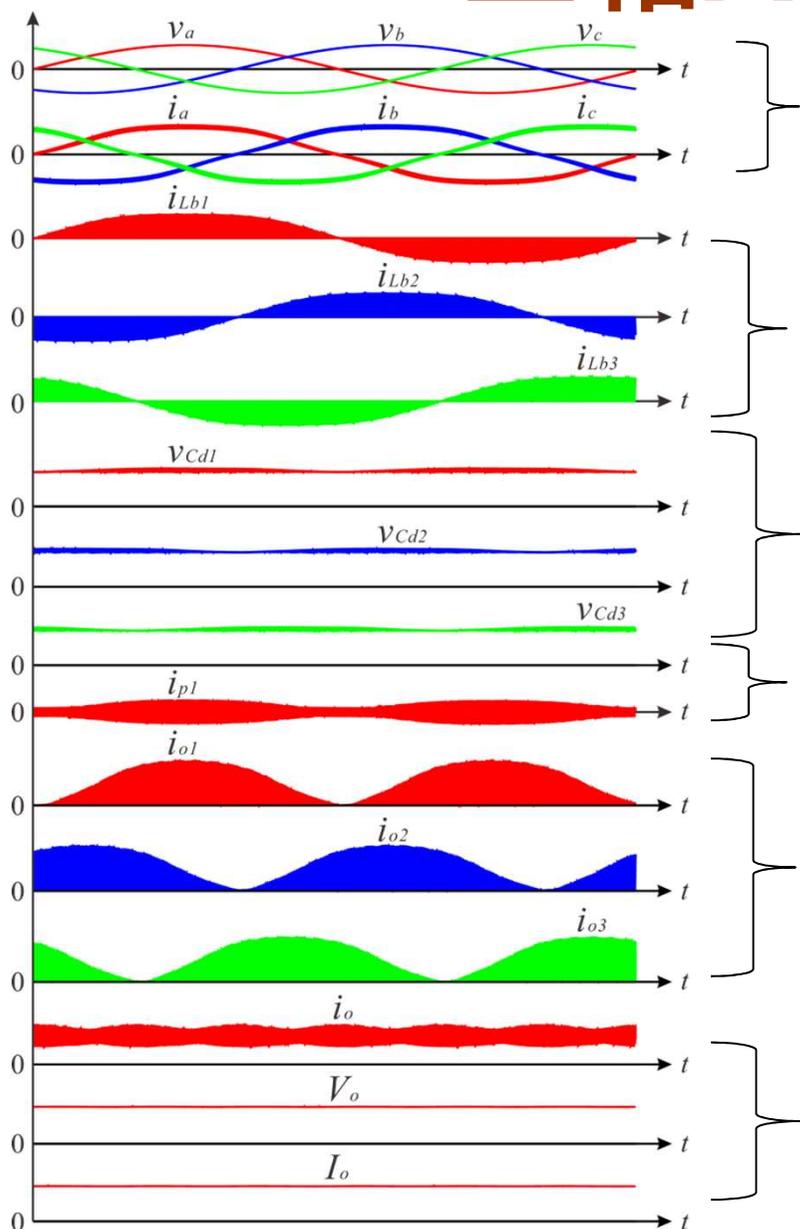
- ・高効率
- ・サイズダウン
- ・メンテナンスフリ

- ・1段電力変換
- ・三相AC-DC変換部をモジュールした構造
- ・大容量コンデンサ不要

新方式三相AC-DCコンバータ



三相AC-DC変換原理



三相交流電流

⇒ 力率改善 (PFC)

三相交流電流

⇒ 電流不連続動作 (DCM)

中間リンク電圧

⇒ ケミコンレスながら平滑可能

2倍周波交流 + 高周波電流 (周波数変換)

⇒ ケミコンレス

2倍周波交流 + 直流電流

⇒ 各相周波数変換の実現

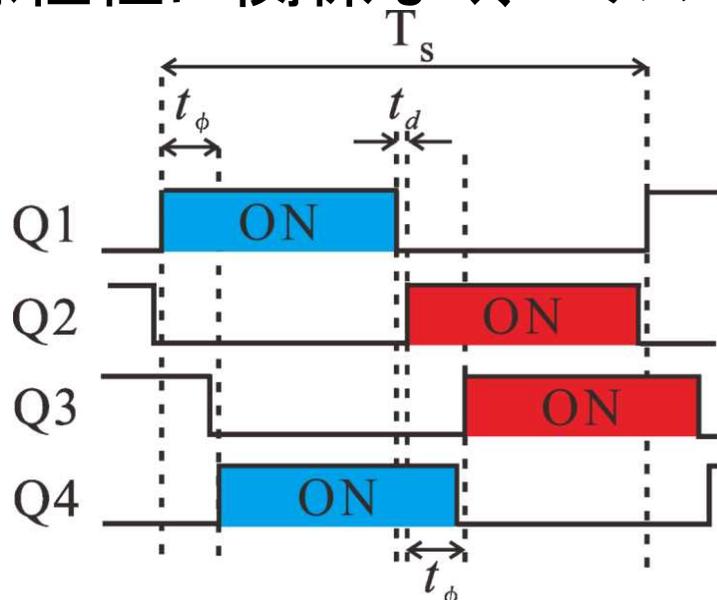
6倍周波交流 + 直流電圧・電流

⇒ スイッチモード三相整流回路の実現

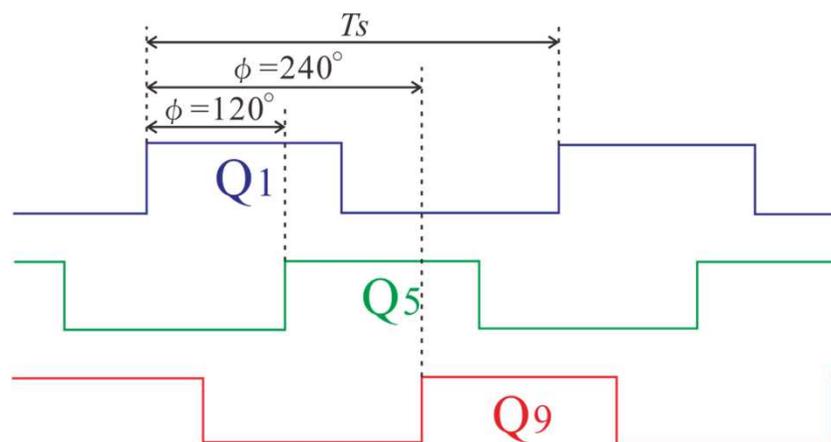
三相AC-DC変換原理

位相シフトパルス幅変調制御

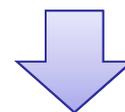
基準相スイッチQ1, Q2に対して制御相スイッチQ3, Q4の位相変調
電源極性に関係なく、パルスパターンを制御可能(電圧センサレス)



Q₁, Q₂: 基準相スイッチ
Q₃, Q₄: 制御相スイッチ
T_s: スイッチング1周期
t_φ: 位相シフト時間
t_d: デットタイム

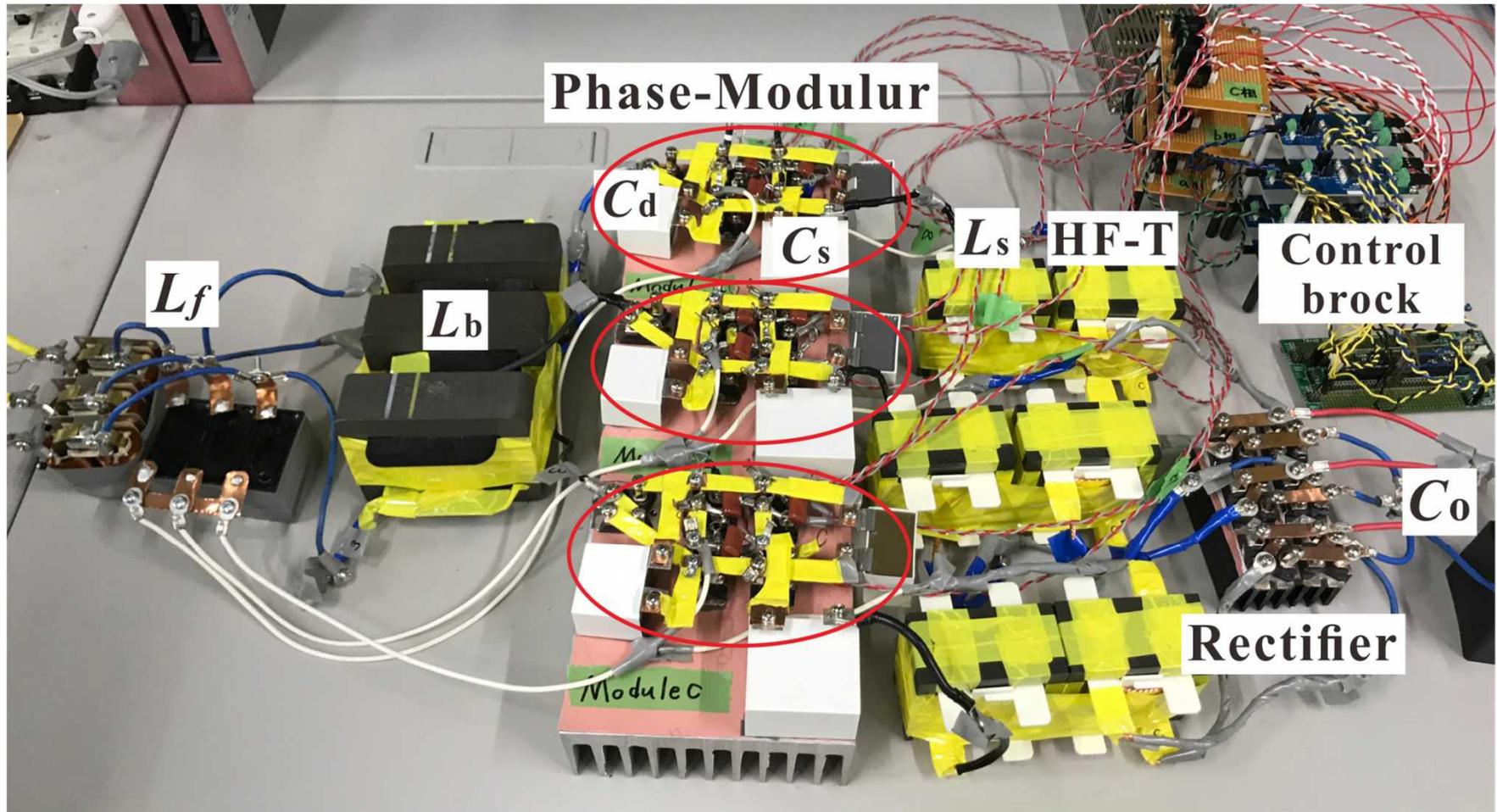


各相モジュールで120° 位相差制御



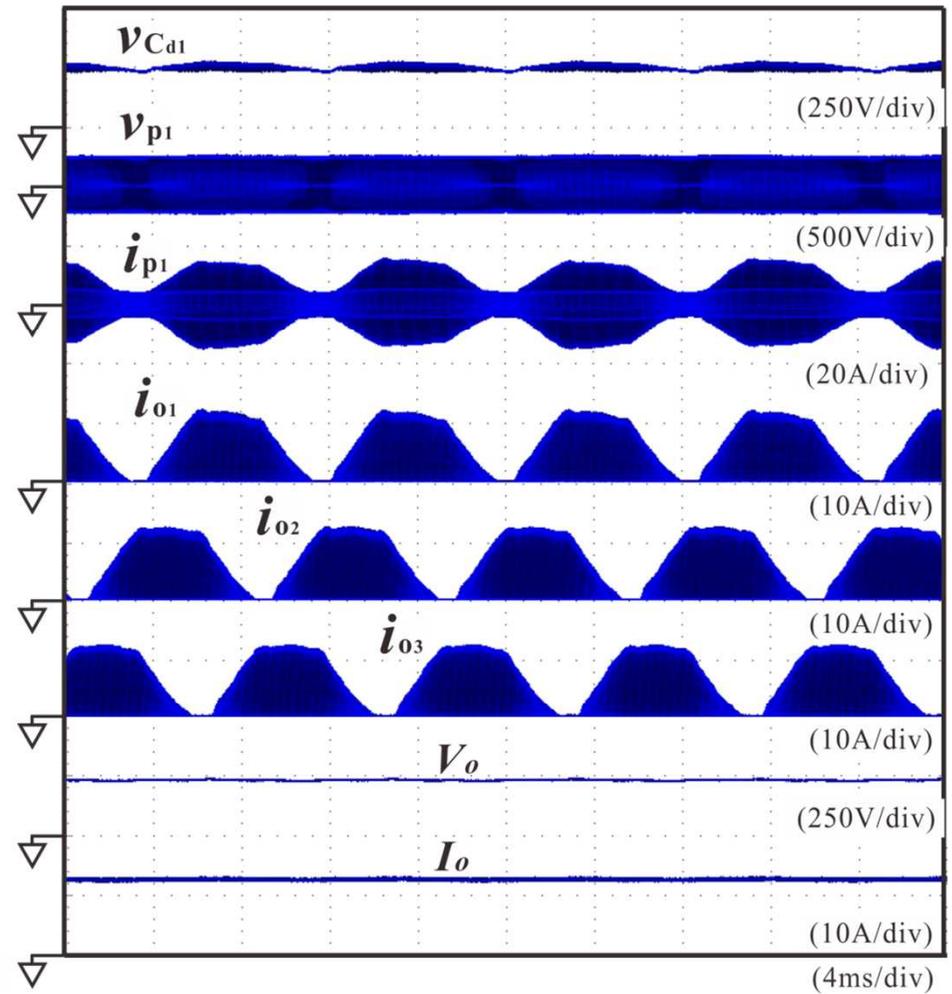
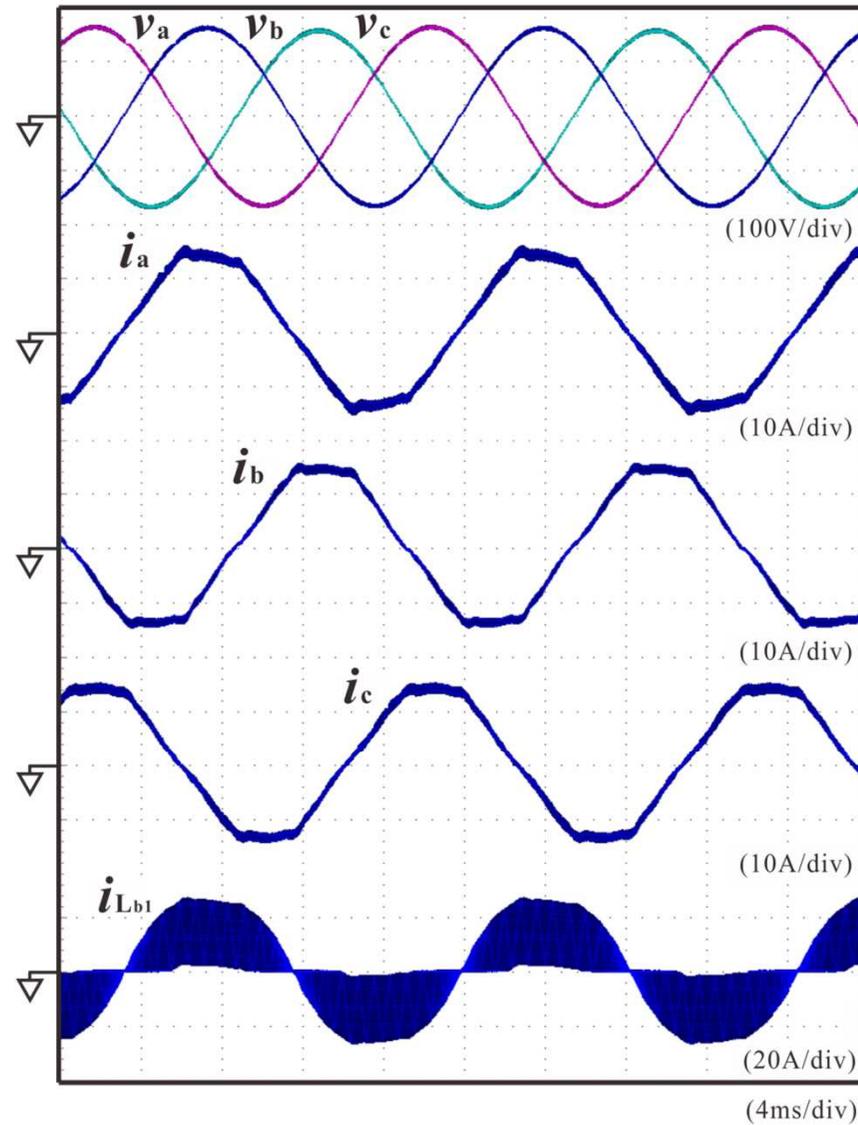
整流器合成電流での交流脈脈動を軽減

試作器外観



3kW-20kHz シングルステージ三相AC-DCコンバータ

実測動作波形



実測動作波形

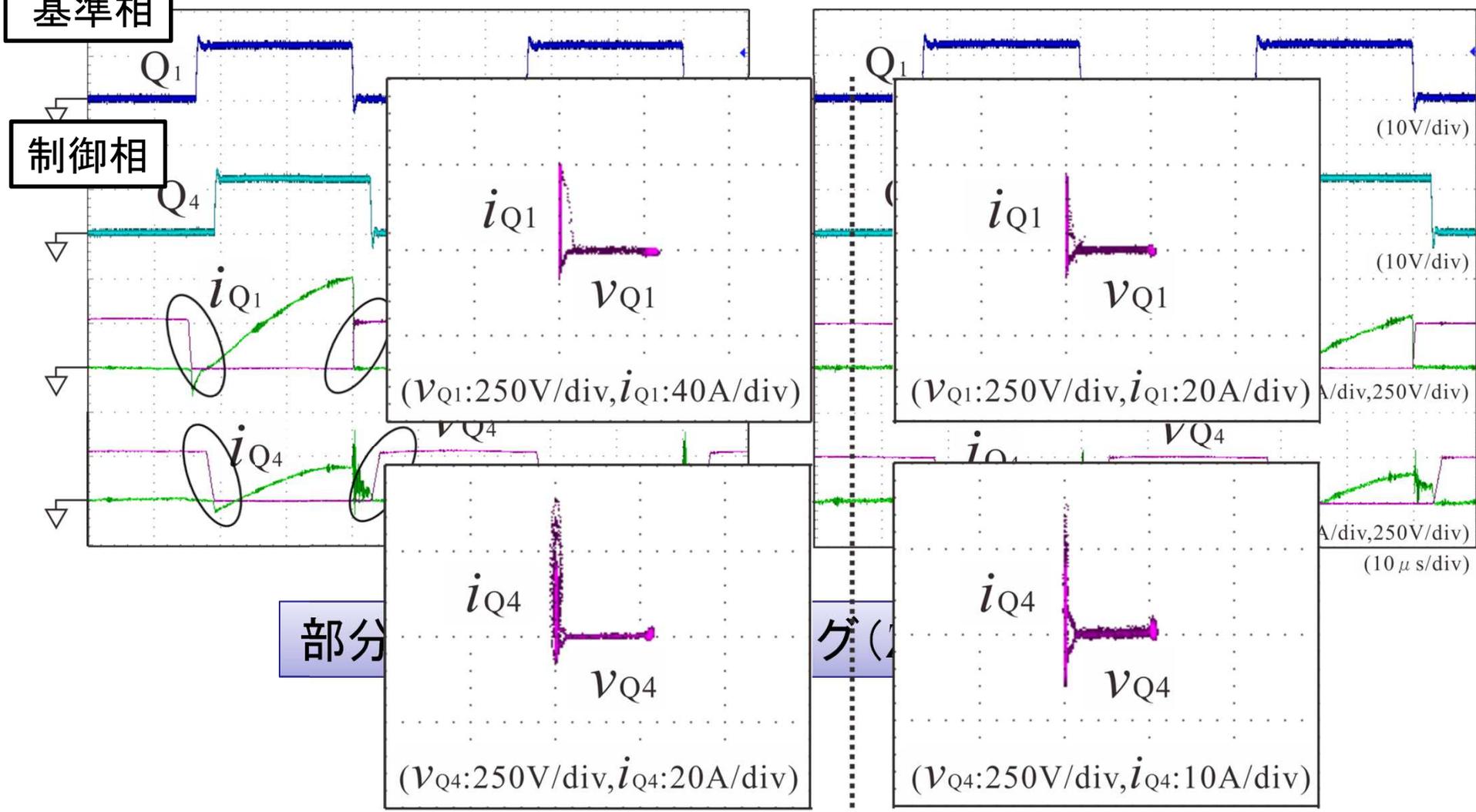
Q1&Q4

電源電圧282V

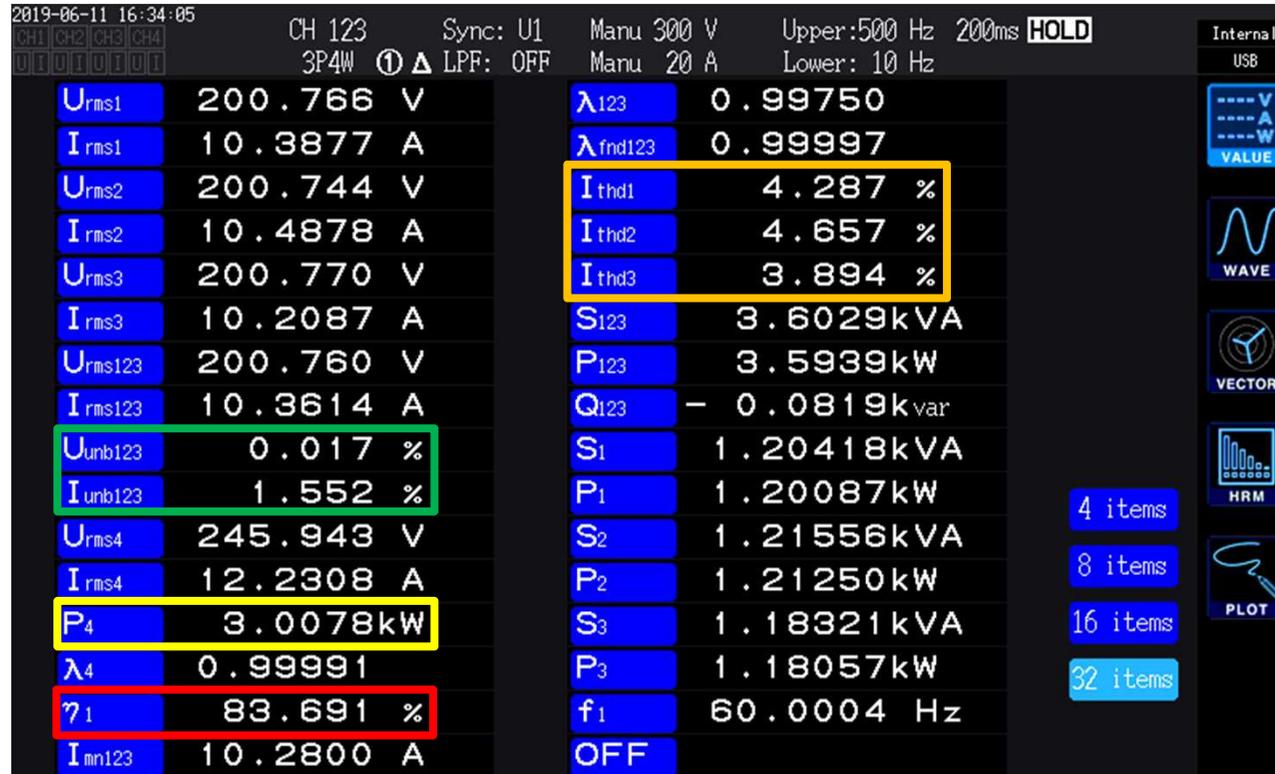
電源電圧20V

基準相

制御相



パワーアナライザ実測



 Input power imbalance rate

 Output power

 Conversion efficiency

 THD of Input current

(HIOKI POWER ANALYZER PW6001)

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、三相商用周波数電源とインターフェースする直流機器、特にEV急速給電器に最適である。
- 上記以外に、高周波絶縁を採用した半導体電力変圧器(SST)全般に適用可能である。
- 例えば、洋上風力発電のMV直流給電における高周波絶縁三相整流回路や、データセンターの直流給電システムへの拡張可能である。

実用化に向けた課題

- 現在、出力並列化が可能なところまで開発済み。しかし、高電圧用途で求められる「出力直列化」について未検討である。
- 今後、直流出力直列化について実験データを取得し、MV直流出力に適用していく場合の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、電力変換効率を95%程度まで向上できるよう技術を確立する必要もあり。

企業への期待

- 未解決の「高電力密度化」については、磁気結合技術により克服できると考えている。
- 車載用電源技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、洋上風力発電を開発中の企業や鉄道車両用電源、再生可能エネルギー分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 三相AC-DCコンバータ
- 出願番号 : 特願2018-53881
- 出願人 : 神戸大学
- 発明者 : 三島 智和

お問い合わせ先

神戸大学

学術・産業イノベーション創造本部

担当コーディネーター

山中 貢 (ヤマナカ ミツグ)

TEL 078-803-5975

FAX 078-803-5947

e-mail oacis-sangaku@edu.kobe-u.ac.jp

URL <http://www.innov.kobe-u.ac.jp>