

電源回生コンバータ サイフレック THYFREC CV240S

🔊 高調波抑制，電源回生，120°通流，力率改善，共通コンバータ方式，環境対応

* 牧野洋三 Yozo Makino ** 迫 博己 Hioromi Sako
 ** 西田雄治 Yuji Nishida ** 庄司 豊 Yutaka Shoji

概 要

省エネルギーに対する需要が高まってきており，回生コンバータを用いたエネルギー有効活用の必要性が高まっている。また，電源側の高調波抑制や力率改善による設備容量低減などのニーズが更に顕著化しており，これらの対策がますます重要となっている。

当社は，サイフレック THYFREC CV240Sを開発し製品化を行った。従来からの高調波電流抑制や力率の改善に加え，廉価な構成で電源回生が行えることを特長としている。本シリーズはファン・ポンプなどの高調波抑制目的や，エレベータ・クレーンなど一般産業機械の省エネ用途，また鉄鋼ラインまで幅広い用途に適用することができる。



THYFREC CV240S

1. ま え が き

近年，ダイオード整流を用いた可変速装置や電力変換装置が増加し，電源系統に流れる高調波電流が問題となっている。電源系統に高調波電流が流れると，受変電設備でのトランス焼損や進相コンデンサのうなりなどの問題を引き起こすため，これらの対策が急務となる。一方で，地球環境問題に対する意識付けが活発化している。その一例として，油圧駆動装置からモータ駆動の電動化システムへ移行し，更に電源回生システムを構築し，エネルギーを有効活用する取り組みが実施されている。

当社は，従来からアクティブフィルタやPWMコンバータを用いた高調波抑制システムに加え，電気二重層キャパシタを使用した回生システムの製品開発を行っており，より優れた製品を世に送り出してきた。

このような時代のニーズに合わせて，従来機種であるサイフレック THYFREC CV210S（以下，CV210S）シリーズの後継機種としてTHYFREC CV240S（以下，CV240S）シリーズを開発し新規にリリースしたので，本稿でその仕様や特長などを紹介する。

2. CV240S製品概要

2.1 製品仕様

第 1 表にCV240Sシリーズの容量別製品仕様を，第 2 表に共通制御仕様を示す。CV240Sシリーズでは定格出力容量200V系14～107kW，及び400V系14～775kWの計20機種を系列化した。過負荷耐量は，標準過負荷120%1分間と重過負荷150%1分間の2重定格とし，使用する用途に応じて，設定をどちらか一方に選択する。400V系の475H～660Hはユニット2並列構成であり，並列運転による容量拡大を実現した。コンバータ表面取り付けのオペ



第1表 CV240S製品仕様

容量系列での特長は、標準過負荷と重過負荷の2重定格としたことである。

(a) 200V系 CV240S-011L~090L

形式：CV240S-□□□□		011L	018L	030L	045L	075L	090L	
機器定格	標準過負荷	定格出力容量 (kW) ^{※1}	14	22	37	55	89	107
		接続インバータ容量 (kW)	7.5/11	15/18.5	22/30	37/45	55/75	90
		定格入力電流 (A)	44	69	116	173	281	338
		過負荷耐量	120%-1min 140%-2.5s (駆動, 回生とも)					
		定格出力容量 (kW) ^{※1}	9	18	27	45	66	89
	重過負荷	接続インバータ容量 (kW)	7.5	11/15	18.5/22	30/37	45/55	75
		定格入力電流 (A)	30	58	85	143	209	281
		過負荷耐量	150%-1min 175%-2.5s (駆動, 回生とも)					
		直流出力電圧 (V)	317.5~360VDC 可変					
		入力力率 ^{※2}	0.95以上					
電源	電圧/周波数 (Hz)	三相200~230V±10%/50Hz又は60Hz±5%						
構造	設置方式 ^{※3}	壁掛式						
	保護構造	IP00						
	概略質量 (kg) ^{※4}	7.5	12	25	40	80	200	
	冷却方式	強制風冷						
	外装色	マンセルN4.0 (グレー)						
使用環境	屋内：周囲温度-10~50℃, 湿度95%以下 (結露しないこと) 標高：1000m以下, 振動：4.9m/s ² 以下 腐食性又は爆発性のガス・蒸気・じんあい・オイルミスト・風綿など無いこと							

(b) 400V系 CV240S-011H~660H

形式：CV240S-□□□□		011H	018H	037H	055H	075H	110H	132H	200H	250H	315H	400H	475H	550H	660H	
機器定格	標準過負荷	定格出力容量 (kW) ^{※1}	14	21	44	66	90	133	158	237	294	370	468	558	646	775
		接続インバータ容量 (kW)	7.5/11	15/18.5	22/30/37	45/55	75	90/110	132	160/185/200	250	280/315	355/400	450/475	550	660
		定格入力電流 (A)	22	34	69	104	142	211	250	375	466	586	741	912	1056	1267
		過負荷耐量	120%-1min 140%-2.5s (駆動, 回生とも)													
		定格出力容量 (kW) ^{※1}	9	18	35	54	66	109	133	189	237	294	370	470	558	646
	重過負荷	接続インバータ容量 (kW)	7.5	11/15	18.5/22/30	37/45	55	75/90	110	132/160	185/200	220/250	280/315	355/400	450/475	550
		定格入力電流 (A)	15	29	56	85	104	172	211	300	375	466	586	768	912	1056
		過負荷耐量	150%-1min 175%-2.5s (駆動, 回生とも)													
		直流出力電圧 (V)	635~720VDC 可変													
		入力力率 ^{※2}	0.95以上													
電源	電圧/周波数 (Hz)	三相380~460V±10%/50又は60Hz±5%														
構造	設置方式 ^{※3}	壁掛式														
	保護構造	IP00														
	概略質量 (kg) ^{※4}	7.5	12	25	42	45	65	90	200	285	290	295	285 X2	290 X2	295 X2	
	冷却方式	強制風冷														
	外装色	マンセルN4.0 (グレー)														
使用環境	屋内：周囲温度-10~50℃, 湿度95%以下 (結露しないこと) 標高：1000m以下, 振動：4.9m/s ² 以下 腐食性又は爆発性のガス・蒸気・じんあい・オイルミスト・風綿など無いこと															

注. ※1. 電源電圧が200V系の場合は220V, 400V系の場合は440Vが入力時の値である。これを下回る場合は減定格する必要がある。

※2. PWM制御方式選択の時となる。

※3. ユニット外部品 [ACリアクトル, コンデンサボックス (045L及び055H以上はコンデンサ, 抵抗)] は別置きである。

また, 他機器の誤動作防止用接地コンデンサ・抵抗 (オプション) も同様に別置きである。

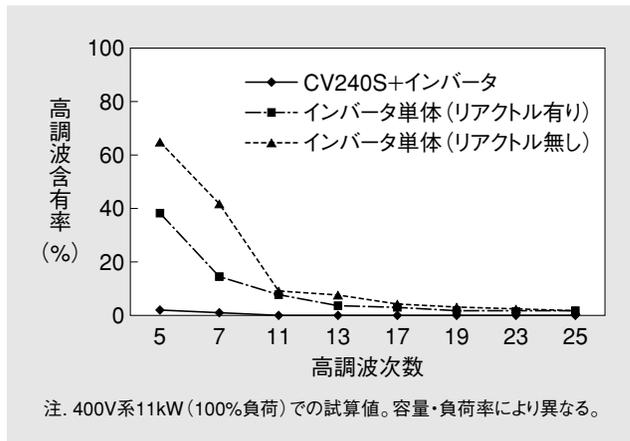
※4. 本体ユニットのみの質量である。



第2表 CV240S共通制御仕様

制御仕様での特長はPWM制御方式に加え、120°通流制御方式を新たに追加したことである。用途に応じてどちらか一方を選択して使用する。

	PWM制御	120°通流制御
制御方式	デジタル式正弦波PWM制御	デジタル式120°通流制御
操作パネル	V24-OP1：LCDパネル 又は V24-OP2：LEDパネル	
リトライ機能	1～10回の任意設定	
保護機能	交流入力過電流 (OC), 過負荷 (OL), 直流過電圧 (OV), 不足電圧 (UVT), 放熱フィン過熱 (UOH), IGBT故障 (PM), そのほか自己診断 (CN/IO/CPU/DER) 地絡検出 (GRD)：パラメータによりON/OFF選択可 電源過電圧 (LOV), 電源不足電圧 (LUV)：パラメータにより重故障/ 軽故障選択可 ヒューズ断 (EF)：接点出力のみ	
故障履歴	過去4回分を記憶、記憶内容：1次要因, 2次要因, 遮断直前の電源周波数・電流・直流電圧・H/W検出 故障・累積通電時間・累積運転時間	
その他	冷却ファンON/OFF制御, 標準シリアル伝送	

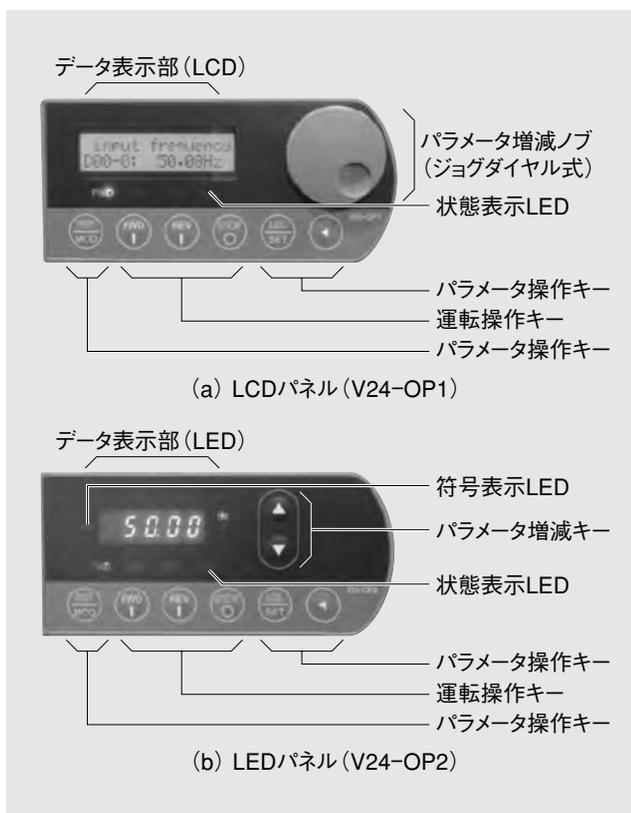


第2図 CV240Sとインバータ単体での高調波解析
インバータ単体 (リアクトル有/無) では、低次高調波 (5次, 7次) 含有率が高いのに対して、CV240Sとインバータの組み合わせでは、低次～高次高調波の含有率をほぼゼロにできる。

2.2 特長

CV240Sシリーズは、高機能汎用インバータ THYFREC VT240S (以下, VT240S) シリーズなどによる組み合わせにより最適な設計を行っており、更なる高性能化・省エネ化・使いやすさを追求したコンバータとした。主な特長は、以下の通りである。

- 高調波電流を抑制** 入力電流波形を正弦波となるように正弦波近似PWM電流制御を行い、電源系統に流れる高調波電流を抑制することができる。高調波抑制規制値は、経済産業省 (旧通産省資源エネルギー庁) から発行された「高調波抑制対策ガイドライン・自励三相ブリッジ (K5=0)」に相当する。**第2図**にインバータ単体 (リアクトル有り・無し), 及びCV240S適用時の高調波含有率比較を示す。インバータ単体の場合では、5次と7次の低次高調波成分が支配的である。一方、CV240Sを適用した場合は、低次から高次までのすべての高調波含有率をほぼゼロにすることができる。
- 120°通流による電源回生** 従来のPWM制御方式に加えCV240Sシリーズでは、新たに120°通流制御方式による電源回生を可能とした。電動機からの回生エネルギーをCV240Sと廉価なフィルタを用いて電源側に戻すことが実現できる。回生は100%連続回生も可能である。**第3図**に120°通流の原理を示す。

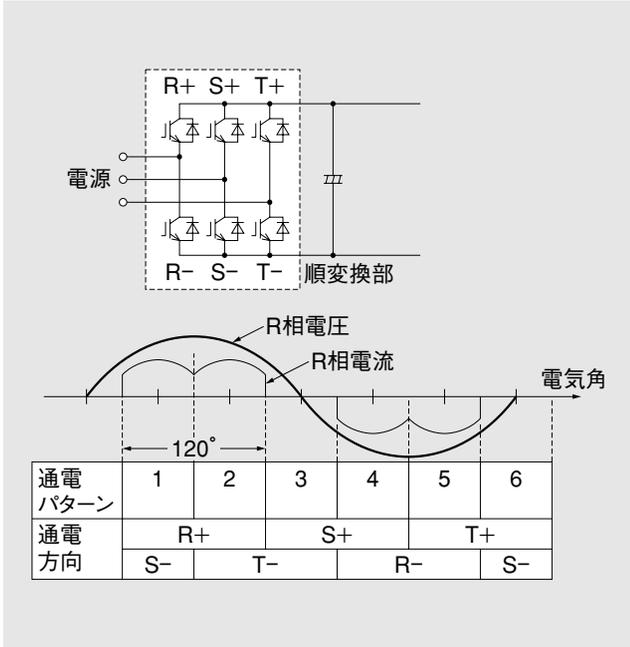


第1図 LCDパネルとLEDパネル

LCDパネルとLEDパネルは、CV240Sユニット表面に取り付けられる。パネルはどちらか一方での使用が可能である。

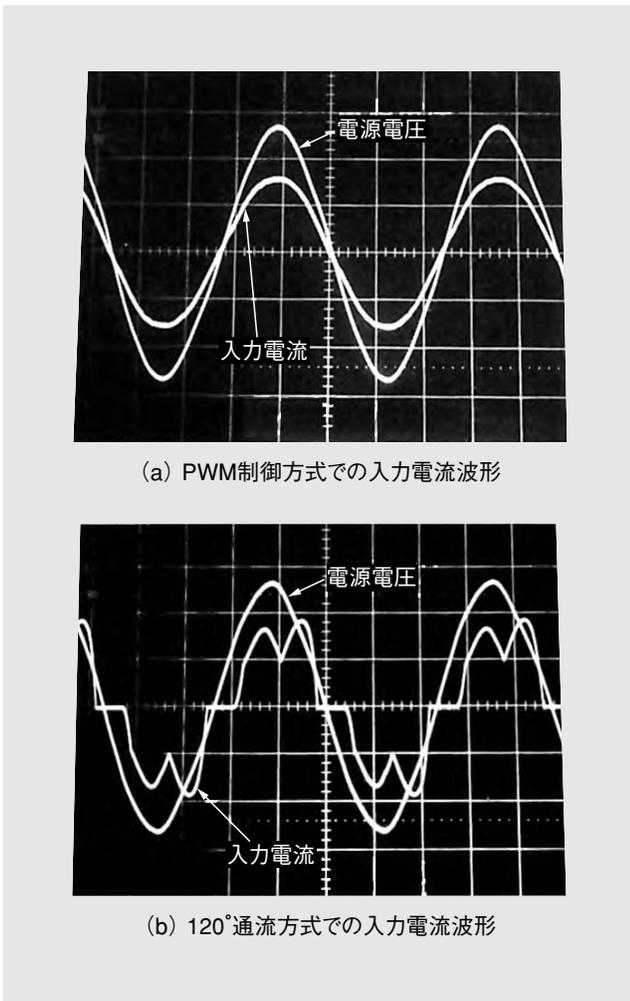
レーションパネルは、LCDパネルとLEDパネルの2種類を準備した。**第1図**にLCDパネルとLEDパネルを示す。LCDパネルは操作機構にジョグダイヤルを採用し、従来機種よりも高い操作性を確保した。また、英文字でのスクロール表示ができる。

図は、120°通流においてR相のIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) をON/OFFさせた場合の電圧と電流波形の例を表している。120°通流制御方式では、三相電源の位相に合わせて120°ごとにONさせてIGBTの切り替えを行っている。



第3図 120°通流の原理

120°ごとにコンバータの上下各アームを切り替えることを示す。



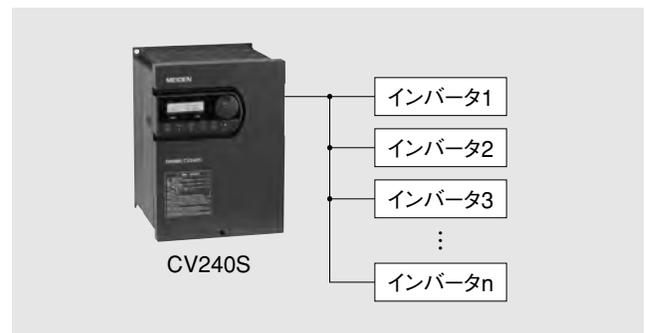
第4図 PWM制御方式と120°通流制御方式の入力側電流波形

PWM制御方式では電源電圧と入力電流が同相で正弦波となる。120°通流制御方式では、電源電圧に対して入力電流の位相も遅れるが入力力率0.9以上を満足できる。

(3) 高力率制御の実施 第4図にCV240SでPWM制御方式を適用した場合と、120°通流制御を適用した場合の入力側電流波形を示す。通常インバータ単体では、入力側に交流リアクトルを接続した状態で入力力率が約0.85となる。CV240SのPWM制御方式では、入力力率が約1の高力率制御により、電源設備容量の低減が可能である。また、先に述べた廉価な入力フィルタで構成が可能な120°通流制御方式でも入力力率は0.9以上を満足できる。

(4) 共通コンバータ方式 1台のCV240Sに複数のインバータを接続することが可能であり、多軸形のシステムの構築が実現できる。第5図に共通コンバータを用いた接続例を示す。共通コンバータとして使用する時には、複数のインバータ容量の合計よりも大きくなるようにコンバータ容量の選定を行う。

(5) シリアル通信 CV240Sでは、RS485を使用したシリアル通信機能を新たに搭載した。上位コンピュータやコントローラとの接続が容易であり、パラメータの読み出し・書き込み操作ができる。第6図に上位コンピュータとCV240Sの接続例を示す。コンバータ側の接続は、モジュラーコネク



第5図 共通コンバータを用いた接続例

1台のCV240Sに複数のインバータを多重接続した例を示す。



第6図 上位コンピュータとCV240Sの接続例

上位コンピュータとCV240Sをシリアル通信で接続した場合の結線図を示す。

タと端子台のどちらか一方を選択できる。

2.3 環境対応

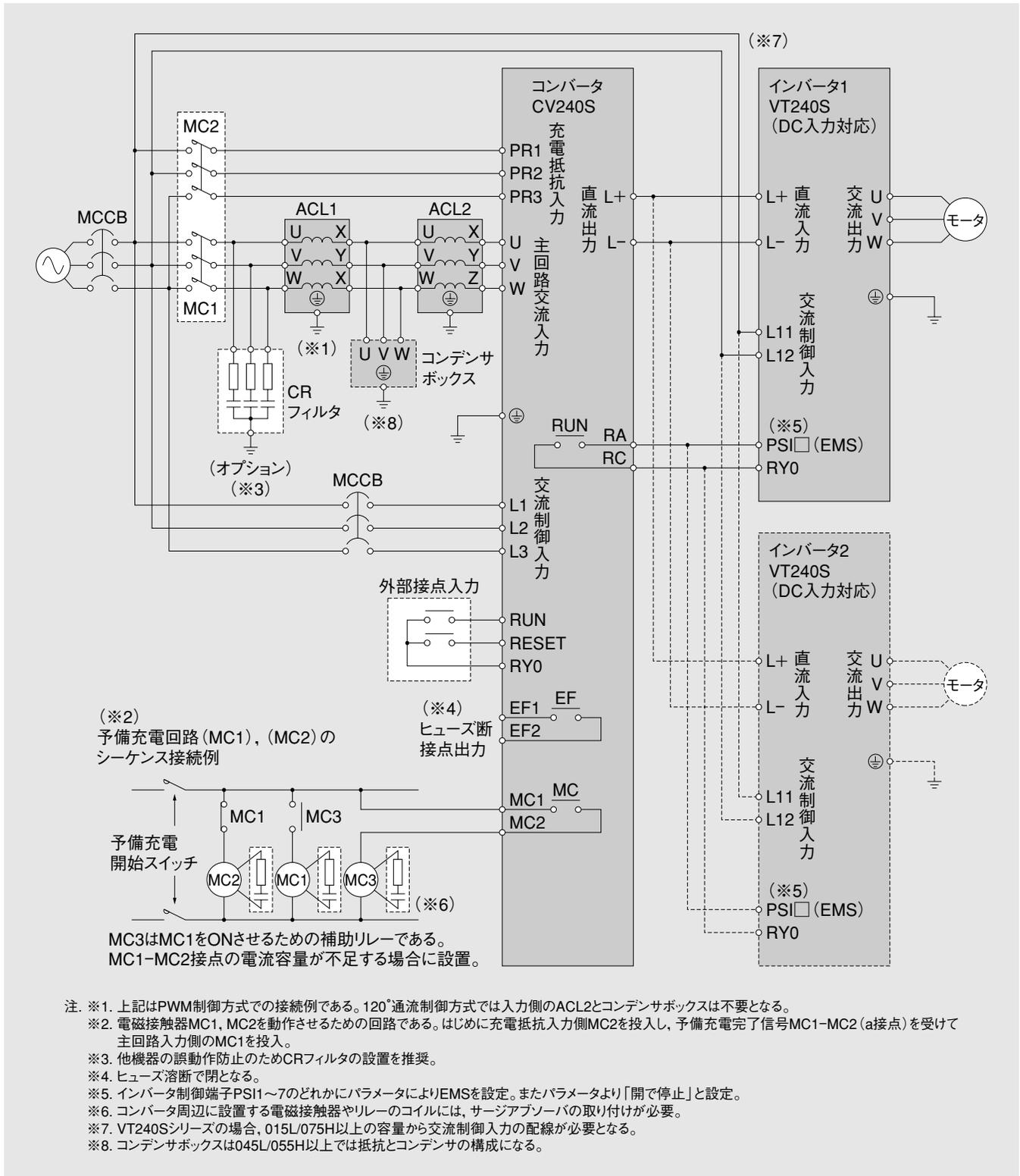
(1) RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 対応 CV240Sでは、欧州の環境仕様であるRoHS指令に対応している。鉛や六価クロムなどの有害物質を排除した環境に優しいコンバータである。

(2) 損失低減 CV240SはPWM制御の変調方式を工夫し、コンバータ効率を向上した。

3. 回路構成

3.1 主回路構成

第7図にCV240Sの主回路システム構成図を示



第7図 CV240Sの主回路システム構成図

PWM制御方式を選択した場合の主回路構成図を示す。120°通流制御方式の場合には、ACL2とコンデンサボックスが不要となる。

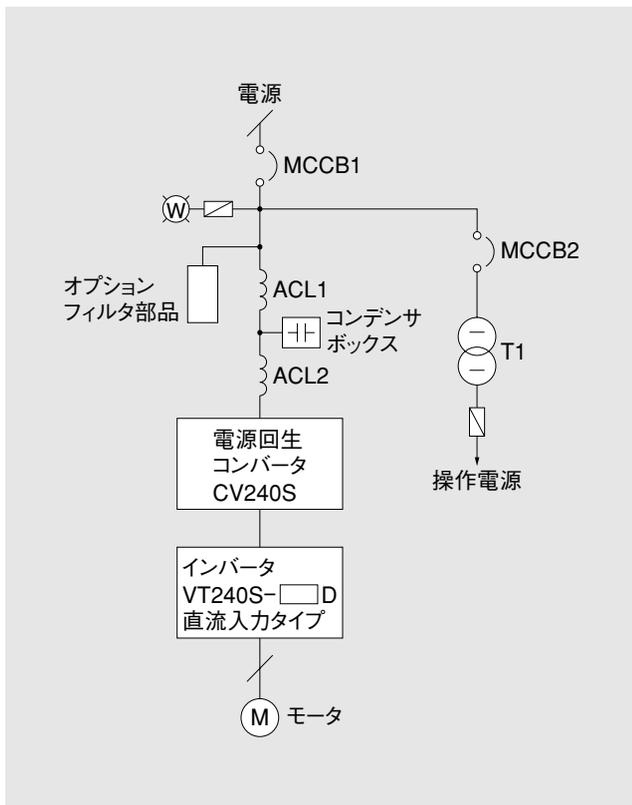
す。本図は、VT240Sの直流入力タイプを2並列接続したPWM制御方式の接続例である。120°通流制御方式の場合は、入力側の交流リアクトル(ACL1)が1個のみの設置となり省スペース化に寄与する。また、従来CV210Sシリーズでは小容量帯で電解コンデンサと予備充電回路を外付けしていたが、CV240Sは全容量で内蔵して構成を簡易化した。

3.2 外形

第8図にCV240SをPWM制御方式とし、インバータをVT240Sとした場合での単線接続図を、第9図に400V系モータ容量を132kWとし、インバータと組み合わせて制御盤を構成した場合の外形寸法の一例を示す。コンバータ盤は、前面扉・背面着脱式と前背面扉式の場合での2種類の構成とした。

3.3 制御回路構成

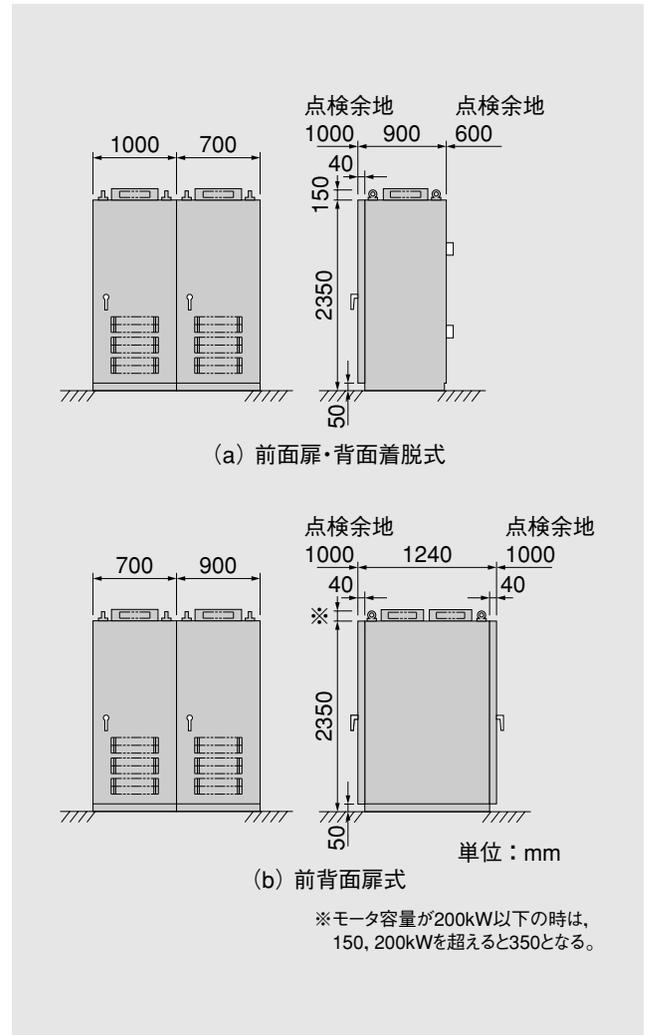
第3表に端子機能を、第10図に制御回路接続図を示す。シーケンス入力点数は、従来、CV210Sは機能固定3点 [RUN (運転指令)・EMS (非常停止)・RST (故障復帰)] であったが、CV240Sでは更に外部故障接点4点を追加して合計7点とした。



第8図 単線接続図

インバータを当社汎用インバータ (VT240S) とし、コンバータと周辺機器を含めて盤に挿入できる単線接続 (一例) を示す。

また、アナログ出力とシーケンス出力は自由度を高くした方式として端子機能が設定できるプログラマブル方式とした。



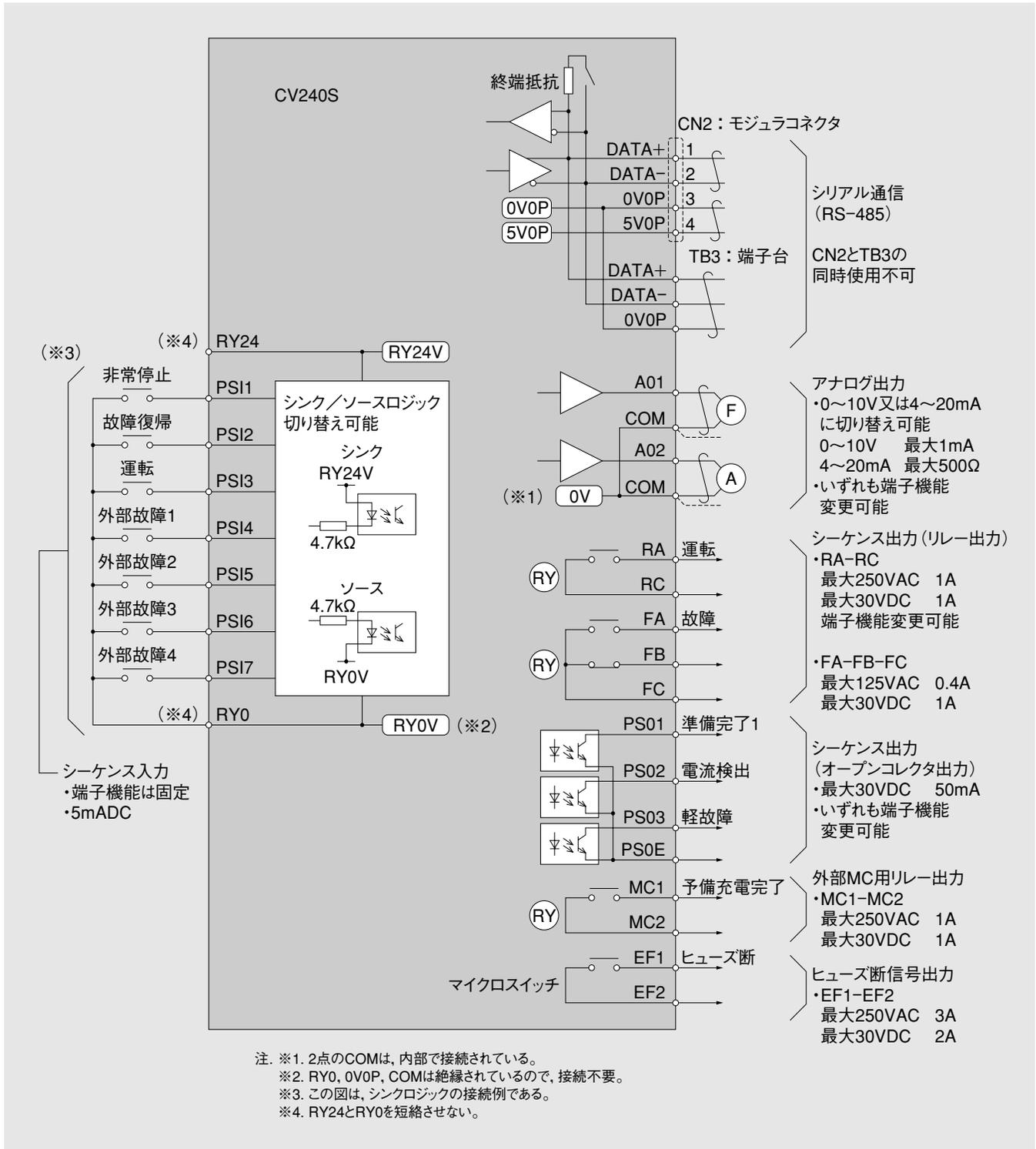
第9図 コンバータ盤外形寸法 (400V系モータ容量132kWの例)

CV240Sと周辺機器を含んだ場合のコンバータ盤の標準外形寸法を示す。

第3表 CV240S制御端子機能

制御端子機能の特長は、シーケンス出力とアナログ出力がプログラマブルであり、端子の割り当てが自由に変更できる。

名称	機能
シーケンス入力	7点 固定：シンク/ソース切り替え可 運転指令, 故障復帰, 非常停止, 外部故障1~4
アナログ出力	電圧出力 (0~10V) 又は電流出力 (4~20mA) : 2点 プログラマブル 入力電流, 入力電圧, 入力電力, 直流出力電圧, ヒートシンク温度, 過負荷モニタ, 有効分電流, 無効分電流
シーケンス出力	リレー接点1c 1点 プログラマブル リレー接点1a 1点 プログラマブル オープンコレクタ1a 3点 プログラマブル 運転, 故障, 軽故障, 準備完了, 電流到達, 予備充電完了, 外部ファン制御, 運転遅延アンサ
通信	RS485によるシリアル通信 コネクタ端子かモジュージャックによる選択



第10図 CV240Sの制御回路

シーケンス入出力、アナログ出力とシリアル通信による接続が可能であることを示す。

4. む す び

以上、CV240Sシリーズの製品について紹介した。高調波電流の抑制と電源回生によるエネルギーの有効利用は、これからの地球環境問題における重要な課題である。当社では本製品が持つ特長を生かして、様々な用途で環境調和・省エネルギー化

に貢献できるものと考えている。今後は、更なる高機能化、高性能化を進めお客様ニーズに応じて行く所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



牧野洋三 Yozo Makino
インバータ装置の開発に従事



西田雄治 Yuji Nishida
電動応用システムのエンジニアリ
ング業務に従事



迫 博己 Hiromi Sako
インバータ装置の開発に従事



庄司 豊 Yutaka Shoji
電動応用システムのエンジニアリ
ング業務に従事

