

# 静止形無停電定電圧定周波電源装置 「ハイバータ」シリーズとその応用

## Static Uninterruptible Power Supply System “HIVERTER” Series and Their Application

日立製作所の静止形無停電定電圧定周波電源装置「ハイバータ」シリーズは、銀行オンライン業務用、放送局用、上下水道用、病院用、トンネル照明用、一般計装用などに多数納入され、運転実績を誇っている。「ハイバータ」は信頼性に最重点をおき、更に容量、用途に応じた回路方式の採用により高効率、小形化が図られ、「ハイバータ3400」、「ハイバータ3500」、「ハイバータ300」、「ハイバータ200」及び「ハイバータ4000」と標準化系列が完成している。また更に新しく、市場の要求にこたえるため「ハイバータ5000」、「ハイバータ210」をも加え、ますます幅広い用途に適用できるものとなっている。

塩入盛雄\* Shioiri Morio  
山崎泰広\*\* Yamasaki Yasuhiro  
斉藤範義\*\* Saito Noriyoshi

### 1 緒言

日立製作所のサイリスタインバータは、定電圧定周波電源装置(以下、CVCFインバータと略す)、又は蓄電池と組み合わせられて無停電電源装置として実用されるようになってから既に十数年の歴史をもち、延べ320台、30,000kVAを超えているが、この間に制御方式、性能などいずれも改善され、高性能かつ安定な電源となっている。日立製作所の静止形無停電定電圧定周波電源装置〔以下、「ハイバータ」又は“HIVERTER”と称す(日立製作所製品名)〕として、各種の用途に応じた「ハイバータ3400」、「ハイバータ3500」、「ハイバータ300」、「ハイバータ200」及び「ハイバータ4000」の標準化系列を完成し、製作・納入しているが、更に、現在開発中の「ハイバータ5000」、「ハイバータ210」をも含めると一段と充実した系列化が進められている。以下、これらの標準化系列の特長及び構成・用途について述べる。

### 2 「ハイバータ」の特長

各「ハイバータ」シリーズは同一設計方針で計画されており、各シリーズとも信頼性に最重点がおかれているが、その主な特長として、次の諸点が挙げられる。

#### (1) 高信頼度

電源システムの信頼性を向上させるためには、装置単体の信頼性を上げるとともに、システムとしての信頼性を上げることを考えねばならない。

「ハイバータ」シリーズは、装置単体の高信頼性を得るため、主回路については逆変換器(インバータ)として実績のある回路の採用、順変換器及び入出力部については構成の簡易化による部品の減少を図るとともに、部品の適切なスクリーニング及びデバッグ、並びに厳正な作業管理により高い信頼水準を確保している。

また、システムとしての高信頼性を得る方法として、事故系を瞬時に切り離す主回路並列冗長、ゲート制御回路の多数決優先冗長システム、シーケンス論理回路の無接点化など、システムの高信頼度設計を行なうとともに、サイリスタ回路のユニット化、電解コンデンサの分割ユニット化ほか各部の

標準ユニット化により、システム・アベイラビリティの向上に留意した構造設計としている。更に、標準オプションとして商用待機冗長方式も採用しており、負荷との協調を考えた最適な電源システムが選択できるよう考慮されている。

#### (2) 高安定・高効率

大容量CVCFの場合には逆導通サイリスタを使用したインパルス転流方式インバータ<sup>1)</sup>を採用し、零力率までの広範囲の負荷力率変動に対し安定に動作し、内部インピーダンスが小さく、かつ転流損失が少ないという長所を生かす一方、小容量CVCFでは、サイリスタの所要数を減らして経済的な装置とするため、多数回転流方式インバータを採用するというように、容量・用途に応じた回路方式により安定で効率の良い装置としている。

#### (3) 過負荷保護協調

負荷側の短絡、又は過負荷に対しては、インバータが転流失敗を生じないように、あるいは負荷側にじょう乱を与えないように出力電流を限流する機能を、また、故障インバータ切離しのためのサイリスタインタラプタにより負荷側との協調を十分に得る方式としている。

#### (4) その他

低騒音(60~75ホン以下)、保守容易(ユニット化・トレイ化)、小形・軽量化など、保守性や据付・搬入の便宜にも十分な検討がなされている。更に、東京、大阪、福岡などに専門のサービス員を配置し、万全のアフターサービス体制をとっている。

### 3 各種「ハイバータ」シリーズの特長

「ハイバータ」は各種用途に応じ、それぞれ特長をもつ標準化系列を完成している。この各種「ハイバータ」シリーズの特長及び概要について次に述べる。

表1に、「ハイバータ」の種類と主な用途を示す。

#### (1) 「ハイバータ3400」シリーズ<sup>2)</sup>

図1に「ハイバータ3400」の代表例として、2台並列の冗長無停電電源設備単線系統図を示す。この装置は三相200V

\* 日立製作所機電事業本部 \*\* 日立製作所日立工場

表1 「ハイバータ」の種類と主な用途 「ハイバータ」シリーズの主な仕様、用途を示す。

項目	シリーズ名称	「ハイバータ3400」シリーズ					「ハイバータ3500」シリーズ					「ハイバータ200」シリーズ*					「ハイバータ4000」シリーズ					「ハイバータ300」シリーズ**														
		W	D	H	N	kVA	W	D	H	N	kVA	W	D	H	N	kVA	W	D	H	N	kVA	W	D	H	N	kVA	W	D	H	N	kVA	W	D	H	N	kVA
特徴		大容量					中容量					小容量 (浮動充電方式)					400Hz出力					中小容量(浮動充電方式)														
定格出力(kVA)		125, 150, 200, 250 300, 400, 500					50, 75, 100					5, 10					75					10, 15, 20					30, 40, 50									
定格出力電圧(V)		200, 208, 210, 220, 230															100					208					100, 105		200, 210			100, 105		200, 210		
定格周波数(Hz)		50又は60															50又は60					400					50又は60									
相数		三相3線式															単相2線式					三相3線式					単相2線式		三相3線式			単相2線式		三相3線式		
交流入力		200V三相3線式 50Hz又は60Hz															200V三相3線式 50Hz又は60Hz					200V三相3線式 50Hz又は60Hz					200V三相3線式 50Hz又は60Hz									
直流入力(V)		250 (230~290)					110 (90~130)					250 (230~290)					110 (90~130)					220 (180~260)														
蓄電器直列数		鉛: 136セル アルカリ: 230セル					鉛: 53セル アルカリ: 90セル					鉛: 136セル アルカリ: 230セル					鉛: 53セル アルカリ: 90セル					鉛: 106セル アルカリ: 180セル														
標準寸法(mm)		750	1,300	1,900	3	150	750	1,300	1,900	2	100	750	1,000	1,700	1	10	750	1,300	1,900	3	75	750	1,300	1,900	1	20	750	1,300	1,900	2	50					
商用同期待機冗長		可能										不可能					不可能					可能														
主な用途	コンピュータ関係	HITAC Mシリーズ IBM-360, 370シリーズ FACOM-Mシリーズ NEAC-2200, 3200 TOSBAC-5100, 5600 UNIVAC-1100シリーズ BURROUGHS-L4000 MELCOM-80, 7000他, ACOSシリーズ															HIDIC 80, 08 コンピュータ端末機					IBM370-168					HIDIC 80, 08 IBM-1800シリーズ FACOM-270シリーズ NEAC-3000シリーズ TOSBAC-7000シリーズ MELCOM-350シリーズ ほか									
その他		空港管制機器 放送通信機器 各種プラント 計装電源システム															各種プラント 計装電源システム					通信機器 航空機地上整備機器					各種プラント 計装電源システム 水処理(上下水道) 石油, 化学プラント 発・変電所 トンネル内照明 放送通信機器									

注: \* 寸法表には、充電器を含む。 \*\* 寸法表には、充電器、バイパス切換盤を含まない。

を受電し、DC(直流)に変換するシリコン整流器、再びAC(交流)に変換するサイリスタインバータ、停電時に蓄電池から給電するための直流サイリスタスイッチ及び負荷過電流や短絡電流をしゃ断、並列運転中の事故機の切離しを行なうサイリスタインタラプタから成っている。蓄電池及び充電装置は、停電時にシリコン整流器に代わってインバータに直流電力を給電するとともに、放電に備えて自動的に回復充電する。主幹制御盤は、インバータに定周波の信号を送り、出力電圧を検出してこれを一定値に維持するように制御する。また、システム全体の操作機能も主幹制御盤に含まれる。「ハイバータ3400」の特長として下記の点が挙げられる。

- (a) 大容量CVCFとし設計されたもので、多重インバータ方式を採用し出力電圧変動率や出力電圧波形ひずみを小さくしている。
- (b) 並列運転される全「ハイバータ」は、三重並列冗長化された主幹制御盤で一括制御されており、相互の電圧位相調整操作は全く不要で、簡単に並列又は解列が可能であり、定常・過渡を問わず1~2%以内の極めて安定な負荷平衡が保たれる。
- (c) サイリスタインタラプタの採用により、インバータの故障時は瞬時(1ms以内)に切り離し、並列母線すなわち負荷側には悪影響を与えないような、システムとしての高信

頼度設計に重点をおいている。

表2に「ハイバータ3400」の標準仕様を、図2に外観の一例(150kVA×2システム)を、また図3に特性の一例をそれぞれ示す。

図3は商用入力停電時の各部波形を示すもので、商用入力停電とともに停電検出を行ない、直流サイリスタスイッチを投入するものである。

「ハイバータ3500」は、従来の「ハイバータ3400」の50kVA 75kVA及び100kVAを小形化したもので、特性、性能については「ハイバータ3400」と同等である。

(2) 「ハイバータ300」シリーズ<sup>3)</sup>

「ハイバータ300」は、10~50kVA CVCFを対象として、プロセスコンピュータをはじめとする各種小形電子計算機及びプラント計装などの電源に適した主回路構成を、また、ゲート制御・シーケンス制御回路の小形化・ゲート制御回路による過負荷保護方式を採用したもので、図4に単線結線図の一例を示す。

「ハイバータ3400」と比較すると次のような特長がある。

- (a) CVCFの出力容量が50kVA以下を目的としており、入力部としてシリコン整流器、充電器及び直流サイリスタスイッチを置くよりも、出力電圧の調整可能な混合ブリッジ式整流器をインバータ入力として設置し、蓄電池・充電器

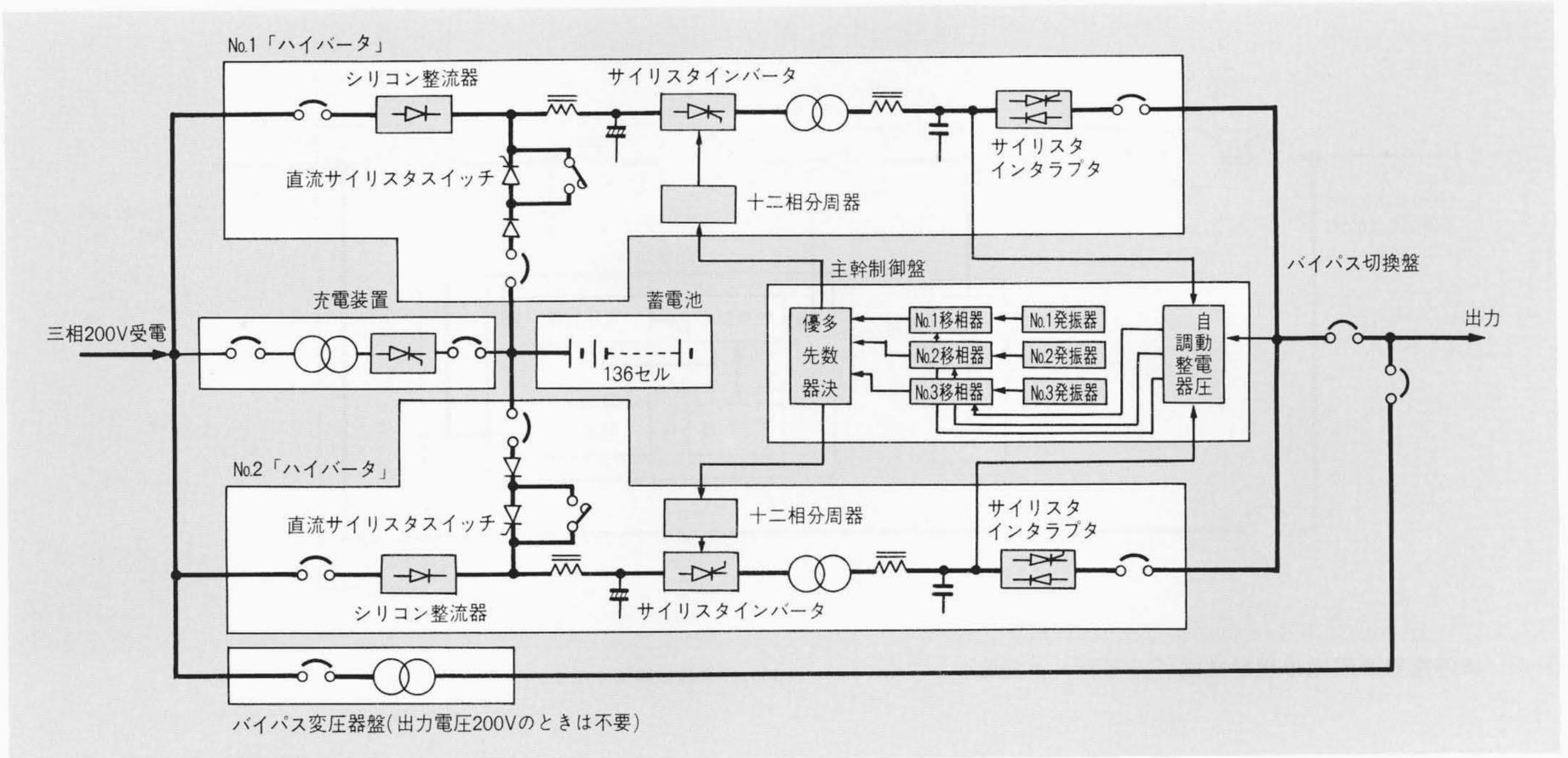


図1 並列冗長無停電電源設備単線系統図(「ハイバータ3400」) 「ハイバータ」2台並列の例を示す。

表2 「ハイバータ3400」標準仕様 「ハイバータ3400」シリーズの仕様を示す。

項目	仕様
1. 交流入力	
定格電圧	200V
電圧変動範囲	±10%以内(定常時)
相数	三相3線式
周波数	50Hz又は60Hz
周波数変動許容範囲	±5%以内
2. 直流入力	
定格電圧	250V
電圧変動範囲	230~290V
蓄電池直列数	高率放電鉛電池: 136セル 焼結式アルカリ蓄電池: 230セル
3. 交流出力	
定格出力	125kVA, 150kVA, 200kVA, 250kVA, 300kVA, 400kVA, 500kVA
定格	100%連続
定格電圧	200~210V, 又は220~230Vの1点
電圧整定精度	±2%以内
相数	三相3線式
定格周波数	50Hz又は60Hz
周波数精度	±0.01%以内
定格負荷力率	0.9遅れ
力率変動許容範囲	0.9~0.7遅れ
電圧波形ひずみ率	5%以内
電圧瞬時変動率	電源停電又は回復時 +10%, -8%以内 負荷急変50%⇔80%にて ±7%以内 事故「ハイバータ」自動解列時 +10%, -8%以内
同上変動回復時間	3サイクル以内
電圧不平衡率	負荷電流不平衡率 30%にて 4%以内
4. その他	
準拠する規格	JIS, JEC, JEM 塗装色 外面 2.5PB6/3.8 ライトブルー
周囲温度	0~40°C
周囲湿度	35~85%
設置場所	屋内(塵埃, 腐食性ガスはなく清浄) 内面 2.5PB6/3.8 計器類縁 わく黒色 操作取っ手 7.5BG3/3.5

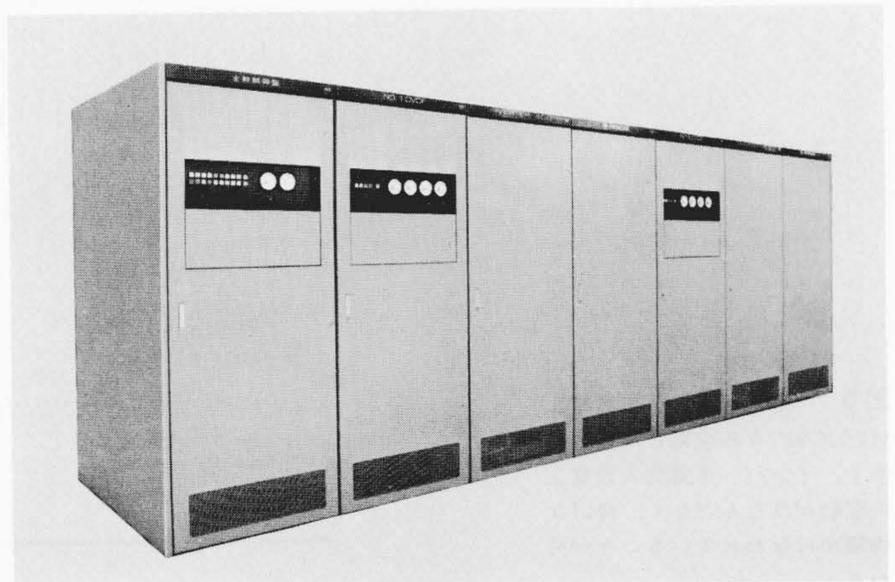


図2 「ハイバータ3400」 「ハイバータ」2台並列の場合の外観を示す(150kVA×2)。

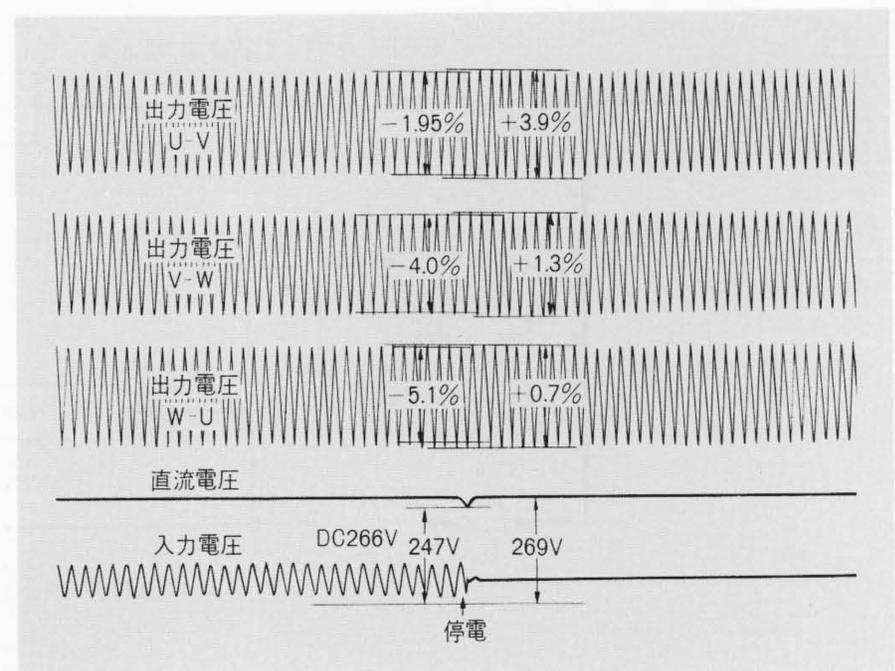


図3 商用入力停電時の「ハイバータ」各部電圧 2台並列運転中の停電想定試験での各部の波形を示す。

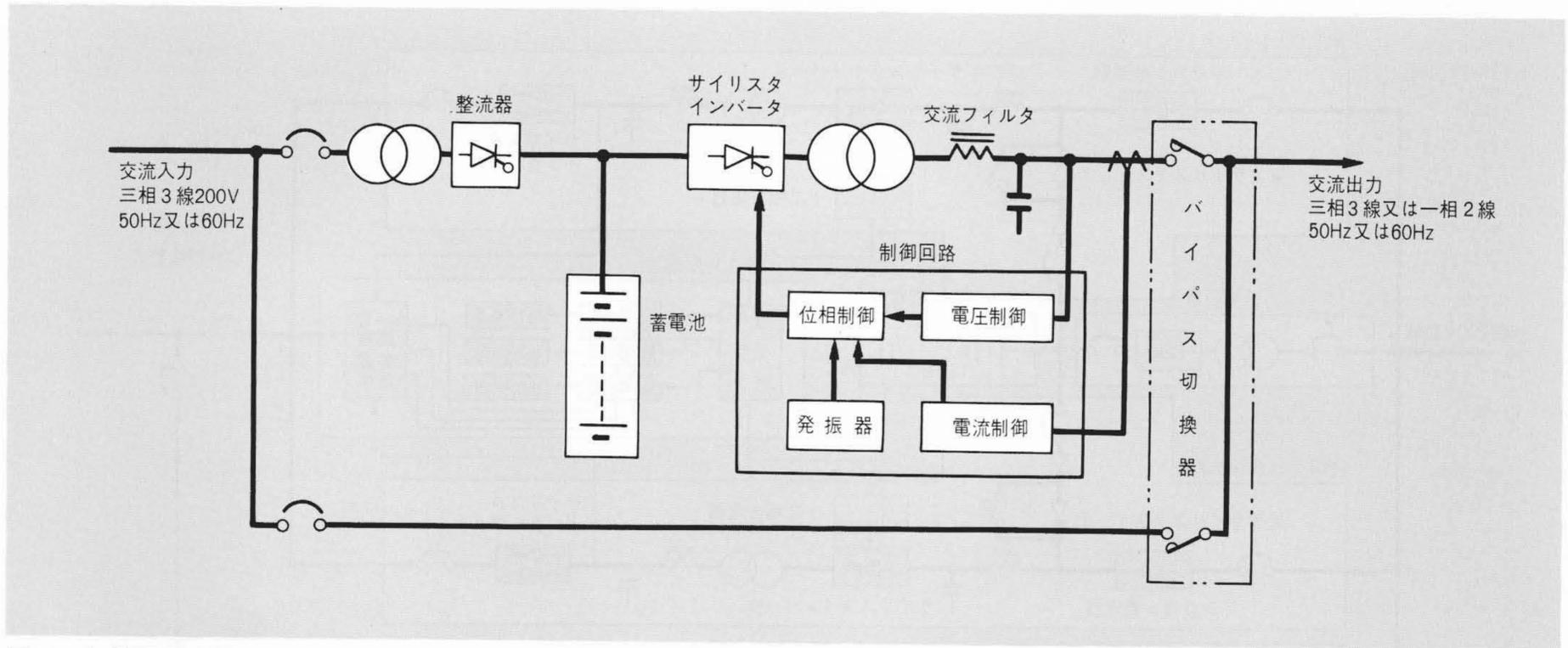


図4 無停電電源設備単線結線図(「ハイパータ300」) 「ハイパータ300」の単線結線図を示す。

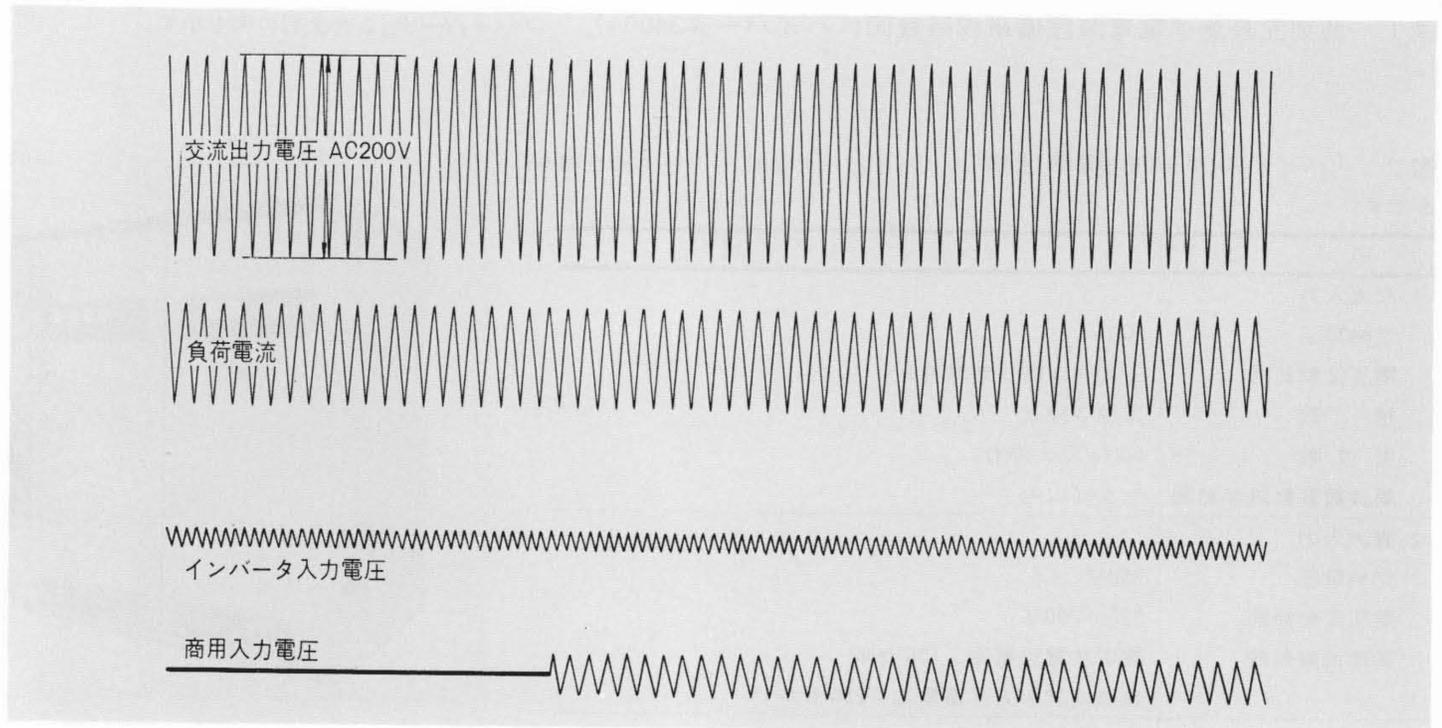


図5 復電試験 放電終止付近DC92Vから復電した場合を示す。インバータ直流入力電圧の変動がほとんどなく、良好な復電が行なわれていることが分かる。

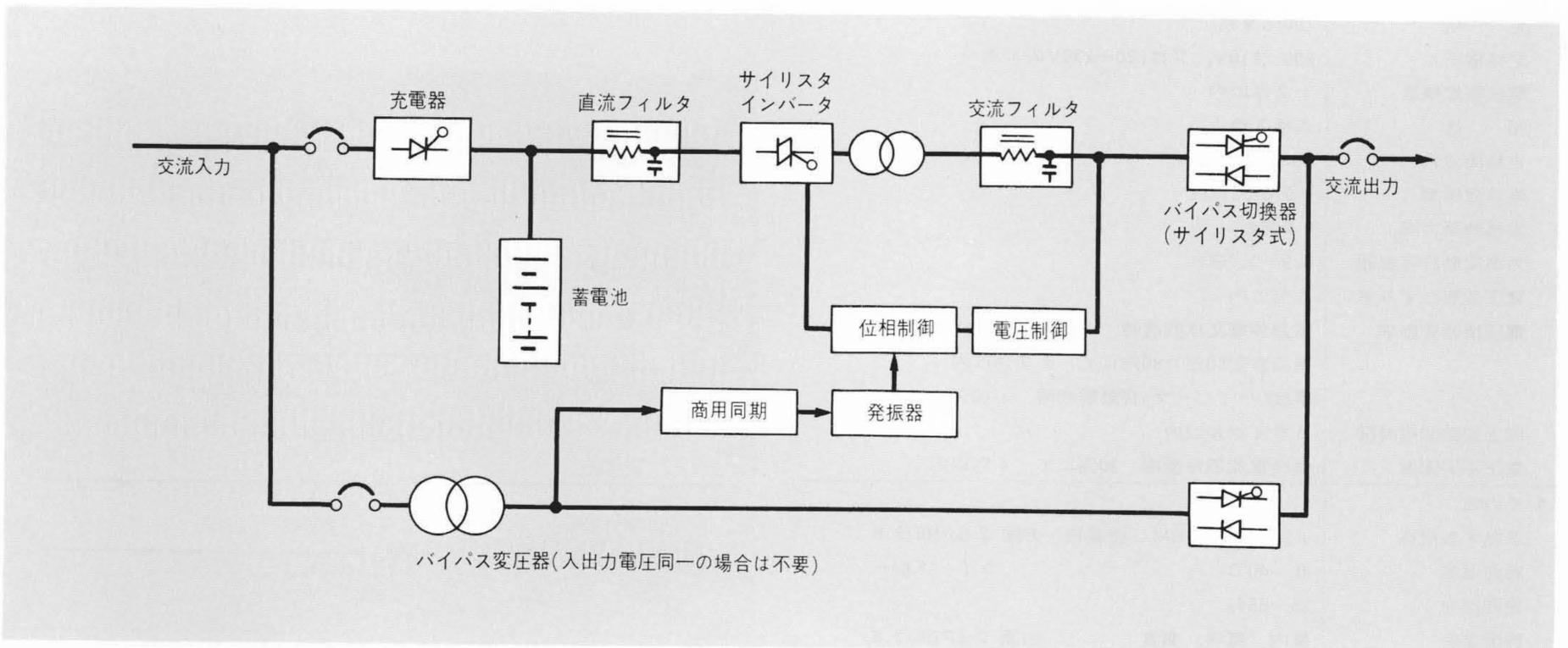


図6 商用待機冗長無停電電源設備単線結線図(「ハイパータ300」) 「ハイパータ300」待機冗長方式の単線結線図を示す。

を兼用させて、このクラスの容量としては経済的な主回路となっている。

(b) 前記(a)により、また単機運転を基本とするため、直流電圧を全電圧印加したままで、ゲートによりインバータの起動・停止が行なえ、主回路及び制御回路の簡易化が可能となっている。

(c) 前記(a)により、停電・復電時のシーケンス・ロジックが不要となり、信頼性の向上が図られ、かつインバータ出力の瞬時電圧変動特性も良好となる。

以上述べたような特長をもつ浮動充電方式を採用したのが「ハイバータ300」シリーズである。表3に「ハイバータ300」の標準仕様を、図5にその特長である浮動充電方式での復電時の特性を、図6にその応用例として、商用待機冗長無停電電源設備の単線結線図を示す。これは、「ハイバータ300」を使用し、システムとしての信頼性を更に高めるため、商用電源とCVCFとを冗長システムとするものである。常時CVCFは、商用に同期して運転され電力を供給しており、CVCF出力は、周波数・位相とも商用入力に一致している。万一、CVCFが故障すると出力側の交流サイリスタスイッチにより瞬時に商用電源に切り換え、負荷にはじょう乱を与えずに安定した電力を供給する。また、CVCF故障復帰時は、

CVCFと商用電源とを短時間並列運転することにより負荷を移行するので、出力電圧の変動を小さく抑えることができる。図7にこの切換え時の特性を示す。このシステムを有効に利用することにより、CVCF1台であっても高い信頼性をもつシステムにすることができる。

(3) 「ハイバータ200」シリーズ

「ハイバータ200」は、10kVA以下の小容量CVCF用として設計されたもので、主回路方式は図6と同様、すなわち浮動充電方式を採用している点では「ハイバータ300」と同一であるが、インバータ回路として多数回転流方式<sup>4)</sup>を採用している点が異なっている。「ハイバータ3400」シリーズは、大容量を目的としたものであるため多重インバータ方式を採用しているが、この欠点として、サイリスタの所要数が多くなること、装置が大形化すること及び制御回路がサイリスタ数に比例して複雑になることが挙げられ、小容量CVCFでは不経済になる。この欠点を補うものが多数回転流インバータ方式で、装置の小形化及び回路の簡易化を図ることができる。図8に多重インバータ及び多数回転流インバータの波形例を、また表4に「ハイバータ200」の標準仕様を示す。

(4) 「ハイバータ4000」シリーズ

「ハイバータ4000」は、IBMシステム/370モデル168用とし

表3 「ハイバータ300」標準仕様 「ハイバータ300」シリーズの標準仕様を示す(\*は変更可能)。

項目	仕様
1. 交流入力	
定格電圧	200/220V
電圧変動範囲	±10%以内 (定常時)
相数	三相3線式
周波数	50Hz又は60Hz
周波数変動許容範囲	±5%以内
2. 直流入力	
定格電圧	110V(10kVA, 15kVA, 20kVA) 220V(30kVA, 40kVA, 50kVA)
電圧変動範囲	90~130V, 180~260V
蓄電池直列数	高率放電鉛電池: 53セル, 106セル 焼結式アルカリ電池: 90セル, 180セル
3. 交流出力	
定格出力	10kVA, 15kVA, 20kVA, 30kVA, 40kVA, 50kVA
定格	100%連続
定格電圧	200V(三相), 100V(単相)
電圧整定精度	±2%以内
相数	単相2線式 三相3線式
定格周波数	50Hz又は60Hz
周波数精度	±1%以内 (±0.01%以内可能)
定格負荷力率	0.9遅れ
力率変動許容範囲	0.9~0.7遅れ
電圧波形ひずみ率	10%以内 (5%以内可能)
電圧瞬時変動率	電源停電又は回復時 負荷急変 50⇔80%にて } ±10%以内 電源急変定格⇔±10%にて }
同上変動回復時間	5サイクル以内
電圧不平衡率	負荷電流不平衡率20%にて5%以内
4. その他	
準拠する規格	JIS, JEC, JEM
周囲温度	0~40°C (ライトブルー, 2.5PB6/3.8)
周囲湿度	35~85%
設置場所	屋内 (塵埃, 腐食性ガスなく清浄)
5. 過負荷保護方式	瞬時ゲート停止及び ソフトスタート限流方式

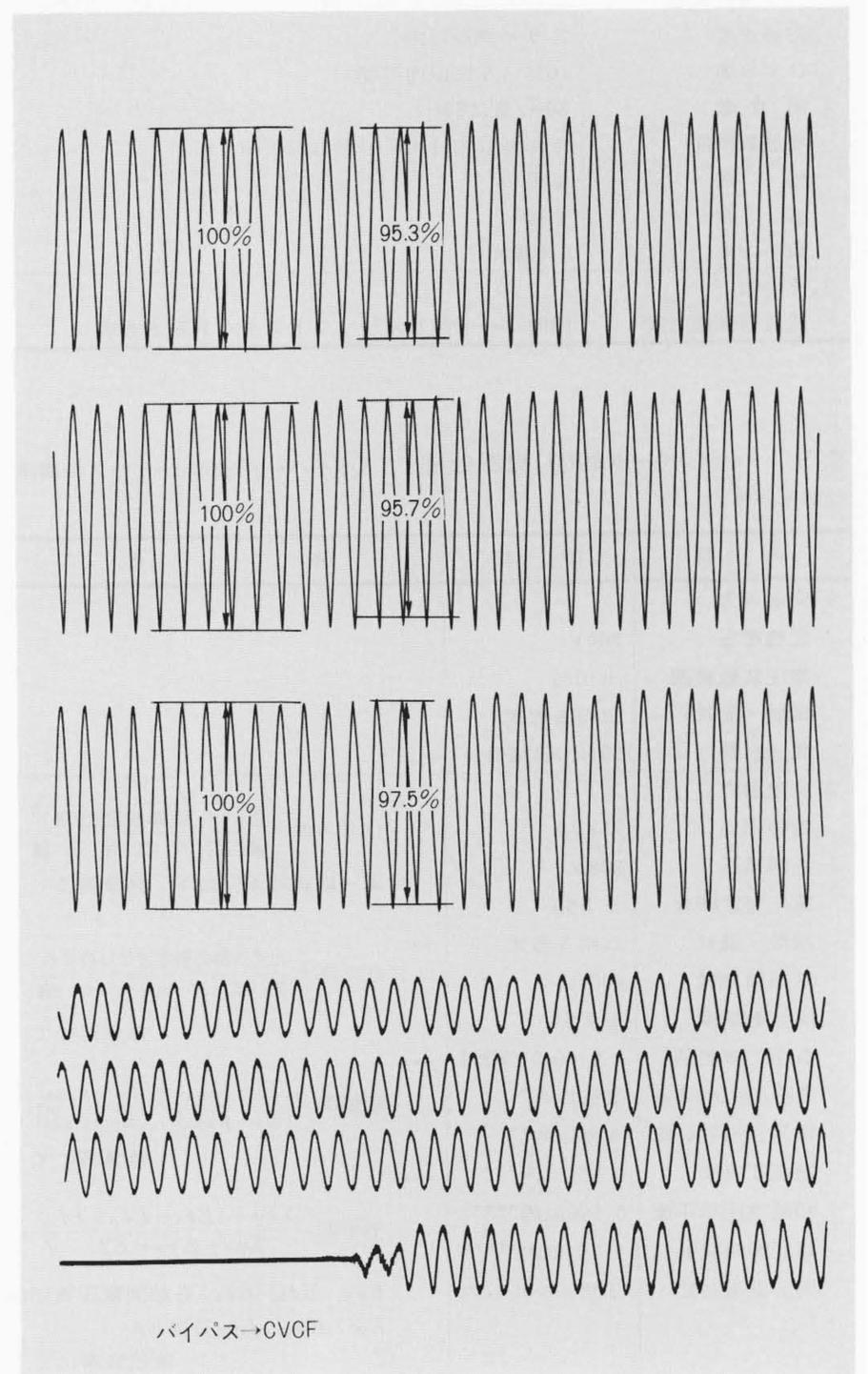


図7 バイパス回路から「ハイバータ」への負荷切換え特性 切換え時の出力電圧変動が少なく、安定した波形を示す。

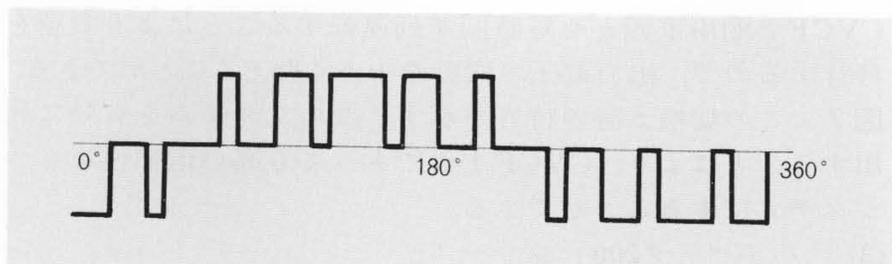


図8 多数回転流インバータ出力電圧波形(「ハイバータ200」交流フィルタ入力) 多数回転流を行なうことにより、高調波の少ない逆変換系接続出力波形を示す。

表4 「ハイバータ200」の標準仕様 「ハイバータ200」シリーズの仕様を示す。

項目	仕様
1. 入力	
交流電圧及び相数	
主入力	200V±10% 三相
バイパス入力	100V 単相
周波数	50Hz又は60Hz
直流電圧	DC90V~130V
2. 出力	
容量	5kVA, 10kVA
定格	連続
電圧	100V
電圧精度	±2%
電圧瞬時変動	±10%, 70%⇄100%負荷急変, 商用停電, 復電時
応答速度	3サイクル以内
ひずみ率	10% (5%以内可能)
周波数	50Hz又は60Hz
周波数精度	±1%以内 (±0.01%以内可能)
相数	単相
線数	2線
負荷力率	0.9遅れ
3. その他	
過負荷保護方式	瞬時ゲート停止及びソフトスタート限流方式

表5 「ハイバータ4000」標準仕様 「ハイバータ4000」シリーズの標準仕様を示す。

項目	仕様	備考
1. 交流入力		
定格電圧	200V	
電圧変動範囲	±10%	
相数・線式	三相3線式	
周波数	50Hz又は60Hz	
2. 交流出力		
定格出力	75kVA	* ひずみ率 = $\frac{\sum \sqrt{(\text{各高調波実効値})^2}}{\text{基本波の実効値}}$
定格電圧	208V	単一高調波4%以下 無負荷にて
電圧整定精度	±2%	
相数・線式	三相3線式	** 狂い率 = $\frac{\text{出力波形の基本波からのずれ}}{\text{基本波ピーク値}}$
定格周波数	400Hz	無負荷にて
周波数精度	±2%	
負荷力率範囲	1.0~0.9(遅れ)	*** 変調率 = $\frac{(E_p - p_{max}) - (E_p - p_{min})}{(E_p - p_{max}) + (E_p - p_{min})}$
電圧波形ひずみ率	5%以内*	****
電圧波形狂い率	5%以内**	***** 不平衡 = $\frac{3E\phi - (E\phi_A + E\phi_B + E\phi_C)}{E\phi_A + E\phi_B + E\phi_C}$
電圧変調率	0.5%以内***	$E\phi_A, E\phi_B, E\phi_C$ : 各相間電圧実効値
相間電圧不平衡	0.5%以内****	$E\phi$ : $E\phi_A, E\phi_B$ 又は $E\phi_C$
電圧瞬時変動	±2%以内*****	抵抗負荷にて
同上回復時間	3サイクル以内	***** 10%の負荷急変時

で開発された400Hz CVCFで、主回路方式は図1の「ハイバータ3400」と同一であるが、CVCF出力周波数は400Hzのため、バイパス回路は設けることができない。表5に「ハイバータ4000」の標準仕様を示す。

(5) 今後の「ハイバータ」シリーズ

以上、既に稼働実績のある「ハイバータ」シリーズについて述べたが、開発が完了し標準系列に追加されるものとして、「ハイバータ5000」、及び「ハイバータ210」シリーズがある。

「ハイバータ3400」シリーズは、並列運転CVCFを一括制御しており、並列運転が容易で、負荷分担が良いという長所がある一方、異なる容量、特性のCVCFとの並列運転ができないこと及び自家発電装置などへの順次投入ができないことという不具合がある。これを補うため、個別制御方式、すなわち個々のCVCFの出力電圧及び出力電流を検知し、負荷分担制御を行なう方式が必要となる。この個別制御方式を実現したのが「ハイバータ5000」シリーズである。

「ハイバータ210」シリーズは、ゲートターンオフサイリスタ(GTO)を用い、小容量CVCF「ハイバータ200」に代わるものであり、既に使用素子、回路の検討が完了し試作品による10kVAインバータが自社内で完成している。

これら「ハイバータ5000」シリーズ、「ハイバータ210」シリーズを加え、更に充実した「ハイバータ」シリーズの標準化が完了した。

4 結 言

以上、「ハイバータ」シリーズについて概要を述べたが、「ハイバータ」シリーズの特長をまとめて次に述べる。

- (1) CVCF装置単体及びシステムとして信頼性第一に設計されていること。
- (2) 総合効率を高くし、電力料金の節約ができ、また、電源室の空調容量も少なくなるように検討されていること。
- (3) 「ハイバータ」はすべて、主部のインバータに逆導通サイリスタを採用し、ゲート及びシーケンス回路をIC(集積回路)化して装置の小形化を図っていること。
- (4) CVCF容量に応じて経済性を考慮し、また電源急変、負荷急変などに対する性能も、それぞれ容量に応じた主回路方式として性能の向上を図っていること。
- (5) 日常の保守点検は必要ないが、万一、部品交換が必要な場合でも、主な電気品は機能別にトレイ、又はスタックにまとめられ、交換時間が短くなるよう考慮されていること。

終わりに、コンピュータのオンラインシステムの増加及び各種情報制御システムの信頼性向上の要求によりCVCFインバータの需要は将来ますます増加していくものと考えられる。日立製作所は、今後ともよりいっそう信頼性の向上を図るとともに、ユーザーの批評を参考としながら、CVCFインバータの導入計画に際し、その一助となるよう努力を傾けたい。

参考文献

- 1) W. McMurray and D. P. Shattuck: A Silicon-Controlled Rectifier Inverter with Improved Commutation. AIEE Transactions, Vol. 80, Part I, p.p 531-42 (1961)
- 2) 上田, 前島ほか: 日立静止形無瞬断電源システム "HIVER-TER", 日立評論, 55, 573~578 (昭48-6)
- 3) 地福, 山崎ほか: 日立静止形無停電装置 中容量シリーズ「ハイバータ1000F」の開発, 日立評論, 57, 585~590 (昭50-7)
- 4) 松平, 岩田ほか: パルス幅変調インバータ, 日立評論, 55, 579~584 (昭48-6)