

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

Static Uninterruptible Power Supply System “HIVERTER-1000F”

日立製作所は、日立大容量静止形無停電定電圧定周波電源装置「ハイバータ1000」シリーズの改良形として、中・小容量電子計算機などの電源となる15～50kVA「ハイバータ1000F」シリーズを開発した。

主回路は、インバータの電源となるサイリスタ整流器に蓄電池の充電機能をも兼用させた浮動充電方式を採用し、制御装置の小形化とともに、キュービクルの縮小を図ったものである。

特性面ではソフトスタート、電流制御機能をもたせ、高効率、低ひずみ率、低騒音化を図っている。

地福順人* *Yorito Jifuku*

山崎泰広* *Yasuhiro Yamasaki*

斉藤範義* *Noriyoshi Saitô*

1 緒言

日立静止形定電圧定周波電源装置は、蓄電池と組み合わされて日立静止形無停電電源装置(以下、“HIVERTER”=「ハイバータ」と称す)として「ハイバータ3300」「同1000」,「同4000」と容量に見合った標準化系列として開発・製作・納入してきた。今回15～50kVA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用などの電源として適した主回路構成で、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負荷側過負荷保護方式の採用など、新技術を採り入れた新標準シリーズ「ハイバータ1000F」を開発した。以下、本シリーズの内容について報告する。

2 「ハイバータ1000F」の特長

「ハイバータ1000F」は、既に標準化されているシリーズ⁽¹⁾と同一設計方針にて計画されており、信頼性に最重点がおかれている点では全く変わりが無いが、その主な特長としては次の諸点が挙げられる。

(1) 高信頼度

本装置においては、並列冗長のない単機方式が基本であり、従って高信頼性を得るには、主回路については逆変換器(インバータ)には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減少を図った。また、操作及びゲート制御回路については、社内における十分な確認試験、適切なスクリーニング及びデバッグ、厳正な作業管理により高い信頼水準を確保している。このため、 4×10^4 時間以上のMTBF(平均故障間隔)が期待される。

(2) 高効率・高安定

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は、零力率までの広範囲の負荷力率変動に安定に動作し、内部インピーダンスが小さく、且つ転流損失が少ない方式である。このため、逆変換効率は85%以上(三相出力の場合)と極めて高い。また停電、復電などの入力側のサージ及び負荷急変に対し、電圧変動は3サイクル以内に回復し安定に動作する。

(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せずにゲート制御回路により停止、又は出力電流を限流し、ソフトスタートにより再スタートし、負荷端における事故分岐回路のしゃ断切り離しを可能としている。

(4) その他

低騒音(68ホン以下)、保守容易(ユニット化、トレイ化と制御回路小形一体化及び表示器具の適切化)、小形〔15kVA単相及び20kVA三相において幅750mm、高さ1,900mm、奥行1,300mm×2面(蓄電池を除く順・逆変換部一式)〕など、保守性や据付・搬入の便宜も十分に考慮されている。

3 「ハイバータ1000F」システム構成

「ハイバータ1000F」の理解を深めるために「ハイバータ3300」,「同1000」との比較において、その仕様・回路構成を説明し、操作・ゲート制御回路の構成と動作の概要について述べる。

3.1 標準「ハイバータ」の種類及び「ハイバータ1000F」方式

「ハイバータ4000」シリーズは、400Hz用無停電電源装置(以下、CVCFと略す)であるので別にし、50/60Hz出力用としての商用周波数出力のCVCFの仕様、用途について示したのが表1である。「ハイバータ1000」と「ハイバータ1000F」とでは容量系列において重なっているが、今後、中・小容量電子計算機用として小形、高性能、保守容易な「ハイバータ1000F」を推奨する。図1にシステム系統の比較を示す。同図により次のことが言える。

(1) CVCFの出力容量が50kVAと小さいため、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、充電器を兼用させたほうが主回路構成が容量で経済的である。

(2) (1)により、また単機方式を基本とするため、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、停止ができ主回路、及び制御回路の簡易化が可能となる。

(3) (1)により停電・復電時のシーケンスロジックが不要とな

* 日立製作所日立工場

表1 標準「ハイバータ」の種類 標準「ハイバータ」の仕様・用途の比較を示す。「ハイバータ1000F」シリーズは、中・小容量電子計算機の電源として最適である。

仕 様		種 類	「ハイバータ3300」シリーズ	「ハイバータ1000」シリーズ	「ハイバータ1000F」シリーズ
主 な 仕 様	特 長		大 形	中・小容量	中・小容量(浮動充電方式)
	定 格 出 力 (kVA)		75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500	10, 15, 20, 30, 50	15(単相2線式) 20, 50(三相3線式)
	定 格 出 力 電 圧 (V)		200, 210, 208, 220, 230	200, 210又は105, 110	200
	定 格 出 力 周 波 数 (Hz)		50又は60	50又は60	50又は60
	出 力 相 数		三相3線式 (三相4線可)	三相3線式(三相4線可) 又は単相2線式(単相3線可)	三相3線式 又は単相2線式
	交 流 入 力		200V三相3線式 (400V, 3kV, 6kV可) 50Hz又は60Hz	200V三相3線式 (400V可) 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) 又は220(180~260)	110 (90~130)
	蓄電池直列数		鉛: 136セル 焼結アルカリ: 230セル	鉛: 53/106セル アルカリ: 90/180セル	鉛: 53セル アルカリ: 90セル
主 な 用 途	電子計算機関係		HITAC 8000シリーズ IBM-360, 370シリーズ FACOM-230, 270 NEAC-2200, 3200 TOSBAC-5100, 5600 UNIVAC-490, 418-III BURROUGHS-L4000 MELCOM-80, 7000 ほか	特殊仕様品	HIDIC 150, 350 HIDIC 500, 700 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
	通信・計装・照明関係		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 水処理(上下水道) 石油化学プラント 発電電所 トンネル内照明 放送通信機器	

り、信頼性向上が図られ、且つインバータ出力の瞬時変動特性も従来方式より良好である。

など小容量の特長を生かし、浮動充電方式を採用した点が「ハイバータ3300」、「ハイバータ1000」と比較し大きな違いである。

3.2 ゲート シーケンス制御回路

3.2.1 ゲート制御回路

デジタル半導体集積回路(以下、ICと略す)としては、日立TTL:HD2500シリーズを採用するなど、基本的には「ハイバータ3300」に準じたが、以下、主な相異について示す。

(1) CVCF出力精度は、一般的に±1%で十分であるので水晶発振器の代わりに、ユニジャンクション トランジスタ(UJT)を採用した(高精度の要求に対しては、オプションとして水晶発振器も追加可能)。

(2) パルスアンプ部は、個別発振方式であり、扱うパワーが小さいため、発振周波数は100~500kHzと高周波化が可能である。

3.2.2 シーケンス制御回路

シーケンス制御回路としては、浮動充電方式のため大幅に簡易化されたが、

- (1) 過電流時のソフトスタート方式を採用した。
- (2) 発光ダイオード、ホットカップラ及びホールド リレーによ

る表示、シーケンス部の小形化を図った。

(3) 直流低電圧検知回路として、半導体無接点式を開発した(信頼性の向上)。

などである。

3.2.3 電源、その他

ゲート制御・シーケンス・表示用電源として約12kHzの高周波インバータを開発した。方式としては出力電圧を周波数調整により定電圧化する直列インバータである。12kHzではほとんど可聴領域から外れ、高周波による部品の小形化も図れる。その他、「ハイバータ1000F」の制御装置の特長としては、

(1) ゲート、シーケンス及びそれらの電源を小形一体化し、前面扉に取り付け、操作・保守の容易化を図った。

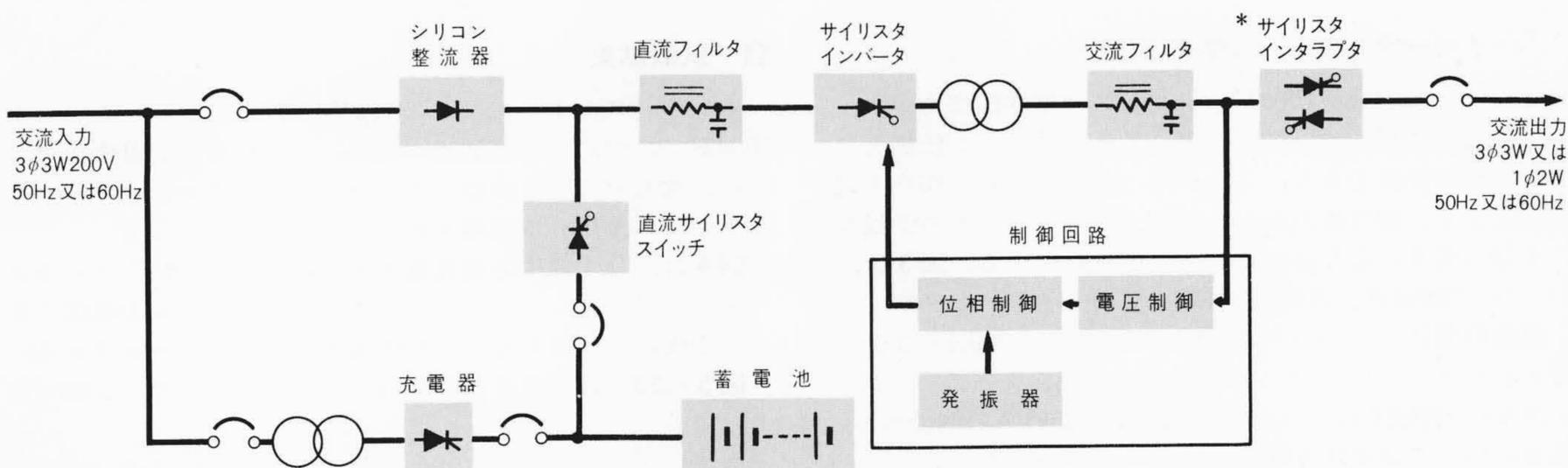
(2) リレー ドライバとして、オープン コレクタICを用いて縮小化を図った。

などを挙げる事ができる。

4 出力側過負荷保護

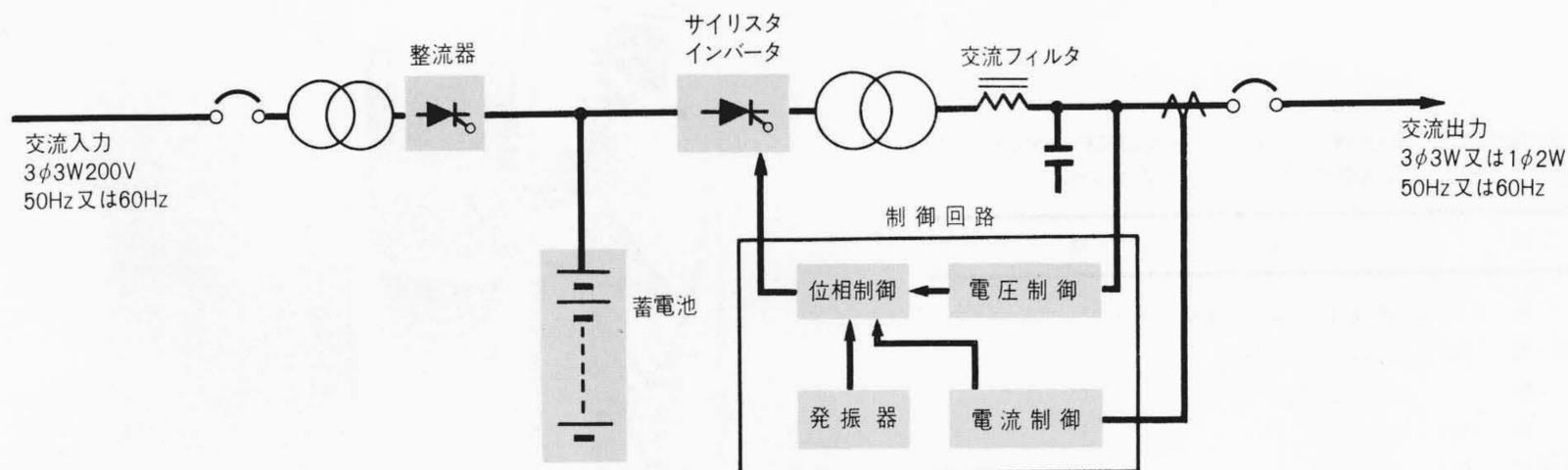
今回採用した出力側過負荷に対するCVCFの制御の考え方を示すと、

- (1) インバータの転流能力としては、150%以上の過負荷に対し転流できるものとする。



注：*サイリスタインタラプタは、「ハイバータ」1台設置の場合不要

(a) 「ハイバータ3300」、「ハイバータ1000」系統図



(b) 「ハイバータ1000F」系統図

図1 システム系統の比較 「ハイバータ3300」、「ハイバータ1000」と「ハイバータ1000F」の単線結線図による比較を示す。主回路構成が簡易化されていることが分かる。

(2) 負荷が過負荷になり150%以上となったとき、瞬時にこれを検知し遅れなくゲート信号の操作を開始する。すなわち、

(a) 図2に示す基本波側主サイリスタCR11, 同12及び移相波側主サイリスタCR21, 同22, 補助サイリスタCR23, 同24のゲート信号を過電流検知時点にて停止する。

(b) 基本波側主サイリスタCR11, 同12の過電流発生時点の通流側サイリスタを消弧するために、基本波側補助サイリスタCR13, 同14のいずれかを一定時間点弧する。

以上により、電源から負荷へのエネルギー源はしゃ断されたことになる。

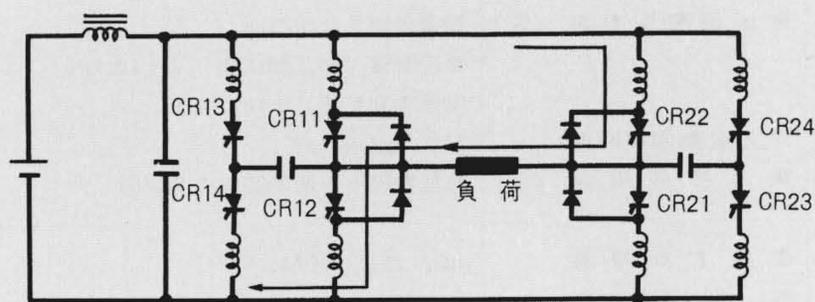
(3) 負荷・交流フィルタ回路に蓄積されたエネルギーが、インバータの主アームを通して減少しながら環流する。

(4) 一定時限後、インバータは最低出力電圧を発生するような制御状態でソフトスタートする。このとき、インバータ出力端の短絡が軽い(実際の短絡個所が装置から相当離れており、インバータ最低電圧では150%過電流とならない)場合には、インバータはそのまま再運転され、定電圧制御のほかに定電流制御が働き、例えば出力電圧85%, 出力電流120%のような電流制限回路が働いて約10秒間運転され、負荷側故障分岐回路のしゃ断器のトリップ又はインバータの出力不足電圧でインバータ停止となる。また出力端の短絡が重い場合には、ソフトスタート瞬時に再び150%以上の電流となり、再度(2)に示すゲート動作が繰り返される。

上記(1)~(4)は動作原理の概要を示したものであり、実際には主及び補助サイリスタのパルス幅とターンオフ時間により決定される時間のインタロックなど細かい注意が払われている(特許出願申請中)。

日立インバータの主回路部は、各アームごと独立にスイッチ機能があるため、ゲート制御方式の並用により高度な制御が可能となる。しかも、ゲート制御回路には動作速度10ns程度の高速デジタルICが採用されており、高速事故電流しゃ断を確実なものとしている。

ユニットインバータの構成



注：CR11, 同12 基本波主サイリスタ
CR13, 同14 基本波補助サイリスタ
CR21, 同22 移相波主サイリスタ
CR23, 同24 移相波補助サイリスタ

図2 過電流発生時の動作 ユニットインバータの構成を表わし、矢印は負荷電流の通流経路を示す。

5 「ハイバータ1000F」の標準仕様

表2に「ハイバータ1000F」シリーズの標準仕様を示す。
*印で示した仕様については変更、又はオプション仕様として追加可能な仕様であり、これ以外に各種バイパス切換方式が追加できる。更に遠方からの制御、遠方への信号の受授など、十分に要求に応じられるよう考慮されている。図3は、「ハイバータ1000F」の外観を示す(右側：インバータ盤、左側：整流器盤)。インバータ盤正面は操作時のみ開閉する小扉で覆われたゲートシーケンス部・操作部と、メータパネル・表示部とから構成されている。同図は単相15kVAの例である。蓄電池については本体と同様、日立「ハイバータ」シリーズに共通のレーザー トーン塗装の盤内収納形も可能である。

表2 「ハイバータ1000F」標準仕様 「ハイバータ1000F」シリーズの標準仕様を示す(*は変更可能)。主回路構成を簡易化し、寸法減少が図られている。

区分	項目	仕様
交流入力	定格電圧 (V)	200/220*(440, 100など可能)
	電圧変動範囲 (%)	±10以内(定常時)
	相数	三相3線式
	周波数 (Hz)	50又は60
	周波数変動許容範囲 (%)	±5以内
直流入力	定格電圧 (V)	110
	電圧変動範囲 (V)	90~130
交流出力	蓄電池直列数	高率放電鉛電池：53セル, 焼結式アルカリ電池：90セル
	定格出力 (kVA)	15, 20, 50
	定格	100%連続, 150% 3秒
	定格電圧 (V)	200
	電圧整定精度 (%)	±2以内
	相数	単相2線式(15kVA), 三相3線式(20kVA, 50kVA)
	定格周波数 (Hz)	50又は60
	周波数精度 (%)	±1以内* (±0.01以内可能)
	定格負荷力率 (p.f)	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30にて5以内
	その他	準拠する規格
周囲温度 (°C)		0~40 (ライトブルー, 2.5PB 6/3.8)
周囲湿度 (%)		30~90
設置場所	屋内(塵埃, 腐食性ガスなく清浄)	
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	
寸法(停電補償時間5分の場合) (mm)	2面(15kVA単相, 20kVA三相), 4面(50kVA三相), 1面：幅750×奥行1,300×高さ1,900 (但し, 蓄電池を除く)	

6 試験結果

本シリーズの1号機である15kVA単相出力「ハイバータ1000F」について各種試験の結果、いずれも設計計画値を十分に達成したことを確認した。以下、これらの詳細につきオシログラムを用いて説明する。

図4は、ひずみ率を直流電圧と負荷の力率(p.f)をパラメータとしてプロットしたものである。これから入力電圧、負荷の全変動範囲に対し、十分仕様を満足することが分かる。

図5は50~80%の負荷急変時のオシログラムで、±10%以

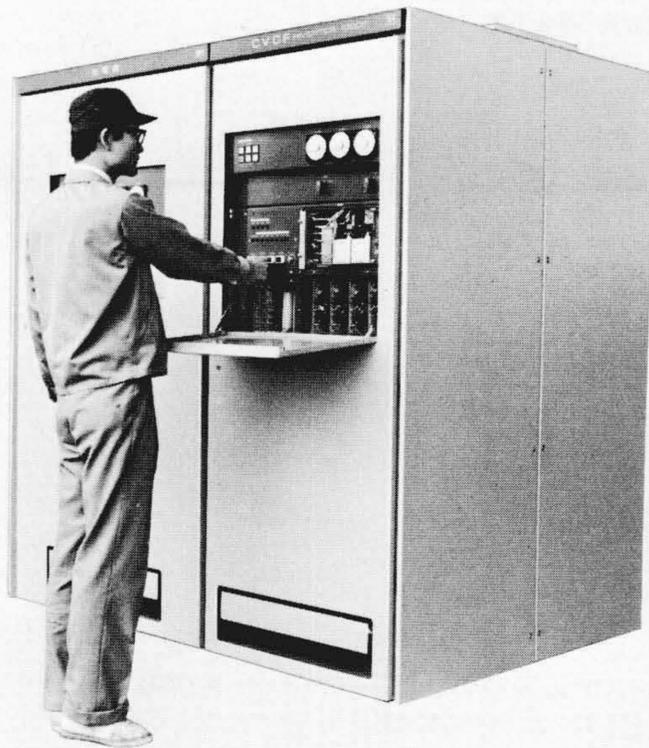


図3 「ハイバータ1000F」 「ハイバータ1000F」の15kVA単相200V出力の一例を示す。

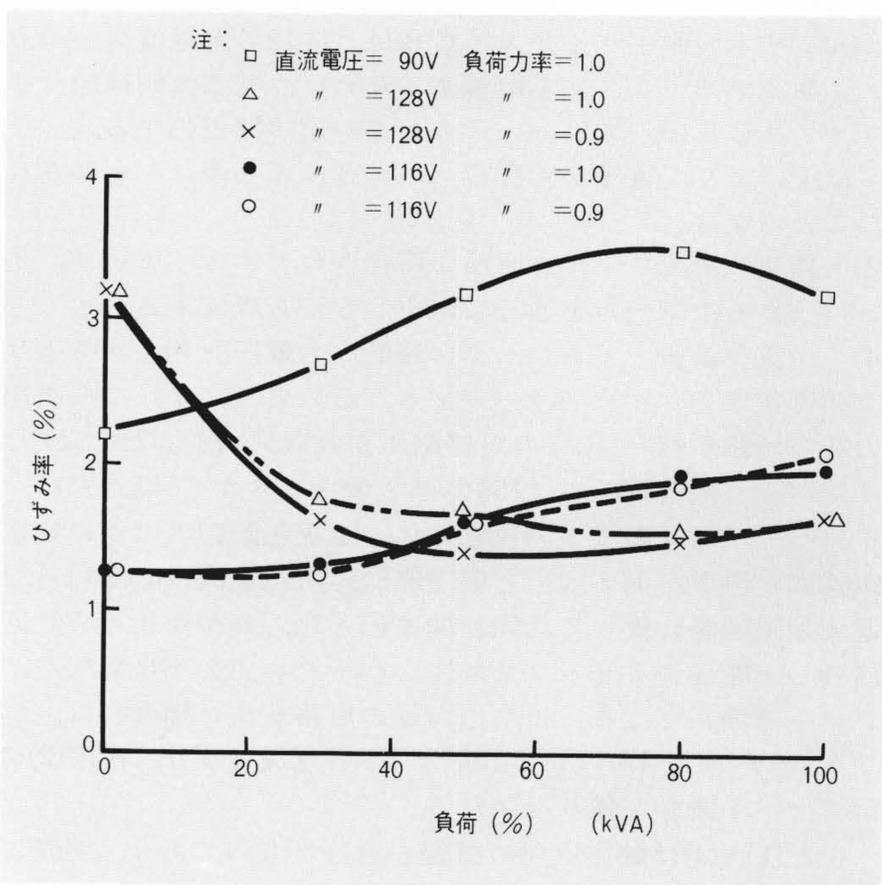


図4 負荷及び直流電圧とひずみ率の関係 直流電圧、負荷力率をパラメータとしたひずみ率と負荷関係を示し、浮動充電状態ではひずみ率はほぼ2%以内であることが分かる。

内、回復サイクル5サイクル以内となっている。

図6は図5と逆の80%→50%への負荷急変で仕様を満足している。図7は200%過負荷としたとき、156%の瞬時値で過電流検知回路が働き、約1秒後再スタートし出力電流140%で限流回路が働いて安定に運転している動作例を示している。出力電圧が82%に低下しており、シーケンス的には再スタート後約10秒にてインバータは停止する。この間に負荷端の分

岐しゃ断器が故障を自動しゃ断させるものである。

図8、9には停電・復電テストのオシログラムを示す。特に復電時は直流電圧の変化が緩慢であり、CVCVF出力端には電圧変化が生じない。図10には主サイリスタゲートにノイズが混入し、誤点弧を想定した転流失敗時の波形を示している。このときのしゃ断電流波形からも、転流失敗に対するヒューズとサイリスタの過電流保護協調が十分であることが分かる。

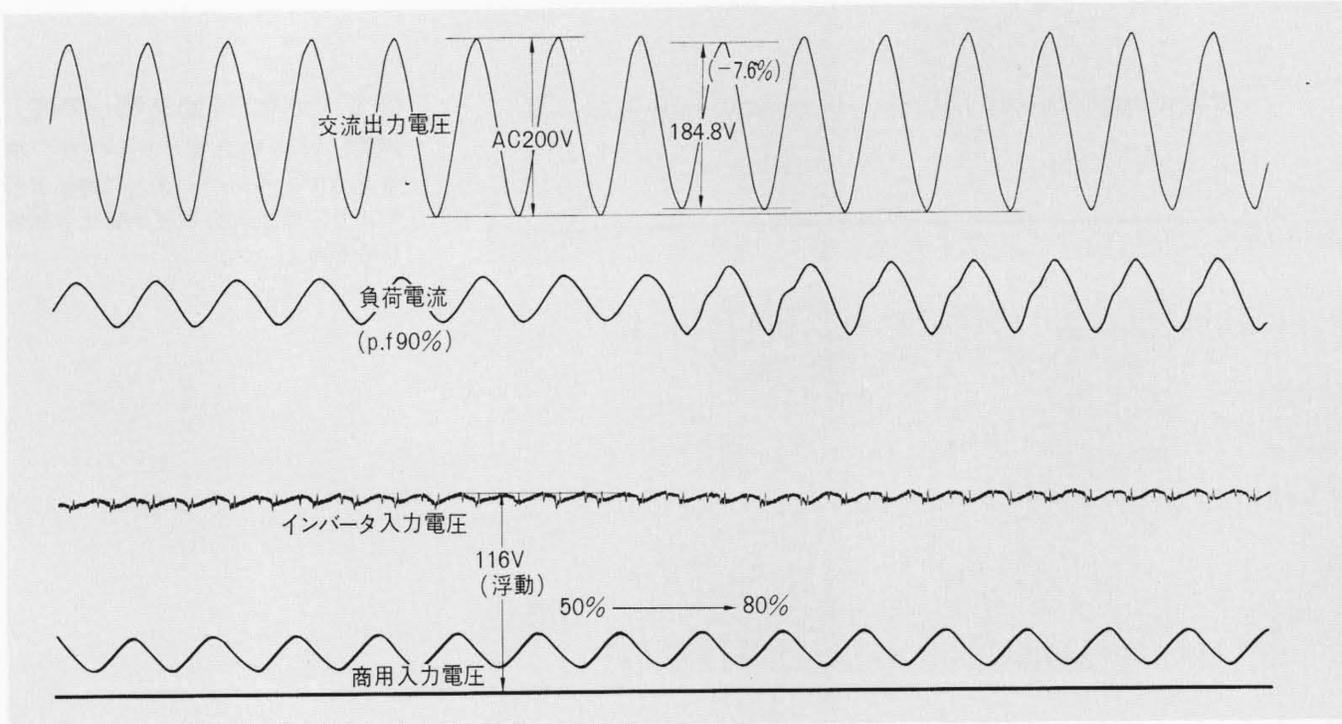


図5 負荷急変試験 50%→80%の負荷急変の場合を示す。出力波形には異常なハンチングなどがなく、良好であることが分かる。

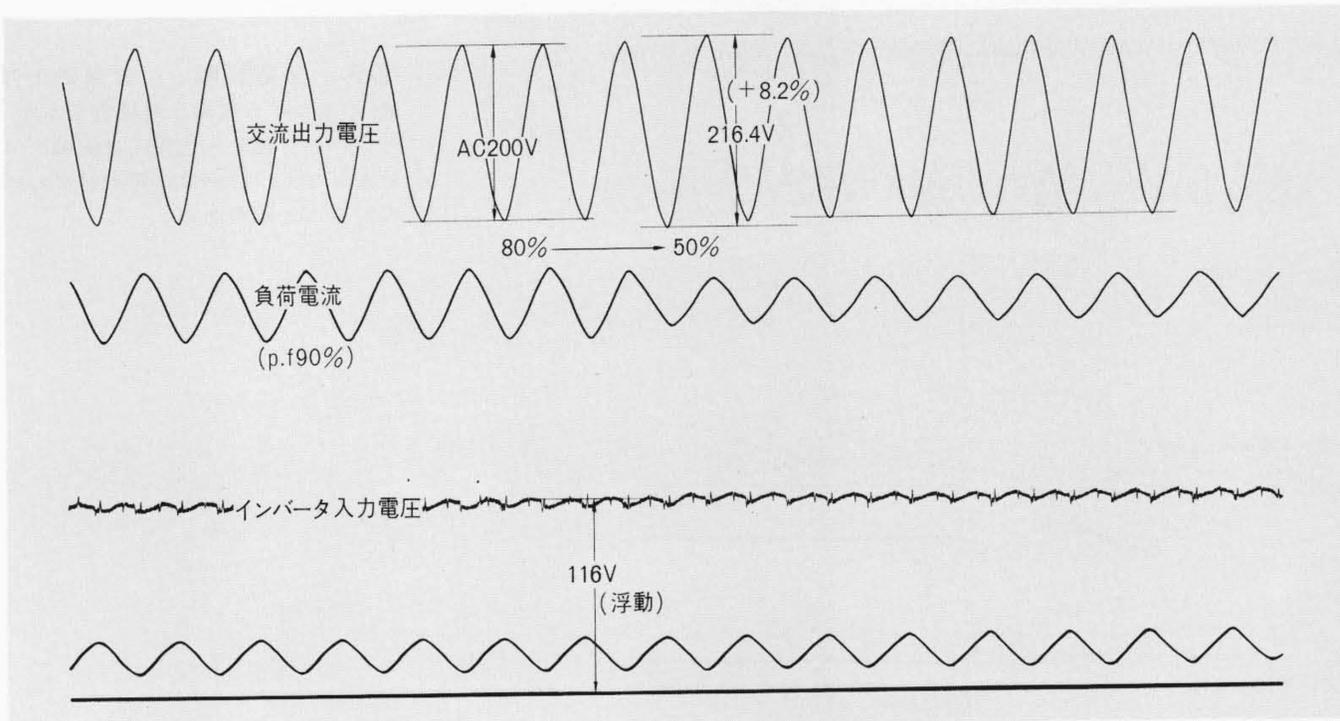


図6 負荷急変試験 80%→50%の負荷急変の場合を示す。

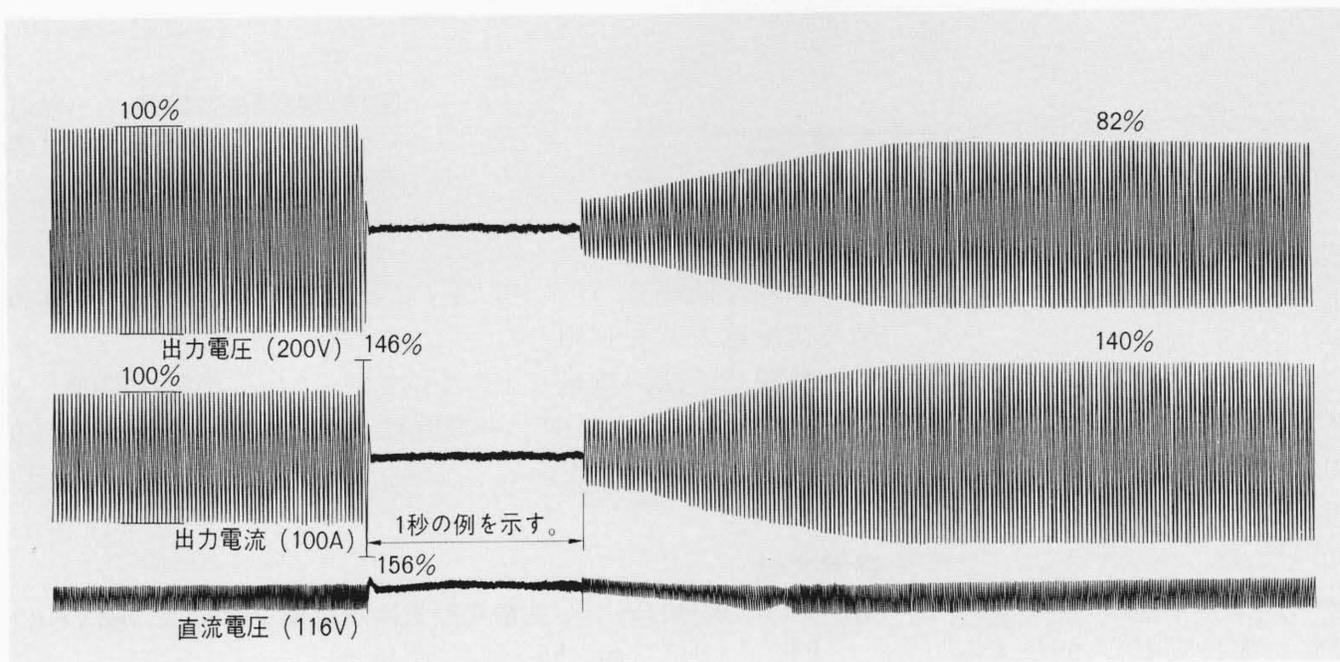


図7 過負荷試験 定格負荷より200%過負荷とした場合を示す。ソフトスタートにより安定な限流動作をしていることが分かる。

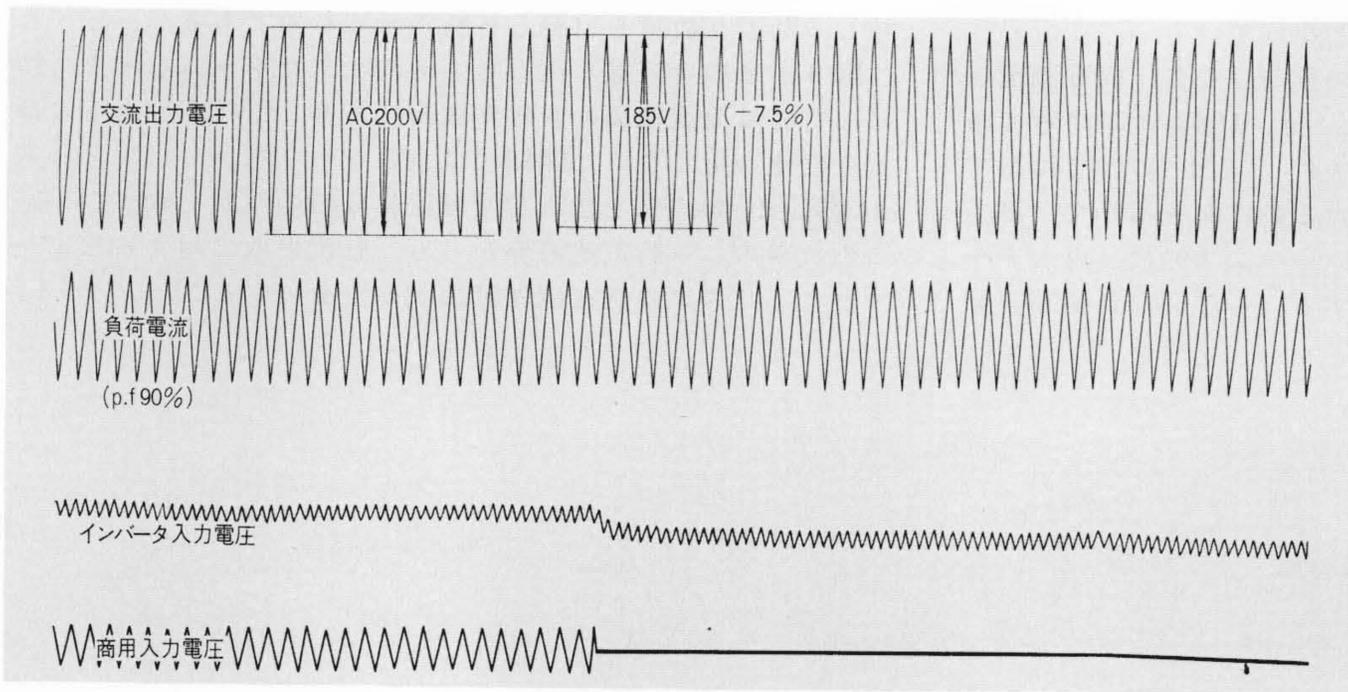


図8 停電(浮動充電→停電)
試験 浮動充電からの停電の場合を示す。インバータ入力電圧波形により、直流入力電圧の変化の状態が分かる。

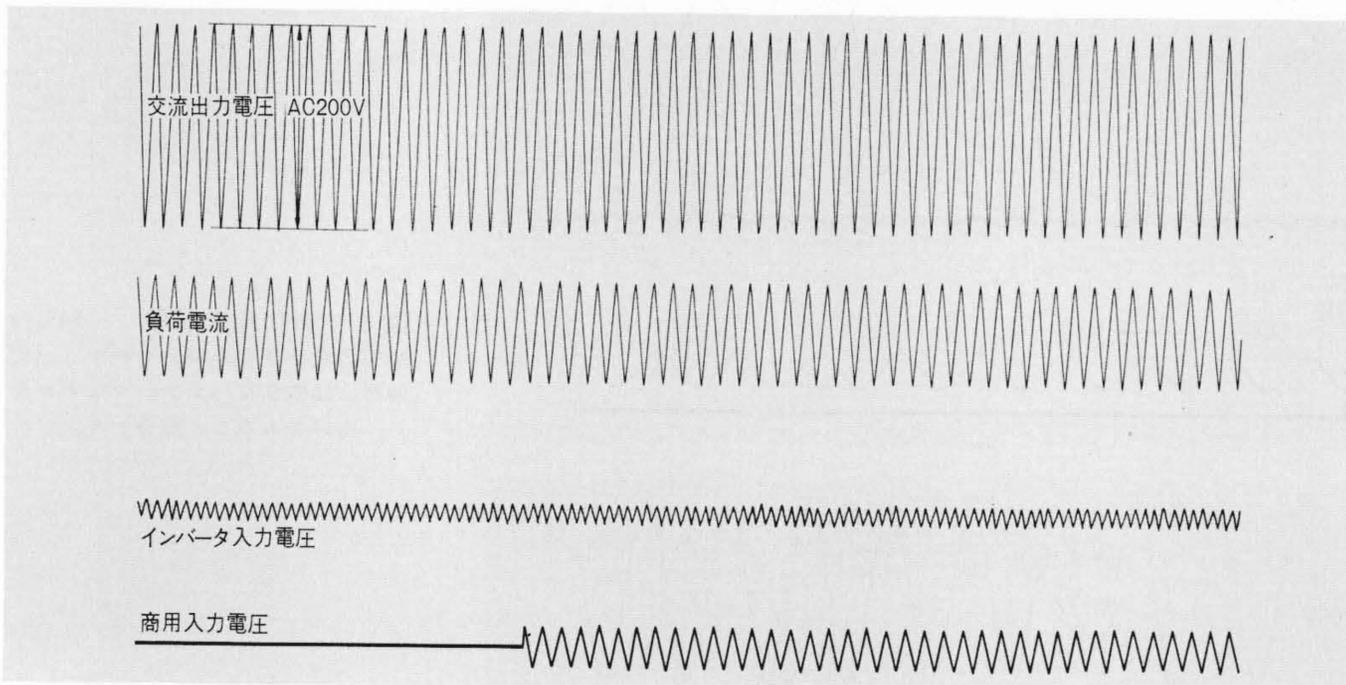


図9 復電試験 放電終止付近DC 92Vから復電した場合を示す。インバータ直流入力電圧の変動がほとんどなく、良好な復電が行なわれていることが分かる。

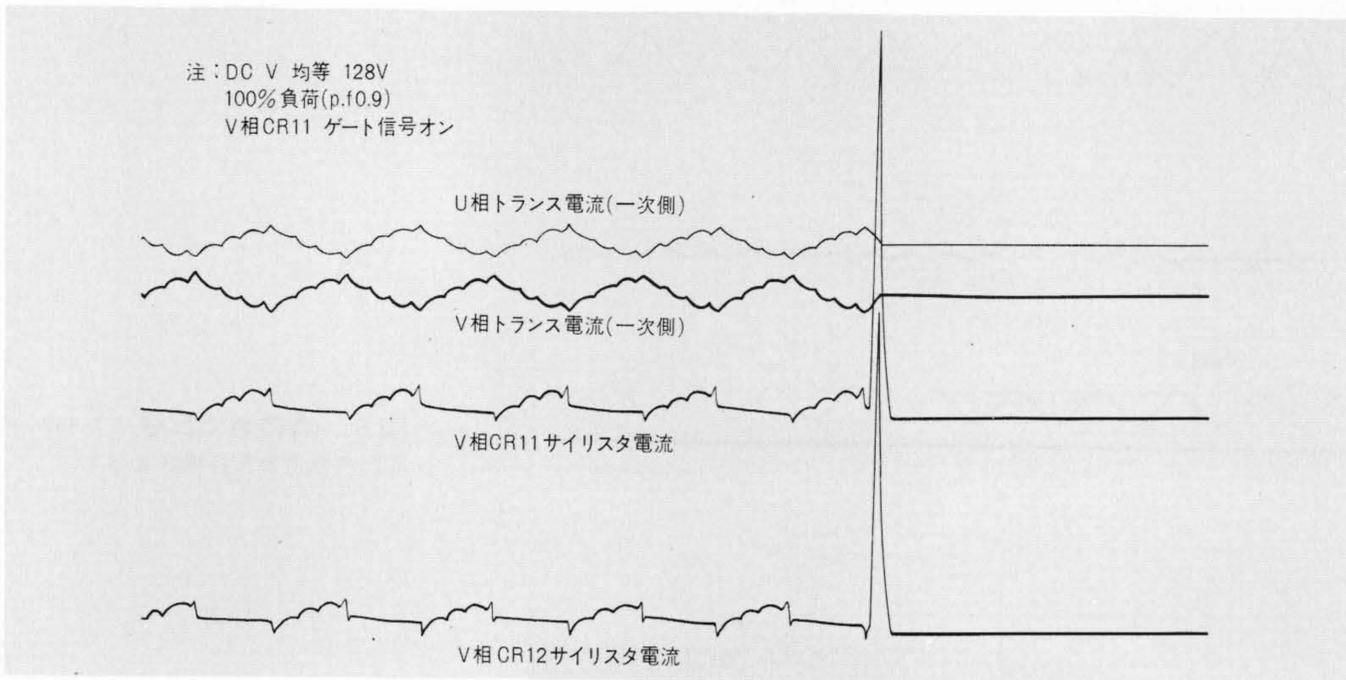


図10 転流失敗試験 V相CR11サイリスタに誤信号を印加し、転流失敗させた例を示す。

7 結 言

- 以上、「ハイバータ1000F」について述べたが本装置は、
- (1) 15~50kVA電子計算機用無停電電源として最適であり、信頼性もMTBFとして 4×10^4 時間以上が期待できる。
 - (2) 主回路・シーケンス及びゲート制御回路を簡易化、小形化するとともに、操作・保守性を向上した。
 - (3) 特性・性能面では、大容量「ハイバータ3300」に準ずる優れたものであり、特に高効率(87%:変換効率)、低ひずみ

率(3.5%)、低騒音(70ホン以下)で更にゲート制御回路による過負荷保護方式を採用した。

- (4) 外観、寸法、重量などについては、「ハイバータ3300」と同一とし、「ハイバータ」の範囲拡大にそのままつなげる取り扱い容易な装置とした。

参考文献

- (1) 上田、前島ほか「日立静止形無瞬断電源システム“HIVERTER”」日立評論 55, 573 (昭48-6)