

# 静止型無停電電源システム

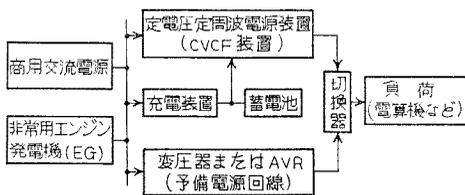
正員 重里 勲

東京芝浦電気株式会社府中工場

## 1. まえがき

通常の無停電電源システムは、商用交流電源を主体とし停電時には併設された非常用エンジン発電機(EG)によって交流電源を確保する。しかしこの方式は主電源から予備用発電機への切換えに数十秒もしくはそれ以上の時間を要して無瞬断の電源とはならず、また電圧の過渡変動や周波数精度について厳しい制約のある負荷には適さない。

一般に電算機用電源、放送通信用電源、航空管制用電源、その他各種工業における重要な計測制御用電源などは、商用交流電源が停電しても無瞬断でかつ、電圧、周波数ともに安定な電源であることが要求される。このような無停電電源(Uninterruptible Power Supplies, UPSと略称)の基本的な構成を第1図に示したが、これは充電装置と蓄電池を設け商用電源の停電時に蓄電池を定電圧定周波(CVCFと略称)電源装置に接続し、直流電力を安定した交流電力に変換して負荷に電力を供給するものである。蓄電池による運転は普通5~15分程度とし、その間にEGを起動する。またCVCF装置の故障時には商用予備回線に切換えるようになっている。CVCF装置として従来は、回転型が用いられたが最近では効率、騒音などの諸特性や保守、すえ付けなどの自由度の面で優れるサイリスタインバータ式の静止型電源にほとんどかわってきている。電算機の発展にともない、この静止型無停電電



第1図 定電圧定周波無停電電源システムの基本構成

源装置の製作量が近年飛躍的な伸びをみせ、一方、オンライン化が進んで電源に対する高信頼化の要求がますます厳しくなっており、第1図の単純なシステムからCVCF装置の並列冗長システムまで多様化してきている。ここでは静止型無停電電源システムを計画する場合などの参考とするため、システムの構成やCVCFの適用方法、回路方式、蓄電池の選び方などについて紹介することとする。

## 2. 無停電電源装置のシステム構成

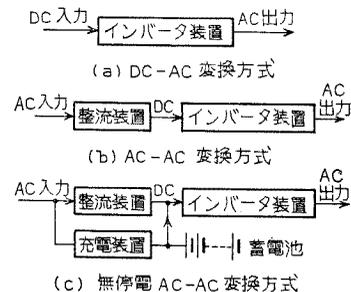
### <2.1> CVCFの基本構成

(1) DC-AC変換方式〔第2図(a)〕 約30kVA以下の比較的小容量のものに用いられ、CVCF専用の蓄電池を設けずプラントの蓄電池から無停電安定化交流電源を得る方式であり、経済的であるが蓄電池の電圧変動に注意する必要がある。

(2) AC-AC変換方式〔第2図(b)〕 商用交流電源から負荷側が必要とする高精度、高安定度の電圧、周波数の電源を得る方式である。しかしこの方式はCVCFの機能はあるがUPSとしての機能はなく、交流入力that停電すると交流出力も停電するのでバッチシステムなどに用いられる。

### (3) 無停電AC-AC変換方式〔第2図(c)〕

この方式は交流入力that停電した場合、蓄電池から直

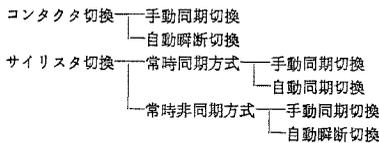


第2図 静止型CVCFの基本構成

流電力の供給をうけて負荷に無停電で安定化電力を供給することができ、UPS の最も典型的なものである。

基本システムとしては上記の3方式があるが、注意しなければならないことは、これらの基本システムの信頼度はいずれも CVCF 単体の信頼度にかかっており、単に CVCF 本体の信頼性を向上させるだけではいかなる事態に対しても無停電で負荷に電力を供給できるシステムとはなりえないことである。このためにオンラインシステムのような場合は、次に述べるような CVCF 装置と商用電源との並列切換え、CVCF 装置の並列運転、並びにこれらの組合せ方式などが採用される。

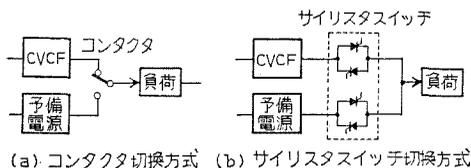
〈2.2〉 商用予備電源との切換え方式 商用予備電源と CVCF 装置との切換え方式には第3図に示すようにコンタクタ式とサイリスタスイッチ式があり、切換え時の状況によって次のように分類されている。



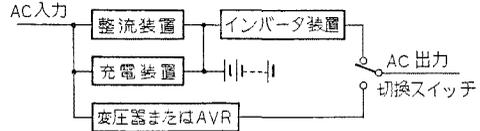
コンタクタ切換え方式は簡単で信頼度も高いが、一般に数サイクル程度の瞬断は避けられない。サイリスタスイッチ切換え方式のうち常時同期方式は CVCF 装置の出力電圧が常に予備交流電圧と同期して同相かつ同一電圧になるように制御されるので、CVCF 装置の故障時には無瞬断で予備側に切換えできる。しかし周波数は予備電源に追随することになるので定周波特性は悪くなる。常時専用の発振器で駆動される常時非同期方式は、周波数精度は良いが予備電源と同期していないため故障時の切換えには 0.5~1 サイクルの瞬断を伴う。

〈2.3〉 予備用バックアップ電源付きシステム

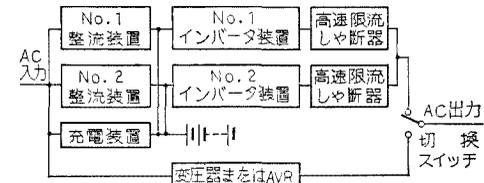
第4図に一例を示す。バックアップ電源としては、変圧器または AVR (各種定電圧装置)、IVR (誘導電圧調整器) などが用いられる。CVCF 装置故障時に自動切換えを行なって全負荷が予備側に移ったとき、AVR 装置などは比較的内部インピーダンスが大きいので電圧降下も大きく、無瞬断切換えを行っても負荷の許容する瞬時変動幅を上回ることになって、結局はシステ



第3図 商用電源との切換え方式



(a) 無停電バイパスシステム



(b) バイパス付き CVCF 2台並列冗長システム

第4図 予備電源付き CVCF システム

ムダウンを生ずることになりかねないので負荷との協調には十分注意する必要がある。第4図(b)の方式では、1台のインバータが故障しても故障機はサイリスタ式高速限流しゃ断器で 100μs 程度の高速で切離されるのでシステムとしての信頼度は向上する。

〈2.4〉 並列冗長システム 信頼性用語<sup>(4)</sup>という冗長性とは、「規定の機能を有するための要素または手段を余分に付加し、その一部が故障しても全体としては故障とならない性質」をいい、並列冗長とは「二つ以上の要素または手段により負荷を分担して動作する冗長性」を意味する。第4図(b)および第5図に並列冗長システムの一例を示すが、一般に負荷に要求される容量が (n-1) 台で足りる場合、1台を追加して n 台の並列運転とする。オンラインシステムではほとんど例外なく並列冗長システムが採用される。

並列冗長システムにおいては故障部分を修復しながら使用できるので、システム全体としての故障率 P、稼働率 A は修復時間を短くすることによって改善することができる。これらの関係は次のように表わされる。

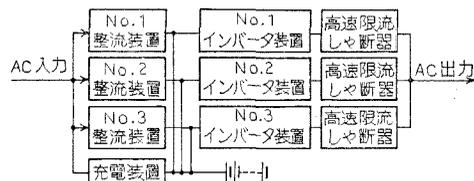
単位時間当たりの故障確率

$$P = \sum_{k=n-m+1}^n \{nC_k \cdot \lambda_p^k (1-\lambda_p)^{n-k}\}$$

システム稼働率

$$A = (1-P) \times 100(\%)$$

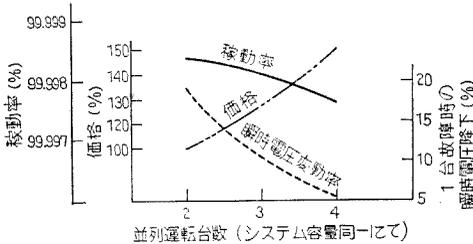
ただし、 $\lambda_p: \lambda \cdot \rho$  ( $\rho$  = 平均修復時間)



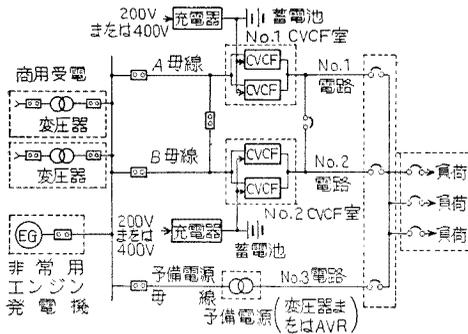
第5図 CVCF の3台並列冗長システム

$\lambda$ : 単位 CVCF の故障率(=1/MTBF)  
 $m$ : システムとして必要な最低運転台数  
 $n$ : 常時の並列運転台数

CVCF 単体の MTBF は  $10^4$  オーダの時間であり、いま  $\rho=24$  時間と仮定して並列運転台数 2~4 台、故障機 1 台切り離し可の条件で稼働率を求め、経済性、その他の特性と一緒に比較して示すと第 6 図のようになる。もし修復時間を 2 時間に短縮できれば、理論的に 99.9999% の稼働率も不可能ではない<sup>(2)</sup>。なお、故障機切り離し時の出力電圧変動幅を少なくするには並列台数の多い方がよいが、経済性と稼働性、保全性も含めどの特性を重視するかによって最適システムを決



第 6 図 並列冗長システムの諸特性比較の一例



第 7 図 母線に重複性をもたせた CVCF システム

定すべきである。従来の実績では 2~4 台並列が最も多い。

〈2.5〉 母線系統の高信頼化 特に重要度の高いシステムにおいては、単に CVCF 装置を並列にするだけでなく天災、人災なども考え、受電部、給電部を含めて供給信頼度の高い方式とすることが必要である。第 7 図はその一例を示したものであり、並列冗長方式を 2 システム設け、受電用母線、負荷への給電回路、予備電源回路をそれぞれ独立して設置するなどすべて複数方式がとられている。電力通信用電源、原子力発電所の計測制御用電源などに用いられる。

〈2.6〉 無停電電源システムの計画手順 第 8 図の手順に従って検討し、将来計画も含めた最適システムとすることが必要である。

### 3. 回路方式

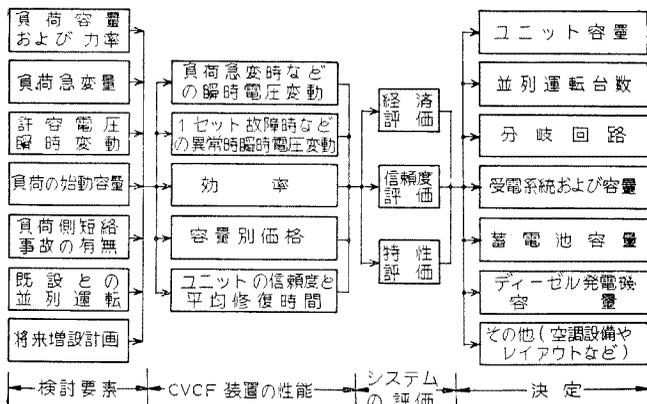
〈3.1〉 主回路構成 第 9 図に主回路接続図を示す。交流入力電源が正常なときは整流装置と直流フィルタにより平滑な直流電圧を得、これをインバータ装置により交流電圧に変換する。

一方、蓄電池は充電装置により充電状態に保たれる。高速しゃ断器は 1 台運転の場合は必ずしも必要ではない。また交流電源の停電を検出して直流スイッチを導通せしめ、整流装置にかわって蓄電池から直流電力を得る。このように交流電源が正常なときは第 9 図の矢印①で示す方向に、また異常時には②で示す方向に電力が供給される。

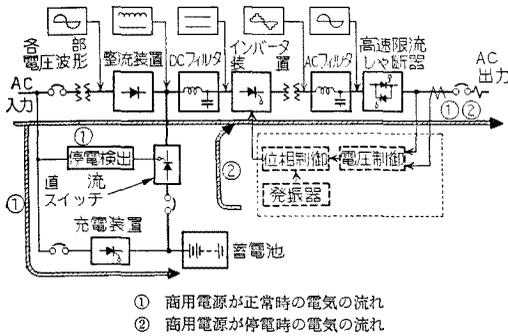
サイリスタ式 CVCF 装置は、現在市場に普及しているものは単器小容量器で 10~30 kVA、中大容量器で 50~300 kVA のものがある。周波数精度は  $\pm 0.1\%$  (水晶発振器では  $\pm 0.001\%$  が可能)、波形ひずみ率 5% 以下、出力電圧精度は常時  $\pm 2\%$ 、瞬時変動  $-8\%$

$\sim +10\%$ 、応答時間 3~8 サイクル程度が普通である。この種の装置では、これらの性能を少し上げると価格が格段に上がるので、電算機その他の負荷の性質をよく調べ、電源と負荷が調和のとれたものとしなければならない。効率は中大容量器で 83~90% 程度が得られる。

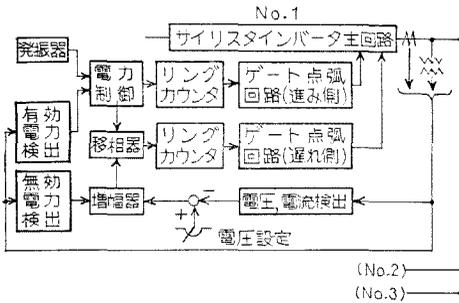
〈3.2〉 制御回路 インバータ装置のゲート制御部、高速しゃ断器制御部、直流スイッチ制御部の三つよりなる。ゲート制御部は第 9 図の破線内に示すように発振器、位相制御回路、電圧制御回路から成り、これらは最近ではほとんど IC 化されている。並列運転ではゲート制御



第 8 図 無停電電源システムの計画手順



第9図 サイリスタ式 CVCF 装置の構成図



第10図 CVCF の並列運転制御回路の一例

回路部を Two Out of Three (2/3 多数決回路) の多重冗長方式として特に高信頼化設計を行ない、一組のゲート制御回路で多数台の並列インバータを駆動する共通ゲート制御方式と、特に多重冗長方式とはしないがインバータ個々にゲート制御回路を設けた個別ゲート制御方式、およびそれらの組合せ方式などがある。個別ゲート制御方式では第10図に示すように負荷分担のための電力制御回路、横流を制御する無効電力制御回路が付加される。

4. 非常用発電設備

商用電源の停電時の対策として自家発電設備をするのが普通であり、一般非常用と共用する場合と単独設置する場合があるが、容量が小さい場合は一般非常用負荷に影響されることがあるので単独設置の方が望ましい。発電機の選定には次の点を考慮し計画することが必要である。

- (1) ディーゼル機関は高過給率のものをさける。
- (2) 中速回転のものを選定する。
- (3) 発電機容量に余裕をもたせるか電圧降下の少ないものを採用する。

5. 蓄電池設備

蓄電池設備は無停電方式に不可欠であるが、経済的

第1表

	焼結式アルカリ蓄電池	高率放電型鉛蓄電池
蓄電池室	不要	要
換気方式	一般換気と共用	別系統
寿命	10~15年	7~10年
経済性	やや高い	安価
占有面積	約40~50%	100%
重量	ほぼ同じ	100%
特性	非常に良い	良い

にも占有面積的にも比重が大きく鉛蓄電池の場合設置条件から制約を受けることが多い。一般に使用される蓄電池は焼結式アルカリ蓄電池と高率放電型(超急放電型)鉛電池とがあり、前者は高価であるが設置場所の占有面積が極めて小さく、蓄電池室を必要とせず最適である。後者は経済性に主体がおかれ蓄電池室が確保できる場合に採用され、寿命は若干短い。しかし電算機のライフサイクルを考えて後者を選ぶことも多い。

両者の長短を比較すると第1表のとおりである。

6. あとがき

本稿は無停電電源システムのごくあらましを述べたにすぎないが、各部の詳細については末尾の文献<sup>(9)~(11)</sup>を参照されたい。静止型無停電電源装置は、電算機時代の要請をうけて今後ますます高信頼化、高性能化、大容量化、外形寸法の小型化、保全性のよさを求めて発展してゆくものと思われる。

なお、CVCFの規格は現在電機工業会(JEM)、電気学会(JEC)で審議中であり、IECでは審議を終わって近く正式に発行される運びにある。UPSの規格はIECで近く審議が開始されようとしており、国内においても同じ動きがとられるものと考えられる。

(昭和50年1月8日受付)

文献

- (1) 日本工業標準調査会: JIS Z 8115-1970 (信頼性用語) p. 4 (昭45)
- (2) S. Watabe: IEEE Power Semiconductor Conf. 2-11 (1972-5)
- (3) 真壁: 東芝レビュー 25, 10, 1293 (昭45-10)
- (4) 渡部: 同 上 25, 12, 1530 (昭45-12)
- (5) 真壁, 外: 同 上 27, 7, 621 (昭47-7)
- (6) 川端, 外: 同 上 28, 7, 779 (昭48)
- (7) 電気学会電力技術研究会資料 ET-74-1~5 (昭49-1)
- (8) 山田, 外: サイリスタエレクトロニクス 3 (昭49-2) 丸善
- (9) 佐々木: 基礎システム工学 (昭47-2) 共立
- (10) 上妻, 外: 明電舎時報 No. 109, 15 (昭48-2)
- (11) 川畑, 外: 三菱電機技報 45, 11, 1484 (昭46-11)