

UPS の現状と今後の技術展望

定由 征次(さだよし せいじ)

星 敏彦(ほし としひこ)

美齊津 陽(みさいづ あきら)

① まえがき

わが国の産業構造、社会構造は、製造業中心、ハードウェア志向、輸出志向型から社会資本の蓄積（特に、情報インフラストラクチャの整備）と、個と全体の調和を基調とした豊かな社会をめざして、高度な情報化社会へと急速に変貌を遂げつつある。

この背景には、シーズとしての個別技術の高度な発達と、ニーズ、価値観の多様化（グローバル化を含む）があり、産業界にはこれらに対応した新しい企業コンセプトの確立が求められている。この個と全体の調和を達成するために不可欠な課題は、産業の情報化装備であり、現在の社会が「高度情報化社会」へ向かっていると言われるゆえんもある。

高度情報化社会は、これを支えるシステムが高い信頼度で運用され、これを利用する人々から信頼されることなしには成立しない。そのために通信装置やコンピュータのみならず、これらの設置環境、電力供給システムなどすべてにわたって信頼度が高くかつ経済的であることが必要である。これは単に機器が高信頼度であるばかりではなく、運営管理の信頼度を含む総合的なものであることが必要である。

富士電機は、総合電機メーカーとして、コンピュータの出現と時を同じくして、高信頼度電源システムの研究開発活動に着手し、現在の情報化社会の構築に貢献してきた。

富士電機の無停電電源装置(Uninterruptible Power System, 略して UPS または UPS システムと称している)事業は「顧客とともに高い信頼性をクリエイトする」をフィロソフィとし、単に UPS 単体の技術開発、製造、提供をすることだけが課題ではなく、計画からアフターサービスまでのすべてにわたって協力し、最適なソリューションを提供することを使命と認識している。

この事業フィロソフィに基づき、富士電機は、単に UPS の特性の改善のみならず、いち早くコンピュータ負荷の問題を取り組み、さらには電源側の問題の解明を行い、多くのノウハウを顧客各位に公開し、トップメーカーとしての役割を果たしてきた。

本特集号では、富士電機の UPS システム(CVCF 電源装置)の現状を紹介し、併せて顧客各位のご理解となお一層のご指導をお願いする次第である。

② UPS システムの役割と必要性

2.1 社会システムと信頼性

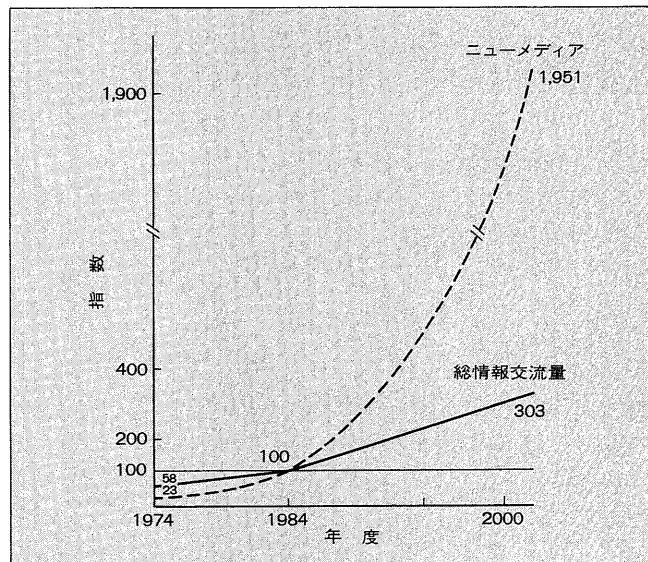
コンピュータや通信技術の発展は、われわれの日常生活に大きな変革を与えるつある。その最たるもののは、

- (1) キャッシュレス社会の実現
- (2) 情報の伝達の正確さと迅速性の実現
- (3) 各種のオートメーションの実現

の中に大きな変貌を見て取ることができよう。さらに今後は人工頭脳などで推論をし、問題を解決するシステムなどが予測されている。

われわれの社会が、このような新しい手段を採用し発展してきた背景には、これらの手段が社会的にみて公正であり、十分に信頼するに足る実績を世に示してきたからである。

図1 情報交流量予測



定由 征次

昭和33年入社。施設用電源設備(主として UPS)の技術企画に従事。現在、システム事業本部設備機器統括部技術部主席。



星 敏彦

昭和35年入社。パワーエレクトロニクス製品の開発設計に従事。現在、東京工場電源機器部長。



美齊津 陽

昭和42年入社。無停電電源装置などの電源装置設計に従事。現在、神戸工場設計部長。

図1に、国土庁がまとめたわが国情報交流量の将来予測を示す。1980年代以降急速に増加し、わが国は情報化時代の真っただ中にあり、さらに今後の急増が予測される。

これらの情報システムの信頼性を考えるとき、コンピュータなどの情報機器が高い信頼性を有することはもちろん重要であるが、このコンピュータを設置する環境、特にコンピュータ用電源は必要欠くべからざるもので、一瞬の停電でもコンピュータは停止することになり、商用の電力が停電してもコンピュータへ供給する電気は停電させないようなUPSシステムが重要になってきている。

2.2 商用電力の質とUPSシステム

電気が停止すると、コンピュータが停止することは論をまたないが、コンピュータが安定に動作するために必要とされている電気の質は、他の機器が必要としているものに比べてきわめて厳しい。⁽¹⁰⁾ 図2は、コンピュータの許容電圧変動とその電圧変動の継続期間の関係を表すもので、この許容範囲の電源を供給しなければならず、良質の電気が求

図2 コンピュータの電圧許容範囲

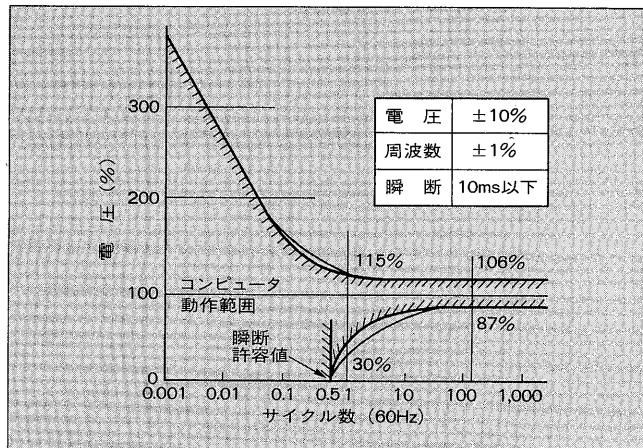
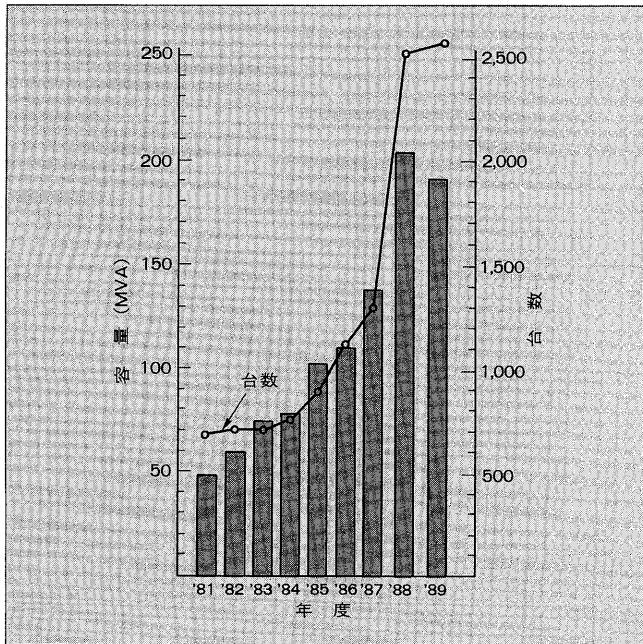


図3 UPSの納入実績(10kVA以上)



められている。

わが国にあっては、電力会社の供給信頼度の改善努力により、工事などによる予告停電を含めて長時間の停電はほとんどなくなりつつあるが、このような状況にあってもなおコンピュータから見たときには電気の質が不十分な場合がある。すなわち、われわれの周囲では、落雷による瞬間的な停電(瞬停と言う)や、事故時に事故の系統を遮断するまでの間のごく短時間の停電や電圧低下、さらには、大きな始動電流を要する負荷の始動時に発生する瞬間的な電圧低下など、電力会社の努力では対応しがたいようことが残されている。

これらのことは、情報化社会をめざすわが国の基盤を搖るがす重要な問題であり、もはや一電力会社の課題ではなく、資源エネルギー庁が中心になって、国を挙げてその対策に取り組んでおり、その対策としてUPSシステムをコンピュータシステムに接続し、不慮の停電からコンピュータシステムを守ることを推奨している。⁽¹¹⁾

このような背景から、わが国のUPSシステムの生産も急速に増加している。図3は10kVA以上のUPSシステムの生産高を示しており、とりわけ最近の成長率は目をはるものがある。これらの指標は、わが国の情報化社会の進展のバロメータと見なすこともできる。

3 UPSシステムの課題と技術動向

UPSシステムの使用状況は、上述のとおりであるが、コンピュータシステムは千差万別で、小はパーソナルコンピュータ用から大は都市銀行、大手証券会社、政府機関用などの超大形コンピュータセンター用まであり、その所要電力では0.1~15,000kVAと範囲が広がっているのが実情である。

これらのUPSに求められる機能、特性、仕様も千差万別であり、最適な製品の供給が必要である。例えば、ミニUPSを例にとると、これらの機種の用途として、絶対に電力の供給を停止することができない用途(例えば、自動化工場や通信設備の制御用などの場合)とOAなどのように作業時間内のみ使用されるものがある。これらの設備へのUPSの導入を計画する場合、実際の用途におけるUPSの担うべき責務により、最適な機種の選定が必要であり、単純な選定をすることは適切でない。

表1に、富士電機のUPSの系列を示す。

その特徴は、UPSの用途の拡大と多様なニーズに対応するワイドな製品系列を準備し、最適な機種系列をそろえていることである。その骨子になる富士電機の考え方を紹介する。

3.1 設置場所の制約と適応性

かつて、コンピュータは空調の施された特別な部屋に設置され、UPSシステムは、専用の電気室に設置されるのが普通であった。しかし、コンピュータの小型化、分散処理の進行などで、今やオフィス環境下で使用されるコンピュ

表1 富士UPSの系列

(輸出向けは除く)

系 列		出力容量(kVA)					出力相数	出力電圧(V)	出力周波数(Hz)	インバータ素子	入力相数	整流方式	出力電圧制御	設置場所	備 考
ミニ UPS	MUPS-V						単相	100	50/60	MOSFET	単相	单相全波	瞬時値	オフィス	汎用
	MUPS-VS						単相	100	50/60	MOSFET	単相	PWM整流	瞬時値	オフィス	汎用
	600-021						単相	100	50/60	MOSFET	直流	—	瞬時値	—	計装用
	500-145						単相	100	50/60	BJT	三相	12相整流	平均値	—	高機能形
	500-343						単相	200	50/60	BJT	三相	三相全波	平均値	CPU室	汎用
	600-043						単相	100	50/60	MOSFET	三相	三相全波	瞬時値	CPU室	高性能形
	500-165						三相	200	50/60	BJT	三相	12相整流	三相一括平均値	—	高機能形
	500-265						三相	200	50/60	BJT	三相	12相整流	三相一括平均値	CPU室	FACOM専用
	500-363						三相	200	50/60	BJT	三相	三相全波	三相一括平均値	CPU室	汎用
	600-063						三相	200	50/60	MOSFET	三相	三相全波	三相個別瞬時値	CPU室	高性能形
中容量 UPS	500-095						三相	200	400	BJT	三相	12相整流	三相一括平均値	—	400Hz
	500-155						単相	200	50/60	BJT	三相	12相整流	平均値	—	高機能形
	500-175						三相	200 415	50/60	BJT	三相	12相整流	三相一括平均値	—	高機能形
	600-077						三相	200	50/60	IGBT	三相	PWM整流	三相個別瞬時値	CPU室	高性能形
大容量 UPS	するインターフェースの充実などを図っている。														

ータが増大しており、電源もまたオフィスへの設置など多様化しつつある。富士電機は、これらの設置環境を重視してオフィス設置形、コンピュータ室設置形、電源室設置形のモデルを準備し、このニーズに対応している。

オフィス設置形は、オフィスの快適な環境を損なうことのないように、高周波変調方式の採用による極低騒音化を図るとともに、バッテリーを含めて小形軽量化を図り、デジタルパネル方式によるざん新たなデザインを採用し、不特定多数の人々の毎日の操作に対しても誤操作防止などを図った。

コンピュータ室設置形は、キュービックル収納形の密閉式バッテリーの採用により、設置の安全対策や設置の容易化を図るとともに、低騒音化と運転操作や保守も簡単になっている。

大容量のUPSシステムは、コンピュータ室などへの設置は基本的には困難で、従来どおりに専用の電気室に設置される。これらのものは、設備の拡張性、商用受電からのサージに対する保護の強化、中央監視設備、遠方監視に対

するインターフェースの充実などを図っている。

3.2 コンピュータとの親和性

制御電源技術の進歩に伴い、コンピュータ内部の電源としてスイッチング電源が使われることが多くなった。その結果、コンピュータに流れる電源は、多くの高調波を含む非線形負荷となり、従来の概念の交流電流ではなくなった。

特に、小規模のコンピュータの電源は単相入力であり、この電源の波高率は、2.4になることもまれではない。したがって小容量の単相のUPSでは、この大きなひずみ電流を流すことになり、単に、kVA表示では不十分である。富士電機の単相UPSは、1.7倍のせん頭電流（過負荷のピーク値と区別するためにせん頭電流と表現する）に耐えることができる。

中小容量の三相のUPSに接続されるコンピュータシステムの機器は、小容量であり、その電源は単相入力のことが多く、これを三相に分配している例が多い。したがって、この容量レンジでは、三相機と言えども大きなせん頭電流

に耐える必要性が増大しており、富士電機はこのような要求を満たすシリーズの供給をしている。特に600シリーズは、MOSFET, IGBTを使い、高周波変調をし、その特性が良好なのが特徴である。

大容量コンピュータの電源はおおむね三相入力で、その波高率は1.3程度で比較的ひずみは少なく、これに適用される大容量のUPSではさほど大きなせん頭電流を必要としない。

UPSが、このせん頭値の高いひずみ波の電流を流すと、出力の電圧波形がひずみ、コンピュータの停電検出器の誤動作やその他が発生し、安定性を欠く原因となる。

3.3 高信頼性と保全性

富士電機では、品質・信頼性を主眼としてUPSの開発を実施してきた。これは、UPSそのものが決して生産的な製品ではなく、むしろ保険的な製品であるとの認識にたっている。

また、富士電機のUPSは、設計品質を含めて十分な品質管理がなされており、システムとしての故障率の実績値はきわめて低く、MTBFで数百万時間となっており、信頼度は非常に高いと言うことができる。この背景には、部品の信頼性のみならず、システムとしての機能の信頼性の改善がある。

しかし、外部要因や誤操作などによるものも皆無ではなく、今後、人間工学的見地からの操作性の改善や、負荷との協調性など、なお一層の改善を必要としている。

昨今、1システムとして、数千kVAにも及ぶ電源もまれではないが、このようなシステムでは、多くの負荷機器が接続されることになり、それだけ負荷側の故障率が増大して、これがUPSシステム全体に影響を及ぼす可能性がある。このため負荷側をグルーピングし、分岐回路ごとに冗長系を構成するなどして、全体の信頼度の改善が行われている。

コンピュータなどのUPSを必要とするシステムの中には、停止の困難なものが次第に増加しつつある。これに対して、十分に高い信頼度となるように冗長系などが採用されているが、なおかつ信頼性維持のためには、十分な保守管理が必要である。したがって、システムを計画する場合には、信頼性と保全性の両方の観点からの検討が必要である。特に小容量のUPSの場合には、この検討が不十分な場合が多く、気軽に考えるのは禍根を残すことになる可能性がある。

富士電機では、保全性の改善されたミニUPSなどを供給可能としている。また、運転状態での保守管理の充実が要求されつつあり、UPSにマイクロコンピュータを搭載して内部状態の診断・監視ができるようになりつつある。これは、通信回線を利用した遠隔保守方式へと発展している。

3.4 受電・発電設備などの高調波の影響と対策

パワーエレクトロニクスの進歩とともに、これより流れ出る高調波電流成分は一種の公害で、これが商用電圧の波

形をひずませるために問題となり、この規制についても検討がなされている。UPSも他のパワーエレクトロニクス機器と同様に高調波を電源側へ流している。富士電機はパイオニアとして、昭和59年から高調波の発生の少ない12相整流方式を標準的に採用し、好評を博してきた。また、12相整流方式に代わる新方式として、PWM整流方式が実現し、供給を開始した。これは、単に高調波電流の抑制のみならず、無効電力の低減も同時に進行うので、受電容量が小さくて良い長所を持つ。この高調波の影響は多岐にわたっているが、UPSを導入される顧客にとって直接的に大きな影響を受けるのは自家用発電機である。⁽⁴⁾自家用発電機は、6相整流方式のUPSの場合、高調波による等価逆相電流の制限から、UPS容量の2倍以上の容量のものを準備しなければならなくなる。一方、富士電機が供給している12相整流方式の場合には、UPSの容量だけを準備すれば良く、全体としては、受電設備への影響がなく、信頼度も高く、経済的である。

一方、電気協同研究会は、資源エネルギー庁の要求で高調波対策専門委員会を設置し、高調波抑制量と抑制方策の検討を開始しており、この指針は近々発表になり、規制されることになろう。

これは自家用発電機のみならず、系統全体にも波及することになるものと思われ、この面での対策は顧客各位にとって重要な課題となることが予想される。

3.5 UPS方式

UPSの方式は、大別して、オンライン方式とオフライン方式がある。オフライン方式は、當時は商用の電圧を直接負荷に供給しておき、停電が起こったときに無瞬断で切り換えるもので、常時の損失が少なく、効率が良いなどの特長がある。しかし、商用電源には予想だにしないものもあり、あらゆるじょう乱に対して完全な無瞬断インバータ給電に切り替え、負荷に対して安定な電力を供給することは不可能で、その信頼度には限界がある。これらのことから、より安定した電力の供給が可能なオンライン方式を採用している。

3.6 UPS用電力半導体の動向

サイリスタから自己消弧素子へ移行するとき、パワートランジスタかGTOサイリスタかの議論があつたが、UPS用としては、信頼度が高く、高い周波数で変調が可能で制御の容易なパワートランジスタが主流になってきている。この背景には、素子そのものの製品品質の改善、安全動作範囲の明確化、利用技術としての保護方式などの確立が挙げられる。富士電機は、数十万kVAにも及ぶトランジスタ式のUPSを供給してきたが、トランジスタの故障は非常に少なく、ほとんど無いと言っても過言ではない。

さらに装置の小形化と高度化のために、高周波変調のできる素子、すなわちMOSFET, IGBTなどの実用化が進んでおり、これらの素子の持つ高速性に着目した新しい制御アルゴリズムと装置自体のインテリジェント化が研究され

ている。

それぞれの電力用半導体素子には、種々の長所と短所があり、同一の素子がすべてを支配することはなく、それによって得られる経済的、技術的な効果により差別化されることになると推定される。

富士電機では、これらの素子を使用したオフィス設置形UPSの実用化を図っており、これらの装置は今後急速に改善され普及してゆくものと予測している。

④ あとがき

富士電機は、多くのUPSを市場に送り出し、今日の情報化時代への幕開けを支えてきた。UPSの市場の成長率は高く、それだけにUPSのメーカーも多く、商品も多様化し、市場の競争もきわめて厳しい状態にある。

富士電機が一貫して取ってきた態度は、「高信頼度UPSの供給」であり、これは永遠の課題でもある。そのために、ある時はあまりにも保守的と思われるほど慎重に、ある時は革新的に装置を発展させ、顧客各位の評価を問うてきた。幸いにも、富士電機の姿勢、実績が顧客各位から評価され、業界でのリーダーとしての地位を得ていることに対して感謝申し上げたい。

情報化社会の発展のためには、UPSは必要欠くべからざるものであり、システム全体としての信頼度改善の観点から、この課題の取組みのなお一層の強化を痛感している。信頼度改善の大きなかぎは、単に機器の品質のみならず、計画のよしあしにもあると考える。富士電機はこの面でも多くのノウハウを蓄積しており、今後とも顧客各位とともに最適なソリューションを考えてゆく所存であり、一層のご鞭撻をお願いする次第である。

参考文献

- (1) 阿部剛・石橋秀男：静止形定電圧定周波電源装置、富士時報、Vol.42, No.7, pp.644-648 (1969)
- (2) 戸谷貞夫・定由征次：オンライン情報処理システム用高信頼度静止形無停電電源装置、富士時報、Vol.44, No.8, pp.680-687 (1971)
- (3) 菊地道夫ほか：商用無瞬断切替式定電圧定周波電源装置、電気学会 ET-74-3, pp.1-8 (1974)
- (4) 星敏彦：交流電源用無停電電源装置、電気学会雑誌：Vol.98, No.3, pp.402-405 (1978)
- (5) Mizutani, T. et al. : Power Transistorized Uninterruptible Power Supply, IEEE transaction on industry applications, Vol. IA -20, No.4, pp.961-966 (1984)
- (6) 設備電源特集、富士時報、Vol.60, No.3 (1987)
- (7) 星敏彦：交流無停電電源装置の最近の動向、電気学会雑誌、Vol.103, No.6, pp.51-54 (1983)
- (8) 星敏彦・定由征次：無停電電源装置（UPS）導入実戦ガイド、電気書院 (1989)
- (9) 瞬時電圧低下影響防止対策についてのお願い、東京電力㈱ (1986-6)
- (10) Koepfinger, J. L. et al. : IEEE Std. 446-1890, IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications, IEEE, pp.60-74 (1980)
- (11) 国土庁計画・調整局四全総研究会：図説四全総、地球社, p.38 (1987-10)
- (12) 都築秀明：三つの課題（信頼度・高調波・配電問題）、電気と工事, pp.52-58 (1982-9)
- (13) 電気日日新聞 (1990-3-18)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。