

フライホイール使用10kVA高性能UPSの研究

回転エネルギーを利用した無停電電源装置の開発

Study of 10kVA High Performance UPS Using Flywheel

Development of Uninterruptible Power Supply Utilizing Rotational Energy

(電力技術研究所 電力システムG)

従来の無停電電源装置は、鉛蓄電池や電解コンデンサ、冷却ファンなどを内蔵しているため、定期的なメンテナンス・交換や使用後の廃棄処理が必要であった。そこで、エネルギー貯蔵部にフライホイールを用い、変換器部も電解コンデンサなどの保守部品を使用しない無停電電源装置の試作器を製作し、性能検証試験を行った結果、良好な成果が得られたので報告する。

(Electric Power Research & Development Center, Power System Group)

Conventional uninterruptible power supplies, employing lead acid batteries, electrolytic capacitors, cooling fans and so on, require periodic maintenance and exchange, disposal processes after their use. Therefore, we have developed a prototype of a Uninterruptible power supply using a flywheel in the energy storage portion, and it has not any parts requiring maintenance such as an electrolytic capacitor in its converter portion. We conducted its performance verification test, and obtained good results which are reported in detail hereinafter.

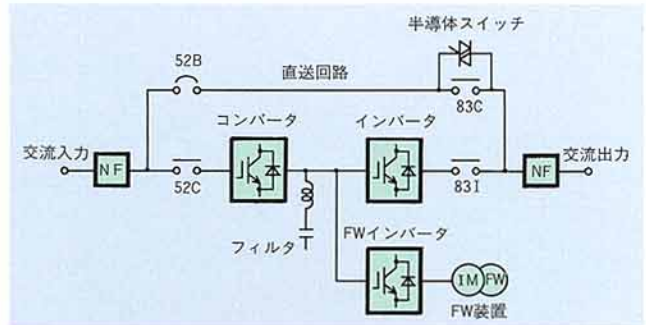
1

開発の背景・目的

近年、OA機器やFAシステムの増加に伴い、需要家側での有効な停電対策として無停電電源装置(以後、UPSと略す。)の導入が進んでいる。しかし、これらの装置は、停電時の電力供給源としての鉛蓄電池や、交直変換を行う変換器部の電解コンデンサ、冷却ファンなどを内蔵しているため、定期的なメンテナンスや交換が必要であり、鉛蓄電池は使用後の廃棄処理の問題もある。

そこで、エネルギー貯蔵部にフライホイール(以後、FWと略す。)を用い、変換器部も電解コンデンサや冷却ファンなどの保守部品を使用しない方式を採用するとともに、各構成要素の損失をできるだけ低減する種々の工夫を採り入れたUPSの試作器を製作し、その性能検証試験を実施した。

エネルギーを用い、直流リンク部に接続されたFWインバータを介して、負荷に電力を供給する。また、直送回路は、過負荷やUPSの故障時に負荷への電力供給を継続するための回路である。



第1図 FW式UPSの主回路構成

2

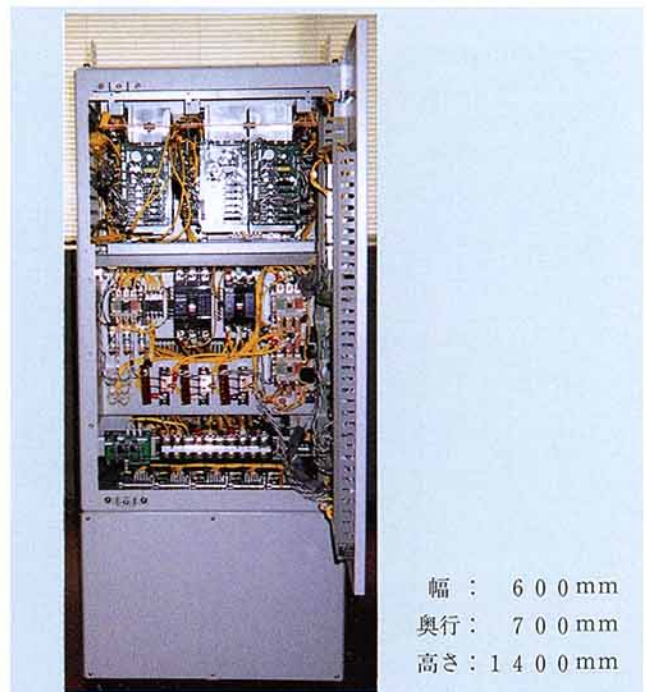
試作したFW使用高性能UPSの仕様

今回試作したFW式三相UPSの仕様を第1表に示す。また、その主回路構成を第1図に、外形写真を第2図に示す。

本UPSは、通常は商用電源をコンバータにより直流に整流した後、インバータにより負荷に電力を供給する。停電時には、FW発電/電動機に貯蔵した回転

第1表 FW式UPSの仕様

定格出力容量	10kVA
入出力電圧	三相200V 50/60Hz
停電補償時間	1分間
変換効率	90%以上(定格負荷時)
冷却方式	自然空冷



幅 : 600 mm
 奥行 : 700 mm
 高さ : 1400 mm

第2図 FW式UPSの外形

3 FWエネルギー貯蔵装置

本UPSに用いたFWエネルギー貯蔵装置の外形を第3図に、その構造を第4図に示す。本装置は、機械／電気エネルギー変換装置として誘導発電／電動機を採用し、定格は10kW、1分間、重量は61.8kg、FWの定格回転数は7500rpmである。また、FW材料としては、安価な低炭素鋼を採用した。

さらに、FW容器内を0.02Torr以下の真空状態に保つことで、風損を減らすとともに、軸受も、下部軸受にピボット軸受を、上部軸受にアウトローター方式のタッチダウンベアリングを、それぞれ採用することで、FWの機械的完全非接触を実現し、FW装置の高効率化を図っている。

4 変換装置

本UPSの変換装置は、高効率化、メンテナンスフリー化を実現するために、下記の新技术を採用した。

①高効率化、ファンレス化

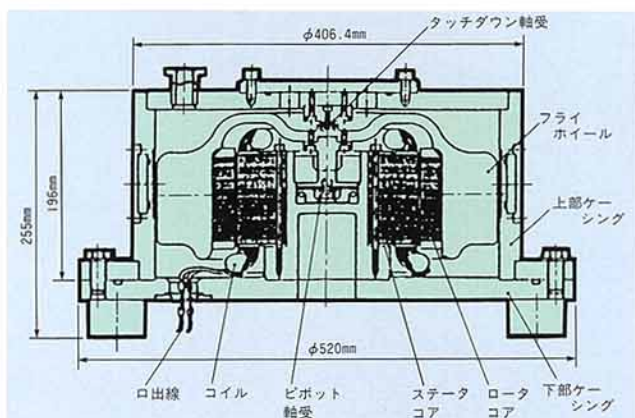
スイッチングロス低減回路とスナバエネルギー回収回路を採用し、高効率化と冷却ファンレス化を図った。

②コンデンサレスインバータ・コンバータ

入出力電圧を常に三相对称となるような制御を行



第3図 FWエネルギー貯蔵装置の外形



第4図 FWエネルギー貯蔵装置の構造

うことにより、電解コンデンサを削除し、装置の長寿命化と高信頼度化を図った。

③トランスレス制御

入出力の中性点電位の電位差を検出し、それに応じてPWM被変調波を、電位差がゼロとなるように制御することで、絶縁トランスを省略した。

④FWのセンサレストルク制御

FW発電／電動機の電圧、電流よりトルクを直接演算し、それを基にFWインバータの制御を行うことで、速度センサレス化し、高速電力制御化、長寿命化、簡素化を図った。

5 性能検証試験結果

UPSの電源電圧200Vの条件で、種々の性能検証試験を行った結果、以下の特性の確認ができた。

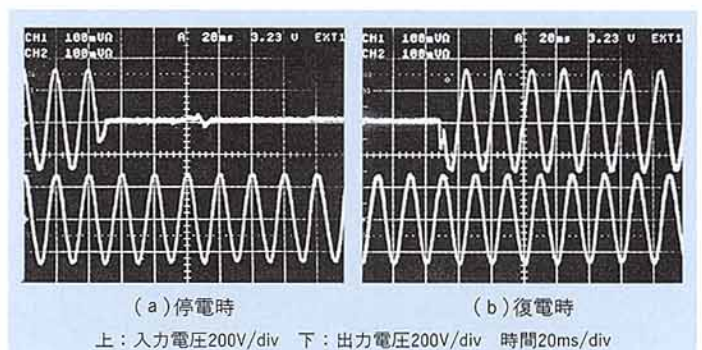
変換器部のスイッチング損失を従来方式の1/4に低減するとともに、スナバ回路に蓄積されるエネルギーを、回収回路により直流電源に回生することで、定格負荷時のAC-AC変換効率94%を達成できた。

また、出力電圧歪み率も、種々の負荷条件において、3.5%以下となり、良好な出力電圧を供給できることを確認した。

第5図に、停電、復電時のUPSの入出力電圧波形を示す。停電開始時、復電時の過渡時の出力電圧波形に問題となるような変動は見られず、また、停電期間中も安定した電力を負荷に供給できており、FWからの電力回生が適切に行われていることがわかる。

6 今後の展開

今回の研究により、高効率で、メンテナンスの不要なFW式UPSを実現するための基本的な要素技術は確立できたと考えられるので、今後は、コスト低減や信頼性の確認など、実用化に向けた検討を行っていく予定である。



(a) 停電時 (b) 復電時

上：入力電圧200V/div 下：出力電圧200V/div 時間20ms/div

第5図 停電、復電時の入出力電圧波形