

間欠負荷平準化対応フライホイールUPSの開発

Development of Load Power Leveling Type Flywheel UPS

加藤 康 司*
Koji Kato

瀬谷 鮎 太*
Ayuta Seya

石隈 悟**
Satoru Ishiguma

麻生 真 司*
Shinji Aso

概要 工場の生産設備などにおいて、工作機械や垂直搬送機のような動作する瞬間に大きなピーク電力を必要とし、それ以外の期間はほぼ電力を必要としないような負荷が存在する。これらの負荷は受電設備が大型化し初期コストが過大になる。また契約電力も高額になるため、ランニングコストが上昇する。本開発ではこのような過大なピーク電力がある間欠負荷の平準化に対応したUPSを開発した。

開発したUPSは当社の常時インバータ「FBK-SBUシリーズ」と蓄電デバイスとして充放電による劣化のないフライホイールを用いている。大きなピーク電力が必要な場合、フライホイールから負荷に電力を供給することでピークカットを行い、それ以外の期間でフライホイールを充電する。よって、受電設備容量を小さくすることができるため設備の初期コストの低減に寄与できる。

1. まえがき

無停電電源装置 (UPS) はデータセンターや通信機器、防災機器、工場の生産設備などの停電や瞬低時に電力供給を継続するために用いられている。これらのUPSには鉛電池が用いられており、停電・瞬低時に鉛電池から負荷へ電力を供給し、負荷の運転を継続する。しかし、旋盤や垂直搬送機などの負荷の種類によっては負荷から系統への回生電力が発生する。また、これらの負荷は装置が動作するときのみ大きなピーク電力を必要とし、それ以外の期間では負荷率が小さいことが特徴である。このような負荷において、鉛電池を用いたUPSでは電池の特性上、急激な回生電力を吸収できないため、回生電力を抵抗などで消費させる必要がある。また、ピーク電力が大きいためUPSの装置容量や受電設備の大型化を招き、初期コストが増加する問題がある。

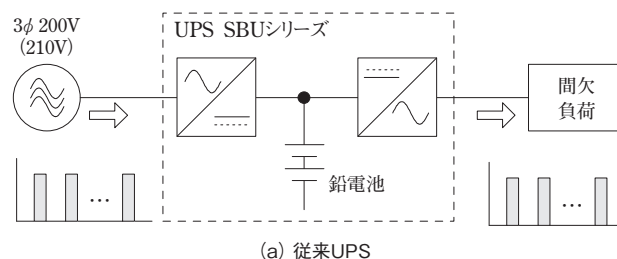
そこで今回このような間欠負荷の無停電化のため、間欠負荷の平準化機能、回生電力の吸収機能を持つUPSを開発したので報告する。開発したUPSは間欠負荷の平準化を行うことで過大なピーク電力を低減し、受電設備容量の小型化と、回生電力を吸収することで、従来は抵抗で消費していたエネルギーを有効活用でき、設備の初期コストとランニングコストを低減できることが特徴である。

開発したUPSは常時インバータ方式「FBK-SBUシリーズ」に蓄電デバイスとしてフライホイールを用いてい

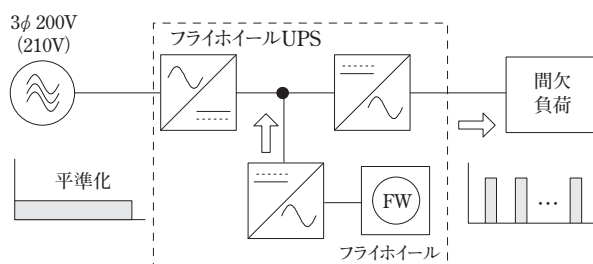
る。鉛電池の場合、充放電を繰り返すと電池寿命が著しく劣化するが、フライホイールはサイクル寿命が存在しないため何度でも充放電が可能であり、ピーク電力を平準化する用途に適している。またフライホイールは急峻な回生電力を吸収できるため、従来は抵抗で消費していた分を有効活用できるようになり、システムの省エネに寄与できる。

2. 装置の特徴

2.1 システム構成



(a) 従来UPS



(b) フライホイールUPS

図1 システム概要
System configuration

* パワーシステム本部 製品開発統括部 先行開発課

** パワーシステム本部 品質保証部 検査課

図1にシステム構成を示す。従来のUPSにおいて鉛電池は充放電を繰り返すと劣化するため、間欠負荷のような変動する電力を平準化できない。そのため電源側も間欠負荷と同じような大きなピークを持つ電力変動が発生する。この場合、ピーク電力に合わせて受電設備を構築しなければいけないため、設備容量が大きくなる。

一方で図1(b)に示すフライホイールUPSは充放電サイクルによる寿命劣化がないため、間欠負荷のような変動する電力を平準化できる。そのため、電源側に大きなピーク電力が発生しないため、受電設備容量を低減することができる。

2.2 フライホイールUPSの主な機能

表1にフライホイールUPSの主な機能を示す。従来のUPSと同様に停電・瞬低時に負荷に電力を供給することに加え、間欠負荷のような過大なピークを持つ電力を平準化し、電源側のピーク電力を低減する。また、負荷からの回生電力をフライホイールで吸収し、それを再度負荷に供給することで省エネが可能である。

3. 装置仕様

3.1 UPSの仕様

図2にUPS「FBK-SBUシリーズ」の外観、表2にUPSの主な仕様を示す。「FBK-SBUシリーズ」のラインアップ10kVAから200kVAまでフライホイール対応可能である。

3.2 フライホイールの仕様

表3にフライホイールの仕様を示す。フライホイールの定格出力は30kW、定格容量は0.3kWhであり、充放電レートは最大100Cとなる。また、フライホイールの回転数は強固な保護ケースが不要であるように回転数を抑え、6000rpmとしている。

フライホイールに蓄えられるエネルギーは回転速度の二乗に比例するため、高速回転させるほど蓄えられるエネルギーが増える。一般的なボールベアリングでは、損失が大きくなるため、パッシブな非接触ベアリングであるピボットベアリングを採用している。

図3にピボットベアリングの模式図を示す。ピボットベアリングは半球状のピボット軸とその形状にくぼんだ軸受から構成される。ピボット軸はらせん状の溝が刻まれ、ピボット軸受はオイルで満たされている。フライホイールが回転するとピボット軸も回転し、らせん状の溝がオイルを巻き込み、ピボット軸とピボット軸受の間に圧力が発生する。一定回転以上でフライホイールを完全

に浮上させるため、高速回転時にベアリングは非接触となり、非常に高効率である。

表1 主な機能
System specifications

機能	概要
停電バックアップ	従来のUPSと同様に停電時に負荷に電力を供給する
ピークカット	負荷の電力変動をフライホイールで吸収し、電源側のピーク電力を低減する
回生電力吸収	負荷の回生電力をフライホイールで吸収し負荷に供給する



図2 UPS「FBK-SBUシリーズ」外観
UPS "FBK-SBU series" appearance

表2 UPSの仕様
UPS specifications

項目	仕様	
方式	常時インバータ方式	
交流入力	相数・線数	三相3線
	定格入力電圧	200V/210V±10%
	周波数	50/60Hz±5%
	力率	0.98以上
交流出力	定格出力容量	10kVA~200kVA
	相数・線数	三相3線
	定格電圧	200V/210V
	周波数	50Hz/60Hz
	負荷力率	定格0.8(遅れ)
	過渡電圧変動	±2%以下(停電/復電)
整定時間	50msec以下	

表3 フライホイールの仕様
Flywheel specifications

項目	仕様	
FW	定格電力	30kW
	定格エネルギー	1MJ(0.3kWh)
	外形	φ518×t143 mm
	回転数	6000rpm
	モータ	誘導機
	ベアリング	ピボットベアリング(非接触)
寿命	20年以上	

図4にフライホイールの外形と風損特性の結果を示す。フライホイールの損失は高速回転時の風損が支配的となるため、減圧するほど損失が低減できるが、一方で、高価な真空容器が必要になる。ここでは低コスト化のため簡易的な構造のケースを用いており、1/10真空程度まで減圧する。また用途によりヘリウムを充填することで風損を低減する。

図4(b)に風損特性を示す。風損は回転数の3乗に比例する。1/10真空まで減圧した場合の損失は約100Wであり、ヘリウム充填時の損失は約350Wである。ヘリウム充填時は損失が増加するが、フライホイールの放熱が容易になり、またヘリウムを大気圧まで充填するため、ヘ

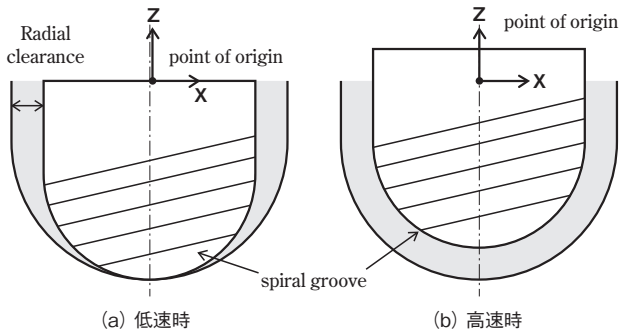
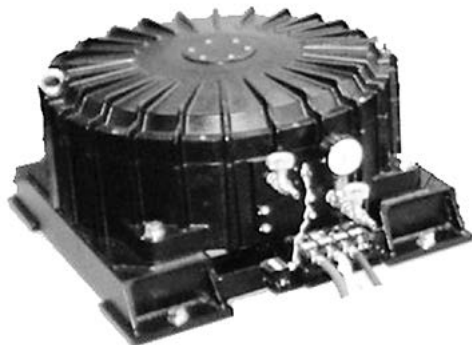
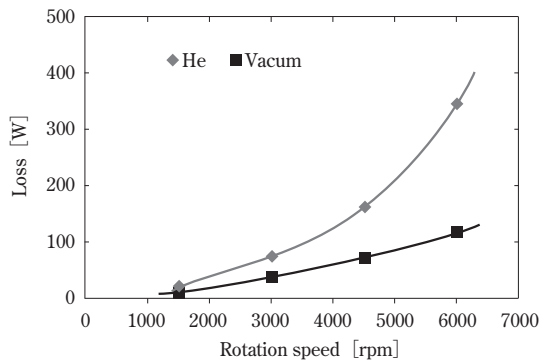


図3 ピボットベアリング模式図
Pivot bearing schematic diagram



(a) フライホイール外形図



(b) 風損特性

図4 フライホイール
Flywheel

リウムの漏れがないため、メンテナンスフリーとなる。1/10真空まで減圧した場合は損失が低減するが、定期的な減圧が必要になるため、用途により使い分けている。

4. 電気的特性

4.1 停電・復電試験

図5にフライホイールによるバックアップ特性を示す。フライホイール満充電時において停電を検出後、約20kWの負荷にて45秒間、フライホイールから負荷に電力を供給しており、フライホイール回転数下限値の1500rpmになるまで電力供給を継続する。

図6に停電・復電試験の結果を示す。停電検出後、フライホイールから負荷に電力を供給するため、フライホイール回転数が低下する。その後、復電すると系統から負荷に電力を供給するためにフライホイール回転数は一定となり、再度フライホイールに徐々に充電を行い、満充電になるとフライホイールは一定速度で回転し、スタンバイ状態に移行する。

4.2 ピークカット試験

図7にピークカット試験の結果を示す。ピークカットレベルを10kWに設定し、負荷に10kW以上の電力を供給する場合は電源側から10kW、フライホイールから電源側と負荷の差分の電力を供給する。

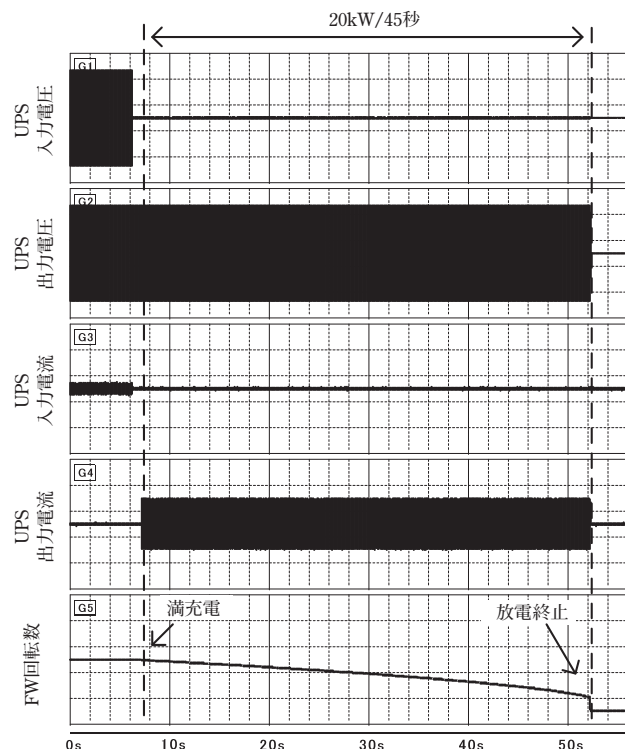


図5 停電試験
Black-Out Test

図中の負荷は間欠負荷を模擬したものであり、10～15秒程度の期間に大きなピーク電力を必要とし、それ以外

の期間はほぼゼロである。ピークカットレベルを10kWに設定しているため、電源側から取得する電力は10kWに制限されており、差分電力はフライホイールから供給されている。その後、負荷がゼロの期間にフライホイールを充電するため、間欠負荷を平準化していることを確認できる。

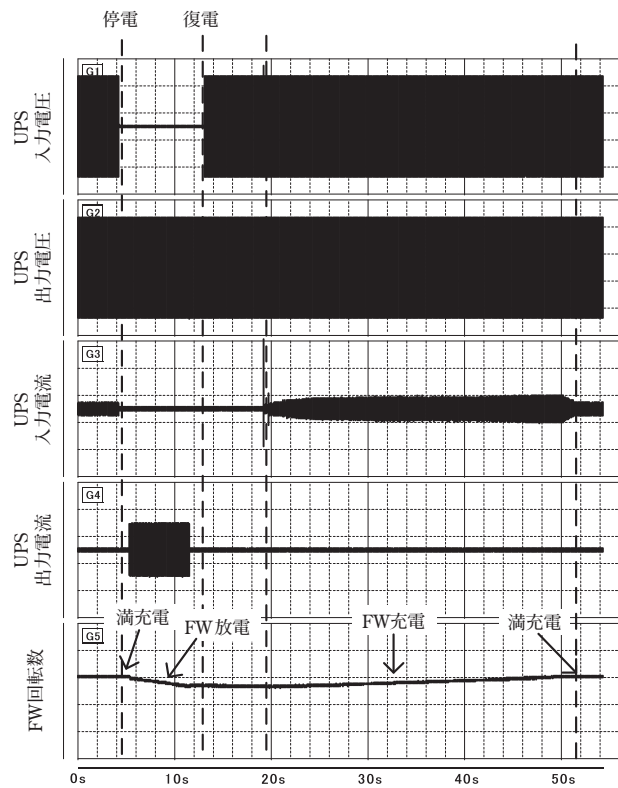


図6 停電・復電試験
Black-Out and Restoration Test

5. むすび

本開発では、常時インバータ方式「FBK-SBUシリーズ」に蓄電デバイスとしてフライホイールを用いて、間欠負荷の平準化機能、回生電力の吸収機能を持つUPSを開発し、所望の動作を確認した。従来のUPSではバッテリー劣化のため不可能であった間欠負荷の平準化を実現し、新たな市場への展開を進める予定である。

参考文献

- (1) Y. Ito and S. Ishiguma, "Uninterruptible Power Supply with Function of Absorbing Regenerative Energy", Conf. Rec. of IPEC-Sapporo, IEEJ (2010)
- (2) 佐藤, 田村: 「球面スパイラルグループ軸受の安定性: 第2報, 実験」日本機械学会論文集 44 (388), 4105-4114, 日本機械学会 (1978)

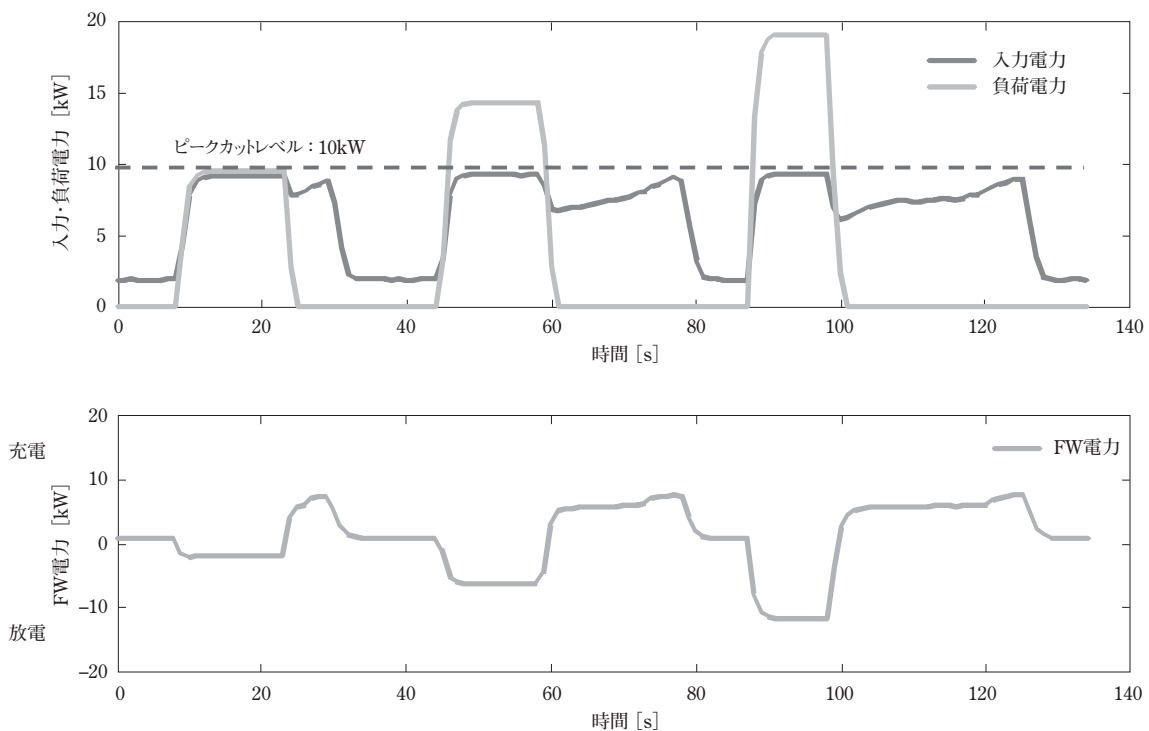


図7 ピークカット試験
Peak-Cut Test