

# 브리지 전력시스템(Bridging Power System)

## - Flywheel UPS를 중심으로 -

홍 순 찬

(단국대학교 공과대학 학장)

### 1. 서론

사회 전반에 걸쳐 자동화가 이루어지면서 정밀한 제어에 대한 요구가 급증하고 있으며, 이와 더불어 안정성에 대한 요구도 커지고 있다. 이의 전제조건으로 양질의 전력이 필요한데, 현재의 상황은 비선형부하의 사용 증가로 인하여 수요자 측면에서 바라본 전력품질에는 많은 문제가 있다. 요즘은 특별한 사고가 아닌 한 장기간의 정전은 드물지만 단기간의 정전 특히 순간정전의 발생빈도가 매우 높는데, 순간정전이라도 현대의 정보화시대에서는 자료가 손실되는 등 심각한 상황이 야기된다. 단기간 정전에 대비하여 사용할 수 있는 장비가 UPS(무정전 전원장치)이다. 물론 장기간 정전이라도 UPS에 백업용 발전기를 연계시키면 부하에 무정전으로 계속 전력을 공급할 수 있다.

필자는 최근에 단기간 에너지 저장장치에 관한 흥미있는 논문을 입수하였다. 미국의 PQA(Power Quality Association)는 전력품질에 관한 내용으로 2년마다 심포지엄을 개최하고 있는데, 이 논문은 2002년 6월에 오레곤주의 Portland에서 열린 PQA2002 North America에서 TVA(Tennessee Valley Authority) 전력공사에 근무하는 Bruce Rogers 등이 발표한 "Short-term Energy Storage : Value for Mission-Critical Facilities" 이다. 논문을 살펴본 결과, 이 내용을 우리 학회 회원들과 공유해야겠다는 생각에서 플라이휠을 사용하는 UPS를 중심으로 하여 기술한다.

### 2. 단기간 에너지 저장장치

주요 설비를 정전사고로부터 보호하기 위해 디젤발전기를 기반으로 한 예비 시스템이 널리 사용되고 있다. 발전기의 제어와 절환 메커니즘에 따라 다르기는 하지만 전력에 이상이 감지되면 수 초 이내에 발전기가 기동하여 전체 부하에 전력을 공급한다. 그러나 설비내의 임계부하는 완벽한 무정전 전력을 필요로 하며, 수 초 동안의 정전 또는 전압새그(Voltage Sag)와 같은 공칭전압으로부터의 이탈을 허용하지 않는다. 예를 들면, 모든 IT부하가 무정전 전력을 필요로 한다. 이와 같은 임계부하에 무정전 전력을 공급하기 위해 배터리를 기반으로 한 UPS가 사용되어 왔고 현재도 많이 사용되고 있다. 일반적으로 UPS의 배터리는 30분내지 60분 동안 전력을 공급하도록 설계되어 있으며, 장기간 정전시에는 UPS에서 예비 발전기로 절환된다.

최근 들어, 전원에 이상이 감지되고부터 발전기가 기동하여 부하에 전력을 공급할 수 있는 속도로 가속될 때까지의 사이에 존재하는 수 초의 갭을 메꿀 수 있는 단기간 에너지 저장장치에 관한 관심이 고조되고 있다. 이 장치를 사용하면 배터리를 사용하여 임계부하에 수 분 이상의 장기간 동안 전력을 공급하던 기존의 UPS시스템을 사용할 필요가 없다. 이러한 단기간 에너지 저장장치를 브리지 전력시스템(Bridging Power System)이라고 하는데, 현재 25kW에서 2.5MW 범위에 사용할 수 있는 십수 가지의 제품이 출시되고 있다.

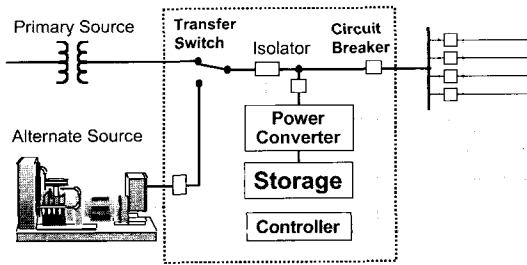


그림 1. 브리지 전력시스템의 일반적인 회로 구성

브리지 전력시스템의 목적은 전원이 규정 범위를 벗어나거나 정전되었을 때 안정된 대체전원으로 임계부하에 전력을 공급하는 것이다. 이 시스템에는 기본적으로 고장전원으로부터의 신속한 분리, 저장된 에너지의 재생 및 변환, 동기화, 1차 전원과 대체전원 사이의 병렬화 및 절환스위칭 기능이 있다. 이에 더하여 전력 제어 및 필터링, 유효전력 및 무효전력의 안정화, 고조파 제거, 자체시동 등의 기능을 추가할 수 있다. 그림 1은 일반적인 회로 구성에서 각각의 기본적인 기능을 나타낸 그림이다.

### 3. 브리지 전력시스템

이제부터 이미 상용화되어 사용이 가능한 몇 가지 브리지 전력시스템의 일반적인 기능을 기술하고, 이러한 기능들에 대한 성능을 측정하여 확인한다. 저장소지는 전력밀도 및 에너지밀도, 양방향 효율, 속도범위, 전기적 변환방법을 비교한다. 시스템 차원에서는 이상에서 언급한 기능 외에 대기동작 중일 때의 손실, 전압변동 및 주파수변동을 포함한다. 저장용기, kWh당 가격, 수명, 주변 환경도 확인한다. 현재 TVA 전력공사는 EPRI(Electric Power Research Institute), EPRI PEAC(Power Electronic Application Center)와 함께 플라이휠을 기반으로 한 브리지 전력시스템을 현장에서 시범사업으로 수행하고 있으며 UCAP(Ultra Capacitor)를 기반으로 한 250kW 용량의 시스템을 개발하고 있다.

#### 3.1 용도

브리지 전력시스템은 한 전원에서 다른 전원으로 절환될 때, 제어된 유효전력 및 무효전력을 해당 부하에 연속적으로 공급하는 시스템이다. 일반적으로 전원의 절환은 1차 전원인 상용전원으로부터 2차 전원인 엔진과 발전기로 구성된 예비전원설비의 절환이다. 이에 더해 상용전원이 복구되면 2차 전원인 1차 전원으로 다시 절환되는데, 이러한 절환들은 전원, 부하 또는 설비에 어떠한 지장도 초래하지 않고 무순단으로 이루어져야 한다.

단기간 에너지 저장장치는 전시간 동적 안정장치로도 사용할 수 있다. 이것은 저장시스템이 구내 전력시스템의 전력송출용량 부족을 보상하기 위한 연계장치로 동작하는 경우이다. 이 경우, 안정장치는 전압안정화 및 과부하용량과 같은 과도응답특성을 개선해주며, 디젤발전기가 용량이 작거나 인버터에 접속되어 있어서 시스템 과도가 전압변동을 야기할 수 있는 경우에 유용하다. 이와 같이 브리지 전력시스템은 부하의 유연한 절환외에도 돌입전류 및 펄스부하의 용량 증대에도 기여할 수 있다.

#### 3.2 관련 기술

지난 10년 동안 에너지 저장장치는 매우 빠른 속도로 발전하여 왔으며 앞으로도 더욱 더 발전할 것이다. 전력전자분야 및 전력품질개선분야에서 단기간 저장장치에 관한 관심이 고조되면서 몇 가지 새로운 에너지 저장장치가 새로 개발되거나 상용화되고 있다. 이러한 장치로는 배터리, 플라이휠, UCAP, SMES(Superconductive Magnetic Energy Storage)가 있다. 표 1은 에너지 저장장치와 이들의 상용화 실태를 나타낸 것이다.

##### 1) 납축전지를 사용한 브리지 전력시스템

배터리에 관한 기술이 발전했음에도 불구하고 오늘날에도 저장장치용으로는 주로 납축전지가 사용되고 있다. 에너지 저장장치를 선정할 때 가장 먼저 고려하는 납축전지의 가격은 주기 동작과 설계용도에 따라 달라진다. 배터리는 자동차 시동용, UPS용, 선박용 또는 산업용으로 사용된다. 납축전지에서 유의해야 할 점은 축전지가 충방전함에 따라 수명이 짧아진다는 점이다. 방전심도가 낮은 자동차 시동용 배터리는 수명이 길고 저가격이지만 주기적인 방전심도가 높은 용도로 설계된 배터리는 더 무겁고 더 비싸진다.

브리지 전력시스템에서는 15~30초 정도의 단기간 동안만 배터리를 사용하고 방전심도가 비교적 낮으므로 크랭크형 배터리가 가장 적합하다. 예를 들어, 교류배터리라고 불리는 PureWave모듈은 250kW 모듈을 사용하여 20MW까지의 브리지 전력시스템에 적용이 가능하다.

또한 온도가 배터리의 성능 및 수명에 영향을 미치므로 제작업체가 제시한 명세에 따라 배터리의 온도를 유지시켜야 한다. 일반적으로 납축전지는 25°C에 가깝게 유지하여야 한다. 배터리에서 온도가 높아지면 수명이 대폭 단축되며 온도가 낮아지면 용량이 감소한다.

##### 2) 플라이휠을 사용한 브리지 전력시스템

플라이휠도 단기간 브리지 전력용으로 매우 적합하다. 다수의 저속 및 고속의 새로운 플라이휠 시스템이 상용화되고 있으며, 몇몇 제조사들은 15~250kW 모듈을 사용한 에너지

표 1. 브리지 전력시스템용 에너지 저장장치

Energy Storage Technology Type	Energy Density (WH/kg)	Power Density (W/kg)	Commercial Availability
<b>Batteries:</b>			
Lead Acid	45	300	Very mature and readily available
Nickel Cadmium	65	200	Mature and available
Lithium-Ion	130	180	Available
Nickel Hydride	80	200	Available
Zinc-Air	90	150	Available
Sodium Sulfur	110	260	Available
Zinc Bromine	70	75	Available
<b>Ultracapacitors</b> (electrochemical capacitors)	5-15	2,000-10,000	Commercial Now for pulse power. Lower cost products in 1-5 years for longer duration applications
<b>Flywheels</b> (steel and composite low and high speed)	10-100	1,000-10,000	Short term Storage Products Available Now, Long Duration Products Emerging
<b>Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)</b>	?	300-1,000	Short term Storage Products Available Now, Longer Duration Products in Development

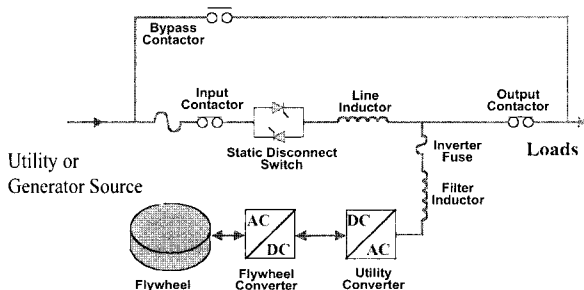


그림 2. 상용전원과 구내 발전기를 연계하는 250kW 용량의 플라이휠 UPS

저장장치를 출시하고 있다. Holec, Piller, Precise와 같은 회사들은 저속 시스템을 공급하고 있고 Active Power, Beacon 및 Urenco는 고속 플라이휠을 적용한 제품을 공급하고 있다. 플라이휠은 배터리에 비해 수명이 훨씬 길기 때문에 브리지 전력시스템용으로는 훨씬 더 경제성이 높다. 장비의 가격이 낮아지면서 이 시장은 급성장될 것으로 보인다.

플라이휠은 플라이휠의 축에 적절하게 장착된 전동기/발전기 시스템을 통해 충전되고 방전된다. 플라이휠의 회전속도가 변하므로 이 속도변화를 보완하기 위해 인버터를 설치한 영구 자석 발전기나 클러치가 있는 동기전동기를 사용한다. 브리지 전력시스템의 목적중 하나는 전압사그 및 순간정전을 대비하기에 충분한 에너지의 저장이다. 전동기/발전기 시스템을 장착한 플라이휠은 플라이휠이 감속되어 시스템의 기능이 중단되기 전에 부하를 보조전원으로 전환시키기에 충분한 용량을 가지도록 규정되어 있다. 보조전원은 예비용 전원이거나 구내에 있는 백업용 발전기를 말하는데, 백업용 발전기는 5~10초 이

내에 정상적으로 동작할 수 있다. 플라이휠 브리지 전력시스템의 기본적인 용도중 하나는 민감한 제조공정, 컴퓨터 설비 및 기타 임계부하에 양질의 전력을 공급하는 것이다.

전동기/발전기/플라이휠을 기반으로 한 전력제어시스템은 전력용량이 대략 10kVA에서 1MVA까지 다양하며, 임계부하의 크기와 플라이휠 에너지에 따라 다르기는 하지만 1~10초 동안 부하에 무정전으로 전력을 공급하는 데에 주로 사용된다. 보다 큰 용량의 플라이휠 시스템은 대략 30초까지 전력을 공급할 수 있다. 플라이휠 시스템이 무정전으로 전력을 공급하는 실제 시간은 상용전원이 차단되는 순간에 시스템에 걸려 있는 부하량에 역비례한다. 즉, 정격부하에서 2초 동안 전력을 공급하는 플라이휠은 20% 부하에서는 10초 동안 전력을 공급할 수 있다. Active Power사를 비롯한 몇몇 회사에서는 배터리를 플라이휠로 대체한 그림 2와 같은 플라이휠 UPS로 UPS 시장을 공략하고 있다.

이 제품의 기능은 배터리를 사용한 브리지시스템과 유사하다. 주전원으로부터 공급되던 전력이 차단되면 선로 인덕터와 정지형 스위치가 부하를 보호하며 플라이휠과 전력변환시스템이 부하에 전력을 공급한다. 이러한 기능외에 부하에 상용전원보다 양질의 전력을 공급하는 기능도 있다. 저속 플라이휠과 출력단을 전기기계적으로 연계하는 저속 시스템의 구조 예는 그림 3과 같다.

### 3) UCAP(Ultra Capacitor)

일반적으로 UCAP는 초단기간용으로 사용하며 수 초 동안 지속되는 돌입전류를 완화시키거나 수 사이클 이내의 전압사그를 보상하는 용도에 적합하다. 그러나 납축전지를

Power:	1670 kVA
Discharge duration:	12 sec
Input voltage:	480V
Available energy:	5.6kWh
Output voltage:	480 - 600, 3Ø ac, 60 Hz, 4-wire
Recharge time:	48 sec
Weight:	43,198 lb.

Speed range	3600 - 1800 rpm
Total weight	10,850 lb.
Rotor weight	5,960 lb.
Magnetic bearing force	24,000 N
Resultant bearing load	3,000 N
Bearing change	70,000 hours
Output rating	1100 kW / 16 sec.
Nominal · Maximum	1650 kW / 10 sec.
Output voltage	405 - 550 VDC
Efficiency / losses	99% / 11 kW

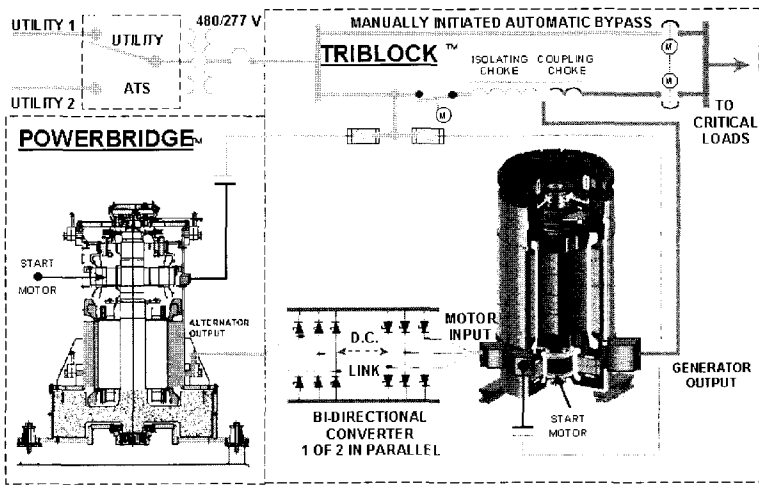


그림 3. TriBlock UPS용 Piller Power Bridge System의 명세와 개략도

표 2. 브리지 전력시스템용 저장장치의 비교

Parameter	Lead-Acid Batteries	Ultra-Capacitors	DC Flywheels (1)
Power @ 15s W/kg	20 - 330	120 - 1200	10 - 130
Energy @ 15s kJ/kg	10 - 6	10 - 6	10 - 6
Energy Range kJ/kg	93 - 6	12 - 2	10 - 2
Discharge Time Range	90 - .25 minutes	60 - 1 seconds	200-2 seconds
Recharge Time Range	Hours to Minutes	Minutes to Seconds	Minutes to Seconds
Roundtrip Efficiency <sup>(2)</sup>	75%	95%	90%
Typical Cycle Life (cycles)	2,000	100,000	10,000
Cost \$/kJ Range <sup>(3)</sup>	\$.1 - 1	\$5 - 40	\$1 - 4
Technology Status	Mature	Emerging	Available

(1) Flywheel performance, cost, and weight includes converter and containment

(2) Assumes a slow recharge for best-case efficiency

(3) First cost over rated discharge time range from longest (lowest cost) to shortest time (highest cost)

traction-type의 UCAP로 대체하면 연계 전력 및 전압의 안정화용으로도 사용할 수 있다. UCAP는 납축전지에 비해 수명이 수십~수백 배 길다. 또한 에너지 밀도는 더 낮지만 전력 밀도는 훨씬 더 높으며 충방전 효율이 98% 이상 더 높다. UCAP의 장점은 배터리에 비해 전력용량이 4~5배일뿐만 아니라 훨씬 빠르게 충전될 수 있다는 점이다. 그러나 대다수의 UCAP는 가격이 비싸고 적용 경험이 별로 없어서 현재 널리 이용되고 있지 못하다. 표 2는 배터리, UCAP와 플라이휠을 비교한 표이다.

#### 4) SMES시스템

현재 전력분야에서 가장 널리 적용되는 초전도 시스템은 마이크로SMES시스템이라고 하는 시스템으로서 저온 초전도

용이다. 이 시스템은 대략 1~10MJ의 에너지를 저장할 수 있으며 100kW에서 수 MW 용량의 부하에 1~10초 동안 전력을 공급하여 전력의 품질을 개선하는 데에 사용되고 있다. 이 정도의 시간이면 대다수의 전압세그 및 순간정전이 임계 부하에 영향을 주지 않게 하면서 SMES의 에너지가 소진되기 전에 예비용 발전기를 정상 동작시킬 수 있다. 이러한 용도로 사용할 경우에는 반드시 초전도체를 사용할 필요는 없으며 기존의 비초전도 코일을 사용하여도 된다. 그러나 이렇게 하면 물리적인 크기가 매우 커지고 손실 및 가격이 높아져서 상용화하기에 적합하지 않다. 그러나 초전도체를 사용하면 크기가 대폭 축소되고 손실이 저감되어 단기간 저장장치로 상업화가 가능하다.

SMES의 큰 장점중 하나는 장치의 수명 및 유지비용면에서

배터리에 비해 유리하다는 것이다. 배터리의 수명은 방전의 심도와 횟수에 반비례한다. 배터리는 배터리의 종류와 주변 온도에 따라 다르기는 하지만 500~1,000회 정도 심도깊은 방전을 하면 교체하여야 한다. 그러나 SMES시스템은 이러한 면에서 성능 저하가 없으며 시스템 수명과 큰 관계 없이 신속하게 충방전할 수 있다. SMES시스템이 배터리에 비해 훨씬 빠르게 충전된다는 점도 장점이 되는데 발전제동, 주파수 제어, 전력시스템 안정화와 같이 시스템의 에너지를 신속하게 소모해야 하는 용도에 유용하다. 이러한 점은 UCAP와 유사하다.

#### 4. 플라이휠을 사용한 브리지 시스템의 시범사업

TVA는 전력산업시장에 새로운 아이디어와 기술을 도입하기 위해 1999년 5월 PPI(Public Power Institute)를 설립하였다. PPI는 테네시주에 있는 Covington Electric System 과 협력하여 플라이휠을 사용한 브리지 전력시스템을 적용한 시범 사업을 시행하였다. 이 사업은 플라이휠 UPS의 전원장에 완화 및 정전대응 특성을 통해 수요자가 필요로 하는 전력 품질 문제에 대한 해법을 찾는 데 목적이 있다. 시범사업을 적용한 설비는 앞으로 Covington의 케이블 TV와 인터넷 운영 본부에서 사용할 것들이다. 이러한 설비는 끊임없이 고객들에게 서비스를 제공하기 위해 하루 24시간, 일주 7일 내내 동작하여야 하는 임계설비의 한 예이다. 이와 같은 용도의 설비에는 반드시 브리지 전력장치를 사용하여 예비 발전기가 정상적으로 동작할 때까지 부하에 전력을 공급해주어야 한다.

##### 4.1 실험실 시험

###### 1) 목적

플라이휠 UPS시스템은 전압새그 및 정전에 대응할 능력이

있고 정상상태시 전압을 조절할 수 있으며 고조파를 능동적으로 보상할 수 있도록 설계된 최신의 전력전자장치를 구비하고 있으며 플라이휠을 기반으로 한 시스템이다. EPRI PEAC에서 시행한 시험은 현장에 설치하기 전에 시스템의 성능을 평가하기 위한 시험이다. 특별히 시행한 시험은 다음과 같다.

- ▶ 정상상태 변동시험 : UPS의 고조파전류 완화 정도 및 전압조절능력을 시험
- ▶ 순간 변동시험 : 전압새그 및 순간정전에 대한 응답을 시험
- ▶ 과도응답시험 : 전동기와 같이 시동전류값이 큰 부하에 전력을 공급하는 능력을 시험

##### 2) 시험장치

테네시주의 Knoxville에 위치한 EPRI PEAC의 실험실에 시스템을 설치하였으며, 설치에 별다른 문제는 없었다. 휴대용 새그 발생기를 사용하여 전압새그를 가했으며, 운전자가 인위적으로 전압의 새그 또는 스웰(Swell)의 지속시간과 크기를 프로그램할 수 있도록 하였다.

##### 3) 시험 데이터

###### ▶ 불평형 조절능력

플라이휠 UPS의 조절능력을 시험하기 위해 입력단 전압중 한 상의 전압을 낮추고 시스템의 결과응답을 측정하였다. 표 3은 기록된 데이터를 요약한 것으로서 입력단의 상전압 하나를 낮추었기 때문에 전원측 선간전압중 둘이 낮아진 것으로 나타났다. 입력전압의 불평형율이 3%일 때 UPS는 출력전압의 불평형율을 0.5% 이내로 보상하였는데, 이는 플라이휠 UPS가 역률을 희생한 결과임에 유의하여야 한다. 부하의 공칭 역률은 0.99이지만 불평형시의 입력 역률은 0.84로 측정

표 3. 3%의 입력전압 불평형시의 데이터(저항부하 사용)

Voltage Unbalance						
3% Voltage Unbalance Test						
		Ab	Bc	Ca	T	% Unbalance
Source	V	464.90	468.10	478.90		2.98 %
	A	114.81	133.83	75.07		54.5 %
	W				73780.00	
	VA				87750.00	
	PF				0.84	
Load	V	480.60	478.70	480.70		0.42 %
	A	79.71	80.71	81.46		2.17 %
	W				66360.00	
	VA				67030.00	
	PF				0.99	

되었다. 이것은 UPS를 불평형 보상용으로 사용하는 경우에 역률을 개선하려면 정격출력을 약간 낮추어 사용해야 함을 의미한다.

▶ 새그 및 정전 대응능력

UPS의 정전 대응능력을 보이기 위해 다양한 기간 동안 새그 또는 정전을 발생시킬 수 있는 새그 발생기를 플라이휠 UPS에 설치한 다음에 입력전압, 출력전압, 플라이휠의 가용 에너지 및 플라이휠의 속도 변화를 측정하였다. 그림 4는 정전시간이 10초일 경우에 측정된 UPS의 응답이다.

▶ 절환능력

플라이휠로 절환되는 동안에도 파형의 질이 우수한지가 특별한 관심의 대상이 된다. 시험에 사용한 플라이휠 UPS는 출력전압을 연속적으로 공칭전압의 2% 이내로 조절할 수 있기 때문에 입력전압이 차단된 동안에도 출력단에서 전압변동이 거의 없다. 그림 5는 정전시간이 10초일 때 플라이휠로 절환되기 직전 및 직후의 파형을 나타낸 것으로서 파형의 질이 양호함을 확인할 수 있다.

▶ 돌입전류

전동기 기동부하에 플라이휠 UPS가 어떻게 응답하는지를

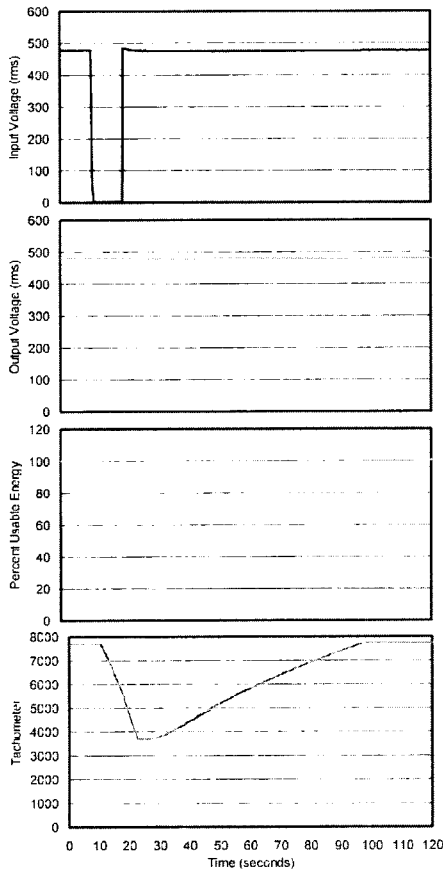


그림 4. 10초 정전시 플라이휠 UPS의 응답

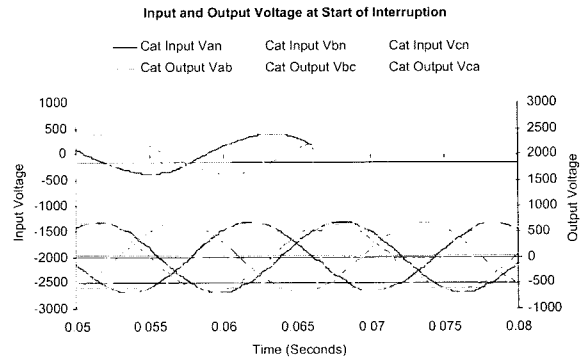


그림 5. 플라이휠 UPS의 절환능력

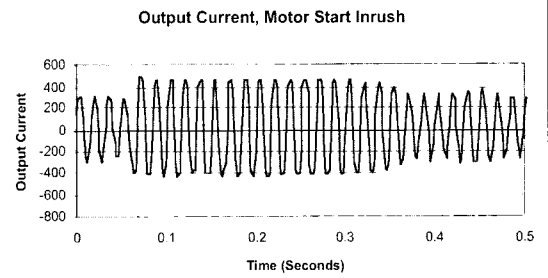
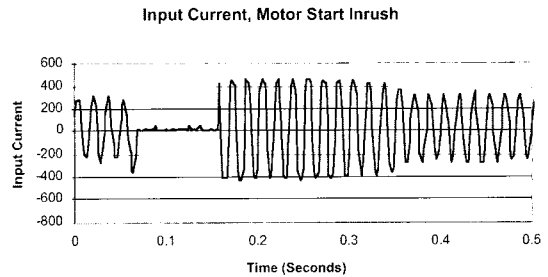


그림 6. 저항부하가 걸린 UPS에서 전동기 기동시의 입력 전류와 출력전류

보여줄 수 있도록 측정장비를 설치하였다. 전동기에는 기동시에 큰 전류가 흐르는데, 전동기의 종류와 전동기에 걸린 부하에 따라서는 기동시의 돌입전류가 공칭값의 7배에 이를 수도 있다. 이 시험에서 UPS에 먼저 75%의 저항부하를 건 다음에 가변속운전을 하지 않는 100Hp 용량의 전동기를 연결하였다. 그림 6은 전동기가 기동하는 동안에 UPS에 흐르는 입력전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 시험 도중에 전동기를 기동하면서 UPS를 상용전원에서 플라이휠 전원으로 절환하였다. 입력전류 파형에서 0.1초 정도 동안 전류가 흐르지 않음을 볼 수 있는데, 이는 전동기가 기동하는 도중에 이 기간동안 UPS가 플라이휠로부터 에너지를 공급받음을 의미한다.

▶ 실험실 시험결과 요약

EPRI PEAC에서 시행한 실험실 시험에서 플라이휠 UPS가 기대를 만족함을 확인할 수 있었다. 전기적인 시험 결과, 시스템은 규정대로 동작하였다. 또한 플라이휠 UPS는 능동 전력필터로도 동작하여 비선형부하에 의한 고조파 전력을 보정하여 상용전원이 비선형부하에 의해 영향을 받지 않았다. 이 시스템은 전압 조절, 전압새그 및 정전에 대한 보호, 예비전원의 기능을 가지고 있으며 전동기를 기동할 능력도 있다.

4.2 현장 시험

2002년 1월 중순 Covington 현장에 플라이휠 UPS를 설치하고 성공리에 동작을 확인하였다. 구내에는 750kW 용량의 디젤발전기도 설치하였는데, ATS가 자동적으로 발전기에 기동신호를 보내게 된다. 전원에 이상이 발생함과 동시에 바로 UPS가 동작하였으며, 발전기가 기동하여 부하에 정상적으로 전력을 공급하기에 충분한 시간 동안 UPS가 전력을 공급하였다. 이로써 현장에서 임부가 막중한 임계부하에 대한 완벽한 해법을 제시하였으며, 고장이 발생할 유일한 가능성은 UPS의 신뢰도와 발전기 자체에 의한 것 밖에는 없다. 물론 부가적으로 설비를 추가함에 따른 경제성도 고려할 필요가 있다.

전원에 이상이 발생하면 이를 기록하고 또 UPS가 어떻게 대응하는지를 알아보기 위해 플라이휠 UPS의 입력단과 출력단에 측정장비를 설치하였다. 2002년 3월초에 측정장비를 설치한 이후 (논문을 작성할 때까지) UPS의 입력단에서 10여건의 사고가 발생한 것으로 기록되었다. 반면에 출력단에서는 사고가 단 한건도 발생하지 않았으며, 이 시범사업은 여태까지 성공적으로 수행되고 있다.

5. 결론

현재 수용가측에서 본 우리나라의 전력 품질은 양질이라고 보기가 어려우며, 장기간의 정전은 별로 없지만 순간정전은 일반인들이 예상하는 것보다 훨씬 높은 빈도로 발생하고 있다. 이러한 순간정전은 현대의 정보화시대에는 자료가 분실되는 등 치명적인 사고로 이어질 수 있다. 이와 같은 면을 고려하면 양질의 전력이 연속적으로 필요한 하이테크 산업분야에는 단기간 에너지 저장장치 내지는 브리지 전력시스템의 사용이 필수적이다.

단기간 에너지 저장장치로는 현재 배터리, 저속 플라이휠, 고속 플라이휠, UCAP, SMES가 경쟁하고 있다. 배터리를 사용한 저장장치는 현재에도 많이 사용되고 있지만 수명이 짧고 무게 및 설치면적에서 불리하며 온도에 영향을 많이 받는다. UCAP를 사용하면 배터리를 사용한 경우에 비해 수명, 전력밀도, 충방전 효율, 충전시간 등의 면에서 유리하지만 초단기간용으로만 사용할 수 있고 가격이 비싸며 적용 경험이 별로 없다. SMES의 경우에는 배터리에 비해 수명과 유지비용면에서 유리하지만 초전도체이어야 한다는 부담이 있다.

플라이휠을 사용한 저장장치는 배터리를 사용한 경우와 기본 기능이 유사하여 정전이 발생하면 부하에 무정전으로 전력을 공급하며, 정전이 길어지면 예비 발전기가 동작하여 부하에 전력을 공급하도록 해준다. 배터리를 사용한 경우에 비하면 에너지 공급기간이 짧기는 하지만 예비 발전기가 정상 가동하기에는 충분하며, 수명, 설치면적, 온도에 의한 영향 등의 면에서 유리하다. 또한 능동전력필터로도 동작하여 양질의 전력을 부하에 공급하고 상용전원에는 비선형부하로 인한 영향이 미치지 않도록 해준다.

Bruce Rogers 등이 실험실과 현장에서 시행한 시험결과는 플라이휠을 사용한 단기간 에너지 저장장치가 불평형을 조절하는 능력이 있고 정전에 충분히 대처할 수 있으며 전동기 부하가 기동하는 도중에도 절환되어 정상적으로 동작함을 보여주고 있다. 플라이휠을 사용한 저장장치가 에너지를 공급할 수 있는 시간은 부하량에 따라 달라지며, 현재 Active Power사의 플라이휠 UPS는 전부하에서 13초, 20% 부하에서 65초까지 무정전으로 전력을 공급할 수 있다고 한다.

〈저 자 소 개〉



홍순찬(洪淳瓚)

1950년 2월 24일생. 1973년 서울대 전기공학과 졸업(학사). 1975년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1985년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1975년~1978년 해군사관학교 교수부 전기공학과 전임강사. 1978년~현재 단국대 전기

전자컴퓨터공학부 교수. 1986년~1987년 미국 Texas A & M University 방문교수. 1997년~2000년 대한전기학회 이사. 2002년 당 학회 회장. 현재 단국대 공과대학 학장.