

축전지가 필요치 않은 무정전 전원장치

(주)아세아E&T 황 용 하

BatteryFreeUPSusingFlywheelTechnologies

Y.H.Hwang (Asea E&T)

요 약

에너지 저장 방식은 양질의 전원이 요구되는 중요 부하를 보호하기 위해 꾸준히 개발되어 왔다. 그 중 현재 가장 관심 있는 분야 중 하나인 것은 bridging power 시스템이다.

이 bridging power 시스템은 25kW에서부터 2,500kW범위까지 다양한 제품이 용도에 맞게 출시되고 있다.

Bridging power 방식들은 4가지로 크게 요약될 수 있다. 즉, 저/고속의 플라이휠, 배터리, ultra capacitors 및 magnetic storage 기술 등이다.

이 논문은 bridging power 시스템의 개요에 대해 설명하고, 주요 기능 감시 시스템의 특징 및 장/단점에 대해 기술했으며, 현재 EPRI와 EPRI P EAC과 함께 TVA Public Power Institute가 제공하는 R&D 활동에 대해 요약하였다.

1. 서 론

정전 시 기존에는 Diesel generator를 기반으로 한 예비 시스템을, 설비 보호 및 전력 손실을 방지하기 위해 사용되어 왔다. 발전기 제어 시스템들은 정전 검출 수초 후에 모든 부하에 전력을 공급 할 수 있도록 설계되었다. 하지만 이들 부하중, 중요 부하는 전원에서부터 완벽히 보호를 받도록 설계되었으며 수 m sec의 정전이라도 부하에 치명적인 결과를 유발시킬 수 있다.

예를 들면, 인터넷 데이터 센터의 부하들은 모두 중요 부하로 간주되며, 배터리를 이용한 UPS가 지금까지 이런 부하들을 보호하기 위해 사용되고 있다.

일반적으로 UPS의 배터리들은 대부분 30분 정도 백업 시간을 갖도록 설계 되어 왔으며, 장시간의 정전 시는 UPS의 입력 전원을 발전기로 절체한다. 상용 전원 정전 후 발전기가 기동 되어 절체될때 까지 발생하는 정전 시간을 보상하기 위

해 단시간 에너지 storage에 대한 관심이 높아지고 있는데, 이들 에너지 storage를 사용하면 기존의 무

정전 전원을 요구하는 중요 부하를 보호하기 위해 사용된 long term (장시간) 배터리 UPS를 대체할 수 있게 되었다.

일반적으로 bridging power system의 주 목적은 중요 부하를 정전 등 전원 교란 상황으로부터 안정된 대체 전원으로 무순단으로 절체 시켜 주기 위함이다. 이 목적을 달성하기 위해 몇몇 중요한 기능들이 개발되었다. 이런 기능들은 전원에 교란이 발생되면 즉각 전원을 차단하고 저장된 에너지를 무순 단으로 부하에 적합한 전원으로 변환시켜 안정된 전원을 중요 부하에 공급하여 주는 것이다.

물론 전압 조정 및 필터 링, 역률 보상 및 부하 안정, 고조파 제거 등의 기능도 필수적으로 포함되어 있다.

그림1은 일반적인 회로 구성에서 기본적인 기능을 보여준다.

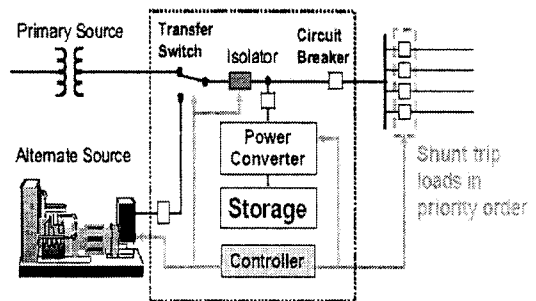


Figure 1. Generic Circuit Configuration for a Bridging Power System

지금부터는 현재 사용되고 있는 bridging pow

er system 들의 일반적인 기능에 대해 소개 하고자 한다. Energy storage의 시험 대상 분야는 전력량, 에너지 용량, 효율, 응답 속도 dc 전압 범위 및 전력 변환 방법 등이 있다. 시스템 특성 분야는 무 부하 손실, 전압/주파수 제어 및 기타 필수적인 기능들이 갖추어 져야 한다

2. 본 론

현재 TVA Public Power Institute 에서는 플라 이휠을 기본으로 한 bridging power system 과 250kW ultra capacitor 시스템 분야의 개발 활동이 광범위하게 이루어지고 있으며, 그 내용은 다음과 같다

2.1 Bridging Power Application

Bridging Power 시스템은 다음과 같이 정의 할 수 있다. Bridging Power Application 한 개의 전원 소스로부터 다른 한 개의 전원 소스로 절체 되는 시간 동안 부하에서 요구하는 양질의 전력을 무순단으로 공급해주는 시스템이다.

한 개의 전원 소스로부터 다른 한 개의 전원 소스로 전력을 절체 해주는 것은 일반적으로 주전원인 상용 전원 에서 예비 전원 즉, standby 발전기 set로 절체 된다는 과정을 의미한다.

또한 이 시스템은 주전 원인 상용 전원이 복구되었을 경우 예비 전원에서 주전 원으로 재 절체되며, 이런 절체 과정에서 부하 측에는 반드시 무정전이 공급될 수 있도록 시스템이 설계되어야 한다.

다음은 bridging power system 의 특징이다.

- 절체는 무순단 으로 이루어져야 한다
- Bridging power는 예비 전원으로써 정전 발생 후 대체 전원으로 절체 될 때까지 정전되는 시간을 보상하여 끊임 없는 전원을 부하에 공급하여야 한다.
- 병렬 운전을 위한 동기 제어 기능이 보유 되어야 한다
- 저압~중 전압 범위의 수kW~수MW의 용량에 적합
- 예민한 전자 장비를 포함한 중요 부하 보호가 필수적이다

short term storage의 또 다른 응용 사례는 full time dynamic stabilizer이다.

이것은 상용 전원의 배전 용량 부족을 보상해 주기 위해 상용 전원과 연계 기능을 갖는 저장 시스템이다. 따라서 stabilizer는 전압 안정 및 과부

하 용량을 갖고 순간적으로 전원을 보상해주는 장치이다. 특히 전압 안정 및 과부하 시 빠른 응답이 요구되는 분야에 사용된다.

이들 응용 분야는 시스템 절체시 단시간 전압 변동을 보상할 수 있는 연계 형 인버터가 연결된 순간 정전 보상 시스템 이 된다.

Bridging Power system의 큰 장점은 돌입 전류 및 순간 과부하 용량을 증가 시킬 수 있다는 것이다.

이러한 장점을 최적화 시키기 위해, 인터페이스 시스템은 반드시 병렬로 구성 하는 것이 좋고 부하 및 발전기의 완벽한 연계 운전이 되어야 한다.

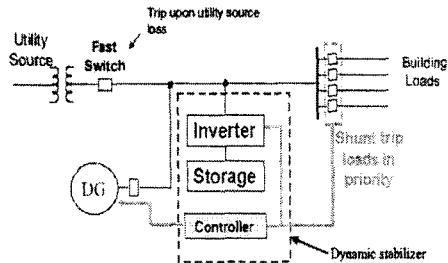


Figure 2. Diesel 발전기를 이용하여 단시간 에너지 저장 Dynamic Stabilizer

지난 10년간은 에너지 저장 방식의 발전이 빠른 속도로 진행되어 왔고, 다음 10년 동안은 더욱 더 발전할 것으로 예상된다.

전력 전자 및 관련 전력 품질 응용 분야에서 단시간 전력 보상을 위한 저장 방식에 대한 연구 개발이 집중되었는데 일부 에너지 저장 기술들은 성공되어 상용화 되어 사용되고 있다.

그 기술들은 개량형 배터리 기술, high speed flywheel, 초전도(SMES)용용 기술 이다.

Table 1은 에너지 저장 기술 대한 사례이다.

Energy Storage Technology Type	Energy Density (Wh/kg)	Power Density (W/kg)	Commercial Availability
Batteries			
Lead Acid	47	300	For many and readily available
NiCd/NiMH	55	200	Stable and available
Lithium-ion	120	100	Available
NiMH Hybrid	90	200	Available
Zinc-air	90	100	Available
Sodium-Sulfur	110	200	Available
Zinc-Bromine	70	75	Available
Ultracapacitors	5-7.5	2000-10,000	Commercially available power sources and products in physical/chemical form factors
Flywheels (steel and composite)	10-100	2,000-10,000	Short term storage products Available, Low, Low, Low, and High speed
Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)	-	200-1,000	Short term storage products Available, Low, Low, Low, Low, and High speed

연 축전지를 기초로 한 Bridging Power Systems 배터리 기술이 발전을 거듭해왔지만, lead acid battery는 아직까지 주 에너지원으로써 사용되고 있다.

그 이유는 배터리의 가격이 일반적으로 다른 에너지 저장 방식 중 가장 저렴하기 때문이다. 배터리의 주 용도로써 엔진 기동용, ups backup 용, 선박용, 비상등, 산업용, fork lift용 등에 널리 사용된다. 하지만 lead acid battery의 가장 큰 단점은 수명이 짧다는 것이다.

이 배터리의 수명은 충/방전 횟수만큼 수명이 단축된다.

사용 용도에 따라 완전방전이 필요치 않은 자동차 배터리 경우 자동차의 시동 시는 단 몇 초 동안 방전이 필요하며 60~72개월의 수명은 가격대비 경제성이 있다. 또 다른 배터리 사용 예로서, fork lift types은 매일 50%이상 충/방전을 하기 때문에 배터리의 설계 및 제작 방법이 다르며 가격도 높아진다 또한 방전심도가 깊고 방전빈도가 빈번한 용도의 배터리는 대단히 고가이며 무게도 많이 나간다. 이와 같이 사용 용도에 따라 경제성에 큰 차이가 있다

일반적인 용도로 제작된 자동차용 배터리는 용량이 \$50/kWh 이하이며 방전심도가 깊은 Cycling용 배터리는 \$100~1,000/kWh 이고, 어떠한 기술이 적용됐느냐에 따라 가격이 다르다. 자동차용 배터리는 일반적으로 100회 이상까지 deep 방전을 할 수 있게 설계되었고 후자는 1,000회 이상 견딜 수 있게 설계되어 있다.

Cranking type 배터리는 bridging power 응용 분야에 가장 적합하게 설계된 배터리이다. 왜냐하면 15~30초간의 짧은 방전이 되기 때문이다. 이 배터리를 bridging power system에 사용하게 될 경우 전체 시스템 완성도는 높아진다.

예로써 그림 3의 Pure Wave (AC Battery라 불림) 모듈은 20MW 까지 가능한 bridging power system에 사용되며 이것은 250KW 모듈에도 이용 가능하다.

그림3은 480V, 전원에서 예비 전원으로 절체시 30초간의 Backup 용량을 갖고 250kw의 용량을 갖는 모듈이며, 주요 기능은 one line 블록 다이어그램에 표시되어 있다.

Block1은 입력측 단락이나 fault시 부하를 최단 시간 내에 독립시키는 기능을 한다.

Block2는 short term 배터리 충전 및 시스템

병렬/동기 운전 제어 기능뿐만 아니라 전력 변환 기능을 갖고 있다.

여기에서 전력 변환은 PWM 방식의 인버터 시스템에 의해 이루어진다. Block 3은 시스템 절체부이며 block 4는 AC 전원을 나타낸다.

또한 온도가 배터리의 수명에 영향을 미친다. 배터리는 제작 업체의 사양에 따라 유지해야 한다. 예를 들어, lead acid 배터리는 제작 업체에서 섭씨 25℃에 가깝게 유지하도록 추천한다.

배터리 실의 고온은 배터리의 수명을 단축시키며, 저온은 배터리의 용량을 감소시킨다.

따라서 이 시스템을 사용하기 위해서는 배터리 및 전력전자 부품과는 내부적으로 절연되어 있어야 하며, air condition이 내장된 외함을 사용하여야 한다.

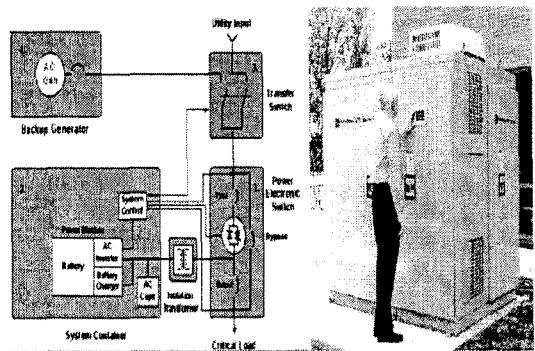


Figure 3. One line and Packaging of Soft Transfer Interface System using Battery Energy Storage (S&C Electric)

2.2 Low and high speed Flywheel bridging systems

Flywheel들은 short term bridging power에 맞게끔 최적으로 설계되었다. 다수의 새로운 방식의 저/고속의 플라이휠 시스템은 이미 상용화 되어있고, 그 중 몇몇 제조사들은 15 kW 250kW UPS 시스템 모듈과 수십kWh 에너지 저장 장치를 제작 및 공급하고 있다.

HITEC / PILLER사는 low speed system을 적용하고 ACTIVE POWER는 고속의 Flywheel 제품을 적용하여 생산하고 있다. Flywheel을 장착한 UPS들은 배터리에 비해 장 수명을 갖고 있고, 비용 면에서도 훨씬 많은 장점을 갖고 있다.

장비의 가격만 더욱 절감된다면 이 시장은 아주 큰 잠재력을 갖고 있다. Flywheel은 motor / generator를 통해 충전 및 방전된다.

motor / generator System에 사용되는 Flywheel은 주 전원에서 예비 전원으로 전환 시 방전으로 인해 플라이휠이 저속 임계점에 이르기 전까지는 안정된 정격 전력을 부하에 끊임없이 공급하여 준다.

여기서 예비 전원은 제2의 상용 전원 또는, 비상 전원용 예비 발전기가 된다.

예비 발전기는 기동 되어 부하에 전력을 공급하기 까지 5~10 초 가량 걸린다

Motor / generator / Flywheel을 기본으로 한 무정전 전원 장치는 10kVA에서 1MVA까지 다양하고, 전원의 신뢰성을 극대화 하기 위해 여러대 병렬 또는 이중화 전력 공급 형태로 구성된다

이 시스템들은 수초 에서 수십 초 간의 방전 용량을 갖으며, 대용량의 Flywheel system들은 30초까지 가능하도록 설계되었다.

실제 Flywheel의 방전 시간은 정전 시 부하의 양과 관련되어 있으며, 예를 들어 정격 부하(Full load) 시 13초의 방전 시간을 갖는 Flywheel은 20% 부하 시 65초간의 방전 용량을 갖을 수 있다. Active power사는 그림 4에서와 같이 AP UPS 내부에 배터리를 대체 하기 위해 Flywheel이 내장된 UPS를 양산하고 있는데, 이것은 기존의 UPS 배터리 시장을 목표로 한 제품이다.

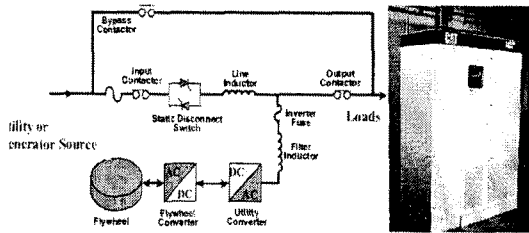


Figure 4. A 250 kW Cat UPS provides the bridge between normal utility power and an on site generator

이들 제품의 기능들은 배터리를 사용한 bridging system과 유사하다.

전원은 ATS를 통해 주전 원이나 예비 전원에서 부터 공급을 받는다.

만약, 정전이 발생되면, 부하는 Flywheel을 통한 전력 변환 시스템에 의해 안정된 전력을 공급 받는다. 이 경우 전력 변환은 양방향 컨버터를 통해 이루어진다. Low speed 플라이휠과 출력 간의 기계적인 결합을 사용한 저속(LOW SPEED) 구조는 그림 5와 같다.

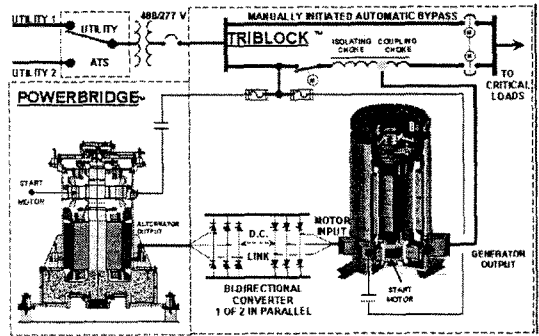


Figure 5. Product Specifications and One Line Diagram for Piller Power Bridge with TriBlock UPS

Ultra Capacitor Product 응용사례 : Ultra capacitor 들은 일반적으로 매우 짧은 시간 방전을 보호하는 하는 분야, 즉 inrush current(는 단지 몇 초 간 지속) 및 순간방전(voltage sag, 단 몇 cycle지속)에 최적사용 되어 진다.

그리고 lead Acid battery 대체를 위한 traction type의 ultra capacitor 방식은 bridge power나 voltage stabilization 응용 분야에 사용될 수 있다.

Ultra capacitor 들은 lead Acid battery 보다 2배 이상의 life cycle을 갖고 있고 훨씬 큰 power 용량을 갖고 있으며, 98% 이상의 효율(충/방전 cycle시) 이 가능하다.

장점은 온도에 둔감하며, 장 수명이 가능하고, 4~5배 큰 용량을 갖는다. 또한 배터리보다 충전 시간이 훨씬 빠르다. table 2에서 Flywheel과 배터리, Ultra Capacitor의 비교표를 제시하였다.

Parameter	Lead-Acid Batteries	Ultra-Capacitors	DC Flywheels (1)
Power @ 15s W/kg	20 - 30	120 - 1200	10 - 30
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 Six seconds
Roundtrip Efficiency (%)	75%	95%	90%
Typical Cycle Life (cycles)	2,000	100,000	10,000
Case Size Range (2)	5.1 - 1	55 - 40	81 - 4
Technology Status	Mature	Transitioning	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)

Ultra capacitor의 초기 비용은 10배 이상 lead acid battery보다 비싸지만 수명을 고려한 비용을 산출하면 3~10배 정도 비싸다.

short duration 응용분야를 위한 Ultra capacitor 들은 고 효율, 대용량 및 기타 장점으로 인해 가격 경쟁력이 있다. 만약 제작비용이 내려간다면 앞으로는 장시간 방전을 위한 배터리 시장을 위협하게 될 것이다.

그림 6에서는 ESMA의 pulse type Ultra capacitor와 기존의 cranking type의 lead acid battery의 외형을 비교한 것이며, 테이블 3은 서로 다른 2가지의 제품의 기술사양을 비교한 것이다.

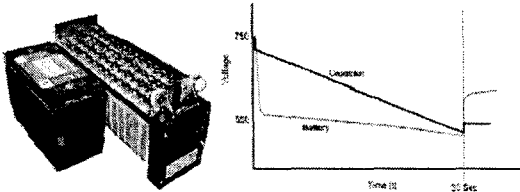


Figure 6. Comparison of Physical Packages of Delco 1150 Cranking Battery and ESMA EC-402 Pulse Type Ultra Cap as well as the Discharge Curves for each Technology (cap is shown without its metal cover)

Table 3. Characteristics of ESMA Pulse Type Ultra Capacitor and Delco DELPHI-E cranking battery

Characteristics	ESMA 30 EC 402	Delco 1150
Operating voltage window, V	42-21	11.5-7.2
Minimum voltage at no current, V	10	7.2
Energy stored in operating voltage window, kJ, not less than	220	300 (9.7 A-h)
Capacitance, F, not less than	930	N/A
Internal resistance, Ohm, not more than	0.009	.0115 (CCA#226)
Weight, kg, not more than	45	27
Overall dimensions (Lx Wx H), mm, not more than	570x130x252	330x170x240
Operating temperature range, C	-50 to +20	0 to 26 (85 to 100%)

Figure 6. Super conducting Magnetic Energy Storage System

현재 전력 응용 분야중 가장 광범위하게 super conductivity 용분야가 이루어 지고 있는 곳은 중 중 micro SEMS 시스템이라 불리는 low temperature superconductor이다.

이 분야는 1~10 mega joule의 에너지를 저장하며, 100KW로부터 몇 megawatt까지 1~10초 가량 부하를 감당할 수 있는 용량을 갖는다. 이 정도의 방전 용량은 voltage sag 및 순간 정전 등으로부터 충분히 중요 부하를 보호할 수 있다.

SMES 에너지 storage는 기존의 non super c onducting magnetic coil 과 함께 사용되어야 한다. 하지만 이 경우 물리적인 크기가 더욱 커지며, 비용도 증가하여 상업용 용도로 사용하기에는 부적합하다.

반면 Superconductivity는 매우 가는 선과, 무게를 줄임으로 인해 이러한 문제점을 해결하여 준다. 따라서 superconductivity는 short term magnetic 저장에 상업적인 용도로 사용 가능하게 만들어 준다.

기존 배터리를 사용한 에너지 storage 기술을 능가하는 SMES 기술의 장점은 수명과 유지 보수 비용면에서 배터리를 사용하는 시스템보다는 월등히 유리하다는 것이다.

배터리 수명은 방전량과 횟수에 따라 결정된다. 또한 잦은 주변 온도 변화 및 500~1000회 이상의 배터리 deep 방전 시에는 아마도 배터리를 교체하여야 할 것이다.

만약 배터리가 deep discharge를 하루에 한번 씩 반복한다면 아마도 수명은 몇 년 이내에 다할 것이다. SMES 시스템은 기존의 배터리보다 훨씬 빠른 시간 내에 충전되므로 빠른 에너지 흡수가 필요한 시스템 즉, dynamic blacking, 주파수 제어 및 power system stabilization에 유리하다.

이런 장점들은 ultra capacitor들과 유사하며, 연결된 power electronic conversion system의 용량 및 성능에 좌우된다.

American superconductor는 그림 7과 같이 상업적 용도로 이용 가능하다.

이 경우 시스템은 2개의 독립된 전원 사이의 부하 전환 시 필요한 충분한 에너지 공급 시간을 갖고 있다.

일반적으로 2초라는 시간은 엔진 제너레이터는 기동하기에는 충분한 시간은 아니다. 이 시스템은 순간적인 전원 공급 장치의 저 전압 상태 즉, sag 시나 순간적인 절체 동작 시 보상하여 준다.

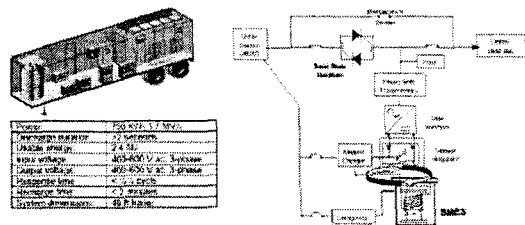


Figure 7. Trailer based SMES System for AC Power Quality Applications (Courtesy of ASC)

Magnetic energy storage는 chopper regulator를 통해 dc 전류로 변환되며 magnetic charger에 DC전류를 공급해준다. 단순한 기능의 인버터는 위상 shifting transformer를 통해 교류를 만들고 filter를 통해 정현파 로 만들어준다. SMES 기술은 비용 절감 및 수행 능력이 개선되리라고 기대 하지만, 미래에 주도적으로 사용 가능 할지는 명확하지 않다.

High power density를 갖는 기술은 short duration에서는 더욱 경제적이지만 long duration 응용에 있어서는 적절한 전원을 제공할 수 있는 배터리가 더 경제적인 것은 주목할만한 일이다. Flywheel을 기반으로 구성된 Bridge system of demonstration project Covington Electric System과 같이 테네시주의 Covington에 위치한 TVA power사의 대리점인 PPI는 Active Power사에 의해 개발된 Flywheel을 기반으로 구성된 bridge power system의 장비 기능시험을 수행하였다.

이 프로젝트의 목적은 AP UPS의 전원 교란 조절 및 플라이휠 방전 특성을 보여주기 위함이었다.

본 설비가 장비 시험장 소로 선택된 이유는 Covington시의 케이블 방출 및 인터넷 설비를 추

후에 설치하기로 예정되어있었기 때문이다. 이 방송국 설비는 반드시 24시간, 일주일의 7일, 365일 끊임없이 고객에게 방송을 해야 하는 중요한 부하이다. 따라서 bridge power 장비는 backup용 제너레이터가 기동하기 전까지 부하에 전원을 끊임없이 공급해 주어야 한다.

이 프로젝트에서 준비해야 될 일의 범주는

- 1)본 기술을 사용하기 위한 최적의 고객 선정
- 2)장비의 설계,조달 설치 관련 사항 등
- 3)시스템 수행시험 및 모니터링
- 4)다른 설비를 위한 시험 평가결과 및 개선사항

보고, Laboratory Testing

목적

AP UPS 시스템은 voltage sag, interruptions, steady state 전압 조절 및 고조파 제거를 위한 ACTIVE FILTER 기능을 갖는 개선된 전력 전자공학으로 설계된 Flywheel based system이다.

EPRI PEAC에서 수행된 테스트의 목적은 고객의 현장에 설치하기 앞서 장비의 성능을 시험하기 위함이다.

특별히 시험은 다음과 같은 절차로 구성됐다.

*** Steady state variation Test**

- UPS의 고조파전류 조절 능력 및 전압조절능력 시험

*** Momentary Variation Tests**

- voltage sag 및 순간 정전 시 반응시간

*** Dynamic Response Test**

- 모터 등 큰 기동 전류를 포함한 부하에 전원을 공급하는 용량 시험

2.3 Setup

시스템은 그림8에서와 같이 테네시주의 EPRI PEAC 실험실에 설치되었다. 설치하는 앵커 볼트를 포함하여 특별히 준비된 floor에 설치되었고, 설치 후 케이블을 연결 하였으며, 제조사의 엔지니어가 EPRI PEAC 사에 와서 장비 설치 및 기동 절차를 감독 및 감시하였다.

장비 설치 후 기동 시 아무런 문제가 발생되지 않았다.



Figure 8. CAT UPS shown installed at the EPRI PEAC testing facility

그림9는 시험설비에 대한 간단한 구성이며, voltage sags 시험은 portable sag generator를 통해 인가되었다.

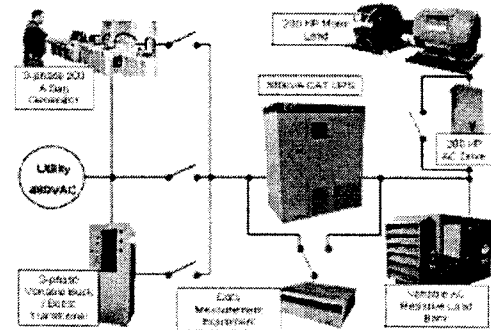


Figure 9. Simplified one line schematic showing the configuration of the test setup

Test data

Regulation / unbalance

AP UPS의 용량 조절 능력을 시험하기 위해 입력 측의 1상의 전압을 낮추었고 그 결과치가 측정되었다. 테이블 4는 시험 결과를 요약한 것이다.

3%의 전압 불평 시, AP UPS의 출력 전압은 0.5% 이내로 조절되었고, 부하의 정상적인 역률은 0.99인데, 전압 불평형 시 입력 역률은 0.84로 측정되었다. 이것은 AP UPS가 전압 불평형 시 역률 보상을 하고 있다는 것을 의미한다. 아래 테이블은 20%미만의 저항 부하 연결 후, 입력 3%

전압 변동 시 결과를 출력한 것이다.

Table 4

Data recorded during a 3% voltage unbalance on the input of the CAT UPS when lightly loaded with the resistive load bank

3% Voltage Unbalance Test						
	V	Ah	Bc	Ca	T	% Unbalance
Source	V	464.99	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	

Figure 10 Sag and interruptions

이 실험을 위해서, sag generator가 사용되었으며, 이것은 UPS의 다양한 방전 시간을 시험하기 위해서 AP UPS에 전압을 sag 시키거나, 전원 공급을 차단하는 기능을 한다.

그 후 시스템의 반응을 입력 전압, 출력 전압, 플라이휠 에너지 및 속도를 측정하였다. 다음 그림은 10초간의 전원 차단 시 발생한 UPS의 특성 그래프이다.

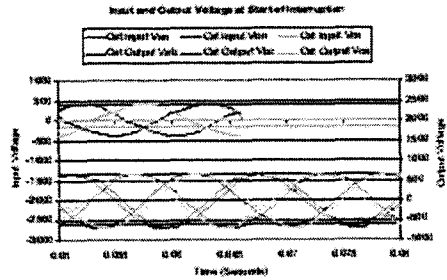
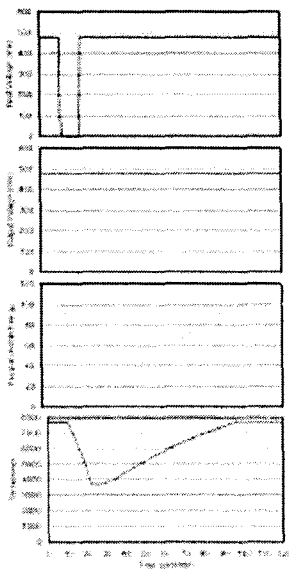


Figure 11 AP 300KVA 정전시험

2.4 Quality of Transfer

플라이휠의 절체시 파형은 특별한 관심거리였는데 AP UPS 300은 출력 안정도가 정격 전압의 2%이 내이며 입력 정전 시 미량의 전압변동만이 발생하였다. 그림11은 10초 정전 시 절체 파형을 보여준다.

2.5 Inrush

측정장비는 모터가 AP UPS의 부하로 연결되었고, 기동 시 많은 양의 전류가 요구되는데 이때의 반응을 관측하기 위해 설치되었다.

모터의 종류와 모터에 연결된 부하에 따라 돌입 전류가 정격 전류값의 7배까지 발생 될수 있다.

이 상황을 시험하기 위해 AP UPS는 75% 저항 부하만 연결된 뒤 운전하다 100Hp의 모터를 속도 조절 드라이브 없이 연결시켰다.

그림 12는 UPS에 연결된 모터가 기동하는 동안, UPS의 입/출력 전류 파형을 본 것이다.

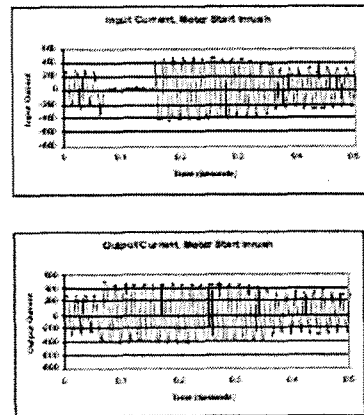


Figure 12 UPS의 입/출력 전류 파형

이 때 모터 기동시 AP UPS는 플라이휠을 통해 전원 공급이 부하로 공급되었고, 주 전원(한전)

은 차단되었다. 아래 그림은 0.1초 동안 입력 전류가

차단 된 것을 보여준다. 이것은 AP UPS가 모터 기동시 플라이휠이 방전하였다는 것을 보여준다.

AP UPS의 출력과형(100HP 모터, 75% 저항부하)

2.6 Lab Test Summary

EPRI PEAC 의 실험실에서 시험한 AP UPS는 예상한 것과 같이 좋은 결과로 시험을 마칠 수 있었다.

AP UPS는 비선형 부하에 의해 발생된 고조파들은 active power line filter로 흡수되었고, 입력 전원에는 비선형 부하에 의한 고조파가 전혀 역류 되지 않았다.

또한 AP UPS는 voltage regulation, 전압 sag 및 순간정전, backup power공급 및 모터 기동 능력을 갖고 있는 것으로 판명되었다.

2.7 Field Installation

현장설치 및 시운전은 2002년 1월 중순에 Con vington 설비에서 성공적으로 이루어 졌다. 750K W 디젤 발전기가 시험을 위해 설치되었고, ATS 는 정전 후 발전기 출력과 부하의 동기 및 절체 시간을 충분히 확보하기 위해 발전기로 기동 신호를 보내준다

이 방식은 현장에서 설치 가능한 최상의 중요 부하를 보호하기 위한 설비이며 추가적인 신뢰성을 높이기 위해 병렬 또는 이중화 System으로 구성 할 수 있다.

부하설비는 2002년 4월에 완공되었다.

power line 모터들은 AP UPS의 입/출력에 설치되었고, AP UPS가 2002년 3월초에 설치된 이후로 대략 10개의 입력 장치 관련된 이벤트만이 기록되었을 뿐이다. (출력 장치 관련 이벤트는 없었음) 따라서 시험은 대단히 훌륭하게 진행되었다.

2.8 Development of a 250kw Ultra capacitor (UCAP) Based Bridge Power System

이 프로젝트의 목적은 기존의 lead acid battery를 사용하고 있는 UPS의 Battery 를 대체하기 위해, UCAP를 기본으로 한 에너지 storage시스템의 성능을 시험하기 위함이다.

Ultra capacitor내부의 캐패시터 안에 충전된 에너지는 더욱 신뢰성 및 안정된 에너지 storage이다. 유지보수가 거의 필요치 않은 UCAP는 주변온도에 둔감하고, 환경 친화적이다.

그림 13 에서 와 같이 EPRI PEAC사에 설치되어있는 이 시스템(600V DC)은 현재 개발 단계이다.

제안된 시스템의 시험완료는 2002년 4사분기에 가능할 것으로 보인다.



그림 13

3. 결 론

Short term 에너지 storage(bridging power, voltage stabilization 및 Regulation)는 양질의 전원을 요구하는 하이테크 산업 분야에서 사용되고 있다.

5개의 short term 에너지 저장 기술들, 즉 박테리, low speed Flywheel, high speed Flywheels, ultra capacitor, magnetic coil(초전도) 방식들은 이 중요한 전력산업설비 시장에서 경쟁하고 있다.

현재 12개의 short term에너지 관련 제품들이 상업적인 목적으로 사용되고 있으며, 가까운 미래에는 기존의 에너지 storage를 개선 및 대체할 수 있는 대안으로 자리 잡을 것이다.