

UPS의 신뢰성 향상을 위한 독립제어 고속절환장치

丁賢澈[†], 玄東石^{*}

Isolation Control High Speed Transfer Switch for Upgrade Reliability of Uninterruptible Power Supply

Hyun-Chul Jung and Dong-Seok Hyun

요 약

본 논문은 대용량 더블컨버전 방식 30~500[KVA] 무정전전원공급장치 UPS(Uninterruptible Power Supply)의 고장발생유형과 출력정지현상의 원인을 살펴보고, 부하 측면에서 전원공급의 신뢰성을 높일 수 있는 고장 검출방식을 제안한다. 인버터 출력의 전원품질을 검출하여 이상으로 판단 시 바이패스 시키는 방식의 기존 UPS 제어방식의 경우, 만일 내부(전력변환소자, 컨트롤러, CPU)소손이 발생하는 경우에는 부하전원 공급이 중단되는 현상이 발생되었고 이를 실험과정과 장비 운용결과를 통하여 증명하였다. 본 논문은 이러한 사고의 경우에도 출력전원의 공급에는 문제가 없도록 하기 위하여 기존 UPS의 제어시스템과는 별도로 독립적으로 고장검출장치, 바이패스 제어장치, 3중 전원공급장치를 구축한 상태에서, 고장검출위치를 최종출력스위치 전단으로 변경하고, 고장판단 기준값을 기존 UPS제어시스템과 충돌이 없도록 변경하고, 사고확산을 차단할 수 있는 장치를 하였다. 이 시스템을 통신전원공급용 UPS 242대에 적용한 결과 2006년 이후 2년간 서비스장애가 발생되지 않았다.

ABSTRACT

This paper investigates the fault generation type and the cause of output interruptions in bulky with 30~500[KVA] double conversion UPS, and proposes the fault detection method to improve the reliability of power supply used in the critical load in industry. Identifies its existing way of detecting a quality of inverter output it to bypass when exceeds its expectation. Under a UPS managing system, when an inner (Power device, Controller, CPU) fault occurs it disrupts the power supply and these occurrences has been verified by the results of experiments and application results. To overcome these problems, the proposed method constructs independently a fault-detection, a bypass-control device and a triple power supply apart from the conventional UPS operation. Also the detection point is changed to the preceding of a circuit breaker, a reference of fault detection is modified to avoid any clash and the breaking equipment is attached to intercept a spread of accident. As a result of applications of these developed systems to 242 UPS which was installed purposefully to the communication power supply, the service errors has not occurred in the UPS for two years since 2006.

Key Words : UPS(Uninterruptible Power Supply System), Transfer switch, Bypass line, STS, Reliability

1. 서 론

[†]교신저자 : 정희원, 한양대 대학원 전기공학과 박사과정
E-mail : love001@kt.com

^{*}정희원, 한양대 전기제어생체공학부 교수
접수일자 : 2008. 1. 14 1차 심사 : 2008. 1. 22
2차 심사 : 2008. 3. 25 심사완료 : 2008. 4. 19

최근 통신시장에서는 초고속 정보통신의 보편화와 서비스의 다양화로 고객의 서비스 기대 수준은 점점

높아지고 있고 이를 충족시키기 위한 통신서비스용 시스템 또한 고기능에 대형화 집중화 되고 있다. 이에 따라 인터넷서버, 광전송시스템 및 IDC (Internet Data Center)센터로 대표되는 대형화 집중화된 인터넷 서버 호스팅 서비스용 시스템이 점점 증가되고 있다. 이러한 시스템들은 공통적으로 AC전원을 사용하고 전원공급의 연속성에 대단히 민감하여 4[mS] 이상의 순단이 발생되면 시스템을 복구하는데 많은 시간이 소요되어 실질적인 서비스장애 시간이 길어진다. 이러한 부하특성에 맞도록 무정전 전원공급시스템을 도입하게 되었고 그 중에서도 통신용 서버 장치에서 발생하는 역고조파나 영상고조파의 영향을 적게 받을 수 있도록 그림 1과 같이 정류부, 축전지부, 인버터부, 바이패스부로 구성되는 더블컨버전 방식의 UPS를 사용하여 정전이나 시스템의 장애에 대비하게 된다^[1].

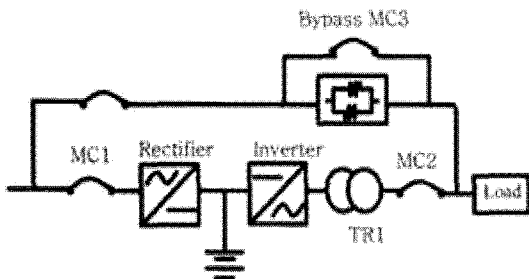


그림 1 바이패스를 가지는 더블 컨버전 UPS계통도
Fig. 1 Constitution of Double Conversion UPS having bypass

여기에 더하여 중요시스템에는 UPS를 병렬로 설치하여 두 대중 한대가 고장이 발생되더라도 최대부하가 60%를 넘지 않도록 용량을 설계하고 정전 시에도 180분 이상 전원을 공급할 수 있도록 축전지를 설계한다. 특히 IDC 센터 등의 대형 서버전원공급을 위한 UPS 시스템에는 출력단에 대형STS (Static Transfer Switch)까지 추가로 설치하여 STS의 출력으로부터 부하에 전원을 공급 하는 방식을 취하여 전원공급 신뢰성 향상에 많은 투자를 하고 있다^[2,3].

그러나 이러한 노력에도 불구하고 무정전 전원공급을 위하여 설치된 통신용 UPS에 대하여 2003년 이후 3년간 3KVA~ 500KVA대용량 UPS의 약900여대의 고장을 바탕으로 분석해본 결과 표 1에서와 같이 년평균 12%대의 고장이 발생되었고 사고발생 내역 중 10%는 서비스 중단이 발생되었다.^[4] 고장유형을 세부적으로 분석하여 보면 표 2와 같이 구분할 수 있다. PCB를 포함한 제어부 이상으로 인한 고장발생이 36%로 가장 많고 휴즈, 헨등 보호장치가 35%를 차지한다. 나머지 29%는 IGBT, SCR, 접점스위치, 콘덴서 등 UPS구성 핵심소자의 고장이었으며 이 부분과 일부 제어부의 고장이 서비스 장애의 주원인이 된다. 또한 총 고장 중 서비스중단으로 이어진 10%중 6.5%는 바이패스는 이루어졌으나 일정시간 순단으로 인하여 통신시스템 기능이 정지된 상태 이었으며, 완전한 전원공급중단 사고는 3.5% 이었다^[4].

표 1 년도 별 통신용 대용량 UPS시설 고장분석^[4]
Table 1 Fault analysis of bulky UPS equipment for communication^[4]

Year	Number of Equipment,	Total Fault	UPS parts Fault	electronic device Fault	Load accident
2003	992	158	144	18	15
2004	930	113	92	13	10
2005	909	90	88	24	11
Total	2831	361	324	55	36

표 2 고장 내역 유형별 분석^[4]
Table 2 Fault type analysis^[4]

Year	UPS Fault	Control Parts	IGBT SCR	MC, S/W	Condenser	Fuse	Fan	others
2003	144	51	17	6	12	29	23	6
2004	92	29	8	5	11	18	14	7
2005	88	38	10	12	12	6	4	6
Total	324	118	35	23	35	53	41	19

이러한 분석결과는 단 1%의 사고도 발생되지 않는 통신용 무정전 전원공급시스템 구축을 위하여 투입한 예산과 인력에 비하여 심각한 수준으로 인식되고 있다. 본 논문에서는 더블 컨버전방식 UPS에서 특정한 유형의 고장이 발생하는 경우에 서비스 공급이 중단되는 현상을 파형을 통해 분석하여 보고, 이러한 문제점에 대한 개선제안과 제안된 시스템의 실험파형을 통하여 효과를 기술하고자 한다.

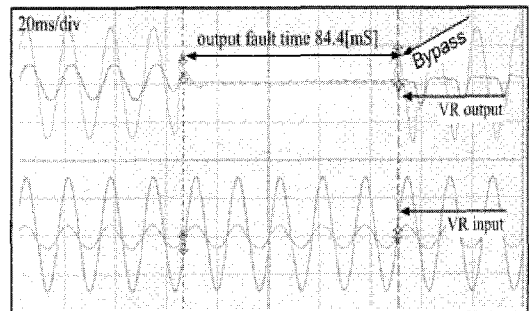
2. 서비스 장애 원인과 문제점

2.1 더블 컨버전방식 UPS 고장 유형별 시험결과 및 문제점

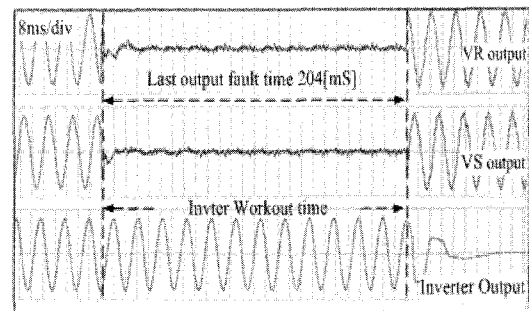
사용자 입장에서는 부하 측에서 발생하는 사고로 인한 전원공급 중단은 불가항력으로 보더라도 바이패스 라인을 가지고 있는 UPS 고장으로 인한 전원공급 중단은 용납하지 않는다. 그러나 아쉽게도 표1에서와 같이 전원공급이 중단되는 고장은 발생되고 있고, 표2에서와 같이 고장이 발생하는 원인별 유형은 볼 수 있다. 이중에서도 서비스 장애를 일으키는 원인으로는 첫째 IGBT, SCR등 소자 소손사고, 둘째 입,출력 마그네틱 스위치등 고장, 셋째, DSP, CPU, 제어보드, 제어전원 공급 장치(MPU)등 PCB 계통 고장 넷째, 상기 모든 유형의 파급효과에 의한 단락사고, 화재발생, 제어불가 상황에서 부하전원 공급이 중단되거나, 바이패스가 되었다더라도 일정시간 순단이 발생되어 서비스장애가 발생되었다. 여기서 바이패스 전원공급계통의 장애가 동시에 발생하는 경우가 아니라면 서비스장애로 이어지는 정전이나 순단이 발생되지 않아야 하지만 실제로는 서비스 장애가 발생되고 있어 더블컨버전 UPS에 상기 4가지 유형으로 시험을 해본 결과 그림 2와 같은 시험결과를 얻을 수 있었다.

현장에서 서비스 중인 장비에 대한 테스트가 불가하여, 서로 다른 스위칭소자, 제어 알고리즘, 측정장비를 가지는 각각의 UPS 제작사에서 직접 시험을 하였기 때문에 모든 실험 파형이 모든 유형의 고장상황에서 일치하는 결과를 나타내지는 않았지만, 약간의 시간 차이만 존재하고 일정한 형태의 고장유형별 출력파형을 확인할 수 있었다. 4가지 유형의 고장상황을 가정하여 그림 2의 "a"는 아날로그 제어형 300KVA UPS 인버터 IGBT의 Drain 을 차단했을 때 나타난 파형으로 84.4[mS] 동안 순단이 발생되었고 그림 2의 "b"는 DSP제어 75KVA UPS 출력 차단스위치(MC) 고장에

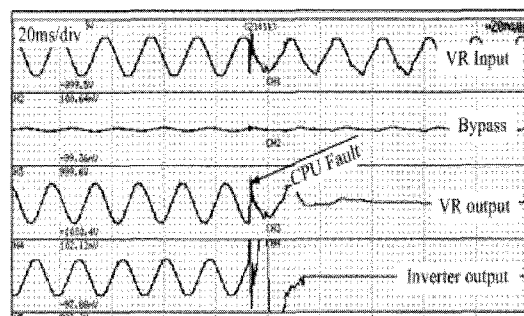
의한 Off의 경우 파형으로 204[mS]동안 순단이 발생되었다. 그림2의 "c"는 아날로그 제어형 외산장비 300KVA UPS 메인보드 고장상황을 가정하여 CPU를 리셋 시킨 결과 출력이 정지 되었다. 그림 2의 "d"는 DSP 제어 75KVA UPS 인버터의 고장과 출력 차단기(MC)고장이 동시에 발생한 상황을 가정하여 MC Off 명령 신호를 차단한 상태에서 바이패스를 실시한 파형으로 741.7[mS] 동안 인버터와 바이패스 출력이



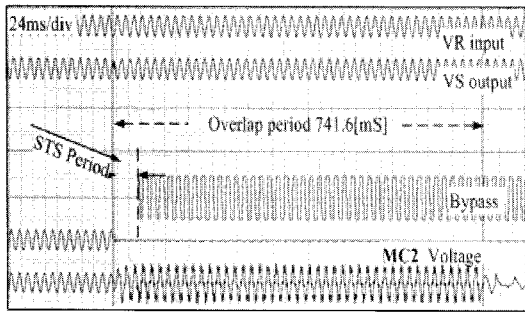
a) 인버터 IGBT 소손에 의한 고장 상황
a) Situation in case of IGBT Fault



b) 인버터 출력스위치 OPEN으로 인한 고장 상황
b) Situation in case of output MC open-fault



c) Main CPU 화재로 인한 고장 상황
c) Situation in case of Main CPU fire



d) 인버터 사고와 출력스위치 동시 고장 상황
 d) Situation in case of output MC closed by mechanical fault

그림 2 더블컨버전 UPS 고장 유형별 시험^[4]
 Fig. 2 Various fault test in Doble Conversion UPS

동시에 부하에 공급되었다. 이러한 시험결과로 볼 수 있듯이 더블 컨버전 방식의 UPS는 산업현장에서 발생 가능한 상기 4가지 유형의 특정한 상황이 발생되면 전원공급은 순단이 되거나 정지되는 현상이 발생되어 서비스 장애로 이어지고 있었다.

2.2 기존 STS(Static Transfer Switch) 고장검출 방식 및 문제점

더블 컨버전 방식의 UPS는 그림3과 같이 바이패스 라인을 가지고 있어 인버터이상 경고가 발생하는 경우와 인버터 스위칭소자의 이상으로 인한 출력값의 이상이 발생하는 경우 즉시 바이패스를 실시하여 전원공급을 계속하며 이러한 방식은 인버터 출력이상을 가장 빠르게 검출하여 Main 제어회로에 즉시 명령을 조

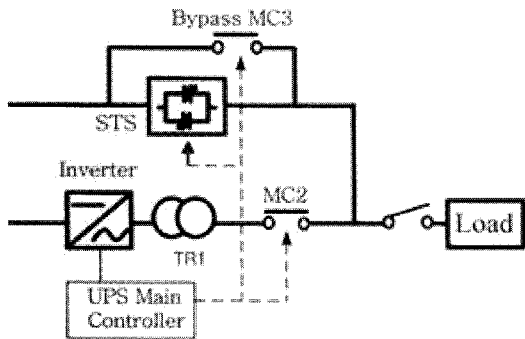


그림 3 Main CPU 에서 인버터 이상을 검출하여 출력과 바이패스 스위치를 직접제어
 Fig. 3 Direct control of output and bypass switch by detecting inverter fault in Main CPU

치할 수 있도록 각각의 회로에 가깝게 설계된다. 그림 3에서 TR1은 인버터 출력트랜스, MC2는 최종출력스위치, STS는 바이패스용 스테틱 스위치, MC3는 STS의 동작을 최소화하고 STS 이상으로 부터 출력을 보호하기 위한 접촉스위치이다.

이러한 고장검출방식의 문제점은 정상적인 제어 상황에서는 제어방식이 간단하고 빠른 동작특성을 가질 수 있으나 만일 UPS출력이 정상적인 상태에서 출력스위치(MC2)가 기계적인 결함으로 인하여 Open되는 경우 전압검출 방식이라면 UPS 출력전압은 정상이기 때문에 CPU에서는 출력이 정상적이라고 판단하고 어떠한 조치도 취하지 않아 출력은 정지된다. 또한 전류검출방식이라도 출력전원이 정상적인지 여부를 검출하는 시간은 출력변압기(TR1)와 고조파필터용 출력 콘덴서(C)의 시정수 값에 의하여 지연될 수 있으며 리액터와 콘덴서가 대용량일수록 검출 지연시간은 더욱 느려질 수 있음을 알 수 있다.

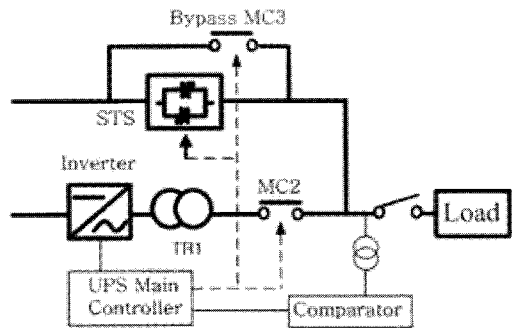


그림 4 최종출력에 고장을 검출하는 STS
 Fig. 4 STS detecting fault in last output

그림 3과 같은 구성방식에 의한 문제점을 보완하기 위하여 일부 UPS에서는 그림4와 같이 구성하고 고장검출위치를 인버터 출력단에서 최종출력스위치 (MC2) 후단으로 변경하고 비교기를 통하여 출력전압을 검출하고, 기준전압과 비교한 다음 사용자가 요구하는 설정 값 범위를 벗어나면 바이패스를 실시하는 프로세서로서 출력스위치 이상에 의한 문제점을 보완하였다.^[6] 또한 고장검출위치의 변화로 인하여 취약해 질수 있는 스위칭소자(IGBT,SCR)의 보호를 위하여 스위칭소자의 입출력 전압변동을 검출하여 게이트신호를 제어하는 방법을 활용하고 있는데 대표적으로 그림 5와 같이 hybrid IC(EXB84)소자를 이용 하여 인버터 스위칭 소자인 IGBT 또는 SCR의 Source 측에 접속하여 입력

a) 최종출력스위치(MC2) 고장으로 부터 출력전원을 보호하기 위하여 전원품질 검출위치를 MC2 후단에 위치시키고, 비교기를 통하여 검출하도록 한다. 이때 비교기는OP-AMP를 이용한 전압검출 방식으로 응답 속도에 중점을 둔다.

b) IHTS는 UPS Main Board, CPU, 컨트롤러가 모두 소손되는 상황에서도 제어를 실시할 수 있도록 하기 위하여 중요소자의 소손상황에서도 안전할 수 있는 위치에 설치한다.

c) IHTS의 전원공급용 전원은 최종출력단과 축전지에 더하여 입력전원을 포함한 3중으로 설계하여 방전 중 축전지 이상으로 인한 전원공급 중단 가능성에도 대비한다.

d) 최종출력스위치(MC2) 고장으로 제어 명령에 관계없이 "ON" 상태가 되어 발생하는 사고를 방지하기 위하여 인버터트랜스(TR1) 후단 최종출력스위치(MC2)전단 사이에 속단 퓨즈를 삽입하고 동작 여부를 감시하여 제어명령에 반영한다.

는 경우 MC2를 차단하고 바이패스 투입을 하도록 바이패스장치의 SCR을 조작한다.

f) 이때 기존 UPS 제어시스템에서 사용되는 바이패스 제어 계통은 사용 하지 않고 바이패스 장치의 SCR을 직접 제어할 수 있도록 병렬로 구성한다.

3.2 고장검출을 위한 기준전압 설정

IHTS는 기존 제어 시스템과는 별도로 동작하기 때문에 기존 UPS에서 가지고 있는 제어알고리즘을 방해하면 안 된다. 따라서 기존 UPS에서의 출력전원의 품질검출 범위보다 넓은 범위를 설정하여 기존 UPS제어 기능으로 정상적인 동작을 할 수 없는 경우에 만 동작하여 서비스중단 사고를 방지하는 최종의 목적만을 수행할 있도록 해야 한다. 일반적인 UPS의 고장검출을 위한 기준전압을(VI)이라하고 기준전압을(Vref)이라하며 설정전압범위를 ΔV 라 한다면

$$VI = Vref \pm \Delta V \tag{1}$$

으로 설정하게 되는데^[5], IHTS 그림 6과 같이 구성된 상태에서, 그림 8의 파형과 같이 기준 값 대비 좀 더 넓은 범위의 값(a) 을 추가하며

$$V2 = Vref \pm (\Delta V \pm a) \tag{2}$$

이때 (a) 값은 출력부하의 종류를 고려하여 설정하되 통신용 전원공급 시스템에서 바이패스로 인한 순간 허용 기준 시간은 1/4[Cycle]인 4.16[mS]이내 이므로, 일반 UPS가 2.8~3.4 [mS]로 설정되기 때문에, IHTS는 3.8~ 4.2[mS] 로 설정하여 기존의 제어시스템이 V=Vref ±ΔV값의 범위를 초과하여도 바이패스하지 않는 경우인 V= Vref ±(ΔV±a) 범위에서 MC2 차단기를 차단시키고 바이패스 STS를 Turn on 시켜 예비전원으로 전원공급경로를 변경하여 주도록 설계한다. 이와 같이 변경하면 그림 9 에서와 같이 설정된 기준 이내에 바이패스 되는 것을 확인할 수 있다. 여기서 참고 사항으로 인터넷서버, 전송시스템(BcN), 서버호스팅 시설에서는 듀얼방식의 전원공급을 위해서 릴레이 점접 방식으로 제작된 소형STS를 사용하고 있고 이러한 STS는 절체시간이 6~8[mS]이며 최대 12[mS]이내에서는 별다른 문제를 발생시키지 않는 것을 확인할 수 있

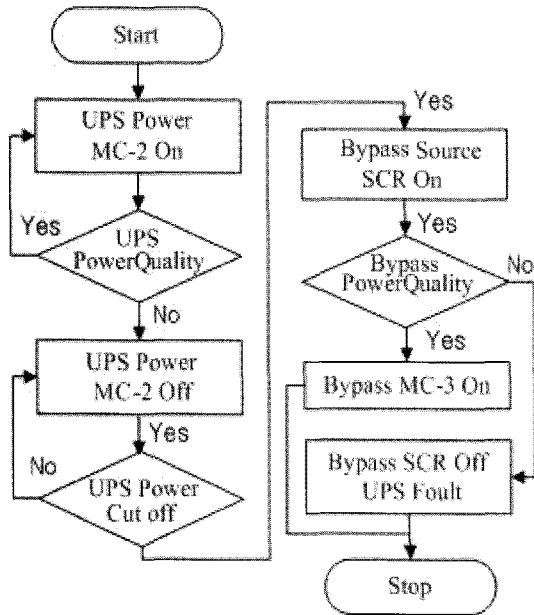


그림 7 IHTS 고장 검출 및 동작순서도
Fig. 7 Flowchart of IHTS Fault detection and Operation

e) IHTS의 동작순서는 그림 7의 순서도와 같이 최종출력스위치 (MC2)후단에서 UPS 출력 전원품질을 지속적으로 검출하다가 전원품질이 설정범위를 벗어나

었다. 이는 내부의 잔류전하에 의한 영향으로 분석되며 제한된 범위의 실험결과 이므로 기준값으로 사용할 수는 없다.

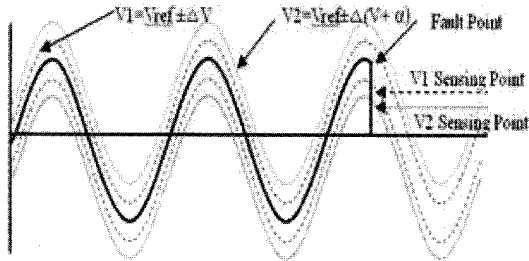
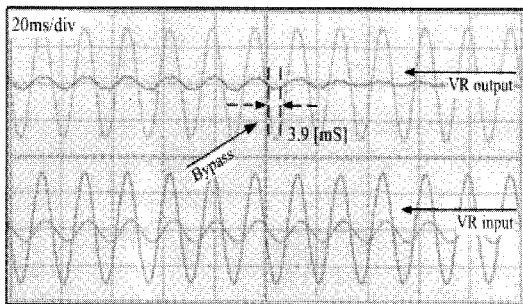


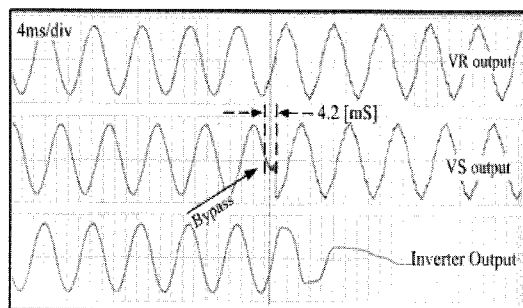
그림 8 기존 고장검출과 IHTS 고장검출 기준차이
Fig. 8 Fault detection difference between conventional system and IHTS

3.3 IHTS 설치 후 측정파형

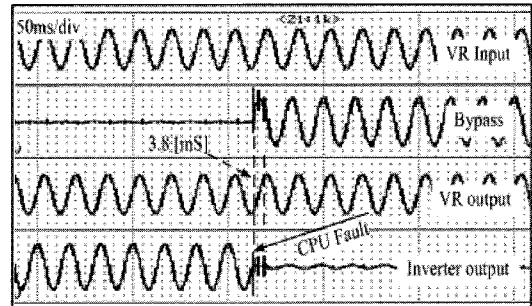
그림 9는 IHTS 적용 후 UPS 고장 유형별로 실험을 실시한 결과이며 그림 2의 개선 전 파형과 비교해보면



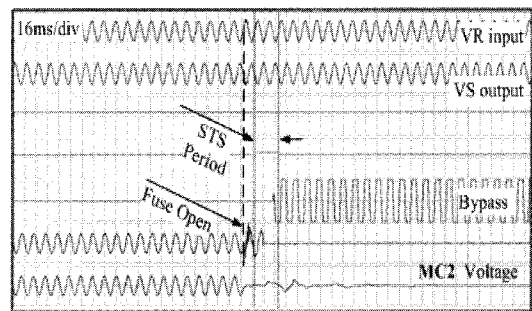
a) 인버터 IGBT 소손에 의한 고장 상황
a) Situation in case of IGBT Fault



b) 인버터 출력스위치 OPEN으로 인한 고장 상황
b) Situation in case of output MC open-fault



c) Main CPU 화재로 인한 고장 상황
c) Situation in case of Main CPU fire



d) 인버터 사고와 출력스위치 동시 고장 상황
d) Situation in case of output MC closed by mechanical fault

그림 9 IHTS 적용 후 UPS 고장 유형별 시험 결과
Fig. 9 UPS Fault type test result after IHTS's application

차이를 알 수 있다. 그림 9의 “a”는 아날로그 제어형 300KVA UPS 인버터 IGBT의 Drain 을 차단했을 때 나타난 파형이고 그림 9의 “b”는 DSP제어 75KVA UPS 출력 차단스위치(MC)고장상황을 가정하여 강제로 OFF했을 때 파형이며 범위설정의 변화로 $V = V_{ref} \pm (\Delta V \pm \alpha)$ 약 4.2[mS] 바이패스시간을 볼 수 있다. 그림 9의 “c”는 아날로그 제어형 외산장비 300KVA UPS 메인보드 고장 상황을 가정하여 정상운전 상태에서 CPU를 리셋시킨 파형이다. 그림 9의 “d”는 DSP 제어 75KVA UPS 출력차단기(MC)고장 상황을 가정하여 휴즈를 설치한 상태에서 휴즈가 용단되면서 바이패스가 이루어지는 파형이다. 이러한 시험결과로 IHTS 적용 전,후를 비교해 볼 수 있었다.

3.4 대형 STS 와의 차이점

IHTS 가 UPS의 출력 이상이 발생하는 경우 정상

적인 전원라인으로 절체 시켜주고 독립적으로 설치됨으로 대형 STS(Static Transfer Switch)와 기본 알고리즘이 유사하다고 판단될 수 있으나, 전원공급 계통상에 경로를 추가하지 않는 IHTS와는 달리 대형 STS는 그림 10과 같이 UPS 출력과 부하사이에 설치함으로써 첫째, 계통의 중간에 있어 STS의 고장에도 서비스중단이 발생된다는 점 ('05년 대전지사사고), 둘째, 두 대의 UPS를 입력으로 받는 경우 일정시간 이상 정전 후 입전되게 되면 각각의 UPS에 대한 동기 유지가 불가능하여 사고발생('06년 원주 지사사고), 셋째, UPS보다 오히려 고가인 장치와 별도의 설치공간을 필요로 한다는 점에서 차이가 있으며, 특히 대형 STS를 시범 설치한 12대중에 2년 만에 총3회의 부하사고를 발생시켜 신뢰성에도 의문이 있다.

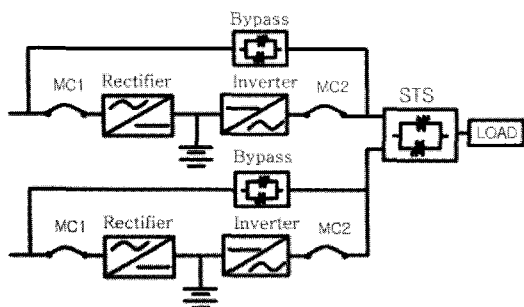
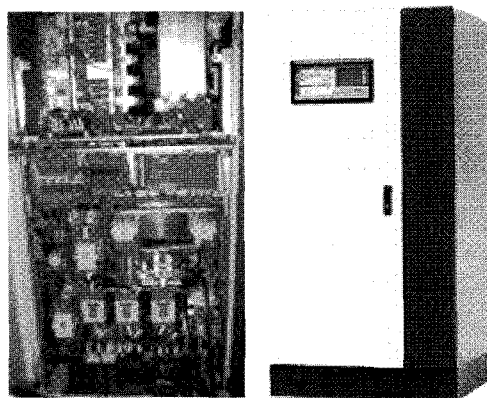


그림 10 두 대의 UPS 와 부하사이에 설치된 대형 STS
Fig. 10 bulky STS installed between load and two UPSs

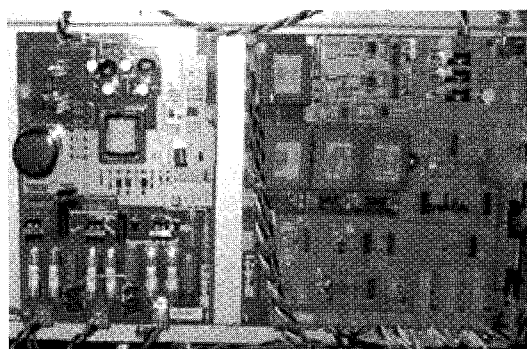
3.5 IHTS 설치

그림 11의 a)는 IHTS가 적용된 UPS 시스템이며 그림 11의 b)는 3중 전원공급장치(좌) 와 IHTS(우)이다.

현재 IHTS는 6개사 7개 제품에 기술이전이 되어 제품 생산에 적용되었으며 통신전원 공급용 산업 현장의 30~500[KVA]에 2006년 이후 2년간 242대에 설치하였다.



a) IHTS가 적용된 UPS 시스템
a) UPS system with applied IHTS



b) IHTS 보드 와 3중 전원공급장치
b) Isolation Triple Power and IHTS Board

그림 11 IHTS 보드 와 IHTS가 설치된 UPS
Fig. 11 IHTS board and UPS with installed IHTS

표 3 IHTS 설치 후 통신용 대용량 UPS 시설 고장분석^[4]
Table 3 After installed IHTS, bulky UPS equipment fault analysis ^[4]

Year	Number of Equipment,	Total Fault	UPS parts Fault	electronic device Fault	Load accident
2005	909	90	88	24	11
2006	927	102	91	21	4(3)
2007	916	89	72	16	1(7)

4. 결 론

본 논문은 통신시스템에 안정적인 무정전 전원공급을 위한 신뢰성 향상에 중점을 두어 개발되었고 2006년 이후 현장적용을 실시하였으며 설치 전 매년 2%대(7.6회)의 서비스 장애가 발생하던 시설이 설치 후 2년간 단 한 차례도 발생되지 않았다. 특히 2006년도 동수원 30KVA등 3건과 2007년도 과천300KVA등 7건의 사고에서 고장을 가정한 실험과 동일한 유형의 사고가 발생되었으나 IHTS가 동작하여 서비스 장애를 방지한 사례가 있었다. 표 3에서 부하사고의 ()안의 회수가 실제로 IHTS가 동작을 함으로서 보호한 사례이다.

앞으로도 많은 논문에서 전력변환 알고리즘에 대한 혁신적인 개발이 이루어지겠지만 UPS같이 중요한 전원공급 장치에서 실제 서비스 중단율이 2%를 넘는 것은 그 동안의 UPS 설계가 교육기관을 중심으로 전력변환 회로설계 위주의 연구개발과 제작사의 공급자 위주의 설계로 인하여 산업현장에서 나타날 수 있는 다양한 가능성을 충분히 고려하지 못하였고, 신뢰성 향상을 위한 데이터를 충분히 확보할 수 있는 기간이 부족했다는데 원인이 있었다고 본다. 고품질의 전원이란 함은 전력변환을 통한 양질의 파형도 중요하지만 통신용을 포함한 모든 산업현장에서는 전원공급의 연속성이 더욱 중요하기 때문에 최종적인 수요처인 산업현장에서 장기간의 사용으로 전력전자 소자의 각 부에서 임피던스가 증가되어 소손되거나 내부적으로 예상하지 못하는 장애가 발생되었을 경우에도 전원공급의 연속성을 보장하는데 중점을 두고 연구 개발되었으면 한다.

참 고 문 헌

[1] Hossein Mokhtari, Masoud Karimi-Ghartemani, and M. Reza Iravani, "Experimental Performance Evaluation of a Wavelet-Based On-Line Voltage Detection Method for Power Quality Applications", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 17, No. 1, pp. 161, 2002, Jan.

[2] H. Mokhtari, S. B. Dewan, "Performance Evaluation of Thyristor Based Static Transfer Switch", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 15, No. 3, pp. 960, 2000.

[3] Hossein Mokhtari, and M. Reza Iravani, " Impact of Difference of Feeder Impedances on the Performance of a Static Transfer Switch", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 19, No. 2, pp. 679, 2004.

[4] KT-네트워크본부, "전력사용합리화 및 운용보전 성과분석", *KT-네트워크본부 성과분석 통계자료*, 2000-2007년

판, pp. 36-142, 2000-2007.

[5] Hossein Mokhtari, Shashi B. Dewan, and M. Reza Iravani, IEEE, "Analysis of a Static Transfer Switch With Respect to Transfer Time", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 17, No. 1, pp. 190, 2002, Jan.

[6] 峰田 喪三, 株式會社 日立製作所 東京 都千代田凶神田萩河合四丁目6番地, "UPS 故障檢出回路 運用技能", *公開特許公報 特開平 8-205423 平年7年(1995)1月27日*

[7] 정현철, "무정전전원공급고속 전환장치", *KT-R&D*, 특허청, 제 0788116호, 2005. 7.

[8] 정현철, "UPS독립제어고속전환장치, 이를 이용한 전원공급시스템 및 그 독립제어 고속전환방법", *KT-R&D*, 특허청, PCT/KR2006/003825, 2007. 10.

저 자 소 개



정현철(丁賢澈)

1968년 6월 20일생. 1988년 육군 제3사관학교 졸업. 2001년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 1996년~현재 (주)KT 기술지원본부 팀장.



현동석(玄東石)

1950년 4월 8일생. 1973년 한양대 전기공학과 졸업. 1978년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1984년~1985년 미국 토레도대학 교환교수. 1988년~1989년 원현공과대학 교환교수. 2003년 IEEE, Fellow Member. 1979년~현재 한양대 전기제어생체공학부 교수. 2000년 당 학회 회장 역임.