

통신용 전원공급 신뢰성 증진을 위한 ISC-STTS 제안

丁賢澈[†], 玄東石^{*}

ISC-STTS Proposal for Reliability Improvement of Communication System's Power Supply

Hyun-Chul Jung and Dong-Seok Hyun

요 약

본 논문은 산업현장에서 중요부하에 안정적인 전원공급을 하기 위하여 설치한 Static Transfer Switch (STS)의 사이리스터(SCR)가 평균 2%대의 고장으로 문제가 되고 있어 이를 방지하고자 SCR 양단에 기계적인 접점스위치를 병렬로 연결시키고 SCR은 병렬스위치가 동작 가능한 구간인 12~208[mS] 구간에만 기능을 수행하도록 구성하였다. 또한 두 개의 입력 중 어느 한쪽이 단락 또는 지락 사고가 발생되더라도 다른 한쪽의 경로와 부하에 영향을 주지 않도록, 두 개의 입력이 동시 투입되는 시간을 차단하는 ISC (Ideal State Conditioning Interlock Device) - STTS 시스템을 제안하였다. 이 제안으로 연간 0.89회의 전환 동작 시에만 SCR이 역할을 하고 전환시점 이후에는 병렬스위치가 전원공급계통의 역할을 함으로서 SCR의 피로도를 현저히 감소시켜 고장률을 감소시킬 뿐만 아니라 고장이 발생된 경우라도 부하에는 영향을 미치지 않아 중요부하의 전원공급에 대한 신뢰성을 높이는 데 기여할 수 있다.

ABSTRACT

The SCR in Static Transfer Switch (STS) is used for reliability improvement of important load's power supply in industry field. However an average of 2% fault in thyristor(SCR) occurs, so that the attached mechanical switch is paralleled with SCR's both end points and SCR operates only during the 12~208[mS] before operation of the mechanical switch. Also, an ISC (Ideal State Conditioning Interlock Device) - STTS system that two power supply paths may not be thrown at the same time is developed to remove the overlap section perfectly when a short or earth fault is generated in one system. This method has reduced the fault rate remarkably through the reduction of SCR's fatigue degree by using SCR in conversion operation corresponding to 0.89 times a year. Also, in case of fault generations, it does not affect to supply power to the load, therefore it contributes to the promotion of reliability in the power supply.

Key Words : STTS device, Motor control switch turn on/off time, SCR turn on/off time, Bypass transformation time, SCR's life time, Overlap period

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. 3. 6

2차 심사 : 2008. 4. 8 3차 심사 : 2008. 7. 4

심사완료 : 2008. 9. 8

과거 공상만화에서나 접할 수 있었던 휴대폰과 인터넷, 화상통화는 언제부터인가 특별한 것이 아닌 일상의 서비스가 되어 기초적인 생필품과 같은 취급을 받고 있으며 만일 우리생활에서 휴대전화나 인터넷,

전산 시스템을 잠시라도 사용할 수 없는 상황이 된다면 개인은 물론이고, 은행, 증권, 전산, 방송, 국방 등 모든 분야에서는 대혼란이 발생할 것이다. 이러한 상황에서 고품질의 안정적 서비스에 대한 소비자의 욕구는 이제 당연한 권리로 받아들여지고 있다. 이러한 추세에 따라 최근 우리나라 유, 무선 통신시장은 38조 원 규모로 커졌으며, 이외에도 휴대인터넷(WIBRO), DMB, IPTV, VOIP서비스 등 다양한 서비스가 폭발적으로 증가되었고, 고객의 높은 서비스 기대수준을 만족시키기 위한 시스템들은 시장 변화에 대응하기 위하여 점점 더 고기능으로 대형화, 집중화 되어가고 있으며 이러한 시스템에 무정전의 연속적인 전원을 공급하기 위한 무정전 전원공급장치(UPS) 또한 시스템의 증가 속도에 따라 대형화 집중화되어 가고 있다.^[1] 특히 통신시스템용 UPS는 안정적인 전원공급을 위하여 병렬로 운용하며 두 대중 한대가 고장이 발생되더라도 최대 부하가 60%를 넘지 않도록 용량을 설계하고, 정전 시에도 180분 이상 전원을 공급할 수 있도록 축전지를 설계한다. 그러나 이러한 투자에도 불구하고 국내 최대의 통신사 UPS에 대하여 2003년 이후 3년간 3KVA~500KVA 대용량 UPS의 약900여대의 장치를 분석해 본 결과 표 1에서와 같이 년 평균 12%대의 UPS고장이 발생되었고 이중 10%는 서비스 중단사고로 이어졌다.^[2]

표 1 UPS사고로 인한 서비스 중단사고^[2]
Table 1 Service discontinuance accident by UPS fault

년도	UPS 총수	고장 총수	UPS 고장수	서비스 중단사고
2003	992	158	144	15
2004	930	113	92	10
2005	909	90	88	11
Total	2831	361	324	36

이러한 문제점으로 인하여 2005년도 이후에 일부 인터넷 데이터 집중센터(IDC)를 중심으로 대형서버 전원공급을 위한 UPS 에는 최종출력 위치에 그림 1과 같이 STS (Static Transfer Switch)까지 시범적으로 설치하여 STS를 통하여 부하에 전원을 공급하는 방식을 취하여 전원공급 신뢰성 향상에 많은 투자를 하였다.^[3,4] 그러나 시범 설치된 12대의 STS 또한 2005년 여의도와 2006년 대전지사에서 "S"사의 400[A] STS가 내부의 전환스위치 역할을 하는 SCR이 절연

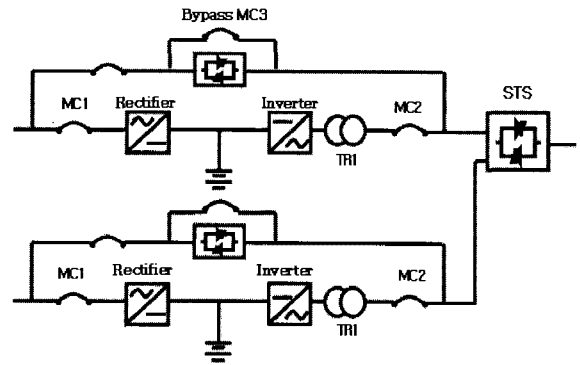


그림 1 STS가 설치된 UPS 공급계통
Fig. 1 UPS supply system, STS are installed

파괴로 추정되는 고장으로 인하여 서비스공급을 중단시키는 사고가 발생되었으며, 2007년 원주에서는 제어장치의 이상으로 인하여 서비스공급 장애를 발생시켰다. 또 다른 현상으로는 UPS로 직접 공급하는 경우에는 인버터의 IGBT고장과 정류부 DC콘덴서 고장이 평균 5~8년 이상의 주기를 갖는데 비하여, STS를 거치는 UPS계통을 시범 설치한 남청주, 북대전, 북광주, 전주지사에서 각각 1~1.5년 만에 고장을 발생시켰으며, 수리 후 점검해 본 결과 정류부 DC측 리플 전압이 잡음전압 실효치 기준치인 10[mV]보다 높은52[mV] 이상으로 발생되었고, 표3과 같이 STS입, 출력에서의 고조파값의 변화도 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 STS로 인하여 발생하는 영향에 의한 문제점 분석은 다음 기회로 미루고, 우선 서비스 중단사고의 원인이 될 수 있는 SCR의 구동시간을 최소화하는 방법과 이로 인한 문제점을 살펴보고 유용한 개선방안을 제안하고자 한다.

2. 기존 STS 문제점

STS에 이용되고 있는 SCR 고장횟수와 고장빈도 등 고장률을 분석하기 위하여 현재 시범 설치된 12대를 기준으로 조사한다는 것은 표본 데이터가 너무 부족하여, STS의 SCR과 동일한 소자를 사용하고 동일한 역할을 수행하고 있는 UPS의 고장 원인을 표 2와 같이 3년간 발생한 고장 원인을 유형별로 분류하여 SCR의 고장률을 조사해 보았다. 전체의 고장 중에 PCB를 포함한 제어부 이상으로 인한 고장발생이 36%로 가장 많고 IGBT, SCR등 스위칭 소자의 고장이 17%이며 콘덴서10%, 퓨즈, 웬, 스위치, 기타 보호장치를 종합하여 37%가 발생 되었다.

표 2 UPS 고장 원인별 분류^[2]

Table 2 UPS's fault cause classification

년도	UPS 고장	제어	SCR	IGBT	콘덴서	기타
2003	144	51	6	12	12	63
2004	92	29	8	5	11	39
2005	88	38	9	15	12	14
Total	324	118	23	32	35	116

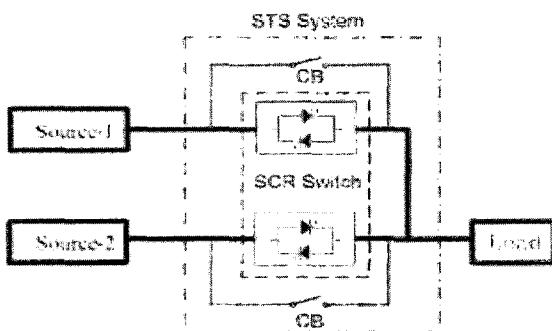
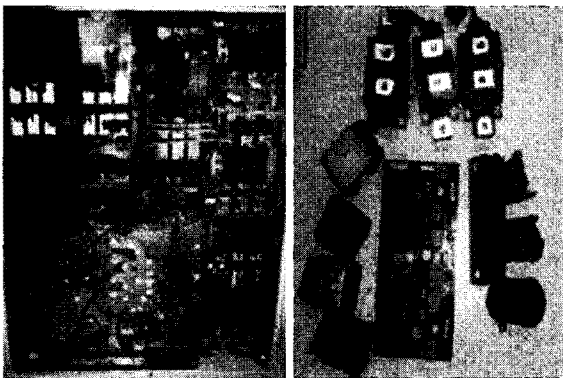


그림 2 SCR 소자를 이용한 STS 구조^[5]

Fig. 2 STS structure that is consisted of SCR



a) SCR에 의한 UPS화재사고 b) 소손된 SCR
a) UPS fired by SCR fault b) SCR Fault

그림 3 SCR고장에 의한 UPS화재사고

Fig. 3 UPS fire accident by SCR fault

여기서 첫 번째 문제점은 일반적으로 반영구적인 소자라고 신뢰하는 SCR의 고장이 23건이라는 점이다. SCR은 STS에서도 가장 중요한 핵심소자이며 고장이 발생되면 서론에서 언급된 사례대로 대부분 서비스 장애로 이어진다. 표2에서의 UPS 조사 결과에서도 SCR 또는 IGBT사고는 많은 부분이 서비스 중단으로 이어지는 사고이었다. 그림2는 현재 산업현장에서 주로 운용되고 있는 SCR 소자로 구성된 STS 의 개략도이며 그림 3은 SCR 고장으로 인하여 발생한 UPS

화재 사고로 서비스가 중단된 사고의 사진이다.

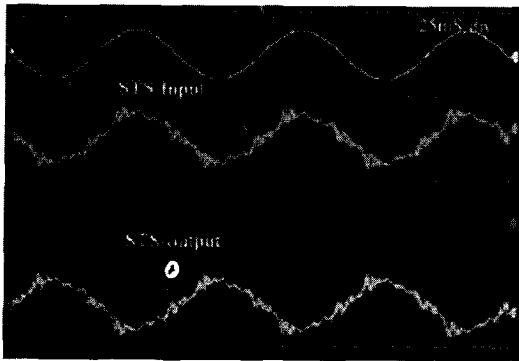
두 번째 문제점은 서론에서 언급한대로 STS계통의 입력 측에 위치한 UPS에서 인버터의 IGBT 고장과 정류부의 DC 콘덴서 고장이 단독 운전에 비하여 고장 빈도가 높고, 축전지 리플 전압이 기준치인 5% 이상으로 발생되어 문제가 되고 있다, STS에 이용되는 SCR은 전환 시점을 제외하고는 기본적으로 전압을 기준으로 영전위 스위칭(ZVS Zero Voltage Switching)을 하며 일반적으로 턴온 타임은 3[μs]이고, 턴-오프 타임은200[μs] 로 알려져 있어 영전위 스위칭을 하는 한 쌍의 SCR은 하나의 점접 스위치로 인식되고 있기 때문에 이론적으로 파형이나 고조파의 변화는 발생되지 않아야 한다. 그러나 UPS 와 STS사이에서 측정된 고조파 값과 파형의 변화가 확인되었다. 표 3은 STS가 설치된 북전주등 3개 지사에서 측정된 결과이다.

표 3 STS 입,출력 고조파 측정결과

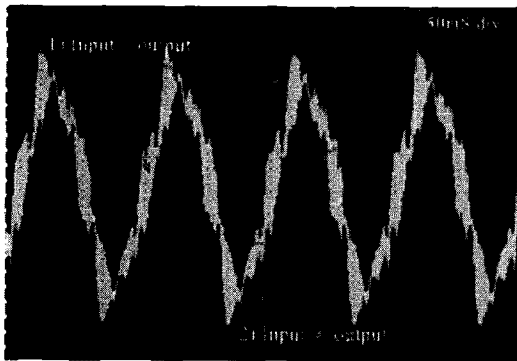
Table 3 STS in-output harmonic results of measurements

STS	입력THD		출력THD		비교(차)	
	V %	I %	V %	I %	V %	I %
#1	3.8	16.7	2.1	16.3	4.5	2.3
#2	3.25	30.0	3.23	22.0	0.6	2.7
#3	R	2.7	13.1	2.6	13.5	3.7
	S	2.4	12.9	2.4	13.3	0
	T	1.9	11.8	2.0	10.7	5.2

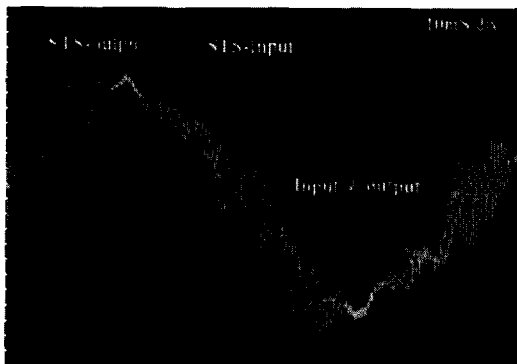
측정결과가 규칙적인 형태를 나타내지 않고 고조파의 증감 또한 시스템마다 다른 결과를 나타내서 일정한 유형을 분석하기는 어렵지만 STS전, 후단에서 고조파의 변화된 값을 확인할 수 있었다. 즉, STS 가 정지형 스위치 역할을 수행한다면 입력파형과 출력파형을 겹쳐보았을 때 완전히 일치해야 하는데, 실제 어떠한 현상이 나타나는지 확인하기 위하여 동일한 시스템을 실제 부하 상황에서 그림 4의 a)와 같이 측정해 보았고 측정결과 파형을 그림4의 b)와 같이 입, 출력 파형을 겹쳐 보았다. 이때 파형이 일치하는 1) input=output 부분과, 일치하지 않는 2) input≠output 부분의 파형으로 구분할 수 있었다. 그림4의 c)에서 동일파형을 좀 더 확대해 보았을 때 일치와 불일치 부분을 좀 더 명확히 구분할 수 있었다. 만일 STS의 운전을 위한 일정한 값의 콘덴서, 리액터 성분에 의한 영향이라면 일정한 범위의 시프트만 발생하는 형태의 파형이 나타났을 것이다.



a) STS 입력과 출력 파형
a) STS waveform input and output



b) 입, 출력 파형 비교
b) Comparison with input to output of STS



c) 그림 4(b) 파형 확대
c) Expanded waveform fig 4(b)

그림 4 STS 입, 출력 파형 비교 결과
Fig. 4 Compare with input to output of STS waveforms

3. STS에 병렬로 기계접점스위치 설치

3.1 기본구성^[6]

STS에서 SCR 사용시간을 최소화하는 방법으로 2

절의 문제점을 감소시키기 위하여 그림 5와 같이 한 쌍의 SCR 양단에 기계적인 접점스위치(MC)를 병렬로 연결시키고 SCR이 턴-온하게 되면 병렬로 연결된 기계접점을 동시에 턴-온 시키고 반응시간이 느린 기계접점이 동작하는 12~20[ms]구간 동안 SCR이 전원공급을 담당하며, 기계접점이 ON상태가 되면 SCR은 Gate 신호를 지속적으로 공급받아 턴-온 상태를 유지하고 주 전원공급경로는 기계접점 (MC)을 통하여 이루어지게 된다.

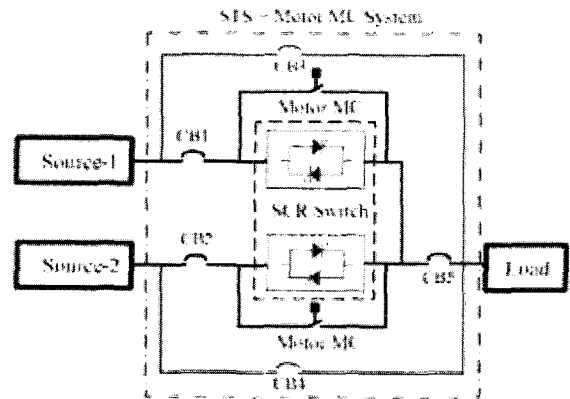


그림 5 SCR 양단에 기계접점(MC) 경로 추가
Fig. 5 Machine point of contact parallel connection on SCR both end

이러한 방식으로 운용하면 SCR은 입력 소스의 변화로 인한 계통의 선택 시에만 기능을 담당하게 됨으로 고장률이 감소될 수 있고 만일 고장이 발생되더라도 부하에 영향을 미치지 않게 된다. 또한 STS를 사용함으로써 발생 가능한 고조파나 리플 전압의 증가도 SCR을 사용하지 않고 MC접점을 통한 직결상태이기 때문에 영향을 받지 않을 수 있다. 이는 그림 1에서와 같이 STS와 유사한 역할을 하는 UPS의 바이패스에서 SCR은 절체 시점에만 부하를 담당하고 기계접점(MC3)을 통해 전원을 공급하게 된다. 이로서 바이패스용 SCR은 조사된 2003~2007년까지 고장이 발생한 사례가 없어 신뢰성 또한 입증되었다고 본다.^[2]

3.2 STS에 병렬스위치 설치 시 문제점

3.1항의 장점에도 불구하고 참고문헌[6]으로 제시된 논문과 동일하게 그림 5와 같이 단순하게 병렬로 기계접점만을 설치하는 경우에는 그림 6과 같이 제1경로에서 제2경로로 전원 공급이 전환되는 시점에 두 개의 전원이 중첩되는 구간이 발생할 가능성이 충분히 있다.

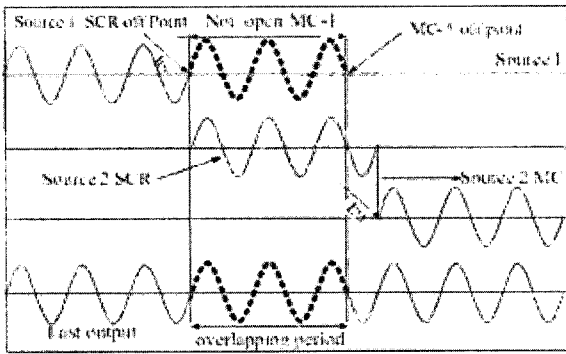
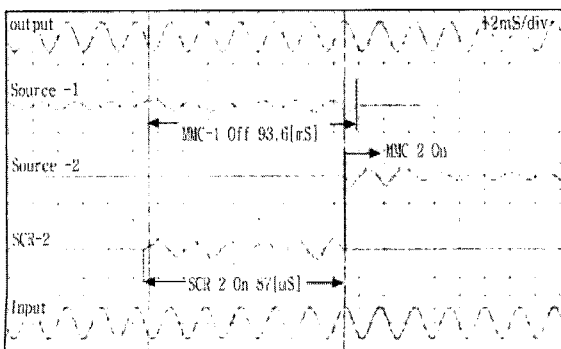
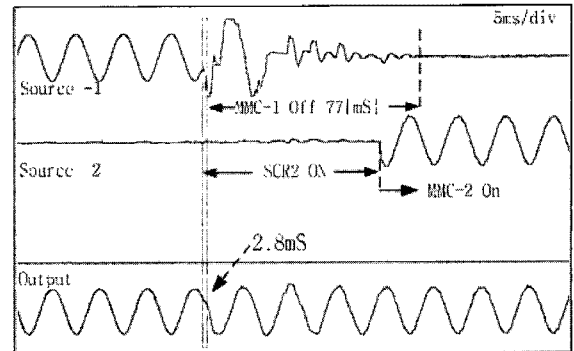


그림 6 SCR 과 기계접점의 중첩 파형 예
Fig. 6 Overlap waveform of SCR with magnetic MC

실제로 일부 UPS의 바이패스계통에는 SCR과 병렬로 기계접점스위치를 설치하고 있으며 이를 통하여 시험해본 결과, SCR의 턴-온 타임은 $3\mu\text{s}$ 전후 이고 턴-오프 타임은 $200[\mu\text{s}]$ 이며 마그네틱형 접점스위치 [MC]는 $12\sim 20[\text{ms}]$ 정도이고 모터구동형 접점스위치 [MMC]는 $20\sim 280[\text{ms}]$ 이라서 동작시간이 상당한 차이를 나타내기 때문에 두 개의 서로 다른 스위치 장치를 병렬로 사용하는 경우에는 제 1 경로의 기계접점 (MC)이 턴-오프가 안 된 상태에서 제 2 경로의 SCR이 턴-온 되게 되면 제 1 경로의 기계접점(MC)이 턴-오프가 완료되는 시점까지는 중첩 시간이 발생하게 된다. 이러한 현상은 두 개의 전원경로가 정상시 정확하게 동기가 이루어져 있고 제1경로가 단순한 정전상황 이라면 문제가 없으나, 제 1 경로의 전원 공급이 단락 또는 지락 사고로 정전된 상태에서 이로 인하여 제 2 경로로 전환되는 경우라면 중첩되는 시점에 곧바로 사고로 이어지게 된다. 병렬로 기계접점을 설치한 UPS에서 실제로 이와 동일한 현상으로 대형 사고가 발생된 사례가 있어 본 논문을 통하여 제안을 실시하였다.



a) 모터드라이브 S/W 턴-오프 타임 93.6[ms]
a) Turn off time 93.6[ms] motor drive switch



b) 모터드라이브 S/W 턴-오프 타임 77[ms]
b) Turn-off time 77[ms] motor drive switch

그림 7 SCR 과 MMC 중첩 구간 실측파형
Fig. 7 Overlap waveform of SCR and MMC

그림 7 은 제 1 경로에서 제 2 경로로 전환되는 순간의 모터드라이브 접점스위치(MMC) 와 SCR 과의 중첩 구간을 측정한 파형이다. 그림 7 의 a)와 b)에서 각각 $93.6[\text{ms}]$ 와 $77[\text{ms}]$ 동안 중첩되는 시간을 확인할 수 있다. 여기서 볼 수 있듯이 단순히 병렬로 연결하여 동시에 턴-온과 턴-오프를 제어한다면 기계접점의 속도가 아무리 빨라도 SCR과 중첩시간을 제거하는 것은 현실적으로 불가능하다.

4. ISC-STIS 제안^[7,8]

2절과 3절의 문제점을 해결하기 위하여 이상상태 조건부 인터록 회로 ISC(Ideal State Conditioning Interlock Device) STS 를 제안하였다. 그림 5의 기본 회로에서 본 바와 같이 SCR의 양단에 기계접점을 연결하고 그림 8과 같이 제 1 경로, 제 2 경로의 전원 품질을 상시로 감시하도록 구성하고, 각각의 제 1 경로

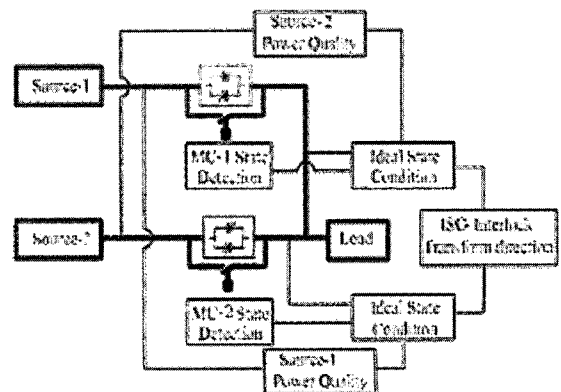


그림 8 ISC-STIS 블록도
Fig. 8 ISC-STIS Block diagram

의 MC-1 및 제 2 경로의 MC-2에 기계적인 ON/Off 접점 상태를 출력전류와 입, 출력 양단간의 전압의 전위차를 이용하여 검출하는 장치를 이중으로 구비한다. 만일 기계접점(MC-1)이 완전히 OFF되지 않은 상태에서 제 1 경로가 단락사고로 인한 전원공급 중단 상황이라면 제 2 경로에서의 전원공급은 곧바로 사고로 이루어질 수 있기 때문에 접점의 검출은 반드시 필요하다. 이렇게 3가지의 데이터를 종합하여 이상상태 조건을 판단하는 이상상태 조건부 와 양단의 이상상태 조건을 비교하여 전환명령을 발생시키는 ISC-Interlock 전환명령부를 구비한다.

이렇게 구비한 상태에서 만일 제 1 경로를 통하여 전원이 공급되다가 전원 공급이 중단되면 제 2 경로 상의 SCR-2가 동작하기 전에 제 1 경로의 SCR-1, MC-1의 출력 전류와 기계적인 접점의 OFF 상태가 확인된 후, SCR-2와 MC-2를 동시에 턴-온 시키고, 반응시간이 느린 기계접점이 동작하는 12~208[ms]구간 동안 SCR-2가 전원공급을 담당하며, 기계접점이 ON 상태가 되면 SCR은 Gate 신호를 지속적으로 공급받아 턴-온 상태로 대기하고 주 전원공급 경로는 기계적인 접점 스위치 MC-2를 통하여 이루어지게 된다.

이렇게 구현하게 되면 제 1 경로와 제 2 경로가 완전하게 전기적, 기계적으로 인터록이 되어 각각의 전원경로에 있는 UPS에 부담을 주지 않게 된다.

이를 순서도로 살펴보면 그림 9와 같이 표현 할 수 있으며 제 1 경로를 통하여 전원이 공급되다가 전원 공급이 중단되면 제 2 경로의 SCR-2가 동작하기 전에 제 1 경로의 SCR-1, MC-1의 출력 전류와 기계적인 접점의 OFF 상태가 확인된 후, SCR-2와 MC-2를 동시에 턴-온 시킨다. 반대로 제 2 경로를 통하여 전원이 공급되다가 전원공급이 중단되면 다시 제 1 경로 상의 SCR-1이 동작하기 전에 제 2 경로의 SCR-2, MC-2의 출력 전류와 기계적인 접점의 OFF 상태가 확인 되어야 비로소 SCR-1과 MC-1을 동시에 턴-온 시킨다. ISC-STTS 시스템을 구성하여 출력 파형과 동작과형을 분석해보면 STS의 SCR은 그림 10의 a) 에서와 같이 제 1 경로 에서 제 2 경로로 전환 되는 시점에 중첩구간이 전혀 발생 되지 않고 MC-2가 턴-온 되는 동작구간인 68[ms]만 동작하고 MC-2가 부하를 담당하게 된다.

반대로 그림 10의 b)에서는 제 2 경로 에서 제 1 경로로 전환되는 시점에 중첩 구간이 전혀 발생되지 않고 MC-1이 턴-온 되는 동작구간인 67[ms]만 동작하고 MC-1이 부하를 담당하게 된다. 이러한 형태로 STS시스템을 구성하게 되면 SCR은 턴-온 과 턴-오프는 반복하지만 실질적으로 부하 부담을 하는 구간은 전환 시점인 67~68[ms] 구간이고, 일단 기계접점(MC)이 투입되면 SCR에는 변화가 없고 전원공급은 전부 기계접점(MC) 통하여 이루어짐을 알 수 있다. 특히 기계접점 (MC)을 모터드라이브형 (MMC)으로 사용하면 전환동작 시 1회만 동작하고 접점 상태를 유지하기 때문에 마그네틱형 (MC)으로 사용 시 발생 가능한 여자코일 고장에 의한 차단으로 발생하는 문제점 또한 방지할 수 있다.

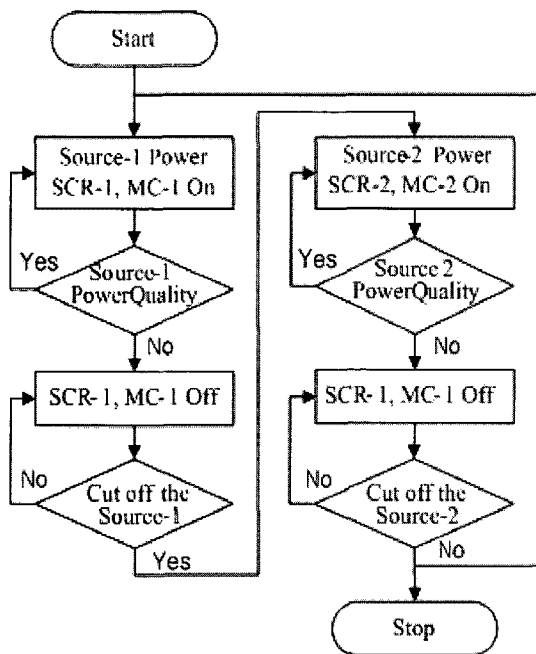
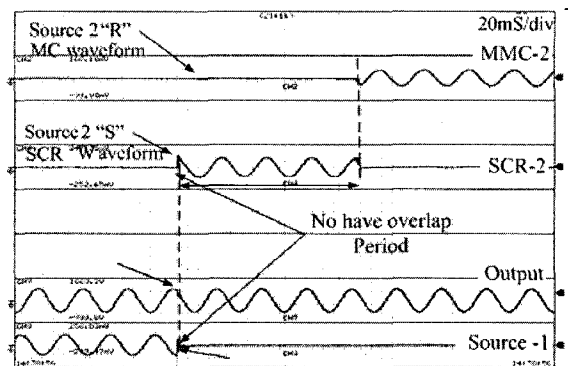
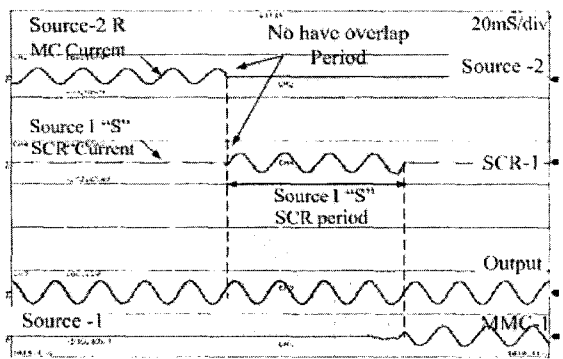


그림 9 ISC-STTS 순서도
Fig. 9 ISC-STTS Flowchart



a) 제 1경로에서 제 2경로로 전환
a) Conversion from source 1 to source 2



b) 제 2경로에서 제 1경로로 전환
 b) Conversion from source 2 to source 1

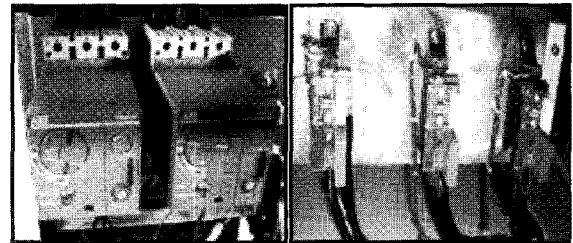
그림 10 ISC- STs 설치 후 전환 파형
 Fig. 10 After installed ISC- STs, conversion waveform

5. 결 론

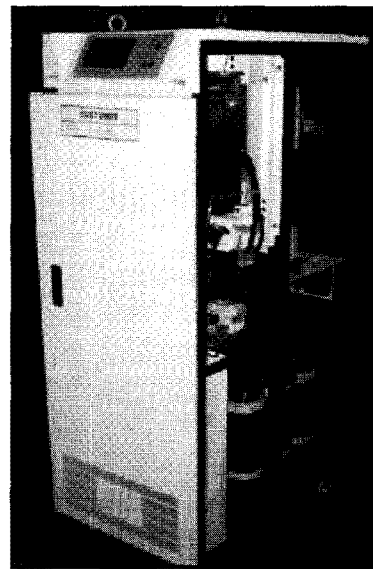
본 논문에서는 통신시스템에서 무정전 전원공급의 신뢰성 증진에 중점을 두어 제안하였다. 만일 STs 체계에 이상적인 SCR과 이상적인 스너버 회로 및 구동회로를 통하여 이상적으로 STs를 제작하여 내, 외부적으로 이상상황이 발생하지 않는 부하에 전원을 공급한다면 제안된 방식을 선택할 필요는 없다. 그러나 산업현장에서 실제로 사고를 발생시키고 있고, 이상적인 상황을 기대하기에는 서비스 장애로 발생하는 손실이 너무 크다. 따라서 제안된 방식은 STs에서 전환스위치 역할을 담당하는 SCR의 이용시간을 최소화시키고 만일 SCR의 고장이 발생되더라도 전원 공급에 문제가 없도록 하는데 목적을 두고 제안하였으며, 특히 중첩시간을 제거함으로써 외부적인 사고 발생시 피해확산을 방지하는 것을 우선 고려하였다.

이렇게 기계적인 장치를 통한 해결방안으로 접근하게 된 또 다른 동기는 STs가 SCR을 이용하여 전환 동작을 실시하는 경우가 극히 작다는데 있다. STs가 설치되지 않은 일반 UPS가 바이패스 되는 경우를 STs의 전환횟수와 동일시하여 판단해 볼 때, 사용자가 점검을 위하여 임의로 전환 시험을 해보는 경우를 제외하면, 바이패스 되어 STs가 동작하는 횟수는 2000~2005 년간 900여대의 UPS를 조사해 본 결과 년 평균 0.89회[2]로 나타났으며 실제 시범 설치된 12대의 STs에서도 유사한 전환 횟수를 보였다. 이는 기존 방식으로는 SCR이 연간 8760시간 동안 스위칭 운전하던 것을 개선방식을 이용하면 연간 1회(12~208[ms])

미만의 동작을 하기 때문에 본문에서 문제점으로 제기되었던 부분을 현저히 감소 시킬 수 있다. 그림 11은 이상상태 조건부 인터록(ISC-STs) 시험을 위한 장치이다.



a) 병렬 모터드라이브 MC b) STs' s SCR
 a) Parallel motor drive MC b) STs' s SCR



c) ISC-STs가 설치된 STs 시험 장치
 c) STs Test device that is installed ISC-STs

그림 11 ISC-STs 시험을 위한 장치
 Fig. 11 Test device for the ISC-STs

참 고 문 헌

[1] 조성선, "세계정보통신시장 전망 및 주요동향", 한국전자산업진흥회 전자산업정보, 제24권, 제3호, pp. 8-9, 2004. 3.
 [2] KT기간망본부, "전력사용합리화 및 운용보전 성과분석", 네트워크본부 성과분석 통계자료, 2000-2005년 판, pp. 36-142, 2000.12-2005.12.
 [3] H. Mokhtari, S. B. Dewan, "Performance Evaluation of Thyristor Based Static Transfer Switch", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 3, pp.

960-966, 2000, July.

- [4] 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. 679-685, 2004, April.
- [5] Hossein Mokhtari, Shashi B. Dewan and M. Reza Iravani, "Analysis of a Static Transfer Switch With Respect to Transfer Time", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 17, No. 1, pp 190-199, 2002, Jan.
- [6] Masatoshi Takeda, Hiroshi Yamamoto, Gregory F. Reed, "Development of a novel hybrid switch device and application to a solid-state transfer switch", *IEEE Power Engineering Society*, winter meeting, Vol. 2, pp. 1151-1156, 1999, Feb.
- [7] 정현철, "이상적인 상태판단 조건부 인터록 장치", 특허청, KT-R&D 제 2005-38669호, 2005. 9.
- [8] 정현철, "상태판단을 이용한 선택스위치 장치, 이를 이용한 전원공급장치 및 그 스위칭 방법", 특허청, KT-R&D 제 2007-110650호, 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 동대학원 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(공학). 1984년~1985년 미국 토레도대학 교환교수. 1988년~1989년 원현공과대학 교환교수. 2003년 IEEE Fellow Member. 1979년~현재 한양대 전기제어생체공학부 교수. 2000년 당 학회 회장 역임.