

고 신뢰성 ATS 개발에 관한 연구

양 오, 김민호*
 청주대학교 전자공학과

Researches for the Development of High Reliable ATS

Oh Yang, Min-Ho Kim*
 Dept. of Electronic Engineering Chongju University

Abstract - ATS(Automatic Transfer Switch), the secondary power supply system prepared for temporary power fail on main in KEPCO in industrial field or running a important system, is developed. In this development, we prove that the proposed system is safe with results in a few environment testing focused on a solution against a poor environment by making virtual environment for a solution on problems of system reliability to switch more safely.

1. 서 론

ATS(Automatic Transfer Switch)는 ACB(Air Circuit Breaker)를 자동으로 절체 하는 핵심 제어기로서, 2대의 ACB를 ON-Line 상태로 절체 동작을 수행하며 이를 위해 한전측 전원과 자가발전기의 전원을 감시하여 ICU(Interlock Control Unit)와 EIU(Electric Interlock Unit)를 통한 한전측 전원과 자가발전기의 전원의 충돌사고를 피하는 절체 동작을 수행한다. ATS는, 만약 한전측 전원이 정전되면 자동적으로 자가발전기가 동작함으로써 안정한 전원을 공급하는 제어기로서 안정적인 전원공급으로 산업 현장이나 병원, 방송사, 신문사, 통신실, 전산실, 펌프장 등에 필수적인 제어기기이다.

본 논문에서는 산업현장에서 여러 가지 열악한 환경 문제점에서도 높은 신뢰성을 갖도록 하드웨어적인 구성과 소프트웨어적인 알고리즘을 적용해 문제점들을 해결함으로써 절체 동작의 신뢰성을 높이고 기존의 ATS보다 고속의 절체 시간을 갖고, 절체 시간의 조정이 가능하도록 보다 안정적인 절체 시스템을 구축하였다.

2. 설계 및 제작

2.1 동작 상태

본 논문에서 구현된 ATS의 간단한 기본 동작 상태는 그림 1과 같다.

ACB1	ACB2
OFF	OFF
ON	OFF
OFF	ON

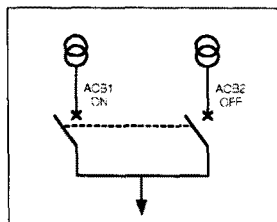
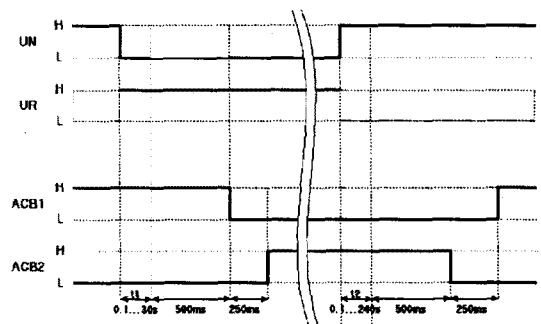


그림 1. ATS의 기본 동작 상태

그림 1에서 접속된 ACB 2대중 어느 한쪽이 투입(ON)되면, 나머지 1대는 Interlock에 의해 전기적 또는 기계적으로 투입(ON)이 되지 않는다.

이러한 동작에 대한 Time Chart를 그림 2에 나타내었다.



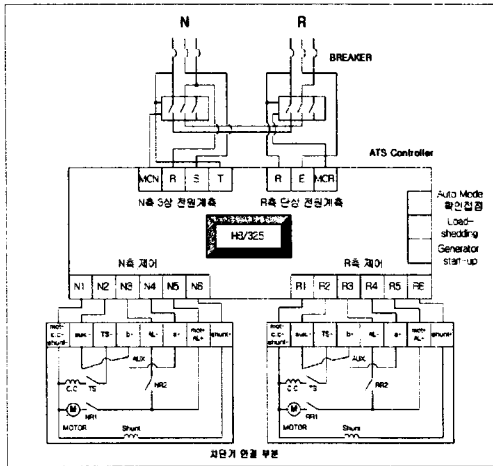
- *UN : 한전측 전원(Normal 전원)
- *UR : 자가 발전측 전원(Stand-by 전원)
- *ACB1 : 한전측 차단기(Normal 전원 차단기)
- *ACB2 : 자가 발전측 차단기(Stand-by 전원 차단기)
- *□ : ON/OFF 중 어떤 상태라도 영향이 없음

그림 2. ATS 동작에 대한 Time Chart

2.2 시스템 구성

Interlock Control Unit를 구현하기 위해 신뢰성이 높은 HITACHI사의 원칩 마이크로 프로세서인 H8/325-20MHz를 사용하였고 전원 감시에 의해 자동 절체를 할 수 있는 AUTO Mode, 수동으로 절체 할 수 있는 N, R Mode, 그리고 모든 상황을 종료하는 STOP Mode로 구성된 4-Position Rotary Switch와 현장마다의 환경 차이로 인한 한전측 전원 차단기와 자가 발전기측 전원 차단기의 절체 시간을 조절 할 수 있는 Time 가변 Switch, 한전측 전원 사용중 발전측 전원의 동작 여부를 시뮬레이션 할 수 있는 TEST 기능과 AUTO Mode상태에서 수동으로 한전측, 발전기측 전원으로 강제 절환 할 수 있는 발전기측 전원 우선 Mode를 가지고 있다. 또한, 8개의 LED Display로 두 전원과 차단기의 접점 상태, 그리고 Error상태를 Display 하였다. 그리고 보다 안정적인 시스템을 구축하기 위해 Transformer와 Photo-Coupler로 이중 절연방식을 적용하여 정격 전압의 85%이하를 감시하는 UVT(Under Voltage) Check기능을 추가했다. 그 외에 대용량 변압기의 저압측이나, 발전기나 전동기의 보호용으로 널리 사용되고 있는 차단성능이 뛰어난 기중차단기(ACB : Air Circuit Breaker)로 구성되었다.

전체적인 시스템 구성도를 그림 3에 나타내었다.



- * C.C : 투입 코일
- * TS : Charge 완료 접점
- * AUX. : 보조 접점
- * NR1 : N측 OCR(Over Current) 출력 접점
- * NR2 : N측 Motor Controller Relay
- * RR1 : R측 OCR(Over Current) 출력 접점
- * RR2 : R측 Motor Controller Relay

그림 3. 전체 시스템 구성도

그림 3에서 전체적인 시스템 구성은 한전측 전원(N)과 자가 발전측 전원(R)을 입력받는 Breaker와 안정적인 차단기 전원을 공급하기 위한 Magnetic Contact, 그리고 ATS Controller와 기중용 차단기 2대로 구성되어 있다. 차단기에서는 Charge 완료접점을 이용해서 보다 안전한 투입을 하도록 구성하고 보다 안전한 상태 확인을 위해 내부적으로 Interlock을 이루고 있는 차단기의 동작상태를 확인하기 위해 보조 접점인 A접점과 B접점을 각각 이용하였다.

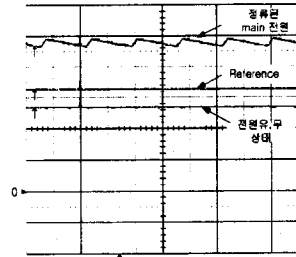
3. 실험 결과 및 검토

산업현장에서는 천둥 번개, 장마, 용접, 정전기, 충격, 뇌서지, 차단기 개·폐 동작등 여러 가지 환경 제약 조건이 따른다.

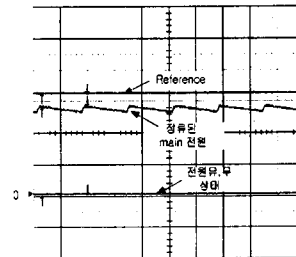
이러한 환경에서 ATS는 아무 이상 없이 정상동작을 하여야 한다. 그러한 환경의 가상 환경 시험, 즉, 전원 대책 시험, 뇌서지 내전압 시험, ESD(정전기)시험, Fast Transient시험, Impulse Noise 시험을 실시하고 시험 후 결과와 동작을 다음과 나타내었다.

3.1 전원 대책 실험

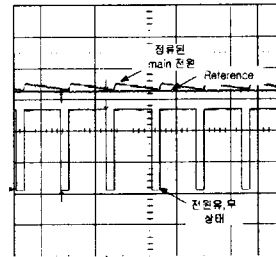
가장 핵심이 되는 전원에서 노이즈를 ATS가 오류 판단하면 아주 위험한 상황이 발생하게 되므로 Transformer와 Photo-Coupler를 이용하여 이중절연 방식과 소프트웨어적인 알고리즘으로 전원에 대해 정밀한 판단을 하였다. 다음 그림은 반파 정류된 Main전원과 Shunt Regulator, TL431에 의한 Reference 전압으로 비교된 전압 유, 무를 판단 할 수 있는 실험 파형을 (a)~(b)까지 나타내었다.



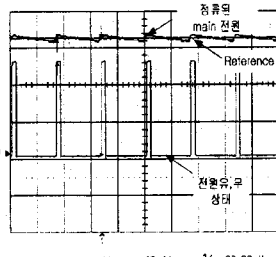
(a) 정상 상태 전원



(b) Under Voltage



(c) 정격 전압의 86%일 때의 전원



(d) 정격 전압의 84%일 때의 전원

그림 4. 전원 전압 감시 결과 파형

그림 4의(a)는 정상 전원상태를 나타낸 실험 파형이다. Main 전원이 Reference 전압보다 항상 높기 때문에 전원 상태는 High를 나타낸다.

그림 4의(b)는 UVT 상태를 나타낸 실험 파형이다.

Main 전원이 Reference 전압보다 항상 낮기 때문에 전원 상태는 Low를 나타낸다.

그림 4의(a)와 그림4의(b)에서는 Main 전원과 Reference 전압에 의해 전압 전원 유, 무가 명백한 상태를 나타내고 있다.

그러나 그림 4의(c)는 정상 전원 상태에서 순간 정전 처리를 하는 가상 실험이다. 아울러 그림 4의 (d)는 정정된 상태에서 순간적으로 전원이 살아나는 가상 실험이다.

그림 4의(c)와 그림 4의(d)와 같이 이상적이지 않는 전원 상태에서 순간 정전이나 노이즈들을 소프트웨어적인 알고리즘으로 처리함으로써 정확한 전원 전압을 판단 할 수 있었다.

3.2 상용주파 내전압 시험

ATS Controller의 제어 전원을 차단한 상태에서 다음과 같이 내전압을 가하였다.

표 1. 내전압 시험표

NO	인가부위	인가방법
1	제어전원과 접지간	AC2000V, 10mA, 1분간
2	출력 접점간	AC1000V, 10mA, 1분간

표 1과 같은 조건에 대한 시험후 정상 동작됨을 확인하였다.

3.3 뇌서지 내전압 시험

ATS Controller의 제어 전원을 차단한 상태에서 다음과 같이 뇌서지 내전압을 가하였다.

표 2. 뇌서지 내전압 시험표

NO	인가부위	인가방법
1	출력접점과 접지간	1.2 X 50us, 6kV 정, 부 각각 3회씩
2	제어 전원 양단	1.2 X 50us, 6kV 정, 부 각각 3회씩
3	제어 전와과 접지간	1.2 X 50us, 6kV 정, 부 각각 3회씩

표 2와 같은 조건에 대한 시험후 정상 동작됨을 확인하였다. 그리고 또, 제어 전원에 뇌서지 내전압을 실어 ATS Controller가 동작중에 같은 시험을 한 결과 정상 동작을 확인하였다.

3.4 ESD(점전기) 시험

ATS Controller의 제어전원이 인가된 정상동작 상태에서 20kV로 Controller의 Case부에 ARC가 발생되는 지점에서 10회를 실시하는 기중방전과 8kV로 Controller의 접촉부위(전면)에서 10회를 실시하는 접촉방전 시험을 한 결과 정상 동작을 확인하였다.

3.5 Fast Transient 시험

시험 전압은 AC Main 전원을 사용하여 ATS Controller가 정상 동작 상태에서 Normal Mode로 정, 부 2kV와 Common Mode로 정, 부 4kV를 그림 5와 같은 시험을 실시하였다.

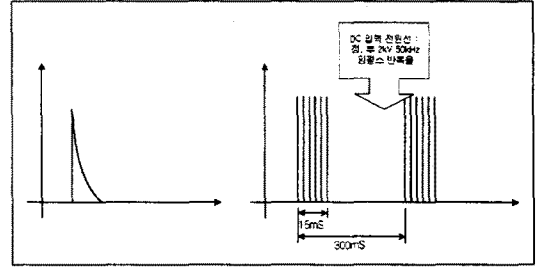


그림 5. Fast Transient에 대한 실험 파형

시험중 ATS Controller의 정상 동작 상태를 확인하였다.

3.6 Impulse Noise 시험

시험 전압은 AC main 전원을 사용하여 ATS Controller가 정상 동작 상태에서 Common Mode와 Normal Mode로 종단 저항을 50Ω, 정(+), 부(-) 2kV를 10ms 주기, 상승 시간과 하강 시간이 1ns이며, 이에 대한 파형으로 그림 6과 같은 시험을 실시하였다.

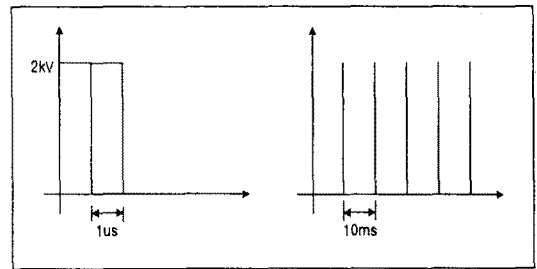


그림 6. Impulse Noise에 대한 실험 파형

시험중 ATS Controller의 정상 동작 상태를 확인하였다.

4. 결 론

안정된 전원 공급을 필요로 하는 곳에 본 논문에서 설계된 고 신뢰성의 ATS는 산업용 제어기기로써의 필수인 신뢰성 향상에 중점을 두어 모든 입력단에 절연 방법을 사용하고 소프트웨어적인 알고리즘을 적용한 결과 실험 결과에 나타난 것처럼 어떠한 열악한 환경에서도 고속의 절체 시간을 갖고, 절체 동작의 신뢰성이 높은 안정적인고 신뢰성 있는 제품임을 확인 할 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] "Hitachi Single-Chip Microcomputer H8/325 Series".
- [2] LG산전, "Air Circuit Breakers".
- [3] 강중성, 손종만, 최원준, 이방욱, 서정민, "기중차단기(Air Circuit Breaker)의 전자반발력 해석을 통한 점압스프링 설계", 대한전기학회, 하계학술대회는문집, 1999.