

배전자동화 시스템 실계통 실증시험 결과 및 개선방안

조남훈, 하복남, 박상만
전력연구원

The result and improvement of the field test in Distribution Automation System

Cho. namhun, Ha. boknam, Park. sangman
Korea Electric Power Research Institute

Abstract The feild test system covers three substation, 25 distribution feeders and 125 automated switches. Many small electric vendors participated in this project. Although each device is a small prototype, it was designed to carry out all of the functions. In performing the project, KEPRI has gained valuable experience, through dealing with many difficult problem. This paper is depicted about many kind of those difficult problems.

1. 서 론

배전자동화 시스템의 실증시험 규모는 3개의 변전소, 25개의 선로 그리고 125개의 자동화 개폐기를 포함하였다. 국산 배전자동화 시스템의 프로토타입이지만 다양한 자동화 기능을 보유하고 있다. 우리는 실증시험을 수행하면서 도출되는 많은 문제점을 해결하면서 소중한 경험을 하였으며, 본문에서는 이러한 문제점과 개선방안에 대하여 기술하였다.

2. 실증시험중 도출된 문제점 및 개선방안

2.1 자동화개폐기의 재질 및 설계 불량

자동화개폐기를 장기간 현장에 설치하여 운용한 결과 일부부품의 재질불량 및 특정부분의 설계가 잘못되어 다음과 같은 오동작 사례가 발생하였다.

2.1.1 가공용 가스개폐기의 투입 동작 불량

개폐기의 동작시간을 감소시키고자 개방 동작후 스프링을 축쇄시켜 사용하는데, 이 축쇄용 스프링이 조작명령을 받고서도 ON/OFF 동작을 수행하지 못하는 문제가 발생하였다. 이는 검수시험시는 정상적으로 작동되었으나 스프링 축쇄형 자동화개폐기를 장기간 현장에 설치하여 운용한 결과, 축쇄스프링의 재질이 불량하여 오랜 시간 현장에 설치되어 있다가 명령에 의해 축쇄 상태를 해제할 경우 스프링의 복원이 제대로 되지 못하여 발생한 현상으로서 관련 개폐기를 전량 교체하였다. 또한 일부

스프링 축쇄형 개폐기의 축쇄 해제 레버 부분이 투입용 솔레노이드가 동작해 축쇄해제 Lever를 하부 방향으로 이탈시키게 하는 구조로 설계되어 축쇄포인트가 동작시 면접촉이 되어 투입 솔레노이드에 하중이 집중되면서 원활히 동작되지 않았다. 따라서 축쇄 포인트를 선접촉이 되도록 개선함으로 투입 솔레노이드 동작시 이탈력이 감소되어 원활히 동작되도록 보완하여 관련 개폐기를 전량 교체하였다.

2.1.2 Lock상태에서 전기적 신호에 의한 동작
특정회사의 자동화 개폐기는 현장에서 기능을 정지시키는 목적으로 Lock을 걸었는데도 중앙에서 제어명령이 내려오면 동작하도록 잘못 설계되어 있는 것을 발견되었다. 이것은 수동 Lock조작이 이루어지면 전기적으로 회로를 끊어주는 연동스위치를 부착하여 회로를 차단해 주도록 하여야 하나 이를 설계시에 고려하지 못한 결과였다. 따라서 이에 대한 보완책으로 개폐기를 철거하여 개폐기 하부에 기계적인 Lock장치를 설치하여 보완하였으며, 향후에는 개폐기 본체에 부착된 기계적인 Lock은 어떠한 전기적인 신호에 의해서도 동작이 되지 않도록 하여야 하며 원방에서도 잠금 상태를 알 수 있도록 할 예정이다.

2.2 CPD 특성문제로 전압 계측치 부정확, 오정보 제공 및 제어전원 용량부족

22.9kV 배전선로 전압과 같이 고전압으로 될수록 직접 PT를 사용하여 전압을 계측하는 것은 절연 및 PT의 크기에 제한을 받고 있어, 일반적으로 특고압 전압의 계측은 다음과 같이 콘덴서분압 방식(CPD)을 사용한다. 고전압 분압용 Capacitor는 각각 125pF, 0.047μF용량의 콘덴서를 사용하고 있다. 선로전압이 13,200V일 때 저압측 분압콘덴서 전압은 다음과 같다.

$$\text{출력전압} = \frac{125pF}{125pF + 0.047\mu F} \times 13,200V = 35V$$

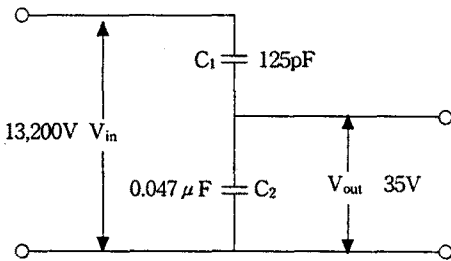
위의 출력전압은 가변저항을 통하여 4V로 변환되며, 전압정보로서 제어용단말장치(FRU)로 전달된다.

2.2.1 전압 계측치 부정확, 오정보 제공

가. 오차의 원인

· 온도변화에 따른 정전용량 특성

전압 분압용으로 사용되는 특고압용 Ceramic Capacitor는 소자특성상 주변온도의 영향을 받아 정전용량 값이 변하므로 정밀한 계측을 하기에는 오차가 심한 편이다. 특히, 배전자동화용 개폐기의 주변 온도 허용치가 $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 이므로 아래 그림에 나타나듯이, 기준 정전용량의 $-30\% \sim 10\%$ 로 변동하여 배전자동화 개폐기의 전압측정의 오차원인이 되고 있다.



<그림 1> 전압분배 회로

· 선로전압 변동에 따른 정전용량 특성

Capacitor에 가해지는 전압에 따라 Capacitor 양단 전압(선로전압)이 $\pm 5\%$ 변동 시에 정전용량 값이 $\pm 6\%$ 변화되어, 선로전압이 13.kV보다 높을 때는 계측전압이 실제 전압보다 높게 나타나며 또한 선로전압이 13.2kV보다 낮을 때에는 실제 선로전압보다 낮게 나타난다. 배전선로의 전압계측용으로 사용하기 위해 개폐기의 가스탱크에 내장한 CPD의 특성이 온도 및 부하의 크기에 따라 변동이 심하여 정확한 전압계측이 곤란하고 단선/결상, 상불일치의 오정보가 간헐적으로 발생하였다. 따라서 개폐기 설치점의 전압계측 및 단선/결상, 상불일치 여부 정보확인을 한시적으로 삭제하였고 만일 전압을 계측한다면 정확한 전압 값의 측정보다는 활선/사선 여부를 판정하는 정도로 이용하는 것이 타당할 것 같다.

2.2.2 제어전원 용량부족

제어용단말장치(FRU) 자체의 소비전력을 위해 15W정도로 제어함에서 공급되어야 하나, 특정업체 FRU의 충전회로 설계가 일부 잘못되어 소비전력이 크므로써 내장배터리가 방전/충전을 반복하는 현상이 발생되었다. 충전회로를 일부 보완하여 전원부족 현상을 해결하였으나 향후 FRU 자체의 소비전력을 줄일수 있도록 연구하고자 한다.

2.3 가공용 FRU 전원 ON/OFF제어 출력 보

특정회사의 FRU 전원 투입시 개폐기 제어함으로 오동작 신호를 발생시켰었다. 따라서 제어함 및 FRU관련 작업후 FRU 전원 스위치를 10회 이상 조작하여 시험해본 결과시 1~2회 정도 FRU에서 개폐기 제어함쪽으로 오동작 신호를 보내고 있음

확인 하였다. FRU를 철거하여 원인을 분석한 결과 FRU에서 8255 Controller의 Data Bus상에 직접 출력명령을 내려 데이터를 보냄으로 FRU전원 ON/OFF시 불완전한 Data를 직접 출력회로에 보냄으로써 오동작 되는 경우가 발생하였다. 따라서 기존의 8255 Controller 대신 Decoder와 발생된 오동작 신호를 직접 출력회로에 보내지 않도록 하기 위하여 Latch를 추가하여 회로를 보완하였다.

2.4 자동화개폐기의 제어회로에 사용된 SCR의 비정상 도통으로 개폐기 오동작

특정회사 자동화개폐기의 제어함 투입회로가 다른 회사의 보조 릴레이 사용방식과 달리 SCR의 턴-온(Turn-On)방식으로 되어 있어 제어회로에 유도되는 순간적인 써어지 전압에 의해서 투입회로의 SCR을 도통시켜 투입되는 현상이 발생하였음.

2.4.1 오동작 원인

개폐기 제어함에 ANSI 37.90.1에 준하는 Surge/Noise파형을 Common Mode로 주입해 제어함의 출력 파형을 측정된 결과 개폐기 제어함으로 접지선을 통하여 Surge/Noise가 들어오면 제어함의 Closing Coil이나 Trip Coil의 구동부인 SCR의 Gate를 Turn-On시켜서 개폐기의 오동작을 일으킬 가능성을 확인하였고, 특히 Surge Absorber나 Note콘덴서 등이 경년변화를 일으켜 특성이 변화할 경우 오동작을 일으킬 가능성은 더욱 커진다.

또 접지선의 저항이 증가하는 경우에도 접지저항이 클수록 파형의 진폭이 줄어들고, 크기가 작아지므로 오동작 가능성이 커진다.

2.4.2 보완내용

릴레이 구동방식의 경우는 코일의 여자시간(수십 msec)이 요구되며, 접지선을 통하여 인가되는 Surge/Noise 의 짧은 펄스에는 동작하지 않는다. 따라서 자동화 개폐기의 투입/개방부에 사용된 SCR Turn-On방식 제어회로를 보조 릴레이 방식으로 변경하여 오동작을 방지하였다.

2.5 Surge Absorber용 Varister의 열화에 의한 오정보 제공

FRU에서 Surge에 대한 보호를 위해 사용된 소자가 열화에 의해서 일시적인 단락, 외부 써지가 주입되어 발생하는 일시적인 단락, 수백회 이상의 써지를 받는 경우 수명이 소진되어 생기는 단락현상 등이 발생하여 개폐기의 오동작 또는 오정보 제공을 방지할 수 있도록 FRU에서 개폐기로 투입/개방 명령을 내보는 D/O부에 설치한 소자를 제거하였고, 오정보를 제공하여 크게 문제가 되지 않는 회로에서는 소자의 내량을 업체별로 비교해본 결과 큰 내량을 가진 소자를 사용한 업체에서는 오정보 제공경력이 없으므로 내량이 큰 소자로 교체하였고, 향후 Varister 소자를 사용하지 않고 다른 방법으로 써어지를 방지하는 방안을 연구하고 있다.

2.6 FRU Address Check 방법 불량으로 통신선로 잘못 연결시 오동작

외부요인에 의한 통신선로의 소손 후 복구 공사시 나 배전선로 신·증설에 의한 통신선로의 접속시 수십 가닥의 심선을 정확하게 연결하지 못하는 경우가 종종 발생하여 다른 선로의 개폐기가 오동작 하거나 오응답할 가능성이 있다. 따라서 기존의 FRU Address만을 Check하여 송수신 하도록 하였으나 Address Check 방법을 개선하여 SCCU Address + Channel Address + FRU Address를 동시에 Check하도록 수정하므로써 오동작을 방지하였다.

2.7 자동화개폐기 설치전주의 접지 시공방법 불량으로 피뢰기 소손시 제어회로 소손

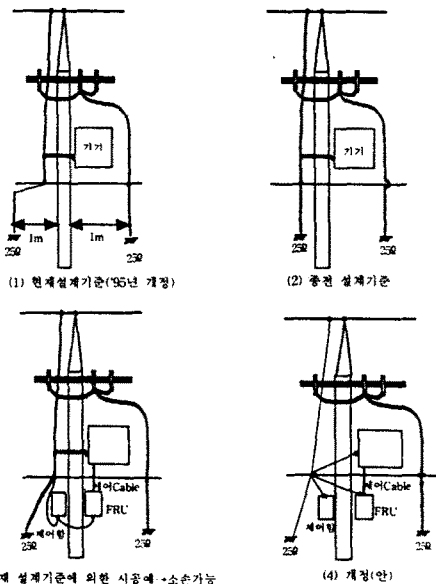
피뢰기가 소손되는 경우 같은 전주에 설치된 자동화개폐기의 제어회로가 소손되는 것은 다음과 같은 사유로 발생한다.

2.7.1 소손원인

① 접지 시공불량으로 개폐기 제어케이블이 지락 전류의 통로가 된다. 본체 외함→제어케이블→개폐기 제어함 및 FRU→중성선→대지의 경로로 도통되도록 접지 시공이 된 경우 소손 발생 (예 : 피뢰기 접지선의 단선, 피뢰기 접지선이 중성선 이외의 지점에서 개폐기 외함접지선과 연결된 경우, 접지저항이 큰 땅 속에서 피뢰기 접지선과 공통)

② 개폐기 본체와 제어함을 연결하는 제어케이블로 Shield선을 사용하지 않거나 Shield선을 사용하더라도 외함과 접속이 불량한 경우 피뢰기용 접지선에 대전류가 흐를 때 유도되어 제어회로 소손 발생

③ 피뢰기 접지와 제어함 접지가 분리된 경우 접지선(600V 비닐절연전선)의 리액턴스 성분과 순간적인 전류의 큰 변화로 인한 $L \times di/dt$ 만큼의 전압이 걸려 소손가능



<그림 2> 설계기준에 의한 접지시공 및 개정(안)

2.7.2 보완대책

이에 대한 대책으로 접지방법의 변경이 필요하며 이것을 요약하면 다음과 같다.

① 설계기준대로 공통접지 방식으로 확실한 접지 시공 필요(설계기준-3800(배전선 내뢰기준) 참조). 단, 개폐기 외함, 제어함, FRU 외함의 접지선들이 서로 연결되거나 가공지선용 접지선과 중간에서 접속되지 않고 중성선의 한 점에서만 공통으로 접속 되도록 설계기준 변경필요

② 피뢰기용 접지선이 개폐기 설치용 밴드 속에 있거나 선이 벗겨져서 개폐기 외함 접지선과 접촉되지 않도록 시공에 주의 필요(전류 통로가 되면 I × R 만큼의 전압이 저항이 있는 부분에 발생하여 소손되거나 도통전류(I²R)에 의해 소손될 수 있음)

③ 제어케이블로는 Shield 케이블을 사용해야 하고, Shield 케이블 일지라도 리클로저용 제어케이블 처럼 쉬일드선이 확실하게 외함과 저항없이 접속되도록 Shield-핀-내부단자-접지순으로 연결되는 제어케이블을 채용하도록 구매규격에 명시

④ 피뢰기 소손시 개폐기의 제어회로는 소손되거나 FRU는 소손되지 않았으므로 FRU 수준으로 개폐기 제어회로의 절연강도 강화

⑤ 개폐기 제어함과 FRU는 전자 부품들로 구성되며, 주위온도 범위(제어함 : -25℃~40℃, FRU : -20℃~40℃)와 절연시험 규격항목(제어함 : 상용주파내전압 2kV, 충격과 내전압 4kV, FRU : 상용주파내전압 3kV, 충격과 내전압 6kV) 등에서 다른 점이 있기 때문에 이를 일치하는 것이 바람직하며 제어장치와 FRU를 일체화하는 경우 FRU 수준의 내압을 갖추는 것이 바람직하다.

3. 결 론

배전자동화 시스템의 개발 및 확대 보급의 필요성이 절실히 요구되면서 선진외국 시스템의 도입에 의한 기술종속의 탈피 및 국내 기업의 기술축적 등을 목표로 하여 배전자동화 시스템의 국산화 개발이 추진되었고 실계통 실증시험을 수행하면서 발견되는 각종 문제점을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방법을 찾아내면서, 향후 국내 실정에 적합한 배전자동화 시스템을 구축하기 위해서 지속적으로 연구하고자 한다.

[참 고 문 헌]

[1] 저자명, "국산배전자동화 시스템 실계통 실증연구", 1997. 6