

배전자동화용 스위치 제어장치의 전자기적합성(EMC) 고찰

김 언석*, 손 화영, 김 재철, 김 태수, 임 태현
한국전기연구원 송실대학교 아주콘트롤

Electromagnetic Compatability of Feeder Terminal Unit and Control Cubicle for Distribution Automation Switch

Oun-Seok Kim, Hwa-Young Shon, Jae-Chul Kim, Tae-Soo Kim, Tae-Hyeon Rim
Korea Electrotechnology Research Institute Soongsil University AJoo Control System

Abstract - 본 논문에서는 배전자동화용 스위치 제어 장치의 전자기적합(EMC)에 대하여 고찰하였다. 먼저, 자동화용 제어장치의 EMC 성능에 영향을 주는 요인들을 분석하였다. 또한 제어장치 관련 국내외 규격들의 EMC 평가항목 및 기준을 검토하였다. 검토결과 국제규격보다 미흡함을 발견하였다. 검토결과를 바탕으로 국내 규격의 EMC 추가 항목 및 개선방안을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 EMC 관련 인자 분류

배전자동화용 스위치 구성 중에서 EMC와 관련된 인자들은 다음과 같다.

(1) 전압(PT) 및 전류(CT) 변성기

신호검출용 변압기 및 변류기는 유용한 정보를 검출하는 것이 목적이지만 노이즈 유입 경로로도 작용한다. 전압 변성기(PT)에는 스위치의 과도 전압이 유기되고, 전류 변성기(CT)에는 낙뢰 전류나 개폐 서지 전류와 같은 과도 전류가 유기된다. 이에 대한 연구방향은 변성기의 구조, 배치방법, 제어케이블 종류 및 배치 방법 등이다. 또한 제어장치는 전압 및 전류로부터 모든 정보를 얻으므로 전압 및 전류 값의 정밀도는 중요하다. 제어장치 측면에서는 신호 레벨이 높아야 노이즈의 영향을 적게 받는다. 현재의 신호레벨이나 주파수 응답특성 등도 다시 검토 할 필요가 있다. 서지전압이나 서지전류를 변성기 1차 측에 직접 인가하여 2차 측에 유기되는 과도전압을 분석하고자 한다.

(2) 본체의 스위치 구동 제어회로

본체 구동회로에도 전자회로가 포함된다. 이 전자회로는 스위치 본체에 설치되므로 과도 전류나 과도 전압의 영향을 받는다. 특히 낙뢰전류에 의해 접지전위가 상승할 경우 파괴될 수 있다. 최근 지능형 스위치 장치들은 본체 내부에 많은 센서들을 포함하게 된다. 이들 센서들도 과도 전압에 취약하다. IEC 60694에서는 서지인가를 본체에도 한다. 국내 규격에서는 본체에는 실시하지 않고 있다. 서지시험을 대비하기 위해서는 배리스터와 같은 서지보호 소자(protective devices)를 부착하여야 하는데 사용상 주의를 요한다. 특히, 스위치 닫힘이나 열림 회로에 잘못 사용하는 경우 외부 과도전압에 서지보호소자가 동작을 하여 오동작 할 수 있다. 어떠한 경우에도 외부 과도전압에는 오동작하지 않는(fail-safe) 회로를 구성하여야 한다.

(3) 제어용 케이블

제어케이블은 가장 중요한 요소 중 하나이다. 현재는 모든 데이터, 제어 및 전원 선을 한 개의 멀티 케이블로 사용하고 있다. EMC 측면에서는 서로 성질이 다른 신호는 별도의 케이블을 사용하는 것이 좋다. 이것이 어려우면 중요한 신호나 레벨이 낮은 민감한 신호는 내부에서 꼬인 것을 사용한다. 차폐는 필수 사항이지만 외부에만 되어 있는 것이 좋다. 어떤 케이블은 내부에 별도의 차폐층이 있으나 여기에 과도전류가 흐르는 경우 근접 케이블에 영향을 주기 때문이다. 본체의 모터를 구동하기 위해서 제어장치에서 전원을 공급해 준다. 스위치의 ON-OFF 동작시 돌입전류에 의해 근접 케이블에 영향을 줄 수 있다. 스위치 본체에서 제어 케이블 배치 기술도 필요하다. 과도전압은 대부분 공통모드 전류에 의해

1. 서 론

배전 자동화 관련 지중용 및 가공용 개폐기, 리크로저 등 개폐기 및 차단기류의 설치 수량은 매년 급증하고 있어 2001년 7월 현재 144개 사업소에 7,452대에 이르고 있다. 이 중에서 가공용 개폐기의 설치 수량은 4,218대에 이르고 있어 자동화 시스템의 대부분을 차지하고 있다. 자동화용 개폐기는 제어함, 원격단말장치(Feeder Remote Terminal Unit, FRTU) 및 모뎀을 통하여 원격에서 제어 및 감시하여 배전 계통의 정전시간을 감소하여 신뢰도 향상에 크게 기여하고 있으며 유지 보수측면에서 운영비용 감소에도 크게 기여하고 있는 것으로 판단된다. 한편 발표에 의하면 2001년 말까지는 서울을 제외한 전국의 모든 사업소에서 배전 선로 자동화 시스템을 설치하여 운영하는 것으로 되어 있다[1].

배전 자동화시스템의 운영은 정전시간 감소 등 계통 신뢰도 향상에 크게 기여 할 수 있다. 하지만 잘못된 운영되는 경우에는 반대로 매우 큰 문제를 야기할 수 있다. 배전 자동화란 각종 스위치를 원격에서 감시하고 제어하는 것이므로 기본적으로 마이크로프로세서를 사용한 컴퓨터 시스템을 사용하도 또한 통신을 위한 모뎀을 사용하고 있다. 이러한 기기들은 최근 전자기술의 발달로 전자부품의 동작전압이 낮아지고 마이크로프로세서의 동작 속도가 높아지며 전자부품의 집적도가 높아 서지(surge) 또는 과전압(overvoltage) 등 각종 왜란(disturbance)에 파괴되거나 오동작 할 수 있다. 모뎀 또한 유선을 사용하는 경우 외부에서 통신선을 타고 각종 과전압이 유입되어 모뎀을 파괴하거나 통신이 불가능하게 하게 할 수 있다. 이러한 최악의 현상이 설치 수량이 더욱 많아지고 경영개선을 위한 현장 유지보수 인원을 감축한 상태에서 발생하면 오히려 더 많은 문제점이 발생할 수 있다. 그러므로 자동화기에 대한 파괴 및 오동작 현상을 피하기 위해서는 이들 왜란에 대한 내성(immunity)을 가지도록 설계를 하고 이에 대한 성능평가를 하여야 한다. 특히 자동화 기기의 설치 장소인 배전 계통은 낙뢰나 스위칭 서지 등이 매우 빈번한 장소임을 고려할 때 자동화기에 대한 EMC 대책 및 평가는 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 배전자동화용 스위치 제어장치의 전자기적합성(EMC)에 대하여 전반적으로 고찰하였다. 각 단위별로 EMC 관련 요인을 정리하였다. 또한 각 관련 규격들의 EMC 평가항목을 비교 검토하였으며, 국내 규격 개선방안을 제안하였다. 마지막으로 국내 배전자동화용 제어장치의 EMC 성능 개선을 위한 방안을 제시하였다.

유기되므로 차폐 케이블을 사용하는 것이 좋다. 제어케이블 쉴드의 접지도 큰 문제가 되고 있다. 변전소 제어장치에서는 본체 및 제어장치 양쪽에서 접지를 권장한다. 이들 전반에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

(4) 제어 케이블의 인입과 인출

EMC 측면에서 중요한 요소 중 하나는 EMC 케비넷 사용이다. 즉, EMC 환경이 틀린 영역을 케이블이 관통할 경우에는 반드시 노이즈 필터 등을 사용하고, 360도 완전 결합장치를 사용하는 것이다. 고압 배전반을 조사해본 결과, 이러한 원칙이 사용되지 않고 있었다. 또한 서지보호장치(surge protective device)는 외부에 설치하여 쉴드에 유입된 서지전류가 내부영역으로 들어가지 않도록 해야 한다. 현재는 신호, 제어, 데이터 신호들이 혼합되어 있어 연구할 필요가 있다. 배전자동화용 스위치 제어장치의 경우 서지보호소자가 합체 내부에 설치되어 서지전류가 유입되는 구조로 되어 있다. 서지전류가 내부로 유입되었다가 외부로 유출되는 과정에서 전자회로에 영향을 주게 된다. 케이블 커넥터 장치도 도전성을 체크해본 결과 도전성이 좋지 않았다. 이러한 커넥터에 서지전류가 유입하면 전압상승에 의해 과도전압이 유기되어 피해를 받게 된다.

(5) 직류 전원공급장치(SMPS)

모든 전자회로가 직류전원으로 구동되기 때문에, 전원공급장치는 가장 중요한 요소 중 하나이다. 또한 배터리를 충전하는 용도로도 사용한다. IEC 규격에서는 이 분야에 대한 EMC 성능평가가 포함되어 있다. 국내에서는 실사하지 않고 있다. 국내제품은 대부분 제어장치 제작회사에서 만들어 사용하므로 리플 등이 많고 충전성능이 입증되지 않았다. 충전방법이 배터리 규격을 좌우하므로 성능개선이 필요하다. 또한 IEC 규격에서는 전자파장해(EMI) 시험도 실시하므로 전원장치의 설계기술은 중요하다. EMI 성능이 문제가 되면 EMI 필터 등을 추가하여야 한다.

(6) FRTU

FRTU는 제어장치의 두뇌에 해당한다. 모든 동작알고리즘은 여기에서 처리된다. 현재 국내 규격은 제어장치 전체와 동일한 수준의 서지 시험레벨을 FRTU에 인가하고 있다. 그러므로 FRTU에는 서지 전용보드가 있으며, 이 때문에 가격도 상승하고 부피도 커지게 된다. IEC 규격에 따르면 FRTU에는 제어장치 보다 낮은 서지를 인가하면 된다. 서지보호소자 정격을 선정할 경우 보호협조를 고려하여야 한다. 동작개시 전압이 너무 낮으면 먼저 동작하여 서지전류가 내부로 유입되기 때문이다.

(7) 제어장치 내부 서브-제어기기의 접지

제어장치에는 제어함, FRTU, 통신장치 등이 내장된다. 이들 서브-제어기기는 호환 가능한 별도의 제품으로 만들어져 있다. 대부분 제조회사에서 이들 서브-제어기기를 설치할 때 볼트를 이용하여 위험 케이스에 고정한다. 이때 고정용 볼트는 접지रो도 사용한다. EMC 측면에서 이 방식은 좋지 않다. 관련규격에 따르면 접지는 반드시 전용으로 하도록 되어 있다. 특히 페인트 등에 의해 접지 성능이 떨어지게 된다. 경험에 의하면 서지전류가 접지 볼트를 통하여 외부로 유출되는 과정에서 스파크가 발생되며 이때 전자회로가 파괴된다. 또한 전압이 상승하면서 오동작 현상을 일으킨다. 성능 평가서 서브-제어기기의 접지상태를 체크 할 필요가 있다.

(8) 외함 케이스의 도어

외함 케이스는 서브-제어기기를 고정하고, 온도나 습도, 먼지 등으로부터 보호하기도 한다. EMC 측면에서는 고주파 전자계 내성으로부터 제어기기를 보호하고, 전자파가 외부로 나가지 않도록 한다. IEC 60694에서는 전자

파장해 시험이 있다. 이들을 대비하기 위해서는 전자파 차폐용 평거를 사용하여야 한다. 현재는 다른 목적으로 고무 패킹이 되어 있다. 추후 EMI 성능평가를 통하여 이에 대한 대책을 세워야 한다.

(9) 통신장치

배전자동화는 통신을 기반으로 한다. 통신기능이 마비되면 원격 감시 및 제어가 불가능하다. EMC측면에서 통신장치는 외부로부터 과도서지 유입시 통신장치가 파괴되지 않고, 통신이 정상적으로 수행되어야 한다. 국내에서는 현재 이에 대한 규정이 명확하게 설정되지 않아 임시로 하고 있다. 배전자동화 측면에서 다시 한번 검토하여 정확한 성능평가 방법을 제시하고자 한다.

2.2 규격별 EMC 성능평가 항목

스위치 제어장치 관련 규격별 EMC 시험항목, 평가방법 및 특성은 다음과 같다.

(1) 한전구매시방서

이 규격은 논문의 주요 대상규격으로 한전에서 제정한 것이다. EMC 시험항목은 다음과 같다.
 - 고주파 방사내성 시험 : IEEE C37.90.2
 - 급과도 서지 시험 : IEEE C37.90.1
 - 서지시험 : IEEE Std C62.41
 - 1MHz 진동성 서지 시험 : IEEE C37.90.1

(2) IEC 60694

이 규격은 IEC의 배전반을 포함한 모든 스위치 장치의 일반적인 규격이다. 모든 스위치의 EMC 성능평가는 이 규격에 따른다. EMC 시험항목은 다음과 같다.
 - 급과도 서지 시험 : IEC 61000-4-3
 - 1MHz 진동성 서지 시험 : IEC 61000-4-12
 - 전자파장해 시험 : CISPR 22
 - 기타 장소별로 필요한 시험을 추가한다.

(3) IEEE Std C37.1

이 규격은 미국의 SCADA 시스템에 관한 일반적인 것이다. EMC 시험항목은 다음과 같다.
 - 1MHz 진동성 서지 시험 : IEEE C37.90.1
 - 급과도 서지 시험 : IEEE C37.90.1
 - 고주파 방사내성 시험 : IEEE C37.90.2
 - 전자파 장해시험 : FCC

(4) IEC 61850-3-1(FDIS)

이 규격은 재정중인 규격으로 변전소 종합자동화용 시스템(substation automation system)에 관한 것이다. EMC 시험항목은 다음과 같다.
 - 고주파 방사 내성 시험 : IEC61000-4-3
 - 급과도 서지 시험 : IEC 61000-4-4
 - 서지 시험 : IEC 61000-4-5
 - 고주파 전도 내성 시험 : IEC 61000-4-6
 - 1MHz 진동성 서지 : IEC 61000-4-12
 - 상용주파 장해 내성 시험 : IEC61000-4-16.8 & 10
 - 전자파 장해시험 : CISPR 22

(5) IEC 60870-2-1

이 규격은 배전계통에서 여러 용도로 사용하는 원격제어기기 및 시스템의 EMC 성능평가에 적용한다. 배전자동화기기도 여기에 해당한다. EMC 시험항목은 IEC 61000 시리즈에 있는 대부분의 항목을 포함하고 있다.

(6) IEC 60834-1

이 규격은 전력계통의 원격제어기기에 대한 일반 규격이다. EMC 시험항목은 다음과 같다.

- 정전기 방전 내성 시험 : IEC 61000-4-2
- 고주파 방사 내성 시험 : IEC61000-4-3
- 급파도 서지 시험 : IEC 61000-4-4
- 교류 제어전원 영향 시험 : IEC 61000-4-11
- 1MHz 진동성 서지 : IEC 61000-4-12
- 교류 전압변동 내성 시험 : IEC 61000-4-14

(7) IEC 61000-6-5

이 규격은 발전소 및 변전소에 사용하는 모든 전자기기에 적용한다. 그러므로 스위치 장치 전용 규격은 아니다. 하지만 배전자동화용 스위치도 여기에 해당하므로 참고적으로 검토하였다. EMC 시험항목은 IEC 61000 시리즈에 있는 항목 대부분을 포함하고 있다.

2.3 국내 규격의 EMC 성능평가 추가

배전자동화용 스위치 제어장치 관련 규격을 검토한 결과 및 현장 경험을 토대로 하여 다음과 같은 추가적인 EMC 성능평가를 제안한다.

(1) 본체 방향도 성능평가 실시

IEC 60694에 따라 스위치 본체의 전자회로에도 EMC 성능평가를 실시한다. 제어장치 고장이나 본체의 제어회로 고장 모두 중요하기 때문이다.

(2) 누락된 EMC 항목 추가

관련 국제규격과 비교하여 필요한 사항인데 누락된 사항은 추가를 한다. 경험에 의하면 정전기 시험(IEC 61000-4-2), 교류 제어전원 영향 시험(IEC 61000-4-11), 전자파장해(CISPR 11) 정도이다. 또한 통신 단자에 대한 성능평가 기준이나 방법의 정립이 필요하고 규정을 명확히 한다.

기본 EMC 성능에 추가하여 다음과 같은 성능평가에 대한 연구가 국제적으로 진행되고 있다. 국내 전력계통 분야에서도 검토가 필요한 분야이다.

(3) EMC 안전성(safety) 성능평가

계통의 신뢰도가 올라가기 위해서는 스위치는 어떤 경우에도 오동작하지 않아야 한다. 즉, 알고리즘에 의하지 않고는 개방이나 투입이 일어나지 않아야 한다. EMC safety 시험이란 외부에서 각종 서지를 기본 레벨보다 더 높게 인가하여도 본체가 오동작하지 않음을 평가한다. 이때 전자회로는 파괴되어도 불량으로 판정하지는 않는다.

(4) 설치 후 EMC 성능평가

배전자동화 시스템은 복잡한 구조로 되어있어 EMC 평가기관에서 모든 것을 구현 할 수 없다. 또한 EMC 성능평가는 접지의 영향을 많이 받으므로 연구실에서 평가결과는 현장에서와 다를 수 있다. 그러므로 연구실에서 EMC 시험은 기본으로 하고, 추가적으로 현장에 설치한 상태에서 EMC 시험을 실시해 보는 것도 좋다고 생각한다. 현장시험에는 전류 주입법(current injection)에 의한 서지인가가 연구되고 있다.

2.4 EMC 성능 개선 방안

스위치 제어장치의 EMC 성능평가 개선을 위하여 다음 사항을 제안한다.

(1) 전용 서지보호장치(SPD) 설치

각종 신호-통신-데이터-전원용 케이블에 대부분 배리스터를 달고 있다. SPD 국제규격에 의하면 전문적으로 구

분되어 있다. 특히 지금방식은 병렬방식인데, 필요시 직렬방식도 필요하다. 서지전류를 제한하기 위해서는 직렬방식이 유효하기 때문이다. 또한 SPD는 케이블 외함에 설치하는 것을 제안한다. 케이블의 쉴드에 흐르는 서지전류가 케이스 내부로 들어가는 것을 막기 위함이다. 추가적인 연구가 필요한 분야이다.

(2) 제어 케이블 선정

제어 케이블은 반드시 외부 쉴드가 있는 것을 사용하며, 민감한 신호들은 내부에서 꼬인 것을 사용한다. 외부 쉴드 양단은 양쪽 모두에서 접지를 한다. 케이블 커넥터를 외함에 설치할 때에는 360도 접지되는 방식을 사용한다. 저항이 큰 경우, 서지전류에 의해 과도전압이 발생하여 영향을 받을 수 있다.

(3) 직류전원장치 성능 개선

EMC는 전원장치 역할이 중요하다. 전원이 안정적이면 EMS 성능이 좋아진다. 전원이 안정적이면 마이크로프로세서가 안정화되어 성능이 좋아지기 때문이다. 또한 전자파장해는 직류전원장치와 밀접한 관련이 있다. IEC 규격에 따른 EMC 성능평가가 필요하다.

(4) 신호레벨 증폭 고려

최근 제어장치는 개방, 투입 명령뿐만 아니라 고장기록 기능, 위상 판정 기능, 고조파 분석 기능, 재폐로 기능 등 다기능이므로 전압 및 전류 신호가 매우 중요하다. 현재의 전압 및 전류 레벨을 검토할 필요가 있다. 즉, 신호 대 잡음 비를 크게 할 필요가 있다.

3. 결 론

배전자동화용 스위치의 제어장치에 대한 전자기적합성(EMC) 문제를 고찰하였다. 배전자동화용 제어장치의 EMC 성능에 영향을 주는 각종 요인들을 분석하였다. 또한 관련 국내의 규격을 비교 검토하였다. 검토 결과, 시험항목 및 평가방법에서 개선사항을 발견하고 국내규격의 개선방향을 제안하였다. 특히 새로운 평가방법인 EMS 안전성(safety) 및 현장 설치 후 EMC 성능평가 시험을 처음으로 제안하였다. 이에 대한 연구를 계속할 생각이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김재성, 강원규, 이재관, "배전선로 자동화 시스템 개발현황 및 과제", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2001
- [2] 김연석, 김재철 외, "보호 및 제어기기의 전자기적합성(EMC)", 전력계통 보호제어연구회 기술세미나 논문집, 2000.11.
- [3] 김연석, 김재철 외, "배전자동화용 개폐기 제어할 및 원격 단말장치와 전자기적합성(EMC)", 전력계통 보호제어연구회 기술세미나 논문집, 2001.11.
- [4] 김연석, 김재철 외, "전력계통과 전자기적합성(EMC)", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2002. 7.