

Digital 계전기 전원상실시 메모리기능 회복연구

백승도, 감석일
한국전력공사 부산전력관리처

A study Research of Digital Relay's Memory ability at Power Loss

S.D. Baek. S.I. Kang*.
KEPCO. Busan T/C

I. 서론

전력계통에서 운영되고 있는 설비나 장치들을 감시, 제어하는 시스템 중에서 송전선로 보호계전기는 어떠한 경우에도 정상적인 기능이 유지되어야 하며 특히 고장상태를 저장하는 메모리 기능은 고장분석에 매우 중요한 요소가 된다. 본 논문에서는 제작과정의 부주의로 발생한 내용에 대하여 철저한 도면 및 Manual검토와 현장기기의 정확한 시험점검 방법 등을 실무기술 중심으로 기술하였다.

▷ 분석 결과

공장 제작시 작업자의 실수로 인하여 JP1 접퍼가 ⑤-⑥번에 설정되어 있으며, 정상 운전상태에서는 JP1 접퍼가 ①-②번에 설정되어 있어야 함에도 준공시험시에는 계전기 자체 결합 및 동작상태를 개체시험 하였으나 이상을 발견하지 못하여 문제점이 되었으므로, 후후 준공시험시 DC 전원 Off/On 후 기억장치의 이상 유무를 반드시 확인하여야 함.

II. 본론

1. 研究 背景

우리 관리처 관내 설치운전중인 KYP2D1+KYD2X1 계전기의 각종 Fail 또는 송전선로 고장 발생시 MCPU CARD JP1 접퍼의 오설정으로 인한 DC전원 Off시 저장 Data의 상실로 불명확한 원인규명의 사례를 개선하여 전력계통보호 신뢰도를 향상시키고자 함.

2. 研究 對象 設備

▷ 보호배전반 사양

- 제작사 : 000(주)
- 계전기명 : KYP2D1(87) + KYD2X1(21)
- 적용범위 : 154kV 송전선 보호계전기

▷ 연구 대상 설비 : 우리 회사에 기납품된

- 2001년도 000(주) 보호배전반
- 부산전력관리처 :
- 154kV 개급#1,2T/L(개급S/S~덕포S/S) 보호배전반
- 타 관리처 :
- 송전선 보호배전반 납품현황(제작사 첨부2 참조)

3. 非正常 動作 現狀 및 點檢

▷ 현상

2001. 05. 06. 개급S/S 154kV 개급#1T/L Open line Fault 및 COM Fail과 Ry Fail이 수심 회 발생하였고 개급S/S 154kV 개급#1T/L Open line Fault 및 COM Fail이 수심회 발생시 계전기 누적 동작사항에 대한 일괄 Reset 기능이 없어 대응방법으로 DC 전원을 Off/ On 후 History 창에서 Fail Data를 분석하고 있으나, 저장 Data가 모두 상실되어 원인규명이 불가능하였음.

▷ 보호배전반 점검 결과

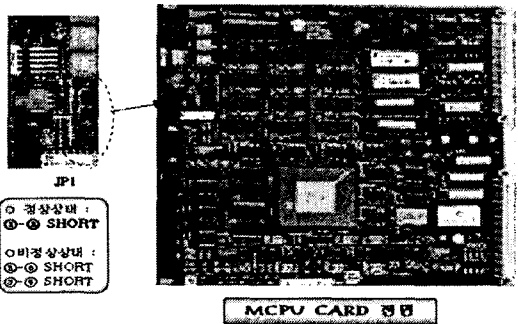
거리계전기의 Open line Fault가 수 심회 동작(정정치 : 정격2차 전류×10%)한 원인은 3상 불평형전류로 확인되었고 87 계전기의 COM Fail이 수 심회 동작한 것은 통신회선불량에 주 원인이었다.

4. 原因 分析 및 問題點

▷ 원인 분석 [제작사 합동]

MCPU CARD JP1 접퍼가 오설정 되어 DC 전원을 Off/On 후 History항목의 Fail 내용을 확인하려고 하였으나 저장 Data가 모두 상실됨(JP1의 접퍼가 ⑤-⑥번에 설정되어 있었음)

○ MCPU CARD JP1 접퍼의 오설정



▷ 확인된 문제점

공장 제작시 작업자의 인적 실수(착오)로 인한 오설정 상태로 현장에 납품되었고 제작사측 작업자에 대한 사전 교육이 결여 되었으며 납품전 제작사의 자체 점검이 미흡하였고, 최종적으로 준공시험시에도 DC전원 OFF/ON등을 시행하지 않아 계통운전 이전에 결함을 발견 못하였다.

5. 理論 및 器機 特性 관련 研究

▷ 87계전기(주보호:비율차동) 기본적인 동작특성 연구

전류차동 계전방식은 종래의 보호방식과는 달리 양쪽단자에서의 전류를 통신선로를 통해 서로 주고받아 비교함으로써 고장 발생시 고속차단은 물론 신뢰성있는 계전기의 동작을 가능하게 하며 어떤 종류의 선로보호에도 적용할 수 있는 장점을 가진다. 전류차동계전기는 양단의 샘플링된 전류를 이용하여 고장의 여부를 판단하므로 서로 비교되는 전류값은 양단에서 동시에 샘플링된 값이어야 한다. 만약 서로 다른 시점에서 샘플링된 전류를 이용한다면 올바른 결과를 얻을 수가 없을 것이다. 또한 동시에 샘플링 되었다고 할지라도 통신선로를 통해 전송되는 지연시간에 의한 불가피한 오차가 발생하게 되므로 양단의 동기샘플링뿐만 아니라 샘플링 어드레스도 일치시켜주어야 한다. 전류차동방식의 기본적인 원리는 그림 1과 같은 계통도에서 계전기의 전류방향이 그림과 같을 때 정상시에는 양단전류의 스칼라합과 벡터합은 항상 일정한 값을 유지하게 되지만 고장발생시에는 전류 합 크기는 물론 양단 전류간의 위상차가 변한다는 것을 이용하여 고장을 검출하는 것이다.

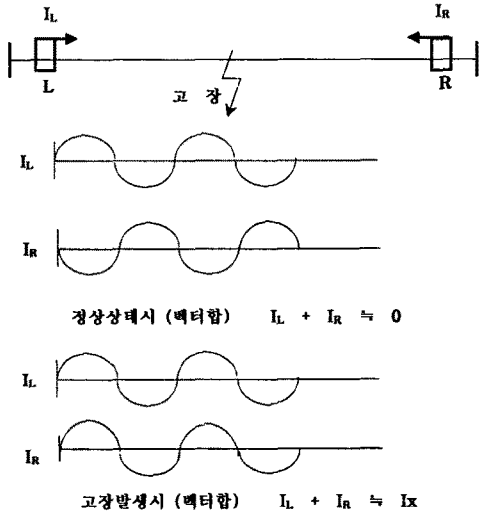


그림 1. PCM전류차동방식의 고장검출원리

▷21계전기(후비보호:3단거리계전방식)

기본적인 동작 특성 연구

송전선로의 양단에 각각 설치되는 보호계전기는 여러 종류의 고장유형에 대하여 각각 별도의 보호 특성을 가지는 거리 보호계전기능을 내장하고 있다. 그림2은 거리계전기의 기본적인 정방향 사변형 특성을 나타내며, 고장유형(지락 및 단락)에 따라 4개의 임피던스 측정 영역(정방향 측정 영역: ZONE 1,2,3 역방향 측정 영역:ZONE4)이 별도로 구성되어 있다. 리액턴스 요소는 임피던스 평면상에서 저항축을 기준으로 위상이5° 뒤진 직선요소이며 부하전류 및 고장저항의 영향에 의한 측정 임피던스의 오버리치 현상을 방지하기 위하여 R축에 평행한 리액턴스 요소를 사용하지 않고5°의 기울기를 준다. 리액턴스 요소와 임피던스 평면상의 리액턴스축과 만나는 정정 요소 XF (정방향 리액턴스 정정: X1,X2,X3)를 이용하여 단락 및 지락 임피던스 측정요소 별로 각각 3개의 임피던스 측정영역(ZONE)을 설정할 수 있다.

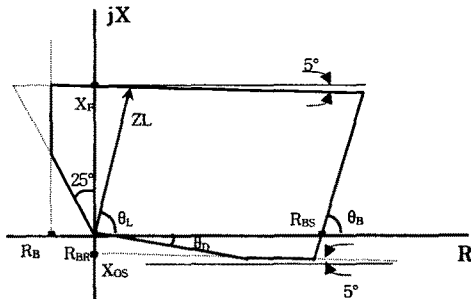


그림 2. 거리계전기 기본적인 동작 특성

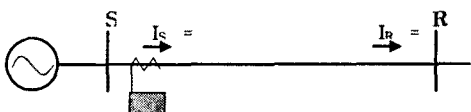


그림 3. 정상상태 계통

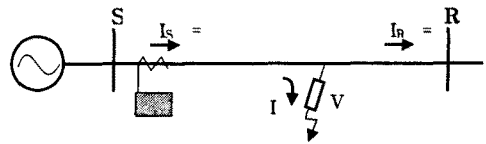


그림 4. 고장상태 계통

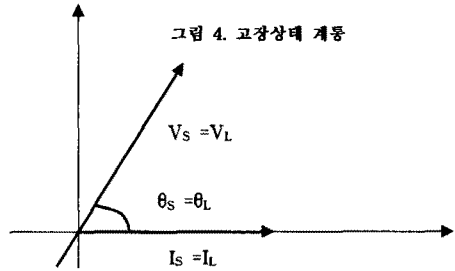


그림 5. 정상상태의 벡터 다이어그램

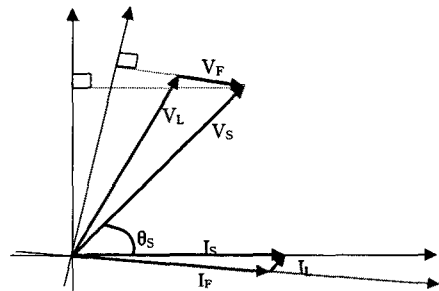


그림 6. 고장상태의 벡터 다이어그램

그림3은 정상상태 및 고장상태 계통에서의 부하전류 및 고장전류의 흐름을 나타낸 것이다. 정상상태에서는 계전기로 인입되는 전압, 전류는 각각, 선로에서 측정되는 전압 및 부하전류와 같고 이때의 전압, 전류의 벡터다이어그램은 그림5와 같다. 이 때 선로에 고장이 발생하게 되면, 대부분의 전류는 고장 발생 지점으로 흐르게 되고 아주 작은 부하전류만이 부하단으로 흐르게 된다. 또한, 고장 발생지점에서 고장 저항이 존재하면, 계전기로 유입되는 전압 및 전류는 각각, 고장 발생지점까지의 전압과 고장에 걸리는 전압의 합, 고장발생지점으로 흐르는 고장전류와 부하단으로 흐르는 미소한 부하전류의 합으로 나타낼 수 있다. 그림6은 고장상태에서의 전압, 전류 벡터다이어그램을 나타낸 것으로, 계전기가 측정하는 피상 임피던스는 부하전류의 영향에 의해 임피던스 평면의 1상한에서 오버리치 현상이 나타나며 고장 저항이 클수록 더욱 더 영향을 받게 된다. 따라서 고장이 발생하였을 때 고장 저항 및 부하전류의 영향에 의한 측정 임피던스의 오버리치 현상을 방지하기 위하여 리액턴스 측정요소에 5°의 기울기를 부여한다.

▷ 문제가 된 MCPU 모듈에 대하여

MMI&PC와 접속기능을 수행하는 MCPU(MMI&PC Interface CPU) 모듈은 SCPU모듈과 필요한 데이터를 공유하여 MMI 판넬부를 제어 하고, 현장 및 원격통신용 포트를 통해서 PC와 시리얼로 데이터 송수신하여 PC계전기 분석 프로그램 및 계전기 모니터링 프로그램 및 계전기 모니터링 프로그램에 필요한 각종 데이터를 보낸다. 32Bit프로세서를 이용하여 MMI LCD구동 및 PC와 계전기간의 접속을 담당하고 SCPU모듈과의 고속 병렬접속하여 상위로컬(Local) PC와의 모니터링 용 RS232C통신 포트를 제공한다. MMI판넬의 제어를 위한 제어포트 제공과 디버깅용 통신포트를 제공한다.

MCPU모듈은 다음의 기능을 수행한다. 이 모듈은 SCPU모듈로부터 각종 필요한 데이터를 받아서 관리하고 사용자에게 다양한 정보를 제공하며 로컬PC와의 접속 및 원격통신을 통한 접속기능을 제공한다. 또한 다시 MMI판넬부의 스위치 조작에 의한 명령과 Local PC로부터 데이터를 받아서 SCPU모듈에 필요한 데이터를 요구한다. MCU모듈은 원격 데이터 송수신을 위한 별도의 통신포트를 제공하여 필요시에 외부에 별도의 모뎀을 설치하여 운용할 수 있다. MCU모듈이 제 기능을 담당하기 위해서는 고속의 데이터관리와 송수신이 필요하므로 이 속도를 제공하기 위해 33MHz MC68360 CPU를 채택했다. MCU모듈은 내부에 DC/DC 컨버터를 사용하여 외부와 접속되는 통신포트 주변 회로에 별도의 전원을 공급함으로써 시스템의 안정성을 높인다. SCPU모듈과는 DPRAM을 이용한 VME BUS규격으로 접속되어 데이터를 병렬로 주고받는다.

6. DC 制御電源 出力 監視技能에 대하여

▷ 제어전원 출력 감시회로의 기능은 보조 DC전원의 출력이 기준 전압에 미달하는 경우에 계전기는 이상 동작을 일으키기 쉽다. 그러므로 계전기는 DC전원의 출력을 감시하고 있다가 기준전압이하가 되면 즉시 트립을 저지하여 DC제어 전원의 이상으로 발생할 수 있는 오동작을 미연에 방지하고 DC제어 전원 출력 이상이라는 경보를 출력한다. -5V 출력전원은 계전기의 각 모듈에 있는 IC의 기본 전원으로 사용하고 있고, 또한 MCU모듈, SCPU 모듈, ADSP 모듈의 마이크로 프로세서의 전원으로 사용하고 있다. 따라서, 제어 전원이 48V 전압이하가 되면 프로세서가 비정상적으로 동작할 여지가 있기 때문에 +5V 전원에 대해서는 제어전원 이상판단을 위한 기준전압을 -485V로, DO&RY 모듈의 보조릴레이 구동용으로 사용되는 +24V 전원은 릴레이 코일의 정격전압(24V)의 78%이상이어야 하므로 약간의 여유를 두어서 +20V를 기준전압으로 설정하였다.

▷ DC 제어전원의 기준전압

- +5V DC 전원(+PS1) : +485V
- +24V DC 전원(+PS3) : +20V

▷ DC 제어전원 출력감시 기능의 로직 다이어그램

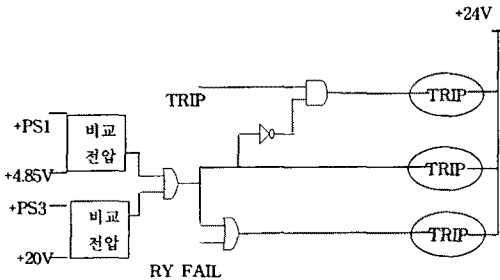


그림 7. DC제어전원 출력 이상 감지로직도

▷ DC제어전원 출력이상시 조치내용

- 트립저지 (TRIP BLOCKING) 및 경보발생 접점(릴레이 고장 신호, DC전원장치 이상)을 구동하고 MMI 판넬에 DC전원 출력 이상 내용을 표시한다.

7. 常時監視 및 自動點檢에 대하여

▷ 자동 감시는 계전기의 동작상태에 대한 이상유무를 계속 확인하여 계전기의 오부동작을 줄임으로써 계전기의 유지보수 측면은 물론 시스템의 신뢰도 향상을 도모하기 위한 방법이다. Digital계전기의 자동감시는 상시감시와 자동점검 두 가지 방식으로 나뉘어 지는데. 상시감시는 계전기가 정상적으로 동작 중에도 계속해서 시스템의 이상유무를 확인하는 방식이고 자동점검은 사용자가 원하는 식에 시스템의 특정 요소가 올바르게 동작중인지를 확인할 수 있도록 되어있

다. 위와 같은 자동감시는 마이크로 프로세서를 사용한 디지털 계전기의 발전으로 더욱 더 광범위한 영역으로 까지 감시대상을 넓힐 수 있게 되어 계전기의 동작신뢰도를 한층 높일 뿐 아니라 나아가 계통 전체의 안정화에도 기여한다.

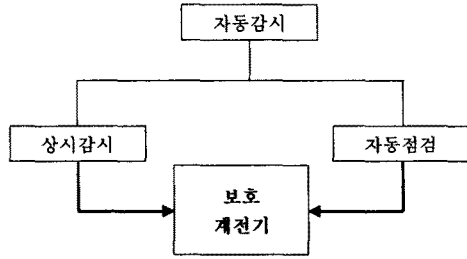


그림 8. 자동감시의 구성요소

▷ 상시감시(Continuous Monitoring)에 관하여 상시감시는 계전기가 정상적으로 동작 중에 계속해서 이상유무를 검출하는 방식으로 이상이 발견될 시에는 트립 회로를 저지시키고 경보를 발생시켜 이상상태의 발생을 알려준다. 구체적으로 적용되는 감시의 방법은 감시대상의 출력 값이 정상시에 고정되어 있는 값인지 변화하는 값인지에 따라 나뉘어 질 수 있다. 즉, 정상 동작 중에 값이 바뀌지 않는 요소의 이상상태의 확인은 감시요소 값의 변화유무로 판별할 수 있으며 변화 가능한 값은 감시요소의 값에 대해 이중화된 입력을 받아들여 두 값을 비교해 봄으로써 확인이 가능하다. 그러나 평상시에는 동작하지 않다가 사고 발생시 변화하는 값인 접점의 출력회로 등과 같은 요소의 이상상태 판정은 해당사고의 제거시간이후에도 계속해서 이상상태가 지속되는가에 따라 결정되어야 한다.

상시감시에 적용되는 감시요소의 범위는 CT/PT회로 및 입력부, CPU, 기억장치(RAM/ROM), 정정부, 디지털신호 입·출력부(DI/DO회로), 전원회로 등이며 이 요소 중 하나이상 이상이 이상상태로 판정될 경우에 해당사항이 MMI를 통해 나타나고 경보의 발생과 함께 트립 출력 회로를 저지시킨다. 상시감시를 계속하면서 이상상태가 계속되지 않을 시에는 이상상태의 출력을 중단하고 다시 정상상태를 복귀한다.

▷ 자동점검(Automatic testing)에 관하여

자동점검은 계전기의 상시감시 요소를 계전기 동작중에 임의로 원하는 시기에 사용자가 MMI에서 점검해 볼 수 있도록 구성되어 있다. 점검의 결과는 MMI화면에 표시되며, 이상상태로 판정될 경우에는 트립을 저지하고 MMI 화면표시와 경보음으로써 계전기의 이상상태를 표시한다. 위와 같이 이상 발생시에는 사용자가 경보해제 key를 눌러 이상상태를 확인할 때까지 현 상태를 계속 유지하게 되며, 자동점검 도중 고장이 발생하였을 경우에는 실시중이던 점검을 중단하고 바로 계통사고에 대응토록 한다.

○ 상시감시의 모든 요소

- CPU
- ROM(DP)RAM
- AI부(DPRAM, ADC)
- CT/PT부
- 제어전원 감시
- DI/DO
- 정정 메모리

8. 現場確認에 대한 改善事項 검토

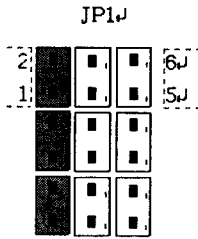
▷ DC 전원 OFF시 HISTORY 저장기능 설정방법

개금/S 154kV 개금#1/T/L DC 전원 OFF시 HISTORY내용이 지워지는 현상에 대한 현장 검토를 부산전력 계통운영부 강석일 외2명, 000기술팀 000 외2명이 시행한 결과 DC 전원 OFF시 HISTORY 내용이 지워지는 현상은 CPU 보드의 점퍼가 아래 내용과 같이 잘못 연

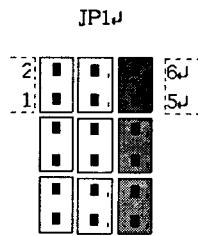
결되어 동작내용이 지워진 현상으로 JP1의 점퍼를 ①-②번으로 설정하면 문제가 없으며 계전기 납품시 MCPU 보드의 JP1 점퍼는 1.2번으로 설정되며, 운전조건에서는 1.2번으로 설정되어야한다.

▷ 154kV 보호계전기(KYP2D1,KYD2X1)의 DC 125[V] 전원 OFF시 HISTORY 저장기능 설정방법.

MCPU CARD의 JP1 점퍼가 ①-②에 설정되어야만 계전기의 동작 HISTORY가 MCPU 모듈에 저장되며, 또한DC 125[V] 전원 OFF시 모듈내의 배터리를 이용하여 전원 OFF 시에도 일정시간 동안에는 HISTORY를 지속적으로 저장할 수 있으며 MCPU 모듈의 배터리를 이용한 HISTORY 저장기능 설정방법은 <그림14>와 같이 MCPU 모듈에 있는 JP1의 Jumper를 1.2번을 연결하는위치에 설정하여 계전기에 저장되어있는 HISTORY 를 DC 전원 OFF시에도 저장할 수 있다.



<그림 9>



<그림 10>

MCPU 모듈의 배터리를 사용하지 않는 방법 선택(DC 전원 OFF 시 저장되어 있는 HISTORY 삭제됨)하여 <그림15>과 같이 MCPU 모듈에 있는 JP1의 점퍼를 5.6번에 설정하게 되면 DC 전원 OFF시 계전기에 저장되어 있는 모든 HISTORY가 삭제됨을 알 수 있다.

▷ 검토 결과

배전반 운전 중에는 상시 전원(DC)가 공급되고 있고, 불가피한 경우가 발생하지 않으면 통상 전원(DC)OFF/ON를 행하지 않으므로 운전중인 보호반은 DC가 공급되고 있는 상태에서는 문제점이 없으나, 불가피하게 전원(DC)을 OFF할 경우(보호계전기고장 또는 점검시) 등에 대비하여 고장DATA의 기록이 유지될 수 있도록 오설정된 Jumper를 변경할 필요성이 있다.

JUMPER(JP1,JP2,JP3)의 오설정 여부 확인 방법은 배전반 DC전원을 OFF/ON후(주보호, 후비보호 교대 단독 운전)

DATA의 상실여부를 확인하는 방법과 해당선로의 휴전 작업 등과 병행하여 보호계전기의 MCPU Card를 분리하여 직접 육안으로 확인하는 방법 등이 있으나 전자의 경우는 보호계전기의 신뢰도 저하가 우려되고, 시급한 사항이 아니므로 반드시 선로 휴전 작업과 병행하여 확인 후 제작사 입회하에 조치하였다.

준공시험시 배전반 전원(DC) OFF/ON 하여 각종 DATA 상실 여부 확인을 철저히 하여야 하며, 제작사(000사)

측에 재발 방지대책 요구(제작품질철회)를 강력히 하였으며, Jumper의 설정방법 및 기능 등에 대하여 사용설명서에 표기토록 제작사측에 요청하였다.

사업소에서는 점퍼설정상태 확인 및 변경 전 불가피하게 전원(DC)을 OFF/ON 할 경우에는 사전에 각종 DATA를 BACK UP하여 향후 고장분석 등에 이용 할 수 있도록 교육이 필요하며, 더 나아가 '01년 이전 설치 제품에 대하여도 휴전작업 등과 병행하여 확인 바람.

9. 性能改善 및 對策

▷ 대 상 : 2001년 납품된 000(주) 보호계전기

▷ 대 책

오설정된 MCPU CARD의 JP1 점퍼를 정상상태(①-②번)로 설정토록 제작사에 개선안과, 제작사측 작업자에 대한 교육 및 철저히 검토하도록 요구하였다. 준공시험시 DC 전원의 Off/On 후 저장 Data의 이상유무를 반드시 재확인하여야 한다.

▷ 시행방법

사업소 자체 확인 후 JP1 오설정시 제작사에 통보하여 설정 변경토록 조치(제작사와 합의 완료)하고 제작사는 품질관리 철저히 시행, 현장 납품시 책임자가 최종 확인 할 수 있도록 하였다 .

10. 研究改善 效果

송전선로의 고장 및 Ry 각종 Fail 발생시 기록 Data의 손실을 방지하므로서 고장 Data의 정확한 분석으로 고장 원인의 신속한 대처가 가능하고 정확한 고장 원인 분석으로 유사고장을 사전에 예방할 수 있다.

Ⅲ. 결 론

송전선로 보호계전기는 통신매체를 이용하는 경우 차단과 상대단의 정보에 의하여 고장을 판단하기 때문에, 통신설비 불량으로 보호가 불가능한 사례가 없어야 하며, 특히 전원상실시 메모리 기능상실로 인한 고장분석에 장애가 있어서는 절대 안 된다. 이를 예방하기위하여 준공시험시 사전에 상세한 도면검토와 철저한 현장 확인 점검, 다각적인 대책을 수립하여 Digital 보호계전기의 우수한 기능이 원활한 계통운영에 기여할 수 있도록 하여야 한다.

[참고문헌]

- [1] 154kV 송전선로보호용 디지털계전기 매뉴얼 [000사
- [2] Digital 보호계전기의 운용[한전 부산전력관리처 1997. 11
- [3] 송변전 기술용어 해설집[한국전력공사 2001. 2