

배전계통의 자동화 운전

오현덕 화, 문홍석

한국전력공사 기술연구원

This paper presents a new operation method on power distribution system by automated distribution system (ADS). A performance of this automation is established to operate the distribution system faster than earlier. We reduced the period and region of power failure by ADS.

I. 서론

배전선로의 개폐기 원격감시제어를 주목적으로 하는 배전자동화 시스템은 전력공급 신뢰도 향상 대책으로 추진되기 위하여 실증시험을 마치고 확장단계에 이르렀다. 종래부터 배전계통에는 배전선 사고시 고장 구간의 신속한 분리와 건전구간 전력공급 확보방안으로 고장 차단 개폐기인 Recloser와 Sectionalizer의 보호협조 방식이 널리 사용되어 왔으나 최근 정보화 사회의 진전은 컴퓨터를 활용한 각종 자동화 기기가 확대 보급 됨에 따라 점차 전기의존도가 높아지고 있어, 고장구간의 분리뿐만 아니라 정전시간 단축 및 운영보수업무의 성력화까지도 요구하는 단계에 이르렀다.

이러한 목적을 실현하는 수단으로 최근의 컴퓨터기술과 신호전송기술, 그리고 현장기기의 전자화 기술이 직극 도입됨으로써 고도의 배전자동화 시스템 구성이 가능해지고 있다. 본고에서는 이러한 목적으로 설치된 시스템을 활용하여 배전계통운영에 대한 자동화 운영 방법을 고찰하고 그 적용효과를 살펴보고자 한다.

II. 계통의 운영 형태

가. 보선업무의 범위

현재 전력계통의 운전업무 범위에서 가장 말단 부분인 보선업무는 수용가와 직접 연결되는 설비의 운전이므로 이 업무부분의 정확성이나 신뢰성은 양질

의 전력공급과 무정전 전력공급에 매우 중요하다.

배전자동화는 이러한 목적을 중시하여 추진되고 있으므로, 현재 보선업무의 성격이나 항목등에 대한 고찰과 정립이 자동화 추진에 있어서 기능이나 범위설정등에 필요한 사항이 된다. 배전계통이라 함은 변전소 배전용 Bus로부터 수용가 인입부분까지의 범위로 한정될 수 있으며 보선업무 분야를 위해 각 지사나 주요 부하밀도 지역의 지점등에 보선사령실을 두어 보선사령원에 의해 배전계통의 조작, 보수업무를 처리하고 있다.

표 1. 보선업무의 범위

| | |
|--------------------------|--|
| 계획휴전 작업 시 배전설비 기기의 조작 지령 | ①변전소 차단기 조작-변전소 운전원 또는 배전사령원에게 의뢰 (배전사령 자동화 변전소의 경우) ②선로용 개폐기 조작-수리반 요원의 현장출동에 의한 수동조작 지령 |
| 돌발사고 발생 시 신속한 복구 지령 | ①기기조작지령 지휘로 사고구간 조기 발견 ②부하절체로 정전구간 축소 및 사고점 신속 복구 ③필요시 변전소 차단기 조작 의뢰 |
| 선로사고 및 정전사고신고 접수 처리 | ①고장신고 접수대 운영 ②각종사고 기록 및 기기조작 기록 ③수리반 운영 |

표 1과 같이 현행 보선업무는 수동적인 형태로 처리된다고 볼 수 있다.

업무처리의 중요한 분야인 계통의 사고발생은 수용가로부터의 전화접수에 의해서 확인되며 보선사령원의 상황판단 조치는 다시 관계분야 인원에게 협조를 의뢰한 후 지령을 내리고 있는 실정이다.

여기서 업무처리의 단점은 통신방법이라고 볼 수 있는데 수용가나 변전소 사고정보를 전화에 의해서 확인하며 상황판단을 위한 전화문의나 지령을 위한 무선전화 이용등이 인간중계에 의해 이루어지고 있다.

이러한 다원적(多元的)인 통신방법은 사고처리등에 있어서 신속성의 효과를 기대하지 못하는 1차적인 원인이 된다. 따라서 능동적인 사고발생 인지나 사고처리 등을 위해서는, 각종 업무범위 한계내에 있는 시설들을 상시 감시하며 조작할 수 있어야 하고, 관련된 정보자료를 즉시 대응하여 취득할 수 있는 시스템이 요구된다.

나. 자동화 업무의 대상

앞에서 언급된 사항의 자동화를 위해서는 현재 업무협조가 되는 범위에 있는 대상들을 포함해서 지짐이나 지사등의 배전판계 업무와 자동화 시스템을 도입하면 시간이나 인원 제약때문에 처리될 수 없는 업무들이 즉시 처리 가능하게 된다. 이러한 업무들을 추가해서 자동화 업무의 대상으로 삼을 수 있다.

다. 배전선로 개폐자동화 알고리즘

현재 국내의 배전계통은 Recloser와 Sectionalizer 등의 보호협조에 의해 유지되고 있다. 즉 선로사고 발생시 순간사고는 정상적으로 제거되며, 영구 사고시에는 최소의 부하손실만으로 사고구간이 제거된다.

배전선로 개폐자동화 알고리즘은 이러한 Recloser와 Sectionalizer 의 기능을 배전자동화 시스템에 그대로 이용하여, 선로사고시 처리되는 보선업무를 컴퓨터에 의해 자동화는 것이다.

1) 문제영역

자동화되어야 할 업무는 다음과 같다.

- 교장탐지 및 교장구간 추정
- 교장구간 분리

- 급전 재개
- 교장구간 수리
- Feeder 복구

본도에서는 이러한 알고리즘을 개발하는데 필요한 방법론 및 고려사항에 대해 고찰하였다.

2) 교장탐지 및 교장구간 추정

선로 자동화를 위하여 컴퓨터는 Recloser, Sectionalizer를 원격단말기(DCT)를 통해 상태감시와 On-Off 제어가 가능하고 또한 임의의 개폐기에 연결된 DCT는 언제든지 중앙제어소와 통신이 가능해야 한다(非加壓通信). 급전 재개를 위한 tie 점 개폐기는 교장전류가 흘렀을 때 즉시 영구차단(lock Out)되는 특성을 가진 개폐기류를 사용한다. 컴퓨터는 각 개폐기 상태를 DCT를 통해 주기적으로 감시한다. 개폐기 상태 변화(On-Off)가 발견되면 컴퓨터는 이 사실을 운전원에게 警報로 알리고, 자동화 알고리즘 실행을 시작하는데 이때 다음과 같은 상황의 가능성이 고려되어야 한다.

- 교장이 순간적이며 성공적으로 제거될 때 이것은 Recloser와 Sectionalizer 등의 보호협조 동작후 모든 기기들이 교장전의 폐로상태를 나타낼 때
- 교장이 영구적이며, 보호기기의 올바른 트립에 의해 제거될때
- 교장이 보호기기의 잘못된 트립에 의해 제거되어, 최종상태가 애매하게 Circuit에 나타나는 경우
첫번째 경우는 Recloser와 Sectionalizer 등의 보호협조 동작후 모든 기기상태가 정상으로 식별되고, 또한 일시적 교장이 제거되었음이 기록됨으로써 간단히 처리 처리된다.
- 두번째 경우, 분리대상인 “명확한 교장구간”의 식별이 가능하다.
- 세번째 경우, 정전구간은 모두 교장일 가능성이 있다. 이들 구간에 대한 급전재개가 시도되며, 다음과 같이 “명확한 교장구간”의 구별이 이 급전 재개기간에 행해진다. 급전재개 기간동안 기기들이 tie 접속에서부터 한번에 하나씩 투입되어 각각 하나 이상의 구간에 급전재개가 이루어진다. 만일 주어진 투입 명령뒤에

Circuit 내의 보호기기의 독단적 트립이 이루어지면 그 급전 재개구간은 “명확한 고장구간”으로 표시된다.

3) 고장구간 분리

컴퓨터시스템은 고장구간 분리를 보선요원이 행하는 것과 마찬가지로 수행한다. “명확한 고장구간”에 인접한 기기가 원격으로 제어되어 트립된다. 만약 이 기기가 동작 실패하거나 제어불능이면 (tagged out 또는 연결된 원격단말기가 동작하지 않을때) 다음 기기가 트립(TRIP)된다.

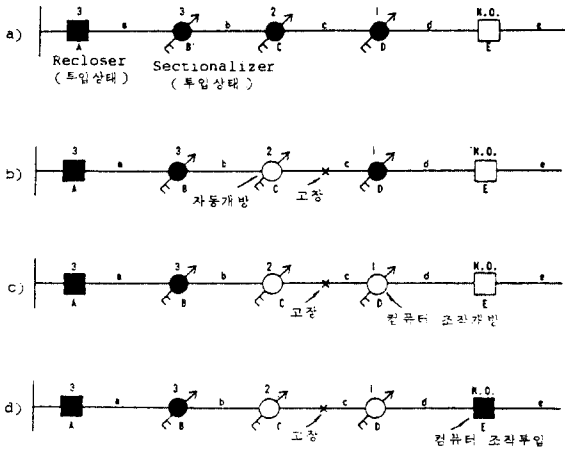


그림 1. 선로사고시 처리순서도

그림 1은 사고 발생시의 프로그램 논리를 보여준다. Sectionalizer 외 차단기가 초기상태 및 개방정수 (Counts to open setting)와 함께 A - E로 이름지어져 있으며 선로구간은 a - e로 표시되어 있다. c의 사고 후의 상황은 b)와 같다. 가설에 의해 c가 사고 구간이라는 결론에 이른다. 따라서 C를 개방으로 유지하고 D를 차단함으로써 고장구간 분리가 이루어지며 급전재개에 의해 상기 개방차단기 E가 투입된다.

4) 급전 재개

급전재개 프로그램은 정전구간에 급전재개를 행함으로써 가능한 최대의 부하를 급전하려는 것이다. 급전재개를 행함에 있어서 고려되어야 할 지침에는 다음의 것들이 있다.

- 어떠한 개폐기나 구간도 급전재개 알고리즘이 동작중이나 동작후에 과부하가 걸려서는 안된다.

- 가능하면 구간의 정상회로를 통하여 급전재개가 이루어져야 한다.
- 연계점 (tie의 스위치)의 부하공급은 상대적으로 균등해야 한다.
- 급전재개중인 구간 사이의 개폐기는 개방이전 투입상태이전 조작되지 않는다. 따라서 루프생성이 되지 않으며, 또한 부하가 Drop되지도 않는다.
- 일반적으로 정전구간 사이의 단혀져 있던 개폐기는 급전재개 기간동안의 과부하를 막기 위해서만 개방될 뿐이다.

이러한 원칙하에 정전구간의 급전 통로를 구해야 하는데 그림 1d)에 급전재개의 간단한 예를 나타내었다.

5) 고장구간 수리

급전재개가 행해진 후 운전원은 보수요원에게 고장구간 수리를 지시한다. 보수요원은 고장구간 내에서 고장점을 탐사하여 수리후 운전원에게 연락한다. 고장구간 수리는 선로자동화 알고리즘중 유일하게 수동 처리되는 부분이다.

6) Feeder 복구

고장구간 수리가 끝나면 운전원은 배전계통을 사고전의 상태로 원상복구하여야 한다. 먼저, 보호협조 동작시 개방되었던 개폐기를 투입함으로써 수리된 구간에 급전이 행해지도록 한다. 다음에 이 구간의 피급전 개폐기를 투입하고 (이때 일시적으로 Loop 형성), 또한 정전구간 사이에 개방되었던 개폐기도 투입한다. 마지막으로 급전재개시 투입되었던 Tie점 개폐기를 개방함으로써 계통은 원상복구 된다.

7) 배전선로개폐 간이지동화 알고리즘

간이지동화 알고리즘에서 필요한 상태감시 및 개폐기 조작을 중앙제어소에서 원격 실행하며, 각 단계를 운전원의 명령에 의해 수행하는 것이며 모든 절차가 컴퓨터에 의해 자동 수행되지는 않는다. 이는 운전원이 알고리즘 수행에 따른 계통변경을 각 단계에서 확인하여야 하기 때문이다.

이 간이지동화 알고리즘을 토대로 추후 보다 일반적이고 강력한 알고리즘의 개발이 요망된다.

기초적으로 검토된 간이지동화 알고리즘을 그림 1에서

에들들어 요약 설명하면 다음과 같다. 그림 1 a) 에서 구간 b의 사고시, 개폐기 B가 차단되고 이에 따라 b, c, d 구간은 모두 정전이 되며, 컴퓨터는 각 개폐기 상태를 감시하는 중 개폐기 B의 트립을 감지한다. 이것은 또한 경보 및 램프에 의해 계통 표시반에 표시되어 운전원이 알게 된다. 운전원은 먼저 C를 차단하고 고장분리구간 d에 급전하기 위해 개폐기 D를 개방, N.O.개폐기 E를 투입한다. 다시 구간 c에 Lock out되면 투입했던 개폐기를 즉시 개방한 다음 E를 다시 투입한다. 고장구간의 수리가 끝나면 개폐기 B, C를 투입하고 개폐기 E를 차단함으로써 계통을 원상복구하게 된다.

III. 적용시험

배전계통의 선로운전효과 시험은 인위적인 고장구간을 설정하여, 종래부터 수행하여 왔던 기존개폐기에 의한 선로운전방식과 ADS 시스템에 의한 자동화 선로복구 알고리즘과 처리시간에 있어서의 차이점을 비교하였다.

자동화 운전효과를 증대시키기 위해서는 다수의 자동화 개폐기가 설치되어 건전구간 송전확대와 고장구간 축소가 이루어질 수 있도록 해야하나, 현존 실증시스템은 이러한 목적의 기본적 기능을 시험하기 위해 몇개 Feeder의 대표적 개폐기의 결합응용 시험에만 주안을 두고 있다. 인위적 고장구간 설정시험계통도는 그림 2와 같고 인위적 고장구간에 대한 선로복구 순서도를 기존의 수동 (manual) 방법과 자동제어 (automatic) 방법으로 분류 비교하면 그림 3과 같다.

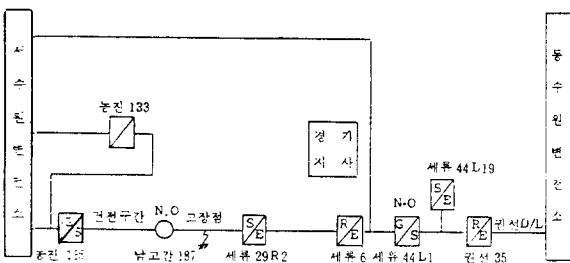


그림 2. 고장구간 설정도

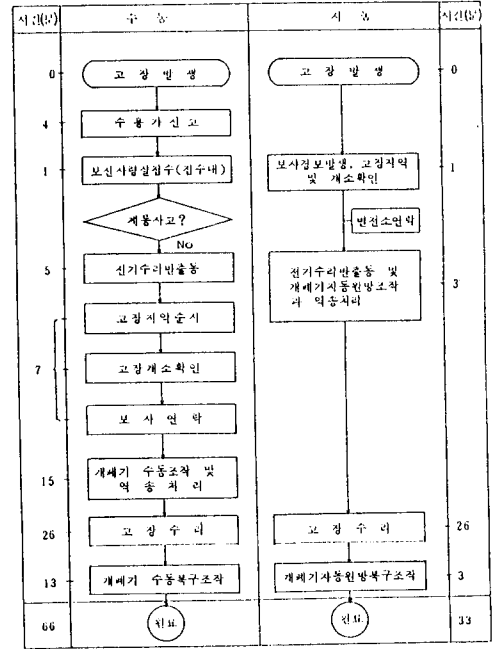


그림 3. 고장복구의 시험결과

IV. 자동화 운영방법 적용 결과

배전선로사고시 고장구간 차단은 종전과 다름없이 기존 Recloser과 Sectionalizer 에 의해 이루어지고 있으나, 건전구간의 송전을 위한 개폐기 원방감시제어가 현존 배전계통의 공급신뢰도 향상을 위한 척도가 된다.

인위적인 사고구간 설정에 의한 시험효과 분석결과에 의하면, 보선사령실에서 약 5Km 떨어진 사고점의 종전 방식에 의한 사고처리시간은 66분 정도 소요되었으나, 자동화방식에서는 33분으로 약 33분정도 단축되어 선로복구 시간 및 정전시간 감소에 큰 효과를 보이고 있다.

이러한 사고처리 유형은 점차 원격감시제어용 개폐기가 증가됨으로써 건전구간을 사전에 파악할 수 있고 자동으로 부하절체 및 역송처리가 신속히 이루어질 수 있어, 보다 원격지 일수록 공급신뢰도 측면에서는 큰 효과를 얻게 할 수 있을 것이다.

또한 자동제어 방식에서는 사고점이 직접 확인되므로 고장복구를 위한 인원만 출동하여 사고구간 수리를 담당하게 되므로 인력운영에 효율을 기할수 있게 된다.

그림 4는 배전자동화 운전에 대한 이득효과를 종합 비교한 것이다.

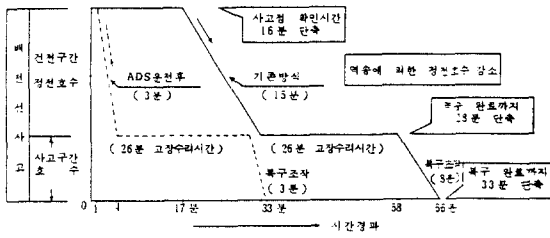


그림 4. ADS 에 의한 운전효과 비교

V. 참고문헌

1. 한전기술연구원 “배전계통 자동화를 위한 원방 감시제어 연구(1)” (85. 5)
2. 한전기술연구원 “배전계통 자동화를 위한 원방 감시제어 연구 (최종)” (88. 10)
3. 電氣評論社 “電氣評論” (88. 8)
4. 電氣現場技術 “配電自動化 시스템 開發”
5. 電氣協同研究 “配電設備의 技術動向” (제42권제 1호)
6. 電氣協同研究 “配電自動化 方式” (제 36 권 제5 호)
7. Westinghouse “EMETCON TM 42-6000A, 60003A, 60004A ”