

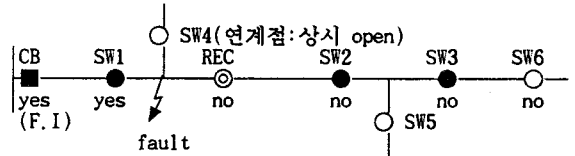
고장전류 통전정보를 갖는 Fault Indicator를 이용한 선로자동화 실증시험

하복남* . 박상만 . 이종호 . 조남훈 . 김명수
전력연구원

The Field Test of Feeder Automation using Fault Indicator having the information of fault current flowing

Boknam Ha* . Sangman Park, Jungho Lee, Namhun Cho, Myongsoo Kim
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - For feeder automation function, we must have Fault Indicator with the information of fault current flowing inside automatic feeder switches. In this paper, we introduce the algorithm of feeder automation, the theory of fault indicator, the result with some troubles of field test in real distribution system and contents of improvement.



<그림 1> 4분할 3연계 배전계통 구성도

1. 서 론

배전선로에서 고장이 발생하는 경우 배전자동화 시스템은 고장전류를 감지하여 고장구간을 판별하고 부하 유통계산을 수행하여 최적의 선로 재구성해(解)를 찾아 개폐기 제어순서를 작성하게 된다. 따라서 고장전류의 통전유무를 정확하게 파악하여 고장정보를 제공하는 Fault Indicator(F.I)가 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 배전선로 자동운전 알고리즘, F.I의 동작원리, 실제계통에서 F.I를 이용하여 배전선로 고장처리 기능의 실증시험 수행중에 도출된 문제점 및 개선방안에 대해서 기술하였다.

2. 선로자동화 알고리즘

배전선로를 자동운전하기 위하여 선로에 설치되는 기기는 변전소 인출용 차단기, Recloser, 자동화 개폐기, 지상형 다회로개폐기(자동 및 수동) 등이 있다. 고장구간을 판단하기 위해 정정치 이상의 큰 고장전류가 흐르는 경우에 고장전류의 통전정보를 제공하는 F.I가 상기 각 기기에 내장된다. 중앙제어장치는 전용통신선을 통하여 F.I의 동작정보를 신속하게 알게 되고 컴퓨터의 부하유통 계산 프로그램을 돌려서 최적의 부하절체 조작수순을 작성하여 선로 재구성 조작을 하게 된다. <그림 1>은 한전에서 배전자동화를 위한 표준배전방식으로 정한 대표적인 4분할 3연계 배전계통 구성(예) 이며 아래에 배전선로 고장시의 처리 알고리즘을 설명한다.

- ① 중앙제어장치는 평상시 변전소 차단기와 리클로저의 고장전류 통전정보를 집중적으로 감시
- ② 감시중 특정 선로에서 고장이 발생하여 차단기 개방, F.I의 set, 재폐로 동작 실패로 lockout된 정보를 중앙장치가 인지하므로써 특정선로에 고장이 발생한 것을 알게 됨
- ③ 중앙제어장치는 인지의 선로의 각 자동화개폐기에 고장전류의 통전여부를 알기위해 F.I 정보(홀렸으면 yes, 안 홀렸으면 no)를 확인
- ④ yes로 응답하는 개폐기와 no로 응답하는 개폐기 사이의 구간에서 고장이 발생한 것으로 판정
- ⑤ 부하유통 프로그램에 의한 계산작업을 통하여 고장복구 조작순서표를 중앙장치가 작성하여 MMI 모니터 화면에 나타냄
- ⑥ 보선사령원이 조작순서표를 확인한 후 복구를 위한 일괄조작 명령을 컴퓨터에서 지시하면 고장지점 부하측의 건전구간에 대한 부하절체가 자동으로 이루어짐
- ⑦ 전원측 건전구간의 복구를 위해 급전지령실에 CB 투입을 의뢰하여 CB가 투입되므로써 고장구간을 제외한 모든 구간이 복구됨.

이와같은 계통구성은 기존의 배전계통 구성요소를 그대로 수용하면서 원격제어가 가능한 자동화개폐기를 취부하여 사용하므로 과도고장시는 물론 영구고장시에도 기존의 보호협조 체계를 그대로 유지한다. 기존의 계통구성에서 영구고장이 발생하면 보호기기(Recloser)의 능동적 동작으로 고장구간을 대구간 단위로 분리하고 자동화개폐기의 원격조작으로 소구간 단위로 분리한다. 유통조작시는 보호기

기와 자동화개폐기를 모두 원격 조작한다.

3. Fault Indicator

자동화개폐기는 고장전류 통전유무 정보를 알 수 있는 F.I를 내장하고 있다. 이 F.I는 Phase 및 Ground로 구분하여 정정하게 되며 배전선로에서 정정치 이상의 전류가 흐를 경우 동작하게 되고 원방에서 확인이 가능하다.

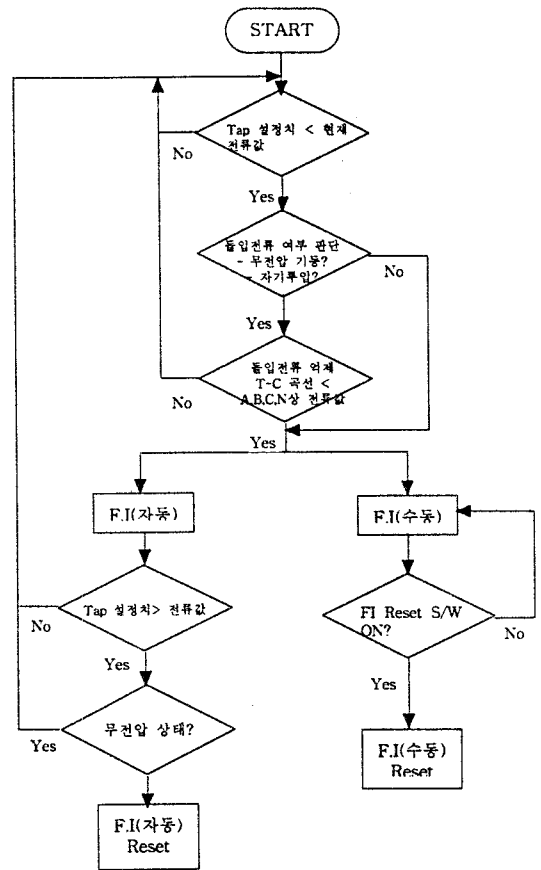
3.1 Fault Indicator의 동작원리

Fault Indicator는 수동모드와 자동모드를 가지며 별도의 정보를 제공하도록 하고 있다. 수동모드는 영구 고장이 아닌 과도고장 정보를 현장(LED)에 표시하고 배전단말제어장치(FRU)를 통하여 중앙에 정보를 준다. 수동모드는 정정치 이상의 전류가 흐르면 35ms 이내에 Set이 되며 한번 Set이 되면 수동 또는 원방에서 Reset 명령이 내려올 때까지 Set 상태를 유지하고 있다. 자동모드는 영구 고장정보를 제공하는 것으로 정정치 이상의 고장전류 통전시 35ms 이내에 Set 되고 정상전류로 복귀하면 0.3초 이내에 자동으로 복귀한다. 동작시간을 35ms로 한 것은 리클로저가 동작하는 정도의 어떠한 고장도 알아내기 위한 것이며 시간이 짧기 때문에 부하측에 설치되어 있는 개폐기의 투입조작시의 돌입전류에 의해 Set 될 수 있다. 그러나 돌입전류 통전시간(보통 4 cycle 정도)에 오동작하지 않도록 긴 시간을 가지게 하면 리클로저의 순시동작과 같은 순간고장을 파악하지 못하는 경우가 발생하므로 이를 채택할 수가 없었다. 따라서 부하측에 있는 개폐기의 동작에 수반되는 돌입전류에 대해서는 수동 F.I가 동작할 수 있다.

자동화개폐기의 F.I는 자기 투입시는 돌입전류 억제 기능을 가지도록 지연커브 또는 정한시의 억제시간을 가지고 있으며, 전원측에 있는 개폐기의 투입/개방 동작시 발생하는 돌입전류에 대해서도 동작이 억제될 수 있도록 제작회사에 따라 전류가 0에 가까운 상태에서 고장전류가 발생한 경우에는 돌입전류로 보는 경우와 무전압상태에 있다가 가압되면서 고장전류가 발생하면 돌입전류로 보고 억제 기능이 동작하도록 하는 경우가 있다. 일진전기에서 제작한 개폐기에 내장된 F.I의 처리 흐름도는 다음 <그림 2>와 같다.

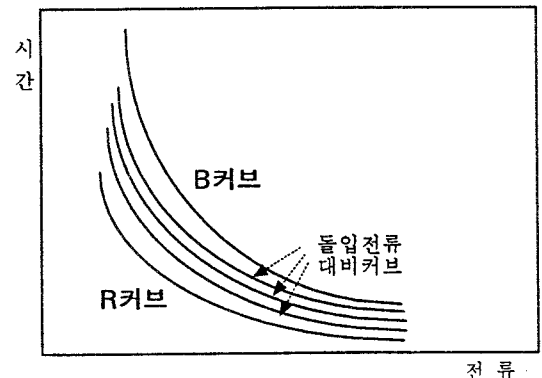
3.2 돌입전류시의 오정보 방지

배전선로에 고장이 발생하여 고장전류가 흐른 후 차단기가 동작하여 무전압이 되었다가 차단기가 재투입되어 선로전압이 재가압되면서 흐르는 큰 고장전류는 돌입전류가 아니므로 고장전류 발생시 35ms내에 고장을 검출하여 F.I가 yes정보를 준다. 그러나 고장전류가 흐르지 않은 정상상태에서 전원측의 차단기나 리클로저가 동작하여 무전압이 되었



<그림 2> Fault Indicator 동작 Process

다가 재투입되면서 선로전압이 가압되는 순간에 큰 전류(돌입전류)가 흐르는 경우에는 돌입전류라고 판정하여 돌입대비회로가 동작하고 지연특성이 있는 돌입대비커브가 동작하도록 하고 있다. 다음 <그림 3>은 F.I의 동작 특성커브를 보여주고 있는데 돌입전류에 의한 오동작을 대비하기 위해서 후비 보호장치인 리클로저의 R커브보다는 동작시간이 길고 지연커브(B)보다는 짧은 특성을 갖는 커브를 3가지 이상 구비하고 있으므로 이 중에서 적당한 것을 선정할 수 있다.



<그림 3> Fault Indicator의 돌입대비 특성커브

3.3 Fault Indicator을 내장한 자동화개폐기의 배치

현재 배전선로에 설치된 자동화개폐기의 종류로는 리클로저와 지상형 다회로개폐기, 가공형 가스개폐기가 있다. 배전선로에서 고장이 발생하여 정전이 수반되는 경우 정전구간을 축소시키기 위해서는 리클로저를 사용하여야 하나 여러대를 직렬로 사용하는 경우 보호협조상의 문제가 있으므로 선로공장이 비교적 짧은 대도시에서는 리클로저 1대만을 선로 중간지점에 설치하여도 선로의 50% 구간의 정전은 피할 수 있다. 그러나 선로공장이 길어 보호협조에 문제가 없는 중소도시에서는 2~3대를 직렬로 설치하여 선로사고시의 초기 정전구간을 줄이는 것이 바람직하다. F.I를 내장한 자동화개폐기의 설치대수는 배전계통을 4분할 3연계를 기본으로 할 경우 선로당 구간용 4대, 연계용 3대 정도가 적당한 것으로 검토되었다. 이 경우 한 선로당 자동화개폐기의 수는 5.5대가 되며 신뢰도를 더 높이기 위해서 5분할 4연계로 한다면 선로당 6.5대가 되겠다. 물론 자동화개폐기의 수를 늘리면 선로 고장시 정전범위를 더 축소시킬 수 있으므로 적용지역의 여건에 따라 자동화개폐기의 부설 수량을 증감할 수 있다.

4. 선로자동화 실증시험 결과

4.1 현상운동중 도출된 문제점

배전선로에서 고장이 발생하는 경우 직접접지 방식을 사용한 배전선로에는 큰 고장전류가 흐르게 되고 자동화개폐기의 F.I는 정정치(보통 Phase : 480A, Ground : 180A) 이상의 전류가 흐를 때 Set이 되어서 이 정보를 이용하여 고장구간을 판단할 수 있도록 하고 있다. F.I는 자동모드와 수동모드 2가지가 있는데 자동모드는 고장전류가 흘러 F.I가 Set된 후 정상전류로 돌아가면 0.3초 이내에 자동복귀되도록 되어 있지만 수동모드는 한번 Set되면 중앙장치의 Reset 명령에 의해서만 복귀가 된다. 그런데 자동화개폐기의 F.I 동작시간이 35ms(2.1 cycle)이내에 Set 되도록 되어 있기 때문에 부하측에 있는 개폐기가 조작되는 경우 정상전류의 4~5배에 해당하는 돌입전류가 통상적으로 2~3cycle 동안 흘러 수동모드의 F.I가 Set되게 되고 이 정보를 Reset 시켜 놓지 않으면 실제 배전선로에서 고장이 발생한 경우 순전히 F.I Set 여부를 가지고 고장 구간을 판단하는 고장처리 기능이 제대로 수행될 수가 없다. 특히 변전소의 차단기나 리클로저는 계속해서 중앙장치가 상태를 감시하고 있어 F.I 동작여부를 즉시 알 수 있지만 배전선로에 설치된 자동화개폐기의 상태는 현재 30분 주기로 확인하고 있으므로 동작여부를 즉시 확인 할 수가 없기 때문에 고장구간 판단에 어려움을 겪었다. 따라서 당초에 고려했던 F.I의 수동모드 정보를 가

지고 고장구간을 판단하는 것은 돌입전류에 의한 오정보 때문에 적용이 불가능하였다.

4.2 고장구간 판단을 위한 개선방안

자동화개폐기가 투입되는 순간에 발생하는 돌입전류에 의해 실제 고장이 아닌데도 F.I가 오정보를 주는 것을 해결하는 방안으로 영구사고가 발생한 고장구간을 판단하기 위해서 그 동안 사용해 왔던 CB용 F.I의 수동모드 대신 자동모드를 사용하도록 하였다. 자동모드는 순간고장 발생시, 재폐로에 의해 정상전류로 복구되면 일정시간후 자동으로 복구되기 때문에 오직 영구고장시의 고장구간 판단에만 사용된다. 그러나 처음 고장처리 알고리즘 정립시에 F.I의 수동모드를 사용하기로 한 이유가 순간사고가 발생한 후 정상상태로 복귀가 되었을지라도 순간고장 발생구간을 파악하지는 의도였으므로 이를 살리기 위하여 수동모드의 기능을 그대로 살리되 돌입전류에 의한 정보와 실제 순간고장을 구별하기 위하여 차단기나 리클로저의 투입/개방 동작과 동시에 F.I가 동작한 것은 순간고장이라고 판단하여 선로에 있는 자동화개폐기의 F.I의 수동모드 동작여부를 확인하도록 하여 고장구간을 찾고, 차단기나 리클로저의 동작 없이 F.I가 Set된 것은 돌입전류에 의한 동작으로 판단하여 중앙장치에 F.I 정보를 주지 않도록 수정하였다. 영구고장시는 수동모드와 자동모드가 동시에 동작하며 자동화개폐기의 F.I(자동모드)를 확인하여 고장구간을 판단하도록 하므로써 순간고장 발생구간과 영구고장 발생구간을 모두 확실하게 찾을 수 있도록 하였다.

5. 결 론

Fault Indicator를 이용한 배전선로 자동운전을 실계통에서 실증 시험한 결과 고장구간을 판별하여 고장지점 후단의 건전구간에 전기를 공급하는데 1분정도가 소요되고 고장구간 전단의 건전구간 송전은 전화연락을 통하여 송전하게 되므로써 2~3분정도가 소요됨을 확인하였다. 따라서 본 방식은 외국의 어떤 배전자동화시스템보다 빠른 시간내에 고장처리가 가능하여 향후 배전자동화의 전국 확대시 배전계통의 신뢰도 향상에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.

(참 고 문 헌)

[1] "국산 배전자동화 시스템 실계통 실증 연구 최종보고서", 전력연구원 연구보고서, pp.16~24, pp.221~223, pp.372~373, 1997