

배전자동화시스템의 효율적인 운용을 위한 추가기능 및 정보전송체계

이중호, 하복남, 조남훈
전력연구원

The Additional Functions and Data Transmission Flow Diagram for Effective Operation of Distribution Automation System

Jungho Lee, Boknam Ha, Namhun Cho

Abstract - This paper introduces the additional remote monitoring and remote setting functions needed to operate the distribution automation system effectively. we compare the additional functions with the old functions. The remote setting of minimum trip value of fault indicator is an example of additional function. It saves time and line-man's power. Also this paper describes the data transmission flow diagram for operation of distribution automation system using wireless communication method.

1. 서 론

한전에서는 1995년 강동지점에 한국형 배전자동화시스템을 설치하여 실증시험을 마쳤다. 실증시험 기간 중 개선이 필요한 여러 가지 사항이 발생하였는바 문제점의 대부분은 중앙제어장치에 있는 것이 아니라 현장의 단말기에 있었다. 대표적으로 개선이 요구되는 사항은 개폐기의 여러 가지 기능설정을 현장에서 전주 위에 승주하여 수행하여야 한다는 것이었다. 그 중 대표적인 것이 자동화개폐기의 고장표시기(Fault Indicator : F.I) Tap치 변경으로서, 계절에 따른 부하의 변동·계통변경·부하질체 등에 따라 개폐기 설치점의 부하전류가 변동하므로 수시로 F.I의 Tap치를 변경하여야 함에도 현장에서 수동으로 설정하게 되어있어 빈번한 승주작업과 추가적인 인력의 투입이 요구되었다. 배전자동화의 원활한 수행을 위하여 원격설정이 필요하다고 생각되는 기능들의 예를 들면, 자동화개폐기의 F.I Tap치 입력, F.I 돌입대비 TC커브 원격설정, 리클로저의 활선 상태 및 Ground bypass 상태 등의 원격변경이 가능하도록 하는 것 등이다. 그 외에도 신 배전자동화시스템에서 개선한 사항은 한전 자체망이 아닌 상용통신망을 사용하는 경우에 경제성을 확보하기 위하여 개폐기 제어함에서 부하전류를 자체 측정하여 저장 후 일괄하여 중앙으로 전송함으로써 통신회선을 대폭 줄이는 방법도 새로이 추가된 기능이다.

본 논문에서는 기존 시스템과 신 시스템의 보유기능 비교, 신 개발시스템에 추가되는 기능의 상세 설명, 배전선로에 설치되어 있는 현장기기의 원격감시, 제어, 계측기능 수행을 위한 정보전송체계 등에 대해서 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 기능비교

강동지점에서의 배전자동화시스템 실증시험 기간 중 개선이 필요한 여러 가지 사항이 발생하여, 현재 연구중인 신 배전자동화시스템에서 여러 가지 기능을 추가하였다. 기존 시스템의 기능과 추가된 기능을 비교하여 표로 정리하고, 신개발 시스템에 추가된 기능에 대한 상세한 설명을 이어서 기술하였다.

〈표 1〉 기존기능과 추가기능의 비교

구분	기존기능	추가기능
감시	주점정상태, 잠김/풀림, F.I 상태, 원방, 단선/결상, 상불일치, 가스압, 배터리 이상	무전압정보, 활선, ground bypass, Lockout
제어 (설정)	투입/개방, 잠김/풀림, F.I 복귀명령, 배터리 시험	Tap치, TC커브, 재폐로 횟수, 활선, ground bypass
계측	전압, 전류	차단전 부하전류, 고장전류및 시간, Tap치, TC커브 설정치, 재폐로 횟수, 동작계수기,
다량 계측		1일간 부하전류, 고장파형

2.2 감시 기능

2.2.1 F.I(고장표시기) 상태

F.I는 한국형 배전자동화시스템의 근간을 이루는 Yes/NO logic의 기본기능으로서 F.I의 정확한 동작상황을 읽는 것은 매우 중요하다. 기존의 자동화개폐기 F.I 규격에서는 단순히 F.I의 설정정보만을 제공하였는데, 이것으로는 정확한 현상을 파악하기 어려우므로 A, B, C, N 각 상의 F.I 동작정보를 중앙에 보내주어야 한다.

2.2.2 무전압 정보

CB와 개폐기들의 투개방 정보를 추적하는 것으로도 개폐기에 전압이 가압된 상태인지 아닌지는 알 수가 있다. 그러나 일일이 D/L의 개폐기 상태를 추적하지 않고도 해당 개폐기에 전압이 가압된 상태인지를 알 수 있다면 매우 편리할 것이다. 무전압 정보 항목이 해당 개폐기의 전압 가압 상태를 표시하는 것이다.

2.2.3 Lockout 상태

이 항목은 차단기류에만 해당하는 것으로서 리클로저가 영구고장을 감지하여 미리 설정된 재폐로 횟수(보통 3회)를 모두 소진하고도 고장이 해소되지 않아 Lockout 개방된 상태를 나타낸다. Lockout 상태는 일종의 개방상태로서 원격투입 또는 현장투입 명령이 있으면 Lockout 상태는 해소된다.

2.3 계측 기능

2.3.1 차단전 부하전류

배전선로의 불평형에 의하여 OCGR이 동작하였다면 자동화개폐기로 구분되는 구간들 중 특별히 불평형이 심한 구간이 있었을 것이다. 그런 경우 개폐기에 흐른 차단 전의 부하전류 정보가 필요하다. 그러나 상용 무선통신방식을 이용하여 통신하는 경우 통신비용이 소요되기 때문에 매시 마다 개폐기의 부하전류를 측정(polling)하는 것은 곤란하다. 따라서 배전선로 불평형에 의하여 CB가 동작하면 계측정보로서 고장 전 최근 저장된 3상 부하전류 정보를 읽을 수 있다. 이는 매 15분마다 저장되는 3상 부하전류 가운데 가장 최근에 저장된 값이 된다.

2.3.2 고장전류 및 시간

고장이 발생하여 F.I가 동작하였을 때의 최대 고장전류치를 기억하였다가 중앙제어장치의 요구에 따라 고장전류치와 발생시간을 중앙제어장치로 보내주게 된다.

2.3.3 리클로저 동작계수기

리클로저는 재폐로 기능이 있어서 고장이 발생하면 최대 3회까지 재폐로를 수행한다. 따라서 고장의 발생상황에 따라 리클로저가 1회 재폐로에 성공하기도 하고 또는 3회까지의 재폐로에 송전 실패하여 Lockout 되기도 한다. 그러므로 리클로저의 동작계수를 원방에서 읽을 수 있다면 어떤 선로고장이 있었는지를 파악하는데 도움이 되므로 배전계통 운용에 매우 효과적이라고 하겠다. 따라서 리클로저 동작계수기의 값을 원방에서 계속할 수 있도록 하는 기능을 부가하였다. 또한 리클로저의 정기 점검을 위한 동작횟수는 240회로서 이를 초과하면 정기 점검을 하여야 한다. 그러한 이유에서도 동작계수기를 원방에서 계속하는 것이 필요하다. 즉, 원방계측 결과에 따라서 정기점검을 계획할 수 있기 때문이다.

2.4 제어 및 설정 기능

2.4.1 Tap치 설정

자동화개폐기의 F.I Tap 치는 최대부하전류의 2.5배 정도로 설정하는 것이 보통이다. 부하전류가 계절에 따라 변하면 F.I Tap을 변경하여야 한다. 그러한 Tap 변경은 빈번히 이루어지므로 본 연구에서는 Tap의 원격설정기능을 추가하였다. 1선지락시의 불평형 전류에 의한 N상(지락)의 F.I 오동작을 방지하기 위해서는 N상의 F.I도 상과 비슷한 값으로 Tap을 설정해야 한다.

차단기류(디지털 리클로저, 가공 차단기 등)는 별도의 F.I Tap이 없이 리클로저의 동작치 정정값이 F.I Tap 역할을 수행한다. 즉, 리클로저 최소 동작전류 정정값을 초과하는 고장전류에 의해 리클로저가 개방 동작하게 되면 이 개방신호가 동일하게 F.I에도 전달되어 F.I가 설정되게 된다.

2.4.2 TC커브 설정

전원측의 CB나 리클로저의 투입 시에 자동화 개폐기에는 정상부하전류의 최대 16배에 이르는 돌입전류가 흐르게 된다. 따라서 무리한 돌입전류에 F.I가 오동작하지 않기 위해서는 사전압상상태에서 투입될 때는 F.I의 동작을 지연시키는 돌입대비 커브를 적용하여야 한다. 여러 가지의 돌입커브 중 여건에 맞는 커브를 원격으로 설정할 수 있도록 하는 것이 이 기능의 목적이다.

자동화개폐기의 돌입대비 F.I 커브와는 달리 리클로저에는 시간-전류 특성커브인 TC커브가 있다. 16개 정도의 선택 가능한 TC커브에서 상의 경우에 순시커브 및 지연커브, 또한 지락의 경우에도 따로 순시커브 및 지연커브를 설정해야 하므로 리클로저 1대마다 4개의 TC커브를 설정한다.

2.4.3 재폐로 횟수 부여

리클로저는 총 3회까지의 재폐로, 즉 4회의 고장전류 통전이 가능하다. 총 횟수는 고장전류 통전횟수를 나타내며, 순시동작과 지연동작의 합으로 나타낼 수 있다. 따라서 재폐로 횟수를 정의하기 위해서는 총동작횟수(1~4회)와 순시동작횟수(0~4회)만 정해두면 지연동작 횟수는 자동적으로 총동작횟수 빼기 순시동작횟수에 의해 결정되어 진다.

2.4.4 활선 상태 (재폐로 방지스위치)

이 항목은 리클로저 같은 차단기류에만 해당하는 것으로서 리클로저의 부하측에서 활선작업이 예정되어 있을 때, 미리 이 스위치를 활선 상태로 바꾸어 주면 활선작업 도중에 선로고장이 발생하여 리클로저가 개방되었을 때에 리클로저가 1회에 Lockout 개방되어 재폐로 과정이 수행되지 않도록 하는 기능으로서 일명 재폐로 방지 스위치라고도 한다. 이 스위치의 일반적인 상태는 정상 위치이며, 필요한 경우에만 활선 위치로 놓는다.

2.4.5 Ground bypass 상태

이 항목은 차단기류에만 해당하는 것으로서 리클로저의 전위측에 상당히 긴 단상 배전선로가 있어서 이 단상 선로의 선로 C.O.S를 투입하면 해당선로가 연결된 상에 갑작스런 상전류가 흘러 이 전류값이 지락고장 설정치를 초과하여 리클로저의 지락요소가 동작하게 되므로, 이러한 리클로저의 동작을 방지하기 위하여 C.O.S (Cut Out Switch) 투입 전에 리클로저의 ground bypass 기능을 block 위치로 하여 지락고장이 검출되지 않도록 하면 단상선로 투입시의 불평형 전류에 의해 리클로저가 동작하지 않게 된다.

2.5 다량계측 기능

2.5.1 일간 부하전류 데이터

배전선로 개폐기의 부하전류 변동실적은 배전계획을 위한 부하예측, 일부하곡선, 정전시 건전구간 절제의 단시간 부하증가 예측 등을 위하여 반드시 필요하다. 그러나 상용 무선통신방식을 이용하여 통신하는 경우 통신비용이 소요되기 때문에 주간에 계속해서 각 개폐기의 부하전류를 측정·전송하는 것은 곤란하다. 따라서 개폐기가 매 15분간의 부하전류 평균치를 저장해 두고 통신요금이 매우 쌀 심야시간에 중앙에서 일괄적으로 이를 읽어 들인다면 비교적 저렴하게 일부하곡선을 계측할 수 있으리라 사료된다.

2.5.2 고장파형 데이터

리클로저와 자동화 개폐기는 고장이 발생하면 고장 당시의 파형을 저장할 수 있다. 이 파형을 통신을 통하여 중앙으로 보내는 것은 상당히 많은 전송 데이터 양을 필요로 하므로 본 연구의 주 통신매체인 PCS의 SMS (Short Message Service) 1회의 통신을 이용해서는 용량이 부족하다. 따라서 고장파형 데이터는 SMS를 2~3회 연속 사용하여 데이터를 전송할 수 있도록 정하였다.

2.6 정보전송체계

신 배전자동화시스템 개발연구에서는 기존의 KODAS (Korea Distribution Automation System)에서 자체 통신 프로토콜을 만들어 사용한 것과는 달리 세계적으로 가장 많이 사용되는 배전자동화용 통신 프로토콜인 DNP3.0 (Distributed Network Protocol)을 채택하여 이를 PCS의 SMS 설정에 맞도록 다소 개선하여 사용함으로써 확장성·호환성·항후 기술 수출을 고려한 프로토콜 선정이 되도록 하였다. 신 배전자동화시스템에서 사용하는 정보전송체계를 기능별로 구분하여 아래에 서술하였다.

2.6.1 상태감시 및 계측

모든 감시항목 및 대부분의 계측 명령이 여기에 속한다. 중앙제어장치의 FEP(Front End Processor:전단처리기)는 명령을 보내고 개폐기의 제어함은 명령 프래임을 받고, 명령을 받았다는 확인전송인 ACK/NAK 없이 요청 받은 상태나 계측값만을 FEP로 즉시 전송한다. ACK를 시행하지 않는 것은 PCS의 요금체계를 생각할 때 ACK를 위해서 추가적인 비용이 소요되고, 또한 제어함으로부터 상태정보가 즉시 전송되지 않는다면 중앙 시스템 사용자가 다시 한번 감시명령을 보내면 되기 때문이다. 이러한 통신 흐름제어 구조를 가지는 항목들은 모든 상태감시 항목(주점점상태, 잠김상태 등)과 대부분의 계측명령(전압, 전류, Tap치 등)이 이에 해당한다.

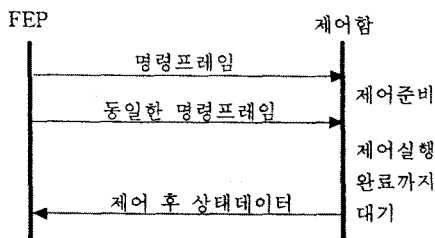
2.6.2 제어 및 설정

감시 및 계측 항목에 비하여 제어명령이 다소 다른 전송체계를 가지는 것은 명령이 실행되는 시간의 차이에 기인한다. 감시명령을 수행하는 데는 별도의 시간이 필요하지 않고 즉각적인 데이터 전송이 가능하지만, 제어명령을 수행하는 데는 다소 시간이 소요되기 때문이다. 잠김/풀림 명령을 수행하기 위해서 2초 가량이 소요되는 물론 심지어 배터리 시험을 위해서는 5초 정도의 대기시간이 필요하다. 그러나 비용절감을 위하여 제어명령의 데이터 흐름구조에도 ACK는 사용하지 않기로 한다. 왜냐하면 10초 정도를 기다린 후 제어명령 결과가 전송되지 않는다면 시스템 사용자가 다시 한번 감시명령을 보내어 확인해 보면 그만이기 때문이다.

이러한 통신 흐름제어 구조를 가지는 항목들은 투입/개방 명령을 제외한 대부분의 제어명령으로서 두 가지 종류로 분류된다. 그 하나는 명령프레임을 받아 제어명령을 실행하고 개폐기의 상태정보를 응답데이터로 전송하는 명령이고, 다른 하나는 계측정보, 즉 설정치를 변경하는 제어명령으로서 명령실행 후 설정치 계측정보를 응답데이터로 전송한다.

2.6.3 투입/개방

투입/개방 명령은 다른 제어명령들 보다 더 중요성을 가진다. 데이터 오류에 의해서 다른 제어명령이 투입/개방 명령으로 바뀌거나, 원하는 개폐기가 아닌 다른 개폐기가 투입/개방된다면 심각한 문제를 초래할 것이다. 그러므로 투입/개방 명령을 위해서는 일종의 CBO(Check Before Operation) 기능을 가질 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 투입/개방 명령은 별도의 전송체계를 갖도록 설계하였다. 즉 투입/개방 명령이 있으면 중앙제어장치가 같은 명령을 제어함으로 연속적으로 두 번 전송하고, 제어함도 투입/개방 명령에 한하여 한번의 명령에는 제어를 준비만 하고 똑같은 명령이 두 번 반복해서 전송되어야만 제어명령을 실행하도록 하였다. 물론 일정한 복귀시간을 두어 1회의 투입/개방 명령 후 같은 명령이 있지 않으면 복귀시간 후에 다시 원상복귀 되도록 하였다. 그림1은 투입/개방명령 정보전송체계의 설명도이다.



〈그림 1〉 투입/개방 명령을 위한 정보전송체계

2.6.4 Exceptional Reporting

상용서비스인 PCS를 이용하여 통신을 하는 신 배전 자동화시스템은 계속적인 개폐기의 Polling이 곤란하다. 따라서 개폐기의 상태가 변경되었을 때는 개폐기가 능동적으로 중앙제어장치로 상태변경을 알리는 Exception Report를 전송해야 한다. Exception Report를 받은 중앙장치가 수신확인(ACK)을 해주지 않는다면 제어함은 계속해서 상태변경 정보를 전송하게 되므로 당연히 이 데이터 흐름구조에서는 수신확인(ACK)을 응답하도록 한다.

Exception Report를 해야하는 개폐기 상태변경 사항은 주점점 상태변경, 원방상태 변경, 단선/결상, 가스압력 저하, Battery 이상, 리플로저나 가공차단기의 동작정보, F.I 동작상황 등이 있다.

2.6.5 다량계측

PCS의 SMS는 1회 전송가능 데이터 량이 100byte에 불과하다. 따라서 고장파형데이터나 1일간 부하전류 변화량을 전송하려면 SMS 서비스를 2~3회로 나누어 전송하여야 한다. 다량계측을 위한 항목에는 고장파형데이터와 1일분 부하전류 변화량이 있다.

2.6.6 동보통신

전체 배전선로 F.I의 복구명령(reset)은 선로 고장시 수많은 개폐기의 F.I가 설정되는 것을 고려할 때 한꺼번에 F.I를 reset 할 수 있으므로 매우 편리한 명령이다. 그러나 이 명령을 내리고 다시 모든 개폐기로부터 명령의 실행여부를 확인 받는다면 한꺼번에 많은 통신이 발생할 것으로 예상된다.

따라서 일괄적인 F.I 복구명령이 동보통신에 의하여 전체 개폐기에 동시에 전송되면 set되어 있던 F.I의 상태가 복구된 개폐기와 원래부터 F.I가 set되어 있지 않던 개폐기 즉, 복구명령이 유효하게 적용되는 개폐기는 ACK 및 어떠한 Reply도 보내지 않도록 설계하였다. 한편 F.I가 set된 상태에서 복구명령이 왔는데도 복귀가 되지 않은 제어불량의 개폐기는 제어불량상태를 중앙으로 전송하도록 하였다. 동보통신이 가능한 항목은 전체 F.I 복구명령, 한 개 D/L F.I 복구명령, 전체 개폐기 배터리 시험명령 등이 있다.

3. 결론

본 논문에서는 한전 강동지점에서의 한국형 배전자동화시스템(KODAS) 실증연구에서 얻은 경험을 통하여 현장기기 및 중앙제어장치에 추가로 부가하여야 하겠다고 생각되는 기능들을 기존시스템의 기능과 비교 분석하였고, 신 시스템에 추가되는 기능에 대하여 상세히 설명하였다.

또한 무선통신방식을 이용하여 배전자동화를 수행할 때 배전선로에 설치되어 있는 현장기기의 원격감시, 제어, 계측기능 수행을 위한 정보전송체계를 제시하였다.

참고 문헌

- (1) 하복남 외, "국산 배전자동화 시스템 설계용 실증연구", 전력연구원 최종보고서, 1997.4
- (2) 하복남 외, "신 배전자동화 시스템 개발 연구", 전력연구원 1차년도 중간보고서, 1998.9
- (3) DNP users group, "DNP3.0", March 1995