

$$d_{l,k} = \frac{x_k (X_{\infty} - X_{jm} - X_{im} + X_{jm})}{x_l (X_{nn} + X_{mm} - 2X_{nm})} \quad (2)$$

x_k : 선로 k의 리액턴스
 X_{ab} : a,b번 X matrix 요소
 i, j : 선로 l에 연결된 버스 number
 m, n : 선로 k에 연결된 버스 number

GSF는 발전기 탈락과 같은 발전 모션의 전력 변화에 대한 타 선로의 조류 변화 정도를 수치화 한 것으로 (3)식과 같다.

$$a_{l,g} = \frac{1}{x_l} (X_{ng} - X_{mg}) \quad (3)$$

l : 선로 number
 g : 모션 number
 x_l : 선로 l의 리액턴스
 X_{ab} : a,b번 X matrix 요소
 m, n : 선로 k에 연결된 버스 number

위에서 설명한 두 요소를 이용하여 계통의 일부분의 변화에 대한 타 선로의 조류 변화 예측은 (4)식과 같다.

$$\hat{P}_l = P_l + a_{l,g} \Delta P_g + d_{l,k} \Delta P_k \quad (4)$$

\hat{P}_l : 선로 k 탈락 후 선로 l에 흐르는 조류
 P_l : 선로 k 탈락 전 선로 l에 흐르는 조류
 ΔP_g : 발전 모션 g의 조류
 ΔP_k : 선로 k의 조류

이 알고리즘은 계통의 기본 정보인 선로 데이터와 측정된 조류의 양을 이용한 조류 계산으로 선로 탈락과 같은 계통의 단순 변경에 대해서 다른 조류계산보다 빠른 알고리즘이다. 이 방법을 이용하면 계통 일부분의 변화에 대한 유효전력을 예측 할 수 있고 이를 운영자에게 전달하여 운영자로 하여금 안정적이고 신속한 대처를 할 수 있게 할 것이다.

3. 거리계전기 모니터링 시스템 설계

본 논문에서는 실시간 데이터를 이용한 거리계전기 모니터링 시스템을 목표로 하고 있고 데이터는 GPS를 이용한 동기화 데이터는 I-PIU에서 취득하고 이를 적용한 모니터링 시스템을 설계하였다.

3.1 I-PIU (Intelligent Power Information Unit)

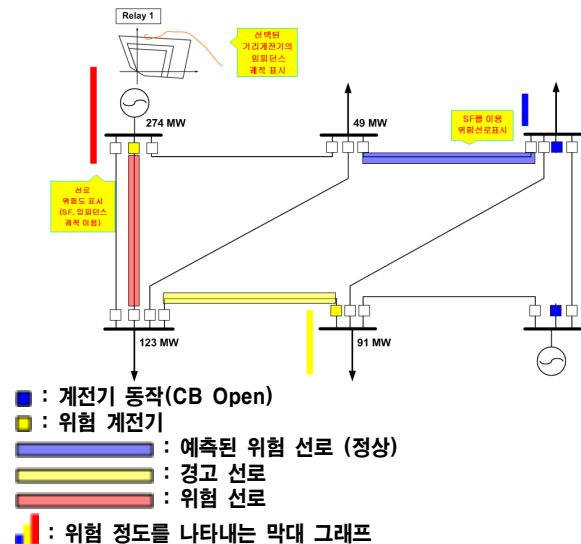
I-PIU는 전력계통의 주요 지점에 계측 장비로 위성을 이용하여 시간 동기화를 이룬 전압, 전류, 주파수, 위상각, CB동작 여부 등의 계통 정보를 초고속망을 이용하여 정보를 전달을 해준다. 현재 I-PIU는 IEEE 37.118의 표준화에 맞춰 데이터양과 종류를 취득 하여 실효치 전압, 전류, 주파수 및 위상각을 30[sample/sec]로 취득하고 실증 시험만을 남기고 있다. 또한 I-PIU는 시간 동기화 정밀도 10[usec]를 목표로 연구를 진행하고 있다.

본 논문에서는 위성을 이용하여 동기화된 I-PIU를 통해 실시간으로 계통정보를 취득하여 거리계전기 감시 모니터링 시스템에 적용이 가능하다는 가정을 두고 시스템을 설계 하였다.

3.2 모니터링 시스템의 기능

<그림 1>은 거리계전기 모니터링 시스템 설계 구성을 나타낸다. 또한 이는 단일 사고에 의한 선로 탈락 후 과부하에 의한 위험선로 표시까지의 시스템의 기능을 표현 하였다.

첫째 고장이 발생하여 계전기 동작이 이루어지면 I-PIU에서의 전송 받은 CB 데이터를 이용해 표시해 주고 동시에 민감도(SF)를 이용해 선로 위험도를 예측 하여 예측된 위험 선로 표시를 해준다. 둘째 I-PIU에서 실시간 전압, 전류 데이터를 이용해 거리계전기에 대한 임피던스 제적을 감시를 하여 고장 후의 조류 변화에 따라 과조류가 흐르는 선로의 위험도를 경고, 위험으로 나누어 표시하고 알람을 이용한 경고를 해준다. 또한 막대 그래프를 이용한 위험 정도를 계단식 단계가 아닌 점진적 표시를 해준다. 마지막으로 거리계전기에 대한 임피던스 제적은 운영자의 선택에 의해 표시를 해준다.



<그림 1> 거리계전기 모니터링 시스템 설계 구성

3.3 모니터링 시스템의 역할

본 논문에서 제안하는 모니터링 시스템은 CB동작 여부와 선로 정보와 같은 기본적 데이터를 이용한 위험 예측 기능을 가지고 있기 때문에 운영자에게 계통의 위험을 빠르게 알려주어 계통 제어를 위한 시간적 여유를 주고, 또한 실시간 계통 정보를 이용한 위험도 표시 기능은 운영자로 하여금 부하 차단 혹은 계전기 동작을 제어함으로써 광역정전은 물론 캐스캐이딩 현상도 막을 수 있는 효과를 가져 올 수 있다. 마지막으로 본 연구의 거리계전기 모니터링 시스템은 전력계통에 동기화된 데이터를 이용한 감시 시스템이므로 광역정전에 대한 분석을 용이하게 하는 역할을 할 것으로 기대된다.

4. 결 론

본 논문에서는 북미 유럽의 대정전 사태와 같은 광역정전을 방지하기 위해 광역정전의 주요 원인이 되는 거리계전기의 감시를 위한 모니터링 시스템을 설계하였다. 이 시스템은 I-PIU를 이용하여 실시간 데이터를 취득한다는 가정 하에, UI(User Interface)를 설계를 통해 오퍼레이터가 실시간으로 송전계통의 위험 요소를 감시하여 계통을 안정적으로 운영할 수 있도록 역할을 할 것이다. 이를 위하여 본 논문에서는 SF와 VI를 이용하여 계통의 위험도를 나타내는 방법의 시스템을 설계하였다. 향후에는 광역정전 현상도 이 감시 시스템을 이용하여 방지할 수 있는 모니터링 시스템이 되도록 계속해서 연구가 진행 될 것이다. 본 연구의 결과로 송전계통의 실시간 분석은 물론이고 광역정전 징후를 관찰 할 수 있는 발판을 만들어 여러 경우의 광역정전에 대한 분석이 가능 해지고 더 나아가 광역정전 방지 대책에 대한 연구에 도움이 되기를 기대한다.

감사의 글

본 논문은 산업자율부 주관의 중기거점개발사업 <Multi-Agent 기반의 지능형 전력정보시스템 개발(과제번호 10016681)>의 지원을 받았습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Gregory S. Vassell, Fellow, IEEE, "Northeast Blackout of 1965", IEEE Power Engineering Review, pp.4-8, January 1991.
- [2] "NIGHT OF TERROR", TIME, pp. 24-26, July 25, 1977.
- [3] C. W. Taylor, "Improving Grid Behavior", IEEE Spectrum, pp. 40-45, June 1999.
- [4] Massoud Amin, "Toward Self-Healing Energy Infrastructure Systems", IEEE Computer Applications in Power, 2001.
- [5] J.Chen, J. S. Thorp and M. Parashar. "Analysis of Electric Power System Disturbance Data", Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Science, 2001.
- [6] C. C. Liu, J. Jung, G. T. Heydt, V. Vittal, and A. G. Phadke, "The strategic power infrastructure defense (SPID) system: A conceptual design," IEEE Control Systems Magazine, vol. 20, issue 4, pp. 40-52, Aug. 2000.