

고주파를 이용한 송전선로의 사고 검출 및 판별에 관한 연구

임병호\* 김철환\* 이동준\*\*  
 성균관대학교\* 삼성전자\*\*

A Study on the Fault Detection and Discrimination of Transmission Line using Fault-generated high frequency signals

Byung-Ho Lim\* Chul-Hwan Kim\* Dong-Jun Lee\*\*  
 Sungkyunkwan Univ.\* samsung electronics\*\*

**Abstract** - Most conventional protection relays are based on processing information in the spectrum that is close to or at power frequency. It is, however, widely known that faults on transmission lines produce frequency components of a wide range. In this respect, this paper describes the basis of a protection technique for transmission lines which utilises high-frequency components. Fault-generated signals caused by post-fault and the signal derived from stack tuner is connected to the coupling capacitor of CVT. Digital signal processing is then applied to the captured information to determine whether the fault is inside or outside the protected zone, and to discriminate the fault type on transmission line.

capacitor)에 연결하여 고주파를 추출하는, 국내의 계통에 적합한 stack tuner를 설계하였다. 국내 전력계통에는 사고 발생시 50kHz 이상의 고주파 대역이 고르게 발생하기 때문에 tuner는 중심 주파수 60kHz로 설정하였다[5]. 또한, 보호구간 내에서 발생하는 고주파의 타구간으로의 전파를 방지하고, 보호구간과 비보호구간의 구분을 위해 PLC에서 사용하는 wave trap을 사용하였다. Wave trap은 대역저지(band-stop) 필터로서 송전선로에 직렬로 연결되며, 역시 중심 주파수는 60kHz로 설정하였다. 이것은 현재 국내에서 사용하고 있는 반송주파수의 범위(50kHz~450kHz)안에 드는 적절한 값으로 기존의 wave trap을 그대로 사용할 수 있을 것이다. 그림 1에서 나타나듯이 wave trap의 영향으로 보호구간 내·외의 사고는 각각 60kHz 대역에서 큰 차이를 보이고 있다.

1. 서론

기존의 계전기들은 계통의 전압 또는 전류의 기본 주파수(60Hz) 성분을 이용하여 동작하고 unit protection과 같은 보호협조를 통해 보호구간내의 사고를 검출, 차단한다. 하지만, 실제 송전선로에서 발생할 수 있는 사고는 전력 계통의 구성 및 다양한 사고조건에 따라 다르지만, 일반적으로 전력 계통에 기본 주파수(60Hz)이외의 넓은 범위의 고주파 성분을 발생시킨다. 따라서, 고주파 성분을 이용한 계전기의 연구가 많이 진행되어 왔으며, 빠른 사고의 검출이 가능하게 되었다. 최근 들어 진행파(travelling wave)를 이용하는 방법이나[1], 사고시 발생하는 고주파를 이용하는 방법 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[2-3]. 고주파를 이용하는 방법은 Bath대학의 R. K. Aggarwal 교수를 중심으로 연구가 진행되어져 왔으며, 현재까지 사고 검출 방식만 제시된 실정이다.

따라서, 본 논문은 사고시 발생하는 고주파를 이용하여 사고를 검출 및 판별하는 기능을 갖는 non unit protection 방식을 제시하였다. 사고의 판별을 위해서 사고전압의 피크치를 이용하였다. 이 방법은 지역적으로 얻어진 정보를 이용하지만, 보호구간 영역이 확실한 이점을 가지고 있어 고가의 통신장비나 별도의 통신선이 요구되지 않는 경제적인 방법이다. EMTTP를 사용한 국내 실계통의 다양한 사고의 모의를 통하여 제시한 알고리즘의 성능을 검증하였다.

2. 본론

2.1 Wave trap과 stack tuner의 설계

사고시 발생하는 광범위한 고주파는 일반적인 CVT(Capacitor Voltage Transformer)를 통해서만 추출이 불가능하므로 새로운 장치가 요구된다[4]. 따라서, 본 논문에서는 CVT의 결합콘덴서(coupling

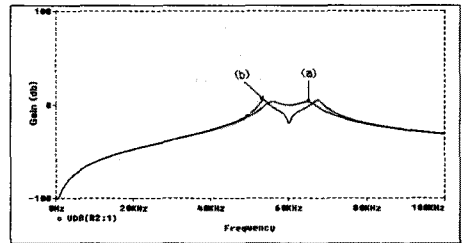


그림 1. Tuner에서의 전압 주파수 스펙트럼

2.2 사고검출 및 판별 알고리즘

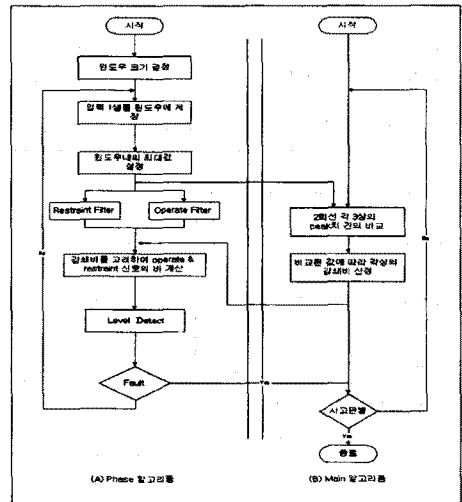


그림 2. 고주파를 이용한 사고검출 및 판별 알고리즘의 순서도

그림 2는 본 논문에서 제시하는 사고검출 및 판별 알고리즘의 순서도를 나타내고 있다. 보호구간 내의 사고 검출 및 보호구간 내·외의 판별을 위해 입력신호는 억제신호와, 동작신호를 추출하는 대역통과 필터를 거치게 되며, 이 두 신호의 비를 계산함으로써, 보호구간 내외의 사고판별이 가능하게 된다. 이는 wave trap이 외부 사고의 경우, 동작신호 대역을 차단하기 때문에 이 두 신호의 비는 작고, 내부사고에서는 1에 가까운 값을 나타내기 때문이다. 따라서, 계전점만의 정보를 이용하여 보호구간 내외의 사고 판별이 가능하므로 부수적인 보호협조 시스템이 필요 없게 된다. 그러나, 2회선 송전선로는 상호유도작용에 의해 한 회선의 사고는 건전회선에 의란을 발생시키고 이를 판별하기 위해서는 위의 두 대역 신호의 비만 가지고는 불가능하다. 따라서, 데이터 윈도우내의 피크치를 계산하고, 이 값을 서로 비교하여 최대치와의 비율을 구해, 감쇄 정수를 산정하고 동작 신호에 적용하였다. 동작 신호와 억제 신호의 비는 정해진 값에 따라 count 되고, count 레벨이 일정치 이상일 때 고장임을 검출하고, 각상의 고장정보를 이용해 사고판별을 하게 된다.

## 2.3 알고리즘 모의 및 평가

### 2.3.1 사고모의

사고모의는 EMTP를 사용하여 그림 3과 같은 국내의 154kV 실계통 2회선 송전선로를 이용하였고 각 보호구간 양단에 각각 4개의 Wave trap과 Tuner를 부착하여 고주파를 추출하였다.

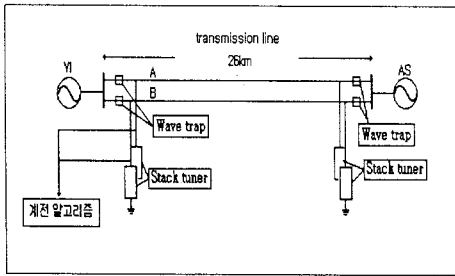


그림 3. 모의에 사용된 모델 계통도

사고의 종류는 1선지락, 2선지락, 선간단락, 외부 1선지락사고를 사고거리와 사고발생각을 변화시키면서 모의하였다.

### 2.3.2 알고리즘 성능 평가

#### (A). 1선지락사고

(사고거리 13km, 사고발생각 0°)

사고는 B회선 a상에서 발생하였고 그림 4는 사고시 tuner에 나타난 전압 파형을 보여주고 있다.

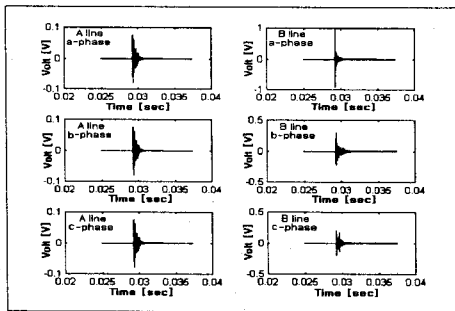


그림 4. 사고 전압

A회선은 건전회선이지만 송전선로의 상호유도작용에 의해 순간적으로 전압이 발생하였으나, 그 크기는 사고

회선의 사고상과 비교했을 때 작은 값을 알 수 있다. 그림 5는 2개의 필터를 통과시켜 추출해낸 동작신호와 억제신호의 비를 나타내고 있다. 각 상의 피크치를 비교한 후 감쇄정수를 구해 동작신호에 적용했기 때문에 사고회선의 사고상을 제외하고, 모두 짧은 시간동안 작은 값을 나타내고 있다.

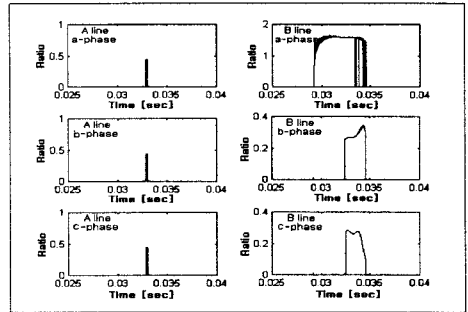


그림 5. 동작신호와 억제신호의 비

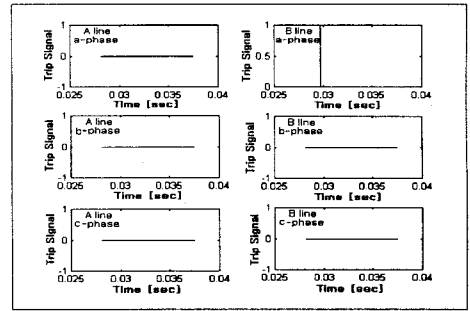


그림 6. 트립 신호

그림 6은 동작신호와 억제신호의 비를 정해진 레벨에 따라 실시간 count하고, 이 값에 의해 계전알고리즘의 최종 트립 신호를 보여주고 있다. 레벨 검출기에서 설정한 값을 초과한 순간 B회선 a상에서만 트립신호가 나타남을 알 수 있다.

#### (B). 선간단락사고

(사고거리 13km, 사고발생각 90°)

그림 7~9은 B회선 a, b상 선간단락사고시 본 연구에서 제시한 알고리즘 적용 결과들을 보여주고 있다. 그림 7은 2회선 3상전압을 보여주고 있다. 비사고 회선에서도 역시 크지는 않지만 사고발생시 유도된 전압이 발생함을 알 수 있다. 그림 8은 각 전압의 피크치를 이용하여 계산한 감쇄정수 및 동작신호와 억제신호의 비를 보여주고 있다.

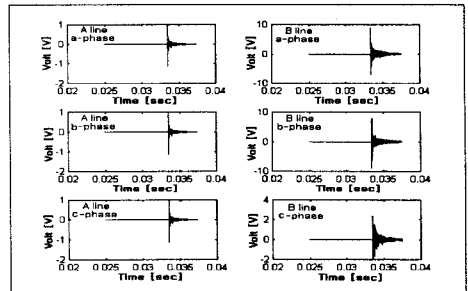


그림 7. 사고 전압

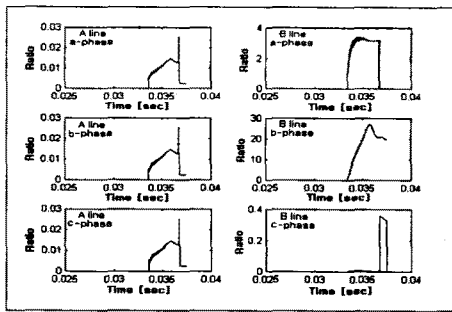


그림 8. 동작신호와 억제신호의 비

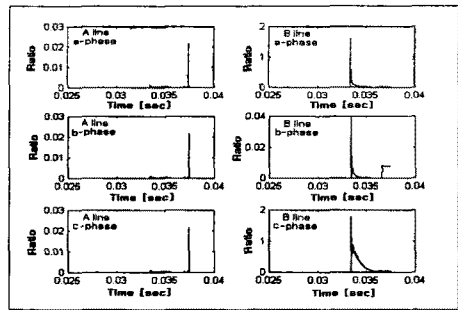


그림 11. 동작신호와 억제신호의 비

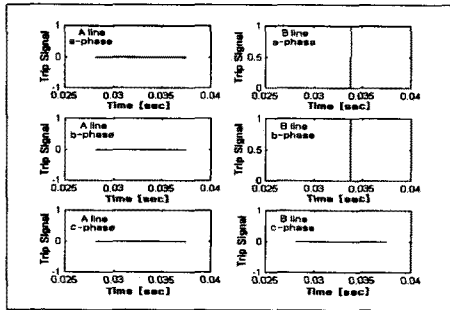


그림 9. 트립 신호

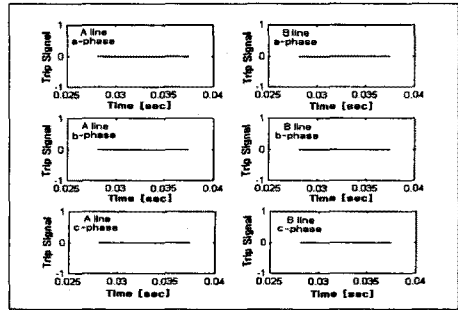


그림 12. 트립 신호

사고상인 B회선 a, b 회선의 값이 크게 나타남을 알 수 있다. 따라서, 사고상인 B회선 a, b상에서 동시에 level이 증가하고 a, b상에서 트립신호가 발생함을 그림 9에서 알 수 있다.

(C). 외부 2선지락사고

(사고거리100m, 사고각90°)

그림 10~12는 외부 2선지락사고시 사고전압을 알고리즘에 적용한 결과를 보여주고 있다. 사고는 B회선 a, b 상에서 사고가 발생된 경우이다. 그림 11에서 외부 사고 발생시 stack tuner에 나타나는 고주파 전압은 wave trap이 중심주파수 60kHz 대역의 성분을 억제시키므로 억제신호가 동작신호에 비해 상당히 크게 나타나고 그 결과로 동작신호와 억제신호의 비는 작게 됨을 보여준다.

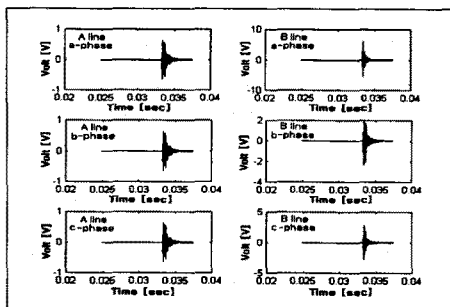


그림 10. 사고 파형

3. 결 론

본 논문에서는 송전선로에 발생하는 고주파를 이용하여 사고의 검출 및 판별을 할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. EMTP 프로그램을 사용하여 국내 실제통을 모의하였고, 그 결과는 matlab에서 알고리즘의 입력으로 사용함으로써 전체적인 계전알고리즘의 성능을 평가하였다. 그 결과 설계된 알고리즘은 사고거리와 사고발생각에 관계없이 1선지락, 2선지락, 선간단락 등의 내부사고를 검출할 수 있었고 판별에도 우수한 성능을 나타내었다. 또한, 보호구간 밖에서 발생한 1선지락, 2선지락, 선간단락사고에 대해서는 알고리즘이 외부사고로 판단하여 동작하였다.

본 논문에서 제시한 알고리즘은 R. K. Aggarwal교수가 제안한 non unit protection의 경제적 이점, 거리계전방식의 필터링 지연에 대한 연산속도 면의 장점 등이 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] P.A. Crossley, P.G McLaren, "Distance Protection based on travelling waves", IEEE PAS, vol. PAS-102, No. 9, PP. 2971-2983, 1983. 9
- [2] A T Johns, Bo Z, R K Aggarwal, "A novel non-unit protection scheme based on fault generated high frequency noise on transmission lines", IEE DPSP'93, PP. 65-68, 1993
- [3] A. T. Johns, R. K. Aggarwal, Z. Q. Bo, "Non-unit protection technique for EHV transmission systems based on fault-generated noise Part1", IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 141, No.2, PP 133-147, 1994, 3
- [4] An IEEE Power Systems Relaying committee Working Group Report, "EHV protection problems", IEEE PAS, vol. PAS-100, No. 5, PP, 2399-2406, 1981. 5
- [5] 임 병호, 이 동준, 김 철환, 김 일동, "Fault-generated signal을 이용한 계전기 알고리즘의 최적 modal-transform 선정", 전력계통 보호기술 연구회 논문집, Vol.2, No.1, PP, 109-116, 1998, 11