

ACI 기법을 이용한 송전선로 고장 종류 판별에 관한 연구

박재홍* 이종범
원광대

A Study on the Algorithm for Fault Discrimination in Transmission Lines using Advanced Computational Intelligence(ACI)

Jae-Hong Park* Jong-Beom Lee
Wonkwang University

Abstract - This paper presents the rapid and accurate algorithm for fault discrimination in transmission lines. When faults occur in transmission lines, fault discrimination is very important. If high impedance faults occur in transmission lines, it cannot be detected by overcurrent relays. The method using current and voltage cannot discriminate high impedance fault. Because of this reason this paper uses voltage and zero sequence current, and the proposed algorithm uses fuzzy logic method. This algorithm uses voltage and zero sequence current per period in case of faults. Single line ground fault and three-phase fault can be detected using voltage. Two-line ground fault and line to line fault and high impedance can be detected using zero sequence current. To prove the performance of the algorithm, it test algorithm with signal obtained from ATPDraw simulation.

1. 서 론

산업 전반에 걸쳐 전기에너지에 대한 의존도가 높아지고 정보사회가 고도화됨에 따라 전력의 안정적인 공급과 질적 향상에 대한 요구가 급증하고 있으며, 전력시스템이 대용량화, 초고압화됨에 따라 송전선로에서의 사고는 전력계통 전반에 큰 영향을 미치기 때문에 신속한 고장 검출과 고장제거가 필요하다. 이러한 고장제거를 위해서는 무엇보다도 고장종류판별이 중요하다. 고장의 종류는 저저항사고라 할 수 있는 1선지락사고, 2선지락사고, 선간단락사고, 3상사고와 고저항사고라 할 수 있는 고저항지락사고로 분류할 수 있다. 기존의 고장종류판별 방법으로 기본파 전류, 전압을 이용하는 방법이 많이 제시되고 있다. 이러한 방법은 저저항사고일 경우에는 효과적이지만 고저항사고인 고저항지락사고일 경우에는 고장검출에 있어서 많은 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 2개 이상의 데이터를 이용해서 고장 종류를 판별해야만 한다.[1-3]

본 논문에서는 정확한 고장종류판별을 위해 ACI기법 중 하나인 퍼지추론방법을 사용하였다. 퍼지추론방법을 이용한 알고리즘에서 전압을 이용하여 1선지락사고, 3상 사고를 판별하였고, 2선지락과 단락사고, 고저항 지락사고는 영상전류를 이용하여 판별하였다. ATPDraw를 이용하여 154kV 송전선로를 모델링하여 본 알고리즘을 테스트하였다.

2. 전류, 전압 분석

2.1 전류의 변화

각 사고에 따른 3상 전류의 파형은 다른 크기와 형태를 나타내게 된다. 그림 1은 각 사고별로 3상 전류 파형을 나타낸 것이다. (a)는 정상상태일 때의 3상 전류 파형이고 (b)는 1선지락, (c)는 2선지락, (d)는 3선지락, (e)는 선간단락, (f)는 고저항지락사고시 전류 파형이다. 그림 1에서 알 수 있듯 사고가 발생했을 경우 상의 전류가 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. 고저항지락사고의 경우 다른 사고에 비해 전류의 크기가 작게 변하는 것을 알 수 있다.

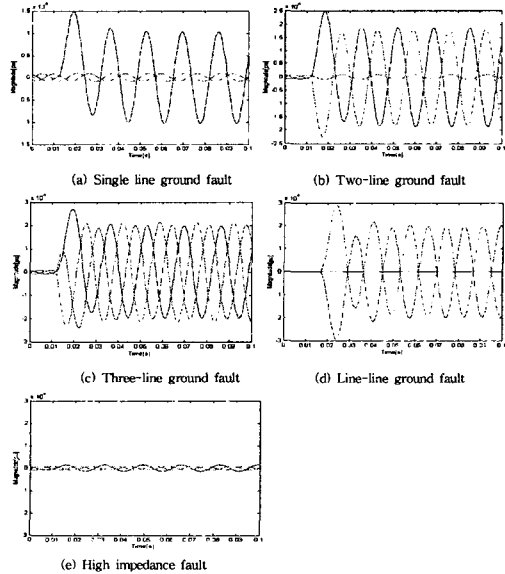


그림 1. 사고별 전류 파형

2.2 영상전류의 변화

그림 2는 각 사고별 영상전류 파형을 나타낸 것이다. 2선지락사고와 선간단락사고의 경우 전류와 전압으로는 판별이 용이하지 않다. (c)와 (f)에서 2선지락사고와 선간단락사고의 차이점을 확실하게 알 수 있다.

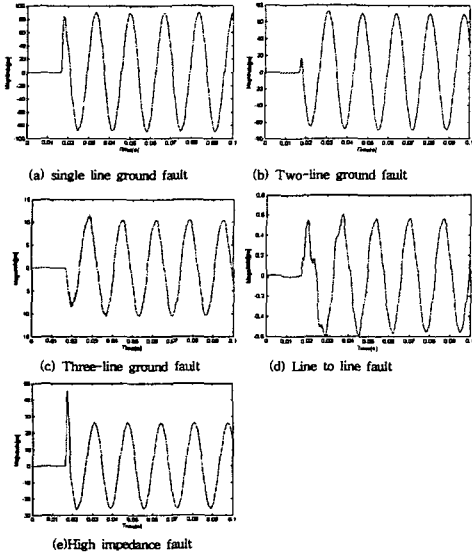


그림 2. 사고별 영상전류 파형

2.3 전압의 변화

그림 3은 사고별 전압 파형을 나타낸 것이다. 전압 파형에서 각 사고의 종류에 따라 사고상의 전압이 급격히 낮아짐을 알 수 있다. 그러나 고저항사고의 경우 정상상태와 큰 차이점이 없어 고저항사고를 판별함에 있어서 전압은 적절치 못하다.

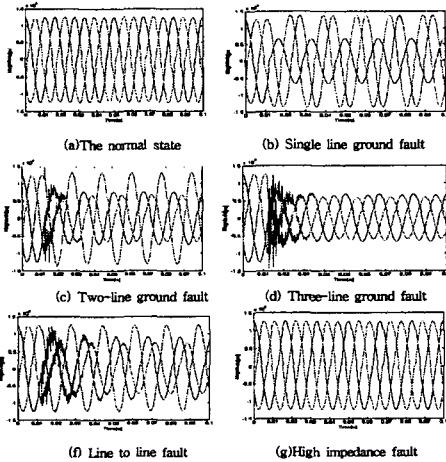


그림 3. 사고별 전압 파형

3. 고장판별 알고리즘

3.1 퍼지추론

퍼지이론의 적용은 전문가의 지식과 기존의 수학적 계산에 의한 방법을 결합할 수 있다. 또한 기존의 정의들을 퍼지 집합들로 정의를 확장하여 인간이 보는 관점에서 의사결정을 할 수 있으며 기존 시스템에 비하여 쉽고 정확하게 결론에 도달할 수 있다. 퍼지기법을 고장종류 판별에 적용하는 방법으로는 각 입력전압, 영상전류

를 퍼지 집합으로 하여 고장종류를 판별하는 것이다.

$$\begin{aligned} \text{Rule If } x_1 \text{ is } A_{i1}, \dots, \text{ and } x_k \text{ is } A_{ik}, \\ \text{Then } y_i = f_i(x_1, \dots, x_k) \end{aligned} \quad (1)$$

[단계 1] 규칙 I의 전부분 적합도 계산

$$w_i = \mu_{A_{i1}}(x_1) \wedge \dots \wedge \mu_{A_{ik}}(x_k) \quad (2)$$

[단계 2] 각 규칙의 추론 결과

$$y_i = w_i \times f_i(x_1, \dots, x_k) \quad (3)$$

[단계 3] 최종 추론결과(비퍼지화)

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n w_i f_i(x_1, \dots, x_k)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4)$$

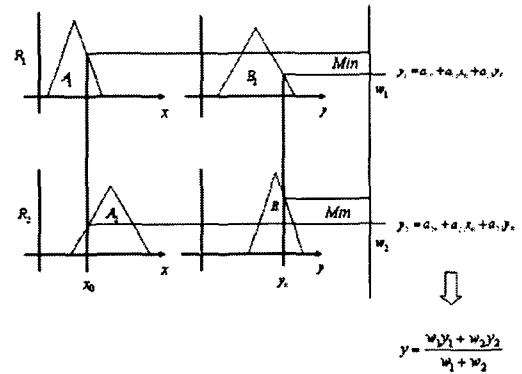


그림 4. 2 입력, 2 규칙 선형추론법

3.2 알고리즘 흐름도

본 논문에서 제시하는 알고리즘은 영상전류를 이용하여 2선지락사고, 선간단락사고, 고저항사고를 판별하였고, 전압을 이용하여 1선지락과 3상사고를 판별하였다.

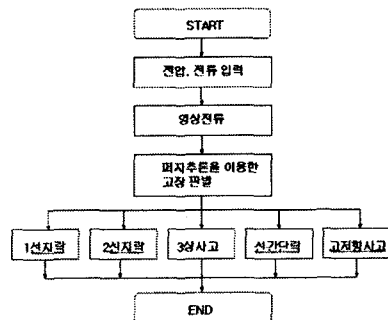


그림 5. 알고리즘 흐름도

3.3 모델링

ATPDraw를 이용하여 동서울-청평간 154kV 송전선로를 모의하였다. 모의된 계통을 이용하여 10km, 20km 지점에서 고장발생각 0°, 90° 사고를 모의하여 얻은 전압, 전류 값을 입력값으로 하였다. 샘플수는 64로 하였다.

3.4 고장판별을 위한 시험 조건

제안된 알고리즘을 시험하기 위해서 고장 거리, 고장각 등을 변화시키면서 시험하였다.

표 1. 알고리즘 시험 조건

| | |
|-------|---------------------------------------|
| 고장 종류 | 1선지락 2선지락 3상사고 선간단락 고저항사고 |
| 고장발생각 | 0° 90° |
| 고장 거리 | 10km 20km |

4. 판별 결과

그림 6은 알고리즘을 통한 출력을 나타낸 것이다. 알고리즘의 입력은 사고 전후 1주기 평균값을 사용하였다. (a)는 1선지락사고로 2라는 출력을 나타내고, (b)는 2선지락사고로 4를 출력, (c)는 3상사고로 6을 출력, (d)는 선간단락사고로 8을 출력, (e)는 고저항사고로 10을 출력하고 있다.

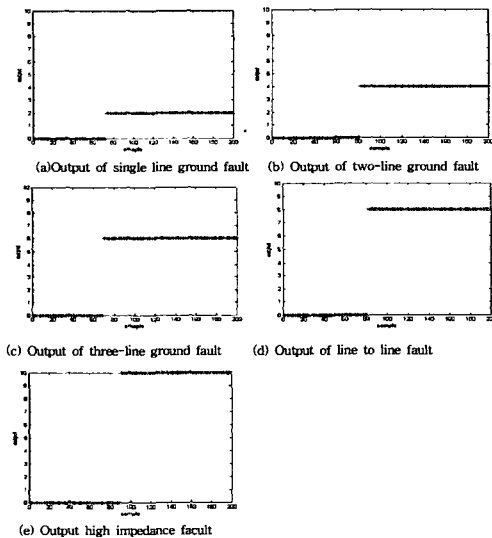


그림 6 판별 결과

표 2. 사고 판별 시간

| 고장종류 | 사고판별 sample | 판별 시간[s] |
|-------|-------------|----------|
| 1선지락 | 8.2 | 0.002132 |
| 2선지락 | 10.5 | 0.00273 |
| 3상사고 | 12.4 | 0.003224 |
| 선간단락 | 9.5 | 0.00247 |
| 고저항사고 | 24.7 | 0.006422 |

5. 결론

전력 계통에서 송전선로 보호는 안정된 전력 공급을 위해서 매우 중요하다. 송전선로 사고 시 그 파급 효과가 광범위하게 늘어나는 것을 방지하기 위해서 신속한 사고검출 및 종류 판별을 하여 대처하여야 한다.

본 논문에서 고장 종류 판별을 위해서 전압과 영상전류를 이용한 퍼지추론방법을 사용하였다. 모델링은 동서울-청평간 154kV 실계통을 모의하였고, 고장 발생각을 0°, 90°로 하여 모의 하였다. 논문에서 제안된 알고리즘을 통해 모의한 계통을 사고별로 시험한 결과 정확한 값을 얻을 수 있었다. 고장 판별 시간에 있어서도 반주기 내로 비교적 빠른 결과를 나타내었다.

논문에서 제안된 알고리즘은 가공송전선로만을 대상으로 하고 있다. 그러나 현재 송전선로에 있어서도 지중케이블이 증가하고 있는 추세이므로 지중케이블 고장 종류 판별에 있어서도 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2003-B-274) 주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- 정호성의 2명, "최소자승법을 이용한 적응형 테이터 원도우의 거리계전 알고리즘", 전기학회논문지, 51A권, pp371-378, 2002
- 여상민의 1명, "신경회로망과 고장전류의 변화를 이용한 고장판별 알고리즘에 관한 연구", 전기학회논문지, 49A권, pp404-411, 2000
- "지능형 보호계전기 연구개발(I)", 한국전력공사 전력연구원 최종보고서, 1998
- 오성권, "C 프로그램에 의한 퍼지모델 및 제어시스템", 내하출판사, 2002
- 이현엽의 1명, "MATLAB을 이용한 퍼지-뉴로", 아진, 1999
- "직접접지계통 송전선로 고저항 지락보호대책 연구", 한국전력공사 전력연구원 중간보고서, 1996
- 오성권, "프로그래밍에 의한 컴퓨터 지능", 내하출판사, 2002