

설정치 변경에 의한 영상과전류계전기의 성능개선

김남호, *윤달순, 장성일, 최정환
강원대학교

Developed Ability of Zero-phase Overcurrent Relay by Changed setting point value

N.H. Kim, *D.S. Yoon, S.I. Chang, J.H. Choi
Kangwon National University

Abstract - This paper presents a method, which develops an ability of Zero-phase Overcurrent Relay. Zero-phase current is very useful factor of Fault decision in Protect Relaying system. Actually, the setting-point value of Designed Relay, using Zero-phase current, is fixed. So in the case of deciding fault, Fixed setting-point value is not suitable for changing Load, and cause errors in Distributions system. For solving this problem, This paper proposes the Changed setting point value Algorithm, which can be adaptive for changing Distributions system using Zero-phase current r.m.s. indexes. The results of simulation under Load changing and High impedance fault show that proposed algorithm is useful for changing Distributions system and decreasing errors.

1. 서 론

배전계통에서의 사고는 많은 경우에 있어서 불평형 고장으로 되기 때문에 각 배전선에서는 비대칭 전류가 흐르게 된다. 따라서 이러한 불평형 고장에 대한 해석법이 많이 쓰이고 있는 대칭 좌표법(method of symmetrical coordinate)을 이용하여 해석을 한다. 영상전류(Zero-phase current)를 대칭좌표법(method of symmetrical coordinate)으로써 해석하면 크기와 위상각이 같은 평형단상전류로써 3상에 공통적으로 포함되어 있는 것이고, 기본적으로 이상적인 정상상태, 즉 평형3상 상태일때는 영상전류가 검출되지 않지만, 배전계통의 사고시 영상부하의 증가로 인해서 계통의 불평형 현상이 발생하고 이때 영상전류가 검출되어 이것을 이용하여 사고판단의 하나의 지수로써 활용하여 사고판단을 하는 것이다.

기존의 영상과전류계전 방식은 영상전류가 허용치 이상 검출될 경우 이를 사고로 판단하는 구조로써 동작레벨이 고정되어 있다. 따라서 동작레벨이 고정되어 있는 방식으로는 사고시 영상전류가 허용치이하로써 검출이 되는 경우에는 이를 사고로 판단하지 못하여 배전계통에 고장 발생시 계전기가 동작되지 않아 설비 피해가 확대되거나, 동작되지 말아야 할 현상에 계전기가 오부동작하여 불필요한 정전피해를 일으키는 사례가 적지 않아 전력 공급 신뢰도 유지 및 설비안전확보에 큰 어려움이 있다. [1-3]

본 논문에서는 이러한 오동작, 오부동작을 개선하기 위해 영상전류 실효치 지수를 이용하여 허용치 설정시 설정치 값들을 부하의 변화에 따라 능동적으로 변화하는 설정치 변경알고리즘을 제시하고자 하는 것이다.

2. 배전계통에 대한 모델링

계통의 변화에 대해 부하증가시와 사고시를 각각 모의

를 하였다. 부하증가를 모의하기 위해서 단락용량이 100[MVA]인 22.9[kV] 배전계통을 선택하였다. 사용한 배전선은 ACSR 160 mm²와 1800 mm 길이의 완금에 설치되었으며, 1회선용의 데이터를 사용하였다. 한 배전선에서 담당할 수 있는 부하는 최대 10[MVA]로 하였다.

2.1 부하증가에 관한 모델링 [4]

1) R-L 선형부하

배전선의 전체 길이를 10(km)로 하였고, 전원에서 1(km)마다 1(MVA)씩 총 10(MVA)의 Full 부하와 2(km)마다 1(MVA)씩 총 6(MVA)의 Half 부하를 연결하였으며, R-L부하의 역률은 99%가 되도록 하여 고저항 사고를 모의 하였다.

2) R-L-컨버터

배전선의 전체 길이를 2(km)로 하였고, 말단에 4(MVA)의 삼상 컨버터 부하를 연결하였고 1(km) 지점에 역률 99%의 2(MVA)인 R-L 부하를 연결하여 Half 부하의 총 용량이 6(MVA)가 되도록 하였으며, 또한 컨버터 부하의 용량이 8(MVA)로 하여 Full 부하 10(MVA)를 계통에 연결 하였다. 그리고 삼상 컨버터 부하를 배전선에 연결할 수 있도록 22.9[kV]의 전압을 220[V]로 감압 시키기 위하여 삼상 변압기를 사용하였다.

3) 아크로 부하증가

배전선의 전체 길이를 2(km)로 하였고, A상 말단에 2(MVA)의 아크로 부하를 연결하였고 B, C상에는 계통 평형을 위하여 역률 99%, 용량 2(MVA)인 R-L 부하를 연결하여 Half 부하의 총 용량이 6(MVA)이 되도록 하였으며, 또한 같은 방법으로 Full 부하 12(MVA)를 계통에 연결 하였다. 아크로의 입력 전압으로 22.9[kV]의 전압을 220[V]로 감압 시키기 위하여 단상 변압기를 사용하였다.

2.2 고저항사고에 관한 모델링 [4]

부하증가시와 동일한 부하조건에서 각 부하에 따라 고저항 사고를 모의하였다.

3. 영상전류 실효치 지수의 생성

배전계통의 변화와 사고때의 영상전류의 변화추이를 관찰하기 위하여 영상전류 실효치 지수를 생성하여 이를 비교분석하기 위하여 다음과 같이 수행하였다. 3상의 전원에 연결된 각각의 부하에 대해 부하증감과 고저항사고를 모의하기 위해서 EMTP를 수행하여 1주기동안에 16sample 의 데이터를 취득하였다.

t시점에 있어서의 영상전류 순시치(i_i^0)는 식(1)같이 구해진다.

$$i_i^0 = \frac{i_i^a + i_i^b + i_i^c}{3} \quad (1)$$

여기서 i_i^a, i_i^b, i_i^c 는 t시점에 있어서 각각 A, B, C상의 순시전류치를 나타낸다. 그러나 배전계통내에는

여러 가지 원인에 의하여 외란이 빈번하게 나타날 가능성이 많아 변화추이를 분석하기 어렵다. 따라서 t시점에 있어서 영상전류의 실효치 (I_t^0)는 식(2)와 같이 구해진다.

$$\text{영상전류 실효치 } (I_t^0) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{15} (i_{t-i}^0)^2}{16}} \quad (2)$$

i_{t-i}^0 는 (t-i)시점의 영상전류 순시치를 나타낸다. 부하증가와 사고에 대한 알고리즘을 적용시 영상전류의 흐름에 선형성을 부여하여 규칙성을 부여하고자 영상전류 실효치 지수를 생성한다.

본 알고리즘에 사용되는 t시점에 있어서의 영상전류의 실효치 지수 (OI_t^0)는 식(3)같이 정의된다.

$$\text{영상전류 실효치 지수 } (OI_t^0) = \frac{\sum_{i=0}^{15} I_{t-i}^0}{16} \quad [A] \quad (3)$$

I_{t-i}^0 는 (t-i)시점의 영상전류 실효치를 나타낸다.

4. 설정치 변경알고리즘의 개발

사고검출물에서 기존의 영상과전류계전기와 같이 설정치가 고정된 논리를 갖고 계전기를 설계시에는 평상시에도 계통의 불명형이 심한 조건에서는 이를 사고로 오부동작하거나, 설정치 이하의 영상전류가 검출되는 고저항 사고시에는 이를 사고로 판단하지 못하는 경우가 있다. 이에 대해 기준설정치를 제시하여 평상시에 부하변화에 따른 영상전류의 흐름에 대한 기준으로 삼아 계통의 변화에 따라 기준설정치를 변화시켜 나가면 사고판단에 있어서의 오류를 줄일 수가 있다. 위와 같이 영상전류 실효치지수를 이용하여 기준설정치가 제시된 사고검출물에 퍼지이론을 적용한 사고검출알고리즘으로써 사고를 판명하고 계통변화에 알맞는 설정치 변경알고리즘을 제시하여 영상과전류계전기의 성능향상을 도모하고자 한다.

4.1 사고검출알고리즘

본 논문에서는 영상전류의 실효치지수를 생성하고, 이를 이용하여 사고판단에 퍼지이론을 적용하여 사고검출 알고리즘을 구성한다.[5-6]

이와 같은 영상전류 실효치 지수에 대해 그림 1과 같은 소속도와 소속함수의 형태를 갖는 퍼지멤버쉽함수를 제안한다. 실효치지수(OI_t^0)에 대한 언어값을 '크다'라는 퍼지집합을 정의하고, 이에 대한 퍼지멤버쉽함수는 그림 1과 같이 정의 된다. 이때 퍼지 멤버쉽 함수에 있어서 기준이 되는 설정치(OI_{set})를 제시하고, 이는 다음에 설명될 영상전류 실효치 지수 설정치 변경알고리즘에 의해 계통변화에 따라 Adaptive하게 변경된다.

그리고 알고리즘의 사용의 편의성을 도모하기 위하여 OI_{set} 의 최초 초기치는 10[A]로 설정하였다.

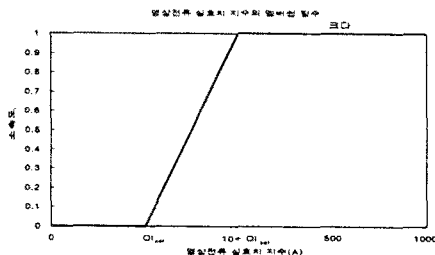


그림 1. 영상전류 실효치 지수에 관한 퍼지멤버쉽함수

그림 1에서 소속도가 1인 경우를 확실한 사고 영역이

라 하고 소속도가 0인 경우는 확실히 사고가 아닌 영역, 그리고 나머지 영역을 나누어서 다음과 같은 사고가능성에 대한 퍼지를 베이스는 사고가능성 값이 0.9이상 일 때 이것을 사고로 판단한다.

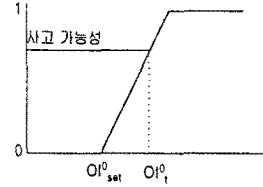


그림 2. 영상전류 실효치 계전 사고가능성

그림 3과 같이 영상전류 실효치 지수를 이용하여 사고라고 판단이 약 한주기 이상 계속되면 이를 최종적으로 사고로 판단하게 된다.

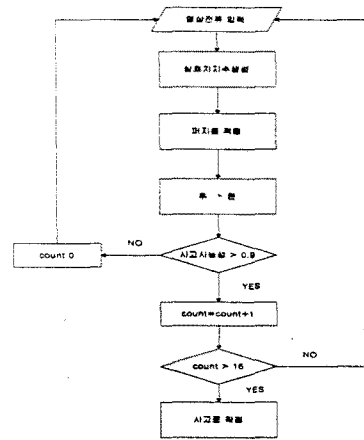


그림 3. 사고 검출 알고리즘 흐름도

4.2 설정치 변경알고리즘

설정치의 변경은 영상전류의 사고검출 알고리즘을 대상으로 하여 기준설정치를 변화하도록 하는 것이다. 계통의 변화 즉 부하의 변화에 대하여 설정치가 adaptive하게 변화할 수 있도록 룰을 구성하였다.

부하변화의 조건은 부하변화일때는 변경알고리즘을 수행하고 사고일때는 수행하지 않는 조건을 만족해야한다. 현재의 영상전류실효치 지수와 기준설정치와의 차이가 5A 이상이고, 1주기전의 영상전류 실효치지수와와의 차이가 3A 이하일 때 부하의 변화라고 분석되는데 이는 사고시 과도상태 후 사고상태일때와도 유사한 변화추이를 가지고 있으므로 사고검출알고리즘에 의해서 사고로 판명되면 설정치 변경알고리즘을 수행하지 않도록한다. 결국 검출된 부하변화의 추이가 사고로 판명되지 않을 경우에는 설정치 변경을 하는 것이다.

이러한 설정치 변경알고리즘에 있어서 영상전류 실효치 지수의 초기값은 10[A]로 설정하였다. 이에 대한 흐름도를 나타내면 그림 4와 같고 여기서 사용되는 변수는 다음과 같이 정의된다.

$OI_{set} = 10[A]$ (영상전류 실효치 지수의 초기값)

$\Delta OI_t^0 = 5[A]$ (이상상태 검출을 위해 기준레벨이 되는 OI_{set} 과 현재 영상전류 실효치 지수의 차이)

$\Delta OI_t^0 = 3[A]$ (이상상태 검출을 위해 기준레벨이 되는 1주기 사이의 영상전류 실효치의 변화)

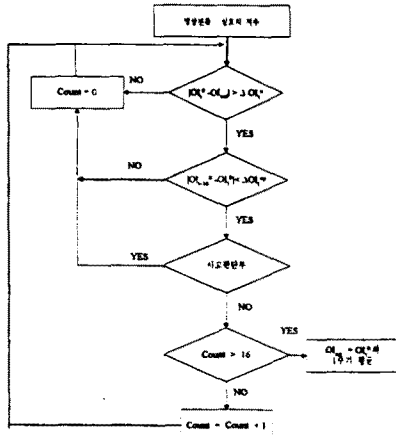


그림4. 설정치 변경 알고리즘 흐름도

그림4와 같이 알고리즘을 적용후 부하변화로써 판단이 되고, 최종사고 검출 알고리즘에서 사고가 아님이 1주기만 계속이 되면 과거 한주기 평균의 영상전류 실효치 지수의 값이 새로운 설정치로 변경이 된다.

$$\text{설정치 } (OI_{set}) = \frac{\sum_{i=0}^{15} OI_{t-i}^0}{16} [A]$$

여기서 OI_t^0 의 값은 부하변화로 최종판단되는 값

그림5에서 보듯이 영상전류 실효치 지수의 멤버십 함수는 영상전류 실효치 지수의 설정치가 변함에 따라 가로축으로 평형하게 이동하도록 만들어, 새로운 기준에서 사고판단을 하게 되어 사고가 아닌 부하의 증가 혹은 감소일때, 사고판단의 오동작을 줄이게 된다.

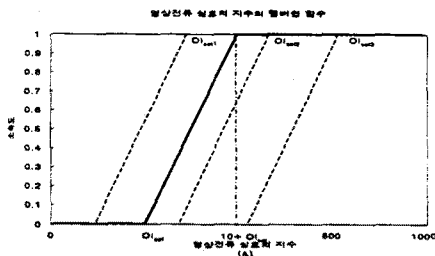


그림5. 설정치 변경에 의한 퍼지멤버십함수의 변화도

5. 설정치 변경 알고리즘 테스트

본 논문에서는 계통의 변화에 능동적으로 대처할수 있도록 영상전류 실효치 지수 설정치를 계통의 변화에 Adaptive하게 변화하여 오동작을 줄일 수 있다. 영상전류 실효치 지수 설정치 변경은 초기 영상전류 실효치 지수 설정치값, 현재 계통의 영상전류 실효치 지수 값과 한주기 전의 계통의 영상전류 실효치 지수 값에 의하여 설정치가 변경되며, $OI_{set} = 10 [A]$, $\Delta OI_{set}^0 = 5 [A]$, $\Delta OI_{set}^1 = 3 [A]$ 으로 설정하여 다음과 같은 영상전류 설정치 변경 알고리즘을 테스트한다.

그림6과 그림7과 같이 R-L, R-L+컨버터 부하시 계통은 평형상태를 유지하여 영상전류가 0에 가깝게 검출되고, 이때 평형부하증가를 실행하였으므로 영상전류가 변화가 없고, 이에 대해 영상전류 설정치가 감소함을 볼 수 있다. 그림8인 경우는 아크로 부하증가시 계통의 불평형으로 인해 영상전류가 검출이 되고, 단상부하를 증가시켰으므로 계통에 불평형이 증가하여 영상전류가 증가하고 되고 증가된 영상전류에 대해 영상전류 설정치

가 증가하게 되었다.

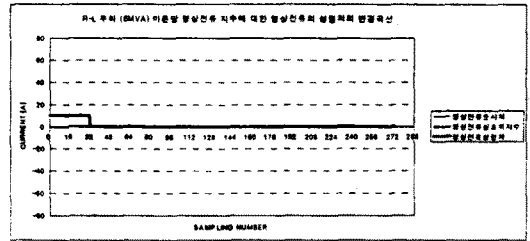


그림6. R-L 부하증가 (6→8(MVA))

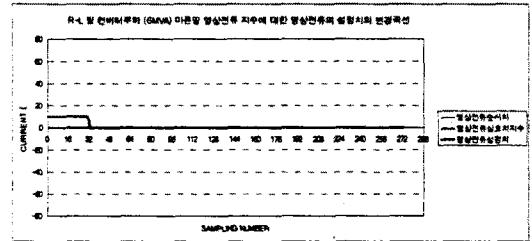


그림7. R-L 및 컨버터 부하증가 (6→8(MVA))

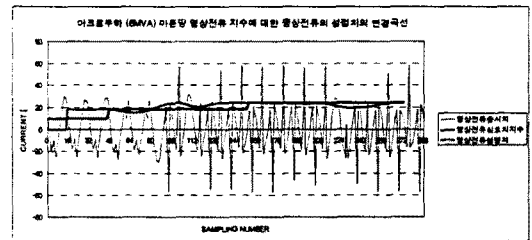


그림8. 아크로 부하증가 (6→8(MVA))

6. 결 론

기존의 영상전류검출 계산방식에서 설정치가 고정되어 있는 경우는 정상시에도 불평형이 발생할 가능성이 높은 배전계통에서 신뢰도를 떨어뜨릴 수가 있다. 이에 계통 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 영상전류 실효치에 의한 사고판정부에 있어서의 사고판정레벨이 계통상태에 따라 자동적으로 변화할 수 있는 적응형의 보호계전 알고리즘을 제안하여 신뢰성을 향상시켰다.

(참 고 문 헌)

- [1] A.G. Phdke, M. Ibrahim, T. hlibika, "Fundemental basis for distance relaying with symmetrical component," IEEE Transaction on power apparatus and system, Vol. Pas 96, No.2, pp. 635~646, March/April 1977
- [2] W.A Elmore, "Protective Relaying Theory and Application", ABB Power T&D Company Inc., pp. 145-165, 1994
- [3] L.A. Pipes, "Transient Analysis of symmetrical Networks by the Method of symmetrical components," A.I.E.E. Transactions, Vol.59, pp. 457~459, 1940
- [4] 장성일의, "EMTP를 이용한 배전계통의 고저항 사고 모델링", 강원대학교 석사학위논문 1998.2
- [5] B. Kasztenny, et al., "A Self-Organizing Fuzzy Logic Based Protective Relay - An Application to Power Transformer Protection", IEEE SM 383-3 PWRD, 1996
- [6] G.J Klir Tina A. Folger, "Fuzzy Sets, Uncertainty and Information", Prentice Hall pp. 114-118, 1992