

푸리에 변환을 이용한 다중 재폐로방식에서의 사고전류 특징 추출

論 文
49A-2-2

Feature Extraction of Fault Current using Fourier Transform in the Multi-Shot Reclosing Scheme

吳正桓*·尹尙潤*·金載哲**
(Jung-Hwan Oh · Sang-Yun Yun · Jae-Chul Kim)

Abstract - This paper presents the feature extraction of fault currents related to the multi-shot reclosing scheme in the power distribution system. In order to get the fault current waveform, we have measured the fault currents by the fault recorders which have been installed at the secondary side of 154/22.9[kV] substation transformer. These waveforms are classified into temporary and permanent faults. For the classified waveforms, Fourier transform is used to extract the feature of the fault current waveforms. After the waveforms are analyzed by using Fourier transform, the magnitude spectrum and the relative variation of THD (Total Harmonic Distortion) are calculated. And then the relative variation of THD is great in the temporary faults, and is small in the permanent faults.

Key Words : Multi-Shot Reclosing Scheme, Feature Extraction, Fourier Transform, THD (Total Harmonic Distortion)

1. 서 론

배전계통의 다중 재폐로방식(multi-shot reclosing scheme)은 일상생활에 미치는 영향이 가장 크다고 할 수 있는 보호방식이다. 다중 재폐로방식은 일시사고(temporary fault)가 발생하였을 경우 정전구간과 영구 정전구간을 축소시킴으로써 전력공급 신뢰도를 향상시키는데 크게 기여하고 있다[1]. 반면에 영구사고(permanent fault)에 대한 재폐로는 연속적인 사고전류 유입으로 인한 전력설비 열화[2] 및 순간전압강하로 인한 전력품질 저하[3,4]를 초래할 뿐만 아니라 재투입으로 인한 과도현상을 발생시킨다는 단점이 있다. 재폐로방식이 갖는 양면성을 고려할 때, 일시사고와 영구사고를 구분하여 재폐로 또는 사고선로 트립을 결정할 수 있다면 전력 공급신뢰도 향상이라는 장점을 최대화하고 전력설비 열화, 전력품질 저하 등의 단점을 최소화할 수 있다. 이러한 사고형태를 구분할 수 있는 재폐로방식을 구현하기 위해서는 일시사고와 영구사고의 특성을 나타낼 수 있는 사고 신호의 특징 추출이 선행되어야 한다.

재폐로방식과 관련된 특징 추출은 송전계통의 단상 재폐로 방식에 대하여 연구되었다. 이들 연구에서는 송전계통에서 단상사고가 발생하여 사고선로를 트립하였을 때, 발생하는 2차 아크를 푸리에 변환[5,6]과 웨이블릿 변환[7]하여 특징을

추출하였다. 추출된 특징을 바탕으로 일시사고와 영구사고를 구분함으로써 발생한 사고에 대하여 재폐로 또는 차단기 트립을 결정하였다. 배전계통의 재폐로방식과 관련된 사고 신호의 특징 추출은 대부분 순간전압강하에 의한 전력품질 문제[4]를 다루고 있다.

본 논문은 배전계통의 다중 재폐로방식과 관련된 사고전류의 특징을 푸리에 변환하여 추출하였다. 일반적으로 3상 2회 재폐로방식을 적용하는 국내 배전계통에서 첫 번째 재폐로가 실패한 경우, 두 번째 재폐로를 수행하기 전에 사고 순간과 첫 번째 재폐로 순간의 사고전류를 검출할 수 있다. 위의 2개의 사고전류를 이용하여, 두 번째 재폐로가 성공한 일시사고와 실패한 영구사고에 대한 특징을 추출하였다. 사고전류 파형은 배전용 변전소의 전력용 변압기 2차측에 설치한 사고기록계(EDRAC1601)를 통하여 취득하였고, 이것을 보호계전기 동작월보의 재폐로 성공/실패 기록과 비교하여 일시사고와 영구사고 파형으로 분류하였다. 분류된 사고에 대하여 2개의 전류 파형 즉, 사고 순간과 첫 번째 재폐로 순간의 전류 파형을 푸리에 변환하여 진폭 스펙트럼과 전고조파왜곡(Total Harmonic Distortion : THD)을 계산하였다. 사고 순간과 첫 번째 재폐로 순간의 THD의 상대적인 변화량을 산출함으로써 일시사고와 영구사고의 특징을 추출하였다.

2. 재폐로방식

2.1 국내 배전계통의 다중 재폐로방식

국내 배전계통의 가공선로에서는 3상, 2회 중속도 재폐로 방식을 적용하고 있으며, 가공선로와 지중선로가 혼재된 가공

*正 會 員 : 崇實大 工大 電氣學科 博士課程

**正 會 員 : 崇實大 工大 電氣學科 教授 · 工博

接受日字 : 1999年 9月 16日

最終完了 : 1999年 12月 28日

+지중 복합선로에 대한 재폐로방식은 전체 선로에서 지중이 점유하는 비율에 따라 재폐로방식을 설정하고 있다[8]. 그림 1은 2회 재폐로방식을 적용하는 배전계통에서 재폐로방식이 실패한 경우의 동작 순서를 전류 파형과 비교하여 나타낸 것이다.

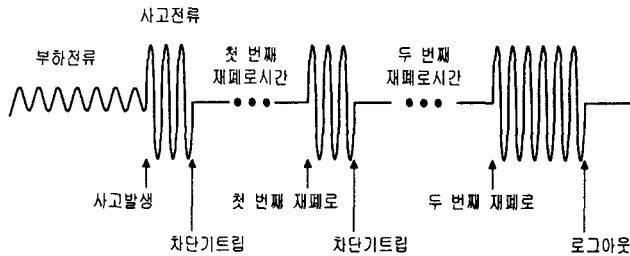


그림 1 영구사고에 대한 재폐로 동작 순서와 전류 파형
 Fig. 1 Reclosing sequence and current waveform for permanent fault

그림 1에서 보는 바와 같이 사고가 발생하면 차단기를 트립하고, 첫 번째 재폐로 시간 경과 후 차단기를 재투입함으로써 첫 번째 재폐로를 수행한다. 첫 번째 재폐로 후에 사고가 제거되지 않았다면 다시 차단기를 트립하고 지정된 재폐로 시간 경과 후, 두 번째 재폐로를 수행한다. 영구사고일 경우에는 차단기가 로그아웃 됨으로서 사고선로는 계통에서 분리된다. 따라서 2회 재폐로방식을 적용하는 배전계통에서는 두 번째 재폐로를 시도하기 전에 사고 순간과 첫 번째 재폐로 순간에 각각 사고전류를 검출할 수 있기 때문에 2회의 사고전류를 비교·분석할 수 있다.

2.2 적응 재폐로방식

적응 보호(adaptive protection)는 전력계통 상황에 알맞게 보호특성을 변화시키기 위하여, 다양한 보호 기능을 자동적으로 조정하는 것이다[9]. 일반적으로 보호방식은 사고나 비정상적인 사건에 대하여 미리 정해진 방식으로 대응하도록 되어 있다. 모든 사고에 대하여 미리 정해진 보호방식으로 전력계통을 적절히 보호한다는 것은 매우 어렵기 때문에 사고 상황에 맞추어 보호방식을 적용시키는 것이 바람직하다.

최근 송전계통에서 단상사고가 발생하였을 경우, 일시사고와 영구사고를 구분하여 재폐로를 결정하는 적응 재폐로방식이 제안되었다[5,6,7]. 이 방식은 단상 재폐로방식을 적용하는 송전계통에서 단상사고가 발생하였을 경우, 사고상을 트립하였을 때 건전상으로부터 사고상으로 유도되는 2차 아크 특성을 이용한 것이다. 즉 2차 아크를 분석하여 사고 신호의 특징을 추출한 후에 일시사고와 영구사고를 분류함으로써 재폐로(또는 차단기 트립)를 결정하는 것이다. 사고 신호에 대한 특징 추출에 근거하여 사고형태를 분류하는 적응 재폐로방식은 그림 2와 같은 순서로 행하여진다. 전력계통으로부터 사고 신호를 입력받고 이 신호를 분석하여 특징을 추출한다. 추출된 특징에 근거하여 발생한 사고를 일시사고, 영구사고로 분류함으로써 재폐로 또는 차단기 트립을 결정한다. 이와 같이 사고 형태를 구분할 수 있는 적응 재폐로방식을 구현하기

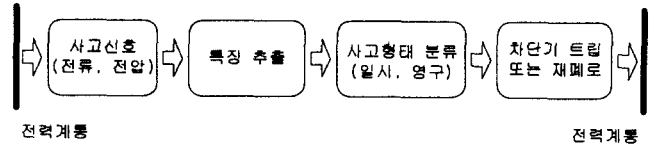


그림 2 특징 추출에 근거한 적응 재폐로방식
 Fig. 2 Adaptive reclosing scheme based on feature extraction

위해서는 사고 특성을 적절히 반영할 수 있는 사고 신호의 특징 추출이 필수적으로 요구된다.

3. 사고 파형 수집 및 분류

3.1 사고기록계를 이용한 사고 파형의 수집

특징 추출을 위하여 기초자료로 사용된 사고 파형은 사고 기록계를 이용하여 검출·수집하였다. 사고기록계는 미국 Macrodyne사의 ERDAC 1601 장치로 배전용 변전소에 설치하였으며, 주요한 규격은 표 1과 같다

표 1 사고기록계의 규격

Table 1 Specifications of fault recorder

제품명	샘플링 시간[μ s]	분해능[bit]
EDRAC 1601	25~4,000	8

사고기록계는 저장되는 데이터를 최소한으로 하기 위하여 샘플링 시간을 변화시킨다는 특징이 있다. 즉 사고가 발생 한 시점 전후에서는 샘플링 시간을 짧게 하여 정밀도가 높게 하고, 일정한 시간 후에는 샘플링 시간을 길게 하여 메모리를 절약할 수 있다. 사고기록계는 배전용 변전소(154/22.9[kV])의 #2, #3 전력용 변압기의 2차측에 설치하여 1991년 1월부터 1994년 12월까지 운용되었다[10]. 배전용 변전소에 설치된 사고기록계에 의해서 '94년 9월에 발생한 A상 사고에 대하여 측정된 전류, 전압 파형을 그림 3에 나타내었다.

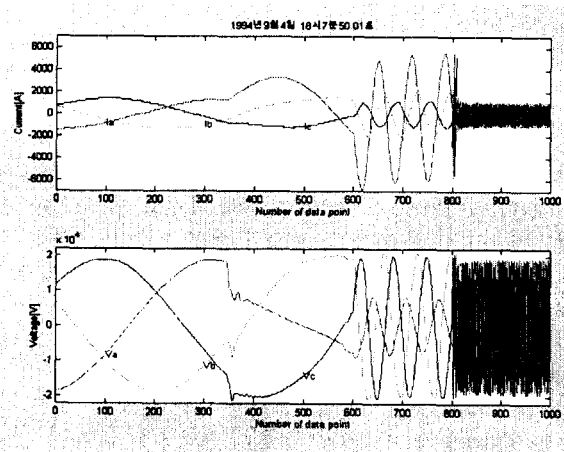


그림 3 전류·전압 파형의 예 (A상 사고)
 Fig. 3 Example of current · voltage waveform (A-phase fault)

그림 3에서 가로축은 데이터 포인트(N), 세로축은 전류, 전압 크기이다. 파형이 다른 시간 척도의 정현파 형태를 갖는 이유는 앞서 설명하였듯이 원 신호에 대한 샘플링 시간이 각 구간마다 다르기 때문이다. 그림 3의 경우 원 신호에 대한 샘플링 시간은 사고 발생 시점 전후에서는 25[μs], 그 이후 약 3[cycles] 기간은 250[μs]이고 나머지 기간에서는 4,000[μs]이다. 사고는 약 350[N]에서 발생하였고 최대 순시전류는 -7,000[A]이며, 전압은 9,000[V]로서 정상상태에 비하여 약 50[%] 정도 전압이 낮은 순간전압강하 현상을 관측할 수 있다. 또한 전류 파형으로부터 사고 시점 이후에는 직류 성분이 포함되어 있으며, 이 직류 성분은 지수형태로 감소함을 관측할 수 있다.

3.2 보호계전기 동작월보를 이용한 사고 파형의 분류

수집된 사고 파형을 다중 재폐로방식과 관련지어 일시사고와 영구사고로 분류하기 위하여 모델 계통의 사고기록을 수집·분류하였다. 사고기록은 모델 계통의 ‘보호계전기 동작월보’를 이용하여 수집하였다[11]. 보호계전기 동작월보는 변전소에서 관리하는 전력계통에서 발생한 사고에 대하여 계전기 동작 일시, 동작된 계전기, 사고 선로, 재폐로 결과(성공/실패) 등을 기록한 일지이다. 1991년 1월~1994년 12월의 보호계전기 동작월보를 분류한 결과 4년간의 총 사고는 306건이 발생하였으며, 송전계통에서 발생한 사고는 12건, 배전계통에서 발생한 사고는 294건으로 조사되었다. 이 중에서 사고기록계가 설치된 #2, #3 전력용 변압기와 연결된 계통에서 발생한 사고 및 재폐로 성공/실패 횟수를 표 2에 수록하였다.

표 2 사고 및 재폐로 성공/실패 횟수 ('91~'94)

Table 2 Number of system fault and successful/unsuccessful reclosing ('91~'94)

변압기 \ 횟수	총사고	재폐로 결과			
		1회성공	2회성공	1회실패	2회실패
# 2 변압기 (배전선로:8개)	164	61	7	9	16
# 3 변압기 (배전선로:4개)	98	64	11	3	11

#2, #3 전력용 변압기에서 전력을 공급하는 계통에서 발생한 사고는 262건으로 모델 계통의 전체 사고의 89[%]를 차지하고 있다. 표 2에서 총 사고 횟수와 재폐로 성공/실패 횟수가 차이를 나타내는 이유는, 선로가 완전 지중 케이블로 구성되어 있거나 재폐로 계전기가 운휴 중이면 사고가 발생하여도 재폐로를 수행하지 않기 때문이다. 이 중에서 두 번째 재폐로가 성공한 일시사고는 18개이고, 두 번째 재폐로가 실패한 영구사고는 27개이다.

사고기록계와 보호계전기 동작월보의 재폐로 성공/실패, 사고 발생시간을 비교함으로써 서로 일치하는 파형을 일시사고 또는 영구사고로 분류하였다. 그 결과, 사고기록계의 예러로 인하여 검출된 파형을 복원할 수 없는 경우와 동작월보의 사고기록은 있으나 사고기록계에는 파형 검출이 안된 경우를

제외하고 10개의 일시사고와 9개의 영구사고 파형을 획득하였다. 전압 파형의 경우 사고로 인한 순간전압강하 현상을 관측할 수 있었으나 일시사고와 영구사고를 구분할 수 있는 두드러진 특징을 발견하지 못하였기 때문에, 본 논문에서는 사고전류 파형을 이용하여 특징 추출을 하였다.

4. 이산 푸리에 변환에 의한 특징 추출

4.1 다중 재폐로방식에서의 특징 추출 과정

단일 재폐로방식(single-shot reclosing scheme)을 채택하는 송전계통과는 다르게 배전계통에서는 다중 재폐로방식을 일반적으로 채택하고 있다. 단일 재폐로방식은 사고가 발생하였을 경우 차단기에 의한 사고선로 트립 후 1회 재폐로를 시도하는 것이며, 다중 재폐로방식은 사고선로 트립 후 2회 이상의 재폐로를 시도하는 것이다. 재폐로 횟수가 1회인 송전계통에서는 재폐로를 수행하기 전에 1회의 사고전류를 검출할 수 있다. 그러나 재폐로 횟수가 2회 이상인 배전계통에서는 두 번째 재폐로를 시도하기 전에 2회의 사고전류를 검출할 수 있다. 이러한 다중 재폐로방식의 특성을 이용하여 그림 4와 같이 사고전류의 특징을 추출하였다.

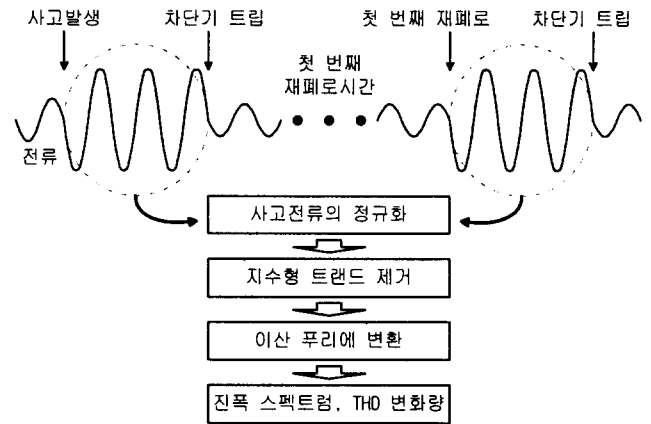


그림 4 다중 재폐로방식에서의 특징 추출 과정

Fig. 4 Procedure of feature extraction in the multi-shot reclosing scheme

그림 4와 같이 검출된 2개의 사고전류를 정규화하고 지수형 트랜드를 제거한 후에 이산 푸리에 변환하였다. 전류 파형의 진폭 스펙트럼과 THD를 계산하고, 이로부터 사고전류 파형의 상대적인 THD 변화를 산출하였다. 그림 4에서 차단기 트립 후에 전류가 계속적으로 흐르는 이유는 본 논문에서 대상으로 하는 사고전류가 전력용 변압기 2차측에 설치된 사고기록계를 통하여 검출되었기 때문이다. 사고 선로가 차단기에 의하여 트립된 경우, 사고가 발생하지 않은 배전 선로는 전력용 변압기를 통하여 지속적으로 전력을 공급받기 때문에 사고 전의 전류보다는 다소 적은 전류가 전력용 변압기의 2차측에 계속 흐른다.

4.2 이산 푸리에 변환에 의한 특징 추출

지수형 트렌드를 제거한 사고전류 $i_f(n)$ 에 대하여 N 개($n=0, 1, 2, \dots, N-1$)의 이산신호가 주어질 때 이산 푸리에 변환은 식 (1)과 같다.

$$I(k, \gamma) = D[i_f(n + \gamma\delta)] = \sum_{n=0}^{N-1} i_f(n + \gamma\delta) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk} \quad (1)$$

여기서, k : 고조파 성분($0, 1, \dots, N-1$)
 γ : 푸리에 변환하는 구간 순서 ($0, 1, \dots, m-1$)
 δ : $0.25[\text{cycle}] \approx 4.17[\text{ms}]$

식 (1)의 $I(k, \gamma)$ 는 주파수 성분 k 와 푸리에 변환하는 구간 순서 γ 의 함수이다. 본 논문에서는 샘플링 시간을 $250 [\mu\text{s}]$ 로 하였을 경우, $1[\text{cycle}]$ 에 해당하는 $N=67$ 개의 이산신호에 대하여 푸리에 변환을 하였고 $\delta = 0.25[\text{cycle}]$ 만큼 이동한 후에 다시 푸리에 변환을 반복하였다. 이로부터 각 구간의 진폭 스펙트럼 $|I(k, \gamma)|$ 를 계산하였다. 계산된 각 구간의 진폭 스펙트럼의 평균값을 사고전류의 진폭 스펙트럼으로 사용하였다. 즉, m 개의 구간으로 나누어진 사고전류의 진폭 스펙트럼은 각 구간의 평균값을 취하기 때문에 식 (2)가 된다.

$$|I(k)| = \frac{1}{m} \sum_{\gamma=0}^{m-1} |I(k, \gamma)| \quad (2)$$

파형의 비정현적인 특성을 정량화한 THD는 기본 주파수 성분의 실효값에 대한 다른 모든 주파수의 실효값의 비로 주어지며, 직류 성분이 영인 경우에 주로 사용된다. 일반적으로 적용되고 있는 디지털 보호계전기의 샘플링 간격이 한 주기 동안 12샘플링인 것을 고려하여[12], 본 논문에서는 제 5고조파 성분까지를 이용하여 식 (3)과 같이 THD를 계산하였다.

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^5 I_k^2}}{I_1} \quad (3)$$

여기서, I_1 : 기본파 전류의 실효값
 I_k : k 고조파 전류의 실효값

사고 순간에 흐르는 전류의 THD와 첫 번째 재폐로 순간에 흐르는 전류의 THD의 변화 정도를 상대적으로 비교하였다. 이것을 식 (4)와 같이 THD 상대 변화로 표시하였다.

$$\text{THD 상대변화} = \left| \frac{\text{THD}(\text{첫 번째 재폐로순간}) - \text{THD}(\text{사고 순간})}{\text{THD}(\text{사고 순간})} \right| \quad (4)$$

5. 사고전류의 특징

5.1 일시사고의 특징

일시사고로 분류된 전류 파형을 이산 푸리에 변환하여 진폭 스펙트럼을 계산한 후에 THD 상대 변화를 산출하였다. 일례로서 1993년에 발생한 일시사고의 전류 파형을 그림 5에 나타내었고, 전류 파형의 진폭 스펙트럼을 그림 6에 나타내었다. 그림 5에서 전류 크기는 정규화하지 않은 실제로 측정된

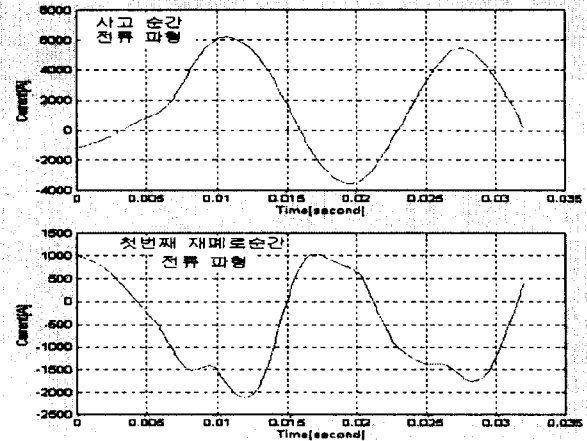


그림 5 일시사고 전류 파형의 예
 Fig. 5 Example of temporary fault current waveform

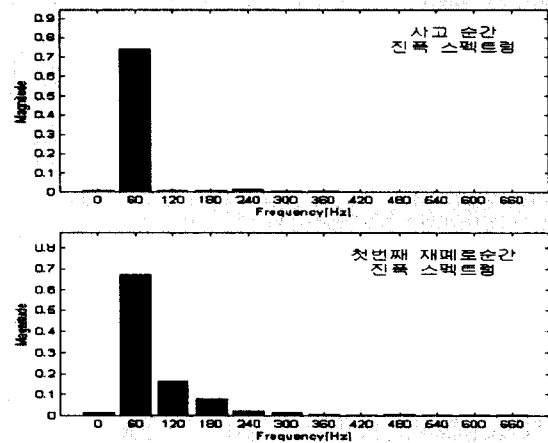


그림 6 일시사고 전류 파형의 진폭 스펙트럼
 Fig. 6 Magnitude spectrum of temporary fault current

표 3 일시사고 전류의 THD와 THD 상대 변화 (TF = Temporary Fault)

Table 3 THD and relative THD variation of temporary fault current (TF = Temporary Fault)

일시사고	THD	THD의 크기[%]		THD 상대 변화
	사고 순간	첫 번째 재폐로 순간		
1TF	2.8	92.1	31.98	
2TF	2.6	103.9	38.96	
3TF	13.9	89.2	5.42	
4TF	3.4	332.7	96.85	
5TF	1.9	27.4	13.42	
6TF	2.5	133.8	52.52	
7TF	1.6	118.0	72.75	
8TF	13.7	20.0	0.46	
9TF	4.2	155.1	35.92	
10TF	2.1	121.9	57.05	

크기이며, 지수형 트렌드가 사고전류에 포함되어 있음을 관측할 수 있다. 사고 순간의 파형은 지수형 트렌드 성분을 제거한다면 비교적 고조파가 포함되지 않은 정현파이나, 첫 번째 재폐로 순간의 파형은 왜곡되어 있기 때문에 고조파가 포함되어 있음을 알 수 있다. 그림 6은 정규화된 사고전류 파형의 진폭 스펙트럼이다. 사고 순간의 진폭 스펙트럼은 기본파 성분이 대부분을 차지하고 고조파 성분이 매우 적음을 알 수 있다. 그러나 첫 번째 재폐로 순간의 진폭 스펙트럼은 기본파 성분 이외에 제 2고조파, 제 3고조파 성분이 사고 순간과 비교하여 많이 포함되어 있음을 알 수 있다.

일시사고에 대한 THD와 THD 상대 변화를 종합하여 표 3에 수록하였다. Pentium II(266[MHz])로 계산하였을 경우, 하나의 사례에 대한 계산시간은 약 0.45[sec]로서 현재 KEPCO 배전계통의 두 번째 재폐로 시간인 15[sec] 이내에 계산이 가능하다. 표 3으로부터 사고 순간의 THD는 최대 14[%]로 비교적 적은 값을 나타내었다. 이것은 전류 파형에 포함된 고조파 성분이 적음을 의미하기 때문에, 사고 순간의 전류 파형은 비교적 정현파 형태를 유지하고 있음을 알 수 있다. 반면에, 첫 번째 재폐로 순간의 전류 파형은 THD가 일반적으로 크기 때문에 왜곡이 많다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 일시사고는 고조파의 상대적인 변화가 크다는 것을 표 3의 THD 상대 변화를 통하여 알 수 있으나, 예외적으로 사례 8TF의 경우 THD 변화가 매우 적었다. 일반적으로 일시사고는 THD 상대 변화가 5이상이며, 이것은 사고 순간과 첫 번째 재폐로 순간의 THD 변화가 사고 순간 THD의 5배 이상임을 의미한다. 따라서 일시사고 전류의 특징은 고조파 변화량이 크다고 할 수 있다.

5.2 영구사고의 특징

영구사고에 대한 전류 파형을 그림 7, 진폭 스펙트럼을 그림 8에 나타내었다. 그림 7로부터 사고 순간과 첫 번째 재폐로 순간의 전류 파형은 비교적 고조파가 포함되지 않은 정현파임을 알 수 있다. 그림 8로부터 사고 순간과 첫 번째 재폐로 순간의 진폭 스펙트럼은 기본파 성분이 대부분을 차지하고 고조파 성분이 매우 적음을 관측할 수 있다.

영구사고 파형에 대한 THD와 THD 상대 변화를 표 4에 수록하였다. 표 4에서 보는 바와 같이 사고 순간의 THD는 약 2~155의 다양한 값을 나타내었다. 이것은 고조파가 전류에 매우 다양하게 포함되어 있음을 나타내기 때문에, 파형의 왜곡도 다양하다는 것을 의미한다. 또한 첫 번째 재폐로 순간의 THD도 다양한 값을 나타내었으나 각각의 사고에 대한 THD를 비교하였을 때 변화량이 크지 않다는 것을 알 수 있다. 즉 영구사고는 THD 상대 변화가 2이하로서 적으며, 이것은 THD 변화가 사고 순간 THD의 2배 이하임을 의미한다. 따라서 일시사고의 THD 상대 변화와 비교하여 영구사고는 THD 상대 변화가 아주 적다고 할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 다중 재폐로방식과 관련된 사고전류를 푸리에 변환하여, 두 번째 재폐로가 성공한 일시사고와 실패한 영구사고의 특징을 추출하였다. 또한 다중 재폐로방식을 적용

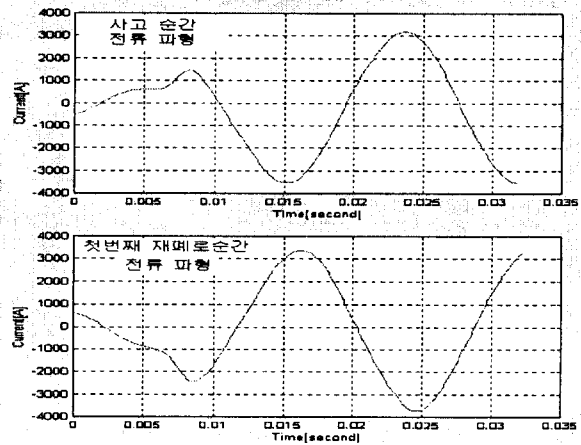


그림 7 영구사고 전류 파형의 예
Fig. 7 Example of permanent fault current waveform

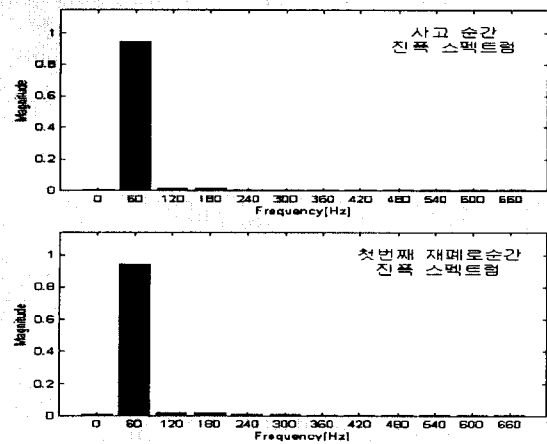


그림 8 영구사고 전류 파형의 진폭 스펙트럼
Fig. 8 Magnitude spectrum of permanent fault current

표 4 영구사고 전류의 THD와 THD 상대 변화 (PF = Permanent Fault)

Table 4 THD and relative THD variation of permanent fault current (PF = Permanent Fault)

영구사고	THD	THD의 크기[%]		THD 상대 변화
	사고 순간	첫 번째 재폐로 순간		
1PF	17.9	20.0	0.12	
2PF	76.7	49.3	0.36	
3PF	1.7	2.8	0.65	
4PF	30.9	32.3	0.04	
5PF	155.3	137.9	0.11	
6PF	2.5	3.7	0.48	
7PF	76.0	88.9	0.17	
8PF	2.9	3.0	0.03	
9PF	5.2	14.9	1.87	

하는 배전계통에서 사고형태(일시사고/영구사고)를 구분할 수 있는 특징 추출방법을 제안하였다. 사고기록계를 이용하여 검출한 사고 파형 즉, 사고 순간과 첫 번째 재폐로 순간의 전류 파형을 주파수 분석한 후에 진폭 스펙트럼과 상대적인 THD 변화를 계산함으로써 특징을 추출하였다. 일시사고는 THD 상대변화가 일반적으로 5이상의 값을 나타내었으므로 변화가 크며, 영구사고는 THD 상대변화가 2이하로 적음을 알 수 있다. 본 논문의 결과는 재폐로방식과 관련된 사고(일시사고/영구사고) 형태를 판별하는 데 기초자료로 활용될 수 있으며, 차후에 보다 많은 사례연구와 분석을 통하여 배전계통에서 적용할 수 있는 적응 재폐로방식을 개발할 예정이다.

본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원으로 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.(과제번호 : 981-0901-002-2)

참 고 문 헌

[1] 한국전력공사 전력연구원, 송배전선로 재폐로방식의 최적화 연구 (최종 보고서), 한국전력공사, TR.95YJ18.J1998.12, 1998년 3월.

[2] 오정환, 윤상윤, 임성정, 김재철, "재폐로방식이 전력용 변압기에 미치는 영향 평가", 대한전기학회 논문지, 제 48A권, 3호, pp. 177-183, 1999년 3월.

[3] L. Contrad, K. Little and C. Grigg, "Predicting and Preventing Problems Associated with Remote Fault-clearing Voltage Dips", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 27, no. 1, pp. 167-172, January 1991.

[4] R. C. Dugan, Mark F. McGranaghan and H. Wayne Beaty, Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, chap. 5, 1996.

[5] Y. H. Song, A. T. Johns and R. K. Aggarwal, "Neural Network Based Adaptive Autoreclosure Technique for Long-Distance Compensated Transmission Systems", Electric Machines & Power Systems, vol. 25, no. 3, pp. 287-294, 1997.

[6] D. S. Fitton, R. W. Dunn, R. K. Aggarawal, A. T. Johns and A. Bennett, "Design and Implementation of an Adaptive Single Pole Autoreclosure Technique for Transmission Lines using Artificial Neural Networks", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 11, no. 2, pp. 748-756, April 1997.

[7] I. K. Yu and Y. H. Song, "Wavelet Analysis and Neural Network Based Adaptive Single-Pole Autoreclosure Scheme for EHV Transmission Systems", Electrical Power & Energy Systems, vol. 20, no. 7, pp. 465-474, 1998.

[8] 한국전력공사 배전처, 배전계획기준(안), 한국전력공사, 1996년 6월.

[9] A. G. Phadke and S. H. Horowitz, "Adaptive Relaying", IEEE Computer Application in Power, vol.

3, no. 3, pp. 48-51, 1990.

[10] 한국전력공사 전력연구원, 전력용 변압기 사고감소에 관한 연구 (사후관리), 한국전력공사, KRC-88S-J04, 1995년 1월.

[11] 보호계전기 동작월보(1991. 1~1994. 12), 한국전력공사 모델 변전소.

[12] 한국전력공사 계통 운용처, 디지털 보호계전기(I), 한국전력공사, 1991년 12월.

저 자 소 개



오 정 환 (吳正桓)

1971년 1월 17일생, 1994년 서울산업대 전기공학과 졸업. 1996년 숭실대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정
Tel : 02-817-7966
E-mail : raven@ee.soongsil.ac.kr



윤 상 윤 (尹尙潤)

1970년 8월 28일생. 1996년 숭실대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정
Tel : 02-817-7966
E-mail : dr-k@ee.soongsil.ac.kr



김 재 철 (金載哲)

1955년 7월 22일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업, 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988년~현재 숭실대 공대 전기공학과 교수
Tel : 02-820-0647
E-mail : jckim@ee.soongsil.ac.kr