

대용량 변압기 보호를 위한 디지털 보호계전기법의 비교

박철원*, 박재세**, 신명철***

*원주대학 전기과, **인천전문대학 전기과, ***성균관대학교 정보통신공학부

A Comparative Analysis of Digital Protection Relaying Techniques for Large Transformer

C.W. Park*, J.S. Park**, M.C. Shin***

*Wonju National College, **Incheon City College, ***S.K.K.Univ.

Abstract - Presented on this paper are state of the art review of transformer protection technique, EMTP modeling, and comparative analysis of improved digital relaying algorithms for differential protection of large transformer.

1. 서 론

대용량변압기(전력용변압기 이하 변압기라 한다)는 전력시스템에서 전력을 변환하여 전달해주는 매우 중요한 기기이다. 변압기는 다른 계통요소에 비하여 사고 빈도는 적은 편이나 전력계통의 송전용량이 대폭 증가하기 때문에, 사고가 발생하면 장기간의 운전정지에 의한 경제적인 손실 등 계통에 미치는 충격이 크다. 따라서 변압기의 사고에 신속하게 대처하기 위하여 새로운 제어기술이 적용된 보호계전기(protective relay)가 요구되고 있다.

1900대초 아날로그(analog) 소자를 사용한 기계식 과전류 계전기가 개발된 이래, 1970년대 후반부터는 트랜지스터를 이용한 정지형 계전기(static relay)가 등장하였다. 1980년대 후반부터는 컴퓨터 기술의 발달로 인하여 마이크로프로세서(μ -processor)를 이용한 디지털 계전기(digital relay 또는 computer relay)가 개발되었다. 디지털 계전기는 경제성과 성능면에서 종래의 아날로그 계전기에 비해 우수하고 신뢰성이 좋기 때문에 전 세계적으로 실계통에 교체 설치·운용되고 있다. 특히, 직교합수를 기반으로 하는 디지털 필터와 보호계전 알고리즘을 중심으로 연구된 바, 계전기의 동작속도의 향상을 가져왔으며 디지털 계전기의 실용화에 기여하였다[1].

근래에 한전의 중장기 계획의 일환으로 과거 디지털 보호계전기 관련 연구성과를 바탕으로 보호계전분야의 국제 경쟁력 확보와 운용이 편리한 보호계전기 활용에 한 생산성 향상을 기하고 디지털 계전기의 한계를 극복하기 (인공)지능기법을 이용한 지능형(AI 혹은 2세대) 계전기의 연구개발이 진행된 바 있다[2~4].

최근에는 전력수요의 증대와 함께 전력에 대한 질적요구가 고조되면서 변압기 보호 업무는 전력 운전 자동화 시스템에 포함되어 무인화, 자동화됨에 따라 상위 시스템과의 데이터 통신이 필수적으로 요구되고 있으며, 변전소내 감시 및 제어기능을 포함한 변전소 종합자동화시스템(substation automation system:SAS)으로 발전하고 있다. 이에 따라 과거의 보호기능이외에 전체 시스템을 네트워크로 엮는 통신기술, 자기진단기술, 이벤트 및 고장데이터 저장기능과 관리기능을 포함하는 소위 차세대(next generation) 지능형 통합보호제어장치(Intelligent Electronic Device:IED)에 대한 필요성이 제기되어 연구가 시작되었다[5].

한편, 변압기 보호에는 다른 계통과 달리 변압기 철심의 비선형적(nonlinear)인 자기특성으로 인해 발생하는 여자돌입(magnetizing inrush) 전류에 의한 오동작을 방지하는 것이 중요하고, 여자돌입과 고장을 구

별할 수 있는 선택성(selectively)을 갖추어야 한다. 현재 디지털필터에 의한 제2고조파 억제방식(second harmonic restrain method)이 있는 비율차동계전기법(percentage differential relay scheme:RDR)이 널리 이용되고 있다[1].

그런데 최근 계통에 고조파 발생원이 증가하고 있으며, 변압기의 철심재료기술이 향상됨에 따라 여자돌입시 제2고조파성분이 상대적으로 감소하고 있으며, 고장전류는 저주파화되어 제2고조파 성분의 함유율이 증가하고 있다. 이에 종래의 제2고조파 억제방식 RDR에 대한 보완이 제기 되었으며, 그 해결책의 일환으로 적응보호계전(adaptive relaying)과 차세대 IED에 대한 연구에 관심이 집중되어 있다[2~5].

본 논문에서는, 차세대 IED를 위한 사전조사연구의 일환[6]으로 변압기의 보호계전방식을 전반적으로 재검토하여 이론적으로 정립한다. DFT 필터와 변압기의 상세 모델링에 대하여 서술하고, EMTP(Electromagnetic Transient Program)에 의한 여자돌입 및 고장 시뮬레이션을 하고자 한다. 또한, 그동안 발표되었던 퍼지논리, 웨이브렛을 이용한 고장관별과 디지털기법들에 대하여 비교하고 디지털 계전기 또는 IED의 하드웨어에 대하여 논하고자 한다.

2. 변압기보호를 위한 디지털 계전기법

2.1 변압기의 보호계전방식

그림 1은 변압기만의 구성도이다. 주보호는 RDR(87T)이 사용되고, 후보호는 OCR(50/51),OCGR(50/51N), OVR(59)과 UVR(27) 등이 사용된다.

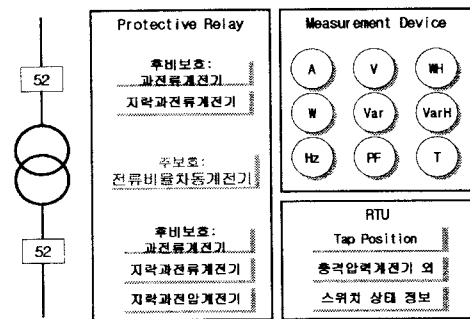


그림 1. 변압기만의 구성도

2.2 DFT에 의한 비율차동보호 알고리즘

2.2.1 DFT 디지털필터

기본파 및 원하는 고조파 페이저추출을 위한 디지털 필터로 LES(least error square), DHT(discrete Hartley transform), BPF(block pulse function)필터, Haar필터 등이 있으나 DFT(discrete Fourier transform)가 연산이 간편하고, 신속하고 정확하기 때문에 널리 사용된다. 그림 2는 DFT필터의 Z변환에 의

한 기본파에 대한 주파수 응답이다. 그림 2의 가로축은 정규화 주파수(normalised frequency)이고, 세로축은 크기이득이다. 기본파에 대한 주파수 응답 결과 고조파 제거성과 특정 주파수에 대한 크기이득이 양호함을 알 수 있다.

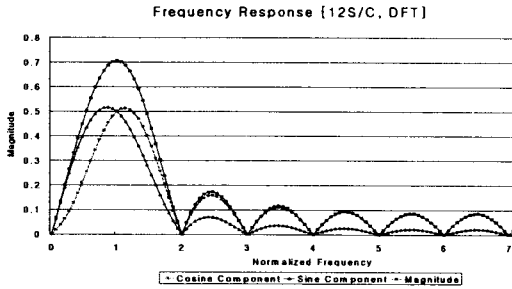


그림 2. DFT필터의 기본파 주파수응답(12 s/c)

비주기 이산신호 $x(n)$ 을 주기당 동일한 간격으로 12샘플링한 경우, $x(n)$ 에 기준신호인 사인파와 코사인파에 대한 상호상관(혹은 DFT)에 의해서 기본파를 추출하기 위한 필터는 식(1)과 같이 차분 방정식으로 표현되며, 크기(magnitude)는 식(2)가 된다.

$$F_{ii}^{12}(k) = \frac{2}{12} [x_{k-9} - x_{k-3} + 0.866(x_{k-8} + x_{k-10} - x_{k-2} + x_{k-4}) + 0.5(x_{k-7} + x_{k-11} - x_{k-1} - x_{k-5})] \quad (1)$$

$$F_{ii}^{12}(k) = \frac{2}{12} [x_k - x_{k-6} + 0.866(x_{k-1} + x_{k-11} - x_{k-5} - x_{k-7}) + 0.5(x_{k-2} + x_{k-10} - x_{k-4} - x_{k-8})]$$

$$F_f^{12}(k) = \sqrt{F_{ii}^{12}(k)^2 + F_{ii}^{12}(k)^2} \quad (2)$$

여기서, $F_{ii}^{12}(k)$, $F_{ii}^{12}(k)$ 는 각각 k 번째 순간의 필터링 후에 추출된 기본파 성분의 실수부와 허수부이고, 위첨자는 샘플링수이다.

2.2.2 비율차동보호

변압기의 비율차동보호방식은 불평형 전류로 인한 오동작을 막기 위해서 변류기 1차전류와 2차전류의 차전류(differential current)와 억제전류(restraint current)의 비율을 이용하고, 제2고조파 억제특성과 조합하여 사용된다. 최근에는 그림 3의 개선된 RDR의 동작특성곡선과 같이 억제전류의 크기에 따라 서로 다른 동작특성을 갖는 개선된 비율차동특성을 적용한다. 억제전류의 크기에 따라 변곡점(knee point)을 중심으로 서로 다른 비율 Slope1, Slope2로 분리함으로써 차전류와 억제전류의 비를 변경할 수 있다. 여기서, 최소 동작치(pickup value)인 I_{min} 은 정격전류의 30~40%이며, 차전류 I_d 는 변압기의 1차측과 2차측 사이의 전류차이며, 억제전류 I_r 은 식(3)으로 정의된다.

$$I_r = (I_p + I_s)/2 \quad (3)$$

여기서, I_p 와 I_s 는 각각 1차측과 2차측 전류이다. 그리고 식(4)와 같이 차전류와 억제전류의 비를 비교하여 고정비율을 초과할 때 변압기의 고장으로 판단한다.

$$(I_d \geq S_1 \cdot I_r) \text{ AND } (I_d \geq S_2 \cdot I_r) \quad (4)$$

S_1 , S_2 값에 따라 고장검출 감도가 결정된다. S_1 은 CT 특성차, ULTC 오차, 부정합(mismatch) 오차, 계전기 오차 등을 고려하여 20%~40내에서 설정하고, S_2 는 대전류 고장조건을 고려하여 50%이상으로 설정한다. 유의할 사항으로는, 변압기 결선이 Delta-star는 위상각차가 30도 지연되므로 차전류계산에 위상각을 보정해야하고, 변압기의 전압비와 CT의 2차 전류를 일치시켜 차동회로의 평행을 취해야 하는 전류치를 보정해야 한다.

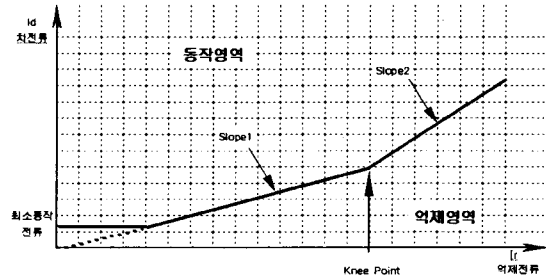


그림 3. 개선된 RDR의 동작특성곡선

그림 4는 제2고조파 억제방식이 포함된 디지털 비율차동계전기법의 흐름도이다

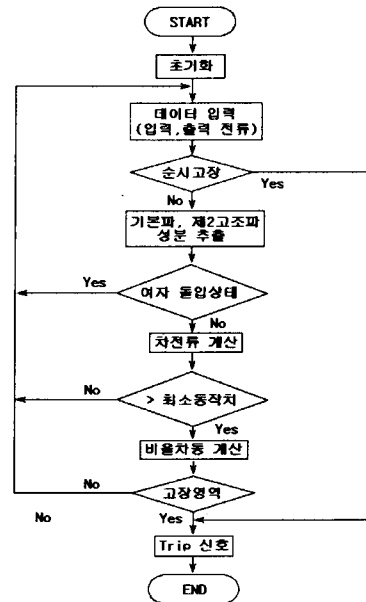


그림 4. 디지털 비율차동계전기법의 흐름도

2.3 퍼지논리를 이용한 변압기 고장판별

2.3.1 퍼지논리의 특징

퍼지화 과정은 입력변수가 포함하는 불확실성을 정량화하고 추론과정에서 모든 정보들이 손실없이 취득하게 된다.

2.3.2 퍼지시스템의 입력변수

2.3.2.1 자속-차전류 도함수법에 의한 퍼지입력변수

계산된 자속 도함수 $d\psi_k/dt_{d,k}$ 의 값은, 대상변압기의 내부고장시에는 $-L_p$ 의 값에 해당되는 고장영역에 수렴되고, 여자돌입시에는 이 고장영역과 0에 해당되는 정상영역에 번갈아 위치하게 된다. 그러므로 입력변수인 FI_1 을 식(5)와 같이 정의하였다[4].

$$FI_1 = \frac{\text{한주기 내의 } -L_p/2 \text{ 보다 작은 샘플 수}}{\text{한주기 내의 총 샘플 수}} \quad (5)$$

표 1. 퍼지규칙

FUZZY RULE BASE

Rule type F11 F12				Rule type F11 F10				Rule type F12 F10		
F11 \ F12	S	M	L	F11 \ F10	S	M	L	F12 \ F10	S	L
S	R1	R2	R3	S	R7	R8		S	R14	R15
	std.	inv.	fau.		std.	inv.			std.	std.
L	R4	R5	R6	M	R9	R10	R11	M	R16	R17
	std.	inv.	fau.		inv.	inv.	inv.		inv.	inv.
				L	R12	R13		L	R18	R19
					inv.	fau.			fau.	fau.

std.: steady
inv.: inrush
fau.: fault

■ Definity □ Quite

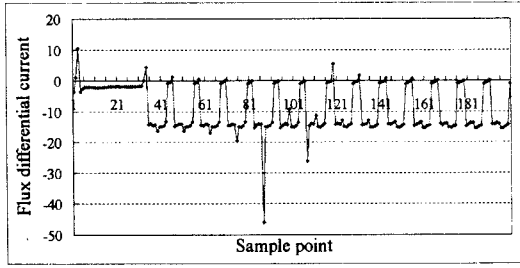


그림 5. 여자돌입에서의 자속-도함수값의 추이

2.3.2.2 고조파 억제법에 의한 퍼지입력변수

여자돌입시에는 1에 근접하고 정상상태와 내부고장시에는 0을 지지하게 된다. 고조파 억제법에 의한 입력변수 FI₂의 정의는 식(6)과 같다.

$$FI_2 = \frac{\text{한주기 내의 제 2고조파의 크기}}{\text{한주기 내의 기본파의 크기}} \quad (6)$$

2.3.2.3 비율차동기법에 의한 퍼지입력변수

차전류와 억제전류의 비율 K_k를 분석할 결과, 정상상태시에는 K_k가 대체로 0보다 작은 값으로 유지되며 여자돌입시에는 양의 값과 음의 값이 대략 50%씩 균형을 이루고, 내부고장의 경우에는 거의 대부분 양의 큰 값을 유지함을 알 수 있었다. 비율차동기법을 이용한 퍼지 입력변수 FI₃의 정의는 (7)과 같다.

$$FI_3 = \frac{K_k \text{ 값이 } 40\% \text{ 이상인 한주기 내의 샘플 수}}{\text{한주기 내의 샘플 수}} \quad (7)$$

2.3.3 퍼지추론을 이용한 보호계전기법

2.3.3.1 퍼지화를 위한 입력 퍼지집합

3가지의 입력변수들은 모두 0~1 사이의 값을 가지는 비율로 정의되어 있으므로 퍼지 시스템의 입력변수를 퍼지화하기 위한 입력 퍼지집합들 역시 0~1 사이의 정의구역을 가지도록 설정하였다. 그림 6(a),(b),(c)는 각각 입력변수 FI₁, FI₂, FI₃에 대해 정의된 입력 퍼지 집합이다.

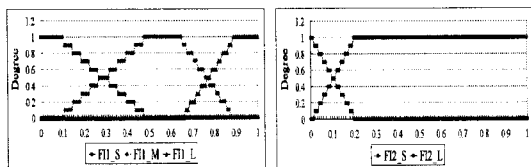


그림6(a).FI1퍼지집합

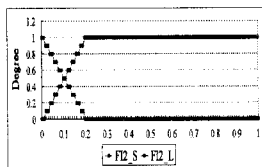


그림6(b).FI2퍼지집합

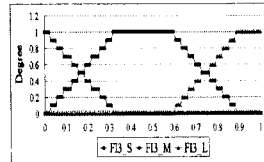


그림6(c).FI3퍼지집합

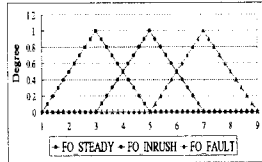


그림7. FO퍼지집합

2.3.3.2 퍼지 추론규칙

퍼지 추론규칙들은 모두 19개로서 모두 2개의 조건부와 하나의 결론부로 구성되어 있으며, 조건부와 결론부는 각각 입력 퍼지집합들과 출력 퍼지집합들에 대응된다. 표 3.1은 퍼지규칙이다. 여기서, FI_{1S}, FI_{1M}, FI_{1L}, FI_{2S}, FI_{2L}, FI_{3S}, FI_{3M}, FI_{3L}들은 각각 입력변수 FI₁, FI₂, FI₃들에 대해 정의된 입력 퍼지집합들을 나타낸다.

2.3.3.3 출력 퍼지집합

그림 7은 퍼지 시스템에 정의된 출력 퍼지집합이다. 출력 퍼지집합의 정의역은 1~9로 선택하였다. 출력 퍼지 집합 FO_STEADY, FO_INRUSH, FO_FAULT 가운데 FO_FAULT가 최종 출력 퍼지집합에 가장 큰 영향을 준 경우에만 트립되어야 한다. 임계치는 6으로 정의하였다. 최종 출력 퍼지집합인 FO_FUZZYSET의 비 퍼지화를 위해 합성모멘트법을 사용하였다.

2.3.3.4 퍼지논리를 이용한 고장판별

퍼지논리를 이용한 고장판별은 그림 8과 같다.



그림 8 퍼지논리를 이용한 변압기 고장판별

2.4 웨이블릿 변환을 이용한 변압기 고장판별

2.4.1 웨이블릿 변환의 특징

웨이블릿 변환은 시간과 주파수의 가변적인 독특한 특징 때문에, 직교함수계열의 DFT에 의하여 추출된 것보다 특유한 특성을 지니게 된다. 그림 9는 신호에 대한 분석 방법을 나타낸다. 특징추출(feature extraction)은 다 레벨 분해과정(Multiple Level Decomposition Process)을 통하여 얻어질 수 있다. 모 웨이블릿은 길이와 특성에 따라 Daubechies, Biorthogonal, Haar, Coiflets, Symlets, Morlet, Meyer 등으로 세분화되는데, 본 논문에서는 Daubechies를 사용하였다[3].

이산 웨이블릿 변환 D_{a,b}는 식 (8)로 나타낼 수 있다.

$$D_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a_0}} \sum S[n] \cdot \psi \left[k - \frac{na_0^m}{a_0} \right] \quad (8)$$

여기서, scale을 나타내는 변수는 a₀^m이고, shift를 나타내는 변수는 na₀^m이다. 1/a₀^m은 모 웨이블릿과 같은

크기의 에너지를 유지시키기 위한 에너지 정규화 성분이
다.

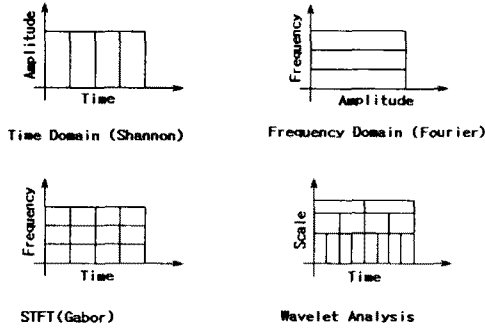


그림 9. 신호에 대한 분석 영역

2.4.2 웨이블릿 변환을 이용한 변압기 고장판별

2.4.2.1 웨이블릿 변환을 이용한 특징추출

전류신호는 8640Hz(샘플링수 144s/c)로 샘플링되어 DWT를 통과하게 된다. 여기서, 차전류는 각각 저역통과필터(LPF)와 고역통과필터(HPF)를 거치게 된다. 첫 번째 단계에서, 원 신호는 2분의 1 주파수 영역으로 나뉘고, 두 개의 고역통과필터 및 저역통과필터로 보내어진다. 그 후, 신호들이 어떤 정의된(pre-defined) 수준으로 분해될 때까지, 동일한 절차가 수행된다.

즉, 5개의 detail 신호들은, 135Hz~DC(A5) 레벨의 주파수 영역내의 근사 신호뿐만 아니라, detail 1에서 4320Hz~2160Hz(D1)의 주파수 영역과 detail 2에서 2160Hz~1080Hz(D2)의 주파수 영역과 detail 3에서 1080Hz~540Hz(D3)의 주파수 영역과 detail 4에서 540Hz~270Hz(D4)의 주파수 영역과 detail 5에서 270Hz~135Hz(D5)의 주파수 영역을 포함되는 것이 얻어진다.

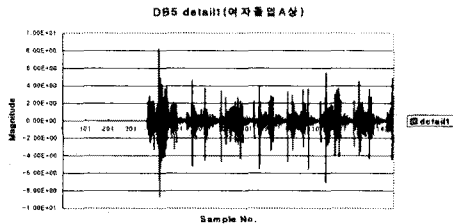


그림 9. 여자돌입시의 detail 1

2.4.2.2 웨이블릿 변환을 이용한 변압기 보호

내부고장과 여자돌입을 판별하는 위한 결정은 추출된 특징에 근거하게 되는데, 식(9)와 같이 특정 웨이블릿 성분의 비율에 의하여 결정되는 값이다.

$$\begin{aligned} I_{a-ratio} &= \frac{I_{a-dl, max}^k}{I_{a-dl, max}} \\ I_{b-ratio} &= \frac{I_{b-dl, max}^k}{I_{b-dl, max}} \\ I_{c-ratio} &= \frac{I_{c-dl, max}^k}{I_{c-dl, max}} \end{aligned} \quad (9)$$

여기서, $I_{a-dl, max}$ 는 a상 차전류를 웨이블릿 변환시킨 후, 첫 번째 윈도우의 detail 1의 최대값이다.

$I_{b-dl, max}$ 는 b상 차전류를 웨이블릿 변환시킨 후, 첫 번째 윈도우의 detail 1의 최대값이다.

$I_{c-dl, max}$ 는 c상 차전류를 웨이블릿 변환시킨 후, 첫 번째 윈도우의 detail 1의 최대값이다.

$I_{a-dl, max}^k$ 는 a상 차전류를 웨이블릿 변환시킨 후, k번째 윈도우의 detail 1의 최대값이다.

$I_{b-dl, max}^k$ 는 b상 차전류를 웨이블릿 변환시킨 후, k번째 윈도우의 detail 1의 최대값이다.

$I_{c-dl, max}^k$ 는 c상 차전류를 웨이블릿 변환시킨 후, k번째 윈도우의 detail 1의 최대값이다.

그리고 $I_{a-ratio}$, $I_{b-ratio}$, $I_{c-ratio}$ 는 첫 번째 윈도우와 k번째 이동 윈도우사이의 최대값의 비율이다. 그림 10은 DWT에 의한 보호기법의 흐름도이다. 본 논문에서는 내부고장과 여자돌입에 대한 웨이블릿 변환된 detail1의 특징을 분석한 결과 임계치 $\epsilon = 0.4$ 를 적용하였다. 여자돌입의 경우, 연산된 비율 $I_{a-ratio}$, $I_{b-ratio}$, $I_{c-ratio}$ 의 3가지 중에서 적어도 하나는 임계치 ϵ 보다 크게되는 것을 알 수 있으며, 반면에 내부고장인 경우에는 모두 ϵ 보다 작게되는 것을 알 수 있다.

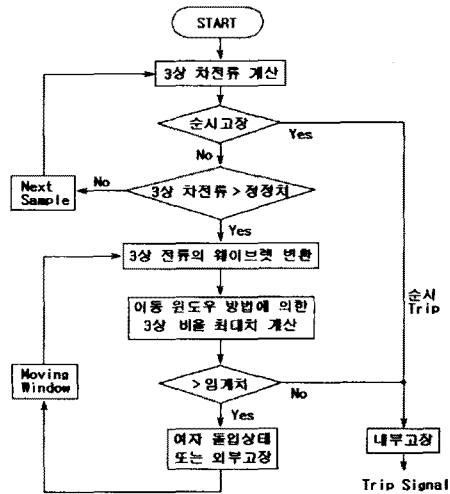


그림 10. DWT를 이용한 변압기 고장판별

3.1 변압기 모델링과 시뮬레이션

3.1.1 변압기의 내부고장 상세모델링

내부고장은 고장발생권선을 나누어 모델링한다. 그림 11(a)은 1차측 B상에서 권선지락고장이 발생한 경우이다. a와 b로 나누어져 권선비가 $n_a:n_b$ 인 부분에서 지락고장이 발생한 경우 정상상태의 6x6 행렬은 식(10)의 7x7 행렬로 변형된다. 그림 11(b)은 1차측 B상에서 권선 단락고장이 발생한 경우이다. a,b,c로 나누어져 권선비가 $n_a:n_b:n_c$ 인 부분에서 단락고장이 발생한 경우 정상상태의 6x6 행렬은 식(11)의 8x8 행렬로 변형된다.

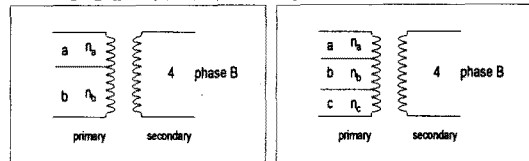


그림 11(a). 1차측 B상에서의 지락고장

그림 11(b). 1차측 B상에서의 단락고장

$$[R_{ij}] = \begin{bmatrix} R_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_6 \end{bmatrix}$$

$$[L_{ij}] = \begin{bmatrix} L_1 & M_{12} & M_{13} & M_{1b} & M_{14} & M_{15} & M_{16} \\ M_{21} & L_2 & M_{23} & M_{2b} & M_{24} & M_{25} & M_{26} \\ M_{31} & M_{32} & L_3 & M_{3b} & M_{34} & M_{35} & M_{36} \\ M_{b1} & M_{b2} & M_{b3} & L_b & M_{b4} & M_{b5} & M_{b6} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{4b} & L_4 & M_{45} & M_{46} \\ M_{51} & M_{52} & M_{53} & M_{5b} & M_{54} & L_5 & M_{56} \\ M_{61} & M_{62} & M_{63} & M_{6b} & M_{64} & M_{65} & L_6 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$[R_{ij}] = \begin{bmatrix} R_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_6 \end{bmatrix}$$

$$[L_{ij}] = \begin{bmatrix} L_1 & M_{12} & M_{13} & M_{1b} & M_{1c} & M_{14} & M_{15} & M_{16} \\ M_{21} & L_2 & M_{23} & M_{2b} & M_{2c} & M_{24} & M_{25} & M_{26} \\ M_{31} & M_{32} & L_3 & M_{3b} & M_{3c} & M_{34} & M_{35} & M_{36} \\ M_{b1} & M_{b2} & M_{b3} & L_b & M_{bc} & M_{b4} & M_{b5} & M_{b6} \\ M_{c1} & M_{c2} & M_{c3} & M_{cb} & L_c & M_{c4} & M_{c5} & M_{c6} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{4b} & M_{4c} & L_4 & M_{45} & M_{46} \\ M_{51} & M_{52} & M_{53} & M_{5b} & M_{5c} & M_{54} & L_5 & M_{56} \\ M_{61} & M_{62} & M_{63} & M_{6b} & M_{6c} & M_{64} & M_{65} & L_6 \end{bmatrix} \quad (11)$$

3.1.2 모델 전력계통

그림 12는 모델 전력계통이다. 송전선은 ACSR의 데이터를 이용하였고, 변압기는 3상2권선으로 154kV/22.9kV, Δ-Y 결선, 용량은 45/60MVA 이다. 개발된 보호계전기법과 IED 성능시험을 위하여 EMTP 소프트웨어의 포화변압기 모델을 이용하여 여자돌입과 과여자 데이터를 얻었고, BCTRAN을 이용하여 내부고장 데이터를 수집하였다.

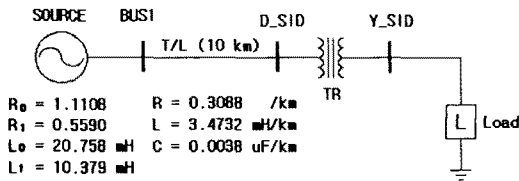


그림 12. 모델 전력계통

3.1.3 여자돌입과 내부고장 시뮬레이션

그림 13은 0.044초 후에 변압기를 계통에 투입한 경우의 여자돌입전류이다. 그림 14는 변압기 1차측 Δ결선의 B상권선의 5:80:15인 부분에서 내부권선단락고장이 0.048초 후에 발생된 경우이다.

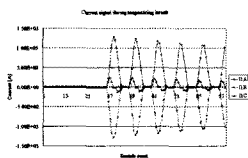


그림13(a). 1차측 전류

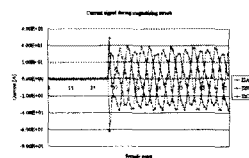


그림13(b). 2차측 전류

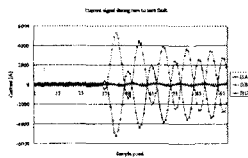


그림14(a). 1차측 전류

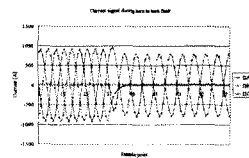


그림14(b). 2차측 전류

3.2 변압기용 IED의 하드웨어

그림 15는 변압기용 IED의 개략도이다. 연산기능을 처리하는 CPU부, 사용자 인터페이스에 의한 정보의 입력 및 표시기능을 처리하기 위한 MMI부, 상태입력신호를 가공처리하는 DI 입력부, 제어출력신호를 발생하는 DO 출력부, 프로그램과 데이터의 저장을 위한 Memory부, 전류, 전압 등의 아날로그 신호의 변성을 위한 변성기부, 전류, 전압, A/D 변환기 등으로 구성되는 아날로그 신호처리부, 그리고 동작전원을 공급하기 위한 전원부 등으로 구성된다.

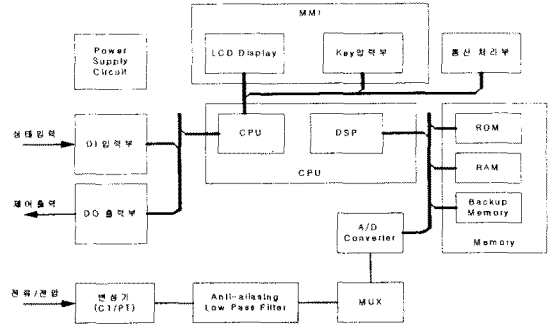


그림 15. IED의 블럭 다이어그램

초창기 하드웨어는 저급 마이크로프로세서를 이용하여 설계되었으나, 근래에는 신호처리전용 고성능 32bit DSP 소자를 채택함으로써 하드웨어가 간소화되며 발전하고 있다. 또한, 원방에서 감시 및 제어가 가능하도록 DNP 3.0을 채택하여 구현되었고, 최근에는 국제통신규약으로 IEC 61850을 모색 중에 있다.

4. 결 론

본 논문에서는, 변압기 보호용 IED를 위한 적용형 알고리즘을 개발하기 위한 사전조사의 일환으로 변압기 보호를 위한 전반적인 소개와 최신경향을 서술하였다. 특히 DFT필터 기반 가변 비율차동보호기법을 정리하였다. 변압기의 상세모델링과 내부고장 시뮬레이션 방법론을 소개한 후, 시뮬레이션의 일부를 다루었다. 또한, 종래의 RDR의 오동작 가능성을 배제하고 신뢰성을 개선하고자 근래에 발표된 퍼지논리와 웨이브렛변환을 이용한 디지털 계전기법을 비교·검토하였다.

[참 고 문 헌]

- [1]한국전력공사, "보호제어 유닛의 소프트웨어", 변전소종합보호제어 시스템설계 및 제작기술 개발 최종보고서 부록, pp. 1~87, 1997.2.
- [2]박철원, 서희석, 신명철, "신경회로망을 이용한 변압기의 고장판별시스템에 관한 연구", 대한전기학회 논문지, 46권 6호, pp. 833~839, June, 1997.
- [3]박철원, 권명현, 신명철, "도비시 웨이브렛변환을 이용한 변압기의 여자돌입과 내부고장 판별논리기법", 대한전기학회 논문지, 50A권 5호, pp. 211~217, May, 2001.
- [4]C.W. Park, M.C. Shin, "Digital Relaying Algorithm for Power Transformer Protection using Fuzzy Logic Approach", KIEE International Transactions on Power Engineering, Vol.2-A, No.4, pp. 153~159, Dec. 2002.
- [5]명지대 차세대전력기술센터(NPTC), "Next-Generation Protection Technology", pp. 1~214 Feb. 2002.
- [6]박철원, "전력용 변압기 보호용 IED를 위한 적용형 알고리즘 기술 개발", 산자부지원, EESRI 전력산업연구개발 사업 계획서(R-2003-B-069-02) pp. 1~42, May 2003.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행된 과제임.