

Agent 기반 변압기의 Sympathetic inrush 판단 방법

강용철*, 이병은*, 박종민*, 황태근*, 장성일**, 김용균**
 *전북대학교, ** (주)한국 아이이디 이엔지

Agent based algorithm for detecting sympathetic inrush of a transformer

Yong-cheol Kang*, Byung-eun Lee*, Jong-min Park*, Tae-keun Hwang*, Sung-il Jang**, Yong-gyun Kim**
 *Chonbuk National University, **HANKOOK IED ENG

Abstract - The protection relay keeps electric power facilities by using signals of the voltage and current which are input and output terminals of each equipment. Each relay performances protection algorithm by using informations of own protecting zone. To prevent the mal-operation in inrush current, established transformer differential protection method uses the second harmonics as blocking signal. This method is not operate at the initial inrush. However, in case of the parallel operation, if the initial inrush is occurred in one transformer which is generated, the sympathetic inrush is occurred in adjacent transformer.

This paper approach the sympathetic inrush detecting algorithm of a transformer based on agent. Proposed algorithm, when inrush current occurred, distinguish sympathetic inrush or not by using differential current of adjacent transformer. This algorithm have the advantage of the distinguishing initial inrush and sympathetic inrush at operation of parallel transformer

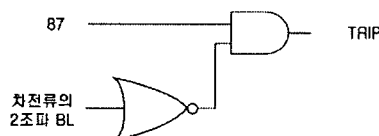
1. 서 론

현재의 보호 계전기는 각 설비의 입, 출력 단에서의 전압, 전류 신호를 이용하여 전력 설비를 보호하고 있다. 각 계전기는 담당 보호 구역의 정보를 이용하여 사고를 판단한다. 기존 변압기 보호 전류 차동 계전기는 여자돌입 발생 시 오동작을 방지하기 위하여, 변압기 양단 차전류의 2조파를 블록킹 신호로 사용한다[1]. 이러한 방식을 이용하면 Initial inrush 발생 시 오동작 하지 않는다. 하지만, 병렬운전을 할 경우 인접 변압기의 투입으로 Initial inrush가 발생하면, 정상 운전하던 변압기도 포함되는 Sympathetic inrush 현상이 발생 한다. Sympathetic inrush 발생하면 Initial inrush에 비해 전류의 크기나 지속 기간이 변하고, 고조파 성분 중 짝수 조파의 감소는 빠른 반면 홀수 조파는 오랜 기간 지속 된다.[2]

본 논문에서는 Agent 기반 변압기의 Sympathetic inrush 판단 방법을 제안 한다. 제안한 방식은 여자돌입 현상의 발생 시 인접 변압기의 정보를 받아, Sympathetic inrush를 판단하는 방식이다. MTR1은 운전 중인 변압기이고, MTR2는 투입할 변압기라 하면, 제안한 방식은 Sympathetic inrush 발생 시 MTR1을 보호하기 위해 MTR1의 정보뿐만 아니라 MTR2의 정보를 Agent신호로 사용하여 블록킹 하는 방식이다. 이러한 방식을 이용하면 변압기 병렬운전 시 Initial inrush 뿐만 아니라 Sympathetic inrush가 발생 했을 경우에도 변압기 보호 계전기가 오동작하지 않게 할 수 있다.

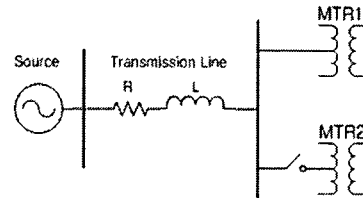
2. Agent 기반 변압기의 Sympathetic inrush 판단 방법

변압기 보호를 위한 기존의 전류차동보호방식은 변압기 투입 시 Initial inrush가 일어나 차전류가 발생한다. 이를 방지하기 위해 차전류의 2조파를 블록킹 신호로 사용하여 계전기가 오동작 하지 않도록 한다. 기존 방식은 Initial inrush만을 고려하였기 때문에 Sympathetic inrush가 일어날 경우 계전기가 올바르게 동작하지 않을 수 있다. 그림 1은 기존의 변압기 보호 방식을 나타낸다. 87은 전류차동 계전기를 나타내고 BL은 차전류의 2조파를 나타낸다.

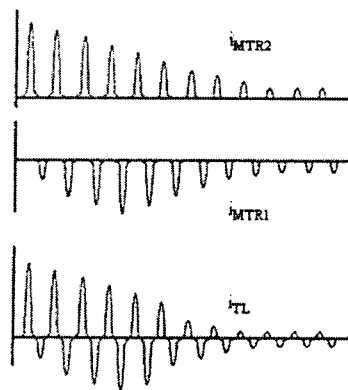


〈그림 1〉 기존의 변압기 보호 방식

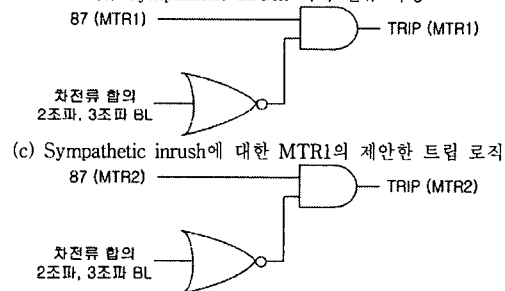
그림 2a는 변압기 병렬 운전계통을 나타내고, 그림 2b는 MTR2 변압기 투입 시 각각 MTR2, MTR1, 송전선의 전류 파형을 나타낸다. 이때 MTR1은 Sympathetic inrush, MTR2에는 initial inrush가 나타난다. 그림 2c와 그림 2d는 제안한 변압기 보호 방식의 트립 로직을 나타낸다. 제안한 방식은 MTR1을 보호하기 위해 MTR1 변압기 차전류의 2조파를 이용한 블록킹 신호를 사용하지 않고, 두 변압기 차전류 합 2조파와 3조파를 구하여 블록킹 신호로 사용하고자 한다.



(a) 변압기 병렬운전 계통



(b) Sympathetic inrush 시의 전류 파형



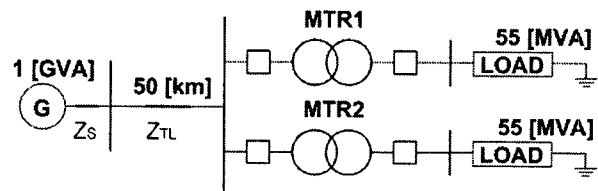
(d) Sympathetic inrush에 대한 MTR2의 제안한 트립 로직

〈그림 2〉 Sympathetic inrush 발생 시 제안한 변압기 보호 방식

3. 사례 연구

3.1 모델계통

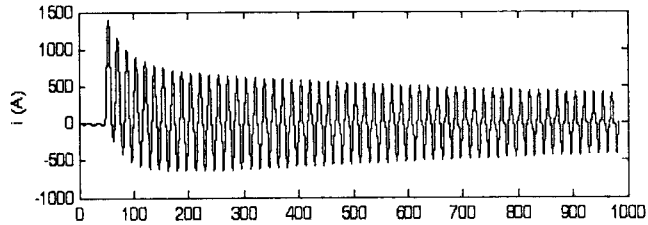
제안한 방식의 성능을 검증하기 위해 그림 3과 같은 모델 계통을 이용하여 Sympathetic inrush와 내부사고를 모의 하였다. 변압기는 3상 2권선 Y-Y결선 154/22kV, 55MVA이다. EMTP로 데이터를 생성하였고, 제안한 알고리즘을 모의하기 위한 알고리즘의 주기 당 샘플 수는 64이다.



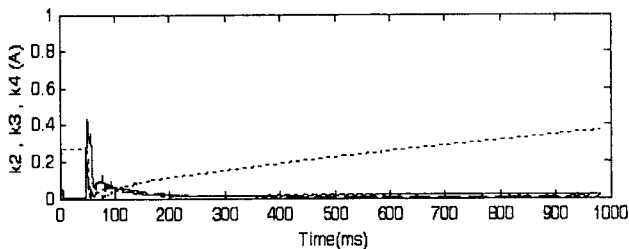
〈그림 3〉 모델 계통

3.2 MTR2 투입 시

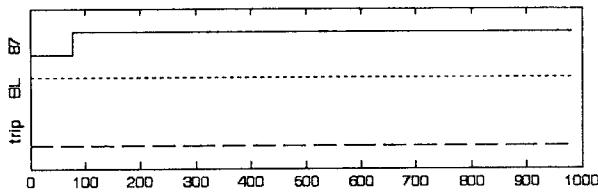
그림 4는 전류자속 80% 일 때의 Sympathetic inrush를 나타낸다. MTR1은 전부하로 운전 중이고, MTR2는 포화점 전류 40A, 무부하, 전류자속 0%인 경우에 0도 투입한 경우이다. 그림 4a는 MTR1과 MTR2의 차전류의 합을 나타내고, 그림 4b는 MTR1과 MTR2의 고조파를 나타낸다. k2, k3, k4는 각각 2조파, 3조파, 4조파를 기본파로 나눈 값이며, 실선은 k2, 점선은 k3, 쇄선은 k4를 나타낸다. 그림 4c와 그림 4d는 제안한 방식의 계전기 동작을 나타낸다. 실선은 87, 점선은 BL, 쇄선은 트립을 나타낸다. 87계전기가 동작하였으나 MTR1, MTR2 모두 설정 값 이상의 고조파가 발생하여 트립 신호가 나가지 않음을 알 수 있다.



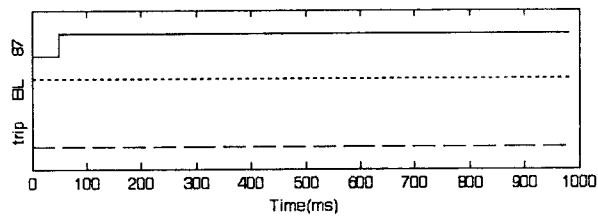
(a) MTR1과 MTR2 차전류의 합



(b) 2조파, 3조파, 4조파를 기본파로 나눈 값 (k2, k3, k4)



(c) MTR1의 트립 신호

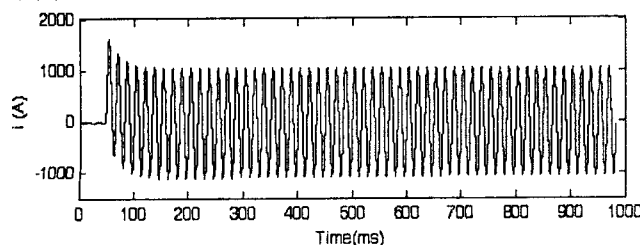


(d) MTR2의 트립 신호

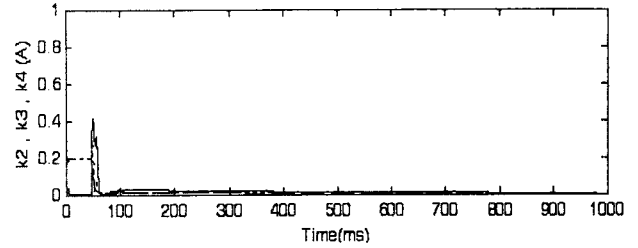
<그림 4> Sympathetic inrush

3.3 MTR1 내부사고 시

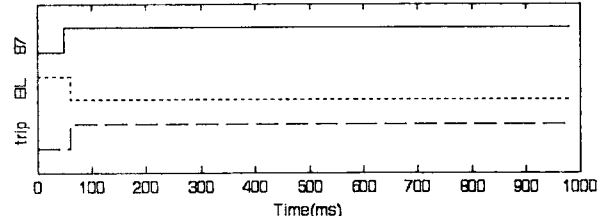
그림 5는 MTR1의 2차측 A상 0도 지락사고가 발생했을 경우, 전류 파형과 트립 신호를 나타낸다. 그림 5a는 MTR1과 MTR2의 차전류의 합을 나타내고, 그림 5b는 MTR1과 MTR2의 고조파를 나타낸다. k2, k3, k4는 각각 2조파, 3조파, 4조파를 기본파로 나눈 값이며, 실선은 k2, 점선은 k3, 쇄선은 k4를 나타낸다. 그림 5c와 그림 5d는 각각 MTR1과 MTR2 보호를 위한 제안한 방식의 계전기 동작을 나타낸다. 실선은 87, 점선은 BL, 쇄선은 트립을 나타낸다. MTR1의 경우 87계전기가 동작하고, 고조파 블로킹 신호가 사라짐에 따라 트립 신호가 나타난다. MTR2의 경우 고조파 블로킹 신호는 사라지지만 87계전기가 동작하지 않기 때문에 트립 신호는 나타나지 않는다.



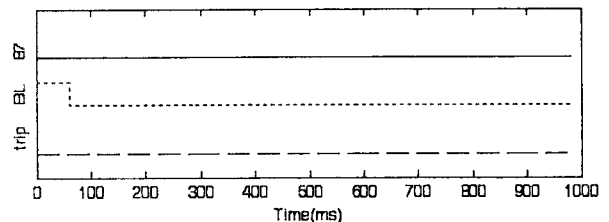
(a) MTR1과 MTR2 차전류의 합



(b) 2조파, 3조파, 4조파를 기본파로 나눈 값 (k2, k3, k4)



(c) MTR1의 트립 신호



(d) MTR2의 트립 신호

<그림 5> 내부사고

4. 결 론

본 논문은 Agent 기반 변압기의 Sympathetic inrush 판단 방법을 제안하였다. 변압기 병렬 운전 시에는 Initial inrush와 Sympathetic inrush가 발생한다. 기존 변압기 보호 방식은 Initial inrush 발생에 대한 방안으로 차전류의 2조파를 이용한 블로킹 신호로 트립신호를 차단한다. 본 논문에서 제안한 방식은 담당 보호구역 정보뿐만 아니라 Agent를 이용 인접 변압기의 투입으로 Sympathetic inrush가 발생했을 경우, 운전 중인 변압기와 인접 변압기의 각 차전류 합에 2조파, 3조파 성분을 블로킹 신호로 사용하는 방식이다. 본 제안한 방식을 이용하면 변압기 병렬 운전 시에도 오동작을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 인접변압기의 포화 상태도 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(차세대전력기술연구센터)

[참 고 문 헌]

- [1] S.H. Horowitz, A.G. Phadke, "Power System Relaying", Research Studies Press Ltd, 1992.
- [2] H. S. Bronzcad, P. B. Brogan, R. Yacimini "Harmonic Analysis of Transient Currents During Sympathetic Interaction", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, Issue 4, pp. 2051-2056, Nov. 1996