

동기차단기용 개폐제어기의 차단기 동작특성 보상

이우영, 박경업, 정진교, 김희진[§]

한국전기연구원, [§]비츠로티크(주)

Compensation of Circuit Breaker Operating Characteristics for Synchronous Switching Controller

W.Y.Lee, K.Y.Park, J.K.Chong, H.J. Kim[§]

Korea Electrotechnology Research Institute, [§]Vitzrotech Co. Ltd.

Abstract - It is indispensable to compensate the switching characteristic variation of circuit breakers in use due to the change of operating conditions in order to get the reliable performance of controlled switching. In this paper the compensation measures against main factors such as temperature, control voltage, idle time and operating number are described. And the performance of the proposed measure is verified through the experimental results.

1. 서 론

최근 차단기의 개폐시점을 전압 혹은 전류의 위상을 기준하여 일정 시점에서 동작할 수 있게 하므로 개폐 과정을 최소화하는 방안이 많은 관심의 대상이 되고 있다[1-7]. 그리고 스웨덴과 브라질 등 관련기술의 선행 실시 국가들에서는 실제 현장에서 적용된 결과들에 대해 아주 좋은 것으로 평가되는 보고들이 제출되었다[8,9]. 동기차단기의 개폐제어를 위해서는 크게 설치된 회로 조건에 따라 주어지는 최적의 개폐시점 설정과 주어진 차단기가 이 시점에서 개폐될 수 있도록 동작특성을 고려하여 제어하는 부분으로 구분되어 질 수 있다. 본 논문은 후자에 관해 서술하고자 하며 차단기의 동작 특성은 대상에 따라 모두 상이하기 때문에 일정하게 규정지울 수는 없지만 공통된 특성으로부터 계수조정으로 동작특성을 계수화 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 차단기 동작 특성

2.1 동작특성 보상을 위한 개폐제어기의 구성

차단기 개폐제어기의 구성은 그림 1과 같다. 그림 1은 크게 두 부분으로 나누어지게 되는데 오른쪽 상반부는 차단기 개폐시점설정에 관한 부분이며 그 외 부분은 차단기의 동작특성 변화에 대한 보상기능을 수행하는 부분이라 볼 수 있다.

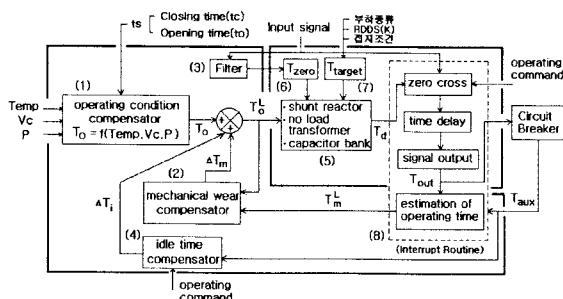


그림 1 차단기 개폐제어기의 구성도

본 논문에서 다루게 될 동작특성 보상기능 부분은 동작 조건보상부(operating condition compensator)와 idle time 보상부 그리고 동작회수에 따른 기계적 특성변화의 보상부(mechanical wear compensator)로 나누어진다.

2.2 동작조건에 따른 특성보상

차단기 동작 특성을 변화시키게 되는 대표적 주변 요인으로는 차단기가 설치된 곳의 온도와 조작기 제어전압의 크기를 들 수 있다. 그리고 조작기의 종류에 따라 유압 조작기와 같은 경우는 유압 또한 중요한 변수로 적용되어지게 된다. 지금까지의 알려진 결과들에 의하면 주변 온도에 대한 동작특성의 변화는 스프링 및 유압 조작기의 경우 개극동작에서 $30\mu\text{s}/^\circ\text{C}$ 그리고 투입동작에서 $70\mu\text{s}/^\circ\text{C}$ 로 거의 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 적용 온도변화 영역에서 선형적 변화특성을 보이는 것을 뜻하며 임의온도에서 동작시간의 예측이 용이하다. 다음으로 조작기 제어전압의 경우 IEC규격 상으로는 정격제어전압을 기준으로 최저 85%에서 최고 110%의 범위로 변화될 수 있으며 동작특성도 전체 변화영역에서 한가지의 선형적 변화특성으로 표현되어지기 어려운 점이 있다. 그리고 위의 두 조건이 복합적으로 영향을 주게 되는 경우 즉 (Temp1, Vc1)에서 (Temp2, Vc2)로 조건에 변경된 경우 개폐시간의 변화 그림 2와 같은 관계로 나타나게 된다.

그림 2에서는 온도에 대해서는 영역전체가 선형화된 것을 그리고 제어전압에 대해서는 부분영역이 선형화 된 것을 나타내었다. 따라서 임의의 조건 즉(Temp2, Vc2)에서의 개폐시간 Tof는 식(1)과 같은 관계로 주어지게 된다.

$$T_{of} = T_{o1} + a_1(T_{emp2} - T_{emp1}) + a_2(V_{c2} - V_{c1}) \quad (1)$$

그리고 Vc2가 그림 2 b)상의 1사분면 영역에 존재하게 되는 경우 식 (1)은 식 (2)로 변경되어지게 된다.

$$T_{of} = T_{o1} + a_1(T_{emp2} - T_{emp1}) + a_2(V_{cr} - V_{c1}) + a_3(V_{c2} - V_{cr}) \quad (2)$$

선형화 된 식의 기울기 a1, a2, 그리고 a3와 임의의 측정 조건(Temp1, Vc1)에서의 동작시간(To1)은 측정 값을 사용한다. Vcr은 동작특성에서 변곡점이 발생되는 제어전압 값이 사용된다.

Idle time의 보상기능에 대해 살펴보면 차단기는 연속적으로 계속 사용되는 경우와 일정기간 휴지상태가 경과 한 다음 사용될 때의 동작시간이 차이가 발생된다. 이러한 동작특성을 일반화하여 표현하면 동작시간 변화 형태는 지수함수 형태를 지니는 것으로 나타나고 있어 두 영역의 부분 선형화(piecewise linear)로 구성할 수 있으며 그림 2의 경우와 유사하다.

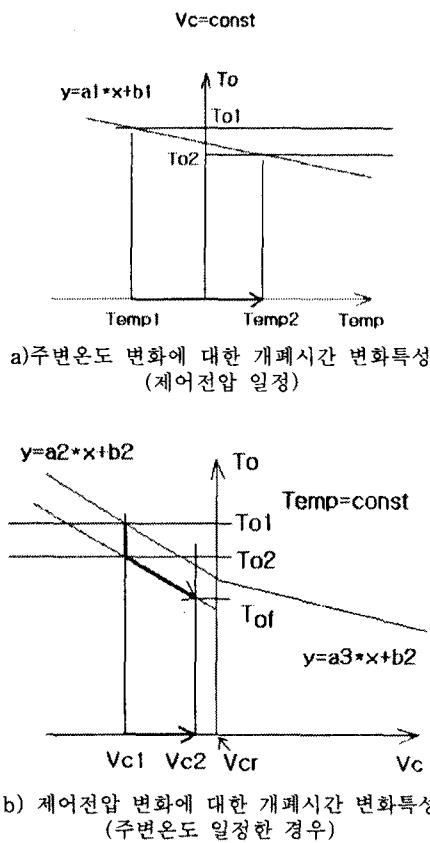


그림 2 온도와 제어전압에 따른 개폐시간 변화관계

다음으로 동작회수에 따른 동작시간의 변화는 일반적으로 비선형 특성을 나타내게 되며 이에 대한 보상은 다음 식으로 실행한다.

$$\Delta T(n+1) = \Delta T(n) + W(T_m^L(n) - T_o^L(n)) \quad (3)$$

$$T_o^L(n) = T_o + \Delta T(n) \quad (4)$$

여기서 ΔT 는 변화에 대한 보상량을 나타내며 T_o^L 은 동작시간으로 예상된 값을 그리고 T_m^L 은 실제 동작시간의 측정치를 나타낸 것이다. 차단기 동작시간의 측정은 차단기의 보조접점의 동작시간과 실제 차단기 주 접점의 동작시간과의 차이 (ΔT_{aux})를 사용하여 측정하며 이를 간의 상관관계는 그림 3과 같다.

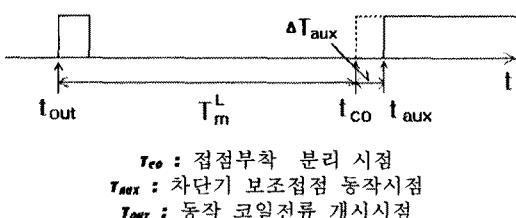


그림 3 차단기 개폐동작 시간측정

제안된 각 보상방법들로 구현된 제어기의 동작특성을 살펴보기위하여 스프링 조작기로 구동되는 24kV 25kA VCB를 사용하여 제어전압 변화에 대한 실험을 실시하였다. 먼저 제어전압에 대한 투입시간의 변화특성을 측

정한 결과는 그림 4와 같이 나타났으며 127VDC정도에서 변곡점이 발생되는 특성을 가짐을 알 수 있었다.

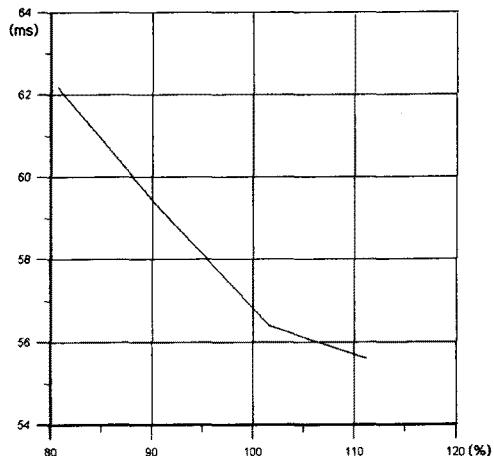
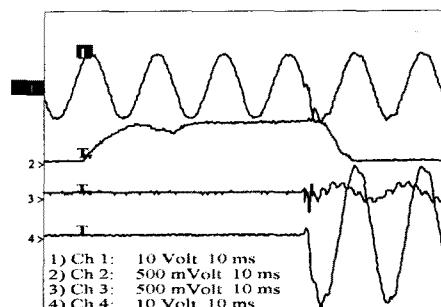
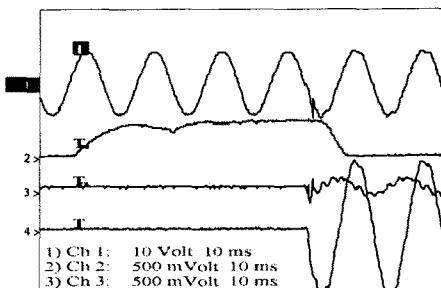


그림 4 제어전압에 대한 투입시간 변화특성

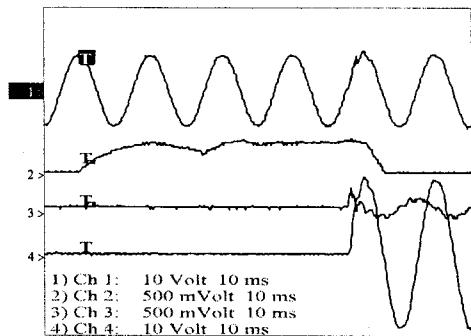
그림 4의 결과를 기준으로 각 입력변수들을 설정하고 제어기를 초기화시킨 후 제어전압을 임의로 변경하면서 동작시점의 변화 상태를 살펴보았으며 그림 5는 제어전압의 크기가 정격제어전압을 기준으로 110%, 100% 그리고 80%로 인가하였을 때의 제어특성을 보인 것이다. 이 결과들은 투입시간이 제어전압에 따라 55.6ms, 56.6ms 그리고 62.4ms로 각각 달라짐에도 전압투입시점은 모두 인가전압의 영점에서 이루어짐을 알 수 있다. 따라서 인가전압의 위상을 기준으로 일정지점의 투입목표에 대하여 외부조건 변화에 대응할 수 있는 기능이 있음을 확인할 수 있었다.



a) 제어전압이 110%인 경우



b) 제어전압이 100%인 경우



c) 제어전압이 80%인 경우

채널 1: 인가전압
 채널 2: 차단기의 투입코일 전류
 채널 3: 회로전류
 채널 4: 부하전압

그림 5 제어전압 변화에 따른 제어특성

3. 결 론

동기차단기용 개폐제어기의 주요기능인 차단기 동작특성의 보상방안들에 대하여 제안하였다. 기준신호에 대한 정확한 동작시점이 설정되더라도 대상 차단기의 동작특성이 운용조건에 따라 변경되어지면 개폐제어의 원하는 결과를 얻지 못하기 때문에 주변온도, 제어전압, idle time 그리고 누적동작회수에 따른 기계적 마모정도 등이 고려된 제어시점이 제시될 수 있는 방안을 제시하였다. 그리고 제어전압 변화에 대한 응답특성을 실험을 통해 확인한 결과 정격 제어전압을 기준하여 80%-110%의 범위로 변화되는 조건하에서 동작시점이 거의 일정하게 이루어짐을 볼 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] H.Ito, "Controlled switching technologies, State-of-the-Art," IEEE/PES Transmission and Distribution Conference Proceedings, Vol.2, pp. 1455-1460, Oct. 2002.
- [2] H.Tsutada, T.Hirai, H.Kohyama, H.Ito, and K.Sasaki, "Development of synchronous switching controller for gas circuit breaker," IEEE/PES Transmission and Distribution Conference Proceedings, Vol.2, pp. 807-812, Oct. 2002.
- [3] Task Force 13.00, "Controlled switching - A state-of-the-art survey(part I)," ELECTRA, No.162, pp 65-96, October 1995
- [4] Task Force 13.00, "Controlled switching - A state-of-the-art survey(part II)," ELECTRA, No.164, pp 40-61, February 1996
- [5] Working Group 13.07, "Controlled switching of HVAC CBs guide for application lines, reactors, capacitors, transformers (1st Part)," ELECTRA, No.183, pp 43-73, April 1999
- [6] Working Group 13.07, "Controlled switching of HVAC CBs guide for application lines, reactors, capacitors, transformers (2nd Part)," ELECTRA, No.185, pp 37-57, August 1999
- [7] H.Hamada, A.Eto, T.Maeckawa, etc., "RDDS(Rate of Decrease of Dielectric Strength) Measurement for Gas Circuit Breaker," IEEE/PES Transmission and Distribution Conference Proceedings, Vol.3, pp. 1755-1759, Oct. 2002.
- [8] R.Nordin, A.Holm, P.Norberg, "Ten Years of Service Experience with Controlled Circuit Breaker Switching in the Swedish Regional Network," Cigre 13-204, 2002
- [9] P.C.Fernandez, P.C.V.Esmeraldo, etc., "Use of Controlled Switching Systems in Power System to Mitigate Switching Transients Trend and Benefits-Brazilian Experience," Cigre 13-207, 2002

감사의글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발사업인 차세대 초전도 응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.