

비접지 분로 콘덴서 뱅크의 투입제어방식에 대한 시뮬레이션 검증

論 文

52B-9-4

Verification of Controlled Closing Method for Unearthed Shunt Capacitor Banks by Simulation

李 佑 暎* · 朴 敬 燁** · 鄭 鎮 敎*** · 金 禧 鎮§

(Woo-Young Lee · Kyong-Yop Park · Jin-Kyo Chong · Hee-Jin Kim)

Abstract - In this paper the controlled closing algorithm of the circuit breaker for isolated capacitor banks is proposed. The characteristics of circuit breakers such as RDDS(rate of decrease of dielectric strength) and a mechanical operating tolerance should be also taken into account to locate contact touch instants around voltage zero. The analytic results on the voltages across circuit breaker terminals upon closing operation play an important roles to describe the suggested method. The simulations carried out in order to verify the performance of this method show that the closing instants obtained from the proposed method provide a good suppression effect on the closing transients for both single and back-to-back capacitor banks.

Key Words : circuit breaker, controlled closing, inrush current, rate of decrease of dielectric strength, shunt capacitor bank

1. 서 론

전력계통의 효율적 운용을 위해 사용되는 조상설비와 무부하 변압기 등의 개폐동작 시에 발생하는 차단기 개폐 과도현상을 억제하기 위한 방안으로 현재 투입저항이나 리액터 그리고 피뢰기 등이 주로 사용되고 있다. 그러나 점차 이에 대한 대안으로 적절한 개폐시점의 설정으로 과도현상을 근본적으로 발생시키지 않게 하는 차단기 개폐제어방식의 도입이 많은 관심의 대상이 되고 있다[1]. 이러한 경향에는 차단기의 조작기 기술의 발전과 전자제어기술의 전력기기 적용에 대한 인식변화가 더욱 긍정적 영향을 더하고 있다. 개폐제어방식을 사용한 차단기의 현장적용 예는 90년대 초부터 지난 십여 년간 괄목할 만큼 성장해 온 것으로 보고 되고 있는데 그중에서 가장 활발한 적용대상이 콘덴서 뱅크의 투입 시 돌입전류를 제한하기 위한 목적으로 사용되고 있는 것으로 나타나고 있다[2]. 콘덴서 뱅크의 투입제어의 경우 적용목적 달성을 위해서는 사용되는 차단기의 특성이나 제어결과의 오차정도 등에서 다른 적용대상들보다 더 엄격한 조건들이 적용되고 있다. 지금까지 발표된 관련 연구들은 단상이나 혹은 중성점이 접지된 삼상의 콘덴서 뱅크에 대하여 주로 다루어왔으며 중성점이 비 접지된 콘덴서 뱅크에 대해서는 상간 동작시간의 영향으로 제어오차가 증대될

수 있어 보다 효과적인 동작방식이 요구되고 있는 실정이다 [3-6]. 즉 중성점 비 접지의 경우, 선행된 상 투입의 결과로 중성점의 전위가 변화되어 전극 간 전압이 인가된 전압에 비해 증대되어짐으로 동일한 극간 내전압 감소율 즉 RDDS (rate of decrease of dielectric strength)에 대하여 다른 선행방전 특성을 보이게 되며 결과적으로 제어결과에 좋지 않은 영향을 주기 때문에 이에 대한 고려가 있어야 한다[7].

본 논문에서는 중성점이 비 접지된 콘덴서 뱅크의 구성에서 돌입전류 억제를 위한 차단기 각상의 투입시점을 투입 시 회로의 과도현상에 대한 해석적 방법을 통하여 선정하고, 차단기 동작시간 변화에 따른 투입전류 크기의 분포에 대하여 EMTP를 사용한 시뮬레이션 결과로 살펴봄으로써 제안한 선정 방식의 성능을 검증하였다.

2. 투입제어 시점의 선정

차단기 투입제어의 해석을 위해 사용한 분로 콘덴서 뱅크의 적용회로는 그림 1과 같다. 각 상의 전원측 임피던스(Ls)를 통하여 wye 결선구조의 콘덴서 뱅크가 연결되어있고 그 사이에 개폐를 위한 차단기가 설치되어있다. 콘덴서 뱅크의 중성점의 조건은 스위치(SW)의 개폐상태에 따라 정해지며 스위치가 닫혀진 경우 단상의 경우와 동일해지기 때문에 여기서는 스위치가 열린 중성점 비 접지인 경우에 대하여 살펴보기로 한다.

콘덴서 뱅크의 경우 투입 시 돌입전류를 억제하기 위해서는 차단기의 선행아크(pre-strike)특성이 고려된 상태에서 전류통전 시점이 차단기 극간전압 영점에 가능한 한 가까운 영역에서 일어나도록 해야 한다. 따라서 이때 고려되어야 할 사항으로는 전극 스트로크 시의 극간 내전압 감소율(RDDS)과 투입시간의 변화특성이 반드시 포함되어야 한다.

* 正 會 員 : 韓國電氣研究院 責任研究員
** 正 會 員 : 韓國電氣研究院 責任研究員, Group長
*** 正 會 員 : 韓國電氣研究院 先任研究員
§ 正 會 員 : 비츠로테크(주) 技術研究所長
接受日字 : 2003年 3月 20日
最終完了 : 2003年 8月 12日

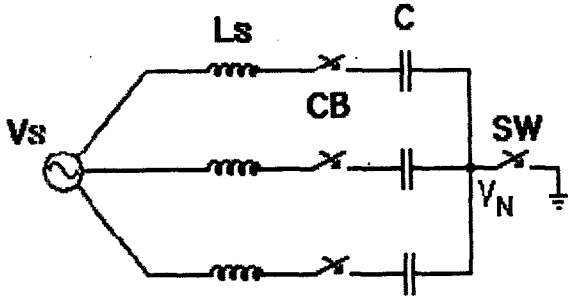


그림 1 분로 콘덴서 뱅크의 회로구성도
Fig. 1 Circuit diagram for shunt capacitor bank

콘덴서 뱅크 투입에는 전류통전 개시 점의 전극 간 전압이 클수록 투입전류가 커지기 때문에 주어진 RDDS(=K)와 차단기 투입시간변화(ΔT)의 조건에서 투입전압(Vm)을 최소화하는 것이 개폐제어의 목표라 할 수 있다.

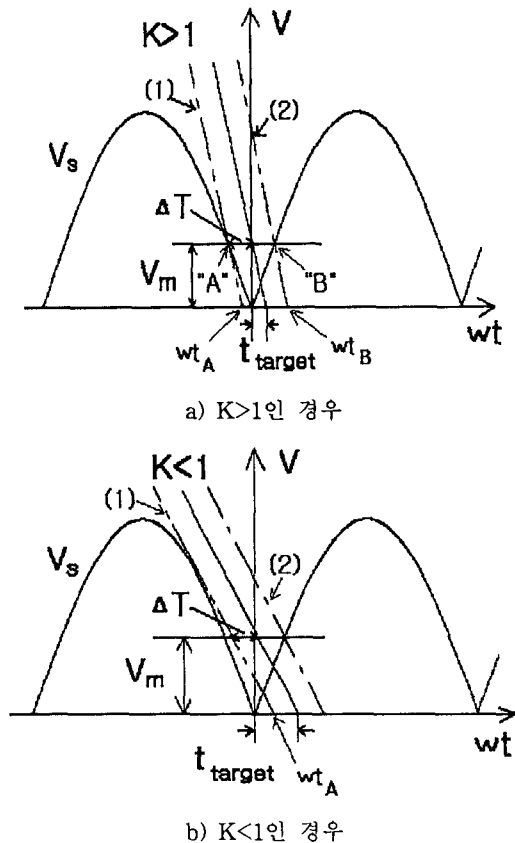


그림 2 차단기 RDDS(K)의 크기에 따른 접점부착시점의 영향
Fig. 2 Influence of RDDS for the contact touch instant

이기서는 차단기의 RDDS 값으로 정상상태 인가전압의 영점에서 기율기 값에 대하여 규준화 된 값을 사용하며 그 값이 1인 경우는 RDDS가 인가 전압의 영점에서 기율기와 동일함을 뜻한다. 모든 값의 K에 대하여 최적의 접점부착시점을 찾기 위해서는 K가 1을 기준으로 작은 영역과 큰 영역을 분리하여 해석하는 것이 필요하며 그림 2에는 이 두 경우에 대한 도식적 접근 방법을 나타내었다. 먼저 RDDS의

직선 식이 인가 전압파형과 한점에서만 교차하게 되는 $K > 1$ 인 경우는 그림 2의 a)에서와 같이 V_m 이 나타나게 되는 위치가 전압영점을 기준으로 대칭한 위치에 존재하게 된다. 그리고 동일한 V_m 값을 나타내게 되는 지점("A": $(-\omega\Delta T, V_m)$, "B": $(\omega\Delta T, V_m)$)을 지나는 두 직선 식 (1)과 (2)로부터 이들 직선들이 가로축과 만나는 시점들(ωt_A , ωt_B)을 구하게 되면 목표로 하는 접점투입시점(t_{target})은 이들의 평균값으로 표시되게 되며 이 과정에 사용되는 관계는 식 (1)-(4)와 같다.

$$\text{직선 (1) : } V = -K \cdot \omega t + (V_m - K\omega \cdot \Delta T) \rightarrow$$

$$\omega t_A = \frac{V_m - K\omega \cdot \Delta T}{K} \quad (1)$$

$$\text{직선 (2) : } V = -K \cdot \omega t + (V_m + K\omega \cdot \Delta T) \rightarrow$$

$$\omega t_B = \frac{V_m + K\omega \cdot \Delta T}{K} \quad (2)$$

$$\omega t_{target} = \frac{\omega t_A + \omega t_B}{2} = \frac{V_m}{K} \quad (3)$$

$$V_m = \sin(\omega \cdot \Delta T) \quad (4)$$

다음으로 그림 2 b)의 $K < 1$ 인 경우는 전압영점에서의 기율기보다 차단기의 RDDS가 작기 때문에 차단기 투입시간이 평균치보다 짧은 영역에서는 큰 V_m 이 발생할 가능성이 존재하게 된다. 이 경우는 전압신호와 접하는 기율기 K인 직선 (1)이 시간 축과 만나는 점으로부터 차단기 투입시간 변화정도(ΔT)만큼 우편으로 이동된 시점이 t_{target} 이 되는데 이 과정을 식으로 나타내면 식 (5)-(8)과 같다. 즉 그림 2 b)에서 RDDS가 K값인 직선이 인가전압신호와 접하게 되는 지점의 위상 값은 식 (5)와 같고 이로부터 식(6)와 같은 접선 식의 형태와 접점에서의 전압 값으로부터 직선의 세로축 절편 값(b)가 식 (7)으로 표시된다. 다음으로 이 직선이 가로축과 만나는 지점 즉 접점부착시점은 식 (8)와 같이 직선의 세로축 값이 영인 경우로부터 주어지게 되며 여기에 차단기의 투입시간 변화정도를 고려하면 제어목표지점이 주어지게 된다.

$$K = \cos \omega t \rightarrow \omega t = \cos^{-1} K \quad (5)$$

$$y = -K \cdot \omega t + b \rightarrow$$

$$\sin(\cos^{-1} K) = -K \cdot (-\cos^{-1} K) + b \quad (6)$$

$$b = \sin(\cos^{-1} K) - K \cdot \cos^{-1} K \quad (7)$$

$$\omega t = \frac{b}{K} = \frac{\sin(\cos^{-1} K) - K \cdot \cos^{-1} K}{K} \quad (8)$$

이러한 과정으로 주어지게 되는 접점부착 시점은 $K \geq 1$ 인 경우(RDDS가 인가전압의 영점에서 기율기보다 큰 경우)와 $K < 1$ 인 경우(RDDS가 인가전압의 영점에서 기율기보다 작은 경우)에 대하여 식 (9), (10)과 같이 각각 표현되어진다.

$$t_{target}(K, \Delta T) = \frac{\sin(\omega \cdot \Delta T)}{\omega K} \quad (9)$$

$$t_{target}(K, \Delta T) = \frac{\sin(\cos^{-1} K) - K \cdot \cos^{-1} K}{\omega K} + \Delta T \quad (10)$$

K가 "1" 보다 큰 경우는 차단기 동작시간의 흔들림이 없는 이상적인 경우 점접부착시점이 인가전압의 영점과 일치될 수 있지만 "1" 보다 작은 경우는 전극 스트로크 과정에서 선행아크가 발생되기 때문에 점접부착시점이 영점보다 늦어지게 됨을 알 수 있다. 그림 3은 식 (9)와 식 (10)으로부터 차단기의 RDDS와 ΔT 에 대한 t_{target} 의 관계를 나타낸 것으로 K가 작아질수록 그리고 차단기 동작의 흔들림이 클수록 전압영점에서 멀어지게 되어 투입시의 전압(striking voltage)이 커지게 되고 투입전류 억제효과는 작아지게 됨을 보여준다. 따라서 돌입전류의 억제 효과를 높이기 위해서는 RDDS가 크고 투입 동작의 흔들림이 작은 차단기를 사용하는 것이 필요하다.

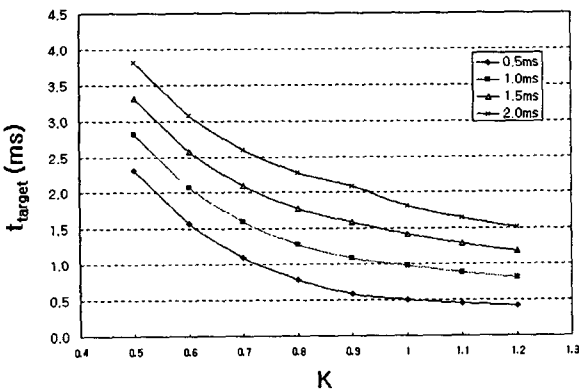


그림 3 차단기 특성(RDDS, ΔT)에 따른 최적 점접부착시점 (전원주파수 $f=60\text{Hz}$ 인 경우)

Fig. 3 Optimum instants of contact touch as a function of CB characteristics

그림 4는 앞서 주어진 점접부착시점(t_{target})이 개폐제어방식으로 수행되는 콘덴서 뱅크의 전체 투입절차와 가지는 관계를 나타낸 것으로 개폐제어를 위한 지연시간 T_d 는 식 (11)과 같이 된다.

$$T_d = (N \cdot T_{Ref} + t_{target}) - T_{closing} \quad (11)$$

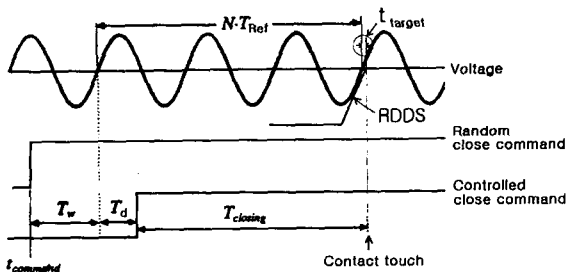


그림 4 콘덴서 뱅크의 투입 절차도

Fig. 4 Closing procedure for capacitor banks

여기서 N은 지연시간 T_d 가 양의 값을 가지는 최소 자연수, T_{Ref} 는 입력신호의 반주기를 그리고 $T_{closing}$ 은 차단기의 투입시간을 나타내며 T_w 는 임의의 투입명령시점($t_{command}$)에서부터 첫 번째로 만나는 입력신호 영점까지의

시간을 뜻한다.

지금까지는 주어진 인가전압에 대하여 투입 시 점접부착시점을 설정하는 방법에 대하여 살펴보았으며 콘덴서 뱅크의 중성점이 접지된 경우에 각 상이 상호간섭 없이 독립적이기 때문에 각 상에 동일하게 적용할 수 있다. 그러나 중성점이 비 접지된 삼상의 콘덴서 뱅크 투입 시에는 각상의 상관관계로 인하여 선행 투입된 상의 영향에 따른 전압 크기와 첨두치 시점의 변화가 고려되어야 한다. 그림 5는 중성점 비 접지 상태에서의 차단기 투입 시 발생하는 전극 간 전압형태의 한 예를 나타낸 것으로 중성점 전위가 먼저 투입된 상의 영향으로 인해 전압 첨두치 값과 그 위치가 변형되어지게 됨을 보여준다.

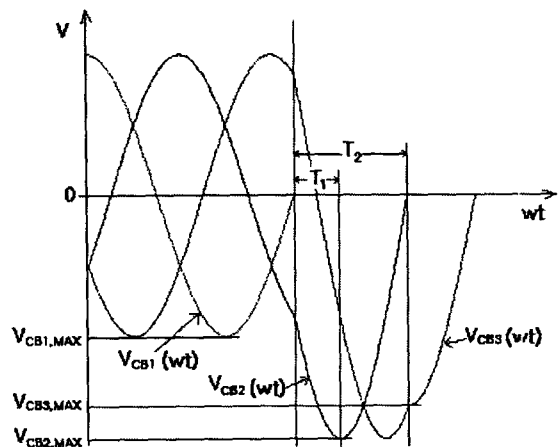


그림 5 중성점 비접지 상태의 콘덴서 뱅크 투입 시 차단기 극간 전압형태

Fig. 5 Voltages across the circuit breaker for a capacitor bank with the unearthed neutral during closing

즉 전극양단에 인가되는 전압의 크기는 차단기의 RDDS와 연관되어 투입전압의 크기에 영향을 미치게 되므로 전극부착시점 제어를 위해서는 투입 시 일어나는 현상에 대한 충분한 이해가 필요하게 된다. 먼저 첫 번째로 동작하는 상에 대해서는 차단기 전극 간에 정격전압이 인가된 상태에서 투입되기 때문에 단상의 경우와 동일하고 또 중성점 비접지인 경우 전극을 통해 흐르는 전류는 아직 없는 상태이므로 투입전류의 크기가 투입시점에 영향을 받지 않는다. 다음으로 두 번째 투입상의 전극 간 인가전압(V_{CB2})은 첫 번째 상의 투입으로 인한 중성점의 전위변위와 두 번째 상에 인가되는 전압의 차이로 식 (12)와 같이 표현되어지며 인가전압의 크기 $V_{CB1,MAX}$ 은 1을 기준으로 하였다.

$$V_{CB2}(wt) = \sin\left(wt - \frac{2}{3}\pi\right) - \sin wt \quad (12)$$

$$= -\frac{3}{2}\sin wt - \frac{\sqrt{3}}{2}\cos wt$$

그리고 전극간 전압의 최대치 시점은 $\frac{\partial V_{CB2}}{\partial wt} = 0$ 를 만족하는 시점으로 첫 번째 상의 전압영점을 기준으로 하면 식 (13)과 같이 주어지게 된다.

$$\frac{\partial V_{CB2}}{\partial wt} = -\frac{3}{2} \cos wt + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin wt = 0 \rightarrow$$

$$wt = \frac{\pi}{3} \quad (13)$$

또한 전극간의 침두치 전압크기는 식 (13)에 주어진 시점에서 V_{CB2} 의 값으로 인가전압의 최대치($V_{CB1,MAX}$)에 대하여 식 (14)와 같이 나타낸다.

$$V_{CB2,MAX} = \sqrt{3} V_s \quad (14)$$

두 번째 상이 투입된 상태에서 중성점의 전위(V_N)는 식 (15)와 같이 첫 번째 인가 상과 두 번째 인가 상의 평균값으로 주어지게 된다.

$$V_N(wt) = \frac{1}{2} (\sin wt + \sin(wt - \frac{2}{3}\pi))$$

$$= \frac{1}{4} (\sin wt - \sqrt{3} \cos wt) \quad (15)$$

따라서 마지막 투입상의 전극 간 인가전압(V_{CB3})은 이 중성점의 전위와 마지막 상에 인가된 전압과의 차이로 식 (16)과 같이 나타내게 된다.

$$V_{CB3}(wt) = \sin(wt + \frac{2}{3}\pi) - V_N$$

$$= \frac{3}{4} (\sqrt{3} \cos wt - \sin wt) \quad (16)$$

이로부터 마지막 상의 최대치 시점은 $\frac{\partial V_{CB3}}{\partial wt} = 0$ 를 만족하는 시점으로 첫 번째 상의 전압영점을 기준으로 하면 식 (17)과 같이 된다.

$$\frac{\partial V_{CB3}}{\partial wt} = -\frac{3}{4} (\sqrt{3} \sin wt - \cos wt) = 0 \rightarrow$$

$$wt = \frac{5\pi}{6} \quad (17)$$

또 최대치 전압크기는 인가전압의 최대치에 대하여 식 (18)와 같다.

$$V_{CB3,MAX} = \frac{3}{2} V_s \quad (18)$$

이상에서 살펴본 차단기 공간 영향에 따른 전극 간 전압 및 침두치의 시점은 표 1과 같이 요약되어질 수 있다.

표 1 공간 영향에 따른 전극간 전압 및 위상(첫 번째 상 기준)

Table 1 Effect of phase interactions on the voltage and phase

	침두전압 크기	침두치 지점
두 번째 상	$V_{CB2,MAX} = \sqrt{3} V_{CB1,MAX}$	$T_1 = 1/3\pi$
세 번째 상	$V_{CB3,MAX} = 3/2 V_{CB1,MAX}$	$T_2 = 5/6\pi$

결과적으로 차단기의 각 상별 접점부착 목표시점(t_{target})은 첫 번째 상의 전압영점을 기준으로 식 (19)~(21)와 같이

주어지며 이 식들에서 $K_{1,2,3}$ 는 각상 전극 간에 인가된 전압($V_{CB1}, V_{CB2}, V_{CB3}$)의 영점에서 기울기에 대한 차단기 RDDS의 규준화 값을, ΔT 는 차단기의 투입동작 시간의 변화분을, T 는 인가전압의 주기를 나타낸다.

$$\text{첫 번째 상(R): } t_{target}^R = t_{target}(K_1, \Delta T),$$

$$K_1 = \frac{RDDS}{w V_{CB1,MAX}} \quad (19)$$

$$\text{두 번째 상(S): } t_{target}^S = t_{target}(K_2, \Delta T) + \frac{5}{12} T,$$

$$K_2 = \frac{RDDS}{w V_{CB2,MAX}} \quad (20)$$

$$\text{마지막 상(T): } t_{target}^T = t_{target}(K_3, \Delta T) + \frac{2}{3} T,$$

$$K_3 = \frac{RDDS}{w V_{CB3,MAX}} \quad (21)$$

3. 시뮬레이션 결과 및 검토

제안된 투입시점에서의 투입전류 억제효과를 알아보기 위해 그림 6과 같은 back-to-back 콘덴서 뱅크구조에 대하여 EMTP를 사용하여 투입과도현상을 해석하였다.

여기서 L_s 는 전원측 임피던스를 L_B 는 선로 인덕턴스를 표시한 것이다. 그리고 투입 시의 전극 간 전압과 차단기 극간의 RDDS에 대하여는 그림 7에 나타내었다.

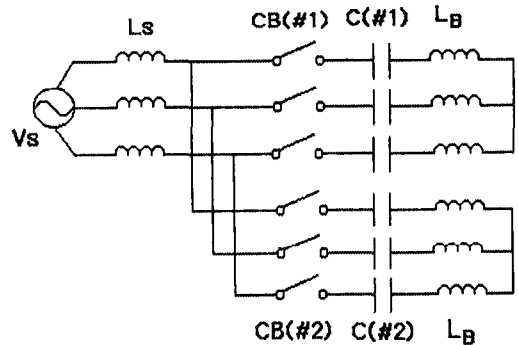


그림 6 Back-to-back 콘덴서 뱅크의 구성회로

Fig. 6 Schematic diagram for back-to-back capacitor bank

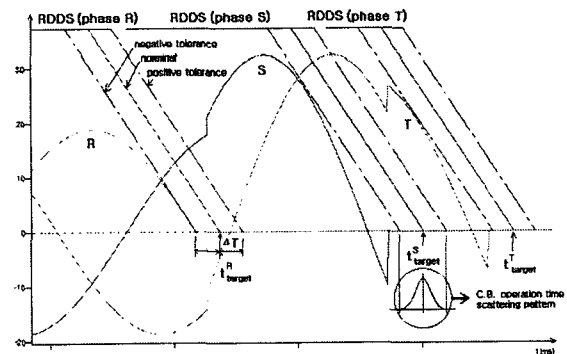


그림 7 투입 시의 각상 전극 간 전압과 RDDS의 관계

Fig. 7 Relationship between RDDS and voltage across the contact upon closing

차단기 CB(#1), CB(#2)의 상태에 따라 single 및 back-to-back 형태로 회로를 구성하고 사용된 회로정수의 값은 인가전압 22.9kV, 단락전류 25kA의 선로에 설치된 5MVA 콘덴서 뱅크의 경우를 대상으로 하였으며 총 100회의 개폐제어에 의한 투입을 수행하였고, 각 콘덴서 뱅크의 구성형태에서의 투입전류를 해석한 시뮬레이션 결과는 그림 8과 같다. 여기서 차단기의 RDDS는 인가전압의 영점 기울기를 기준으로 1p.u., 차단기 투입시간(ΔT)의 동작특성은 평균치를 기준하여 $\pm 1ms$ 의 오차범위로, 3 σ 내에 대부분의 동작오차가 포함될 수 있는 표준편차(σ)가 0.33ms인 정규분포의 형태를 가지는 것으로 하였다.

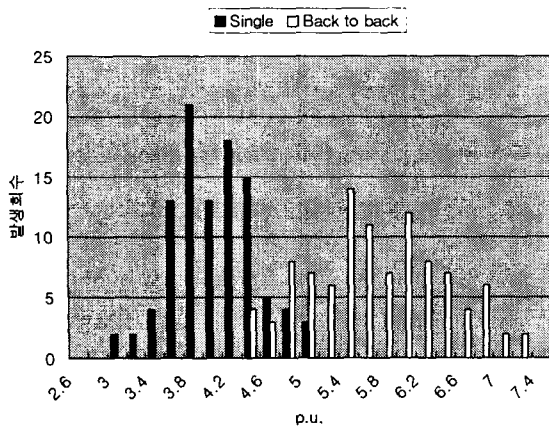


그림 8 개폐제어에 의한 분로 콘덴서 뱅크의 투입전류 크기 분포 (투입회수: 총 100회)

Fig. 8 Distribution of the closing current due to the type of shunt capacitor bank

수행된 시뮬레이션과 동일한 조건에서, 실 계통에서 일반적으로 사용하는 경우로, 콘덴서 용량의 6%에 해당하는 돌입전류 억제용 리액터(L)를 사용한 경우 single bank에서 최대 약 5p.u의 투입전류가 발생 가능하고, 리액터가 없고 임의의 시점에서 투입되는 경우 발생 가능한 11p.u의 투입전류 크기 등을 비교할 때 최대 약 5p.u의 특성을 보이는 개폐제어 방식이 투입전류 억제에 효과가 있음을 보여준다 [5].

표 2 투입조건에 따른 최대 투입전류 크기비교 (정상전류 기준)

Table 2 Comparison of maximum inrush current associated with closing condition

	Worst case	L (=17mH)	controlled switching
Single	11(p.u.)	5(p.u.)	5(p.u.)
Back-to-back	32(p.u.)	5(p.u.)	7.4(p.u.)

그리고 back-to-back 콘덴서 구조에서 임의의 시점에서 투입되는 경우 정상전류를 기준으로 최대 약 32p.u.까지 투입전류의 발생이 가능한 것으로 보고 되고 있지만[6] 투입제

어를 수행하는 경우 약 7.4p.u의 값으로 제한되어지는 것을 볼 수 있으며 이들을 요약하면 표 2와 같다. 그리고 본 제어방식은 두 상이 동시 투입되는 기존의 제어방식[5,6]에 비해 차단기 동작시간의 오차가 돌입전류 억제성능에 대해 미칠 수 있는 영향을 줄일 수 있는 이점이 있다.

4. 결론

본 논문에서는 콘덴서 뱅크의 투입전류 억제를 위한 투입 제어 시점의 선정방안에 대하여 제안하고 EMTP를 통한 시뮬레이션 결과로부터 제안된 방안에 대한 성능을 확인하였다. 투입시점 선정에는 차단기 RDDS의 크기에 따라 1의 값을 기준하여 두 영역으로 구분하여 수행함으로써 RDDS가 낮은 경우 높은 투입전압이 발생할 수 있는 가능성을 방지하였으며 한 상의 기준입력신호로 삼상의 제어시점이 설정될 수 있도록 중성점 비접지 구성의 상간 관계가 고려되었다. 제안된 투입시점에 대하여 single 및 back-to-back 콘덴서 뱅크의 투입현상을 시뮬레이션 한 결과 최대 투입전류의 크기가 5p.u 와 7.4p.u로 각각 나타나 투입전류 억제가 효과적으로 수행되어짐을 보였다.

참고 문헌

- [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 55-96, 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.Maekawa, 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.

저 자 소개



이 우 영 (李 佑 暎)

1957년 10월 2일 생. 1980년 경북대 전자공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1982년~현재 한국전기연구원 신전력기기연구 그룹 책임연구원.

Tel:055-280-1572, Fax:055-280-1589

E-mail : wylee@keri.re.kr



정 진 교 (鄭 鎭 敎)

1967년생. 1991년 강원대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1994년 강원대 공대 전기공학과 대학원 졸업(석사). 현재 한국전기연구원 신전력기기연구그룹 선임연구원.

Tel:055-280-1564, Fax:055-280-1589

E-mail: jkchong@keri.re.kr



박 경 엽 (朴 敬 燁)

1957년 1월 3일 생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 영국 Liverpool 대학 전기공학과 졸업(공학박사). 1978년 12월~1981년 5월 효성중공업(주) 전장 설계부. 1981년 6월~현재 한국전기연구원 산업전기연구단 신전력기기연구 그룹 그룹장(책임연구원).

Tel:(055) 280-1561, Fax:(055)280-1589

E-mail : kypark@keri.re.kr



김 희 진 (金 禧 鎭)

1959년 3월 13일 생. 1980년 광운대 전기공학과 졸업. 1982년 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1982년~1984년 태영광업 근무, 1985~1994 효성중공업(주) 근무, 1994~현재 (주)비츠로테크 기술연구소장.

Tel : 031-489-2004, Fax : 031-492-2216

E-mail: hjkim@vitzrotech.com