

SC bank 안전운전을 위한 제안

주정규, 강창익, 윤시영, 정재기
한빛EDS(주)

Proposal for safety operation of SC Bank

Joo Jung-kyu, Kang Chang-ik, Yun Si-young, Jung Jae-ki
HANBIT EDS, CO.LTD

Abstract - 전력계통에서 역률개선을 위해 사용하는 전력용 콘덴서(이하 SC bank)는 전력계통의 운전상 전압 제어와 역률개선이라는 두가지 측면에서 매우 중요한 전력설비이다. 또한 최근에 전력산업 구조조정에 의해 발전분야가 분할되는 시점에서 SC bank의 역할의 중요성이 강조되고 있다.

본 논문에서는 SC의 고장원인이 무엇인지를 현장조사를 통해 수행하였다. 그 결과 SC bank를 구성하고 있는 리액터, 콘덴서, PT, 혹은 CT 혹은 방전코일의 열화원인이 대부분 차단기의 투입서지와 차단서지에 의해 발생되고 있음을 확인하였다. 또한 기존의 보호시스템은 SC Bank의 보호에 적합하지 않음을 검토하였다. 차단기 서지에 대한 대책으로는 투입시 전압영점투입과 중성점 저항기의 취부로 투입서지 및 차단서지를 효과적으로 감소되는 현상을 모의와 현장실측을 통해 확인하였다. 또한 기존의 보호방식이 과전류와 과전압 부족전압 혹은 CT와 PT를 이용한 차동방식에 의해 셀의 경련변화를 감지하고 있으나 이 경우 보호맹점이 존재하게 됨을 검토하였다. 이러한 보호상의 문제점을 보완하는 방법으로 SC bank는 임피던스가 늘 일정하는 점에 착안하여 전압과 전류를 이용하여 임피던스의 변화량을 감시하고, 또 한가지 방법은 SC bank의 운전특성상 무효전력만을 발생시킨다는 점에 착안하여 만일 유효전력 성분이 SC bank에서 감지된다면 소자의 이상이나 비정상적인 전류경로가 된다는 결론에 도달하고 유효전력감시를 통한 SC bank의 열화감지가 가능하다는 결론에 도달하였다.

본 논문에서 제안한 3가지의 방법, 즉, 첫째 영점투입 차단기 채택, 둘째, 중성점 저항기의 도입, 셋째 새로운 보호방식에 의한 기존의 보호맹점의 보완을 제안하였다.

위의 새로운 제안을 현장에 적용하는 경우 제작사의 제작불량을 제외한 운전상의 SC bank의 문제점 및 고장 빈도는 현저히 감소하게 될 것으로 사료된다.

1. 서 론

산업에서 정밀기기와 정보기기의 사용이 증가되면서 전기사업자가 공급하는 전력 품질의 중요성이 강조되고

있다. 전력품질을 대표하는 두 가지의 요소는 변동률이 적은 전압과 일정 주파수이다. 주파수는 발전기에서 발전하는 전기에너지와 전력수요와의 평형과 직접적인 관련이 있다. 순간적으로 수요가 줄면 주파수는 증가하고, 증가하면 감소하게 된다. 반면 전압은 에너지와의 관계도 중요한 제어요소가 되나 무효전력파도 직접적인 관계가 존재한다.

우리나라 전력계통의 발전단은 대부분 남부지역에 집중되어 있고, 부하는 수도권에 집중되어 있다. 그러므로 전력계통의 전압제어에 어려운 기술적 문제점이 존재하게 된다.

이러한 안정적인 전압을 수용가에게 공급하려는 목적으로 무효전력을 제어하여 전압을 안정화하는 장치인 전력용 콘덴서를 두어 역률을 개선하는 목적을 달성하고 또한 콘덴서 용량을 제어함으로써 변동률이 적은 전압의 공급을 추구하고 있다. 이 때 콘덴서의 용량의 제어는 주로 콘덴서 뱅크 전단의 차단기의 투입 혹은 차단함으로써 전력계통과의 병입 및 차단을 수행하고 있다. 그러므로 당연히 일반적인 차단기의 보다 전력용 콘덴서에 연결된 차단기는 동작횟수가 많다. 1년동안의 콘덴서 뱅크차단기의 동작횟수는 일반계통에 사용되는 차단기기를 수십년동안 사용하는 횟수보다 많다.

콘덴서는 회로성격상 고조파에서 임피던스가 적게 작용하게 되므로 전력 계통에서 고조파 전압 혹은 서지성 전압이 유기되어 전력용 콘덴서에 유입되면 그에 상응하는 대전류가 흘러 콘덴서를 소손 혹은 열화시키는 원인이 된다. 이러한 문제점을 보완하기위해 콘덴서와 직렬로 직렬리액터를 설치하여 콘덴서에 흐를 수 있는 고조파성 혹은 서지성 전류를 억제하는 기능을 담당토록 하고 있다. 이러한 콘덴서와 직렬리액터를 포함한 전력용 콘덴서를 SC Bank라 칭한다.

결국 SC Bank는 콘덴서와 리액터의 직렬회로로 작용한다. 콘덴서를 보호하기 위해 콘덴서와 직렬로 리액터를 설치하였지만 전기 회로적으로 직렬공진회로로 작용하게 된다. 직렬공진회로에 공진주파수에 해당하는 전압이 인가되면 이론상으로는 무한대의 전류가 흐를 수 있으므로 SC Bank는 소손된다. 그러므로 이러한 점을

감안하여 리액터의 용량을 콘덴서용량의 6%로 하여 공진주파수를 상용주파수기준 4고조파에 해당하는 240Hz 근처로 설계하고 있다. 전력계통의 성격상 우수고조파의 발생이 용이하지 않은 점을 이용하고 있다.

최근 들어 발전소의 독립으로 인해 무효전력을 제어하고 전압의 안정화를 위해 SC Bank의 설치가 늘고 있지만 그에 비례한 SC Bank의 안전에 대한 연구는 미비한 실정으로 SC Bank의 고장에 대한 원인과 그 대책이 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 이러한 현상의 원인을 규명하고, 대책 방안을 제안하는 데 그 목적이 있다. 우선 현재 콘덴서뱅크의 고장 원인을 규명하고 콘덴서뱅크에 대한 이론적 현상규명과 현장실측결과를 종합하여 대책을 강구하고 대책후의 현장실측을 통해 대책의 실효성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 콘덴서뱅크의 구조와 전기 회로적 접근

SC Bank는 그림 1에서 나타낸바와 같이 역률 보상과 무효전력을 공급하기 위한 콘덴서를 전력계통에 연계시킴으로서 그 역할을 수행한다. 콘덴서가 기본적으로 고주파와 서지에 대해서 임피던스가 아주 작은 값으로 작용하므로 계통에서 발생하는 서지와 고조파가 콘덴서에 유입되면 상당히 큰 전류가 흐르게 되고 이 전류는 콘덴서를 소손 혹은 열화시키는 원인이 된다. 이러한 특성을 갖는 콘덴서를 보호하기 위해 콘덴서와 그림 1과 같이 직렬로 리액터를 연결하여 사용하고 있고 이를 직렬리액터라고 부른다.

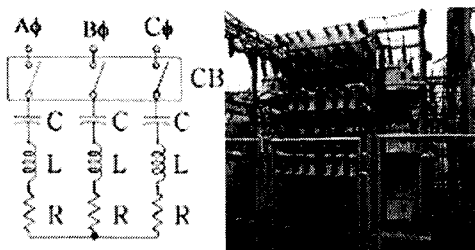


그림 1. SC Bank의 전기동기회로와 SC Bank 사진

그림 1에서 R은 콘덴서와 직렬리액터에 포함된 직렬 저항성분을 등가 저항으로 실제적으로는 1Ω이하의 작은 값으로 작용한다. 또한 그림 1에서 CB는 SC Bank를 계통과 연결과 차단 역할을 수행하는 차단기이다.

콘덴서를 보호하기 위해 연결한 직렬리액터가 콘덴서와 직렬로 연결되고, 아주 작은 값의 저항이 존재하므로 실제 SC Bank의 회로는 L-C 직렬공진회로처럼 작용한다. 그러므로 직렬공진회로에는 공진주파수가 존재하게 되고 L과 C의 미소변화에도 공진주파수가 변화하게 된

다. 일반적으로 전력계통에서는 우수고조파가 존재할 확률이 적다는 점을 이용하여 우수고조파 근방으로 공진주파수가 되도록 설계한다. 현재 대부분의 SC Bank는 4고조파 근처에서 공진주파수가 결정되도록 설계하고 있다.

2.2 콘덴서뱅크의 수학적 모델링과 전압원별 전류 응답특성

2.2.1 콘덴서뱅크의 수학적 모델

SC Bank의 전기회로적 구성은 기본적으로 R-L-C 직렬회로로 작성된다. 이는 2계 1차 선형미분방정식으로 일반적으로 2차계로 불리는 미분방정식으로 표현된다. SC Bank회로에서 전원은 전압이므로 전압을 제차항으로 하고 전류를 종속변수, 시간을 독립변수로 하면 식(1)과 같은 미분방정식이 얻어진다.

$$\frac{di(t)^2}{dt^2} + a_1 \frac{di(t)}{dt} + a_2 i(t) = v(t) \quad \text{-----(1)}$$

식(1)에서 상수 a_1 , a_2 는 SC Bank를 구성하고 있는 R, L, C소자로 구성되는 값이다. 실제로 시간과 온도특성에 의해 이러한 소자값이 변화할 수 있다. 여기서는 선형시스템으로 해석하고자 하므로 이러한 소자의 경련변화와 온도변화는 없는 것으로 한다.

식(1)에서의 미분방정식을 주파수해석을 위해 라플라스 변환하면 식(2)와 같은 라플라스방정식이 성립한다. 이때 전압을 입력V(s)으로 전류를 출력I(s)로 한다.

$$\frac{I(s)}{V(s)} = Y(s) = \frac{S/L}{S^2 + (R/L)S + 1/LC} \quad \text{----(2)}$$

식(2)에서 전달함수Y(s)의 차원은 어드미턴스가 되고, 불릿선도로 표현하면 그림 2와 같은 표현된다.

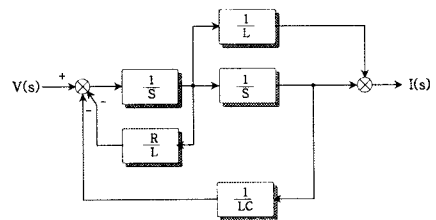


그림 2. 콘덴서뱅크의 불릿선도 표현

식(2)와 그림 2에서의 표현은 SC Bank가 전형적인 아주 좁은 통과폭을 갖는 밴드패스필터의 식으로 표현된다. 결국 SC Bank는 공진주파수점을 기준점으로 하여 지수적으로 감쇠하는 이득특성을 갖게 된다. 그러므로 SC Bank를 구성하고 있는 소자값이 적은 변화에도 민감하게 동작한다. 특히, 공진주파수점이 계통 내에 존재하는 고조파의 영역 내에 있으므로 소자 값이 변화하여 공진주파수가 내부에 존재하는 고조파의 주파수와 일치하면 이론상으로 무한대의 전류가 흘러 SC Bank가

소손될 수 있다.

그림 2와 식(2)를 이용하여 주파수에 대한 응답을 도출하면 그림 3과 같다.

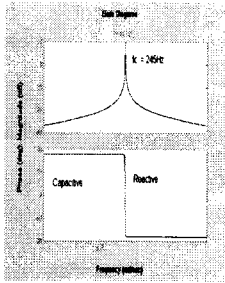
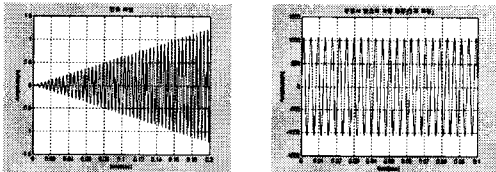


그림 3 SC Bank의 주파수 응답특성

그림 3에서 가로축은 이득(dB)과 위상이고 세로축은 각주파수(ω)이다. 이때 SC Bank의 소자값은 $C = 25.394 [\mu F]$ 이고 $L = 16.694 [mH]$, $R = 0.1 [\Omega]$ 이다. 공진주파수는 $245 [Hz]$ 로 계산된다. 위의 그림 3에서 알 수 있듯이 공진주파수 지점에서 어드미턴스가 커지고 공진주파수 점에서 위상의 진상에서 지상으로 변화하게 된다. 그러므로 임피던스는 공진주파수에서 매우 작은 값으로 작용함을 알 수 있다.

2.2.2 콘덴서 뱅크의 과도상태 응답특성

여기서의 과도상태라 함은 주로 차단기의 투입시 일어나는 수십 msec 동안의 전류특성으로 한정하고, SC Bank에 계단전압이 인가된 경우와 공진주파수에 해당하는 전압이 인가된 경우를 해석하고 현상을 명확하게 이해할 수 있도록하기 위해 저항은 '영'으로 하였다.



(a) 공진주파수 전압응답 (b) 계단응답

그림 4. SC Bank의 응답특성

그림 4의 (a)는 SC Bank에 공진주파수에 해당하는 크기 $1[V]$ 의 전압을 인가한 경우의 출력특성 즉 전류파형으로 연속적으로 전류가 증가한다는 것으로 알 수 있다. 이때 전류의 주파수 성분은 공진주파수이다. 결국 SC Bank에 공진주파수 성분의 전압이 인가되면 공진주파수 성분의 전류가 연속적으로 증가하여 SC Bank는 소손된다.

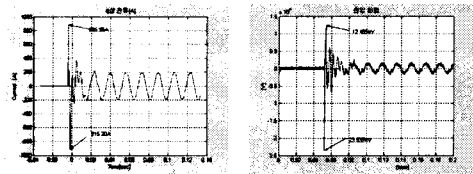
그림 4의 (b)는 SC Bank의 계단응답을 나타낸 것이다. $23[kV]$ 정격전압의 경우 이러한 응답과 서지응답, 상용주파수응답에 의한 전류의 성분을 합하면 정상적인 차단기형태에서 약 $1000[A]$ 정도의 과도전류가 SC Bank에 흐른다. 물론 실제로는 저항성분이 작용하여

서서히 감소하는 형태가 된다. 그런데 콘덴서 특성상 차단기의 동작이 빈번하여 접점등이 마모되어 표면상태가 나빠진 경우 상당히 큰 과도전류가 흐를 수 있다. 결국 차단기에서 발생하는 차단서지의 영향이 콘덴서뱅크의 전류를 결정하는 한가지 큰 요인이 된다.

2.3 현장실측과 원인 분석

2.3.1 투입시 투입서지 측정

SC Bank를 계통과 연결하는 차단기의 투입동작과 계통에서 SC Bank를 이탈시키는 차단기의 차단동작시 차단기의 상태에 의해 차단서지가 발생하게 되고 투입동작시 상용주파수의 전압파형의 투입시점에 따라 차단서지의 크기가 결정된다.

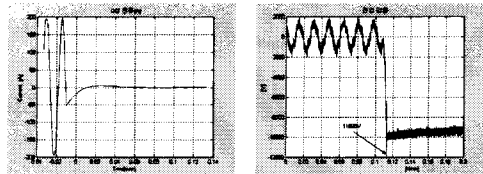


(a) SC 투입시 전류파형 (b) 리액터 전단 전압

그림 5. 투입시의 전류파형 및 리액터 전단전압파형

그림 5의 (a)에서 차단기 투입시의 전류실측파형을 나타내고 있다. 그림 5의 (b)는 차단기의 투입시 SC Bank 내의 리액터 전단 전압이다. SC Bank를 계통에 투입할 경우 전류는 $800[A]$ 이상 전압은 $20[kV]$ 이상 측정된다. 투입시의 전압이 최고점이면 $1000[A]$ 이상 증가한다. 이때 급준전류가 리액터와 작용하여 SC Bank에 큰 전압을 순간적으로 유기시키고 이 전압은 $23kV$ 의 BIL 전압을 초과한다. 그러므로 이 과전압에 의해 리액터의 소손과 열화가 급진적으로 진행될 수 있다는 결론에 도달한다.

2.3.2 차단시 차단서지 측정



(a) SC 차단시 전류파형 (b) 리액터 전단 전압

그림 6. 차단시의 전류파형 및 리액터 전단전압파형

그림 6의 (a)에서 차단기 차단시의 전류실측파형을 나타내고 있다. 그림 6의 (b)는 차단기의 차단시 SC Bank 내의 리액터 전단 전압이다. SC Bank를 계통에 투입할 경우와 달리 차단시 SC Bank에 서지전류는 발생되지 않는다.

하지만 SC Bank 차단시 SC Bank내 리액터 전단 전압을 측정할 경우 정상상태에 인가되어 있는 전압보다

3-5배 높은 서지가 유입된다. 이때 유입된 서지는 차단기 투입시 발생하는 서지와 달리 순간적으로 발생된 뒤 사라지지 않고 1초(60주기)이상 지속되는 것을 과형으로 확인 할 수 있다.

따라서 SC Bank가 차단시 발생하는 차단 서지는 다른 급준하는 서지에 비해 그 에너지가 크고 지속시간이 길기 때문에 SC Bank의 주요 열화 요인으로 분석된다.

2.3.3 기존 보호 시스템의 문제점

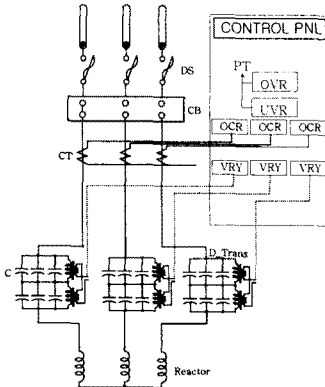


그림 7 기존 시스템의 설치도

SC bank는 무효전력을 보상하는 전력계통 운전상 매우 중요한 전력기기이면서도 보호시스템은 SC의 전기적 특성을 고려하지 않은 기존의 보호시스템을 조합하여 사용하고 있어, SC의 고장을 사전에 방지하지 못하고 있다. 현장에서 이미 큰 사고가 난 경우에도 동작하지 않거나 고장이 사고로 진행된 후에 동작하고 있다.

SC bank는 특성상 정상적인 경우 임피던스가 변화하지 않는다. 그러므로 전압변동의 영향으로 전류가 소폭 증감하게 된다. OCR의 경우 동작개시전류를 10% 혹은 그 이상으로 정정하였다면 OCR이 동작하는 경우는 거의 없을 것이다. 만일 동작했다면 임피던스가 10% 혹은 20% 변했다는 결론이 된다. 실제로 SC의 임피던스가 10% 혹은 20%변화했다면 SC bank는 소손되었거나 큰 고장이 난 경우에 해당한다. 그러므로 기존의 과전류 계전기로 SC bank를 보호하기에는 아주 큰 사고를 제외하고는 불가능하게 된다.

23kV의 경우 대부분의 계전기 동작하는 경우를 조사한 결과 방전코일의 차전압으로 움직이는 불평형 계전기의 동작이 주류를 이룬다. 그러나 이 경우 실제로 콘덴서 셀이 문제가 되는 경우보다는 방전코일 자체의 문제점이 대부분을 차지하고 있다.

기존의 OCR 보호 방식은 OCR의 한시 최소 동작치가 192[A]로 설정되어 있다. 하지만 SC Bank의 셀이 한개 파손될 경우 전체 임피던스가 증가하므로 SC Bank에 흐르는 전류는 감소한다. 따라서 셀의 파손에

대해서 OCR은 보호를 하지 못한다. 또한 SC Bank는 다른 전력계통과 달리 임피던스가 고정적이므로 OCR의 최소 동작치가 너무 크게 설정되어 있다. 일반적으로 23kV SC Bank의 경우 120~130[A]의 전류가 흐르게 된다. 마지막으로 SC Bank의 Short등으로 대전류가 흐르는 경우 순시치에 의해 OCR이 동작하므로 보호가 되지 못한다.

결국, OCR의 한시동작은 SC의 보호에 무의미하다고 할수 있다. 만일 전류가 192[A] 이상으로 한시동작을 한다면 SC는 이미 소손된 후일 가능성이 높다. 실제로 현장에서 SC가 OCR에 의해서 동작된 경우는 이미 SC가 큰 소손한 후에도 동작된 예는 흔치 않다.

또다른 보호 방식인 방전코일의 경우 동작 개시 전압이 5.6V~6V로 이 전압은 1개의 셀이 약 10%의 용량 변화를 일으켰을 때 동작하는 수치이다. 그러나 한개의 셀이 10% 변하는 경우라면 그 셀은 이미 수명이 다한 것으로 보인다. 왜냐하면 콘덴서의 C값은 수명이 다하는 경우라도 좀처럼 변화하지 않는다. 실제로 C값이 변하는 경우에는 절연내력이 떨어져 셀이 열적으로 열화되는 경우에 해당한다. 따라서 고장 예방의 측면에서 보면 방전코일은 의미가 없는 보호 방식이다.

다른 한 편으로 방전코일을 사용하는 목적은 차단기 차단시 콘덴서의 방전을 위해서 이다. 대부분의 23kV SC Bank가 비접지 방식을 채용하고 있기 때문에 차단기 차단시 생기는 콘덴서 셀 충전전압을 방전하기 위하여 콘덴서 셀과 병렬로 방전코일을 설치하였다. 그러나 중성점 저항기를 다는 경우에 방전이 쉽게 일어나므로 방전코일이 필요없다.

방전코일 차전압에 의해 계전기가 동작하는 경우는 대부분이 방전코일의 불량에 의한 것으로 조사되었다. 방전코일은 이론적으로 두 대의 변압기를 교차결선하여 정상시에는 전압이 거의 '0' 근처이다. 그러나 본래의 목적과는 달리 변압기의 특성이 달라지면서 방전코일의 차전압이 차이를 갖게되고 이에 의해서 계전기가 동작하는 경우가 대부분이다.

전반적으로 기존 보호 시스템의 문제점은 다음과 같다.

첫째, 현재 보호 시스템의 경우 아주 큰 사고가 아닌 경우라면 동작하기 어렵다.

둘째, 큰 고장의 경우에는 동작하나 대부분 고장이 난 후에도 동작하지 않는 경우가 대부분이다.

셋째, 진단기능과 고장예방 작용을 거의 하기 어렵다.

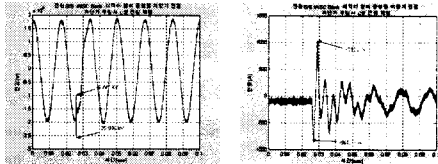
이런 결론으로 SC Bank의 경우 임피던스가 일정하다는 특징과 무효전력만을 발생한다는 특징을 살려 임피던스변화와 정상적인 운전시 유효전력이 발생하지 않는다는 특징을 살린 새로운 보호계전시스템이 요구된다.

2.4 안정화운전을 위한 대책 및 검증

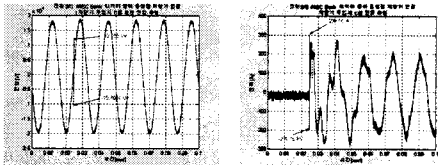
2.4.1 영점투입 차단기

SC Bank 투입시 동일한 SC Bank에서 여러번 측정할 경우 전류값은 측정할 때마다 다르게 측정되었다. 차단기 투입시 SC Bank의 파형을 분석해보면 각 차단기 투입 시점마다 투입서지의 크기가 다르다는 것을 알 수 있다.

경우에 따라서 차이가 있지만 동일한 SC Bank에 대해 투입파형을 확인해본 결과, 모션전압의 파형에 따라 전류 서지값이 달라짐을 알 수 있다.



(a) 투입시 모션전압 (b) 투입시 전류파형
그림 8 모션전압의 80%시점에서의 투입



(a) 투입시 모션전압 (b) 투입시 전류파형
그림 9 모션전압의 20%시점에서의 투입

위의 파형은 진천 S/S #4 SC Bank 중 C상의 차단기 투입시 측정된 파형이다. 그림 8과 그림 9을 비교했을 때 투입시 모션전압 파형이 그림 8의 경우 전체 모션전압 크기의 80% 시점에서 투입이 이루어졌고 그림 9의 경우 모션전압 크기의 20% 시점에서 투입이 이루어졌다.

이때 측정된 전류 서지를 비교해보면 모션전압의 0점에 가까울수록 투입 서지가 작고 공진현상이 짧게 측정된다. 반면에 모션전압의 최고점에 가까워질수록 전류 투입서지가 크고 공진현상도 길게 측정되었다.

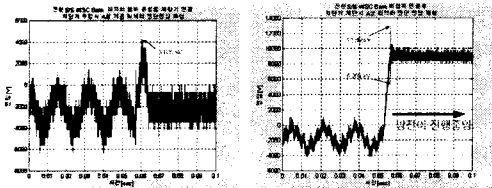
따라서 차단기 투입시 영점에 가까울수록 안전한 동작이 가능하다.

2.4.2 중성점 저항기 도입

22.9kV SC Bank의 차단기를 투입 및 차단할 때 투입 서지 및 차단서지가 22.9kV 계통의 BIL인 125kV를 넘고 있고 특히 차단기의 차단시 차단서지가 차단기의 종류에 관계없이 투입시의 투입서지보다 세력이 커서 차단시의 서지에 의해 방전코일 및 콘덴서, 리액터의 열화를 촉진시키고 섬락사고의 위험성을 갖고 있어 이에 대한 대응책으로 중성점에 저항기를 부착하여 차단기의 차단시 발생하는 차단서지를 줄이고자 시도되었다.

22.9kV SC Bank의 차단기를 차단할 때 차단서지가 차단기의 종류에 관계없이 투입시의 투입서지보다 세

력이 커서 차단시의 서지에 의해 방전코일 및 콘덴서, 리액터의 열화를 촉진시키고 섬락사고의 위험성을 갖고 있어 이에 대한 대응책으로 중성점에 저항기를 부착하여 차단기의 차단시 발생하는 차단서지를 줄이고자 시도되었다. 또한 기존 비접지방식의 경우 콘덴서 셀 내부의 충전된 전압이 지속되는 과도현상을 줄이는데 그 목적이 있다.



(a) 중성점저항기 부착시 (b) 비접지 방식

그림 10 차단시 SC Bank의 리액터 전단전압측정 시험결과차단시의 차단서지가 최고 70%이상 줄었음을 확인하였다. 그러므로 차단서지의 저감에 저항기의 부착이 효과가 있음을 입증하였다. 또한 변압기에서 발생하는 3, 5고조파의 전압을 효과적으로 대지로 필터링하므로 계통의 전압안정화에도 기여하게 되었다. 또한 접지 운전시 차단시의 차단서지가 바로 대지로 방출되는 것을 확인하였다. 그러므로 차단서지의 방전에 저항기의 부착이 효과가 있음을 입증하였다.

2.4.3 새로운 보호 방식

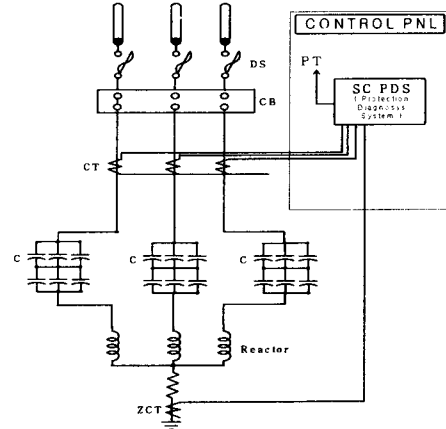


그림 10 새로운 보호방식의 구성도

서두에서 SC Bank는 기본적으로 정상상태에서는 무효전력만을 공급한다. 그러므로 SC Bank는 무효전력만 흐르는 것이 이상적인 현상이다. 만일 SC Bank에 유효전력이 흐른다면 소손될 것이다. 즉 SC bank에서는 유효전력이 흐르면 안된다. 이론적으로는 SC Bank에서는 유효전력이 흐르면 안되지만 실측에 의하면 무효전력의 1%이하의 유효성분이 존재한다. 주로 리액터에서 열로 발생한다.

실제 SC Bank에서 유효전력이 발생할 수 있는 조건은 다음과 같다. 첫째, 소자의 절연상태가 좋지 않아

유효전력이 열로 발생할 때 유효전력이 발생되어 소손되는 현상이 발생된다. 두 번째, 전류경로가 정상적이지 않을 때 애자, 혹은 방전코일, CT, PT등을 통해서 흐를 때 유효전력발생하여 소손된다. 세 번째, 공진현상은 유효전력이다. 공진현상이 발생할 때 공진전류는 전압 전류동상으로 유효전력에 해당한다. 즉 공진현상이 발생하면 SC Bank 소손된다. 네 번째, 공진주파수 공진에 의해 발생된다. 이 현상은 차단기 투입시 주로 발생한다. 대부분 SC Bank가 이 때의 과전압, 과전류에 대해서 견디도록 되어 있어서 크게 문제가 되지 않는다.

하지만 계통공진 및 변압기와의 공진이 발생할 경우, 계통에서 존재하는 리액터성분과 콘덴서 성분과 SC Bank와 작용하여 SC Bank의 공진주파수를 변화시켜 공진되는 현상으로 이러한 현상으로 사고가 발생하고 있다.

마지막으로 절연내력이 떨어지면 유효전력이 증가한다. SC Bank의 구성은 L과 C의 직렬회로로 구성된다. 그런데 L과 C는 전기적 등가회로는 L과 저항의 병렬구성, C 또한 저항과의 병렬회로로 등가화된다. 그런데 이때 L과 C의 병렬로 구성되는 저항은 절연내력에 해당되고 절연내력이 저하하면 저항값이 적어지므로 저항에 흐르는 전류가 증가하게된다. 저항에 흐르는 전류는 유효성분이므로 유효전력을 증가시키게 된다.

위와 같은 이유로 유효전력만을 감시하더라도 다른 보호기기에서 할 수 없던 SC bank의 열화상태, 위험상태, 부적절한 전류경로등을 확인할 수 있다. 또한 유효전력을 감시하기 때문에 간단한 장치로서 상시열화진단이 가능하다. 그리고 절연내력과의 유효전력의 상관관계로 상시 열화의 정도도 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 SC의 고장원인이 무엇인지 현장조사를 통하여 분석하고 그에 대한 대책을 강구하였다. 그에 따라 SC Bank의 주요 고장원인이 차단기 투입과 차단 등에 있고 현 시점에서 적용되고 있는 보호 계전기가 SC Bank의 보호에 적합하지 않음을 검토하였다.

따라서 본 논문에서는 차단기 서지에 대한 대책과 SC Bank의 보호방식의 변경을 제안함에 있어 차단기 서지에 대한 대책으로 투입시 전압 영점투입과 중성점 저항기 취부로 투입 서지 및 차단서지를 효과적으로 감소 현상을 현장실측을 통해 확인하였다.

또한 기존의 보호방식이 과전류와 과전압 부족전압, 혹은 CT와 PT를 이용한 차동방식에 의해 셀의 경련 변화를 감지하고 있으나 이 경우 보호 맹점이 존재하게 됨을 검토하고 이 문제를 해결하기 위하여 SC Bank의 일반적인 특성을 이용하여 유효전력 성분을 감시함으로써 SC Bank의 열화 감지가 가능하다는 결

론에 도달하였다.

본 논문에서 제안한 3가지 방법 즉, 영점 투입 차단기 채택, 중성점 저항기 도입, 새로운 보호방식을 현장 적용하는 경우 제작사의 제작불량을 제외한 운전상의 SC Bank의 문제점 및 고장 빈도는 현저히 감소하고 SC Bank의 안전운전에 기여하게 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 23kV SC 고장 원인분석 및 대책수립 p.p. 1~6, 2001. 4. 한국전력 공사