

대전력 시험소의 부하시험용 콘덴서 뱅크의 최적 설계 및 EMTP 해석

안상호* · 이희철** · 함길호*** · 김한기***
LG 산전 전력 시험 연구소 · *주임 연구원 · **선임 연구원 · ***책임 연구원

Optimized Capacitor Bank Design for Capacitive Current Test for High Power Laboratory and Analysis with EMTP Simulation

S. H. AHN · H. C. LEE · G. H. HAM · H. K. KIM
LGIS HIGH POWER LABORATORY

Abstract - High Power Laboratory is the facility for building to simulate the various phenomena generated from electric systems of the real world and to test making and breaking capability, switching capability and durability of circuit breaker, switchgear and other electric utilities, moreover, load equipments which contain capacitor bank is installed for studying the diverse effects originated from the constituent of load through entire systems or receiving end. Such factors, abnormal voltage or current, can be serious in electrical systems, especially, in the case caused by capacitive components such as overvoltage or inrushcurrent, the problems may be more fatal to the systems. In this paper, the optimal design of capacitor bank which will be equipped in High Power Laboratory, which is for simulating as closely as the practical phenomena resulted from the capacitive currents, and the verification aided by computer simulations are presented. For this, analysis of the circuit characteristics according to the standards which can be criteria of the capacitive current tests and the test circuit configuration in accordance with the analysis are proposed in prelude. In the body of the paper the optimal design of capacitor bank has been obtained on the basis of all conditions mentioned above and the test circuit configuration with LGIS test requirements, furthermore, analysis and verification for the design are derived by EMTP. Finally, evaluation for the capacitor bank design and further study plan are concluded.

1. 서 론

최적의 부하 콘덴서 뱅크 설계를 위해서는 먼저 규격에서 요구하는 정격 및 회로의 특성을 정확히 파악하고, 뱅크가 구성될 공급회로에 대해서 설계자의 시험용량 요구치를 정확히 모의할 수 있도록 정밀한 회로 계산이 이루어져야 한다. 따라서 다음과 같은 회로구성을 위한 규격해석 및 검토가 선행되어야 한다.

1.1 규격 해석에 따른 회로조건 검토

진상전류 차단시험은 IEC 규격을 중심으로 볼때, 시료에 따라 IEC 56 규격을 적용하는 차단기의 개폐시험과 IEC 265-1을 적용하는 개폐기의 개폐시험으로 구분된다. 개폐기의 단상 콘덴서 군 차단시험은 차단기 규격인 IEC 56 규격을 따르도록 규정하고 있으며, 개폐기에 대한 병렬 콘덴서 군 차단시험은 규정되어있지 않다.

1.1.1 공급회로(시료의 전원측 회로) 조건

개폐기의 경우 케이블 충전전류시험의 공급회로는 유효부하시험 조건에 따르게 되었으나, 차단기의 경우는 모든 진상전류시험에 대해서 다음과 같은 A, B형태의 다른 단락조건을 갖는 공급회로를 사용하도록 규정하고 있다. 공급회로 A는 단락전류가 차단기 정격 단락전류의 10%를 초과하지 않도록 하는 임피던스를 갖는 회로이며, 진상전류개폐에 의한 상용주파 전압변동이 10%를 초과하지 않도록 하기 위하여 임피던스를 10% 이하로 감소시켜야 할 필요성이 있는 경우는 예외로 할 수 있다. 선로 충전, 케이블 충전 또는 단일 콘덴서군의 전류 개폐시험에 대해 공급회로의 규약 과도 회복전압은 차단기의 단락 시험책무 2번에 대해 규정한 과도 회복전압과 가능한 근접해야 하지만 그것을 초과해서는 않되며, 이때 지연시간에 대한 요건은 고려하지 않는다. 병렬콘덴서군 차단전류 시험에 대한 전원측 커패시턴스와 부하측 커패시턴스의 임피던스 및 리액턴스는 콘덴서군 정격 차단전류의 100% 시험시 콘덴서군의 돌입전류를 제한할 수 있도록 하여야 한다(1).

공급회로 B는 가능한 낮은 임피던스를 갖는 회로이다. 임피던스가 너무 낮아 단락전류가 차단기의 정격 단락전류를 초과해서는 안 된다. 시험회로의 특성은 개폐시 상용주파 전압변동이 가능한한 작아야하고 시험책무 4번에 대해서는 5% 미만이어야 한다. 선로충전, 케이블 충전 또는 단일 콘덴서군 전류개폐 시험에서 공급회로의 규약 과도 회복전압은 단락 시험책무 4번의 과도 회복전압 보다 가혹해서는 안된다. 병렬 콘덴서군 차단전류 시험에서 전원측 커패시턴스와 부하측 커패시턴스는 정격 차단전류의 100% 시험에서 콘덴서군의 돌입전류를 공급해야하며, 차단기가 전원측의 케이블 길이를 고려해야할 정도의 계통에 사용될 경우 이에 상당하는 추가 커패시턴스를 공급회로에 삽입하여 시험하여야 한다. 재점화 프리 차단기로 병렬 콘덴서군 개폐전류시험할 경우, 시험을 분리하여 시행할 수 있으며, 이 경우 차단시험은 공급회로에 보다 낮은 커패시턴스를 적용할 수 있으나, 커패시턴스는 전원측 규약과도회복전압이 단락시험 책무 4번에 규정된 값을 초과할 정도로 낮아서는 안된다(1).

이상과 같이 전원측 회로의 임피던스 특성에 대한 규정 외에 공급원에 대한 조건

도 규정하고 있는데, '본압기와 같이 필요한 모든 측정장비가 설치된 용량성 회로의 개폐시 특징은 최종 아크 소멸 후 100ms 사이에서 측정된 전압의 감소가 10%를 초과해서는 안된다.'고 하여 공급전압원의 최소용량조건과 부하 콘덴서 뱅크의 방전용 저항의 시정수 조건을 함께 제시하고 있다.

1.1.2 전류 및 파형조건

-개폐전류 및 차단전류조건

개폐기의 정격 전류는 규정된 사용과 가동상태에서 규정된 온도상승 한도 및 최고 허용온도를 초과하지 않고 연속적으로 흘릴 수 있는 전류의 한도를 말하며 실제로 나타낸다. 진상전류의 개폐 등을 위한 일반적인 목적 이외의 개폐기는 정격전압 및 단시간 전류에 따라 400~2000A 사이의 전류값을 가지며 (이외의 값은 IEC 694의 I_{RI0} 시리즈중에서 선택), IEC 265-1에서 규정하는 온도상승을 초과하지않고 정격전류를 연속적으로 흘릴 수 있어야하고, 의도된 조건의 부하가 걸려 있을 때 규정된 횟수 만큼 개폐할 수 있어야 한다. 개폐전류는 개폐기의 차단시 각 극에 흐르는 전류로 부하전류 차단시에는 개리순간의 교류분 실효치로 나타내며, 여자전류, 충전전류 및 콘덴서군 전류 차단시에는 개리직전 전류파고치를 $\sqrt{2}$ 로 나눈값으로 표시한다. 3상 시험은 3상의 평균치로 한다. 또한 차단된 전류는 무시할 수 있을 정도의 감소와 함께 대칭을 이루어야하며 개폐기의 정격은 회로의 투입으로 인한 순간적인 전류가 사라질 때 까지 개리되지 말아야한다. 개폐전류는 모든 극에서 끊어진 전류의 평균이며, 이 값과 각 극에서 얻어진 값간에 차이가 10%를 넘지 말아야 한다(2). 차단전류의 허용치는 정격전류의 0 ~ +10 % 로 규정하고 있다. 한편, 정격 케이블 충전전류 및 콘덴서군 차단전류는 IEC 56에서 규정된 사용조건에서 제작자에 의해 규정된 허용 개폐 과전압을 초과하지않고 정격 전압에서 차단기가 차단할 수 있는 최대 콘덴서 전류로 정의하고 있다.

-전류의 파형

가능한한 전류의 파형은 정현파에 가까워야 하는데, 이 조건은 기본 정현파의 실효에 대한 시험 전류의 실효치 비율이 1.2를 초과하지 않는 경우에 만족한다고 간주한다. 병렬 콘덴서 군의 차단시험시 발생하는 정격 콘덴서군 돌입전류는 차단기가 운전중에 적합한 돌입전류의 주파수(보통 2~5kHz)를 갖고 정격전압에서 투입할 수 있는 전류의 파고치이며, 차단기는 돌입전류의 주파수가 시험된 주파수 보다 낮은 경우 적당한 것으로 간주한다(3).

1.1.3 전압 조건

시험전압은 순간전압의 평균이며, 회로의 차단 후에 즉시 측정되어야 하는데, 용량성 부하는 개로 이전에 즉시 측정할 것을 규정하여 초기 충전값을 조사하도록 하고있다. 한편 상용주파 회복전압은 아크 소멸후 적어도 0.1초 동안 유지되어야 한다고 하여 제정호의 가능성 배제와 공급전원의 신뢰성에 대한 규정을 하고있다.

1.1.4 접지 조건

진상전류 시험회로의 접지는 시험자의 안전성과 정확한 진상전류의 공급이라는 두가지 측면에서 고려되어야만 한다. 사용중에 접지되어 있는 프레임용 지면 개폐기는 공급측의 중성점이나 부하측의 중성점이 접지되어 있는 시험회로에 연결되어 야하며, 또한 중성점 접지계통에 사용되는 차단기의 3상 시험에서는 전원측(공급 회로)의 중성점이 접지되어야 하는데, 이때 영상 임피던스는 전원측 정상 임피던스의 3배 미만이어야 한다. 비접지 및 리액터 접지 계통에 사용되는 차단기의 3상 시험은 전원측의 한 중성점을 소호코일로 접속하도록 규정하고 있다(1).

1.2 회로 구성

1.2.1 케이블 충전전류 개폐 시험

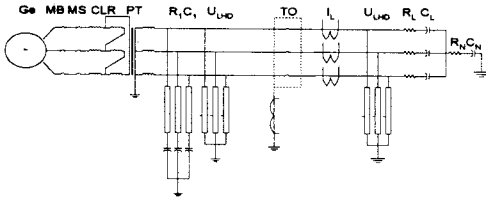
케이블 충전전류시험은 콘덴서 사용하여 계통의 차폐 또는 벨트 케이블로 인한 현상을 모의하는 시험이다. 3심 벨트 케이블을 위한 3상 시험시는 정상 커패시턴스가 영상 커패시턴스의 2배정도가 되어야 한다. 커패시터가 케이블을 모의하여 사용되었을 때, 커패시터 임피던스값의 최대 10%의 비유도성 저항을 직렬로 삽입할 수 있으며, 이것이 비교적 높은 값을 갖는 회복전압에 대해서는 과도하게 영향을 줄 수도 있다. 만약 이 저항이 연결된 상태에서 돌입전류의 파고치가 받아들이지 못할 정도로 높을 경우, 차단 순간의 전류와 전압 및 회복전압이 규정값보다 상당한 대신 이를 등가 모의한 스타결선 회로를 사용할 경우 보다 경제적인 콘덴서 뱅크의 충전전류 시험시, 공급측의 회로는 유효부하 차단시험과 같이 규정되어야 한다(1)(2).

충전전류 개폐시험에 대해 IEC는 델타 와 스타 결선의 두가지의 콘덴서뱅크회로의 사용에 대해 규정하고 있는데, 대전력 시험소에서 일반적으로 많이 쓰이는 델타결선 대신 이를 등가 모의한 스타결선 회로를 사용할 경우 보다 경제적인 콘덴서 뱅크의설계가 가능하다. 스타결선의 등가회로는 정상임피던스의 약 30~50%

값을 갖는 작은 값의 영상임피던스를 증성점과 접지사이에 삽입하여 모의하는 방법이다(4). 한편 정격선로 또는 케이블 충전 차단전류의 입증을 위한 시험실 시험은 차단기에 제정효과 없을 때만 유효함을 규정하고 있다. 이상의 검토된 조건들을 만족하는 회로를 대전력시험회로와 함께 구성하여 구성해보면 다음과 같다.

〈 표 1. 진상전류시험회로 계산결과 요약 〉

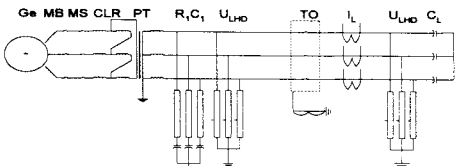
시험	공급회로 조건	동작배우 번호	시험 종류	전압 (kV)		시험 전류 (A)		콘덴서뱅크 (uF)	
				min.	max.	min.	max.	min.	max.
개폐기 IEC 265-1	(Zs/Z0)0.15	4	케이블 충전	3.6	38	3	50	1.43 / 1.19	15.3 / 12.75
				3.6	38	3	50	1.42 / 1.19	15.29 / 12.74
	(Zs/Z0)0.2	4	케이블 충전	3.6	38	0.9	15	0.8 / 0.5	4.59 / 3.89
				3.6	38	0.9	15	1.99 / 1.88	15.29 / 12.75
차단기 IEC 56	공급회로	1	케이블 충전	3.6	38	0.9	15	0.8 / 0.5	4.59 / 3.89
				3.6	38	0.9	15	0.8 / 0.5	4.59 / 3.89
				3.6	38	0.9	15	0.8 / 0.5	4.59 / 3.89
				3.6	38	0.9	15	0.8 / 0.5	4.59 / 3.89
	공급회로	2	단일콘덴서	3.6	38	250	630	33 / 27.5	877 / 730.9
				3.6	38	250	630	10.8 / 9.0	288 / 240.4
				3.6	38	250	630	35.7 / 28.8	950 / 791.8
				3.6	38	250	630	35.7 / 28.8	950 / 791.8
	공급회로	3	분할 콘덴서	3.6	38	250	630	33 / 27	348 / 290
				3.6	38	250	630	33 / 27	348 / 290
				3.6	38	250	630	33 / 27	348 / 290
				3.6	38	250	630	33 / 27	348 / 290
공급회로	4	(단상시험)	3.6	38	250	630	33 / 27	348 / 290	
			3.6	38	250	630	33 / 27	348 / 290	
			3.6	38	250	630	33 / 27	348 / 290	
			3.6	38	250	630	33 / 27	348 / 290	
공급회로	4	(3상시험)	3.6	38	250	630	24 / 20	627 / 522	
			3.6	38	250	630	24 / 20	627 / 522	
			3.6	38	250	630	24 / 20	627 / 522	
			3.6	38	250	630	24 / 20	627 / 522	
Total Range				min.	38	3	A	0.6 / 0.5	uF
				max.	38	kV	630	A	950 / 791.6



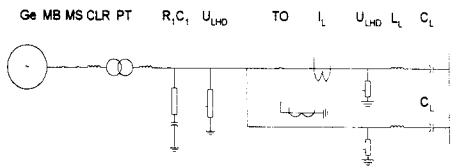
〈 그림 1. 케이블 충전 전류 개폐 시험 회로도 〉

1.2.2 단일 및 병렬 커패시터 뱅크 시험

단일 콘덴서군(single capacitor bank)이란 충전되고 있는 콘덴서 뱅크의 정전 용량과 전원 계통의 인덕턴스에 의해 돌입전류가 제한되며 돌입전류가 상당히 증가할 정도로 전원 계통에 병렬로 연결된 콘덴서가 없는 분로 콘덴서군을 일컬으며, 차단전류는 분로 콘덴서가 차단기의 전원측에 접속되어 있지 않는 곳에서의 분로 콘덴서군의 개폐를 나타낸다. 단일 콘덴서군 개폐기의 정격 개폐전류는 부하가 콘덴서인 경우 개폐기 각 극에 흐르는 전류를 말하며 IEC 265-1에서는 정격 차단전류를 개폐기 정격전류의 0.8배로 규정하고 있다. 병렬 콘덴서군 차단전류는 1개 이상의 콘덴서군이 차단기의 전원측에 접속되어 정격 콘덴서군 돌입 투입전류와 동일한 돌입 투입전류를 만들어 내는 분로 콘덴서군의 개폐를 나타낸다(1)(2). 차단기의 진상전류 시험에서 동작회로 1번과 3번은 개로 시험이며 2번과 4번은 개-폐시험인데, 병렬콘덴서군 시험 시 시료의 개로 동작 시의 현상은 단일 콘덴서 시험 시의 현상과 동일하므로 병렬 콘덴서 뱅크 시험에 대한 동작회로 1번 과 3번은 생략하여도 무방하다(6)(7)(8). 이것을 콘덴서 뱅크 설계 시 고려한다면 보다 경제적인 설계가 가능하다.



〈 그림 2. 단일 콘덴서군 전류 개폐 시험 회로도 〉



〈 그림 3. 단상 병렬 콘덴서군 전류 개폐 시험 회로도 〉

2. 본 론

2.1 회로 계산

2.1.1 시험 용량 검토 (LGIS Requirement)

시험소의 콘덴서 부하시험용량을 결정하기 위해서는 각 요구시험전압에 대한 전류의 용량을 결정하여야 하며, 이를 위해서는 시료의 현재 및 향후 제품의 동향과 이에 따른 시험용량의 검토가 필요하다.

2.1.2 콘덴서 뱅크 값의 계산 및 산출

공급측 회로의 리액턴스 Z_{supply} 를 통하여 흐르는 전류에 의한 전압을 U 라고 정의하면, 지상전류(Inductive Current)가 흐를때의 U 는 전압강하가 되며, 진상전류(Capacitive Current)가 흐르면 U 는 전압상승분이 된다. 이러한 전압상승분 U 는 시료가 폐로상태일 경우 Z_{supply} 와 C_{Load} (부하콘덴서) 사이의 전압을 상승시키므로, 이에 부하측 전압 U_{Load} 는 전원측전압과 전압상승분의 합 ($U_{supply} + U$)이 된다(5). IEC 56 규격에 의하면, 전압상승분 U 는 전원측전압 U_{supply} 의 최대 10%를 넘지않을 것을 규정하고 있으므로, 진상전류에 의한 상승분 U 10%를 초과할 경우 공급측회로의 리액턴스 Z_{supply} 는 10% 이상의 전압상승분 ΔU 만큼의 비례에 따라 줄여져야만 한다. 이러한 규정은 콘덴서부하동에 의한 진상전류에 기인한 전압상승효과에 의해 전원측 회로기기가 손상되는 것을 막기위한 것이다. 본 논문에서는 진상전류회로의 계산시 이와 같은 개념을 도입하여, 전압상승분이 10%를 초과할 경우, 10%의 전원측 초과상승분에 상응하는 전원측 임피던스와 부하측 임피던스를 조정하여 회로조건을 만족시켰으며, 표1은 이에대한 계산결과를 요약하여 보여준다.

2.2 최적 콘덴서 뱅크 디자인
2.2.1 콘덴서 뱅크값 선정 시의 고려 사항 (9)

뱅크 디자인을 위해 실질적으로 필요한 콘덴서 용량은 이론적으로 계산된 용량과 함께 다음의 사항이 고려 되어야 한다.
1) 콘덴서군을 건설 할때 콘덴서의 직,병렬을 아무리 잘 고려하여도 30% 정도의 에너지 손실이 수반된다.
2) 주입 전류의 반 사이클 통전 시 콘덴서 충전 전압은 그 극성이 반전되며, 이때 반전 계수를 5% 정도 감안하면 에너지 손실은 10% 정도 수반된다.
3) 단위 용량 시험 시 2 절정 차단기인 경우 각 절점당 전압 불평형율을 역시 5% 정도 감안하면 에너지 손실은 10% 정도 수반된다.

2.2.2 콘덴서 뱅크 디자인

콘덴서 뱅크의 최적설계를 위해서는 2.1.2 절에서 계산된 시험용량에 따른 콘덴서값을 만족하는 것은 물론, 2.2.1 절에서 언급된 사항들과 함께 경제적이고 효율적인 설계를 위한 경험적이고 기술적인 세밀한 검토가 요구된다. 이를 위해 본 논문에서는 두가지의 구성 방법이 제시되었는데, 첫번째는 뱅크 내에 한가지 값의 콘덴서를 사용하여 구성하는 방법이며, 두번째는 경험적으로 선택된 여러 종류의 적절한 값의 콘덴서 조합하여 사용하는 것이다. 첫번째 방법은 국내 KERI 및 일본의 Toshiba (Hamakawasaki) 시험소 등에서 사용하는 방법으로 뱅크구성이 간단하고 유지, 보수에 편리한 잇점이 있으나, 두번째 방법에 비해 약 40% 이상 콘덴서가 더 요구되므로 비경제적이다 다소 비효율적이다. 두번째 방법은 네덜란드의 KEMA 시험소 및 유럽의 선진 시험소 등에서 사용하는 방법으로 서로 다른값을 갖는 콘덴서를 조합하여 요구 범위를 만족시키는 뱅크를 구성하는 것인데, 콘덴서 전압 및 용량의 선정에 따라 콘덴서의 개수와 시험용량 및 시험 요구 전압의 만족여부가 결정되므로 상당한 경험과 직관력이 요구된다. 이와 같은 방법으로, 본 대전력 시험 연구소의 부하 콘덴서 뱅크 용량에 적합한 구성안이 표2,3에 제시되었으며, 그림 4,5는 설계된 뱅크의 최대, 최소값(용량)에 대한 시험요구전류의 만족도를 보여준다 1안의 경우 약 93%의 요구 시험용량을 만족하였으며 100%를 위해서는 18%의 콘덴서가 추가 되어야 한다. 이 경우 콘덴서 값의 댄 구성이 비교적 조밀하고 일정하여 비 경제적인 면을 감수한다면 시험의 용이성 측면에서 유리하다. 2안은 1안에 비해 약 47%의 콘덴서를 사용하여 약 99%의 시험 요구 용량을 만족하였다.

요구 되는 시험 용량이 일단 설계용량 내에 들어오면 요구치와 일치되는 설계치의 해당범이 없더라도 발전기의 여자를 조정하여 상부 전압탭에서 조건을 맞추거나 또는 발전기 여자와 더불어 공급전원 측의 한류 리액터를 사용하여 비교적 정확한 시험값을 만족시킬 수 있다.

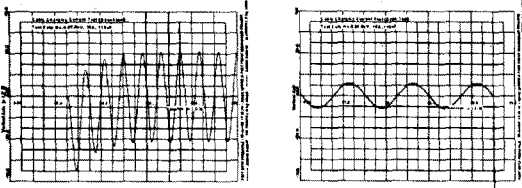
따라서 2.2.1 절의 에너지 손실 계산에 따른 여유분과 상기 조건들을 고려해 볼때 실제 건설을 위한 총 에너지 용량은 계산치의 약 1.6배 (=1.3 x 1.1 x 1.1)정도도 요구되므로, 이를 본질에서 얻어진 데이터에 반영시켜 보면 2안이 가장 적합한 값들이 될것을 알 수 있다.

2.3 EMTP 모의

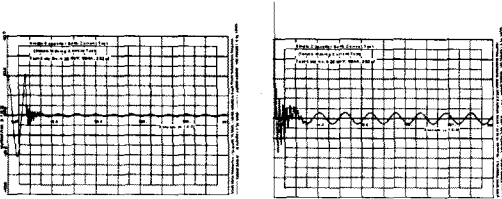
1.2절에서 얻어진 회로는 시험 규격 및 LGIS의 requirement를 만족시키므로, EMTP로 본 회로를 모의한 후, 2.2.2절의 뱅크 설계치를 대입하여 요구전압에서의 전류치와 돌입전류 등이 규격에서 요구하는 오차 범위 내에서 만족되는가의 여부를 조사함으로써 본 뱅크 설계에 대한 적부 판정이 가능해진다. 단일 및 병렬 콘덴서뱅크시험에 대한 돌입전류의 EMTP 모의를 위해 투입시점의 결정이 중요하며, 콘덴서군의 초기전하가 없고 최대돌입전류 발생시점에서 투입하도록 한다.

2.3.1 시험 방법 (procedure)

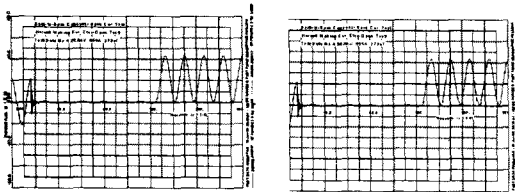
진상전류 시험의 시퀀스는 시료의 종류에 따라 시험규정의 적용을 달리하므로, 보다 정확한 시험의 모의를 위해서는 test procedure에 대한 규정을 분석해 볼 필요가 있다. 개폐동작에서 개로 동작은 부하개폐기 자체 설계에 의해 계공되지 않는 한 개로 동작시 발생되는 과도전류가 완전히 소멸될 의도된 시간간격 후에 폐로동작을 실시하여야 하며, 개폐동작의 시간간격은 3분을 초과 하지 말아야 한다. 이러한 개폐동작이 개폐기의 설계특성이나 시험설비로 인하여 제한 될 경우는 본



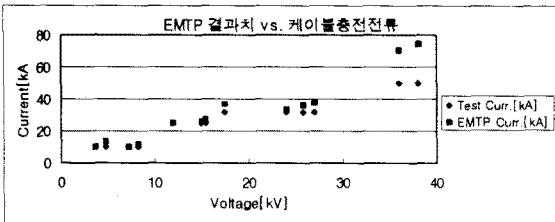
〈그림 9. 디자인된 뱅크값을 대입한 케이블 증전전류개폐시험의 EMTP 모의: Open Test, Test Duty No.4 25.8kV, 10A, 119uF〉



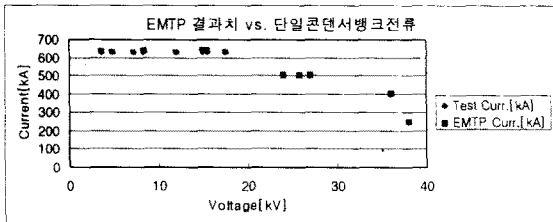
〈그림 10. 디자인된 뱅크값을 대입한 단일콘덴서뱅크개폐시험의 EMTP 모의: Inrush Making Cur. Test, Test Duty No.4, 25.8kV, 504A, 392uF〉



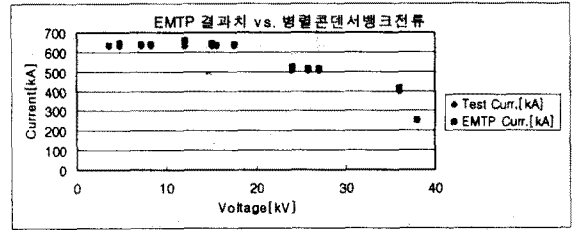
〈그림 11. 디자인된 뱅크값을 대입한 병렬콘덴서뱅크시험의 EMTP 모의: Inrush Making & Open Test, Test Duty No.4, 25.8kV, 504A 1-phase, 273uF〉



〈그림 12. EMTP 결과치와 케이블증전전류의 비교〉



〈그림 13. EMTP 결과치와 단일콘덴서뱅크전류의 비교〉



〈그림 14. EMTP 결과치와 병렬콘덴서뱅크전류의 비교〉

3. 결 론

본 논문에서는 다음과 같은 방법으로 경제적이고 효율적인 대전력시험 소용 콘덴서뱅크를 디자인하였으며, 최적의 디자인임을 입증하였다.

1. 케이블증전전류 시험회로의 콘덴서뱅크를 등가화시킨 Y결선회로를 사용하여 델타결선의 뱅크 대비 약 12%의 콘덴서를 절감하였다.
2. 병렬콘덴서뱅크시험의 동작책무 1, 3번을 단일콘덴서시험으로 대체하여 시험의 용이성 및 효율성을 제고하였다.
3. 단일값의 콘덴서구성 대신 적절한 콘덴서값의 조합으로 경제적이고 효율적인 콘덴서 설계가 가능하도록 하였다.
4. 요구전압에 대해, 시험요구계산치와 콘덴서뱅크의 설계치, 시험 요구전류치와 콘덴서설계치를 대입한 EMTP 계산치를 상호 비교 분석함으로써, 3차원적인 오차의검증을 통해 디자인에 대한 신뢰성을 입증하였다.

향후 과제로서, 당사 대전력시험회로의 보다 정밀한 회로정수와 함께 방전저항 및 보호용 퓨즈를 내장한 콘덴서뱅크의 설계로 시험현상의 분석이 가능한 부하시험용 EMTP 모델을 구축하고자 한다.

〔참 고 문 헌〕

- (1) IEC 56, 1987.
- (2) IEC 265-1, 1983.
- (3) R. H. Park and W. F. Skeats, Circuit Breaker Recovery Voltages, Magnitudes and Rates of Rise, *Trans. AIEE*, Vol. 50, pp 204 - 239, 1981.
- (4) Tanaka T., and Greenwood A., *Advanced Power Cable Technology*, Vol. II, present and future, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, pp 282, 1983.
- (5) Prof. Ir Van der Sluis, Delft Univ., Transient in Power Systems, KEMA 技術資料, pp 17 - 30, 1994.
- (6) T. M. McCauley, D. L. Pelfrey, W. C. Roettger and C. E. Wood, The Impact of Shunt capacitor Installations on Power Circuit Breaker Applications, *Trans. IEEE*, Vol. PAS-99, pp 2210 - 2222, 1980.
- (7) 宋吉永, 送配電工學, 東逸出版社, pp 336 - 363, 1994.
- (8) Tadashi Morita, Satoru Shiga, Hiromi Iwai, Test Methods and Test techniques of High Voltage Circuit Breaker (Part II), (Small Inductive Breaking Test), 富士時報 (技術論文集), pp 12-17, 1979.
- (9) 邊勝鳳, A Study on the Multipurpose Three Phase Synthetic Testing circuit for A.C. E.H.V. Circuit Breakers, 博士學位論文, pp 5 - 13, pp 50 - 52, pp 65 - 66, 1990.