

23kV급 방재밀폐형 개폐장치부 전력용 콘덴서 개발

방선웅*, 백승도, 구본우, 허용호, 이규철
한국전력공사

Development of 23kV Cubicle Typed Power Capacitors with Switchgear

S.W. Bahng*, S.D. Baik, B.W. Koo, Y.H. Hur, K.C. Lee
Korea Electric Power Corporation

Abstract - 154kV 변전소 건설시 표준규모로 조상설비 설치공간을 확보하고 있으나 표준용량대비 초과설치가 필요하거나 기설 구형 변전소에 조상설비를 설치하기 위해서는 옥외설치를 위한 추가 부지 확보가 반드시 요구된다. 하지만 산림훼손 최소화, 부지매수비용과다 등 변전소부지 확보가 한층 더 어려워진 현 여건을 감안할 때 전력용 콘덴서 설치를 위한 추가부지 확보는 곤란한 상황이다. 더욱이 도심지나 주택가 인근 변전소에 조상설비를 설치할 경우 옥외설치에 따른 소음발생, 미관훼손 등으로 인해 각종 민원이 끊이지 않는 실정이다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 설치면적을 최소화할 수 있는 조상설비를 개발하여 효율적으로 기기를 배치함으로써 건설예산을 절감하고 기술진보에 따른 변전설비의 소형화, 집적화, 자동화 추세에 부응하여 전력용 콘덴서 설비를 획기적으로 개선함으로써 도심지 및 주택가 인근 옥외 설치시 발생되는 민원을 예방함과 동시에 설비운전의 안전성을 확보하고자 하였다. 이에 따라 설치면적 최소화, 미관 개선, 설비 신뢰도 및 안전성 향상을 목적으로 전력용 콘덴서 탱크 구성에 필요한 각종 기기를 수납한 방재밀폐형 개폐장치부 전력용 콘덴서를 개발 추진하게 되었다.

1. 서 론

조상설비는 전력계통의 무효전력을 조정하여 적정전압의 유지와 함께 무효전류가 전선로에 흐르는 것을 가압적 적게 하여 송배전선로에 소비되는 전력손실을 경감하는데 사용하는 설비로서 중요한 기능을 수행하고 있으나, 고품질의 전력공급을 충족하기 위하여 기존의 조상설비 구조로는 충족시키기 어려운 여러 가지 요구들이 설비구성, 설비상태감시, 전력품질, 보호제어 등 다양한 분야에서 발생하고 있다. 이러한 이유로 조상설비의 신뢰성 있는 운영을 위해 여러 구성장치(캐패시터 탱크, 개폐장치, 감시진단, 보호제어 등)들은 단순한 무효전력운용, 보호계측기능을 수행하는 단계에서 탈피하여 각 구성장치간의 통합화, 지능화를 통한 협조 및 연계로의 확장이 요구되고 있다.

전력설비의 통합화, 지능화를 통한 종합자동화라는 세계적인 기술의 흐름에 따라 조상설비 분야에서도 선진국의 기술에 종속되지 않고 자립적인 기술을 확보하기 위해서는 기존의 개념에서 탈피한 새로운 개념의 제품개발 및 적용이 시급하다고 할 수 있다. 하지만 국내에서는 이러한 제품에 대한 설계, 제작 및 기술검토 등의 연구가 미진하고 실제 설비운전의 경우는 물론, 각 구성장치의 주요기기를 또한 여전히 외국에서 수입하여 사용하고 있으며 새로운 제품 적용을 위해 시스템 전체를 수입하여 사용할 수밖에 없는 실정이다.

또한, 현재 사회전반에 확대되어 가는 전력설비 기피현상, 환경과 미관, 민원사전해결 등을 고려하여 변전소와 그 구성설비가 옥내화, 지하화 되어가고 있는 추세이나, 조상설비는 옥외형으로만 개발되어 설치면적 및 안전성의 문제로 옥내 설치에 부담을 안고 있다. 이에 따라 계통운영상 전압조정 및 조류제어 능력이 저하되어 고품질의 전력공급에 영향을 주고 있어, 안전성과 사고예방 성능이 보완될 최선 옥내 축소형 특고압 조상설비를 개발할 필요가 있다.

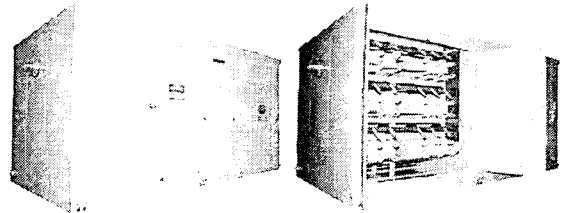
본 논문에서는 23kV급 방재밀폐형 개폐장치부 전력용 콘덴서의 개발방향과 기대효과, 그리고 활용방안에 대해서 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 국내의 관련기술의 현황

2.1.1 국외현황

미국, 유럽 등 선진국들은 각기 자국 실정에 맞는 형태로 금속폐쇄형 전력용 콘덴서 탱크를 개발하여 공급하고 있으나 이의 대부분은 단순한 전력용 콘덴서를 밀폐형 구조물에 수납한 제품에 지나지 않는다. 미국의 GE사는 2.4-38kV급의 금속폐쇄형 전력용 콘덴서(Metal Enclosed Capacitor Bank)를 개발, 생산하여 공급하고 있다. (그림 1 참조)

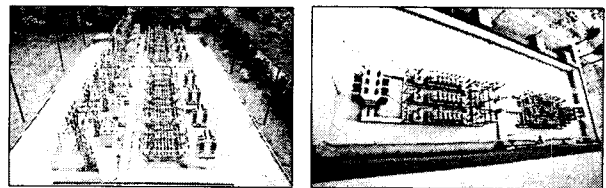


〈그림 1〉 DEA-221(2.4-38kV metal enclosed capacitor bank) 외형도

해외 전력중전기 업체에서는 금속폐쇄형 전력용 콘덴서 제품을 제작, 공급하고 있으나 단순히 전력용 콘덴서를 밀폐구조에 적용한 것으로서 본 연구를 통하여 개발될 고신뢰형 개폐장치, 온라인 설비 상태 및 전력품질감시시스템, 보호제어시스템 등으로 구성된 통합구조 및 지능화 기능이 탑재된 제품은 현재 없다.

2.1.2 국내현황

국내 제작사의 기술수준은 아직 초보적 단계로 13kV급까지는 폐기지화하여 판매하고 있으나 보호방식은 유입식 방전코일을 사용한 Open-Delta방식, 직렬 리액터는 유입식 직렬리액터를 적용하는 등 체적과 중량이 선진국에 비하여 3배 이상이 된다. 설비구조는 옥외 철구조물을 이용하여 전력용 콘덴서, 직렬리액터, 개폐장치를 배치하고, 옥내에 보호제어용 배전반을 추가 설치하여 운전하고 있다.



〈그림 2〉 23kV 전력용 콘덴서 탱크 사진 (좌 : 옥외, 우 : 옥내)

현재의 23kV급 전력용 콘덴서는 그 구성품인 유입형 부속설비(방전코일, 직렬리액터)들로 인한 화재의 취약성과 노출된 충전부 및 구조의 복잡성 등으로 인한 외물접촉 등 설비고장, 안전사고의 위험이 상시 존재한다. 차단기 개폐시 돌입전류 유입으로 인한 캐패시터 셀의 과도순시정격 초과 및 과다발생 고조파 등에 의해 설비고장위험이 상존하고 기기수명이 현저히 단축된다.

또한, 옥외 철구형태 조상설비의 소음, 진동, 미관저해 등으로 인한 주변지역 민원이 다수 발생되고 있으며 옥내설치 운전시의 감시, 진단, 방제기능 등의 안전성 확보기술은 열악한 수준이다.

2.2 23kV급 방재밀폐형 개폐장치부 전력용 콘덴서 개발

23kV 전력용 콘덴서 1Bank(5MVAR) 구성을 위해서는 단위콘덴서(278kVAR) 18대와 직렬리액터(300kVAR) 1대, 그리고 방전코일 6대가 필요하며 이들의 설치를 위한 최소소요 면적은 17.5㎡(7m×2.5m)이다. 따라서 이처럼 많은 공간을 필요로 하는 옥외형 전력용 콘덴서 설비의 옥내설치를 위해서는 설비의 소형화가 반드시 수반되어야 하며 유입형 직렬리액터의 건식형 개발이 필요하다. 뿐만 아니라 설비 신뢰도 및 안전성 향상, 그리고 미관 개선을 위해 방열, 방진구조의 큐비를 개발이 선행되어야 하며 진보된 설비에 적합한 첨단 보호장치, 상태감시장치, 전력품질감시장치 등이 병행 개발되어야 한다. 이를 항목별로 살펴보기로 한다.

2.2.1 고신뢰, 고품량 단위 콘덴서 및 건식 직렬리액터 개발

현재 23kV 전력용 콘덴서 5MVAR, 1Bank 구성을 위해서는 단위용량 278kVAR의 콘덴서 18대가 필요하나 단위콘덴서의 크기는 현행 유지하고 단위용량을 고품량화하면 1Bank 구성에 필요한 단위

콘덴서의 수량을 대폭 감소시킬 수 있다. 이를 비교하여 나타내면 표 1과 같다.

<표 1> 단위콘덴서 비교

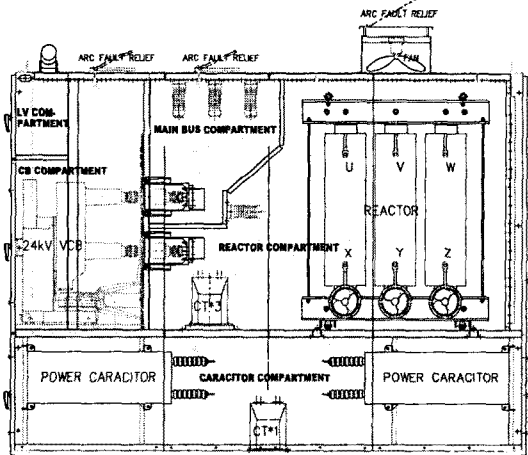
구분	현행	개선	비고
단위용량	278kvar	887kvar	3.2배
단위수량/Bank	18	6	0.33배
단위콘덴서 크기	600(W)×170(D)×1200(H)	좌동	
결선방식	(2-직렬×3-병렬)×3상	(1-직렬×2-병렬)×3상	

그리고 현재의 23kV급 전력용 콘덴서는 유입형 부속설비(방전코일, 직렬리액터)들로 인해 화재 발생의 개연성을 늘리고 있다. 이의 해결을 위해서는 첫째, 화재에 취약한 요소를 완벽히 제거하기 위해 유입형 직렬리액터의 건식형 개발이 선행되어야 한다. 이를 통해 직렬리액터로부터 발생되는 발열과 진동도 함께 해소시킬 수 있다. 둘째, 방전코일 설비를 제거하고 그 기능을 대신할 수 있는 방전저항을 콘덴서에 내장시켜야 한다. 이는 현재의 기술로도 충분히 도입이 가능하며 이의 적용을 위해서는 보호방식의 재검토(불평형전류 검출방식 등) 연구가 병행되어야 한다. 방전코일 제거시 콘덴서 뱅크 설치면적 또한 일정부분 축소시킬 수 있는 장점이 있다.

2.2.2 조상설비 전용 개폐장치 및 방재, 방열, 방진구조의 큐비클 개발

현 유입형 전력용 콘덴서설비를 밀폐형, 통합형 구조로 개발할 경우 설치장소의 다양화, 설치면적의 축소, 통합화 운전에 따른 건설비, 유지관리비 측면에서 많은 경제적 이득을 얻을 수 있다. 특히, 노출설비의 큐비클화를 통해 변전소 옥내에도 설치가 가능하며 특히 공해지역 등 오존이 심한 지역이나 도심지의 미관중시 지역에 설치가 가능해진 면은 큐비클화의 가장 큰 장점으로 볼 수 있다. 물론 충전부의 노출로 인해 현 설비가 안고 있는 안전사고의 문제점은 원천적으로 예방이 가능하다.

앞서 단위콘덴서의 고용량화, 건식형 직렬리액터의 개발을 통해 전력용 콘덴서의 큐비클화가 가능한 기본 전제조건은 이미 만족시켰다. 여기에 부가적으로 화재에 대한 방재성능, 소음 및 진동에 대한 방진장치, 옥내, 옥외 구분 없이 설치 가능한 냉각방식 등을 반영한 큐비클로 개발하고자 한다. 또한, 설치공간의 협소로 인해 뱅크별 개폐장치를 설치하지 못하는 현행 문제점을 해결하기 위해 전력용 콘덴서 전용의 개폐장치를 큐비클 측면에 부착하여 폐기하지 하였다. 이와 같은 통합화는 설치의 편의성, 효율적 설비운전을 가능케 하며 건설비 절감 및 유지보수측면에서도 상당한 장점을 가지고 있다. 이의 개략도를 나타내면 그림 3과 같다.



<그림 3> 큐비클 배치도

<표 2> 개발 전,후 전력용 콘덴서 뱅크 비교

구분	현행	개발	비고
설치면적	17.5㎡ (7m×2.5m)	4.8㎡ (3.4m×1.4m)	0.27배
설치 / 옥외	차단기 별도설치	큐비클내 차단기 수납	
Bank	52㎡ (13m×4m)	4.8㎡ (3.4m×1.4m)	0.09배
방재설비	없음	자동소화장치 및 내화재질	
냉각방식	자연식	Fan 및 흡기구 설치	
방진장치	없음	방진장치 적용	
미관	불량	양호	
안전성	불량	양호	

2.2.3 조상설비 전용 보호제어, 설비상태감시, 전력품질감시장치 개발

전력설비에 대한 국내의 시장의 수요 및 공급구조는 기존의 무고장 공급 방식에서 고기능, 고품질 공급 방식으로 요구수준이 높아지고 있다. 현재까지 전력기기들은 주로 단위 기기들의 성능이 시장경쟁력을 좌우하였으며, 대용량화 및 경제적 설계 등이 대표적인 성능요소로 평가되었으나, 앞으로는 전력감시·제어 및 보호·진단 등의 효율화를 위한 시스템화의 관점에 많은 비중을 두게 될 것이다. 고장징후 사전감지 및 운전사고 예방을 통해 불시에 발생하는 전력품질 저하로 인한 엄청난 경제적 손실과 안전사고를 예방할 수 있다.

보호방식은 대부분 기존 방식을 유지하되, 방전코일을 제거함에 따른 기존 전압불평형방식 적용이 곤란하므로 Unbalance-CT를 사용하여 Y-Y 결선 중성선 사이의 불평형 전류를 검출하는 방식에서의 변경이 필요하다. 또한, 중고장모의 확산을 예방하고 설비의 이상유무를 사전에 진단할 수 있는 상태감시장치가 부가되며 지금까지 수동으로 운전되던 조상설비를 무효전력 감지센서에 의한 자동운전방식으로 획기적으로 전환하고자 한다.

2.3 기술개발에 따른 기대효과 및 활용방안

2.3.1 기술적 측면

국내최초 고용량 캐패시터 및 건식물대형 직렬리액터의 상용화 실현을 통하여 조상설비 분야에서의 선진기술과의 격차 해소뿐만 아니라 초고압 조상설비 제작, 운용능력 구축의 토대를 마련한다. 또한, 신 개념 감시, 보호, 제어 시스템을 적용함으로써 조상설비 운전시스템의 설계, 구축능력 및 관련시험, 검증능력을 확보할 수 있다.

밀폐구조로 개발되므로 설비의 방재성, 내환경성, 안전성 향상과 함께 수명연장이 가능하고 고신뢰용 상태감시, 전력품질감시, 보호제어시스템 등을 적용하여 지능화된 전력설비의 운전이 가능하다.

2.3.2 경제적 측면

통합화, 고기능화 제품개발로 기존의 구성기기 분산설치에 따른 설치공간 협소의 문제점을 해결하고 설비의 기능통합에 따른 변전소 설비의 단순화 및 이에 따른 변전소 건설, 유지, 보수비용 및 그 기간의 절감 효과가 크다.

최신 전력IT 기술을 응용한 신 개념 감시·보호·제어 시스템과 조상설비라는 전력계통 분야의 접목을 통해 전력산업에서의 새로운 고부가 가치 기술의 창출이 가능하며 전반적으로 국내 계통운용, 보호제어, 진단, 품질분야 기술이 한 단계 향상된다.

2.3.3 활용방안

공간 협소로 인한 조상설비 미설치 변전소 및 신설 옥내(지하, 복합)변전소에도 적용할 수 있게 되어 전력계통 운전능력(전압조정, 조류제어 등)을 향상시킨다. 기존제품의 옥외설치로 인한 미관저해 및 소음 등의 민원발생 변전소에 설비대체용으로 적용함으로써 변전소 주변지역 민원해소에 기여하게 된다. 세계적 수준의 IT(통신) 기술 분야가 적용된 제품을 활용하여 차세대 디지털 변전소와의 접목기술을 개발, 상용화하고 세계 전력시장을 주도할 전략적 아이템으로 발전시켜 해외 전력사업에 투입하여 한전의 선진기술능력을 널리 홍보할 수 있는 계기가 될 것이다.

3. 결 론

본 연구를 통해 국내최초로 고용량, 고신뢰성 캐패시터 및 건식물대형 직렬리액터를 상용화 할 수 있게 된다. 또한, 국내최초로 조상설비에 신 개념의 상태감시 및 전력품질 감시, 보호시스템을 적용함으로써 초고압 전력용 콘덴서 뱅크의 기초기술을 확립하게 된다. 설치공간 축소로 건설비 및 유지보수비용이 절감되며 밀폐구조로 개발되어 방재성, 내환경성, 안전성 향상과 수명연장을 기대할 수 있다. 또한, 고 신뢰용 보호, 상태감시 시스템 적용으로 설비고장 사전 예방 및 불시정전을 배제할 수 있게 된다. 하지만 무엇보다도 중요한 것은 도심지 및 주택가 인접 옥내변전소에 설치함으로써 전력계통 안정도 향상 및 고품질의 전력공급이 가능해진다는 점이다.

현재는 연구개발 기획단계로 실질적 개발까지는 앞으로 여러 가지 장애요소와 장시간 검증 등 극복해야 할 난제가 많겠지만 개발이 완료된 후의 경제적 가치와 그 효과는 지금의 예상을 훨씬 상회할 것으로 판단된다. 고신뢰, 고품질 조상설비 적용에 의한 양질의 전력공급으로 기업이미지 제고에 기여함은 물론, 밀폐형 조상설비 설치로 옥외철구조물 철거에 따른 민원해결 및 고객만족도 향상, 고도의 전력계통해석기술 및 최첨단 전력IT기술 적용으로 세계적인 전력회사로의 기업가치 증대 등 전력의 경제적 공급 및 판매가 가능해 질 것이라 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] T Longland, Power Capacitor Handbook, PP183-189, 1984
- [2] 전력연구원, 154kV SC Bank 구조 변경에 따른 정격 및 공진 영향 검토, PP1-17, 2003
- [3] 이근철, 역률조정기술, PP9-248, 1988