

## 765kV 변압기 탱크 분리운전

김문덕, 정시환, 박종명\*  
한국전력공사 계통운영처, 송변전처, 송변전처\*

### Devided operation by each Tank of 765kV Transformer

Moon-Duk, Kim Si-Hwan, Jung Jong-Myung, Park\*  
KEPCO Power System Operation Dept. T&S Dept. T&S Dept.\*

**Abstract** - 765kV Transformer, bank capacity is 2,000MVA, is developed of two seperated tanks per phase because transportation weight of the transformer needs to be reduced. So we will operate one tank per phase in some case, low load or black down of 1 tank, using the one phase-two tank type of 765kV transformer to cut down the cost and improve the reliability of substation.

#### 1. 서 론

현재 한전에서 2001년 준공을 목표로 추진중인 765kV 변전소 건설사업은 우리나라 전력계통의 근간을 이루는 중요 간선계통으로서 안정적인 전력공급은 물론 21C 전력산업을 선도하는 이정표가 될 것이다. 이에 765kV 변전소의 핵심 기자재인 변압기는 단위 탱크용량이 3상 2,000MVA인 초대형 변압기로서 국내 최초로 1상 2분할 탱크형으로 개발되고 있다. 이러한 1상 2탱크형 구조를 이용한 765kV 변압기 탱크 분리운전으로 건설초기 투자비를 감소시키고 공급신뢰도를 대폭 향상시키고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 765kV 변압기 특징 및 개발현황

765kV 변압기는 탱크용량이 2,000MVA인 대용량으로서 기존 345kV 변압기와 같이 1상 1탱크형으로 제작할 경우 육로수송 및 철도수송상 많은 제약조건이 있어 1상을 다시 2탱크로 분할하는 구조로 개발되고 있으며 1상 2분할 탱크임에도 불구하고 탱크당 수송중량이 약 170톤에 이른다.

현재 국내 제작업체로는 효성중공업과 현대중공업에서 765kV 변압기를 개발하고 있으며 두 제작사간 설계방식의 차이로 다소 구조가 다르다. 변압기 3차측은 정격전압이 23kV으로 기존 개발된 차단기를 사용하기 위하여 단락용량을 1,000MVA 이하로 제한하고 있으며 이를 위해서 효성중공업에서는 3차측에 2탱크 공용으로 한류리액터를 외부에 설치하는 구조이고, 현대중공업에서는 내부 권선배치를 조절하여 임피던스를 증가시켜 별도의 한류리액터가 필요없는 완전 독립된 2탱크 구조로 개발되고 있다.

##### 2.2 765kV 변압기 탱크 분리운전

###### 2.2.1 변압기 탱크 분리운전 배경

765kV 변압기 설치기준은 변압기 1탱크 고장 시에도 전력공급에 지장이 없도록 하고 있어 초기 건설되는 765kV 신서산, 신안성변전소의 경우 2탱크의 변압기를 설치할 필요가 있다. 그러나 각 변전소별 최대부하를 검토한 결과는 [표1]과 같으며, 신서산S/S의 경우 건설초기 최대부하가 504MW 정도로 예측되고 2010년까지도 부하는 크게 증가하지 않을 것으로 전망되므로 초기 2,000MVA 2탱크 설치는 과투자라 할 수 있다. 또한 신안성변전소의 경우 최대부하상으로 초기 2,000MVA 2탱크 설치가 필요하나, 변압기 고장시 자재수배, 제작,수송 및 설치등 고장복구에 약17개월이 소요되어 1탱크 고장시 고장복구기간동안 1탱크만으로 운전하게 되므로 765kV 변전소의 중요성을 감안할 때 예비변압기의 현장확보가 절대적으로 필요하게 된다. 이러한 건설초기 경부하에 대한 과투자 또는 예비변압기 확보를 배제하면서 투자비 감소는 물론 공급신뢰도를 향상시킬 수 있는 획기적인 운전방안으로서 765kV 변압기의 탱크 분리운전이 대두되었다.

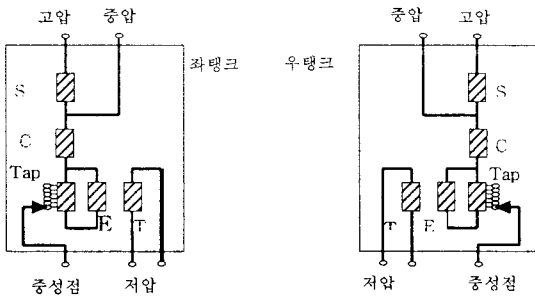
[표1] 765kV 변전소 최대부하 예측 [단위:MW]

변전소 년도별	신안성	신서산	비 고
2002	2,206	504	
2003	2,304	606	
2004	2,162	462	
2005	2,444	746	
2006	2,919	1,224	신안성#3 증설
2007	3,021	1,330	
2008	3,042	1,230	
2009	3,630	978	
2010	3,669	944	

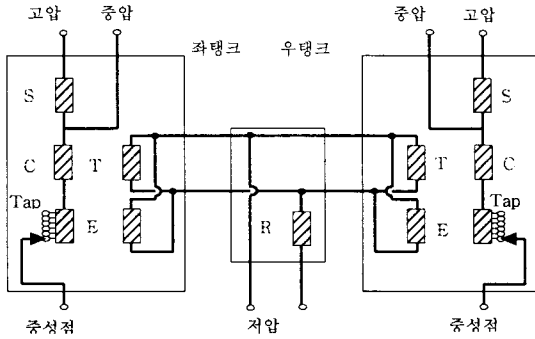
###### 2.2.2 765kV 변압기 탱크 분리운전 검토

###### (1) 변압기 구조

현재 개발중인 제작사의 765kV 변압기 구조는 [그림1]과 같으며 현대계의 경우 완전한 탱크 독립구조이므로 탱크 분리운전에 지장이 없으며, 효성계의 경우 2탱크 공용으로 한류리액터를 사용하더라도 변압기 탱크 분리 운전시 한류리액터를 그대로 사용할 수 있으므로 변압기 구조상 탱크 분리운전에는 지장이 없다.



(a) 현대계 변압기



(b) 효성계 변압기

※ 범례

S: 직렬권선, C: 분로권선, T: 3차권선, E: 여자권선  
Tap: OLTC 권선, R: 한류리액터

[그림 1] 제작사별 변압기 구조

(2) 변압기 특성검토

765kV 변압기를 1상 1탱크로 운전할 경우 1상 2탱크 운전과 비교할 때 1-2차간 %Imp전압은 동일용량 기준 2배 증가하므로 고장용량 역제측면에서는 유리하며 전압변동 측면에서는 다소 불리하나 변압기 병렬운전 및 계통운영상에는 문제가 없다. 또한 1-3차, 2-3차간 %Imp전압은 제작사별로 상이하지만 3차측에는 소내부하만 연결되므로 계통운영에 미치는 영향이 거의 없어 탱크 분리운전에 지장이 없다.

한편, 신서산S/S와 같이 초기 1상 1탱크씩만 설치하는 변전소에서 향후 1탱크씩 증설이 필요한 경우 기설분은 성능이 저하된 상태이고 신규 제작분은 재질 및 성능 향상에 따른 오차로 인하여 탱크간 불평형순환전류의 발생이 우려된다. 이 문제를 해결하기 위하여 2탱크중 1탱크는 좌탱크로 구성하고 다른 1탱크는 우탱크로 구성한후 증설이 필요한 경우 기설 좌, 우탱크를 결합하여 2,000 MVA(1상2탱크×3상) 1탱크를 구성하고 신규 증설분으로 2,000MVA 1탱크를 설치하게 할 계획이다.

(3) 변전소 운영

변압기 보호방식, 감시제어 및 OLTC 운전등은 1상 2탱크인 경우와 1상 1탱크인 경우 소프트웨어 또는 선택스위치를 이용하여 선택운전이 가능하도록 구매시방서에 반영할 계획이며, 보호계전기의 정정치 설정도 선택할 수 있도록 할 계획이다.

(4) 변전소 Lay Out

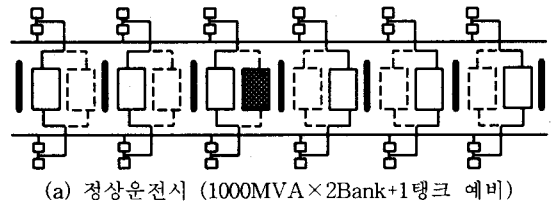
765kV 변압기 탱크 분리운전을 용이하게 하기 위하여 변압기 1, 2차와 연결되는 GIB측에 별도의 DS 설치방안을 검토하였으나 DS 설치시 고장복구시간이 단축되는 이점은 있으나 3차측과 한류리액터간 오일덕트내 리드 분리시간 및 건전 변압기 점검시간 등을 고려할 때 복구시간 단축효과가 적으며, DS 추가설치에 따른 비용증가 및 유지보수등 운영상 불리한 것으로 검토되었다. 따라서 1,2차측에 DS는 설치하지 않고 변압기 연결용 GIB를 Spacer 취부구조로 하여 신속히 고장변압기를 분리하도록 하였다. 또한, 3차측 처리방안은 제작사별로 구조가 다르기 때문에 효성계의 경우 저압권선과 공용 한류리액터간 오일덕트내 리드를 분리하고, 현대계의 경우는  $\Delta$ 결선시 2탱크간 Common 케이블을 분리하며 분리작업시 작업자의 혼돈을 방지하기 위하여 케이블 색상을 다르게 하는 방안을 채용하였다. 중성점 처리방안은 연결리드를 분리하며, 변압기 기초나 방화벽등은 변동사항이 없도록 하여 시공 및 유지보수를 용이하게 하였다.

2.3 변전소별 설치규모 축소방안

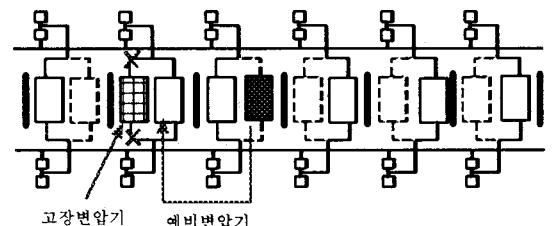
765kV 변전소별 최대부하 예측치는 [표1]과 같으며 최대부하를 고려하여 765kV 변압기 탱크 분리운전에 따른 변압기 설치규모를 다음과 같이 축소하였다.

(1) 765kV 신서산S/S

신서산변전소는 준공후 상업운전이 개시되는 2002년 기준으로 최대부하가 약 504MW로 예상되며 2010년경에도 1,000MW를 초과하지 않을 것으로 전망되므로 건설초기 변압기 정격용량의 1/2에 해당하는 1상 1탱크씩만 설치하여 1,000MVA 2탱크로 건설할 계획이다. 또한, 신속한 고장복구를 위하여 예비변압기 1탱크를 현장에 설치하여 인접 탱크에서 고장 발생시는 고장탱크를 분리한후 즉시 예비 탱크로 송전이 가능하며, 기타 탱크에서 고장발생시에는 예비탱크를 이설하여 복구할 계획으로 정상시 및 고장시 변압기 운전방안은 [그림2]와 같다.



(a) 정상운전시 (1000MVA×2Bank+1탱크 예비)

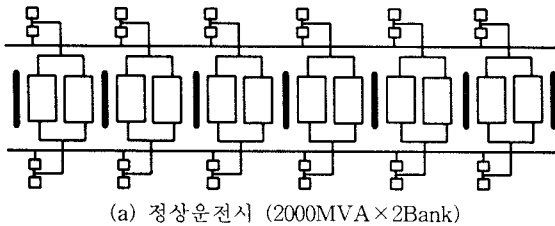


(b) 1탱크 고장시 (1000MVA×2Bank)

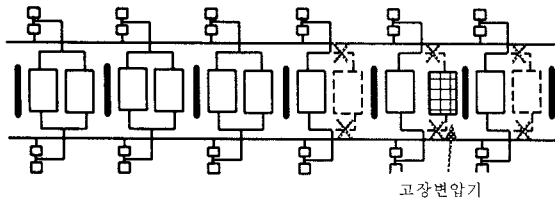
[그림 2] 765kV 신서산S/S 운전방안

## (2) 765kV 신안성S/S

신안성변전소는 2002년 최대부하가 2,206MW로 예상되므로 1뱅크 고장시에도 공급지장이 없도록 하기 위해서는 초기 2,000MVA 2뱅크 설치가 필요하다. 그러나 탱크 분리운전을 할 경우 1뱅크 고장시에도 즉시 복구후 변압기 운전이 가능하므로 별도의 예비변압기를 확보할 필요가 없게 된다. 어느 1뱅크에서 1탱크의 변압기가 고장이 발생한 경우 고장이 발생한 탱크측 3상분변압기(탱크)를 분리한후 1상 1탱크씩 운전(1,000MVA)하게 되면 공급지장 없이 정상적인 계통운영이 가능하게 되며 정상시 및 고장시 변압기 운전방안은 [그림 3]과 같다.



(a) 정상운전시 (2000MVA×2Bank)



(b) 1탱크고장시

(2000MVA×1Bank+1000MVA×1Bank)

[그림 3] 765kV 신안성S/S 운전방안

## 2.4 탱크 분리운전에 따른 적용효과

### 2.4.1 투자비 절감

765kV 변압기 탱크 분리운전으로 2001년 초기 건설되는 신서산, 신안성변전소를 기준 변압기 설치규모를 계산할 경우 신서산S/S는 1상 1탱크씩 3상 1,000MVA 2뱅크와 예비변압기 1탱크 확보로 설치수량이 7탱크 감소되며, 신안성S/S는 예비변압기 설치수량 2탱크분이 감소되므로 총 9탱크분에 해당되는 투자비 절감 효과를 갖게 된다. 또한, 향후 건설되는 신가평, 신태백 변전소에서도 부하예측치에 따른 축소방안 또는 예비변압기 확보수량 감소분에 해당되는 투자비가 절감될 것으로 전망된다.

### 2.4.2 신속한 고장복구로 공급신뢰도 향상

신안성변전소와 같이 2,000MVA 2뱅크로 운전중 어느 상에서 1탱크 고장이 발생한 경우 고장복구시간을 비교해보면 탱크 분리운전인 경우 약 3일이 소요되나 분리운전을 하지 않고 현장에 예비변압기를 확보한 경우 약 30일이 소요되며, 예비변압기를 현장에 확보하지 않

는 경우 자체수배, 제작, 수송, 설치등 고장복구에 약 17개월정도의 장기간이 소요되므로 탱크 분리운전에 의한 고장복구시간을 단축할 수 있어 공급신뢰도를 대폭 향상시킬 수 있다.

### 2.4.3 운전용량 감소로 변압기 손실 감소

신서산변전소의 경우 최대부하를 고려하여 초기 1상 1탱크로 운전하는 경우 변압기 운전용량이 1/2로 감소되므로 변압기의 무부하손 및 냉각장치를 비롯한 보조기기 부하등 운전손실이 감소되므로 예산 절감효과를 갖게 된다.

### 2.4.4 변압기 운전용통성 확보

765kV 변압기 탱크 분리운전으로 신안성변전소와 같이 1상 2탱크로 설치된 변압기에서 계통계획 변경 또는 특수한 사유로 부하가 현저히 낮을 경우 변압기 운전용량을 1/2로 감소시킬 수 있으며, 변압기 유지보수 측면에서도 공급지장 없이 1탱크를 점검할 수 있는 등 변압기 운전상 많은 융통성을 확보하게 된다.

## 3. 결 론

765kV 변압기의 1상 2분할탱크 구조를 이용한 탱크 분리운전으로 초기 부하가 적은 변전소는 설치용량을 1/2로 줄여 투자비와 운전손실을 절감하고, 부하가 많은 변전소의 경우 정격용량의 변압기를 설치하되 별도의 예비변압기 확보 없이 신속한 고장복구가 가능하다.

또한 필요시 운전중인 변압기의 용량을 1/2로 감소할 수 있으며 공급지장 없이 변압기 1탱크 점검이 가능하므로 운전용통성을 최대한 확보할 수 있다. 이와 같이 세계 어느 전력회사에서도 적용실적이 없는 획기적인 765kV 변압기의 탱크 분리운전으로 투자비를 절감함은 물론 공급신뢰도를 향상시킴으로써 세계 전력사에 새로운 장을 열게 될 것이다.

### [참 고 문 헌]

- (1) 한국전력공사 "765kV 변압기 구매시방서", 1996. 9
- (2) 효성중공업 "765kV 변압기 개발사양서", 1998. 4
- (3) 현대중공업 "765kV 변압기 개발사양서", 1998. 7