



초전도전력기기 실증시험 방안

■ 윤재영 / 한국전기연구원

1. 서 언

일반적으로 신기술을 적용한 신전력기기를 전력계통에 적용하기 위해서는 성공적인 전력기기 개발과 더불어 수요자를 만족시키는 성능기준을 충족시켜야 한다. 성능기준은 해당 전력기기에 대하여 규격에 규정되어 있는 시험기준을 통과하고, 실증시험장이나 실제계통에서의 장기내구성 실증시험을 거쳐야 한다. 초전도전력기기도 여타 신전력기기의 경우와 동일하다. 초전도기기의 성능기준은 두 가지 요소를 포함하고 있다. 첫 번째는 상전도기기에서 요구되는 통상적인 고전압시험, 단락시험 및 장기 신뢰성시험과 관련된 사항이다. 두 번째는 초전도기기가 가지고 있는 고유특성에 대한 시험으로서, 냉각성능시험, AC Loss, 초전도 Life Cycle Test(초전도→퀵칭→회복→초전도) 등을 예로 들 수 있다.

초전도전력기기의 대용량/친환경 특성을 활용할 경우, 미래 전력공급망의 중추적인 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 하지만, 실 전력계통에 적용되기 위해서는 경제성, 장기신뢰성 및 기타 성능에 대하여 수요자의 기대를 충족시켜야 한다. 현재 국내에서 배전급 초전도기기의 Prototype이 이미 개발되었으며, 송전급 역시 조만간 개발될 예정이다. 현 시점에서 초전도기기의 개발노력과 더불어 현실적으로 다가

온 실증시험에 대한 계획수립이 요구되고 있다. 본 고에서는 우리나라의 초전도기기 개발계획을 고려하여 합리적인 관점에서 단계적인 초전도전력기기의 실증시험 방안(안)에 대하여 제안하고자 한다. 실증시험 방안(안)을 4단계로 구분하고 단계별로 한전계통의 실제 적용에 접근하는 방안(안)을 제시하였다. 본 고에서는 기본적으로 22.9kV 배전급 초전도기기(케이블/한류기/변압기)의 실제계통 적용방안(안)에 대하여 강구한 것이지만, 154kV 송전급 초전도기기에 대해서도 비슷한 개념을 도입할 수 있을 것으로 생각된다.

2. 실증시험방안(안) 개요

22.9kV 대용량 초전도전력기기(케이블/한류기/변압기)의 실증시험 방안(안)을 아래와 같이 (4단계)로 구분하였다. (1~3)단계는 실증시험장 혹은 한전 변전소에 Backup 설비를 가지고 적용하므로, 최악의 경우를 상정하더라도, 실제계통에 미치는 파급영향은 미미할 것으로 예상된다. (4단계)는 외곽 154kV 변전소에서 분산화된 배전개폐소로의 전력공급망에 적용하는 것으로서 초전도기기의 실질적인 적용이라고 할 수 있다. (1~4단계)를 단계적으로 적용하는 방안이 합리적이며, (2단계) 이상에서는 100MVA급의 실증시험이 가능할 것으로 기대된다.

- (1단계) 100MVA급 고창시험장 실증시험
- (2단계) 고창시험장 154kV S/S, 22.9kV 초전도/상전도 케이블 병행적용
- (3단계) 기존/신설 154kV S/S의 22.9kV 100MVA급 초전도기기 실증시험
- (4단계) 100MVA급 배전개폐소(Distribution S/S) 적용

3. 단계별 실증시험방안(안)

3.1. (1단계) 고창시험장 실증시험

(1단계)는 고창시험장의 배전시험장에서 22.9kV 초전도기기를 시험하는 내용이다. 고창시험장에서의 실증시험은 주변 계통조건을 고려할 필요성이 적으며, 전력부하공급에 우려 없이 안정적인 시험이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 반대로, 실 전력계통이 아니므로, 지속적인 부하변동이나, 계통조건 변화 등의 상황을 재현하는데 약간의 부족함이 있다. <그림 1>은 고창실증시험장의 개요도를 나타낸 것인데, 지중배전선로 혹은 여타 시험장에서 실증시험을 수행할 계획이다. 현재 초전도사업단의 한전의 전폭적인 지원 하에 고창시험장을 활용하기 위한 시험조건 등 세부적인 사항에 대하여 협의의 진행하고 있으며, 06년 이내에 시험에 도입할 계획이다.

3.2. (2단계) 고창시험장 154kV S/S, 초전도/상전도 케이블 병행적용

<그림 1>의 고창시험장 내부에 건설될 154kV S/S의 22.9kV 모선 측에서 시험을 시행하는 내용이다. 상전도케이블이 Backup 설비로서 병행 적용되는 조건이므로 계통에 미치는 영향은 최소화할 수 있다. 이를 고창시험장이 아닌 실 계통 입장에서 분석하면, 154/22.9kV 변압기 2-Bank가 설치되어 있는 154kV 변전소가 대상이라고 할 수 있다. 해당 변전소에서 기존 22.9kV 상전도 케이블 2회선이 동일 배전변전

소 혹은 수용가에 연결되어 있는 선로를 물색하고, 22.9kV 상전도 케이블과 병행으로 22.9kV 50MVA 혹은 100MVA 초전도케이블을 포설하는 형식이다. 상전도케이블은 평상시 개방된 상태로 초전도케이블에 대한 실증시험을 시행한다. 초전도케이블의 고장 등 비상상태에서 선로절체를 통하여 상전도케이블로 공급하는 방식이다. <그림 2>는 실 계통상에서 (2단계)에 대한 개념도를 표현한 것이다. 이 경우, 상전도와 초전도케이블을 병행 적용하므로, 적용 초기단계에서의 안정성에 대한 우려는 거의 없다.



그림 1 고창시험장 활용 개요도

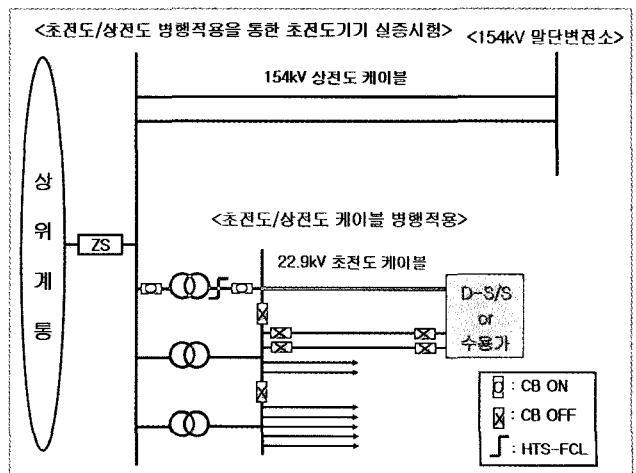


그림 2 (2단계) 초전도/상전도케이블 병행적용

3.3. (3단계) 기존/신설 154kV S/S, 22.9kV 100MVA 급 초전도기기 실증시험

(3단계)는 Backup 설비를 가지고 본격적으로 실 전력계통에 적용하여 실증시험을 수행하는 방안이다. 초전도기기에 대한 실 계통적용이라고 보아도 무방할 것이다. (그림 3)은 (3단계) 적용방안을 도시한 것인데, 기본특성과 적용방안의 개요를 요약하면 아래와 같다.

○ (기본특성)

- 기존/신설 154kV 변전소에서 상전도 변압기를 개방하고, 초전도기기가 부하공급을 담당하도록 절제
- 22.9kV, 100MVA급 초전도변압기/한류기 설치 및 시험가능
- 22.9kV, 100MVA급 초전도케이블 50-100m 포설 및 시험가능
- 100MVA급 대신 50MVA급 초전도케이블을 포설하여 시험하는 것도 가능

○ (적용방안)

- 최초에는 서울 도심보다는 외곽부하 공급에 적용하여 단계적으로 접근하는 것이 합리적임.
- 초전도기기 개발 초기단계에서 도심보다는 시골 기존/중설 변전소에서 짧은 구간의 초전도케이블 적용 가능성 검토가 필요함.

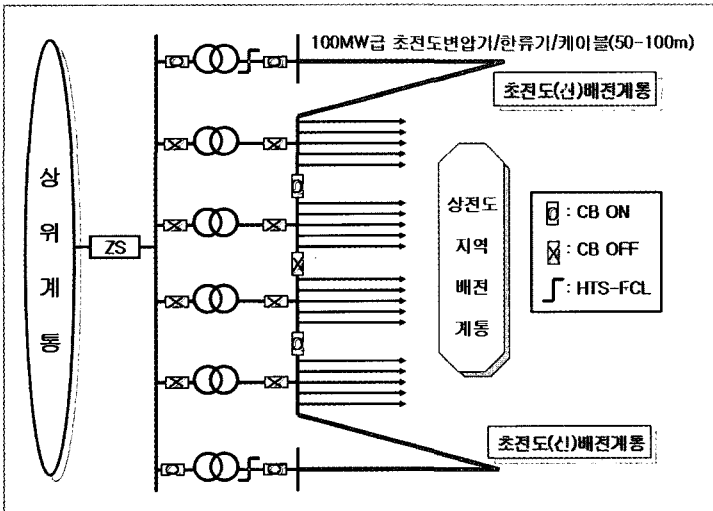


그림 3 (3단계) 154kV 말단변전소+초전도기기 실증시험

예) 기존 000 154kV 변전소, 2011년 이후 신설 000 154kV 변전소

(3단계) 적용방안을 도입하기 위해서는 기존부하에 대한 공급안정성 확보대책과 기존/신설 변전소에서 초전도기기의 Space 확보가 가능한지 여부에 대한 검토가 필요하다. 본 방안은 100MVA급 용량에 맞는 실 계통 운전 시험이 가능하고, Space만 확보되면 모든 신/중설 변전소에 적용 가능하다는 장점이 있다.

3.4. (4단계) 100MVA급 배전개폐소(Distribution S/S) 적용

미래 한전 154kV 이하 전력공급망은 분산화와 대용량화가 동시에 적용될 것으로 전망되며, 현재 이러한 추세로 진행 중이다. 즉, 대도심 배전망의 대용량화 추세에 따라서, 22.9kV 전용선로의 용량이 40MW 까지 증가되었다. 도심부에 있는 154kV 변전소 산하의 전력공급망은 분산화 된 배전개폐소로 변화될 전망이다. (그림 3)은 이러한 미래 배전망의 추이와 (4단계) 초전도기기 실 계통 적용을 개념화하여 표현한 것이다.

(4단계) 적용방안의 기본특성은 외곽 154kV S/S에서 도심부에 분산되어 있는 3개 정도의 100MVA급 배전개폐소(D-S/S)에 전력을 공급하는 것이다. 개별 배전개폐소에서는 10MVA급 상전도케이블 혹은 50MVA급 초전도케이블을 활용하여 배전부하 공급을 담당한다. 이러한 경우 (그림 4)에서와 같이 22.9kV, 100MVA급 초전도변압기/한류기/케이블을 시험할 수 있다. 22.9kV, 100MVA급 초전도케이블의 포설길이는 계통여건에 따라서, 수 백m ~ 수 km에 달할 수 있다.

본 적용방안(안)은 기본적으로 (1-2단계) 실증시험이 종료된 이후 적용이 가능한 방안으로서, 실질적인 실 계통에 대한 저압대용량 (신)전력계통 적용방

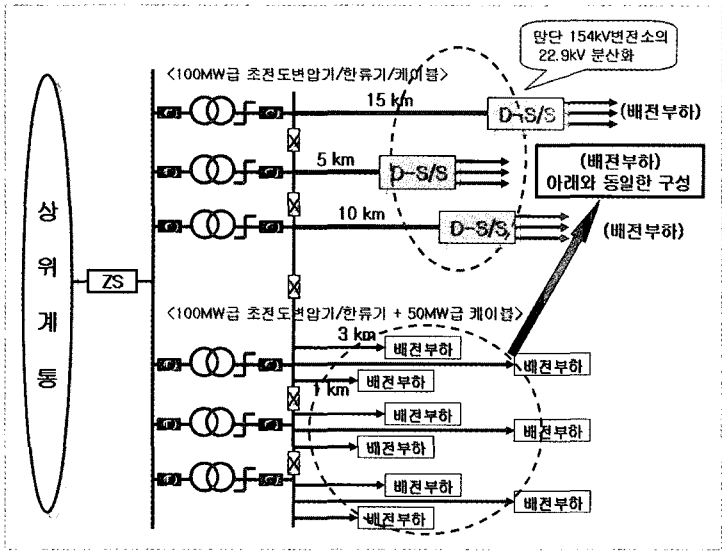


그림4 (4단계) 154kV 중간+말단변전소 초전도기기 적용

핵심이슈가 될 것이다. 대용량초전도 신전력계통은 이를 실현하기 위한 강력한 대안으로 부각되고 있다. 초전도(신)전력계통이초전도기술의 친환경적이면서도 대용량화가 가능한 특성을 전력산업에 응용한 새로운 개념의 전력공급 패러다임이기 때문이다. 본고에서는 현재 국내에서 진행 중인 초전도전력기기의 개발성과를 고려한 단계적인 실증시험방안(안)에 대하여 제안하였다. 초전도를 먼 미래의 신기술로만 생각하는 것이 국외자의 보편적인 생각이지만, 선진국은 물론이고 국내에서도 초전도기기가 성공적으로 개발되었으며, 실 계통 적용은 현실화되고 있다.

안이라고 할 수 있다. 서울이나 신도시의 대도심 말단 변전소부터 단계적으로 적용하여 순차적으로 중간변전소 단계까지 적용할 수 있는 방안이다. 최초단계에서는 신설예정인 말단변전소와 이에 전력을 공급하는 중간변전소를 계통검토를 거쳐서 선택해야 한다.

4. 결 언

미래 전력계통에서 친환경과 대용량화는 미래 IT사회의 초고밀도집적부하에 대한 안정적인 전력공급의

이러한 관점에서 초전도전력기기의 실 계통 진입을 위한 실증시험방안(안)의 단계별 분류와 기본적인 내용에 대하여 기술하였다. 초전도신기술을 성공적으로 실 계통에 적용하기 위해서는 초전도사업단과 수요자인 한전과의 유기적인 협조관계가 요구된다. 본 고가 향후 개발자-계통검토자-수요자간에 초전도기술을 계통에 적용하기 위한 실증시험의 기술적인 내용을 상호 토의하고, 수정된 내용을 기초로 하여 성공적인 실증 시험을 수행하는 조그만 참고자료가 되었으면 한다.