

# 소손 주상변압기 교체를 위한 임시송전시스템 개발에 관한 연구

(A Study of the Development of the Temporary Transformer System for the Replacement of Burn-out Pole Transformer)

이정균\* · 윤영모 · 전시식 · 이재현 · 정동주 · 박용범 · 김점식 · 조성문

(Jung-kyun Lee · Young-Mo Yun · Hyung-gaun Lee · Si-Sik Jeun · Jae-Hoon Lee · Dong-Ju Jeong · Yong-Beom Park · Jeom-Sik Kim · Seong-Mun Jo)

## Abstract

This paper describes a development of the temporary transformer system and method. The failure causes are generally divided into problems in manufacturing, mounting and operating. To replace the burn-out pole transformers developed various facilities, power cable clamp, the control panel of self-sensing device and voltage connection box etc. That is more effective to establish the emergency transmission systems for the non interruption replacement of distribution transformers.

## 1. 서론

배전용 변압기는 한전 납품자재 중 점유율이 가장 높은 제품이며 배전손실의 약 30% 이상을 차지하고 있다. 변압기의 고장 원인으로서는 불순물 침투나 바니시 함침불량 수분유입 등으로 인한 1차 권선 층간단락, 오손지역(해안, 공단 등), 외함 도장 마모에 의한 변압기 외함 부식, 누유, 부상 파손, 탭 리드 오결선 등 부품불량 및 제조공정상의 문제 그리고 단락강도 불량에 의한 여러가지 원인으로 고장이 발생되고 있다.

이와 같이 주상변압기 소손(불량)이 발생되었을 경우 배전운영실에서 현장으로 출동하여 변압기를 현장에서 점검하고 소손정도를 파악한 후에 교체 여부를 결정하게 된다.

이때 주상변압기 교체는 협력회사에서 시공하며 장시간 소요되고 있는 반면 이 시간 동안 배전운영실 직원의 적절한 조치사항이 없어 고객의 불편 및 민원 발생의 요인이 되고 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 협력회사에서 소손(불량) 주상변압기 교체 시공 전 배전운영실 작업인원으로 긴급 전원 대체 공급이 가능한 임시송전 시스템 개발이 절실하다.

이와 관련하여 현장에 출동한 한전의 배전 운영실 직원 단독으로 신속, 간단한 공정으로 안전하게 작업할 수 있는 “소손 주상변압기 교체를 위한 임시송전 시스템 개발”에 대해 논의하기로 한다.

## 2. 본론

### 2.1 개발 배경

#### 1) 주상변압기 복구 측면

한전의 배전운영실 직원은 저압고장이 접수되면 고장현장에 출동하여 개별고객 인입선의 고장과 주상변압기의 고장을 구분하고 개별인입선 고장인 경우 현장에서 수리, 송전조치를 취하지만 주상변압기 고장의 경우에는 현장에서 직접 교체를 하지 않고 협력회사를 동원 교체를 하게 되므로 복구 및 송전에 장시간이 소요되게 된다.

고객의 입장에서는 한전직원이 현장에 출동하였지만 변압기 교체를 하지 않고 협력회사가 교체할 때까지 정전고객에 대하여 적절한 조치를 하지 않는 것이 민원의 요인으로 작용한다.

이러한 불만을 해소하기 위해서는 협력회사가 현장에 도착해서 복구를 하기 전까지 임시송전 등의 적절한 조치가 필요하다.

#### 2) 인력 및 장비의 효율적 측면

주상변압기 소손 현장에 출동한 한전 직원은 협력회사 동원이 필요한 주상변압기 고장의 경우 정전고객이 많으므로 협력회사가 현장에 도착할 때 까지 다른 현장으로 이동할 수 없을 뿐만 아니라 대기시간 동안 정전고객을 위하여 취할 수 있는 조치가 제한적이다. 고장현장에 출동한 소수의 인력이 현장에서 응급조치할 수 있는 적절한 복구시스템 개발로 인력 및 장비의 효율적 운영을 도모할 수 있다.

## 2.2 임시송전시스템 설계 및 제작

주상변압기 고장 발생시 한전 직원이 현장에 출동하여 간단한 공정으로 안전하게 긴급 임시송전을 할 수 있도록 임시송전시스템을 개발하였으며 시스템은 임시송전장치와 공법으로 구성된다.

임시송전시스템(TTS : Temporary Transformer System)중 임시송전장치는 소손 주상변압기 교체 및 점검시 한전 저압보수차량에 장착하여 이동하고, 짧은 시간(1~2h)동안 제한적으로 사용되는 장비로서 안전장치를 강화시킨 MVI 장착형이며 임시송전 공법은 고압활선버켓트럭과 활선작업원 대신 저압보수차와 일반작업원으로 시공이 가능토록 아래와 같은 사항이 고려되어 개발되었다.

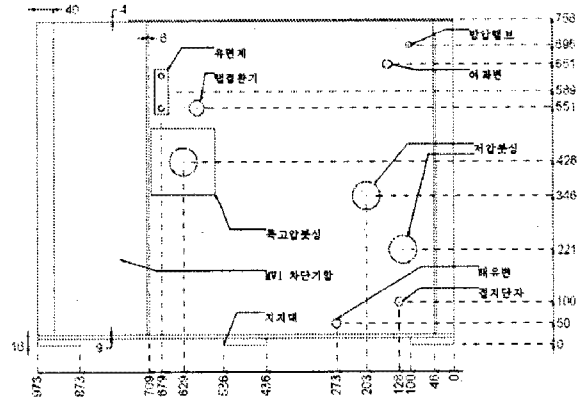
- 부피 및 중량 최소화
- 진동 및 절연강도 우수
- 유지보수의 편리성
- 작업원의 안전성 확보
- 신속 간편한 시공 용이성 확보

기존 주상변압기와 병렬운전이 가능하도록 주요 설계 조건을 동일하게 하였고 임시사용으로 변압기 온도상승의 문제는 없을 것으로 예상되어 방열판은 설치하지 않았다.

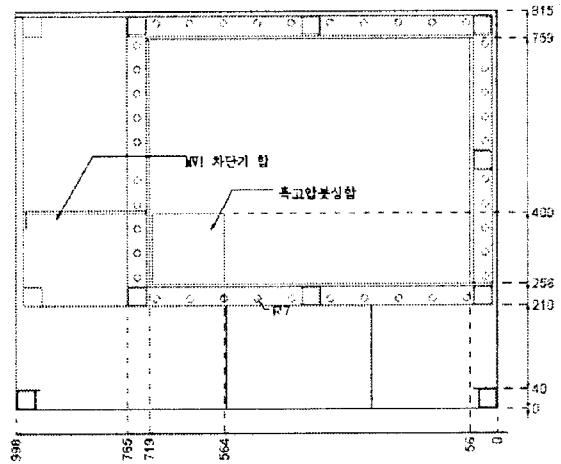
표 1. 임시송전장치 주요 설계 조건  
Table 1. Principal of design condition for TTS

| 구분        | 설계조건              |    |
|-----------|-------------------|----|
| 용량[kVA]   | 100               |    |
| 1차전압[V]   | 13200             |    |
| 2차전압[V]   | 230               |    |
| 1차 탭전압[V] | 13800/13200/12600 |    |
| 효율[%]     | 98.6              |    |
| 전압변동율[%]  | 1.3               |    |
| 무부하전류[%]  | 0.7               |    |
| 무부하손[W]   | 209               |    |
| 부하손[W]    | 1210              |    |
| %Z[%]     | 3.2               |    |
| 온도상승[℃]   | 권선                | 65 |
|           | 절연유               | 60 |

## 1) 설계



(a) 설계도 정면



(b) 설계도 평면

그림 1. TTS 설계도  
Fig. 1. Design of TTS

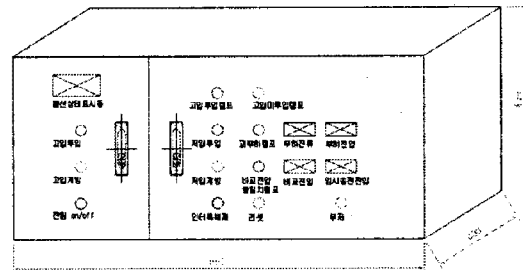


그림 2. TTS 제어함 설계  
Fig. 2. Design of control panel

과부하 및 고장전류로부터 변압기 보호 및 선로 과급을 방지하기 위한 자기진단 기능 및 현장에서 퓨즈 및 릴레이 트립 셋팅이 가능하고 실시간 전류, 과전류 보호 동작횟수, 최근 트립 전류치 및 상/대지 고장 표적등을 볼 수 있는 MVI 차단기를 1차측 보호장치로 채택과 함께 2차측 보호장치인 개폐기를 임시송전장치 내부에 장착하였고 1차측 및 2차측 자동투입과 병렬운전이 가능하도록 인터록 기능을 갖춘 제어함을 제작하였다.

## 2) 제작

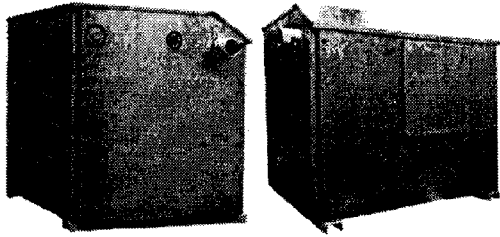


그림 3 TTS 제작  
Fig. 3. Products of TTS

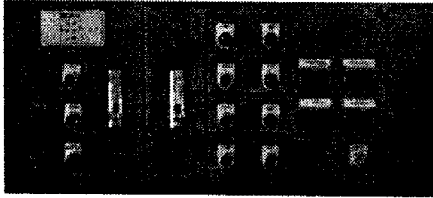


그림 4 TTS 제어판넬 제작  
Fig. 4. Products of TTS Control Panel

## 2.3 기존장치와 임시송전장치 비교

임시송전장치 내 변압기는 차량 탑재 및 작업자의 접촉가능성을 고려하여 한전의 지상변압기를 모델로 제작하였으며 본 논문에서 제시된 임시송전장치와 주요사항을 비교해 보면 표 2와 같이 크기는 약 23.3% 감소하여 저압보수차에 탑재가 가능한 반면 중량은 약 3.6% 증가하였다. 이것은 외함 재질 및 외함 베이스 재질 개선으로 감소 시킬 수 있으리라 판단된다. 따라서 기동성이 확보된 한전의 저압보수차 적재함에 장착하여 긴급 복구 시스템 적용이 가능하다.

표 2. 일반지상변압기와 임시송전장치 비교  
Table 2. Compare general type pad mounted transformer with temporary transformer system.

| 구분                |     | 일반지상변압기                            | 임시송전장치(단상)   |
|-------------------|-----|------------------------------------|--------------|
| 안전장치              | 1차측 | 한류퓨즈                               | MVI 차단기      |
|                   | 2차측 | 이중소자퓨즈                             | EOCR         |
| 크기(W×D×H)<br>[mm] |     | 1000×1000×975                      | 1000×840×890 |
|                   |     | 약 23.3% 감소                         |              |
| 중량 [kg]           |     | 790                                | 820          |
|                   |     | 약 3.6% 증가<br>(외함, 안전장치 및 제어 장치 포함) |              |
| 비고                |     | -                                  | 안전성 우수       |

## 2.4 임시송전장치 병렬운전

### 1) 전압안정도

표 3과 같이 임시송전장치를 1Φ, 3Φ 부하에 적용한 결과 전압변동을 및 부하 변동이 5%미만으로 병렬운전시 이상없음을 확인하였고 그 결과 그래프를 그림 5와 그림 6에 나타내었다.

표 3. 임시송전장치 실 계통 가압  
Table 3. Analysis of the phase voltages during energizing distribution system with temporary transformer system.

| 구분                   |    | 1Φ 변압기 교체 | 3Φ 변압기 교체     |
|----------------------|----|-----------|---------------|
| ID No.               |    | 1000-3000 | 1000-4000     |
| Sampling Time(횟수)[초] |    | 30(총 49회) | 30(총 70회)     |
| 측정평균전압 P3 [V]        |    | 230.4(T상) | 228.9(R,S,T상) |
| 전압불평형율[%]            |    | 0.74      | 2.05          |
| 부하전류[A]              | 단독 | 9         | 35            |
|                      | 병렬 | 6         | 20            |
| 부하                   |    | 히터 1kW 2대 | 고조파 발생기       |
| 전압변동                 |    | 0.74 %    | 2.05 %        |
| 전압변동 그래프             |    | 그림 5 참조   | 그림 6 참조       |

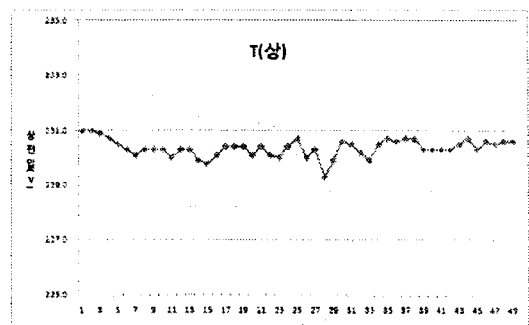


그림 5 단상 변압기 교체 후 상 전압 (10분후 병렬운전)  
Fig. 5. Phase voltage after 1-Φ transformer replacement

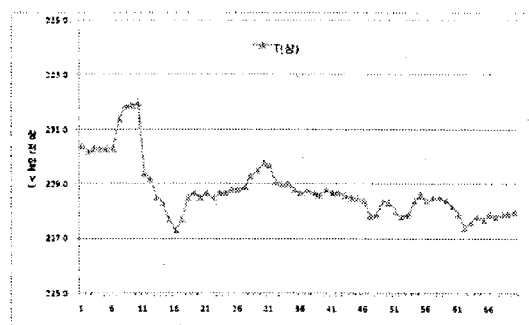


그림 6 삼상 변압기 교체 후 상 전압 (10분후 병렬운전)  
Fig. 6. Phase voltage after 3-Φ transformer replacement

## 2.6 임시송전공법

### 1) 공법 개요

주상변압기 고장시 긴급 송전이 가능하고 소수 인원으로 저압보수차를 이용하여 간접활선이 가능한 공법이다.

### 2) 공법 특성

- 최소작업인원으로 간접활선작업이 가능
- 긴급 송전 병렬운전 가능
- 인력 및 장비의 효율적인 운영 가능

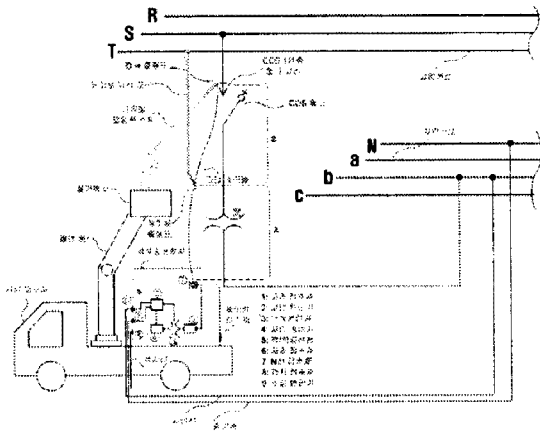


그림 7. 임시송전장치 공법 개략도  
Fig. 7. The outline of the temporary transformer system and method.

표 4. 기존공법과 임시송전공법 비교  
Table 4. Compare the existing with temporary transformer method.

| 구 분  | 기존공법(3상)              | 임시송전공법(단상) |
|------|-----------------------|------------|
| 운영목적 | 공사용(긴급송전불가)           | 긴급송전       |
| 장비보유 | 협력회사                  | 한전         |
| 작업인원 | 활선전공 4명               | 비활선전공 2명   |
| 소요장비 | 활선차 1대,<br>이동용변압기차 1대 | 저압보수차 1대   |
| 작업방법 | 직접활선                  | 간접활선       |
| 소요시간 | 2시간 30분               | 30분        |
| 안전장치 | 자가진단 불가능              | 자가진단 가능    |

## 2.7 간접활선 작업 공구

임시송전장치에 사용되는 작업공구는 한전의 배전운영실에서 일상적으로 사용하는 간접활선작업용 공구인 임시 케이블 걸이와 케이블 클램프를 이용하여 고압 케이블을 장착 후 소손 주상변압기 COS 1차측 홀더 고리에 그림을 클램프 스틱을 사용하여 접속 클램프를 결합하는 간접활선 작업이 고 작업공구를 그림 8에 보였다.



(a) 고압케이블 클램프 (COS접속공구)



(b) 케이블 임시걸이

그림 8. 작업 공구 제작  
Fig. 8. Products of facilities

## 3. 결론

소손 주상 변압기 발생시 현장에 출동한 한전 직원이 신속, 안전, 시공 용이성이 확보된 임시송전시스템을 활용하여 정전지속시간을 단축하여 고객의 산업, 경제적 손실의 최소화가 가능한 소손 주상변압기 임시송전 장치 및 공법을 개발하였다. 특히, 협력회사 동원 지연 시, 동시다발 고장 발생 시 등 복구에 장시간 소요가 예상 될 때; 양어장, 축양장, 횃집, 교통신호등, 특용작물 공급설비 고장 시 등 정전 민감고객의 정전으로 대규모 피해가 예상될 때; 긴급 전력확보, 행사장 임시전력 공급 등 변압기 설비가 없으나 단기간 전력공급이 필요한 개소에 적용시 활용도가 매우 높다.

### 참 고 문 헌

- [1] 박창호, "배전용변압기 최적 부하관리 방안에 관한 연구", 학위논문, 2005. 6
- [2] IEC 60076-2, "Power Transformers Part 2: Temperature rise", Ed.2-1993-04
- [3] 박창호, 배전용 변압기 최적 부하관리 방안 연구 (TR), 한국전력공사 전력연구원, 2003년
- [4] 한국전력공사, "저손실형 일단접지 주상변압기" PS-114-511 ~ 527-1997. 1
- [5] 한전지재규격 "자기진단형 일단접지 주상변압기" 배전처 배전 계획부