

# Fire Protection for Traditional Market and Protections for Transformer with Optimal Operation

## 재래시장 화재 예방, 변압기 보호장치 최적운영 기술 현장 적용

Geonho Kim  
김건호

### Abstract

지상변압기는 수용가에 직접적으로 전력을 공급하는 역할을 수행하며 저압 선로의 고장으로부터 계통을 보호하기 위한 보호장치를 구비한다. 본 기술지원은 지상변압기의 STP 미동작에 따른 화재원인을 분석하고 적정동작범위를 제안한다.

**Keywords:** 변압기, STP, 보호장치, 화재

### I. 기술 개요

배전계통의 지상변압기는 전기 소비자인 수용가 또는 고객에게 직접적으로 전력을 공급해주는 역할을 한다. 이러한 변압기는 2차측 저압(380V)에서 고장이 발생할 경우 차단동작을 수행하기 위한 장치가 탑재되어 있다. 기존 지상변압기는 바이오넷 퓨즈(Bay-O-Net Fuse)를 사용해 왔으나, 최근 제조된 변압기의 경우, STP(Switch Type Protector)를 자체적으로 내장하여 차단동작을 수행하여 2차측 사고를 예방하고 있다. 이러한 보호기기의 주요 목적은 1차측인 특고압 계통(22.9kV)으로의 파급고장을 예방하는 것과 2차측에 지속적인 고장전류 유입으로 인한 아크(Arc) 발생에 따른 재산, 인명손실을 예방하는 것이다. 국내에서는 변압기 구매 규격인 ES-5950-0015를 통해, 변압기 보호장치에 대한 규격을 명시하고 있다. STP는 아래 TABLE 1과 같다.

### II. 사고현장 분석 및 고장해석 수행

#### A. 설비 화재 개요

화재 발생 장소는 ○○지사 관할 내 전통시장으로, 소방서에서는 저압전선 열화에 의한 화재발생으로 원인을 추정하였다. 저압전

TABLE 1  
STP 개요

STP 개요			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제작사: CooperPowerSystems</li> <li>• 종류: 7개(상·용량별)</li> <li>• 용도: 변압기 보호용 차단기</li> <li>- 기존 바이오넷 퓨즈 대체품</li> </ul>
-----------	---	--	---

선과 상가 지붕에서 발화지점을 확인하였으며 여기서 연소가 확대된 것으로 추정하였다. 해당 전통시장은 1950년대 개설하여 약 800여개 점포가 영업 중이며, 저압선로의 유지관리가 상대적으로 어려운 상황이었다. 관련 기관의 화재원인 보고서에서는 저압전선이 화재 원인이며 한전이 유지 관리해야 하는 부분으로 명시되어 있다. 한전 측에서는 자체 조사 결과, 변압기 2차측 저압전선의 열화에 따라 고장전류가 발생하였음에도 STP가 동작하지 않아 지속적인 아크 에너지가 공급되었고 발화로 이어진 것으로 추정하였다. 다만, 저압전선의 열화가 있었음에도 STP가 동작하지 않았으므로 적정하게 동작하도록 되어있는지 확인이 필요하다.

#### B. 설비현황 및 고장해석

계통해석을 위하여 저압 계통도는 아래 Fig. 1과 같으며 간략도를 통해 선로의 구성을 나타내었다.



저자 김 건 호 | 한국전력공사 전력연구원 스마트배전연구소

김건호, 2014년: 한국전력공사 입사

2014 ~ 2018년: 배전선로 신규공급, 계통운영 총괄, 자동화 및 보호협조 업무 수행

2018 ~ 현재: 배전계통 보호협조 및 분산형전원 연계기술기준 연구 수행

사업소 고장분석 등 28건의 기술지원 및 배전업무지원 포털 전문지식인 수행



Fig. 1. 사고 위치의 저압 계통도(NDIS 및 간략도)

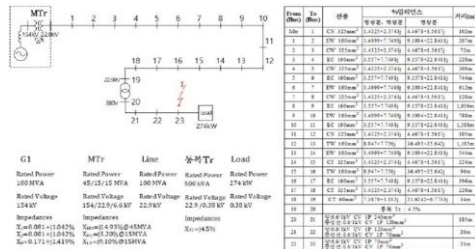


Fig. 2. 단선도 생성 및 선로 임피던스 산출

Fig 1에서 표시된 각 순번에 따른 저압선로 구간은 아래와 TABLE 2과 같이 구성되어 있다.

지상변압기에 내장된 STP(스위치타입 보호장치)의 내역은 아래 TABLE 3와 같다.

상기 자료를 바탕으로, 배전계통 고장분석 프로그램을 활용하여 아래 Fig. 2와 같이 단선도와 선종별 임피던스를 보여준다. 임피던스는 KC 60502-1을 기준으로 산출하였다.

고장전류의 크기는 선로의 고유 요소인 임피던스에 의해 결정된다. 화재 원인으로 인한 아크 발생 시 도체의 접촉부분은 저항이 증가하여 고장감소가 예상되나 정확한 임피던스를 산출하는 것은 불가능하다. 따라서 사고 지점이 접촉저항이 없는 완전 고장인 상태로 가정하고 이에 따른 고장전류를 아래 TABLE 4와 같이 도출하였다.

TABLE 2  
저압케이블 구간과 선종내역

순번	선로구장	설치형태	선종
①	112m	지중	상 : 0.6/1kV CV 1P 240mm 중성선 : 0.6/1kV CV 1P 120mm
②	73m		
③	26m	가공	상 : 0.6/1kV CV 1P 120mm 중성선 : 0.6/1kV CV 1P 70mm
④	21m		상, 중성선 : 0.6/1kV CV 4P 70mm

TABLE 3  
STP 사양

정격전압	정격전류	규격	제조사
13.2kV	42A	MX1AN2SYE 18K	COOPER

TABLE 4  
화재위치 및 STP에서 경험하는 고장전류

구 분		단락고장	지락고장
고장 전류	고장개소(저 압)	4,235A	4,803A
	보호장치(특고압)	70A	79A

화재진압을 위해 고장위치가 훼손되어 정확한 고장발생 상향을 재현할 수는 없다. 상기 결과를 통해, 완전지락 또는 완전단락 고장으로 가정 시 약 4,000A의 고장전류가 발생되었을 것이라 추정할 수 있다. 실제 현장에서는 고장위치의 임피던스가 존재하므로 상기 보다 낮은 고장전류가 흘렀을 것이라 추측할 수 있다.

### III. 결론

지상변압기 보호장치에 대한 사양서 기준으로는 STP가 순시 차단을 수행하려면 정격전류의 약 8~16배(5,700A 이상)의 고장전류가 통전되어야 한다. 용량 500kVA 기준으로 정격전류는 12A(저압 측 722A)임을 감안하면 완전고장 상태에서도 순시차단이 불가능함을 알 수 있다. STP 시험성적서의 Secondary-Level Fault Interrupter Test에서도 고장전류를 340A(28배), 500A(42배)를 인가하여 실험한 것으로 확인하였다. 따라서 해당 전통시장에서 발생한 화재사건과 같이, 변압기로부터 원거리에 위치한 저압선로에서 고장상황이 발생한다면 차단장치가 순시차단동작을 수행하지 못하여, 적정 보호범위를 벗어나는 것을 알 수 있다. 이러한 문제의 해결방법은, 지상변압기 보호협조 특성곡선을 변경하는 등 보호장치의 동작조건을 변경하는 방안이 적절하다. 지상변압기의 STP는 E01~E50의 보호협조 특성곡선을 보유하고 있다. 따라서 지상변압기 설치 전 적절한 특성곡선을 선정하도록 검토가 필요하다. 전력연구원에서는 사업소에서 이러한 검토과정을 수행할 수 있도록 추가 연구 및 제도개선 중에 있다.