

지중 배전선로용 개폐기 복합조작봉 개발

제충모, 정용운, 조호령, 유근양

(주)평일 기술연구소

Development of Hook Stick for PAD Switch in Underground Distribution Lines

Chungmo Je, Yongwoon Chung, Horyung Cho, Kunyang Yu

R&D Department Pyungil Co., Ltd.

Abstract – At the moment, the operation methods for pad switch are different due to the differences of the manufacturer and the types or ratings of pad switches; accordingly, various types of the operation tools are required for the operation of pad switch. Sometimes, the operator uses conductive tool made of metal, or there is no sufficient space around the pad switch for operation and these kinds of problems are related with the potential safety accidents of the operators. Therefore, to solve these problems, new universal operation tool for pad switch, which only needs the change of operation head for various types of pad switches, has been developed. With this new tool, durability and safety of the operator can be achieved.

1. 서 론

산업의 발달과 더불어 대규모의 주거 단지가 형성되고 도시의 지중화가 급격히 증가함으로써 지중배전선로용 개폐기의 신설 빈도가 증가하고 있으며, 이에 따라 모든 지중배전선로용 개폐기를 정확하고 안전하게 개폐조작 할 수 있는 시스템을 구축하여야 한다.

그러나 현재 개폐기 조작방식이 제작업체 및 기기형식 별로 상이하고 조작봉의 종류도 다양하게 비치되어 있어 운용상의 어려움이 있으며, 또한 조작봉의 길이가 짧고 도전성 재질(금속 등)을 사용하여 유사시 안전거리 미화 보에 따른 작업상 안전사고가 발생할 가능성이 상존하고 있는 실정이다.

그러므로 개폐기 조작 시 개폐기업체별로 개폐기 조작 헤드만 교체하여 안전하게 개폐조작 할 수 있는 복합조작봉 개발이 이루어져야 한다. 이를 위해 제작업체별로 제작되고 있는 각 사의 지상개폐기에 대한 조작방식 및 조작헤드 사양을 조사하고 분석하여 현재 사용하고 있는 개폐기를 안전하고 편리하게 조작할 수 있는 복합조작봉을 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 지상개폐기 개요

지중 배전선로용 개폐기는 지상 또는 지중에 설치되어 선로분기, 선로 구분용으로 사용되는 SF₆ 가스 절연 회로로 방식의 수동형 또는 자동형 부하개폐기로 22.9 kV-△ 또는 22.9 kV-Y 선로에 적용되며 다음과 같은 특징이 있다.

2.1.1 종류 및 정격

지상개폐기는 접속방식별로는 데드브레이크식(스틱조작형), Plug-in system 방식이 있으며, 회로 구성은 4W4S, 3W3S 및 4W2S로 구성되어 있다. 그리고 정격전

압 및 전류는 자동 및 수동 모두 25.8 kA 및 600 A이며 정격주파수는 60 Hz이다.

2.1.2 설치 및 운용

지상개폐기는 지상, 지하 및 고객구내 3곳에 설치할 수 있으나 지상설치를 원칙으로 하되 고객 구내에 확보된 공간이 있을 경우 그 장소에 설치한다.

기기의 도장색은 녹지 및 공원지역일 경우, 7.5GY3.5/2(녹색계통)이고 보도 및 기타지역은 5Y7/1(회색계통)을 기본으로 적용하나 주변과의 환경조화 등 현장 여건상 필요한 경우 다른 색상을 사용 가능하다. 그리고 지상에 설치하는 경우 차량충돌 방지대책을 수립하여 시행하여야 한다. 개폐기는 조작전 압력계이지의 내부 가스 압력이 10 psig(20°C) 이상인지 확인하여야 하고 압력계이지 바탕이 녹색으로 “Safety(안전)” 표시가 되어 있어야 하며, 가스 압력이 6 psig(20°C) 이하일 경우에는 개폐기의 조작 장치를 “padlocking” 시킨 후 제작업체와 협의하여야 한다.

2.2 지상개폐기 조사 및 분석

2.2.1 기존 지상개폐기 조사 및 분석

현재 제작하고 있지 않으나 기존에 서울지역에 설치하여 운용중인 14개 업체의 가스절연 부하개폐기를 조사한 결과(표 1), 설치형식으로는 2개 방식(4W4S 및 3W3S), 조작방식으로는 5개 방식(상하조작, 좌우조작, 버튼조작, 회전조작, 전후조작), 설치위치로는 지상(차도 및 보도 부근) 및 고객 구내에 설치되어 있으며, 개폐 조작에 사용되는 조작봉은 대부분 금속 재질로 되어 있고 길이도 짧으며 일부 상하/좌우 조작봉은 개폐 조작 시 좌/우 외함에 간섭되지 않도록 하기 위하여 굴절 타입으로 제작되어 있으며 조작헤드 형상은 대부분이 상이하였다. 그러므로 기존 지상개폐기를 개폐 조작하기 위해서는 굴절 및 직선 타입의 조작봉과 각각 결합/분리가 가능한 조작 헤드가 필요하다.

2.2.2 현 지상개폐기 조사 및 분석

현재 설치하고 있는 지중 배전선로용 가스절연 부하개폐기를 조사한 결과, 설치형식으로는 2개 방식(4W4S 및 3W3S), 조작방식으로는 1개 방식(회전조작), 설치위치로는 지상(차도 및 보도 부근) 및 고객 구내에 설치되어 있으며, 기존 지상개폐기의 조작봉과 마찬가지로 조작봉 재질은 대부분 금속이며 회전조작으로 개폐되기 때문에 조작 시 간섭은 발생하지 않으나 역시 조작거리가 짧아 조작 시 조작자의 안전에 문제가 발생할 가능성이 많으며, 또한 조작헤드 형상이 상이하여 다양한 조작헤드가 필요하다. 그리고 각각의 개폐기에 대하여 조작력을 조사한 결과, 최소 4.3 kg·m에서 최대 11.8 kg·m의 회전조작력이 필요하며, 또한 가압 전과 가압 후의 최대조작력의 차이가 약 10% 발생하였다.

그러므로 현 지상개폐기를 조작하기 위해서 직선 타입의 조작봉과 형상이 비슷한 타입을 통합 설계하여 수량을 최소화시킨 조작헤드, 그리고 가압 전의 최대조작력에서 50% 이상의 여유도를 더한 회전조작력에서 견딜 수 있는 접속부 및 사고로부터 작업자를 보호할 수 있는 기구를 설계에 적용하는 것이 필요하다.

표 1. 기존 지상개폐기 현황

순서	제작회사	형식	조작방식	설치번호
1	진광/구형	4W4S	축세:회전 조작:버튼	위례성길 403
2	진광/신형	4W4S	회전조작	가락동길 G425
3	일진전기 (구형)	4W4S	축세:좌우 조작:버튼	가락동길 G331
4	일진전기 (신형)	4W4S	좌우조작	가락동길 G429
5	금성제전 (LG 산전)	4W4S	상하조작	가락동길 G332
6	금성기전 (LG 산전)	3W3S	전후조작	풍납로 P245
7	신성산전	4W4S	회전조작	가락동길 G334
8	보성중전기 (보성파워텍)	3W3S	좌우조작	태해란로 31A
9	선도전기	4W4S	상하조작	왕십로 92
10	선일전기	4W4S	좌우조작	풍납로 P232
11	광명기전 (비츠로테크)	3W3S	좌우조작	태해란로 16B
12	신아전기 (에스아이테크)	4W4S	회전조작	왕십로 82
13	(주)우강	3W3S	좌우조작	봉은사로 1C
14	인텍(주)	4W4S	회전조작	가락동길 G333

2.3 복합조작봉 설계

복합조작봉은 크게 조작헤드부, 조작봉부, 조작핸들부 3부분으로 나누어진다. 조작헤드부는 각각의 제작업체별로 상이한 조작헤드와 조작헤드 접속부로 구성되어 지상 개폐기 조작부에 삽입되며, 조작봉부는 절연봉, 접속부, 손잡이로 구성되어 삽입된 조작헤드에 조작핸들 부문에서의 조작력을 전달하며, 조작핸들부는 조작핸들 및 손잡이로 구성되어 조작봉부에 조작력을 전달하여 지상개폐기 조작이 안전하게 이루어 질 수 있도록 한다.

그리고 조작자의 안면 보호를 위한 안전판, 개폐기 외함을 개폐하기 위한 오각공구 및 이동, 보관의 편리성을 위한 이동식 보관함을 설계하였다.

2.3.1 조작헤드부 설계

조작헤드부는 개폐기 본체에 접속되어 개폐조작을 수행하는 조작헤드 부분과 조작헤드의 결합/분리가 용이하게 수행되도록 하는 접속부 부분으로 나누어진다.

조작헤드는 수량을 최소화하기 위하여 유사한 형상을 재설계하여 총 11개의 조작헤드를 5개의 조작헤드 타입으로 줄였으며, 사용상의 편리성을 위하여 접속부와 원터치 방식으로 결합되도록 하였다. 그리고 조작헤드 삽입부를 경사지게 설계하여 결합 시는 손쉽게 한번에 결합 되도록 하였으나 분리 시는 개폐 작업 때 조작봉에서 조작헤드가 탈락되는 경우를 대비하여 양쪽의 버튼을 눌러서 분리하도록 설계하였다.(그림 1)



그림 1. 조작헤드부 결합/분리

2.3.2 조작봉부 설계

조작봉부는 절연봉, 절연봉 접속부 및 손잡이로 구성

되며 조작봉 및 조작핸들 손잡이 부분에서의 조작력을 조작헤드에 전달하여 주는 역할을 한다. 절연봉은 경량이면서 기계적 강도 및 절연특성이 우수하여야 하므로 FRP 성형방법 중에서 가장 강도가 큰 filament winding 방법을 적용하여 성형하였으며, 두께 및 지름은 기존 배전용 단락/접지용구(두께 2.4 mm 이상, 지름 25 mm 이상) 및 COS 조작봉(두께 2.0 mm 이상)에 규정된 기준 이상으로 설계하였다.

그리고 개폐 조작 시 사고로부터 조작자를 보호하기 위하여 조작봉 길이를 2m 이상으로 검토하였으나 실제 개폐기가 설치된 상황은 조작거리가 1m 이내인 곳에 설치된 개폐기도 상당수 있어 현재 사용되고 있는 조작봉 중 가장 긴 길이를 기준으로 설계하였으며, 이동 및 보관을 위하여 2단으로 결합/분리가 가능하도록 절연봉 접속부를 설계하였고 상하/좌우 조작 시 조작봉 탈락을 방지하기 위하여 손잡이를 조작봉에 부착하였다(그림 2).

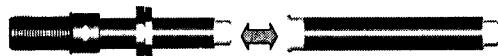


그림 2. 상하 조작봉 결합/분리

2.3.3 조작핸들부 설계

조작핸들부는 조작핸들, 조작핸들 손잡이 및 고정지그로 구성되며 조작봉에 회전력을 전달하여 주는 역할을 한다. 조작핸들은 조작봉과 마찬가지로 개폐기를 조작하기에 충분한 회전력과 조작봉에 쉽게 결합/분리되어 사용하기에 편리하도록 설계되어야 하므로 조작핸들 재질은 금속, 접속방법은 한번에 장/탈착이 이루어지는 원터치 방식, 그리고 사용상의 편리성 및 절연특성을 감안하여 절연 고무 손잡이를 적용하였다.(그림 3)



그림 3. 조작핸들 조립도

특히 조작핸들 접속부에 작용되는 힘은 조작자를 중심으로 회전 방향의 힘과 좌/우측 조작핸들 손잡이 부분에서 조작봉 방향으로 작용하는 수평방향의 힘, 즉 2종류의 힘이 동시에 작용하므로 조작 시 조작 핸들이 분리될 가능성에 거의 없도록 하였다(그림 4).

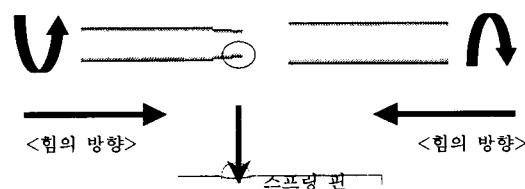


그림 4. 좌/우 조작핸들 설계

2.3.4 안전판, 오각공구 및 보관함 설계

개폐기를 조작할 때 직접적인 역할을 담당하지 않지만 조작 시 만일의 사고에 대비하여 조작자의 안면을 보호하는 안전판과 개폐기 보호용 외함을 열기 위한 오각공구, 그리고 복합조작봉, 안전판, 오각공구 등을 안전하고 편리하게 보관 및 이동을 하기 위한 보관함을 설계하였다.

다(그림 5). 특히 안전판의 경우 사고 시 비산되는 물체 및 아크로부터 조작자를 보호하기 위하여 적용되었으나 크기가 클 경우 중량 및 조작 간섭 때문에 오히려 조작에 방해가 되므로 조작자 신체 중 가장 중요한 부분 중의 하나인 안면을 보호하기 위한 목적으로 조작각도를 고려하여 크기를 결정하였다(그림 6).

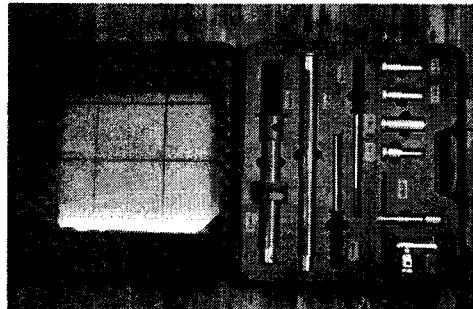


그림 5. 보관함

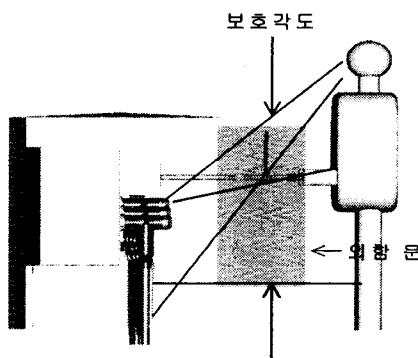


그림 6. 안전판 보호각도

2.4 복합조작봉 제작 및 시험

복합조작봉 성능평가를 위한 시험항목 및 기준은 이격거리 측정 절연봉, 배전용 단락/접지용구, 눈금표시 COS 조작봉 등과 같이 한전 자체규격 및 다전압 휴대용 검진기 등과 같은 일반제품 개발시험 사양을 기준으로 결정하였으며, 시제품을 제작 후 자체 및 KERI 성능시험을 수행하여 제품에 대한 성능을 확인하였다. 시험 기준 및 결과는 표 2와 같고, 제작된 시작품은 그림 7과 같다.

표 2. 복합조작봉 성능시험 결과

순서	시험항목	성능	결과
1	외관 및 구조검사	외관에 흠집 등의 이상이 없어야 한다	이상없음
2	절연저항시험	2,000 MΩ 이상	500,000 MΩ
3	절연내력시험 (건조내전압)	30㎾당 75㎾에서 이상이 없어야 한다	이상없음
4	절연내력시험 (주수내전압)	30㎾당 35㎾에서 이상이 없어야 한다	이상없음
5	누설전류시험	100 μA 이하	60.1 μA
6	절연봉의 틸락 강도 시험	100 kg 수직 정하중을 1분간 가함	이상없음
7	절연봉의 비틀림 하중 시험	조작핸들에 20 kg·m 정하중을 1분간 가함	이상없음

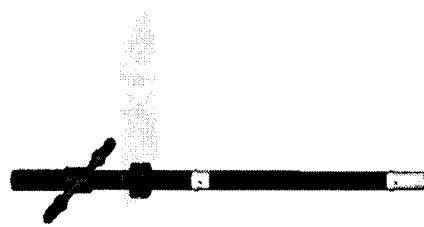


그림 7. 복합조작봉 시작품

3. 결 론

제작업체 및 기기형식별로 조작방식 및 조작헤드 형상이 다양하고 또한 조작봉 자체가 안전에 대한 구조적인 문제점을 안고 있어 개폐기 정면에서 근접한 상태로 개폐조작 시 작업자의 안전사고 가능성이 항상 상존하고 있으므로, 본 연구에서는 사고 시 위험으로부터 조작자의 안전을 제고하고 편리하게 개폐조작을 할 수 있도록 하기 위한 지중배전선로 가스절연 부하개폐기용 복합조작봉을 다음과 같이 개발하였다.

- 가. 복합재료를 적용한 조작봉
 - 금속에 비하여 질연성 및 경량성 개선
- 나. 결합/분리가 자유로운 조작헤드
 - 유사형상 통합으로 수량 최소설계(11개사-5개사)
- 다. 분리형 조작핸들
 - 사용 및 보관의 편리성을 위해 2단으로 분리설계
- 라. 안면 보호형 안전판
 - 사고 시 비산되는 전기, 기계적 물체로부터 조작자의 안면을 보호하도록 설계
- 마. 오각공구
 - 개폐기 외함 잠금장치 설계
- 바. 이동식 보관함
 - 보관 및 이동이 편리하도록 부피가 작고 경량으로 설계

개발된 복합조작봉은 현재 제작하는 회전타입의 조작봉만 개폐 조작되나 향후 새로운 개폐기 또는 기존 개폐기에도 조작헤드 및 조작봉 일부를 추가하면 혼용 사용이 가능하도록 설계되어 있다.

[참 고 문 헌]

- (1) IEC High-Voltage Switches, Part 1 : Switches for Rated Voltage Above 1 kV and Less than 52 kV, IEC 60265-1, 1998
- (2) ANSI/IEEE Standard for Three-Phase, Manually Operated Subsurface Load Interrupting Switch for Alternating-Current Systems, ANSI/IEEE C37.7 1, 2001
- (3) 한전기준구매시방서 “25.8 kV 가스절연부하개폐기(지중용)”, ES 151-143~145, 151-165~178
- (4) 한전기준구매시방서 “25.8 kV 자동부하전환개폐기(지중용)”, PS 151-051
- (5) 한전자재규격 “눈금표시 COS 조작봉” 31-3602
- (6) 한전자재규격 “이격거리 측정 절연봉(검출봉)” 31-3800
- (7) 한국전기전자재료학회 “전기절연물용 GFRP의 winding 각도에 따른 굽힘강도”, 하계학술대회 논문집, Vol.5, N o.1, P429~432, 2004