

지중배전 및 송전케이블공사 감리실무 ⑫

자료제공 : 교육훈련팀 ☎ 02)875-6525



목 차

제1편 지중배전 케이블 공사감리 실무

제1장~제6장 생략

제2편 지중송전 케이블 공사감리 실무

제1장 지중송전선로 개요

제2장 지중송전선로 설계기준

제3장 케이블 시공

1~3 생략

4. 방재

5. 부대공사

제4장 케이블 시험

1. 준공 시험

2. 시험 항목별 시험방법

제5장 시공품질 점검

1. 케이블 포설준비 작업

2. 케이블 포설

3. 접지 공사

4. 피뢰기 설치

5. 케이블 접속

6. 방재 시설

라. 변전소 케이블 처리실 내부에는 케이블이 다회선 설치되어 화재발생 우려가 상존함은 물론 화재발생시 많은 설비피해가 예상되므로 변전소 케이블 처리실 내부에 설치되는 케이블은 전구간에 연소방지재를 시공한다.

마. 케이블이 벽, 바다, 천정등을 관통하여 시 설된 경우에는 관통부를 난연 Seal, 난연레 진 및 난연보드 등으로 밀폐하여야 하고 관 통부 양측 3m씩 연소방지재를 시공한다. 345kV 송전케이블 시공시에도 이에 준하 여 시공한다.

4.2.3 급유장치

가. 유조자체에서는 발화될 소지가 없으나 타 시설물로부터 인화될 경우 대형 화재사고 로 발전될 수 있으므로 유조는 변전소 옥 내에 별도의 PT실을 만들어 수용하여야 한다. 다만 옥내에 별도의 PT실을 확보하 기 곤란할 때에는 옥외에 설치하도록 하 고, 옥외에도 PT설치용 부지 확보가 곤란 할 경우에는 부득이 케이블 처리실내에 격 벽을 설치하여 수용하도록 한다.

나. 유조를 옥외에 설치시는 인근 가연물로부 터 충분히 이격하거나 격벽을 설치하여 완 전 구획 분리하고 전력구내에 설치시는 격 벽을 설치하여 케이블 및 접속함과 구획분 리 시설한다.

다. 급유관은 타시설물로부터 인화를 방지할 수

있도록 모래속에 매설하거나 급유관을 방재 테이프 또는 방재도로로 도포하여야 한다.

5. 부대공사

본장에서 지중 송전케이블 공사와 관련된 급유관련공사, 피뢰기설치, 방식층 보호장치 설치 및 접지공사에 관해서 설명하기로 한다.

5.1 급유관련공사

유조, 급유관 등과 같은 급유 관련 설비를 설치할 때에는 타공작물에서 화재가 발생할 경우 인화되지 않도록 조치하여야 하는 등 아래사항에 유의하며 시공하여야 한다.

- 유조를 변전소 구내 또는 전력구내에 설치하고자 할 때에는 독립된 장소에 설치한다.
- 유조는 중량물이므로 설치장소까지의 운반 대책을 강구한다.
- 급유관은 AI관을 주로 사용하여 외압에 의한 손상우려가 있으므로 외상 방지대책을 강구한다.

5.1.1 유조의 설치

가. 설치간격

유조는 설치도면에 의거 설치하여야 하나 유조실의 면적이 확보될 경우에는 유조설치작업 및 유조설치 이후 유지관리가 용이하도록 아래와 같이 최소간격을 유지하는 것이 바람직하다.

나. 설치방법

- ① 유조는 콘크리트 기초위에 앙카볼트를 사용하여 고정한다.
- ② 유조실에는 적색으로 쓴 「화기 접근 금지」표지판을 부착한다.

표 3.11 유조설치간격

구분	최소간격(mm)	비고
유조상호간	500	
유조와 벽체 간격	500	
유조운반 및 순서로	1,000이상	유조를 운반할 수 있는 간격 확보

③ 옥외에 유조를 설치하는 경우는 피뢰침의 보호각도 (45°)내에 설치하여 낙뢰에 의한 피해를 방지한다.

④ 유조의 접지선은 일괄하여 변전소 내부 또는 전력구 내부의 접지 모선과 연결한다. 만일 유조의 접지선을 접지모선과 연결할 수 없을 경우에는 제3종접지공사를 별도로 시행하여 연결한다.

⑤ 경보장치는 계통설계서와 같이 설치한다.

5.1.2 밸브판넬 취부

옥외에 밸브판넬을 설치할 때는 앵글로 가대를 제작하여 설치하며 맨홀, 전력구 및 변전소 구내에 설치할 때에는 침수를 대비하여 벽체 상부에 견고하게 취부한다. 이때 게이지의 경보 연결 단자는 완전방식 처리하여 침수시 누전등에 의한 경보장치의 오동작을 방지한다.

판넬 카바에는 아래와 같이 유압 기록표찰을 제작하여 부착한다.

선로명	○○○ T/L	최대유압	최저유압	부하차단유압
급유구간				

5.1.3 급유관 설치

가. 급유관은 곡률반경 25cm (알루미늄관 등 가외경의 7.5배)이상으로 시설하고 허용장력은 1조 포설의 경우에는 400kg(0.4kg/mm²)이하, 3조 일괄 포설시는 800kg이하가 되도록 한다.

나. 급유 알루미늄관은 이어서 사용해서는 안된다.

다. 접속함과 밸브판넬 사이에는 Insulating Connector를 취부하여 절연토록 하며 Insulating Connector와 접속함간은 동관 (φ12mm이상)을 사용해서 배관하고 Insulating Connector 취부시 발생된 노출부위는 절연테이프로 4회이상 감아 방식 처리한다.

라. 급유관은 크리트지지, 애자금구지지, 트러후내 포설, 관로포설 및 암거포설 등의 현장 실정에 알맞는 공법으로 시공한다.

5.1.4 경보수신 케이블 설치

유량경보 감지장치가 부착된 밸브판넬과 변전소 배전반에 설치된 경보장치간에 경보수신용 케이블을 설치한다. 경보용 수신 케이블을 전력구내에 설치할 경우에는 화재발생시 소손되지 않도록 하기 위하여 난연성비닐절연비닐쉬스케이블(FR-CV VS)를 사용하여야 하며 케이블의 굵기는 포설길이를 감안하여 선정하여야 한다. 경보용 수신케이블의 설치 방법은 아래와 같다.

- 가. 케이블의 허용곡률 반경은 케이블 외경의 10배이상, 허용장력은 7kg/mm²이하, 허용축압은 500kg/m를 한도로 한다.
- 나. 급유가대 및 변전소내 닥트 등에서는 급유관과 일괄해서 지지한다.
- 다. 전력구내에서는 케이블 포설방법에 준하여 포설하여 설치한다.
- 라. 접속개소는 최대한 줄이고 부득이 접속하고자 할 때에는 습기가 침입되지 않도록 완벽하게 접속하여야 한다.

5.2 피뢰기 설치

가공 송전선로와 지중 송전선로가 연결되는 EB-A 설치장소에는 피뢰기를 설치하여 가공 송전선로를 통하여 케이블 계통에 유입되는 뇌파전압과 사고시 또는 선로 개폐시에 발생하는 이상전압을 제한하고 있다. 피뢰기 설치방법은 아래와 같다.

- 피뢰기는 설치도면에 따라 규정된 가대나 철구에 수직으로 설치한다.
- 피뢰기 리드선을 모선에 연결할 때에는 스퀘어, 파라렐 크램프 등을 이용하여 연결 부위에 접촉저항이 발생하지 않도록 완전하게 접속하여야 한다. 이때 파라렐크램프 내부에는 도전성 콤파운드를 충분히 도포하여야 한다.
- 피뢰기 Counter는 선로순시자가 용이하게 확인할 수 있도록 적합한 위치에 취부한

다.

- 피뢰기는 제1종 10Ω이하의 접지극에 600V 비닐전선 150mm²를 사용하여 압축, 접속한다.
- 피뢰기 제작회사, 제작번호, 제작년도, 규격 및 동작횟수 등을 기록하여 보관한다.

5.3 방식총과 절연접속부의 보호대책

5.3.1 방식총의 보호레벨

케이블에 뇌 또는 개폐 임펄스 등의 이상전압이 내습할 때 방식총 및 케이블 접속부에는 위험전위가 발생하므로 이에 대한 보호대책이 필요하다. 특히 케이블의 종단 및 절연접속부에는 써지 임피던스의 변이점이 되어 이상전압 내습시 절연과파등이 발생할 수 있으므로 보호레벨 이상의 뇌 또는 개폐임펄스가 침입할 때는 보호레벨 이하로 써지전압을 제한할 필요가 있다. 한전에서 사용하고 있는 154kV 이상 송전케이블의 방식총, 절연접속부 또는 종단부 절연통간의 임펄스 내전압 및 보호레벨은 50kV 이나 실제로는 시공 및 경년열화 등에 의한 방식총의 내전압 특성 저하 등을 감안하여 3.6 - 5.5kV 이상 전압이 유기되면 방전되도록 제한전압 14kV 규격의 절연통 보호장치를 사용한다.

5.3.2 보호대책

가. EBG의 보호

GIS 차단기 투입시 GIS에 접속된 케이블 종단부의 절연통간에 발생하는 써지전압은 대부분이 케이블의 금속시스와 대지간에서 분담되기 때문에 방식총 및 절연통의 보호레벨을 넘게 되어 써지대책이 필요하다. 이에 따라 한전에서는 절연통 사이에 절연통보호장치를 설치한다.

나. 절연접속부에서의 대책

EBG와 같은 사유로 절연접속부에서도 써지전압에 대한 보호대책으로 절연통 보호장치를 사용하고 있다.

- * 절연통보호장치의 주요특성
 - 제한전압 : 14kV 이하
 - 절연저항 : 100MΩ 이상
 - 외 형 : 방수형

5.4 접지공사

지중 송전 케이블공사에서 시행하는 접지공사는 전력구 및 변전소 건설시 시공한 접지극에 접지선을 연결하는 작업이 대부분이다. 케이블 공사용 접지선을 기설 접지극에 연결하고자 할 때에는 기설 접지극의 접지저항을 측정, 확인하여야 한다. 현장사정 등에 따라 접지저항치를 측정할 수 없을 때에는 접지극 시공부서 또는 유지관리부서에서 보관하고 있는 접지저항치를 확인하여야 한다. 지중 송전 케이블공사의 접지공사 방법은 아래와 같다.

- 접지선은 가급적 전력케이블과 이격시키고 평행하게 시설되지 않도록 설치한다.
- 접지선을 연결할 때에는 스킨, 압축단자 및 크랩프 등을 사용하여 전기적, 기계적 특성이 저하되지 않도록 완전하게 연결한다.
- 접지선은 피복이 벗겨져 나선부분이 노출되지 않도록 하여야 한다.
- 접지극을 별도로 신설하고자 할 때는 아래와 같이 시공한다.
 - 접지극은 지표면하 75cm이상의 깊이에 철구 및 가대로부터 1m이상 이격하여 매설한다.
 - 접지극의 매설깊이는 지표면으로부터 깊을수록 효과적이므로 접지봉을 2개이상 매설할 때에는 직렬로 연결하는 것이 좋다.
 - 접지극을 병렬로 매설할 때에는 상호 간격을 2m이상 이격한다.
 - 접지선과 접지극의 리드선과는 스킨 또는 적당한 방법으로 완전하게 접속한다.
 - 지반사정으로 규정된 접지 저항치를 얻기 어려운 곳에서는 접지저항 저감제 등을 사용하여 접지저항치를 낮추어야 한다.

제4장 케이블 시험

1. 준공시험

송전 케이블 설치공사가 완료되면 완성된 선로가 전기설비 기술기준에 적합하고 실용적으로 사용 가능한가를 확인하기 위하여 준공시험을 실시한다. 준공시험항목과 시험방법은 아래와 같다.

시험항목	케이블종류		시험실시 근거
	XLPE	OP	
절연내력 시험	절연저항측정	○ ○	공사시방서 준공시험 규정(27500) 전기설비 기술기준 제16조
	직류내압시험	○ ○	
선로정수 측정	정전용량측정	○ ○	공사시방서 준공시험 규정(27500)
	임피던스측정	○ ○	
	어드미턴스측정	○ ○	
	도체저항측정	○ ○	
급유정수 측정	유류저항측정	○ ○	공사시방서
	Gas정수측정	○ ○	
기 타	상화전류우프시험	○ ○	준공시험 규정(27500)
	선로충전시험	○ ○	

2. 시험항목별 시험방법

2.1 절연내력시험

가. 절연저항 측정

직류내압시험을 실시하기 전후에 케이블에 심각한 손상이 없는지를 확인하기 위하여 선로 절연저항을 측정한다. 지중 송전선로에 사용되는 초고압 케이블은 1000V급 Megger로 절연저항을 측정할 경우 측정치가 매우 높게 나타나기 때문에 절연저항치를 기준으로 케이블 성능을 판단할 수는 없다. 154kV급 케이블의 절연저항치는 대개 맑은 날씨에는 500~2,000MΩ, 우천시에는 10~200MΩ정도이므로 절연저항 측정치가 위의 수치 범위일 때는 직류내압시험을 실시해도 좋으나 절연저항 측정치가 위의 수치 미만일 때는 EB-A애관의 건조 및 청소상태, 케이블 본체 및 접속함 내부의 절연 불량 여부에 대하여 상세히 조사할 필요가 있다. 케이블 절연저항 측정은 아래와 같이 실시한다.

- ① Megger는 1,000V 2,000MΩ이상급을 사

용한다.

- ② 케이블은 정전용량이 크기 때문에 전류가 천천히 상승하는 관계로 지시치가 일정치가 된 뒤 측정치를 읽는다. 케이블이 장거리이거나 습도가 높은 경우에는 3 ~ 5분경과후 지시치가 일정치가 된다.

나. 직류내압시험

전선로를 건설하였을 때에는 전기설비기술기준 제16조 3항에 의거 심선과 대지간에 일정 시험전압을 연속하여 10분간 인가하여 절연내력을 시험한다. 이때 시험전압으로는 상용주파전로에서는 상용주파전압을 인가하여 시험한 것이 원칙이나 케이블을 사용하여 건설한 지중송전선로에서는 정전용량이 크므로 교류로 시험할 경우 대용량의 시험설비가 필요하여 현실적으로 곤란하기 때문에 교류시험 전압의 2배의 직류전압을 인가하여 실시하는 직류내압시험을 실시하고 있다.

전기설비기술기준이 정한 전선로별 시험전압과 직류내압 시험방법은 아래와 같다.

① 전선로별 시험전압

종 류	직류 시험전압	비 고
154kV 선로	245kV	170kV×0.72×2배
345kV 선로	522kV	362kV×0.72×2배

② 시험방법

케이블은 정전용량이 크므로 전압을 급속히 증가시킬 경우 내압시험기에 과전류가 흘러 내압시험기가 자동차단되므로 시험전압을 인가할 때는 전압을 서서히 증가시켜야 한다. 전압을 증가시켜 케이블에 인가되는 전압이 시험전압치에 도달하게 되면 그때부터 10분간 시험전압을 인가한다. 시험전압을 인가하였을 때는 매 1분마다 누설전류치를 기록하여 그래프화함으로써 케이블 상태를 판단할 수 있다. 케이블 내압시험이 완료되었을 때에는 케이블에 인가된 전압을 차단하고 잔류전하제거작업을 하여야 한다. 200kV이상에서의 전하 제거작업은 상당히 위험하기 때문에 절대로 해서는 안된다. 200kV이하로 되고나서 접지가 완전하게 된 방전봉을 접근

시켜 5~6회 아크를 날려 방전한다.

2.2 선로정수 측정

공사부서에서는 시험예정일 2주일 이전에 시험부서에 시험의뢰서를 제출하여 신설된 선로의 도체저항, 정전용량, 정상임피던스, 영상임피던스 및 어드미턴스 등을 측정토록 한 후 그 결과치를 받아 보관하여야 한다. 현장사정에 따라 측정이 불가능한 경우에는 케이블 시공업체에게 계산치를 제출토록 하여야 한다.

2.3 급유정수 측정

가. 유류저항 측정

OF케이블 선로에서는 케이블 제조나 시공시에 유통로에 변형이 발생하였는지를 확인하기 위하여 실시하는 시험이다. 유류저항의 측정은 PT유량 조정전에 실시하며 유류저항 측정방법 및 판정기준은 다음과 같다.

① 측정방법

한쪽끝 PT의 벨브판넬의 PT측 밸브를 닫고 그 벨브판넬의 절연유 보급구멍으로 반대측 PT에서 유출하는 유량을 측정한다.

밸브를 닫은 직후는 케이블의 유압때문에 절연유가 다량 유출하기 때문에 케이블의 유압이 없어지고 유출되는 유량이 일정하게 되고나면 1분간의 유출유량을 측정한다. 이것을 3회 반복해서 측정하고 3회 모두 거의 비슷한 값이 되면 평균치로 단위시간당 유출유량을 구한다. 다음에는 급유단의 반대측 종단에 부착된 압력계를 이용하여 절연유 방류점에서 방류전의 압력과 방류중의 압력을 측정하여 아래식에 의하여 유류저항을 구한다.

$$R = \frac{P_1 - P_2}{Q \cdot l}$$

R : 유류저항[g · sec/cm⁶]

Q : 매초당 유출량[cm³/sec]

l : 급유단에서 유출점까지의 거리[cm]

P_1 : 방류점에서 방류전의 압력(g/cm²)

P_2 : 방류점에서 방류중의 압력(g/cm²)

② 판정방법

유류저항 측정값이 아래와 같이 계산한 값의 150%이내이면 양호한 것으로 판단한다.

$$r = 0.815 \frac{\eta}{\pi r^4} - 10^{-4}$$

r : 유류저항(g · sec/cm⁶)

η : 절연유의 점도(g · sec/cm⁴ : C · P)

r : 유통로 반경(cm)

만일 유류저항 측정값이 계산값보다 150%를 초과할 때는 유류저항이 큰 장소가 있다고 추정하고 확인작업을 하여야 한다.

나. Gas정수 측정

Gas정수 측정은 OF케이블의 절연유에 Void의 함유된 정도를 조사하기 위하여 시행한다. 케이블내의 절연유는 가압하면 유중에 함유된 Gas가 수축된다. 이때 PT의 절연유 공급용 밸브를 잠그고 케이블에 직접 연결된 시험용 밸브를 개방하면 Gas의 팽창압력에 의하여 절연유가 방출된다. 이때 방출되는 절연유 유량과 압력차를 측정하여 Gas방출계수를 계산한다. Gas방출계수 측정방법과 판정기준은 아래와 같다.

① 측정시 주의사항

- 측정은 급유구간중 유압이 낮은 쪽(Level이 높은곳)에 실시한다.
- 작업용 PT를 접속할때에는 충분한 유량을 확보하고 급유구간중 절연유가 누유되는 곳이 없는지를 사전에 확인한다.
- 절연유 방출구와 압력계는 같은 Level에 설치한다.
- 밸브판넬이 제일 높은 곳에 있을 때는 밸브판넬의 절연유 보급 Connector에서 측정하여도 된다.
- EB-G의 경우 Chamber내의 Gas 압력보다 Cable Head의 유압이 낮아져서 케이블 내부로 GIS Gas가 흡입될 것으로 판단

될 때에는 Chamber 조립전에 Gas정수 측정을 실시한다.

② 측정방법

- 작업용 PT가 필요할 경우는 Valve Pannel의 Valve를 조절하여 작업용 PT를 연결할 Valve Pannel의 Connector로 절연유를 흘리면서 작업용 PT를 연결하고 Valve Pannel의 Valve를 잠근다.
- 작업용 PT가 Valve를 조절하여 EB-A측 상부 Connector로 절연유를 흘리면서 절연유 방출관, 압력계 및 Valve를 연결한다.
- 절연유 방출관 내부의 잔류 Gas를 완전히 제거한 후 절연유 방출관 Valve를 잠근다.
- 작업용 PT의 Valve를 완전히 열어 절연유의 흐름이 정지될 때까지 대기한다. 이때 대기시간은 약 30분정도가 소요된다.
- 절연유의 흐름이 정지되면 절연유 방출관에 연결된 압력계의 지시치를 읽고 작업용 PT의 Valve를 잠근다.
- 절연유 방출관 Valve를 열어 케이블 내부의 절연유를 방출시켜 메스시린다에 받는다.
- 절연유 방출이 멎으면 메스시린다에 방출된 절연유량을 측정한다.
- 방출계수를 아래식에 의하여 산출한다.

$$K = \frac{dV}{375.5 \times dP \times V_s \times l}$$

K : 방출계수(소수점이하 3자리까지)

dV : 메스시린다로 측정한 유량

dP : 절연유 방출직전의 압력

V_s : 케이블 연피 평균 단면적

l : 케이블 길이

- 3회 측정 방출계수 평균치가 0.05 이하이면 양호한 것으로 판단한다.

다음호에 계속됩니다