

건설현장의 수전설비에서 사용되는 계기용변성기 절연커버의 성능개선에 관한 연구

(A Study on the Improvement of Insulation Cover for Instrument Transformer Used in
Power Receiving System of Construction Sites)

길형준* · 최충석 · 김항곤 · 한운기 · 이복희

(Hyoung-Jun Gil · Chung-Seog Choi · Hyang-Kon Kim · Woon-Ki Han · Bok-Hee Lee)

요 약

건설현장의 임시전력설비는 최소한의 보호장치, 산만한 작업환경, 전기설비의 노후화 등의 불안요인에 의해 타설비에 비해 많은 감전위해요인을 나타내고 있다. 이중 22.9[kV] 수전설비에 사용되는 계기용변성기 절연커버는 절연커버와 전선 인입 및 인출부 사이의 이격거리가 짧아 전기안전 측면에서 좋은 성능을 나타내지 못하고 있다. 절연커버와 부싱 사이의 크기 차이로 바람, 비 등의 외부 환경에 의해 절연커버의 유동이 쉽게 발생하며, 트래킹에 의한 절연파괴로 이어질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 전기재해를 효과적으로 방지할 수 있는 계기용변성기 절연커버를 제안하였으며 이미 실용신안으로 등록되었다. 특정 부위의 전계 집중을 감소시키기 위해 절연커버의 형상을 곡면으로 설계하였고 절연커버와 충전부 사이의 이격거리를 기존의 방식보다 더 길어지도록 조정하였다. 제안된 절연커버는 전계해석 프로그램에 의해 평가되었다.

Abstract

There are many risk factors of electrical shock caused by a minimum of protective devices, loose working environments, deterioration of installations at temporary power installations of construction sites. An insulation cover for instrument transformer(MOF) used in 22.9[kV] class power receiving system hasn't shown good performance in terms of electrical safety because of short clearance between insulation cover and each input and output wire junction part. The insulation cover is easily moved by outside environment as wind or rain because of different size between insulation cover and busing, also can be led to breakdown by tracking. Therefore, we have proposed the insulation cover which effectively can prevent from electrical disaster in this paper, and a utility model patent had been registered already. To decrease the electric field concentrated on specific part, we had roundly designed the shape of insulation cover and the clearance between cover and live part was adjusted to be longer than the existing thing. The proposed insulation cover was evaluated by using the electric field solution program.

Key Words : Electrical disaster, Insulation cover, Electric field, Utility model patent

* 주저자 : 전기안전연구원 전기재해연구그룹 과장

Tel : 031-580-3034, Fax : 031-580-3045, E-mail : fa523@paran.com

접수일자 : 2004년 11월 2일 1차심사 : 2004년 11월 8일 심사완료 : 2004년 11월 17일

1. 서 론

경제성장과 더불어 전력설비들의 대용량화가 진행되고 있으며 다양한 전기기기들의 보급으로 인한 전기재해도 매년 지속적으로 발생하고 있는 실정이다. 특히 건설현장에서 공사기간 중 일시적인 전원 공급을 위하여 사용되는 임시전력설비는 영구설비와 달리 최소한의 보호 장치만을 구비하여 운용되는 설비로서, 산만한 작업환경, 전기설비의 재사용으로 인한 노후화 등의 불안전요인에 의해 타설비에 비해 많은 감전 요인을 나타내고 있다. 건설현장의 22.9[kV] 수전설비에는 노출 충전부로부터 인체 및 설비사고를 방지하기 위하여 변압기, 계기용변성기(MOF), 파워퓨즈(PF) 등 여러 종류의 절연커버가 사용되고 있다. 이 중에서 계기용변성기 절연커버는 도전방지를 위하여 관련규정에 의거 계기용변성기 부싱 상단에 전선 인입부 및 인출 단자부가 일체로 이루어진 충전부를 투명한 절연커버로 씌우도록 하고 있다. 이러한 계기용변성기 절연커버는 도전방지 목적 외에 감전보호 기능으로서의 기능도 매우 중요하다. 그러나 현재 사용중인 절연커버는 전선 인입부 접속부분과 절연커버간의 이격거리뿐만 아니라 전선 인출부 접속부분과 절연커버와의 이격거리가 매우 짧아 다른 부분에 비해 섬락에 의한 사고위험성이 높은 편이다. 또한 계기용변성기 부싱 애관과 절연커버간의 크기 차이로 인하여 절연커버가 바람 또는 기타 외부 요인에 의해 유동이 발생하며, 그로 인하여 분진 등 이물질이 절연커버 내부로 쉽게 침입하여 부싱 및 절연커버의 절연내력을 저하시킨다[1~4].

따라서 본 논문에서는 상기 지적된 구조적 문제점을 지니고 있는 계기용변성기 절연커버가 감전보호 측면에서 어느 정도 효과가 있는가를 실험을 통하여 분석하고, 그 실험결과를 토대로 노출 충전부로부터 효과적으로 감전재해를 예방할 수 있는 계기용변성기 절연커버를 설계 및 제안하고자 한다.

2. 감전통계 및 실험방법

건설현장의 전기설비를 매년 정기적으로 검사하

여 불량여부를 판단하는 국가안전 전문기관인 한국전기안전공사에서는 전기사업법에 근거하여 점검 및 검사를 매년 실시하고 있다. 건설현장의 임시전력설비에서 발생한 1999년도부터 2003년도까지 최근 5년간의 연도별 점검결과 부적합현황을 살펴보면 1999년에서 2001년도 사이에는 약 5%의 부적합률을 나타냈으나, 2002년도와 2003년에는 약 9%의 설비에서 부적합한 것으로 판정되었다. 이와 같은 변화는 경기의 부양으로 인한 일부 시공업체의 난립과 검사항목에 대한 변화가 있었기 때문인 것으로 판단된다.

2003년도 임시전력설비에서 점검 및 검사에서 실시한 점검결과 부적합 설비의 유형을 항목별로 분석한 결과 표 1과 같이 나타났다. 가장 높은 점유율을 나타낸 항목은 시공불량으로 전선류, 접지설비, 배전반 등의 설비로 나타났고, 다음으로 차단기, 변압기, 피뢰기 등의 용량미달로 지적되었다. 이외에 기기미설치로 수배전반에 설치되어야할 설비가 시공상의 부주의로 인해 생략되어 시공된 경우와 시험미필, 기기결합, 동작불량, 이격거리 순으로 조사되었다. 표 1의 첫 항목에 있는 접지설비는 인체 감전보호 및 설비의 안정성 확보를 위해 반드시 필요하므로 이동용 기기 외함 접지, 접지극 부착 콘센트 사용 등이 이루어져야 할 것이다[5~7].

표 1. 2003년도 임시전력설비 부적합 항목
Table 1. Incongruent item of temporary power installations in 2003

순 위	부적합 항목	내 용	비율 [%]
1	시공불량	전선류, 접지설비, 배전반 등	34
2	용량미달	차단용량, 변압기 용량 등	18
3	미설치	기기미설치	24
4	시험미필	기기 시험성적서	
5	기기불량	개폐기, 변압기 등 불량	17
6	동작상태	차단기, 개폐기 등의 동작불량	
7	이격거리	상간 이격거리	7

한국전기안전공사에서 실시한 최근 5년간(1997~2001년)의 감전재해 통계에 따르면 임시전력현장에서 발생한 감전사고는 전체 감전사고중 약 15%의

높은 점유율을 차지하고 있다. 그림 1은 건설현장의 설비별 감전재해자수를 나타낸다. 사고설비별 감전 사고는 전기배선에 의한 감전재해자가 전체 722명중 290명(40.2[%])으로 가장 높은 사고율을 나타냈고, 다음으로 송배전선에 의한 사고가 184명으로 25.5[%]로 차지하였으며 특히 수전설비에 의한 감전 사고가 69명(9.5[%])으로 2001년도에 급증하는 추세를 나타내었다[1].

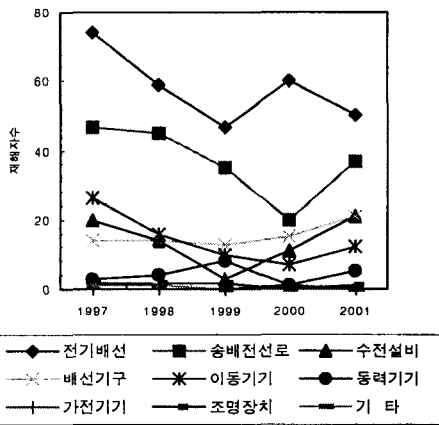


그림 1. 설비별 감전재해자수
Fig. 1. The number of shock victims by installation

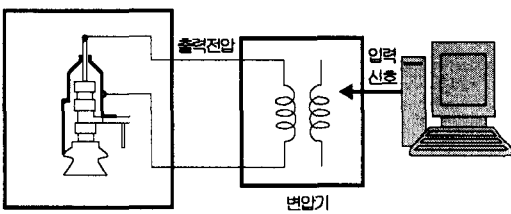


그림 2. 절연파괴 실험장치
Fig. 2. Experimental apparatus for dielectric breakdown

이에 수전설비의 구성요소인 계기용변성기의 절연커버의 문제점 및 개선안을 도출해 내기 위하여 실제 사용상태에서의 절연커버 전기안전성을 실험을 통하여 분석한 후, 문제시 되는 부분을 보완 및 개선하여 전기안전측면으로도 우수한 효과를 발휘할 수 있는 절연커버를 제시하고자 하며, 제시된 절연커버는 전제해석 프로그램인 MAXWELL을 통하

여 검증하고자 한다. 이를 위해 우선 그림 2에서는 산업현장에 사용되고 있는 절연커버를 대상으로 하여 절연파괴 실험장치를 구성한 후 전기안전성을 분석하였다.

그림 3에서 보는 바와 같이 실제 사용현장과 동일하게 계기용변성기 부상 및 절연커버를 설치한후 부상단자대의 충전부와 절연커버 사이에 전압을 1[kV/sec]로 섭락이 일어날 때까지 상승시켰으며, 섭락이 발생한 전압을 측정하여 전기 안전성을 평가하였다. 현재 사용중인 절연커버는 전선 인입부 접속부분과 절연커버간의 이격거리뿐만 아니라 전선 인출부 접속부분과 절연커버와의 이격거리가 매우 짧아 다른 부분에 비해 절연파괴 가능성이 높다. 또한, 계기용변성기 부상 애관과 절연커버 사이의 크기 차이로 인하여 절연커버가 바람, 비 등의 환경요인에 의해 유동이 발생하며, 그로 인하여 분진 등이 물질이 절연커버 내부로 쉽게 침입하여 부상 및 절연커버의 절연내력을 저하시킨다. 여기서, 인체가 접촉되었을 경우를 가정한 절연커버의 절연파괴 부분은 그림 3에서 보는 바와 같이 상술한 구조적 문제가 있는 전선 인입부분(A)과 인출부분(C), 그리고 먼지 등의 이물질 축적 가능성이 높은 중간부위(B)와 하단부위(D)로 구분하여 측정하였다. 여기에 사용된 계기용변성기 절연커버는 시중에서 판매되는 것으로 그림 4에 나타내었으며, 접촉전극으로는 직경 15[mm]인 둥근 테 모양의 도체로 접촉부위 중앙부분을 중심으로 인체가 접촉되는 상황과 유사하도록 원형으로 설치하였으며 측정된 절연파괴전압은 접촉되는 한 부분만이 아닌 모든 방향에 대한 최소 절연파괴전압을 나타내도록 하였다.

동일한 실험에 대한 실험횟수는 감전재해사고에 대한 안전 측면을 고려하여 10회 이상 측정하였고, 절연파괴가 발생한 값 중 최저치를 기준으로 사용하였다. 다각적으로 계기용변성기의 전기안전성을 분석하기 위하여 정상상태뿐만 아니라 감전위험도가 높은 환경, 즉 우기의 경우에 대해서도 동일한 실험을 병행하였다. 이를 위해 그림 2의 실험장치의 시료 상단으로부터 400[mm]의 높이에서 가랑비 조건과 흡사한 5[ml/min]의 수도물을 시료위에 균등하게 분사하였고, 시료에 전압이 인가되는 시점은 물의 분사가 시

건설현장의 수전설비에서 사용되는 계기용변성기 절연커버의 성능개선에 관한 연구

작된 시점부터 1분 후에 전압을 인가하여 섬락되는 전압을 측정하였다[8~10]. 그림 5는 감전보호측면을 고려한 계기용변성기 절연커버의 성능개선안 제시 과정을 나타낸다.

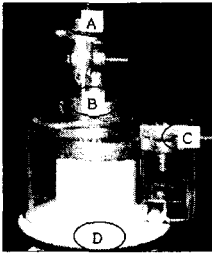


그림 3. 절연커버의 절연파괴 부분
Fig. 3. Breakdown parts of insulation cover

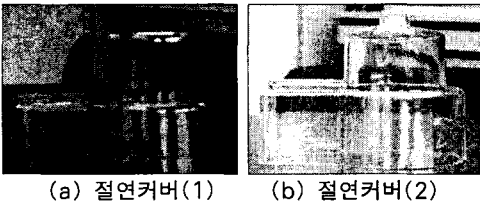


그림 4. 실험용 절연커버
Fig. 4. Insulation cover for experiment

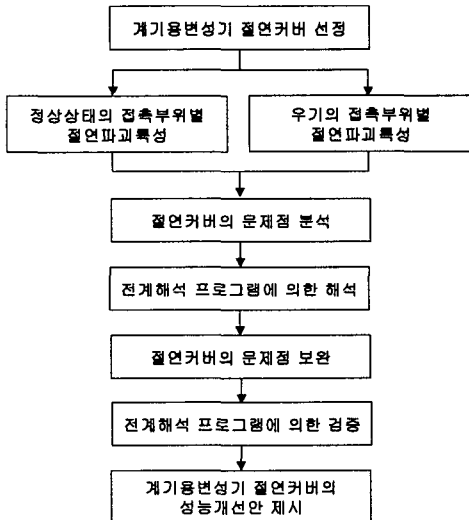


그림 5. 성능개선된 절연커버의 제시과정
Fig. 5. Presenting process of improved insulation cover

우선 시중에서 판매되는 범용형 계기용변성기 절

연커버를 선정 한 후 이를 대상으로 정상상태 및 우기시의 절연파괴실험을 수행하고 전계해석 프로그램에 의한 해석을 하여 절연커버의 문제점을 보완하였다. 다음으로 개선된 모델을 대상으로 전계해석 프로그램에 의해 검증을 실시한 후 감전보호측면에서 유리한 계기용변성기 절연커버의 성능개선 모델을 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 정상상태의 절연파괴특성

그림 6에 정상상태일 때의 계기용변성기 절연커버의 종류별, 접촉부위별 절연파괴전압을 비교·분석하여 나타냈다.

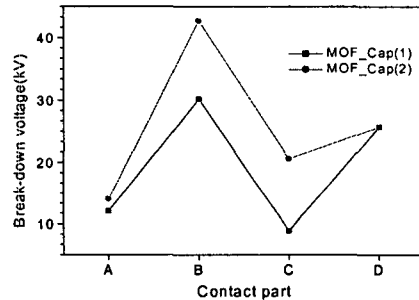


그림 6. 정상상태의 절연파괴전압
Fig. 6. Breakdown voltage during a normal state

그림 6에서 알 수 있는 바와 같이 계기용변성기 절연커버 중 절연파괴전압이 낮은 부분으로는 전선 인입부분(A)과 인출부분(C)으로 나타났고, 먼지 등의 이물질의 축적 가능성이 높은 중간부위(B)는 상대적으로 가장 높은 절연파괴전압을 보였다. 각각의 접촉부위별로 절연파괴특성을 살펴보면, 접촉부분 A에서 절연커버 1번은 절연파괴전압이 12[kV], 절연커버 2번은 14[kV]로 매우 낮은 절연파괴전압을 보였으며, 접촉부분 C에서는 절연커버 1번 시료가 8.9[kV]로 절연커버 2번 시료보다 12[kV] 낮게 나타났다. 접촉부분 B에서는 절연파괴전압이 30[kV] 이상 높게 나타났고, 접촉부분 D에서는 1, 2번 절연커버 모두 25[kV]로 동일한 절연파괴전압을 나타냈다.

위에서 살펴본 바와 같이 제조사별, 접촉부위별로 절연파괴전압을 살펴본 결과 계기용변성기 절연커버 1번 시료의 경우 최소 8[kV](접촉부위 C부분), 절연커버 2번 시료인 경우 14[kV](접촉부위 A부분)로 나타나 정상적인 상태에서도 절연커버를 사용하였다 하더라도 계기용변성기의 노출 충전부로부터 감전재해를 완전하게 예방할 수 없기 때문에 이 부분에 대한 구조변경이 시급한 실정이다.

3.2 우기조건에서의 절연파괴특성

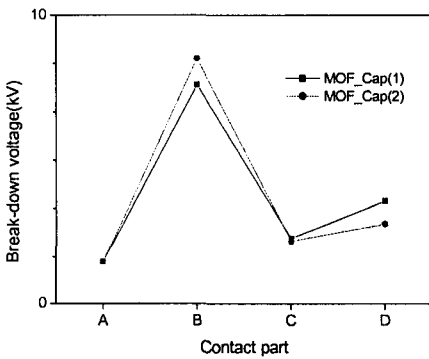
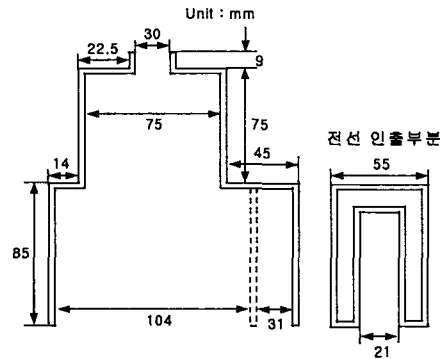


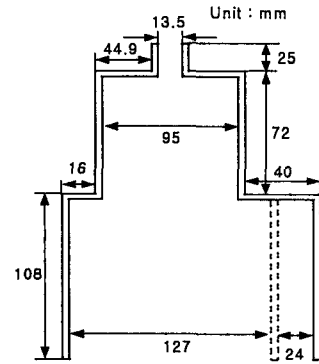
그림 7. 우기조건에서의 절연파괴전압
Fig. 7. Breakdown voltage during the rainy season

시료위에 가라비 조건과 흡사하게 수돗물을 균등하게 분사한 상태에서 각각의 접촉부위별 절연파괴전압을 비교·분석하여 나타냈다. 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 접촉부분 A에서는 절연커버 모두 1.5[kV] 이하에서 절연파괴가 발생하였고, 접촉부분 D에서는 절연커버 1번 시료의 경우 3.6[kV], 절연커버 2번 시료의 경우 2.8[kV]에서 절연파괴가 발생하였다. 절연파괴전압이 가장 높게 나타난 부위는 절연커버 1번 시료 및 2번 시료 모두 B부분으로 각각 7.6[kV], 8.5[kV]로 나타났으며 정상상태 및 우기시 모두 먼지 등의 이물질의 축적 가능성이 높은 B부분에서 가장 높은 절연파괴전압이 나타났음을 알 수 있다. 빗물이 내리는 우기를 모의한 실험에 있어서, 정상상태보다 훨씬 낮은 전압에서 절연파괴가 발생하였으므로 우기시에는 어떤 부분에 접촉되더라도 감전재해로 이어질 가능성이 높음을 알 수 있다.

3.3 개선된 절연커버의 설계 및 검증



(a) 기존 절연커버



(b) 개선후 절연커버

그림 8. 개선 전·후 절연커버
Fig. 8. Insulation cover before and after improvement

절연파괴 실험결과, 계기용변성기 절연커버인 경우 정상상태라 할지라도 감전보호 측면에서 효과적인 결과를 얻을 수 없으며, 따라서 구조적으로 개선할 필요성이 있음을 확인하였다. 이를 위해 절연커버와 전극간의 이격거리 등에 따른 전계분포 특성을 전계해석 프로그램(MAXWELL)을 이용하여 해석하고 그 결과를 바탕으로 효과적인 계기용변성기 절연커버의 구조개선안을 제시하고자 한다. 우선적으로 그림 8(a)에 나타난 기존 제품의 전계분포도 분석을 통하여 문제점을 분석한 후 개선후의 모델은 절연커버의 실험결과를 토대로 하여 그림 8(b)에 나타난 바와 같이 첨예한 단자대 극으로부터 20[mm]의 이격거리가 발생하도록 설계하였다. 그리고 계기용

변성기 절연커버의 구조적 문제점을 보완한 후 마지막으로 개선 후 모델의 설계안을 제시하였다[11].

그림 8에 나타난 모델을 근거로 하여 전계분포를 분석한 결과 개선전 모델인 경우, 그림 9에서 알 수 있는 바와 같이 계기용변성기 절연커버의 최대전계값을 보인 부위는 1차측 단자접속부분으로서 최대전계값이 10.812[MV/mm]를 나타냈지만, 개선 후 모델에서는 최대전계값이 3.590[MV/mm]로 66.8%의 최대전계값 감소를 나타냈다.

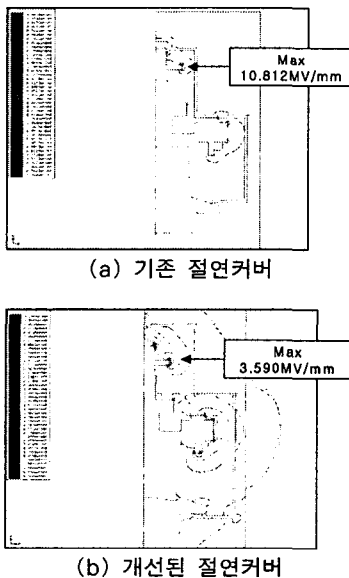


그림 9. 절연커버의 개선 전·후 전계분포
Fig. 9. Distribution of electric field before and after improvement

그림 10에서는 계기용변성기 절연커버의 개선 전·후 모델의 내부 표면에서 받는 전계강도의 분석 결과를 나타냈다. 그림 10에서 알 수 있는 바와 같이 개선전 모델인 경우, 절연커버 내부중 1차측 단자접속부에 가장 가까운 부근에서 전계가 집중되는 것을 확인하였고, 그 때의 전계값은 451[kV/mm]로 나타났다. 개선후 모델인 경우 개선전 모델과 동일하게 1차측 단자접속부에 가장 가까운 부근에서 가장 큰 전계강도를 나타냈지만, 그 때의 전계값은 288[kV/mm]로 나타나 개선전과 비교하여 절연커버 내부에서 받는 전계강도가 36.1%로 감소되었음을 알 수 있다.

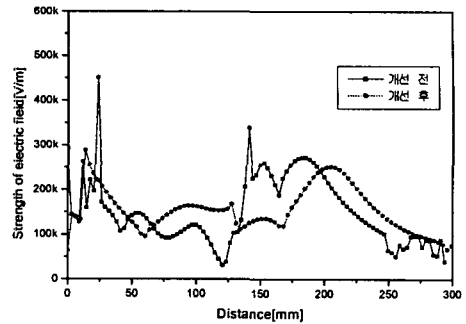


그림 10. 개선 전·후 절연커버 내부의 전계강도
Fig. 10. Strength of electric field in insulation cover before and after improvement

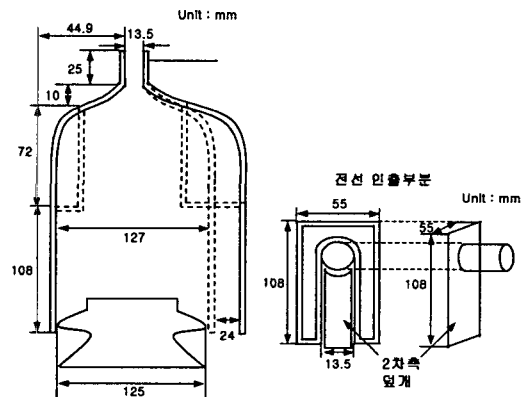
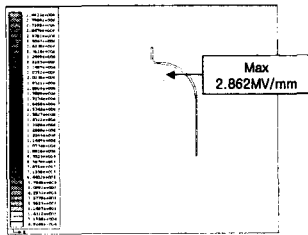
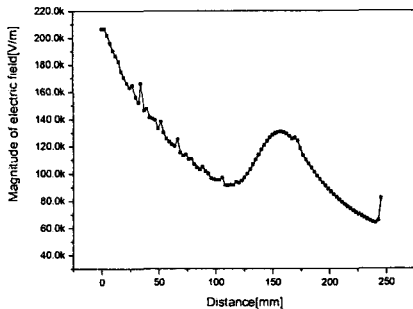


그림 11. 최종 개선된 절연커버
Fig. 11. Finally improved insulation cover

계기용변성기 절연커버의 개선모델을 나타낸 그림 9 및 10에서 알 수 있는 바와 같이 최대 전계값 및 절연커버 내부에서 받는 전계강도는 급격한 감소를 나타냈지만, 분진 등의 이물질이 축적될 가능성이 높은 직각 형태로 되어 있고, 또한 전선 2차측 인출부분은 어떠한 방호처리가 되어 있지 않아 이물질 유입 및 감전보호 측면에서도 구조적으로 문제점을 내포하고 있다. 이를 해결하기 위하여, 그림 8에 나타난 직각 형태를 그림 11과 같이 곡선 처리한 계기용변성기 절연커버를 제안한다. 그림 11에서 알 수 있듯이 직각 부분을 이물질의 축적이 최소화 되도록 완만하게 곡선처리 하였으며, 특히 이물질 및 빗물 침입 가능성이 매우 높은 전선 2차측 인출부분에 덮개를 추가로 설계하였다.



(a) 전계분포



(b) 절연커버 내부의 전계강도

그림 12. 최종 개선된 절연커버의 전계분포
Fig. 12. Distribution of electric field for finally improved insulation cover

그림 11에 나타난 절연커버의 전계분포특성을 알아보기 위하여 MAXWELL을 이용하여 분석한 결과를 그림 12에 나타냈다. 그림 12(a)에서 보는 바와 같이, 구조적 문제점 개선 후 계기용변성기 절연커버의 최대전계값을 나타내는 부위는 1차측 전선인입 단자대 부분으로 최대전계값이 2.862[MV/mm]를 나타냈다. 이러한 최대전계값은 기존 제품에 비해 73.5[%] 최대전계값 감소를 나타냈으며, 더욱이 곡선처리전의 1차 개선모델과 비교해 보아도 20.2[%]의 최대전계값 감소효과를 나타냈다. 그림 12(b)에서는 구조적 문제점 개선후 절연커버의 내부에서 받는 전계강도를 나타냈다. 그림 12(b)에서 알 수 있듯이 절연커버의 전선 인입부분에서 가장 큰 전계강도가 나타났으며, 그 때의 전계값은 206[kV/mm]이다. 이러한 전계값은 기존모델의 전계값 451[kV/mm]와 비교해 볼 때 54.3[%] 감소하였고, 곡선처리하기전의 1차 개선모델과 비교해 볼 때, 28.5[%]의 전계값 감소효과를 보였다. 따라서 그림 12에 제안한 최종 계기용변성기 절연커버 모델은 전선 1차측 인입부분

및 2차측 인출부분의 전선과 절연커버 사이에 절연 재료 등을 이용하여 방수처리할 경우, 절연커버의 유동이 극히 적어 질 뿐만 아니라 습도 및 빗물에 의한 감전 위험 요인도 감소하여 감전재해 예방에 탁월한 효과가 있을 것으로 판단된다.

종래 모델과 최종 개선 모델의 비교를 그림 13 및 표 2에 나타내었다. 최종 개선 모델은 이미 「실용신안등록 제0315371호(2003. 5. 21) 계기용 변압변류기 절연커버」로 등록이 완료된 상태이다. 계기용변성기 절연커버의 구조적 형태, 전선 인입·인출부, 하단부 위 등의 개선으로 수전설비에서의 감전사고 감소뿐만 아니라 설비 안정화 측면에서도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

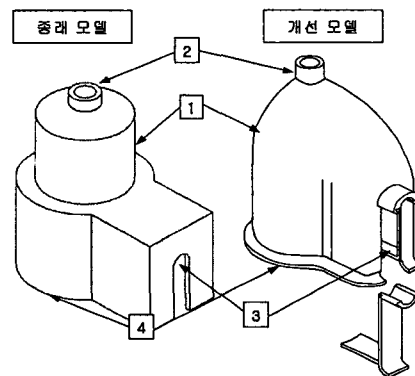


그림 13. 종래 및 개선 모델
Fig. 13. Traditional and improved model

표 2. 종래 및 개선 모델의 비교
Table 2. A comparison of traditional model and improved model

구분	변경 부위	종래 모델	개선 모델
1	구조적 형태	2단 직각 형태	곡선처리하여 절연커버 내부에서 발생하는 전계강도를 감소시켜 제품의 내구성 증대
2	전선 1차 인입부	직경 30[mm] 크기로 전선삽입시 상단으로 이물질 유입이 쉽고 충전부와의 이격거리가 짧음	직경 13.5[mm]의 크기로 상단으로의 이물질 유입을 억제시키고 상단 충전부와의 이격거리를 길게함
3	전선 2차 인출부	노출된 형태	2차측 덮개 추가 설치
4	하단부위	애관의 크기보다 작음	애관의 크기에 맞게 설계

4. 결 론

상술한 바와 같이, 본 논문에서는 건설현장의 수전설비에서 사용되는 계기용변성기 절연커버를 절연과피 실험장치 및 전계해석 프로그램을 이용하여 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 계기용변성기 절연커버에 대해 절연과피실험을 한 결과 정상상태에서도 최소 절연과피전압이 8.9[kV]로 나타났고 우기인 경우 최대 8.5[kV] 이하에서 절연과피가 발생되어 정상상태 및 우기조건 모두 감전 위험성이 내포되어 있는 것으로 나타났다.

(2) 전계해석 프로그램(MAXWELL)을 이용하여 절연커버의 전계분포 해석결과, 개선 모델에 있어 최대전계값은 종래 모델에 비해 73.5[%], 절연커버 내부의 전계강도는 54.3[%] 감소되어 종래 모델과 비교할 때 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

(3) 계기용변성기 절연커버의 구조적 형태, 전선 인입·인출부, 하단부위 등의 개선으로 수전설비에서의 감전사고 감소뿐만 아니라 설비 안정화 측면에서도 활용될 수 있을 것으로 기대되며 앞으로 건설현장에 시설되는 전기설비의 안전성에 대한 지속적인 연구를 추진할 예정이다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

References

- (1) 한운기, 한기봉, 길형준, 최충석, "임시전력설비 감전재해 발생현황 분석에 관한 연구", 한국산업안전학회 추계학술발표회 논문집, pp.118~123, 2003.
- (2) 길형준, 한운기, 김향근, 최충석, "건설현장의 수전설비 및 배·분전반의 현상상태 분석", 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집, pp.335~340, 2004.
- (3) Chung-Seog Choi, Hyung-Jun Gil, Ki-Boong Han, Woon-Ki Han, "The statistical analysis and investigation of field condition about electrical shock accidents and risk factors in temporary power installations", International Journal of Safety, Vol. 2, No. 2, pp.22~28, 2003.
- (4) Chung-Seog Choi, Woon-Ki Han, Hyung-Jun Gil, Ki-Boong Han, "The fire characteristics of MCF insulation cover used in 22.9kV class temporary power installations", Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, pp.711~716, 2004.
- (5) 이복희, "접지의 핵심기초기술", 의재, pp.4~20, 2002.
- (6) 이복희, 이승철, 엄주홍, 김효진, "보조집지전극의 시설에 의한 대지표면전위경도의 저감", 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol. 16, No. 2, pp.121~129, 2002.

- (7) Ronald P. O'Riley, "Electrical Grounding", Thomson Learning, pp.24~29, 2002.
- (8) Chung-Seog Choi, Hyang-Kon Kim, Hyung-Jun Gil, Woon-Ki Han, "A study on the dielectric breakdown process of insulation cover for instrument transformer by salt water", 30th International Symposium on Combustion, pp.224, 2004.
- (9) Mohla, D., McClung, L. B., Rafferty, N. R., "Electrical safety by design", IEEE, Petroleum and Chemical Industry Conference, pp. 363~369, 1999.
- (10) Virr, L. E., "Increased electric shock risk underwater due to electrode configuration and insulating boundaries", IEE Proc., Computers in Cardiology, pp. 261~268, 1990.
- (11) Bridges, J. E., "New developments in electrical shock safety", IEEE, International Symposium on Electro-magnetic Compatibility, pp.22~25, 1994.

◇ 저자소개 ◇

길형준 (吉亨准)

1969년 8월 27일생. 1997년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 2000년~현재 전기안전연구원 전기재해연구그룹 과장. Tel. (031) 580-3034, Fax. (031) 580-3045, e-mail : fa523@paran.com

최충석 (崔忠錫)

1961년 9월 19일생. 1991년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년 나고야대학 초청연구원. 1994~1995년 구마모토대학 객원연구원. 1997년~현재 전기안전연구원 전기재해연구그룹 그룹장. Tel. (031) 580-3030, Fax. (031) 580-3045, e-mail : enetek@naver.com / ccseog@kesco.or.kr

김향근 (金珣坤)

1970년 12월 14일생. 1996년 2월 조선대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~현재 전기안전연구원 전기재해연구그룹 파트장. Tel. (031) 580-3031, Fax. (031) 580-3045, e-mail : khk9803@hanmail.net

한운기 (韓雲基)

1973년 6월 20일생. 1997년 2월 목포대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 성균관대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년~현재 전기안전연구원 전기재해연구그룹 연구원. Tel. 580-3037, Fax. (031) 580-3045, e-mail : power@kesco.or.kr

이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기 컴퓨터공학부 교수. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, e-mail : bhlee@inha.ac.kr