

이동형비접지식 저압발전기에서의 기기외함 접지에 관한 연구

문종호 · 김찬오* · 손기상*

롯데건설(주) · *서울산업대학교 안전공학과

1. 서 론

건설현장에서 사용하는 이동형 저압발전기는 중성점 접지와 관련한 구체적 지침이 없으며 또한 발전기 중성선 접지방식이 인체를 통하여 중성선으로 귀로가 형성될 수 있기 때문에 중성선을 접지하지 않고 비접지 방식으로 배전하고 있으나 비접지방식의 전로(電路)에서 외함의 접지와 관련한 문제는 우리나라의 법규정에 제시되어 있는 부분이 없다.(16) 따라서 건설현장의 Y결선의 발전기는 통상 중성점을 접지하여 사용하거나, 발전기의 외함은 접지시키고, 중성점은 외함이나 대지로부터 절연을 한 비접지방식을 사용하고 있으며, 수시로 이동해야 하는 소형발전기의 경우는 외함마저도 생략한 채 사용되고 있다. 또한 이동형 발전기의 사용목적인 이동성을 적합하게 사용하기 위해 외함의 접지가 상당부분 곤란한 경우가 많으며 형식적인 접지타봉에 의해 접지 저항이 기준을 초과하는 경우도 자주 발생하고 있다. 따라서 비접지 선로구성이 가능한 이동형 저압발전기를 단독전원으로 사용하는 경우 외함접지의 감전방지 기능을 점검하고 그 외의 가능한 감전방지대책을 고찰하여 이동형 저압발전기 사용 중 감전사고를 예방할 수 있는 합리적인 감전방지대책을 제시하고자 한다.

또한 실험은 실제 현장에서 이동형 저압발전기를 사용하는 방법과 똑같은 방식으로 구성하였으며 개선방안의 제시를 위하여 감전방지이론에 의한 전기선로의 재구성과 외함접지를 통한 누전발생여부, 누전발생시의 누설전류를 측정하였으며, 누전차단기에 의한 비접지 선로에서의 활용을 위하여 부착위치를 변경해 가며 실험을 실시하였다.

2. 본 론

현장에서 누전에 의한 감전방지대책으로 가장 먼저 고려하는 부분이 접지와 누전차단기의 설치이다. 보호접지는 전기기계·기구의 누전된 부위에 인체가 접촉시 통전 전류량을 접지선을 통하여 접촉전압을 낮게 함으로서 감전재해를 예방하는 원리로서 보호접지 대상은 다음과 같다.

대지는 영전위를 갖는 거대한 도체이다. 또한 사람들은 대지와 접하여 생활하고 있기 때문에 지락전류(Fault currents)와 접촉시에는 인체를 통한 전로가 형성된다. 따라서 접지란 지락전류(Fault currents)가 대지로 유입될 수 있도록 대지에 전기적 단자를 접

속하는 것, 즉 금속 등의 도전성 물체를 대지와 전기적으로 접속하여 전위차(Potential difference)를 제거하거나 또는 최소화함으로써 시스템을 보호하며 또한 시스템에 접근하는 작업자의 감전을 방지하는 것이다.

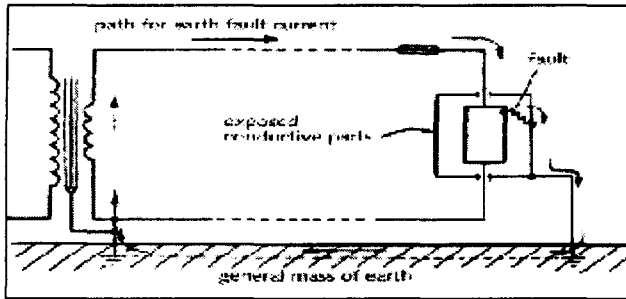


Fig2.1 지락전류경로

Table 1. 계통접지의 목적과 종류

구분	접지종별	접지해당물	목적(효과)
회 로 체 의 접 지	제2종 접지공사 R=150/(선로의 1선 지락전류[Ω]이하) · 혼축일때 고압전로 를 2초이내 차단하	· 특별고압 또는 고압과 지압을 결합하는 변압기의 중성점 또는 직압축의 1단자	전로에 일어나는 다음과 같은 종 류의 이상전압 상승에 의한 위 험을 방지 또는 경감한다.
	R=150/(선로의1선 지락전류[Ω]이하) · 특별고압에서 지압 으로 강압하는 경우 로써 R이 10Ω을 넘는 경우는 10Ω이 하	· 특별고압 및 고압변압기 중성점 접지	· 외의 유도 · 개폐서어지 · 정전전압상승 · 변압기1차, 2차혼축
	중성점의 접지 계통 접지 · 비접지방식 · 직접접지방식 · 저항접지방식 · 리액터접지방식	· 특별고압 및 고압발전기 중성점 접지	· 1선지락 · 공전작용 · 아령지락

Table 2. 접지의 목적별 분류

구분	전기설비용 접지		피뢰설비용 접지(외부 너보보호용)
	강전용 접지(보안용)	통신약전용 접지(기능용)	
항목	기기용(의함접지) 개통용, 지락검출용,피뢰기 용	기능용, 잠용방지용 정전기 장애방지용	외부너보보호용
목적	감전방지 전위상승방지 화재방지, 누전방지 절연협조 기기피뢰	전자통신기기의 기능유지와 안정동작	건물과 인체보호
준용 기준	전기설비기술기준, 산업안전보건법, 내선규정, 배전규정 의 IEC	전기통신설비기준, 내규통신설비령 (MDF령) ITU	건축기준법, KS 건축물 등의 피뢰 설비 IEC
성능 규정	제1종, 제2종, 제3종, 특별제3종	10[Ω] 이하	10[Ω]이하, 5[Ω]이하의 건축물의 구조체

Table 3. 기기외함의 접지와 목적

구분	접지종별	접지해당물	목적(효과)
기 기 의 외 함 동 의 접 지	제1종 접지공사 [10Ω] 이하	· 특별고압계기용 변성기의 2차측 전로 · 특별고압 및 고압기기의 외함 및 철대 · 특별고압 및 고압의 피뢰기 및 방전장치의 접지 · 특별고압전로 보호망의 접지	지락발생시 기기의 철대,외함,배관 등의 대지전압상승을 방지하고 다음 3가지 목 적으로 한다. ① 감전사고의 방지 ②누전화재의 방지 ③기기배관 등의 파괴 방지(지락에 따른 계속적 아크발생에 의 한 기기 닥트등의 파괴를 뜻한다.) (접지저항이 충분히 낮은 값이 아니면 그 목적을 다 할 수 없기 때문에 과전류보호 기, 누전차단기 등을 병용 할 필요가 있 다.)
	제3종 접지공사 · 100[Ω]이하 · 0.5초 이내로 지락차단 할때는 500[Ω]이하	· 400V이하 저압용 기기의 외함 및 철대 · 400V 이하 배관배선의 금속체 · 지중전선의 피복금속체 · 고압전선로 보호의 접지 · 특별고압전선로의 완금, 애자장치의 접지	
	특별제3종 접지공사 · 10Ω이하 · 0.5초 이내로 지락차단 할때는 500[Ω]이하	· 400V를 넘는 저압용 기기의 외함 및 철대 · 400V를 넘는 저압의 배관 배선의 금속체	

- ※ (1) 발전기
 - 제조사 및 모델:HONDA GX240
 - 출력전압:교류 220V(60Hz)
 - 최대 출력:4.5kVA
 - 원산지 : 일본
- (2) 접지저항측정기
 - 제조사 및 모델:새한자동저항계 SH-5050
 - 측정범위:1~1000[Ω]
 - 원산지:한국
- (3) 누설전류 측정기
 - 제조사 및 모델:YOKOGAWA M&C 310.30
 - 측정범위:0~300A
 - 원산지:일본
- (4) 누전차단기
 - 제조사 및 모델명:신성기전 SSE 3021
 - 정격전류:30A, 단상2선식
 - 원산지:한국

3. 이동형 발전기의 접지 규정

우리나라의 산업현장, 특히 건설현장에서 사용하고 있는 이동형 발전기는 220[V] 또는 380[V]를 주류로 하는 저압형태의 발전기이며, 이 발전기는 3.3[KV] 또는 6.6[KV]로 건물 내부에 설치되어 정전시에 사용되는 비상용 발전기와는 달리 대형 전력계통과는 분리되어 운용되는 독립전력계통의 전원으로 사용하고 있다. 이러한 이동형 발전기는 단상과 3상의 전원을 모두 사용할 수 있기 때문에 Y결선 발전기가 대부분이며, Δ결선방식을 채용하는 발전기는 전압의 변화가 많이 필요하여 단자가 여러 개(12개 내외)인 특수 목적의 발전기 등을 제외하면 거의 사용되지 않는다. 실제 Y결선의 발전기는 통상 중성점을 접지하여 사용하거나, 발전기의 외함은 접지시키고, 중성점은 외함이나 대지로부터 절연을 한 비접지 방식을 사용할 수도 있다.(14)

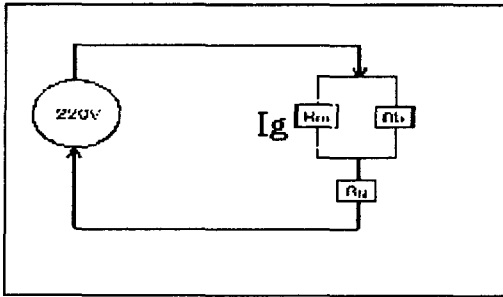
접지공사를 제1종, 제2종, 제3종, 특별 제3종공사로 구별하여, 예외에 해당하는 설비 이외의 모든 전기설비는 접지하여야 한다고 규정하고 있다.

이동형 발전기의 접지방식에 관한 기술기준은 우리나라의 산업안전기준에 관한 규칙 또는 전지설비기술기준에 구체적으로 규정되어 있지 않은 상태이며, 해외의 NEC, HSE, JIS 등의 기술기준에도 이동형 발전기에 관한 항목은 마련되어 있으나, 중성점 접지방식을 결정할 때 필요한 세부적인 지침과 이동형 저압발전기 사용상의 외함접지와 관련한 규정은 전혀 없거나 아주 부족하며 또한 사용하는 부하설비도 접지하도록 되어 있으나 그 방법이나 기준도 명확히 마련되어 있지 않아 경우에 따라서는 규정된 대로 접지하는 것이 더욱 큰 위험을 초래할 수도 있는 것으로 판단되고 있다.

4. 실험

비전지식 전로에서는 누전이 생겨도 일반적으로 귀로가 없기 때문에 누설전류는 흐르지 않는다. 또한 누전차단기의 경우 왕로(往路)전류량의 차이를 식별할 수가 없어 누전차단기를 부착하지 않아도 된다. 그러나 실제로는 완전한 절연은 불가능하며 대지의 정전용량의 영향으로 지락사고 발생시 귀로전로가 형성될 수 있기 때문에 전기설비기

준 제16조에서 400V미만의 대지전압이 150V를 넘고 300V이하인 경우 0.2MΩ이상으로 시설토록 되어있다. 인체저항의 경우 보통 성인남자의 경우 5000[Ω]으로 보고 있지만, 이것은 피부가 젖은 정도, 인가전압 등에 의해 크게 변화하며 미국에서는 안전성과 관련하여 그 값을 1,000[Ω]으로 보아 사용하고 있고 기타 유럽각국은 인가전압에 따른 함수로 그 값을 규정하고 있다. 그러나 본 논문에서는 극한 상황을 고려하여 인체저항치를 500[Ω]으로 설정하고 실험하였다.



Rm : 3종접지저항 (100[Ω])
 Rb : 인체저항 (500[Ω])
 Rg : 대지정연저항 (0.2[MΩ])
 Ig : 전류 (A)

Fig4.1 비접지회로에서의 누설전류(Ig)

4.1 외함접지시 지락전류량

외함접지시 지락이 발생하는 회로는 Rm과 Rb가 병렬로 연결되고 Rg는 직렬로 연결되는 회로가 된다. 따라서 저항의 합은 200,083[Ω]이 된다. 이 값을 오옴의 법칙($I = \frac{V}{R}$)에 적용하면 계산하면 1.0995mA가 된다.

4.2 외함미접지시 지락전류량

외함이 미접지 된 경우의 전체 저항은 Rm과 Rg의 값을 합하여 계산하면 200,100 [Ω]이 되면 역시 오옴의 법칙에 적용하면 1.0994mA가 되어 위에서 계산한 값과 큰 차이가 발생하지 않으면 또한 약 1.1mA의 값은 안전한 전류치라고 볼 수 있다.

4.3 실험 및 측정

발전기를 일반 작업장과 동일과 조건으로 그림과 같이 일반 대지위에 목재 받침대를 놓고 그 위에 위치시켰으며 R1과 R2의 접지저항을 측정하였다. 또한 회로에서 지락발생시 누전차단기의 정상 작동여부를 판단하기 위하여 누전차단기를 통하여 회로가 형성될 수 있도록 하였다.



Fig4.2 발전기의 위치설정

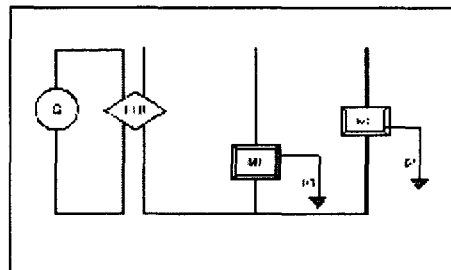


Fig4.3 측정 회로도

접지저항 측정결과 R1과 R2의 측정값은 각각 32Ω, 15Ω으로 3종접지 저항의 규정치인

100Ω이하로 측정되었다.

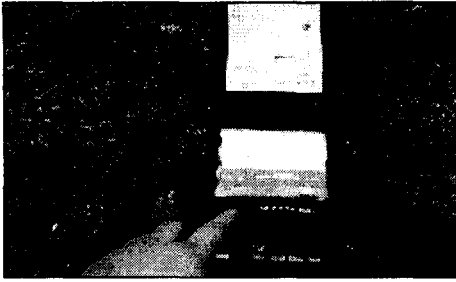


Fig4.4 접지저항(R1)

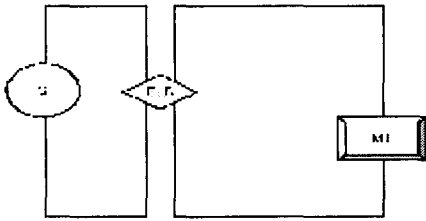


Fig4.6 단일기기사용 회로도

측정결과 R1(32Ω)을 통한 누설전류량은 0.00mA로 측정되었으며, 누전차단기는 작동하지 않았다. 따라서 이러한 결과는 전로(電路)와 대지간의 절연저항이 전기설비기술기준에서 요구하는 0.2[MΩ]을 초과한 높은 절연성능을 유지하고 있다고 판단할 수 있다.



Fig4.8 단일기기사용 중 누전전류량

같은 경우 Fig 4.9와 같이 외함을 비접지한 상태의 전기기구 M1에서 누전이 될 때 인체저항은 접지 저항값(32Ω)보다 훨씬 큰 값(500Ω가정)이므로 인체 통전 전류량은 거의 없다고 할 수 있다.



Fig4.5 접지저항 측정(R2)

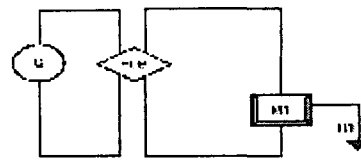


Fig4.7 단일기기 사용 중 접지

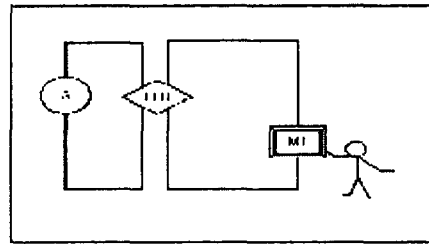


Fig4.9 단일기기 사용 중 인체 접촉

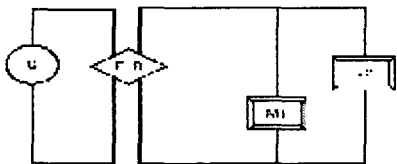


Fig4.10 2개 이상의 기기사용

두개이상의 전기기계·기구를 사용하는 경우 사용기구 중 1개만 누전이 되는 경우와 2개 이상의 기구에서 동시에 누전이 되는 경우가 생길 수 있다. 따라서 본 실험에서는

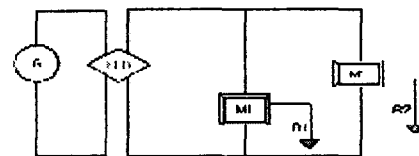


Fig4.11 사용기구의 외함접지

이러한 두 가지의 경우에 대하여 각각 실험하였다.

Fig 4.10에서 M1과 M2의 기기 모두에서 누전이 발생한 경우로 M1측과 M2측 양쪽 모두에서 강제 누전을 시키고 접지봉 R1(32Ω)과 R2(15Ω)에 연결하여 누설 전류량을 측정하였으며 그 결과는 Fig4.12의 누설전류량 측정기에 표시된 바와 같이 4.54A가 측정되었으며 누전차단기는 작동하지 않았다.



Fig4.12 2개이상 기기 누전시 전류 측정

측정결과 값은 오옴의 법칙($I = \frac{V}{R}$)에 대입하여 이론적으로 계산할수 있는 값 4.68A ($R=47\Omega$, $V=220$)와 근사한 수치의 결과를 얻었다.

5. 결론

안전장치의 기능은 작업자의 불안정한 행동으로부터 위험요소와의 접촉을 차단할 수 있어야 하며, 또한 불안정한 상태를 사전에 제거하는 기능을 갖추고 있어야 한다. 그리고 이러한 방호적 개념과 더불어 작업자에게 사용부담을 주어서는 안 되며 또한 작업성을 해치지 않아야 한다. 작업성을 훼손할 수 있는 안전장치는 근로자에게 안전장치는 불편한 것 이라는 그릇 된 사고를 심어 줄 우려가 있으므로 안전장치의 개발과 안전도 검사 시 반드시 작업성을 고려하여 한다. 따라서 현재 사용되고 있는 날접촉 예방장치는 등근톱과 근로자의 접촉을 방지하기 위한 필요한 방호장치일 뿐 필요와 충분 조건을 다 갖추고 있지는 못 하다. 그러므로 다소간 작업성에 방해가 되는 요소들과 결점들을 개선하여 작업자로 하여금 만족감과 더불어 안전성을 확보할 수 있도록 하여야겠다.

그러나 상기 재료의 열적 변형에 대한 규정이 없기 때문에 반복되는 판재가공 작업에서 내열성 고려되지 않고 있다. 변형이 발생하여 작업을 불편하게 하면 작업자는 여분의 덮개가 준비되어 있지 않다면 덮개를 해체하는 불안정행동을 야기하여 사고에 노출되는 결과를 초래할 수 있다.

참고문헌

1. 산업안전보건법 방호장치성능검정기준 고시 제2000-16호
2. 안전세계, “방호장치, 보호구 성능검정제도 개선방안”, 2001. 7
3. 한국산업안전공단, “안전을 지키는 사람들”, 2001. 2. 6
4. 한국산업안전공단, “중대재해 사례와 대책”, 1997.8 pp.47-54