

Maxwell 3D를 이용한 특고압 배전선로의 전계해석에 관한 연구 - I

*서용필⁰, *박성원, *김철환, *원충연 **남궁도, **하복남
*성균관 대학교 전기공학과 **한국전력공사 전력연구원

A Study on the Electric Field Analysis of EHV Overhead Distribution Lines Using Maxwell 3D- I

*Y. P. Seo⁰, *S. W. Park, *C. H. Kim, *C. Y. Won, **K. D. Nam, **B. N. Ha
* Dept. of Elect. Eng., Sung Kyun Kwan Univ. ** Korea Electric Power Research Institute

Abstract

As the power demands increases, one of the most important data is inside electric field of equipment in designing of insulators and insulated wire for EHV distribution line. So far finite element analysis method is widely used to calculate this electric field. However as the shape of insulator becomes complicated, it is difficult in producing the mesh which suitable the shape. Especially, we have many difficulty that produce dense fine mesh only where the electric field is concentrated.

Therefore in this paper, we perform the each conditional analysis of electric field using the Maxwell 3D Simulator to recover this defects. And we try to analyze electric field through the conventional 2 dimensional and 3 dimensional analysis in case of salt contamination on the surface of a insulator.

1. 서론

우리 나라의 22.9kv 다중집지방식 가공 배전계통의 전선으로 과거에는 주로 나전선이 사용되었으나, 안전사고를 예방하고, 외물 접촉 등에 의한 사고를 방지하기 위하여 1977년부터 절연전선을 사용하게 되었고, 전체 가공선로중에서 절연전선이 차지하는 비율이 차츰 높아져, 현재는 80%를 초과하게 되었다. 절연전선으로는 ACSR-OC전선이 사용되며, 부하에 따라 전선의 단면적이 다르게 선정된다. 절연전선은 단면적으로 보아 32mm², 58mm², 95mm², 160mm² 등 4가지로 분류된다[6].

절연전선을 사용함으로써, 인축에 대한 피해가 줄고, 이물 접촉 등에 의한 사고가 감소된 것은 사실이지만, 절연피복이 트래킹(tracking)에 의하여 손상되거나 습포시 지지점 부근에서 전선이 용단되는 등 나전선에서는 잘 발생하지 않는 절연전선 특유의 문제가 발생하고 있는 등의 어려움도 있다. 따라서, 최근 전력 수요의 증가와 함께 특고압 배전선로의 예자 및 절연전선 등의 절연 설계에 있어 가장 중요한 것이 바로 제품 내부의 전계 분포 해석이다. 전계해석의 목적은 전압이 높아짐에 따라 증가하는 절연비용 감소를 위한 전력구조물 및 기기의 절연설계의 최적화 및 그 성능평가이다. 이러한 전계를 계산하기 위해서 종래에는 유한 차분법을 많이 사용하였으나 제품의 형상이 복잡해짐에 따라 그 형상에 맞는 요소망(mesh)을 발생시키기가 매우 어렵고, 특히, 전계가 집중된 곳에만 밀집되는 요소망(fine mesh)을 발생하기 어려운 점등 그 적용에 있어 많은 어려움이 있었다 [3]. 또한, 우리 나라는 삼면이 바다로 둘러싸여, 해안지방과

도서지방을 따라서 수요가 늘어나고 있다. 발·변전소, 송·배전소 등에 사용되고 있는 예자류에 해수의 미립자가 부착되면 함유된 수분의 증발 뒤에는 해수 중의 염분만이 남게 되고, 이것의 반복과정에 의하여 염분은 예자표면에 누적되어 간다. 이것을 예자의 해염오손이라 하며, 이 해염오손이 어느 정도 이상으로 진행되었을 때 비나 안개 등으로 예자표면이 습윤상태가 되면 부착되어 있는 염분이 용해되어 예자표면에 누설전류가 증대되고 긴조대를 형성, 국부방전을 거쳐 섬락사고로 진전된다. 또한 공업지대 등에서는 분진이 나 화학물질을 함유한 전계가 공기 중으로 비산하여 예자를 오손시켜 해염오손과 같이 섬락사고를 일으키기도 한다. 이 둘을 총칭적으로 전력설비의 염침해라 한다.

염침해 사고는 전력설비의 중 사고 중 비중이 큰 것은 아니지만, 피해구간이 넓어 복구에 많은 시간과 인력이 소요되므로 안정적인 전력공급을 크게 저해한다. 우리 나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 계절풍, 해풍의 영향을 받아 전력설비의 염해가 심하고, 또한 산업의 대규모화와 중화학공업의 발달으로 매연과 분진은 전력설비의 오손상태를 심화시키고 있다[5]. 따라서, Maxwell 3D 전자계 해석 프로그램을 이용하여 각각의 조건별 해석과 함께, 특히, 염해지역에서 바람에 날린 염분이 누적되어 표면에 도정성을 갖게 하는 경우에 있어 기존의 2차원적인 해석과 함께 3차원적인 해석을 통하여 다양한 각도에서 전계의 해석을 수행해야 한다. 본 논문에서는 이 연구의 첫 단계로 160mm² ACSR-OC전선(ESB 121-275)과 규격 152×304mm인 라인 포스트 예자(Line Post Type Insulator, ESB 130-865)에 대한 3차원 전계 해석을 수행하였으며, 그 연구결과를 제시하였다.

2. Maxwell 3D를 이용한 전계해석 방법

Maxwell 3D Field Simulator는 3차원 정전계, 정자계 및 와류 문제들을 풀기 위하여 유한요소 해석(finite element analysis)을 사용하는 대화형 소프트웨어 패키지이다. 정전계 문제는 다음과 같은 일반적인 과정을 따른다.

먼저 사용자가 해석하고자 하는 Simulator를 선택해야 한다. 본 연구에서는 전계해석을 하고자 하므로 Electrostatic을 선택한다. 그리고 해석하고자 하는 모델을 그린 뒤 물질 조건과 경계조건을 설정한다. 모든 조건을 다 부여했다면 Solve를 선택하여 전계를 해석한다.

다음과 같은 일련의 과정은 Simulator초기화면의 좌측에 순서대로 표기되어 있다[7].

또한 본 연구에서 수행한 모델의 모의 절차는 그림 1과 같다. Step 1에서 규격 152×304mm인 라인 포스트 예자(Line Post Type Insulator, ESB 130-865)와 160mm² ACSR-OC전

선(ESB 121-275) 및 그 전선의 피복을 그린다. Step 2에서는 애자의 자기부분 그리고 도선의 피복부분에 유전율을 설정하였다. Step 3에서는 물체의 경계조건으로 도체와 접한 부분에는 Neuman를, 접하지 않은 면에는 Dirichlet을 설정하였다. Step 4,5,6에서는 3회의 모의를 통하여 계산된 결과를 여러 가지 형태로 볼 수 있다.

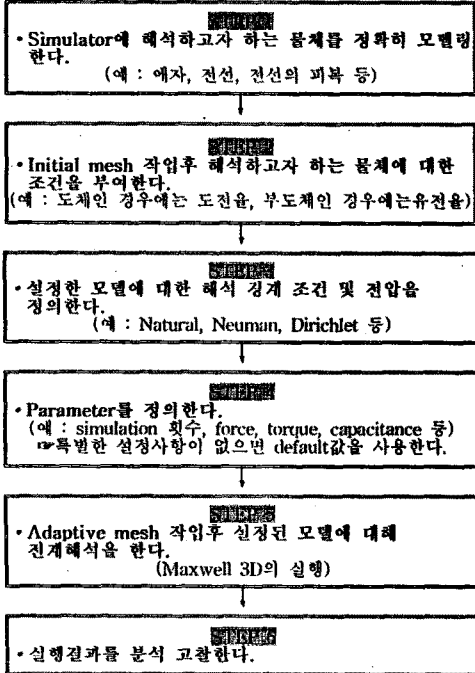


그림 1. 본 연구에서 수행한 모델의 실행 단계

3. Simulation을 위한 조건 설정

Maxwell 3D Field Simulator로 대상 모델을 시뮬레이션하기 위하여 사용자가 직접 설정해 주어야 하는 값에는 전압, 유전율 등이 있다. 본 절에서는 이들 값들의 설정방법에 대해 기술하였다.

3.1 전압

Maxwell 3D Field Simulator에서는 교류전압을 인가할 수 없다. 따라서 3상교류전압을 약 6회 샘플링하여 그 순시값을 계산하고 이를 simulator에 입력하여 전압원으로 인가하는 방법을 택하였다.

3.2 유전율

복고압 배전용선로에서의 부도체는 절연전선의 피복부분과 애자의 자기 부분 그리고 공기 등이다. 이들 부도체들의 비유전율은 일반적으로 다음 표 2와 같으며 이는 균질(homogeneity), 선형(linearity) 및 동방성(isotropy) 유전체의 비유전율을 표시한다.

절연전선의 피복부 재질은 가교 폴리에틸렌으로써 폴리에틸렌을 가교화시킨 가교폴리에틸렌의 비유전율은 약 2.3 내지 2.4 정도의 값을 갖는 것으로 알려져 있고, 애자의 자기부분에 대한 비유전율은 5.7 - 6.8정도인데 우리는 그 중간 값인 약 6.2 정도를 사용하였다. 따라서, 본 연구에서 적용할 비유전율의 값은 다음 표1과 같다[8].

표 1. 본 연구에서 적용한 비유전율 값

	비유전율(ϵ_r)
공기	1.000586
가교 폴리 에틸렌	2.3 및 2.4
도자기	6.2

4. Simulation 및 결과 검토

본 논문에서 모의한 3차원 모델은 다음 그림 2와 같다.

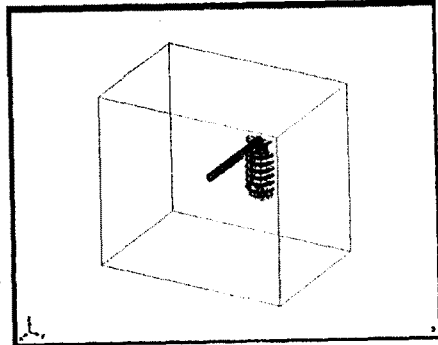


그림 2. 3차원 모델

다음 그림 3, 4, 5는 각각의 면에 대한 Electric potential을 등고선 형태의 Scalar field $\phi(x, y, z)$ 의 값으로 나타낸 것이다. 그림의 왼쪽 상단에는 색깔별 Electric potential의 값에 대한 표준을 나타내 준다.

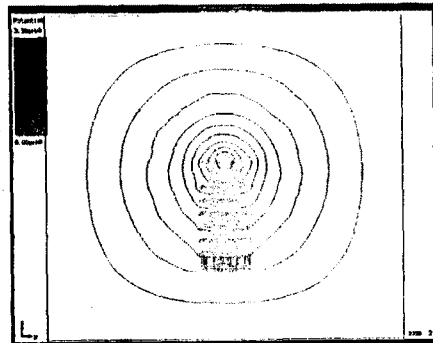


그림 3. 정면도의 Electric potential

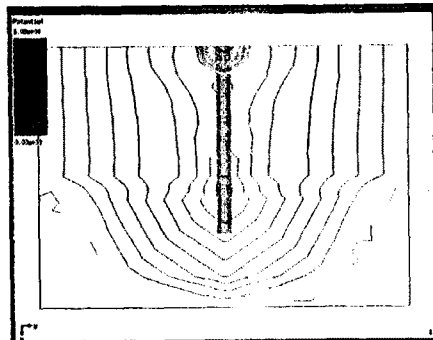


그림 4. 평면도의 Electric potential

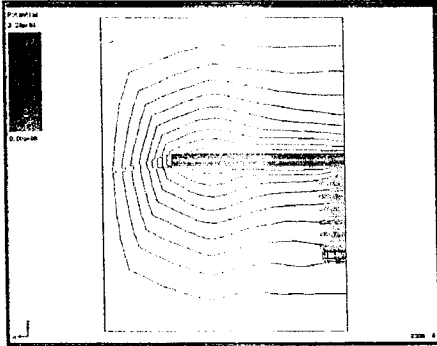


그림 5. 측면도의 Electric potential

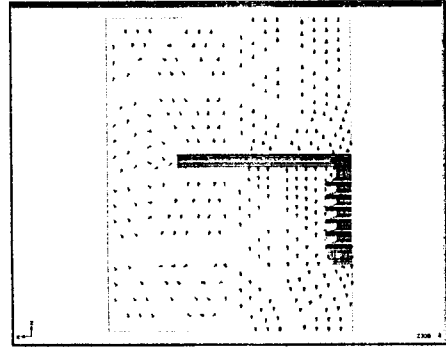


그림 8. 측면도의 Electric vector field

다음 그림 6, 7, 8은 각각의 면에 대한 Electric field를 Vector field $E(x, y, z)$ 의 방향으로 나타낸 것이다. 모델 주위에 분포되어 있는 삼각형 형태의 화살표는 벡터의 방향을 표시해 주는 것으로, 자세히 살펴보면 E Vector의 흐름을 관찰할 수 있다.

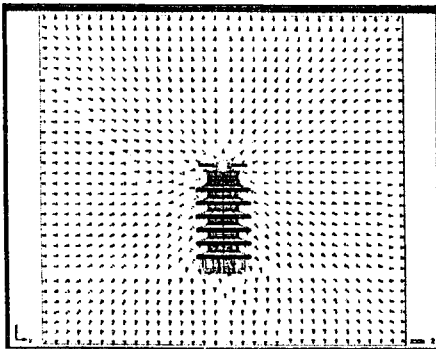


그림 6. 정면도의 Electric vector field

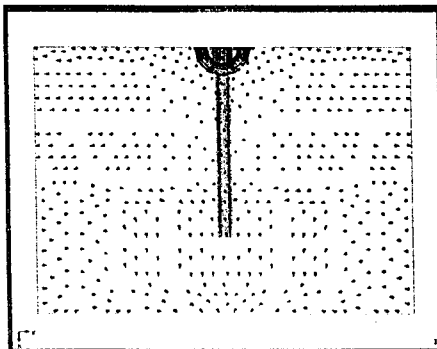


그림 7. 평면도의 Electric vector field

5. 결론

본 연구의 목표는 특고압 배전선로에서의 조건별 전계 해석이다. 특히 염분에 의한 선로의 오손을 고려한 전계 해석이 중요하다. 그러나 본 논문에서는 이러한 연구의 첫 단계로 먼저 건전상에 대한 모의를 통해 오손상 모의시 이를 비교자료로 사용할 예정이다.

앞으로의 연구에서는 건전상 및 염분에 의한 오손상 그리고 썬지에 의한 선로의 영향 등을 고려해서 다양한 전계 해석을 수행 할 예정이다.

6. 참고문헌

- [1] Antonios E. Valstos, Tor Orbeck, "Outdoor Leakage Current Monitoring of Silicone Composite Insulators In Coastal Service Conditions", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 2, pp. 1066-1070, April 1996
- [2] 勝田 勝史, "鹽害地域における 架空配電線の トラッキング 対策", 電氣現場技術, pp. 59-66
- [3] 김형석, "표면의 도전율을 고려한 초고압 예자의 전계 해석", 한국전력공사 연구과제 93-53, 1994. 7.
- [4] 정상진, "전계해석을 위한 유한 요소법의 활용", 전기학회 지 제36권 제10호 pp. 713-721, 1987년 10월
- [5] 이홍렬, 정희노, 권동진, 김현상, "업진해 측정용 전자석예자의 특성에 관한 연구" '94 한국 조명. 전기설비학회 학술발표회 논문집 pp. 83-86, 1994. 11. 12
- [6] "특고압 배전용 전선의 심략단선 대책 연구", 전력연구원, 1995. 11
- [7] ANSOFT Co. Ltd, "Maxwell 3D field Simulator User's Reference".
- [8] 김제환, "전자기학", p.126, 동인 출판사.