

신소재를 이용한 신개념의 송전시스템



강동필
한국전기연구소 절연피뢰기
기술연구팀 책임연구원



심응보
한전전력연구원
전력계통연구실



김정부
한전 전력연구원
수석연구원

I. 신송전시스템의 기술개념

기존의 송전설비인 철타, 철타 arm, 자기재 절연물, 도체 등을 신소재화하고 이들 기자재의 장점을 살려 효율적으로 시스템화하면 전력설비의 소형·경량·미려화는 물론 건설 및 설비용지비의 대폭적 경감과 송전용량증대를 꾀할 수 있는 새로운 개념의 고효율 송전설비의 구축이 가능하다.

효과가 크게 기대되는 신소재의 적용분야로는 절연물지부(암)와 절연물의 일체화, 경량·저이도·저손실 도체, supporter(철타)의 국부절연 및 소형화 등으로 합축할 수가 있다.

II. arm 절연 신송전시스템

전기에너지가 전송속도와 전송효율, 이용의 편의성, 청결성 등의 장점으로 미래에너지의 주축을 이룰 것임에는 틀림없지만, 소득증가와 지자체 실시로 부동산 가격이 상승하고 지역이주주의가 팽배하여 송전선 경과지 확보가 전력사업의 최대 현안이 되고 있다. 전력수요 증가와 더불어 남북한 및 동북아 전력계통연계시 전력설비수요가 급증할 것으로 예상되고 고분자신소재를 이용한 전력설비개발이 세계적인 추세이며 이와 같은 신송전설비의 장점이 크게 기대되고 있다.

더욱이 송전설비는 전기환경차원에서 유해성의 논란이 있기도 하고 시각적인 면에서 혐오시설로 인식되고 있어 환경조화형 미경관철타의 개발도 필요한 시점이다.

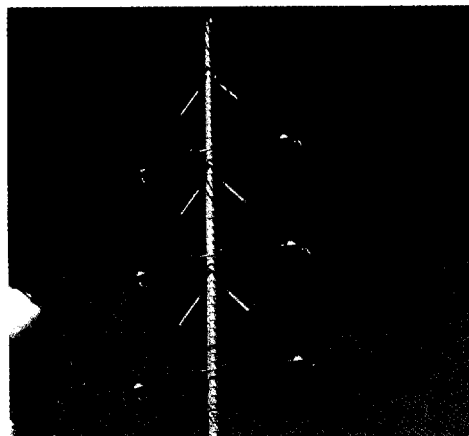


그림. arm insulator와 steel pole로 된 신송전설비(호주)

2. 구성기자재

가. arm insulator

기존의 금속암 첩탑에서는 도체가 바람에 의해 움직이는 경우를 고려하여, 첩탑 본체 또는 금속암과 충분한 거리를 유지하도록 암과 절연물의 길이를 길게 해야 하나 고분자신소재로 된 절연암을 적용하는 경우, 암의 끝에서 전선이 거의 이동하지 않도록 고정할 수 있으므로, 첩탑 본체와의 유지거리를 짧게 할 수가 있다. 그런가하면 무거운 금속암과 애자런 대신 매우 가벼운 절연암만으로 절연과 지지가 가능하므로, 전체적으로 구성기자재 물량의 절감효과가 크다.

최근 고분자 소재기술의 발달로 금속의 기계적 강도를 능가하는 절연성능을 가진 복합재료의 제작이 가능해지고 있다. FRP로 된 송전용 절연tower와 인장, 압축, 굽곡 등 다양한 기계적 특성을 만족하는 고분자복합절연재가 개발되고 있다. 또한 몇몇 고분자들은 옥외오손환경에서 절연물의 갓(shed)소재로 사용가능한데 특히, 실리콘고무 shed로 된 composite insulator(non-ceramic insulator)가 옥외 절연물로서 장기오손능력이 우수하여 현장적용에서 신뢰성을 얻어가고 있다. 이들 소재기술을 바탕으로 arm과 insulator의 역할을 동시에 할 수 있는 새로운 개념의 arm 겸용 insulator의 개발과 현장적용이 시도되고 있고 기대효과가 혁신적인 것으로 평가되고 있다.

나. 도체

현재의 송전손실은 약 3.5%로 상당히 큰 데 그 중 송전선에 기인한 손실에 대한 대책 중의 하나가 송전손실이 적은 새로운 초저손실 전선을 개발하여 송전용량을 증대시키는 것이다. 도체의

송전용량증가는 기본적으로 전선의 와류손에 의한 열손실과 관련되어 있으므로 저손실 전선의 개발은 곧 송전용량의 증대를 가져오게 된다.

고강도의 비자성질소강 또는 비금속소재인 탄소섬유복합로프를 도체의 코아소재로 사용하면 손실을 줄임은 물론 경량도체화가 가능하며 열팽창계수가 작아 도체의 처짐현상이 적은 저이도도체를 만들 수가 있어 첩탑소형화나 첩탑간격연장을 꾀할수 있는 장점이 있다.

다. 첩탑

첩탑은 값싼 구조재이지만 도체가 되기 때문에 고전압이 걸린 도체의 공간을 소형화하는데 어려움이 많으므로 첩탑의 상단부분만 절연성구조재를 적용하여도 소형경량화에 크게 기여할 수가 있다. 경과지의 부동산가격이 건설비의 상당부분을 차지하고 있는데 기존의 lattice형 첩탑보다는 pole형의 첩탑이 설치공간이 아

주 적고 경관이 미려한 장점을 가지고 있어 주택가나 관광지에 사용이 보편화 되고 있다.

3. 국내의 기술현황

가. 국외

호주의 동북부Queensland지역에 전력을 공급하고 있는 주정부회사인 Powerlink Queensland는 동부해안으로 길이가 2000 km에 이럴 정도로 방대한 지역에 송전설비를 운영하고 있다. 귀사는 arm insulator를 적용한 소형송전선로를 1993년 세계 최초로 건설하여 성공적으로 운영하고 있다.

arm insulated tower는 Brisbane의 근교 20 km에 걸쳐 그 회사의 최고 전압인 275 kV 선로에 다양한 형상으로 건설되어 있다. arm insulated compact transmission tower는 275 kV급이지만 인접하고 있는 110 kV의 기존 자기제 steel lattice tower와 크기나 폭이 별반 다르지 않

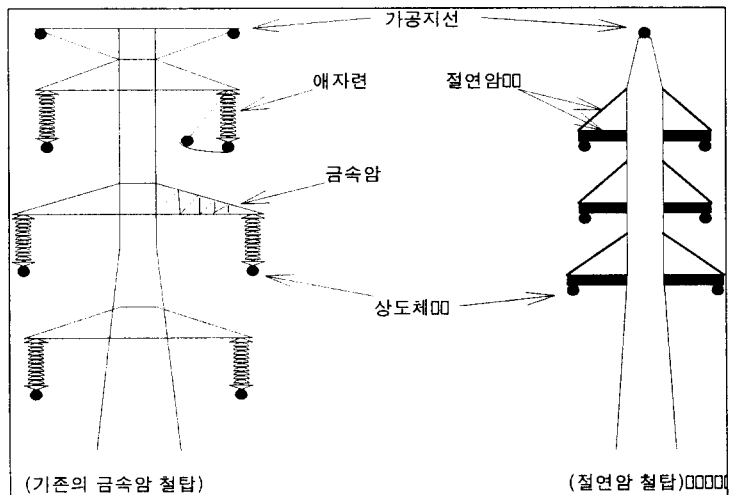


그림. arm insulator를 적용한 신 송전탑의 구성도

을 정도로 소형이다. 현재 전력 수요가 증가하고 있는 관광지의 수급을 위하여 호주의 전력회사들은 arm insulator를 적용한 새로운 송전선로의 건설을 계획 중이다.

일본의 CRIEPI는 경과지 확보가 어려운 도심 및 주변지역의 전력수송력 증강대책의 일환으로 polymer composite arm insulator를 이용하여 가공송전선을 소형 경량화하는 연구를 1989년부터 수행하여 왔다. 초기에는 고분자 외피재료들의 장기성능평가를 목적으로 복합가속열화실험을 통하여 고분자 소재들간의 성능을 비교분석하였는데 내후성과 내트래킹성에 있어서 실리콘고무가 가장 좋은 소재인 것으로 확인하고 있다. 그리고 FRP rod나 tube는 절연재료이면서 기계적 구조재료로서의 특성이 우수하여 suspension insulation arm이나 line post insulation arm으로 적용가능함을 확인하였다. 즉, 도체 절단이 일어났을 때도 나머지 편의 도체를 안전하게 유지하기 위해서 압축강도와 외팔보강도가 복합적으로 요구되는데 filament winding된 FRP tube가 우수한 것으로 평가하고 있다.

154 kV line에 insulation arm을 적용하면 철탑 폭과 높이에서 평균 30%정도는 소형화할 수가 있어 건설비도 크게 줄이는 등 기대효과가 크며 기존 66 kV의 철탑과 경과지에다 composite arm insulator를 적용하면 154 kV 송전이 가능한 것으로 확인되었다. 즉, CRIEPI는 composite arm insulator를 적용하고 철탑의 형상설계를 달리하면 절연과 기계적 특성을 만족하면서 고효율의 소형송전선을 구축할 수 있다는 기술개념을 확립하고 모의 선로를 통하여 확인시켜 주었

으며 일본의 전력회사들도 composite arm insulator의 현장적용에 대해 큰 관심을 갖고 있다.

현재 일본에서 세계적인 자기제 애자제조회사인 NGK가 새로운 제품의 가능성을 인식하고 철저히 준비중에 있다. 이미 NGK는 arm insulator를 적용한 송전선소형화에 대한 기본개념과 설계를 위한 사전 연구가 선행되어 있으며 실제제품의 개발연구가 진행 중에 있다.

나. 국내

선진국에서 arm insulation에 관한 연구는 활발하게 진행중이지만 자료공개가 적어 신송전시스템에 대한 지식이나 정보가 부족한 상태이다. 실제 가장 중요한 역할을 하는 것은 FRP인데 인장이 주로 걸리는 현수내장용인 경우 국내 중소기업들이 생산하고 있지만 굴곡 및 압축강도가 중요한 arm 및 post insulator용으로는 전혀 생산이 이루어지지 못하고 있다. arm insulator에서 요구되는 전기적, 기계적 사양을 정립하고, 이를 만족하는 고강도 FRP 절연물의 개발은 물론 외피용 고무재료의 개발과 평가의 기초기술의 확보가 필요하다.

4. 적용시 장점

기존철탑은 선하지 폭이 넓고 압과 애자런이 중량물이라서 철탑 본체의 소요 강도가 매우 크므로 건설비가 비싸다. 그리고 기존의 자기애자는 파손이 잦고 염전해에 취약해서 점검, 유지, 보수 등에 많은 노력과 비용을 요한다. 하지만 고강도 신소재로 된 암절연물을 적용한 신송전설비는 저렴하고 소형·경량·미관이며, 고성능화가 가능하다. 특히, FRP 복합절연tower와 암절연물을 함께 적용하면 송전시스

템의 혁신적 개선이 가능하다.

우리나라는 인구밀도가 높고 삼면이 바다이며 해안공단지역이 많아서 오손에 의한 절연사고가 빈번하다. 동서해안은 지형적인 영향(찬 시베리아 기류가 서해 바다를 지나면서 고습도 공기와 만나 눈을 자주 발생시키는데 해안 근해에서 조류방향과 풍향이 반대가 되는 상황일 경우 해수가 안개처럼 비산되어 해수성분을 포함하는 눈이 될 수가 있다. 동해안은 봄에 난류와 한류의 흐름 변화가 심하고 돌풍발생이나 밤낮기온차가 심하여 바다에서 육지로 기류흐름이 빠른 시간대가 생김)으로 절연물의 염해 또는 염설해사고가 계절적으로 집중되어 발생하고 있다. 신소재로 된 절연물은 오손성능이 우수하여 절연사고에 기인한 전력공급 장애비용을 크게 줄일 수 있다.

IV. 결 론

지금까지 전력산업은 단순히 국가기간산업이란 의미로 인식되어 왔다. 그러나 최근에는 전기에너지를 사용하는 대단위 공공시설(지하철, 고속전철, 공항, 항만, 교통신호, 통신, 상하수·폐수 처리 및 소각 등의 환경설비, 생산설비, 발전소설비, 도심 지하관련설비 등)이 크게 늘어 국민생활에 미치는 영향력이 광범위해지고 있다. 또한 강전 전력기술과 정밀제어측정기술이 복합화되어 첨단산업분야로 자리잡아가고 있다. 더욱이 첨단정보설비의 기본에너지 및 청정한 생활에너지로서의 중요성이 점차 확대되어 가고 있다.

전력수요증가와 송전전압의 고전압화로 많은 대형전력설비가 생활공간과 밀착하여 건설됨으로 인하여 전기환경이나 미관 등에

서 개선의 노력이 요구되고 있고 WTO의 등장과 OECD 가입을 계기로 전력설비산업의 시장개방이 불가피하여 중전기부분이 현재도 큰 무역여조를 내고 있지만 앞으로 더욱 확대될 전망이다

이들 절연물이 송전철탑arm의 구조재 역할을 공히 담당함으로써 철탑의 소형화가 가능한데 최

근 토지보상비가 높아 송전선 건설이 어려운 몇몇 나라에서 이와 같은 arm insulated transmission system이 적극적으로 검토되고 있다. 우리나라도 경과지 지가의 30%을 보상해 주어야 하는 법적 근거가 마련되는가 하면 전력설비가 혐오시설로 인식되어 송전탑의 입지선정이 어렵고 철탑자

재 및 애자가 중량물이라 건설비가 엄청나게 증가하고 있다. 또한 전력계통의 신뢰성 유지를 위해 필요한 장기유지보수 비용을 포함한 총괄경비차원에서 검토해야 될 시기가 된 것으로 본다.

< 강동필 위원 >