

자동클램핑 장치형 Spacer Damper 설계

Design of the Spacer Damper with Automatic Clamping Device for Transmission Line

°박종범, 안용호, 윤기갑, 김광우*

Jong-Beom Park, Yoon-Gi Gab, Byung-Hong Bae, Sang-Guk Lee, and Seung-Hak Lee

한국전력공사 전력연구원
(주)진광 이앤씨*

Key Words : 자동 클램핑 장치 (Automatic Clamping Device), 스페이서 댐퍼(Spacer Damper), 송전선로(Transmission Line), 피로 파괴(Fatigue Break), 미풍 진동(Aeolian Vibration)

요 약

송전선로에 새로운 Spacer damper를 설계하는데 이 논문의 목적이며, 이 설계되는 새로운 Spacer damper는 매우 중요한 특징과 장점을 가지고 있다. 또한, 최근 Spacer damper의 문제가 프랑스, 일본 등 다른 나라에서도 자동화 시스템과 함께 많이 발전되어 왔다. 개발된 Spacer damper의 설치에 특별한 기기가 없이 설치 가능하며, 최근 자동 클램핑 장치 이용한 Spacer damper가 도입되어 피로 파괴와 미풍진동에 매우 효과적임이 입증되었고 보수유지가 거의 필요없으므로 경제성도 높으나 고가의 수입가격으로 인해 국산화의 필요성이 절실하다

Abstract

The purpose of this papery is to introduce a new spacer damper's design for the bundle transmission lines network. It has the design, the main characteristics and advantage of this new kind of spacer damper. To reply to this problems, France, Japan and other countries had developed through many years a spacer damper with an automatic system. While the automatic clamping device are free of maintenance such as fatigue Break and aeolian vibration, imported price are so high. Now it is necessary to design, manufacture and certificate these automatic clamping device spacer damper.

1. 서 론

유사 이래로 자연적인 기상현상에 대한 인간의 분석육구는 그 동안 신비에만 쌓여 있던 자연적인 법칙을 하나 하나씩 베일을 벗겨내면서 인간과 밀접한 생활환경의 편리성 도모를 위해 시시각각 변화를 주도하고 있다.

인간에게 부여받은 고품질의 생활환경에 있어서 반드시 필수 불가결한 전력산업에서 중추적인 역할을 수행하는 송전선로의 전선 금구류인 Spacer, Spacer Damper를 체계적으로 분석

하고, 그 동안 막대한 기술료의 지급조건에도 공개를 꺼려하여 그 설계기술을 독자적인 국가적 기술력의 범주에 포함시켰던 최적설계 기술을 체계적인 방향제시와 연구를 통해 국산화시킬 수 있으리라는 생각으로 설계하게 되었다.

각종 문헌 및 보고서 등에서 자료와 제품으로서 공개된 미국, 러시아, 일본, 이탈리아, 캐나다 등의 기술선진국의 경우는 현재 우리가 견고 있는 단계를 이미 1900년대 초를 기점으로 하여 연선 Cable상에서 파괴(Non-ductile Fracture)현상이 처음 제기되면서 그 동안 신비에 쌓여 있던 공기역학적 함수에 대한 실증적

해석이 논의되는 기틀을 마련하였다.

이러한 연구자료 조사로 밝혀진 주된 요인은 피로파괴(Fatigue Break)의 특성임이 입증되면서 다양한 가설과 그에 따른 검증이라는 일련의 과정들에 대한 활발한 연구가 진행되는 촉진제로서 작용하였다.

자연현상에 대한 명확한 규명과 그에 따른 대책의 필요성을 인식한 연구결과는 그 동안 자연현상의 이유로 당연히 피해를 겪어야 하는 것으로 취부되었던 인식의 전환을 가져오게 된 계기가 되었다. 진동현상의 매개체인 바람에 의한 기계적인 진동현상과 전기적 진동현상은 발생양상과 정량 및 정성적인 분석으로 송전선로에서 애기치 못했던 사고를 경험하면서 대책을 마련할 수 있는 기회로 제시되었다.

이러한 연구의 필요성은 더 나아가 진동에 대한 방진(Damping)기술의 원론적이고, 체계화된 대비책을 강구하기에 이르렀고, 전력공급의 신뢰도 향상을 위해서는 반드시 필요한 연구분야라는 공감대를 형성하였으며 본 논문에서는 세계 각국의 설계방향추세와 앞으로의 국내 설계방향을 제시하였다.

2. 개념적 이해와 국외 송전선로의 설계 현황

국내의 송전 전력계통의 효시는 1923년 중대리-한성간의 66kV, 166km로서 그 당시 국가적으로는 암흑기 속에서도 계통 운영계획에 의해서 계획적으로 건설된 것이 현재에 이르게 되었다.

그 이후 수용가의 용량증가 요구에 따른 전압격상의 필요성을 인식하여 1935년 10월 장진강 제2발전소 - 평양간 200km 건설을 시작으로 154kV 송전선로 건설로 말미암아 본격적인 전력계통의 변화를 이루어 온 것이 현재와 같이 급속도의 발전을 이루어 오게 된 것이다.

이러한 시기적인 전력계통의 변화는 큰 변혁기를 거치게 되는데, 그 당시의 상황이 산업 및 경제 전 분야에서 급성장의 여건이 조성되고, 비약적인 발전의 기틀이 조성됨에 따라 1970년 1월 345kV 송전선로 건설계획이 확정되고 이어, 1973년 한전 초고압 건설 사무소의 발족과 함께 1974년 7월부터 1976년 10월에 여수 화력발전소-옥천 간 190km의 송전선로의 준공과 함께 345kV 송전선로의 운전을 개시함으로써 본격적인 초고압 송전선로 운전시대를 개막하게 되었다.

현재에는 산업의 선진국화, 생활환경의 자동화와 정보화 등에 따른 총체적인 수용가의 삶의 질 향상을 위한 일환 및 국제적으로 동급의 전력산업의 대대적인 확충을 요구하기에 이르렀다.

그 결과로 현재와 같은 국내 순수 기술진들

에 의한 설계와 시공에 힘입어 단계적으로 765 kV 송전선로가 건설 중에 있는 것은 주지된 사실이다

2.1 개념적 이해와 정립

일반적으로 초고압 송전선로상에 설치되어 널리 운영되고 있는 "Spacer"에 대한 정의를 살펴보면 IEC 에서는 다음과 같이 크게 3가지로 규정하여 분류하고 있다.

고정형 스페이서(Rigid-type Spacer), 가요성 스페이서(Flexible Spacer), 스페이서 댐퍼(Spacer Damper)로 분류하여 그 적용상의 특성을 감안하여 적용하도록 권고하고 있다. 먼저, Rigid-type Spacer의 경우는 "A spacer allowing no relative movement between the sub-conductors at the spacer location"으로 정의하여 다도체 전선을 사용하는 송전선로에서 각 소도체간의 간격을 일정하도록 유지시키는 단순 기능을 구비한 금구류(Fittings)의 범주에 포함된다. 도체의 체결부(Jaw)는 Al-합금의 재질이 일반적으로 사용되고 있으며, 체결볼트는 아연도금강의 재질로 제작된 것이 특징이다.

Flexible Spacer의 경우는 "A spacer allowing relative movements between the sub-conductors at the spacer location"으로 정의하여 어느 정도 소도체의 개별적인 공기역학적인 진동을 허용할 수 있는 금구류로서 분류되어진다. 즉, Rigid-type Spacer와는 약간의 염력에 대해서도 회복력을 갖출 수 있고 어느 정도의 진동에 견딜 수 있도록 스포핑 또는 방진고무를 채택한 것이 가장 큰 차이점이다. 한편, 본 연구에서 다루고 있는 Spacer Damper는 "Device which keeps apart the sub-conductors of a bundle in a given geometrical configuration and is able to reduce aeolian vibrations and sub-span oscillations of the sub-conductors."으로 정의되며, 주된 성능은 소도체상에 발생된 미풍진동과 소경간 진동을 감쇠시켜 주는 기능을 갖는 금구류로 분류되는 것으로 설명되어 있다. 그러나, 유럽과는 달리 일본의 경우는 그들만의 특별한 가설하에 Spacer와 Spacer Damper의 구분 없이 "Spacer"라고 총칭하고 있다. 즉, 그 이유는 단도체인 경우가 아니고, 다도체인 경우는 "각 도체간에 바람의 영향은 받을 수 있으나, 동일하게 미풍진동이 적용되어지지 않는다"는 것으로 부연적으로 설명되어지고 있다.

결론적으로 한 소도체에 미풍진동이 발생되면 각 경간마다 설치간격에 준해 설치된 Spacer에 의해서 다른 소도체에서 간섭현상을 일으켜 발생되어진 진동현상을 즉시 감쇠시킬 수 있다는 주장에 기인하여, Spacer 설계시는 가장 빈번하게 발생하는 미풍진동에 대한 고려

는 배제한 채 이외의 소경간 진동, Galloping 진동에 대해서만 설계시 고려하기 때문에 "Spacer" 라고 지칭되는 것이다. 또한, 방진기능을 수행하는 Elastomer 역시 스프링으로만 대체하여 전선을 적절한 파지력으로 파지함으로써 어느 정도 진동현상을 방지하여 전선 체결부의 취약성을 보완한 Design이 주류를 이룬다.

IEC 규격상에서 명시되어져 있는 제품설계시 구비조건되어야 할 중점적인 검토사항들을 살펴보았는데 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 규정된 적용 조건 내에서 단락전류가 흐르는 경우를 제외하고 사용상의 모든 조건하에서는 소도채간의 간격을 유지시킬 수 있는 기능구비(Spacer 설치점에서)
- Spacer는 소경간에서 소도채간 물리적인 접촉을 억제능력구비(단락전류가 흐르는 경우를 제외)
- 어떠한 구성요소의 손상 또는 인정되지 않는 영구적 변형 없이 설치시와 유지보수 및 사용중(단락상태 포함)에는 Spacer에 가해지는 기계적인 부하에 내력 구비
- 규정된 사용상태 하에서 도체측에 손상을 억제능력 구비
- 규정된 사용상태 하에서 코로나 및 전파간섭(Radio interference)의 무간섭 구조
- 설치가 안전하고, 용이한 구조
- 볼트 및 래치 클램프형의 경우, 도체를 체결하기 위해 개방할 때, 모든 부품들은 상호연결 구조
- 각 구성요소는 사용상태 중에 견고한 상태를 유지
- Spacer 또는 소도체에 손상 없이 소도체에 설치 및 제거가 가능한 구조
- 내구년한 동안 광범위한 사용온도 조건에서 완전한 기능 발휘
- 가청소음(Audible noise)이 없는 구조
- 설치 완료후에 지상에서 적절히 설치되었음이 검증 가능하여야 하며, 선로가 가압된 상태에서도 설치 및 제거 용이

이외에, 유럽쪽에서 사용되고 있는 것으로는 나선형(Helical Rod) Spacer로서 고정형으로 분류 가능하며, 2도체에서만 사용되도록 설계되어 있으며, 제품의 형에 비해서 미풍진동, 소경간 진동을 최소화 하도록 성능을 구비한 특징이다.

Spacer Damper가 갖는 불평형 착·빙설의 이탈시, 고장전류의 통과 등에 따른 외력에 대한 소도체를 보호하고자 현재 적용되어 사용중에 있다. 본체는 고강도 알루미늄-합금(Al-Alloy)에 아연도금 처리한 도체를 사용하였으며, 코로나 억제형, 활선작업 가능구조로 특별한 조임공구가 불필요하며, 지상에서도 설치 결과를 확인 가능한 것이 특징이다.

이상과 같이 간단하게 개념적 이해 및 정립 차원에서 국내·외 조사내용 및 검토된 결과를 정리하여 보았다. 다음은 현재 국외의 송전선로 운영현황을 살펴봄으로서 국내 송전선로 운영현황과 비교코자 한다.

2.2 국외 송전선로 설계 현황

국외의 경우는 앞서 상술한 바와 같이 1900년대부터 관심분야로 지속적으로 논의되어 오다가 미풍진동에 의한 빈번한 단선사고의 경험을 바탕으로 하여 활발한 연구가 진행되었다. 그러한 국외 기술선진국들의 연구진행의 현황을 자료수집을 통해 일련의 과정으로 분석과정을 거친 분석결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

가. 미국

현재도 사용되고 있는 Armor wire를 그 효시로 하여 방진장치를 개발함으로써 진동현상 해석연구의 급진전을 가져와 연구가 활발히 진행되었다. 기술선진국처럼 이론적이고, 실증적인 모의실험을 병행하면서 EPRI(Electric Power Research Institute) 연구소를 위시하여 대학 및 전력회사 모든 곳에서 풍부한 전문가들에 의해 진동시험장도 운영하면서 괄목할 만한 연구실적을 발표하기에 이르렀다. 그 당시 전력계통의 확충은 제작업체의 지속적인 연구의욕으로 이어져 상당한 수준에 도달하였으나, 현재에는 제품의 개선보완 등 전반적인 신뢰도 향상에 주력을 기울여 지금까지 예측하지 못했던 문제발생을 가정하여 그것에 대한 대비책장구의 차원정도로써만 연구범위를 갖고 진행되고 있는 것으로 분석되었다.

나. 러시아

패쇄적인 체제성과는 달리 본 연구와 관련된 연구분야에 있어서는 다른 어떤 기술선진국과도 견주어 손색이 없을 정도의 진동현상에 대한 연구실적을 보였다. 특히, 대외적으로 다수의 연구논문들이 발표되었고, 국내에도 그 기술력을 인정받아 기술자문 등을 통한 국내 제품의 개발까지도 주도한 것이 사실이며, 지금도 어려운 환경 속에서도 1986년에 운전을 개시해서 운용 중에 있는 1,150kV 송전선로에 적용 가능한 최대 10도체방식까지 설계, 그에 따른 제작 및 적용 중에 있다. 광활한 지역에 송전선로의 운용으로 말미암아 적용방법은 크게 2가지로 대별할 수 있다. 즉, Spacer Damper는 2도체에만 국한되어 Semi rigid-type Spacer가 사용되고 있는 것으로 보고되고 있다. 주로 연구소 주도로서 연구가 진행되고 있으며, 이론적으로 정립된 가설에 대한 실험적인 모의검증의 단계만 진행될 뿐 연구범위의 한계성을 갖고

있다.

앞서도 기술된 바와 같이 진동현상에 대한 이론적인 학문적 연구에만 국한하지 않고, 그것에 버금가는 설계능력도 충분한 수준에 도달되어 있는 것으로 판단된다.

다. 캐나다

735kV 송전선로를 운영 중에 있는 캐나다의 경우, Ontario Hydro 연구소의 주도하에 활발하게 각종 진동현상을 분석하고, 자체 제작한 실험장치(Recorder)를 사용하여 실증하는 단계적인 연구결과를 A. T. Edwards와 M. Boyd에 의해 실측하였고, 500kV 4도체 선로에서 편향 계수기(Deflection counter)로 소경간 진동특성을 연구하여 Spacer Damper의 효과를 입증하는 논문들이 지속적으로 발표되어 기술선진국의 대열에 캐나다의 위상을 확고히 세우는 시발점이 되었다. 그리고, 실증시험장을 Hydro Quebec의 Magdalen Island에 위치한 시험철탑에서 1년간 실증시험을 통해 풍속에 대한 중요한 실증자료를 제시하기도 하였다.

라. 일본

일본의 경우 진동현상에 대한 연구의 시작은 1930년대 초부터 활발한 연구실적을 갖고 있다. 주로 연구를 주도하고 있는 주체는 제작업체들로서, Ashai 전기, 조일 금속 등 다수의 제작업체들이 지역의 특성상 빈번하게 발생하는 Galloping 진동분야에서는 연구실적이 상대적으로 많은 것으로 분석되었다. 국내의 지역도 해안과 산악지대가 분포되어 있는 관계로 송전선로의 건설시에도 이점이 고려되어 설계되었다. 일본의 경우는 앞서 기술한 바와 같이 Spacer Damper라고 별도로 분류하지 않고, 총칭해서 Spacer로 지칭한다.

일본의 초기제품 특히, 4도체의 경우는 볼트로서만 체결력을 갖고, 방진장치를 채택하지 않았으나, 현재의 경우처럼 6도체, 8도체의 경우는 Elastomer대신 Spring을 추가하여, 전선 체결부의 적절한 체결력 유지 및 국부적인 손상을 억제하도록 설계되어 있으며, 전선 체결부는 Hinge형으로서 본체 일체형 구조를 갖고 있다.

마. 기타

위에서 살펴본 국가들 외에 유럽권역에 있는 이탈리아와 영국, 프랑스 등도 진동현상 연구분야에서는 상당한 수준에 도달해 있고, 지금도 연구가 진행되고 있는 상태로서, 영국의 경우는 중앙전기연구소의 I. P. Smith에 의해서 처음으로 시도된 소경간 진동현상의 연구성과는 Alan Simpson, Lawson, Ko 등의 연구에 영향을 주기도 하였다.

이탈리아의 경우는 G. Diana, M. Gasparetto

등이 Computer를 적용한 해석적 기법의 소경간 진동에 대한 분석적이고, 실험적인 결과보고서는 이탈리아가 진동현상 연구분야에서 차지하는 위상을 보여주는 하나의 실례로 비춰지고 있다.

프랑스의 경우도 다양한 진동현상 연구실적을 통해 방안 제시를 지속적으로 제안하고 있는 실정이다.

현재 CIGRE, IEEE, IEC 등도 진동현상의 분석적 규명을 위한 해석적 기법, 지형조건과 진동현상의 상관관계의 유추, 도체의 Dissipation energy 정량적이고, 정성적인 해석 및 측정, 진동현상에 기인한 도체의 진폭과 주파수 측정 등의 표준적인 방법제시 등을 통한 진동현상 연구를 촉진하고 있다.

3. 국내·외 송전선로 고장추이 분석

일반적으로 자연현상인 바람에 의한 진동의 발생은 최종적으로는 연선에 인가되는 피로가중에 따른 피로파괴(Fatigue fracture)를 들 수 있다.

지금까지 자료조사로 밝혀진 결과에 의하면 미풍진동에 의해서 기인되는 것이 가장 큰 사고요인으로 분석되었고, 또한 Galloping 진동과 소경간 진동에 기인하는 사고도 어느 정도를 차지하는 것으로 보고되었다. 그러나, 상대적으로 미풍진동에 비해서는 미미할 정도의 영향을 초래하지만 사고사례도 다수 보고되고 있다.

표 1은 그 동안 보고된 국외의 가공 송전선로의 사고사례를 각종 문헌자료의 조사를 통해 입수한 애자장치 급구류에 대한 통계자료이다. 이러한 미풍진동에 의해서 파급되는 범위는 Armor rod, Damper, Spacer Damper, Tie, 애자류, 철탑 부재 등 모든 구성 요소에 누적되는 피로현상(Fatigue)을 유발하는 것으로 밝혀졌다. 그리고, 최근에는 일본의 경우에도 과거 Spacer에 대한 고장 사례를 집계하여 1984년 발표한 바에 따르면 총 142건 중 82건이 클램프와 몸체와의 탈락 현상이 발생되었으며, 약 59건은 송전선로 건설 후, 15년 이상이 경과된 선로에서 발생되었다. 조사된 결과에 따르면 4도체 Spacer 경우에도 총 405건 중 235건이 클램프 분리이고, 90건은 클램프와 몸체간의 탈락 현상이었고, 1년 미만 또는 5~10년이 경과된 선로에서의 경우에는 203건이 고장 발생되었다.

특히, 2도체와 4도체를 합하여 총 547건 중 산악지대 및 산악지대의 능선에서 총 428건이 발생되었다고 보고하였다. 이것은 바람에 대한 기계적인 외력 및 착빙에 의한 전선 장력의 불평형 등에 기인한 기계적 응력이 Spacer의 고장을 촉발하였다고 판단할 수 있겠다. 내구성의 한계를 초과하는 경우, 피로파괴는 급속한 진전

표 1 진동현상에 의한 송전선로의 사고

Table 1 The cause example for transmission line by vibration form

발생일	선로명	사고내용	애자장치	원인	도체구성	전압(kV)
1961.2 1961.4	일본의 시험 선로	현수 U 볼트 파괴	현수장치	횡진 진동	3도체, 4도체	-
1973 ~1975	일본 립취산 시험선	42T 볼크레비스 42T 현수애자 파손	2련 내장장치	갤립핑 진동	950mm ² ACSR4 950mm ² ACSR2	-
불명	미국 (Bonneville Power Administration)	Eye Bolt 파괴	내장장치	갤립핑 진동	2.5" Expanded ACSR 단도체	500
불명	미국 (Bonneville Power Administration)	30,000lb 소켓핀 파괴	현수장치	소경간 진동	"CHUKAR" 2도체	500
1968	미국 Pacific Intertie (Round Butte Dam · Malin, BPA, PG & E)	30,000lb Y볼크레비스와 소켓핀 파손	현수장치	소경간 진동	1780MCM ACSR 2도체	500
1962	캐나다 Manitoba · Saskachwan (Manitoba Hydro)	25,000lb 현수애자 파손	1련 내장장치	미풍 진동	795MCM ACSR 단도체	128
1962.4 1963.1	캐나다 Brandon · Boundary Dam (Manitoba Hydro)	현수애자 파손	현수장치	미풍 진동	795MCM ACSR 54/7 "CONDOR" 단도체	230
1966.1 1967.3 1968.1	캐나다 Squaw Rapids Saskatoon (Saskachwan Power Co.)	18,000lb 현수애자 파손	17개련 내장장치	미풍 진동	1033.5MCM ACSR "CURLEW" 단도체	230
불명	러시아 Miclowa-Czestochowa	Double ball pin (d=16mm)	장경간애자 3련구성 현수장치	소경간 진동	Al St : 400/53 2도체	400
1969	호주 Tailem Bend-Gambier	전선 파손	현수장치	미풍 진동	ACSR 150mm ² 단도체	132
1973.12	파키스탄 (WAPDA)	36,000lb 볼크레비스 파괴	2련 내장장치	미풍 진동	Al St : 23/57 1.1"diam. ACSR 단도체	132

성을 보이며, 특히, 애자련(String)의 경우는 몇 달 이내에 피로현상이 발생되며, 수년 후에는 파괴현상을 경험하게 되는 것으로 조사되었다. 그리고, 또 다른 조사에 의하면 송전선의 경우에 연선의 피로단선은 외측부터 시작되어 내측으로 파급 진전되어 약 25년 후에는 클램프 지점에 모든 연선은 단선된다는 결과가 발생하는 연구결과를 제시하였다. 더불어, 주파수에 따라 연선의 단선수도 비례적으로 증가된다는 것을 밝혀 내었다. 이처럼, 전선의 진동에 의한 사고추이는 특징적인 사고유형의 집중보다는 모든 구성요소, 즉, 전선의 단선, 전선 굵기류 및 기타 지지물 및 굵기류 등으로 폭넓게 발생되었고, 그에 따른 요인의 제거 없이는

결국에 사고로 파급되어 최종적으로는 막대한 손실비용을 감수해야 하는 단계까지 밟아 갈 수 있다라는 것을 분석결과에 의해서 규명되어져 현재와 같은 Damper, Spacer, Spacer Damper 등의 연구가 활발히 진행되어 효과적인 대응을 할 수 있는 단계에 이르게 된 것이다.

4. Spacer Damper 설계

우선 Spacer Damper의 설계과정 중 요구되는 개념적 기본 Logic을 일반화하여 적용하였고, 이를 기반으로 설계개념을 보다 심도 있게 체계적인 접근 검토방안을 제시하고, 아울러 각

중 설계인자들의 대한 재검토를 통해 보완방안으로 설계 및 제작이 진행되도록 연구를 수행하였다. 특히, 2도체 Spacer Damper에 대하여 4도체 Spacer Damper에 제시 가능한 강도설계의 기준 Data화하여 각종 강도설계를 결정하는데 참고로 하였으며, 각각 역학적 강도(Physical strength), 단락전자력 강도(Short-circuit electromagnetic force strength), 소경간 진동(Sub-span oscillation strength)에 의한 강도, 기타 강도(others strength) 등에 대해서 개별 검토를 실시하였다.

현재 한국전력공사에서 운영하고 있는 765kV 송전선로는 6도체로 구성되고, 345kV는 송전선로는 4도체로, 154kV 송전선로는 단도체 또는 2도체(최근에는 송전용량을 고려하여 2도체 채택용이 기본)로 구성되고 있다.

154kV 송전로의 경우에는 Spacer Damper가 아닌 단순 기능의 Spacer(Rigid-type 또는 Spring-type) 만이 설치되어 운영되고 있는 실정에서 앞서 검토된 바와 같이 단순기능의 Spacer를 설치 운영함에 따라 적지 않은 문제점들의 발생이 계속 보고되고 있다. 따라서, 2도체 Spacer Damper에 대한 적용방안의 고찰로 4도체 Spacer Damper에 대한 검증 및 2도체 Spacer Damper의 향후 적용방안을 제시하고자 한다.

4.1 2도체 Spacer Damper 국내적용 현황

국내에서는 154kV 송전선로가 도입됨에 따라 2도체방식의 송전선로의 건설이 태동되기 시작하였으며, 이후로 345kV 송전선로에도 2도체방식을 채택하여 건설하여 왔다. 그러나, 최근 한국전력공사는 345kV 송전선로는 4도체방식을 기본으로 하고, 2도체방식은 154kV 송전선로에만 적용하는 것을 기본방침으로 정하고 있어서 향후, 2도체 Spacer Damper는 154kV 송전선로에서 기존의 Spacer를 대체하여 적용될 것으로 보여지며, 345kV 송전선로의 경우에는 유지보수 측면에서 수요가 지속적으로 증가할 것으로 판단된다.

국내에서는 현재까지 2도체용 Spacer Damper는 사용된 실적이 전무하며, 최근 이에 대한 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 국내는 주로 스프링형 Spacer를 사용하고 있다. 스프링형 Spacer는 스프링 자체가 갖는 스프링력에 의해 전선의 진동시 진동 감쇠성능을 갖도록 성능을 발휘할 수 있으나, 미풍진동과 같은 고주파의 낮은 진폭을 갖는 진동에 대해서는 감쇠성능을 갖는 것은 곤란하며, 단지, Galloping 진동 및 소경간 진동과 같은 저주파의 고진폭을 갖는 진동에 대해서는 다소의 감쇠성능을 갖는다고 보고되고 있다. 그러나, Spacer Damper와 같이 독특한 감쇠성능은 기대할 수

없는 것은 주지된 사실이다. 현재까지 국내의 154kV 송전선로에 사용된 실적을 볼 때, 보고되는 사고사례 등으로 짐작하건대 스프링형 Spacer는 다소 문제를 갖고 있는 것으로 판단된다. 실제로 스프링형 Spacer의 스프링 부분이 국소적으로 파손되거나 볼트가 이완되는 사고가 종종 발생된 실적이 국내에서도 보고되고 있는 것을 알 수 있다.

4.2 4도체 Spacer Damper 설계

가. 몸체(frame) 형상 설계

Spacer Damper의 몸체 형상은 일반적으로 소도체의 구성에 따라 결정되며, 기본적인 형상 결정에서도 선택의 결정이 용이한 것이 특징이다. 345kV 송전선로는 일반화된 것과 같이 4도체의 정사각형 도체 구성에 기인하여 설계 가능한 몸체의 형성은 크게 3가지로 고려할 수 있다. 즉, 정사각형과 원형과 X자형의 몸체를 구상하였으며, 이중에서 안정감을 고려한 정사각형 구조를 선정하였다.

나. 클램프(Clamp) 형상 설계

상·하부 구조를 경첩(Hinge)구조로 적용하여 전선을 파지시에도 작업자가 과도한 체결력을 가하지 않아도 용이하게 파지력이 적정하게 해지고, 작업시 작업자의 실수에 의한 분리되어 낙하될 우려가 없도록 설계하였다.

5. 결 론

Spacer Damper의 설계 개발로 인하여 전력 산업 전체에 필요한 송전선로 설비의 안전성 확보, 국내 경쟁력 확보, 유지비용의 절감 및 해외설비 확충을 위한 기반 조성 등 많은 외화 절감 효과를 보일 것이며, 진동 등에 의한 송전선로 고장을 막을 수가 있을 것이다. 아직은 연구가 미진하지만 지금까지 외국사례와 국내 여건을 조사하여 이를 기초로 설계를 진행하고 있고, 개발이 되면 국내·외 검증기관에서 검증을 수행하여 현장에 적용하고 실증시험까지 수행하는 것으로 진행되고 있다. 이러한 설계들이 진행되면 우리나라도 기술 자립할 수 있는 기반이 조성되리라 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이형권, 신명철, "765kV 6도체방식 송전선로의 소경간진동 현상 이론적 분석, 전기학회 논문지, 제46권 제4호, 1997. 4
- [2] 한국전력공사, "765kV 송전선로 건설분야 UTEG 기술 세미나", 1997
- [3] 한국전력공사, "Spacer Damper" 규격
- [4] 한국전력공사, "Spacer" 규격