

송전선로 폴리머애자 공사용 장비 개발

민병욱* 위화복* 방항권* 최한열* 백수곤** 박재웅***
 *한국전력공사 ** (주)한발 ***한밭대학교

Development of Working Platform for the Polymer Insulator String

Byeong-Wook.Min* SHwa-Bok.Wi* Hang-Kwon.Bang* Han-Yeol.Choi* Soo-Gon.Baek** Jae-Ung.Park***
 *Korea Electric Power Corporation **HanBal Corporation **Hanbat National University

Abstract - Porcelain insulators have generally been used in Korea to insulate a transmission line from the tower, and a highly polymerized compound polymer insulator which has superior stain proof characteristics, has also been used widely. Currently, a worker rides on the suspension insulator string for installation on towers and conductors but in case of polymer insulators, this will pollute and scratch the housing result in durability reduction by deterioration and corona. This study developed a high strength aluminum compound metal ladder designed to work on polymer insulators without riding, and a clamp type connecting device and safety gear for easy installation on the tower and conductor. These polymer insulator work device can be used for 154kV and 345kV polymer insulators through a strength and load test to secure safety. This paper presents field usage.

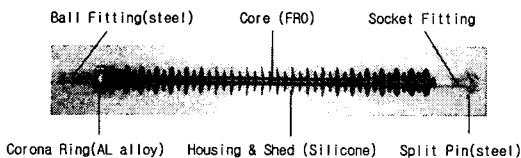
1. 서 론

송전선로의 전력선을 첩탑과 절연시키기 위하여 애자를 설치하고 있으며 우리나라에서는 자기애자, 유리애자, 폴리머애자가 사용되고 있다. 우리나라의 송전용 애자 중 자기애자의 점유율은 99.51%로 모든 송전전압에 설치되어 있으며 유리애자의 점유율은 0.44%로 345kV 송전선로에 일부 사용되고 있고 폴리머애자는 0.05%로 154kV 송전선로에 설치되어 있다. 폴리머애자는 내오손 특성이 매우 우수한 고분자 중합체 화합물로 경량성, 방폭성, 충격성, 경제성, 시공성 등에서 매우 양호한 특성을 갖고 있어 우리나라에서는 1999년부터 154kV 송전선로에 사용하기 시작하여 2006년부터 확대 사용하고 있으며 345kV용 폴리머애자는 현재 개발 완료하고 성능시험 중으로 2006년 하반기부터 시험 사용할 계획이다. 현재 현수애자연을 첩탑과 전선 간에 설치하기 위하여 작업자가 애자연을 타고 이동하고 있으나 폴리머 애자런에 작업자가 올라 갈 경우에는 폴리머애자가 오염되고 하우징에 흠집이 발생하게 되어 열화의 진전이 빠르게 되고 코로나가 발생하여 수명을 단축시키게 된다. 본 논문에서는 작업자가 폴리머애자연을 올라타지 않고 작업할 수 있도록 고강도 알루미늄합금으로 작업용 사다리를 설계하고 첩탑과 전선에 쉽게 설치할 수 있도록 clamp type의 연결장치와 안전장치를 개발하였다. 본 연구에 의하여 개발된 폴리머애자 작업용 사다리는 154kV와 345kV 폴리머애자에 범용으로 사용할 수 있으며 안전성을 확보하기 위하여 강도시험과 하중시험을 시행하고 현장에서의 활용방안을 제시하였다.

2. 송전용 폴리머애자의 구조 및 특성

2.1 송전용 폴리머애자의 구조

Polymer는 같은 종류 또는 다른 종류들의 고분자가 중합하여 생기는 화합물을 말하며, 폴리머애자(polymer insulator)는 고분자 중합체 화합물인 폴리머로 만든 애자로 EPDM, silicon rubber, epoxy 애자를 총칭하여 composite insulator라고도 한다. 송전용 폴리머애자는 core, housing and shed, ball fitting, socket fitting, split pin과 corona ring으로 구성되어 있다. Core는 에폭시수지에 glass fiber를 함침시켜 인발 성형으로 제조한 유리섬유강화플라스틱(Fiber Reinforcededc Plastics, FRP) rod로 내부절연 및 기계적 하중을 담당하며, housing과 shed는 silicone 외피로서 core를 보호하면서 외부환경에 의한 오손특성과 누설거리를 확보하는 기능을 담당한다. End fitting(ball and socket fitting)은 첩탑과 전력선을 연결하기 위하여 절연부 양단에 취부되는 연결용 금구이며, corona ring은 tracking 등에 의한 코로나와 전과장해로부터 shed를 보호하기 위한 금구류로 송전용 폴리머애자의 형상 및 구조는 그림1과 같다.[1]



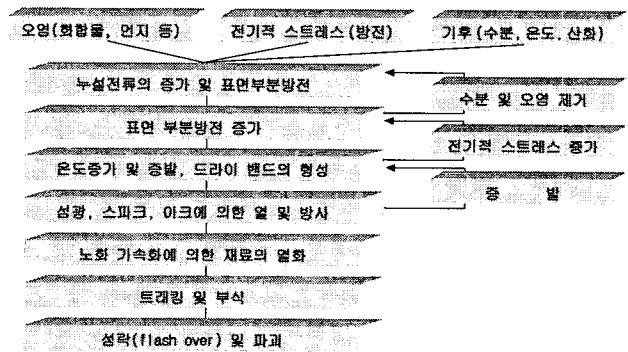
<그림 1> 송전용 폴리머애자의 구조 및 형상

2.2 폴리머애자의 절연특성

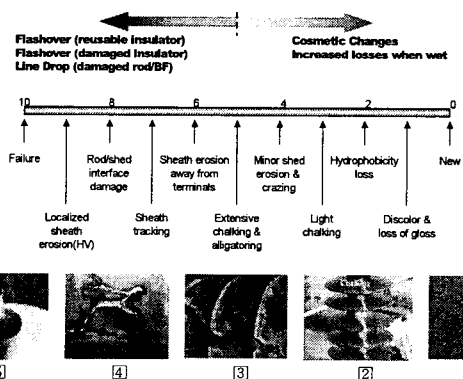
폴리머애자는 고분자 중합체 화합물인 신소재를 이용한 애자로서 매우 우수한 특성을 갖고 있다. 대표적인 특성으로는 내오손 특성으로서 고분자 실리콘 성분이 shed 표면에 약 10~30µm의 두께로 지속적으로 형성되므로 누설전류가 흐르며 그에 따른 방전으로 인하여 트래킹이 발생할 수 있다. 이것은 표면에너지가 작아 표면에 물이 닿아도 퍼지지 않고 결집되므로 그 만큼 누설전류가 흐르지 않기 때문이다. 반면 표면이 오손되고 습기의 영향으로 누설전류가 흐르면 그에 따른 방전으로 인하여 트래킹이 발생할 수 있다. 이것은 공기와 고체 계면에 있는 공기의 절연과과 한계를 순간적으로 초과하므로써 발생하는 현상으로 고분자 애자의 가장 큰 취약특성 중 하나이다. 전기, 화학적 침식특성은 이온 물질이 금구류 또는 카본 트래킹 물질과 만날 때 표면누설전류가 발생하면서 제공하는 이온방전에 의한 것이다. 전리되어 생긴 생성물에는 필러(filler)가 든 에폭시를 부식시킬 수 있는 수산화나트륨 같은 독성도 포함하고 있어 하우징이 손상될 수도 있다. 그러나 표면에 확산된 약한 침식은 하우징 표면에서는 큰 문제가 되지 않는다.[2][3]

2.3 폴리머애자의 열화특성

복합 고분자 절연재료의 열화는 수분, 먼지 등과 같은 대기 중의 오염물질이 절연물의 표면에 부착하여 일어나는 오손에 의한 열화, 온도의 변화에 의한 열 열화, 태양광 중 단파장이며 고에너지 영역인 자외선에 의한 광열화, 오존이나 황산 및 질산 등에 기인한 환경적 요인에 의한 열화, 기계적 요인에 의한 열화 및 전기적 요인에 의한 열화 등으로 구분할 수 있다. 또한 이러한 요인들은 실제 사용 중에 두 가지 이상의 요인들이 복합적으로 작용하게 되며 폴리머애자의 열화 메커니즘은 그림2 및 그림3과 같다.[3][4]



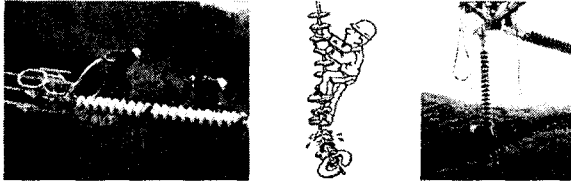
<그림 2> 폴리머애자의 열화 메커니즘



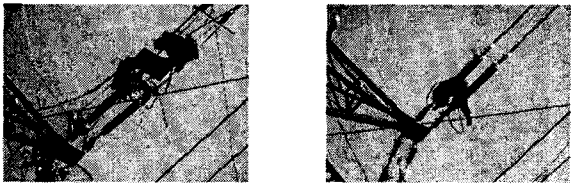
<그림 3> 송전용 폴리머애자의 열화 과정

3. 송전용 폴리머애자의 시공방법

철탑에 애자편을 설치하고 애자에 전선을 고정시키기 위해서는 작업자가 애자를 거쳐 전선까지 나가야 한다. 이 때 외국의 경우에는 폴리머애자는 물론 자기애자나 유리애자를 설치할 경우에도 반드시 사다리를 설치하여 작업을 하고 있으나 우리나라의 경우에는 작업자 대부분이 그림4와 같이 애자편을 타고 나가거나 작업을 하고 있다. 이는 작업용 사다리가 표준화되어 있지 않을 뿐만 아니라 현장에서 애자편을 타고 나가거나 기어 오르내리며 작업하는 것을 일종의 공법으로 잘못 인식하고 있기 때문이다. 작업자가 애자편에 기어 오르내리거나 밟고 작업하게 되면 작업화에 묻어 있는 흙이나 모래 등으로 인하여 애자표면이 손상되거나 흠집이 발생되게 되며, 특히 폴리머애자의 경우 그림5와 같이 애자편을 타고 이동하거나 작업을 하게 되면 절연의피(silicone housing)가 긁히거나 흠집이 생기게 되므로 코로나 열화로 인하여 절연성능이 저하되고 수명이 짧아지게 된다. [5]



〈그림 4〉 애자편을 이용한 작업 및 이동방법

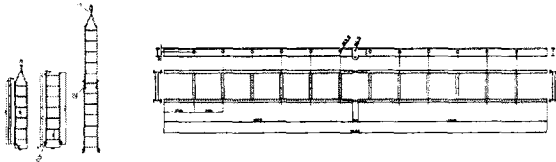


〈그림 5〉 폴리머애자를 이용한 작업 및 이동방법

4. 폴리머애자 공사용 장비의 설계 및 개발

4.1 폴리머애자 공사용 장비의 구조설계

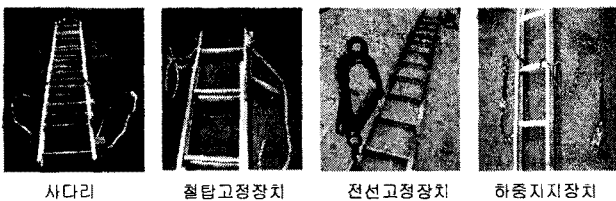
송전용 폴리머애자 공사용 장비는 154kV 및 345kV 현수애자편과 내장애자편에 범용으로 사용할 수 있도록 설계하였으며, 사다리, 철탑고정장치, 전선고정장치, 하중지지장치를 구성하였다. 사다리는 견고하면서 가볍고 운반이 용이하도록 버팀대는 폭 100mm, 높이 200mm, 두께 6mm의 알루미늄합금(Al 6063 ST-5)으로 압출 성형된 I-beam을 사용하였으며, 발받침대는 외경 28mm의 알루미늄합금(Al 6063 ST-5) 강관을 사용하였고 전체 구조는 2단 hinge type 접이식으로 1단으로 접은 길이는 1,808mm, 2단으로 펼친 길이는 3,666mm로 설계하여 1단으로 접으면 154kV 폴리머애자편 작업에, 2단으로 펼치면 345kV 작업에 사용할 수 있도록 하였으며 작업자가 걸터앉아 작업할 수 있도록 사다리 폭은 420mm, 발받침대 간격은 350mm로 설계하였다. 사다리의 총중량은 24.7kg, 수직내하중은 400kg로 설계구조는 그림6과 같다.



〈그림 6〉 폴리머애자 공사용 장비의 구조설계

4.2 폴리머애자 공사용 장비의 개발

송전용 폴리머애자 공사용 사다리를 신속하고 간편하게 설치하고 철거할 수 있도록 철탑고정장치와 전선고정장치, 하중지지장치를 신속제작 구조로 설계·제작하였으며 구조와 형상은 그림7과 같다.



〈그림 7〉 폴리머애자 공사용 장비의 구조설계

철탑고정장치는 로프의 길이를 조정할 수 있도록 신축조절기를 버팀대 측면에 부착하였고 로프에 hook를 부착하였으며 로프는 직경 13mm, 길이 1,160mm, 인장강도 22kN(2,245kg)의 합성섬유를 사용하였다. 전선고정장치는 철탑

에서 작업용 로프를 이용하여 전선에 설치할 수 있도록 hook-clamp type으로 버팀대 상부에 부착하였으며 사다리 설치각도에 따라 hook-clamp가 360도 회전할 수 있도록 한 회전장치와 hook-clamp 이탈 방지용 잠금장치를 설치하고 전선의 손상을 방지하기 위하여 고무로 피복하였으며 최소인장강도 1,530kgf 이상, 길이 720mm로 제작하였다. 하중지지장치는 사다리의 뒤편을 방지하기 위하여 사다리 중간 부분을 직경 13mm 로프로 전선에 고정할 수 있도록 hook를 부착하였다.

5. 성능 및 현장적용 시험

5.1 성능시험

사다리의 강도시험은 KS G 3701(알루미늄 사다리의 성능기준 및 시험방법)을 적용하여 사다리의 최대전류휘량 및 최대휘량을 그림8과 같이 측정하였다.



〈그림 8〉 폴리머애자 공사용 장비의 성능시험

최대전류휘량은 500N의 수직하중을 1분 동안 가한 후 450N의 하중을 제거하고 다시 950N의 수직하중(총 1,000N)을 1분 동안 가한 후 하중을 제거하여 50N이 가압된 상태에서 측정하였다. 최대휘량은 50N의 하중이 남은 상태에서 추가로 750N의 하중을 추가하여 총 800N의 하중을 1분 동안 가한 후 측정하였다. 시험은 5회 반복 측정하였으며 최대전류휘량은 성능기준 7.2mm의 19.4%인 1.4mm로, 가로방향 최대휘량은 성능기준 18mm의 73%인 13.16mm로 양호하게 측정되었고 시험 후의 변형은 발생되지 않았다.

5.2 현장 적용시험

폴리머애자 공사용 장비의 성능시험을 완료하고 철탑에 설치하여 현장적용시험을 하였다. 현수애자편과 내장애자편의 작업성능을 확인하기 위하여 그림9와 같이 사다리를 수평방향과 수직방향으로 설치하고 작업한 후 작업자의 설문조사를 실시하여 편리성과 안전성을 확인하였다.



〈그림 9〉 폴리머애자 공사용 장비의 현장적용시험

5. 결 론

철탑에 애자편을 설치하고 애자에 전선을 고정시키기 위해서는 작업자가 애자를 거쳐 전선까지 나가야 한다. 우리나라의 경우에는 애자편 설치작업이나 전선압축 작업 등 긴선작업을 할 경우 사다리를 사용하지 않고 애자편을 타고 나가거나 기어 오르내리며 작업하고 있다. 이로 인하여 폴리머애자의 절연외피(silicone housing)가 긁히거나 흠집이 생기게 되어 코로나 열화로 인하여 절연성능이 저하되고 수명이 짧아지게 된다. 따라서 본 연구에서는 철탑 위에서의 모든 작업을 사다리를 이용하여 작업할 수 있도록 폴리머애자 작업용 사다리를 개발하였다. 본 장비는 154kV 및 345kV 송전선로 작업에 범용으로 사용할 수 있도록 2단 접이식으로 개발하였으며 가벼우면서 높은 인장강도를 확보할 수 있도록 알루미늄합금을 사용하였고 설치 및 철거가 용이하도록 철탑고정장치, 전선고정장치, 하중지지장치 등을 개발하였다. 본 장비를 사용할 경우 폴리머애자편의 절연성능을 확보하면서 작업자의 안전을 크게 향상시킬 것으로 판단된다. 또한 폴리머애자 뿐만 아니라 자기애자나 유리애자의 경우에도 송전용 절연물에 대한 절연성능의 확보와 작업능률 향상, 그리고 안전사고 예방 등을 위하여 본 장비가 적극적으로 사용되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 송전용 폴리머애자의 산불영향 신뢰성 평가(최종보고서), 한국전력공사, pp.9~16, 2005.3.
- [2] 송전용 폴리머애자 확대사용 계획, 한국전력공사, pp.1~14, 2006.1.
- [3] 구경관, 이원형, "전력설비 신뢰성 증대를 위한 불량애자 검출기법의 최적화", 영동대학교, pp.10~11, pp.16~19, 2003.9.
- [4] 송전용 폴리머애자 작업용 장비개발(최종보고서), 한국전력공사, pp.3~5, pp.18~24, pp.70~125, 2005.8.
- [5] Polymer Suspension Insulators Handling Instruction(ISO 9001 Certified Supplier), LNPI, pp.2~6, 1999.