

조립식점퍼장치의 불평형 횡진의 해석과 영향 연구

손 흥 관, 이 은 웅
한국전기연구소, 충남대학교

A study on the Analysis and Effects for Unbalanced Swing Characteristics of Prefabricated Jumper Devices.

H.K.Sohn, E.W.Lee
KERI, Chung-Nam Univ.

Abstract - The purpose of swing analysis for prefabricated jumper devices are to prevent flashover between jumper device and tower post. To prevent flashover, proper weight is add to the horizontal rod. This paper is a proposed to the analysis methods and the effects for unbalanced swing characteristics of prefabricated jumper devices. And the proposed technique is applied with the 345kV and 765kV transmission lines.

1. 서 론

점퍼장치에 대한 횡진해석의 근본적인 목적은 강풍이나 태풍이 불 때 점퍼장치가 풍압에 의해 첩탑의 탑체로 접근하여 섬락되는 사고를 방지하기 위한 것이다. 첩탑의 규모를 최소화하면서 점퍼장치가 섬락되는 것을 방지하기 위해서는 적절한 방법에 의해 점퍼장치의 횡진을 억제하지 않으면 안된다. 따라서 점퍼장치에 대한 정확한 횡진해석을 근거로 최소한의 억제량을 산정하여 억제대책을 수립해야만 한다.

일반적으로 점퍼장치의 횡진에 영향을 미치는 요소는 여러 가지가 있으나 그 중에서 카테너리각의 영향이 가장 크다고 할 수 있다. 그런데 지금까지 점퍼장치 횡진해석시 카테너리각은 좌우측이 동일하다고 가정하여 좌우측의 평균값으로 해석을 실시하였다. 그러나 실제 선로에서는 좌우측의 카테너리각이 같은 경우가 거의 없으며, 절연거리의 영향은 카테너리각이 작은측의 영향을 많이 받게 되므로 좌우측의 카테너리각을 별도로 취급할 필요성이 제기된다.

본 논문에서는 좌우 카테너리각이 다른 경우 점퍼장치의 횡진특성을 해석하고 이의 적용방안에 대하여 언급하였으며, 이를 실제 선로에 적용하고, 그 결과를 비교하여 효용성을 입증함으로써 더 정확한 설계가 되도록 하였다.

2. 기존의 횡진해석 방법

2.1 카테너리각의 환산

지금까지 점퍼장치에 대한 횡진특성의 해석은 편의상 좌우 카테너리각이 동일한 조건으로 환산하여 실시하는 것이 일반적이었다. 그러나 실선로에서 좌우의 카테너리각이 동일한 경우는 거의 없으므로 이에 대한 해석방법을 수정할 필요가 있다.

그림 1과 같이 좌우의 카테너리각이 다른 경우 좌우 카테너리각의 평균값으로 횡진특성을 해석하였으나 점퍼장치의 횡진특성은 카테너리각이 작은측(그림1의 우측)이 더 취약하고, 횡진각이 선형적으로 나타나지 않으므로 횡진해석시 평균 카테너리각을 사용하는 데는 다소 무리가 있다. 즉 그림 1에서 실제 설치된 점퍼장치의 형상은 점선으로 표시된 부분이지만 횡진해석시 실선과 같이 카테너리각을 변환하여 좌표계산 및 모멘트 계산을

하기 때문에 실제와 다소 차이가 발생할 수 있는 문제점이 있다.

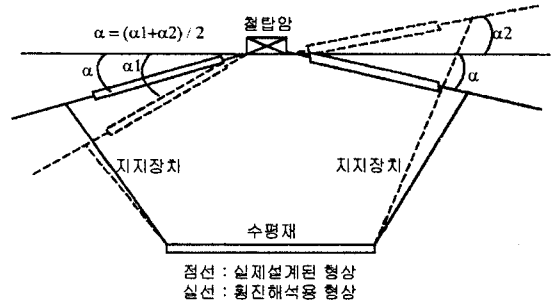


그림 1. 횡진해석시 카테너리각의 적용

2.2 횡진각도에 의한 규제

횡진특성은 일반적으로 횡진각도로 표현하고 있으며, 이는 적용의 편리성과 절대치라는 관점에서 유리하다. 그러나 점퍼장치를 설계할 때 점퍼깊이를 일정 값으로 고정할 수 없다는 점과 설계의 최종 목표가 절연이격거리 확보라는 관점에서 보면 횡진이동거리로 취급함이 타당하다.

그림 2는 횡진각이 θ 일 때 각 점퍼깊이($Zo1, Zo2, Zo3, Zo4$)에 따라 횡진이동거리($Lo1, Lo2, Lo3, Lo4$)가 다름을 나타내고 있다. 즉 횡진각도는 점퍼깊이와 함께 표시될 때 의미가 있게 된다. 절연거리계선까지 횡진이동이 가능하도록 설계할 경우 점퍼깊이가 작으면 횡진각을 크게할 수 있고, 점퍼깊이가 크면 횡진각을 작게 설계할 수 있는 것이다.

따라서 점퍼장치의 설계를 위한 횡진해석은 횡진이동거리를 산출하여 이를 확인하는 과정이 추가되어야 정확한 설계가 가능하다.

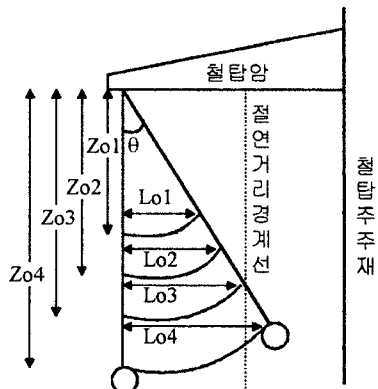


그림 2. 횡진각과 횡진이동거리

2.3 횡진특성과 절연이격거리

횡진각으로 표현되는 횡진특성을 이용하여 절연이격거리를 검토할 때 지금까지는 평면적으로 해석하여 수평재 중앙으로부터 탑체까지의 거리를 고려하고 있으나 이는 좌우카테너리각을 같다고 가정할 경우에만 적용이 가능하다. 그림 3에서 알 수 있듯이 좌우의 카테너리각이 달라서 불평형 횡진을 하는 경우에는 수평재 중앙부에서 탑체까지의 거리를 절연이격거리로 볼 수 없으며, 탑체 폭과 횡진후 수평재의 위치를 검토할 필요가 있다.

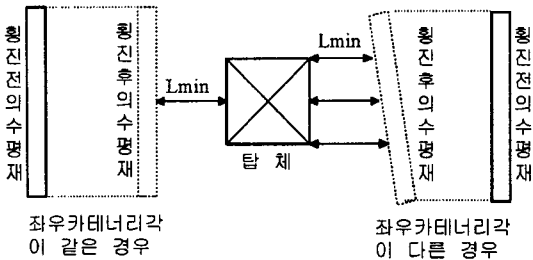


그림 3. 평형 및 불평형 횡진과 절연이격거리

3. 불평형 횡진의 해석 및 적용

3.1 불평형 횡진의 해석 방법

불평형 횡진의 해석은 점퍼장치의 전원측과 부하측이 각각의 카테너리각에 의해 횡진한다고 가정하고, 각각에 대해 해석을 실시한 후 이들의 연결선상에 수평재가 존재하는 것으로 간주하였다. 이 경우 횡진해석 및 횡진역제용 증량물의 추가에 대한 해석 절차를 그림 4에 나타냈다.

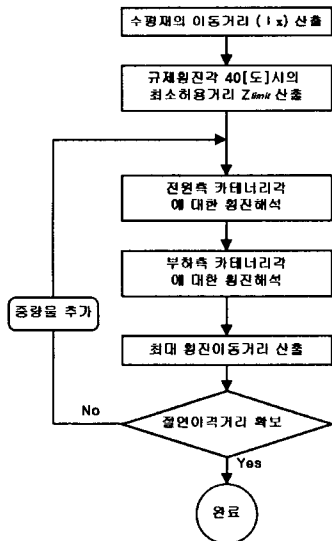


그림 4. 불평형횡진의 해석흐름도

3.2 수평재의 이동거리 산출

불평형 횡진의 해석에 대한 기본적인 개념은 그림 3과 같으나 첩탑주주재의 중심과 수평재의 중심이 항상 일치하는 것은 아니다. 좌우 카테너리각이 다른 경우 수평재는 힘의 평형점을 찾아 이동하게 되어 탑체의 중심으로부터 벗어나게 된다. 따라서 탑체와의 최소절연거리를

를 산출하기 위해서는 수평재의 중심이 탑체의 중심으로 부터 얼마나 이동하였는지를 파악할 필요가 있다. 수평재의 이동에 대해서는 그림 5와 같이 육각형의 기하학적인 균형에 의해 점퍼장치의 형상이 결정되며, 동시에 수평재의 이동량도 산출할 수 있다.

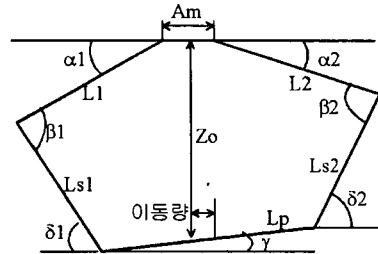


그림 5. 조립식점퍼장치의 형상결정

- $\alpha 1, \alpha 2$: 전원/부하측 카테너리각
- $L1, L2$: 전원/부하측 애자런길이
- $\delta 1, \delta 2$: 전원/부하측 지지장치의 경사각
- $\beta 1, \beta 2$: 전원/부하측 애자런과 지지장치가 이루는 각
- $Ls1, Ls2$: 전원/부하측 지지장치 길이
- A_m : 첩탑암의 폭
- L_p : 수평재의 길이
- γ : 수평재의 경사각
- Z_o : 점퍼깊이

3.3 최대 횡진이동거리 산출

점퍼장치의 불평형 횡진에 의한 수평재의 이동거리는 각 위치에 따라 다르므로 횡진상태에서 첩탑주주재에 가장 가까운 거리를 산출해야 한다. 이때 수평재의 이동거리를 고려하여 최대횡진이동거리를 산출해야 하며, 탑체와는 최소허용이격거리 이상을 확보할 수 있어야 한다.

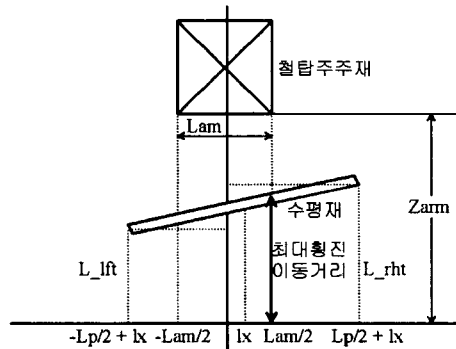


그림 6. 최대 횡진이동거리의 산출

수평재의 이동거리를 고려한 최대 횡진이동거리는 그림 6과 같이 횡진이 큰 쪽의 첩탑주주재 끝부분에 대한 이동거리로서 다음과 같이 고려할 수 있다.

$$i) L_{rht} \geq L_{lift}$$

$$l_{max} = \frac{L_{rht} - L_{lift}}{L_p} \left(\frac{L_{am}}{2} - l_x \right) + \frac{L_{rht} + L_{lift}}{2}$$

$$ii) L_{rht} < L_{lift}$$

$$l_{max} = \frac{L_{rht} - L_{lift}}{L_p} \left(-\frac{L_{am}}{2} - l_x \right) + \frac{L_{rht} + L_{lift}}{2}$$

따라서 절연이격거리는 다음과 같이 구할 수 있으며, 이것은 최소허용거리보다 커야 한다.

$$Z_{min} = Z_{arm} - l_{max} \geq Z_{limit}$$

4. 사례연구

4.1 765kV 송전선로의 적용예

상기에서 제시한 불평형 횡진에 대한 영향을 검토하기 위하여 765kV 당진화력T/L 및 신서산T/L의 일부 철탑에 대해 사례연구를 실시하였다. 해석에 사용된 데이터는 표1과 같으며, 해석결과는 표2에 나타났다.

표 1. 765kV선로의 사례연구에 사용한 데이터

CASE	지역구분 오손구분	적용애자련	카테너리각	수평재 길 이
1	제3지역 청정1지구	3련내장 28개/련 400kN	전원:18.426 부하: 7.632 평균:13.029	8m
2	제3지역 청정2지구	3련내장 36개/련 400kN	전원:20.066 부하: 9.344 평균:14.705	12m
3	제3지역 오손A지구	3련내장 41개/련 400kN	전원:20.828 부하:10.147 평균:15.487	13m

표 2. 765kV 선로 사례연구의 해석결과

No	구 분	점 퍼 깊 이	횡진각	이동거 리(A)	이동거 리(B)	수평재 이동량	증가분
Case1	기존방식	6.460	30.971	3.324	3.324	-193	229
	제안방식	6.557	26.003	2.875	3.553		
		6.366	36.100	3.751			
Case2	기존방식	6.234	24.606	2.596	2.596	-502	271
	제안방식	6.272	18.697	2.011	2.867		
		6.292	30.773	3.219			
Case3	기존방식	6.343	22.415	2.419	2.419	-746	276
	제안방식	6.349	15.981	1.748	2.695		
		6.341	29.044	3.079			

(주) 1. 제안방식의 위쪽은 전원측, 아래쪽은 부하측임
2. 이동거리(A)는 수평재 양단의 횡진이동거리(m)임
3. 이동거리(B)는 주주재 범위내의 횡진이동거리(m)임
4. 증가분은 기존방식과 제안방식 사이의 이동거리(B)의 차이

4.2 345kV 송전선로의 적용예

345kV 송전선로에 대한 사례연구는 기존의 345kV에 조립식점퍼장치를 적용하고 있지 않으므로 현재 건설 중인 345kV 영흥송전선로를 대상으로 사례연구를 실시하였다. 345kV 영흥송전선로는 육상구간과 해상구간으로 분리되어 그 적용애자 및 애자련의 길이가 다르다. 따라서 육상구간 및 해상구간 각각에 대해 해석하였다.

표 3. 345kV 영흥선로의 사례연구에 사용한 데이터

CASE	지역구분 오손구분	적용애자련	카테너리각	수평재 길 이
4	제2지역 육상구간	2련내장 27개/련 300kN	전원:21.911 부하:11.432 평균:16.671	6m
5	제2지역 해상구간	2련내장 28개/련 400kN	전원:20.753 부하:10.144 평균:15.448	8m

표 4. 345kV 영흥송전선로 사례연구의 해석결과

No	구 분	점 퍼 깊 이	횡진각	이동거 리(A)	이동거 리(B)	수평재 이동량	증가분
Case4	기존방식	4.345	34.976	2.491	2.491	-542	410
	제안방식	4.391	26.161	1.936	2.901		
		4.419	44.367	3.084			
Case5	기존방식	4.553	33.292	2.499	2.499	-632	295
	제안방식	4.534	24.146	1.855	2.794		
		4.580	42.267	3.080			

(주) 1. 제안방식의 위쪽은 전원측, 아래쪽은 부하측임
2. 이동거리(A)는 수평재 양단의 횡진이동거리(m)임
3. 이동거리(B)는 주주재 범위내의 횡진이동거리(m)임
4. 증가분은 기존방식과 제안방식 사이의 이동거리(B)의 차이

4.3 사례연구에 대한 결과분석

이상과 같이 불평형 횡진에 대해 제안된 방법으로 해석한 결과 표 2 및 표 4에 나타난 바와 같이 기존방식에 비해 불평형 횡진에 의한 수평재의 이동거리가 약 200~400(mm) 정도 증가되었다. 이것은 수평재가 탑체에 더 접근하고 있음을 의미하며, 기존방식으로 점퍼장치를 설계할 경우 탑체와의 절연거리를 확보하지 못할 수도 있음을 나타낸다.

따라서 점퍼장치의 횡진억제대책의 설계시 반드시 불평형 횡진을 실시하여 절연거리가 부족하지 않도록 할 필요가 있다. 또한 횡진억제용 증량물의 설치증량도 전원측과 부하측에 달리 적용하는 방안에 대해서도 검토할 필요가 있다고 판단된다.

5. 결 론

이상에서 검토한 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 조립식점퍼장치의 횡진해석시 좌우 카테너리각의 평균값으로 해석할 경우 탑체와의 절연이격거리 계산에 부정확한 부분이 있음을 확인했다.
- (2) 점퍼장치의 횡진해석 결과는 점퍼깊이와 횡진각을 동시에 표현해야 의미가 있으며, 횡진이동거리로 표현하는 것이 더 정확하다.
- (3) 수평재의 이동량을 고려한 불평형 횡진에 대한 해석방법을 제시하였으며, 검토결과 기존방식에 비해 횡진이동거리가 증가됨을 알 수 있었다.
- (4) 횡진을 억제하기 위한 횡진억제용 증량물은 지금까지 좌우측에 동일한 증량을 설치하였으나 횡진에 취약한 쪽에 더 많이 설치하는 방법에 대해 계속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 손홍관, 이은용, 조성배, "조립식점퍼장치의 정적인 진동 특성 해석연구", 1997년 전기기기연구회 춘계학술발표회 논문집, pp.62-66, 1997.4
- [2] 손홍관, 이은용, 조성배, "조립식점퍼장치의 횡진동 특성 해석에 관한 연구", 대한전기학회 논문지, 제46권 제9호, pp.1334-1339, 1997.9
- [3] 손홍관, 이은용, "현수리운 부가한 점퍼장치의 횡진억제 효과 분석", 1997년 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp.35-37, 1997.11
- [4] 손홍관, 이은용, "풍압면적의 변화를 고려한 점퍼장치의 횡진특성 분석", 1998년 전기기기연구회 춘계학술발표회 논문집, pp.66-68, 1998.5
- [5] 손홍관, 이은용, "횡진특성에 의한 345kV용 조립식점퍼장치 수평재의 적정 굵기 선정", 1998년 대한전기학회 하계학술대회 논문집(A), pp.254-256, 1998.7
- [6] 전기협동연구회, "다도체용 전선부속품", 전기협동연구, 제41권 제3호, pp.34-59, 1985.12