한국소음진동공학회 2010년 추계학술대회논문집, pp.378~379

송전선로의 Galloping 현상 및 고유진동수 해석
Galloping phenomenon and Analysis natural frequency for conductor transmission line

구 재량†
Koo, Jae Raeyang

1. 서 론

송전선로에서 발생하는 진동은 풍속의 세기에 따라 미풍진동, Subspan Oscillation, Galloping, 난류진동 등이 발생한다. Galloping을 제외한 진동은 송전선에 피로와 마모등을 발생시키어 송전선의 설계수명을 저감시키며 진동의 진폭은 약 송전선 두께의 9mm ~ 30cm이하지만 겨울철에 발생하는 Galloping의 진폭은 수cm ~ 12mm로 매우 큰 진폭으로 상간단락을 발생시키어 순간전압 강하가 발생한다.
이에 본 고에서는 송전선로에서 발생하는 Galloping 현상과 송전선로 고유진동수의 상관관계에 대하여 논의하고자 한다.

2. Galloping

2.1 Galloping

Galloping이란 겨울철 전선의 표면에 착빙설 현상으로 전선의 직경이 커지고, 착빙설이 전선표면에 크게 달라붙거나 형성이 되면 비행기의 날개가 양력을 받아 진동을 일으키는 현상이다.

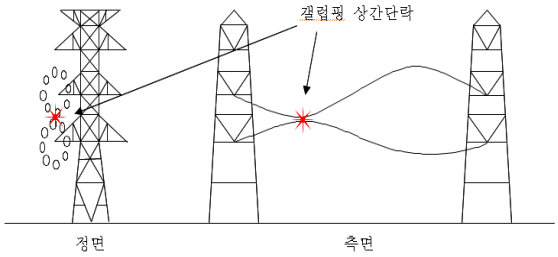

Fig. 1 Galloping phenomenon

Galloping의 진동진폭은 수cm ~ 12m 이하이며 전선전체에 걸쳐서 천천히 커다란 파동을 일으키게 되고 점점 커다란 진폭으로 발전되어 전선 상호 접근에 의하여 단락사고나 철탑, 금구류에 대한 설비사고를 발생시킬 가능성이 커진다.

† 구 재량; 한국전력공사 전력연구원
E-mail : kjrforyou@kepco.co.kr
Tel : (042) 865-7557, Fax : (042) 865-5444

2.2 Galloping의 지형 및 기상 특징

Galloping의 발생은 기본적으로 풍속이 약 7m/s ~ 25m/s의 강풍에서 발생하며 전선에 습윤한 눈이나 빙설의 부착이 일어나기 쉬운 장소, 지형적으로 강한 바람이 지속적으로 불기 쉬운 산마루 부근과 계곡을 횡단하는 장소, 평야지에서 탁트인 지형의 평원과 호반, 도로를 횡단하는 지형 등에서 주로 발생한다.

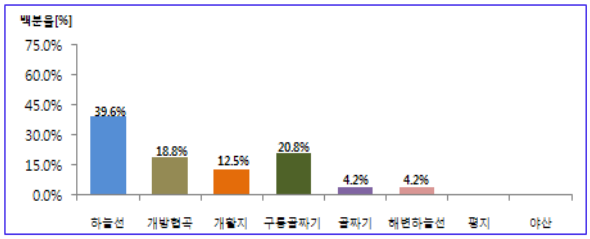

Fig. 2 Landform

겨울철 눈이 내릴 때 발생하며 우리나라에서는 12월 ~ 2월 사이, 대기온도 온도 -1℃ ~ 2.5℃ 사이에서 주로 발생한다.

2.3 Galloping과 송전선로의 물리적특징

철탑경간은 300m ~ 450m 사이에서 주로 발생하며 철탑의 특징인 애자련형에서는 내장-내장형(60%), 내장-현수형(27.5%), 현수-현수형(12.5%)에서 발생한다.

Fig. 3 Insulator Type

2.4 전선장력

전선장력은 2,000 ~ 3,200Kgf 사이가 85%을 점유하고 있으나, 발생개소와 미 발생개소의 장력차일을 분석한 결과 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며 전선 장력은 Galloping

에 큰 영향을 주지 않은 것으로 분석되었다.

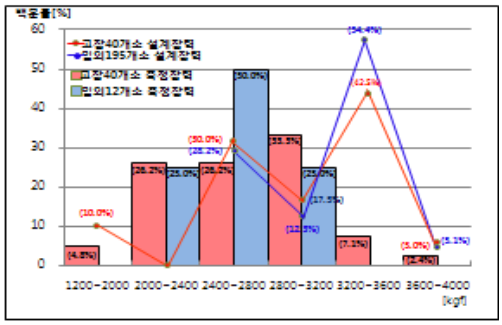

Fig. 4 Tension of Conductor Line

2.5 그밖의 물리적 상수

Galloping은 주로 우리나라에서는 복도체 송전선로에서 대부분 발생하고 있기 때문에 후류에 의한 진동을 분석하였다

$Ns = (V \times S)/D$ Ns : Vortex Shedding Frequency

V : 바람의 풍속, D :전선직경, S : Strouhal Number

위의 계산결과 송전선로에서 발생하는 Vortex Shedding Frequency는 3Hz ~ 86Hz 범위에 있는 것으로 나타났다.

Fig. 4 Vortex Trail

Sag비는 경간길이가 각가 다른 송전선로에 이도를 비교평가하는 물리량으로 발생개소와 미 발생 개소의 Sag비는 0.01 ~ 0.03사이에 70% 이상 차지하고 있어 Galloping과는 큰 영향이 없는 것으로 분석되었다.

구간	고장개소		임의개소	
0~0.0099	0	0%	3	2%
0.0100~0.0199	18	45%	95	49%
0.0200~0.0299	10	25%	82	42%
0.0300~0.0399	10	25%	13	7%
0.0400~0.0499	2	5%	2	1%
합계	40	100%	195	100%

Fig. 5 Sag Ratio

$M = (EA(WS)^2/24T^3)\cos\delta_n$ M :선로상수, EA : 등가탄성력, W : 전선중량, T : 장력, δn :tan-1(h/s), S :경간길이, h :고저차, 송전선로의 경간과 장력에 대한 특성을 표시하는 상수로 발생개소와 미 발생개소의 선로상수 비는 1 ~ 3사이로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

3. 장력 및 고유진동수의 전산해석

3.1 SAP을 이용한 장력해석

현재까지 Galloping이 발생한 40개소에 대하여 SAP 해석코드를 이용하여 장력에 대한 해석을 실시하였다.

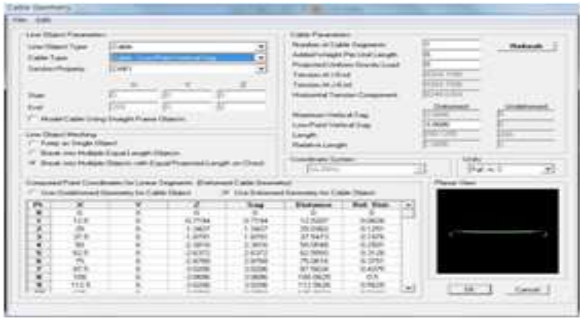

Fig. 6 SAP Program

경계조건은 Maximum Vertical Sag로 현장에서 실측한 최대 처짐이도로 해석을 실시하였으며 해석결과는 다음과 같다.

장력분석(kgf)	고장개소			
구간	설계장력	비율(%)	측정장력	비율(%)
2,0000이하	1	3	3	7
2,001~3,000	32	82	33	85
3,001~4,000	7	15	4	8

Fig. 6 Result of Tension

해석결과 발생개소와 미발생개소의 장력범위는 2,000 ~ 3,000Kgf로 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

3.2 고유진동수해석

SAP을 이용하여 송전선로에 대한 고유진동수를 해석하였으며 결과는 다음과 같이 나타났다.

1차고유진동수 분석	고장개소			
구간	설계이도	비율(%)	측정이도	비율(%)
0~0.099	5	13	6	15
0.1~0.199	31	77	30	75
0.2~0.299	4	10	4	10

Fig. 6 Result of Natural Frequency

발생개소와 미발생개소의 1차 고유진동수 범위는 0.1Hz ~ 0.199Hz에 약 80% 이상을 점유하고 있으며 고유진동수 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

4. 결 론

송전선로의 Galloping은 겨울철 송전선에 착빙이 발생하여 양력에 의한 횡진운동과 고유진동수와 일치할 때 발생하는 현상으로 송전선의 물리적 특성보다는 자연조건에 영향을 많이 받으며 고유진동수가 아주 저 주파수에서 발생하는 것을 확인 할 수 있었다.