

6도체 무볼트형 Spacer Damper의 진동현상에 관한 연구

(A Study on the Vibration Phenomenon of 6 Bundle Boltless Spacer Damper)

김영달*

(Young - Dal Kim)

요 약

Spacer damper는 다도체 송전선로에서 각 소도체 간의 간격을 유지시켜 주며, 전기적 및 기계적인 외부 요인들에 의해 발생되어진 진동에너지로부터 파생되어지는 각종 피해로부터 전선을 보호하기 위해 적절한 간격을 두고 설치된다. 송전선로에서 발생되어진 진동현상의 결과에 의해 전선의 소손 또는 단선 등의 사고를 방지 및 유지 보수시 어려움을 충분히 감안하여 최적의 요소기술을 구현하는 것이 가장 중요하다. 그러므로 본 논문에서는 Spacer damper에 대한 진동특성 해석은 도선 운동의 지배방정식, Spacer damper의 운동방정식, Spacer damper가 체결된 전선의 경간 내 운동, 정적 처짐 해석 및 유한 차분법에 의한 수치해석 등의 해석적인 방법을 이용하여 정립하였다. 또한 실제 상황에 따라 수시로 변화되는 각종 진동현상을 시뮬레이션하여 Spacer damper의 설치 간격을 검토하였으며, 새로이 얻어진 해석적인 방법을 토대로 향 후 765kV 송전선로용 6도체 무볼트형 Spacer damper의 각종 진동현상을 해석 할 수 있을 것이다.

Abstract

Spacer dampers maintain the constant gaps between each conductor in a bundle conductor-transmission line, and are installed at proper intervals to keep a line from all sorts of damages derived from the vibration energy caused by mechanical or electrical external factors. It is most important to embody a technology which considers difficulties of maintenance and repair, and has optimum elements in order to prevent accidents such as destruction by fire or the snapping of a wire by the effect of vibration phenomenon coming from transmission line.

In the present thesis, therefore, the analysis of vibratory characteristics of spacer damper is set up by analytical methods such as the analysis of conductor motion's governing equation, the equation of spacer damper's motion, spacer damper-fastened wire's motion in a span, and the numerical analysis of finite difference method. Furthermore, the installation distance between spacer dampers was scrutinized by simulations of various vibration phenomena which change at any time as actual conditions do, and hereafter difference method. Furthermore, the installation distance between spacer dampers was scrutinized by

* 주 저 자 : 한밭대학교 전기공학과 공학박사
Tel : 042-821-1579, Fax : 042-821-1088
E-mail : zeromoon@hanbat.ac.kr

접수일자 : 2003년 3월 18일
1차심사 : 2003년 3월 27일
심사완료 : 2003년 4월 4일

simulations of various vibration phenomena which change at any time as actual conditions do, and hereafter we will be able to analyze all kinds of vibration phenomena coming from a boltless spacer damper with 6 bundle conductor for 765kV transmission line based on new analytical methods.

Key Words : Spacer damper, Conductor Motion's Governing Equation, Equation of Spacer damper's motion, Spacer damper-fastened Wire's Motion

1. 서론

가공 송전선로에 사용되고 있는 자재 중의 하나인 굵구류(Fittings)는 독립적인 역할과 다른 굵구류와의 상호 보완적인 역할을 수행하고 있다.

이러한 전선 굵구류 중 Spacer damper는 다도체로 구성된 송전선로에서 각 소도체 간의 간격을 유지시켜 주며, 각종 전기적 및 기계적인 외부 요인들에 의해 발생되어진 진동에너지를로부터 파생되어지는 각종 피해로부터 전선을 보호하기 위해 적절한 간격을 두고 설치되어야만 한다[1-3].

또한, 여러 원인에 의해 발생되어진 진동현상의 결과에 의해 전선의 소손 또는 단선 등으로 진전되는 사고파급의 방지 및 유지보수의 어려움 등을 충분히 감안하여 최적의 요소기술을 구현하는 것이 가장 중요하다.

그러므로 Spacer damper에 대한 진동특성을 해석하기 위해서는 도선 운동의 지배방정식, Spacer damper의 운동방정식, Spacer damper가 체결된 전선의 공간 내 운동, 정적 처짐 해석 및 유한 차분법에 의한 수치해석 등의 해석적인 방법을 이용하여 정립하고자 하며, 실제 상황에 따라 수시로 변화되는 각종 진동현상을 시뮬레이션하여 Spacer damper의 설치 간격을 검토하였다[4-9].

따라서 본 연구에서는 이러한 Spacer damper의 진동현상을 해석하고 이를 바탕으로 Spacer damper의 설치간격 검증에 대해 프로그램을 개발하고 이를 대상 공간에 대해 검토하는 것을 목적으로 하였다.

2.6 도체 무볼트형 Spacer damper 및 전선의 개요

본 연구에 이용될 765kV용 송전선용 6도체 무볼

트형 Spacer damper는 표 1과 같은 도체배치 형상을 갖으며, 크래프의 직경 및 간격을 유지하도록 제작되었다.

또한, 기본 특성 값들을 표 2에 정리하였고, 참고로 J사에서 개발한 실제 6도체 무볼트형 Spacer damper 형상 도면을 그림 1에 나타내었다.

또한 6도체 Spacer damper는 765[kV]용 송전선(ACSR 480C)에 사용되며, 송전선에 대한 기본 특성 값들을 표 3에 정리하였다.

표 1. 6도체 무볼트형 Spacer damper의 도체 배치

Table 1. Arrangement for conductor of 6 bundle boltless spacer damper


종류	도체 수	소도체 배열			
		배열	크래프 직경 [mm]	크래프 간격 [mm]	도체배치
ACSR 480C	6	정육각형	30.42 ±0.7	400 ±3	

표 2. 6도체 무볼트형 Spacer damper의 특성치

Table 2. Characteristics of 6 bundle boltless spacer damper

Spacer damper	중량	두께	관성 모멘트	적용부품의 재료
6도체용	11.5 [kg]	0.032 [m]	0.446 [kg · m ²]	<ul style="list-style-type: none"> • 본체 및 크래프 : 알루미늄합금 • 볼트, 너트, Pin : 스테인레스 • 연결부: 방진고무

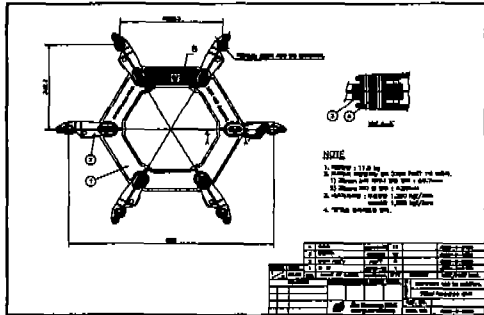


그림 1. 6도체 무볼트형 Spacer damper 형상
Fig. 1. Shape of 6 bundle boltless spacer damper

표 3. ACSR 전선에 대한 특성값
Table 3. Characteristics for ACSR line

전선명	공칭 직경	단위길이당 질량	장력	탄성계수
ACSR 480C	30.42 [mm]	1.836 [kg/m]	33467 [N]	7.835×10^{10} [N/m ²]

경간 500m 이상인 경우 경간에 따라 장력의 값은 변함

3. 다도체 송전선에 작용하는 유동 현상

가공 송전선은 바람에 의해 송전선에 작용하는 풍력 때문에 다양한 운동을 하게 되므로 먼저 송전선의 운동과 관련되어 있는 유동현상을 간략히 검토하고, 송전선에 작용하는 풍력을 추정하는데 사용할 수 있는 자료를 제시하고자 한다.

가공 송전선은 산과 들 또는 해변과 같은 다양한 지상 환경에 노천상태로 설치 운용되기 때문에 불규칙하고 불균일한 자연풍에 노출되며, 때에 따라서는 눈, 비, 안개, 구름 등 복잡한 기상조건의 영향도 받는다.

그러나 본 연구에서는 문제를 단순화함으로써 보다 쉽게 본질적인 이해에 접근하기 위하여 송전선의 운동에 관련되어 있는 가장 주된 유동 현상에 대해서만 고려하고자 한다.

송전선의 운동에 관련하여 가장 중요한 유동 현상은 송전선의 단면에 수직 방향으로 부는 바람과 송

전선에 의해서 교란된 유동으로 특징지을 수 있다. 대부분의 경우에 송전선의 단면은 strand를 무시하면 원주의 단면으로 단순화할 수 있으므로 송전선 단면 주위의 유동을 원주 단면 주위의 유동으로 대체하여 다루기로 한다. 이러한 현상들을 나열하면 다음과 같다[1.3.5].

- 1) 원주 단면 주위의 유동현상
- 2) 고정된 원주에 작용하는 유체력
- 3) 횡 진동하는 원주에 작용하는 유체력
- 4) 원주 쌍 주위의 유동
- 5) Tandem 배열 원주 쌍의 풍하측 원주에 작용하는 유체력
- 6) 도선 쌍에 작용하는 정적 공력
- 7) 풍하측 도선의 속도에 비례하는 공력
- 8) 송전선의 후류 유기 動搖

4. Spacer damper가 설치된 6도체의 진동현상

4.1 6도체 도선의 운동방정식[6-9]

그림 2와 같이, 고정 좌표계 X-Y-Z에서 X축에 평행하게 설치된 균일한 도선이 장력을 받고 있는 경우에 대한 굽힘 운동 방정식은 다음과 같다.

$$\rho_o \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + EI \frac{\partial^4 v}{\partial x^4} - T \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = P_v \quad (1)$$

$$\rho_o \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + EI \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - T \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = P_w \quad (2)$$

여기서,

- v, w : 도선의 y, z방향 변위 (x와 t의 함수)
- ρ_o : 도선의 단위 길이당 질량
- E : 도선 재료의 Young's Modulus
- I : 도선 단면의 면적 2차 모멘트 ($\pi d^4/64$)
- T : 도선의 장력 (x와 t의 함수)
- P_v, P_w : 도선에 작용하는 y, z방향의 외력 (x와 t의 함수)

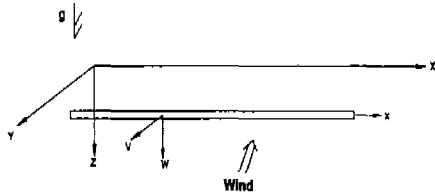


그림 2. 6도체 도선 운동의 좌표계
Fig. 2. Coordinate system of conductor motion with 6 bundle

도선의 양단 지지부 사이의 간격은 l 이며, 도선의 시작점은 고정되어 있으므로 $x=0$ 이라 하고, 다른 한 끝단($x=l$)은 y, z 방향의 변위가 발생하지 않도록 고정되어 있으나 x 방향으로의 미끄러짐이 가능한 계이다. 이때 $x=l$ 에서 장력 T 가 작용하고 있다고 고려한다.

본 연구의 대상 도선과 같이 EI/l^4 이 T/l^2 보다 매우 작은 경우에는 상기 식에서 굽힘 강성을 무시할 수 있으므로 다음 식(3) 및 식(4)와 같이 단순화할 수 있다.

$$\rho_a \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + P_v \quad (3)$$

$$\rho_a \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + P_w \quad (4)$$

장력 T 는 실제로 x 와 t 의 함수이나, 자중에 의한 정적 처짐에 비해 v 와 w 가 작용 경우에는 상수(초기장력)로 취급하여도 무방하다.

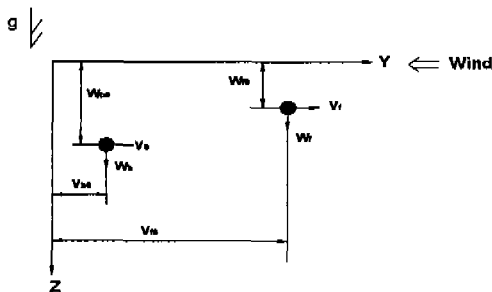


그림 3. 풍하중이 작용하는 두 도선의 좌표계
Fig. 3. Coordinate system of two conductor by the action of leeward weight

따라서 전선의 초기장력에 의한 처짐이나 정적 처짐에 의한 정도는 거의 같기 때문에 고려치 않았다.

본 연구에서의 P_v 와 P_w 는 Y 방향의 바람에 의해 도선에 작용하는 v 방향과 w 방향의 풍하중이며, 본 연구에서는 다음과 같은 힘을 고려하였다.

도선이 바람의 전면에서 있는 경우는

$$P_v = -\frac{1}{2} \rho_a D (vel - \dot{v}_f)^2 C_v \quad (5)$$

$$P_w = 0 \quad (6)$$

$$C_{vf} = 1.2 \text{ (depends on Reynolds Number)} \quad (7)$$

이며, 도선이 앞 도선의 후류역에 있는 경우는 다음과 같다.

$$P_v = -\frac{1}{2} \rho_a D (vel - \dot{v}_b)^2 C_v \quad (8)$$

$$P_w = \frac{1}{2} \rho_a D vel^2 C_w \quad (9)$$

여기서,

ρ_a : 공기의 밀도

D : 도선의 직경

vel : 바람의 v 방향 속도

a : 앞 도선과의 v 방향 간격/도선직경
 $= [(v_{fo} + v_f) - (v_{bo} + v_b)] / D$

b : 앞 도선과의 w 방향 간격/도선직경
 $= [(w_{fo} + w_f) - (w_{bo} + w_b)] / D$

v_{fo}, w_{fo} : 앞 도선의 설치위치(v 방향, w 방향)

v_{bo}, w_{bo} : 뒷 도선의 설치위치(v 방향, w 방향)

v_f, w_f : 앞 도선의 변위(v 방향, w 방향)

v_b, w_b : 뒷 도선의 변위(v 방향, w 방향)

4.2 Spacer의 운동방정식 및 적합조건

6도체 Spacer를 하나의 강체로 보면, Spacer 운동은 Y 방향 변위, Z 방향 변위, $Y-Z$ 면에서의 회전(v_c, w_c, θ_c)으로 표현되며 지배방정식은 다음과 같다.

$$m_c \ddot{v}_c = F_Y^i + \sum_{j=1}^6 F_Y^j \quad (10)$$

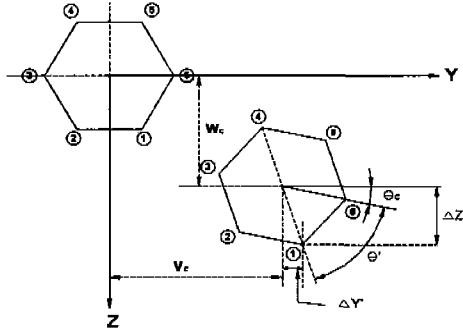


그림 4. Spacer 운동의 좌표계
Fig. 4. Coordinate system of spacer motion

$$m_s \ddot{w}_c = F_z^s + \sum_{j=1}^6 F_z^j \quad (11)$$

$$J_s \ddot{\theta}_c = \sum_{j=1}^6 (F_Y^j \Delta Z^j - F_Z^j \Delta Y^j) \quad (12)$$

여기서 m_s : Spacer의 질량

J_s : Spacer의 질량 극관성모멘트

F_Y^j 는 j 번째 도선의 장력에 의하여 Spacer에 작용하는 Y방향 힘이고 F_Z^j 는 j 번째 도선의 장력에 의하여 Spacer에 작용하는 Z방향 힘이며, 이들은 다음과 같이 변위에 대한 우방미계수와 좌방미계수와 의 차로부터 구할 수 있다.

$$F_Y^j = T^j \left[\frac{\partial v_x^j}{\partial x^j} - \frac{\partial v_z^j}{\partial x^j} \right] \quad (13)$$

$$F_Z^j = T^j \left[\frac{\partial w_x^j}{\partial x^j} - \frac{\partial w_z^j}{\partial x^j} \right] \quad (14)$$

F_Y^s 는 Spacer에 작용하는 Y방향 풍하중인데, Spacer와 같이 단순한 기하학적 모양을 갖지 않는 경우에는 일반적으로 실험을 통하여 항력계수 (C_{vf})를 결정하여야 한다. Spacer가 받는 항력 (F_Y^s)을 직사각형판의 항력계수(=1.5)를 이용하여 다음 식(15)과 같이 매우 근사적으로 추정해 볼 수는 있으나, 그 크기가 매우 작기 때문에 본 연구에서는 이 힘을 무시하였다.

$$F_Y^s = -\frac{1.5}{2} \rho_a A (vel - \dot{v}_c)^2 \quad (15)$$

여기서, A 는 Spacer의 바람방향의 투영면적 ($0.032m \times 0.8m$)이다.

그림 4에서와 같이 ΔY^j , ΔZ^j 는 Spacer 중심에서 j 번째 도선까지의 Y방향 거리와 Z방향 거리이며, 다음과 같이 표현된다.

$$\Delta Y^j = d_s \cos(\theta^j + \theta_c) \quad (16)$$

$$\Delta Z^j = d_s \sin(\theta^j + \theta_c) \quad (17)$$

여기서 d_s 는 도선 간격이며, θ^j 는 Spacer의 회전 없이 j 번째 도체가 Y축과 이루는 각도이며, 다음과 같이 표현된다.

$$\theta^j = j \frac{\pi}{3} \quad (18)$$

Spacer 위치에서 j 번째 도선의 변위는 Spacer의 운동(v_c, w_c, θ_c)으로부터 다음과 같이 표현된다.

$$v^j = v_c + d_s \{ \cos(\theta^j + \theta_c) - \cos(\theta^j) \} \quad (19)$$

$$w^j = w_c + d_s \{ \sin(\theta^j + \theta_c) - \sin(\theta^j) \} \quad (20)$$

4.3 경계조건 및 초기조건

경간 길이가 l 인 도선의 $x=0$ 와 $x=l$ 에서의 고정 경계조건은 다음과 같다.

$$v(x=0, t) = 0 \quad (21)$$

$$\begin{aligned} w(x=0, t) &= 0 \\ v(x=l, t) &= 0 \\ w(x=l, t) &= 0 \end{aligned} \quad (22)$$

초기조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} v(x, t=0) &= 0 \\ w(x, t=0) &= 0 \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \dot{v}(x, t=0) &= 0 \\ \dot{w}(x, t=0) &= 0 \end{aligned} \quad (24)$$

5. 진동해석 시뮬레이션 결과 및 고찰

4장의 해석적인 방법으로 765[kV]용 송전선로에 사용될 6도체 무볼트형 Spacer damper는 한전에서 규정하는 설치 간격을 만족하도록 설계되어야 한다.

따라서 이를 검증하기 위한 프로그램을 개발하였으며, 개발된 프로그램을 사용하여 아래의 특정 경간에 대한 설치 간격을 해석함으로써 설치 간격을 검증하기 위한 시뮬레이션을 행하였다.

5.1 시뮬레이션 조건 및 전선의 고유진동 해석

본 연구의 검토 대상 경간 500, 550, 600, 1000[m]에 대해 tension이 작용하는 현의 고유진동수 계산식에 의해 계산을 수행하였다.

먼저, 현의 고유진동해석을 위한 고유진동수 계산식은 다음 식과 같다.

$$f_n = \frac{n}{2 \times l} \times \sqrt{\frac{T}{\rho_0}}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (25)$$

여기서, l 은 경간의 전선 길이, T 는 전선에 걸리는 장력, ρ_0 는 단위 길이당 질량이며, n 은 각 고유모드 수를 의미한다.

위의 계산식에 의한 기본 고유진동수 및 고유주기 계산결과를 표 4에 정리하였다.

또 6도체 무볼트형 Spacer damper의 경간에 따른 풍하중 계산은 식(5) ~ (9)로 설명하였듯이 전선에 Y좌표의 (-)방향으로 10[m/s]의 바람이 불고 있다고 가정하고, 각 해석대상 경간에 대하여 해석을 수

표 4. 전선의 고유진동수
Table 4. Natural number of vibrations for line

구 분	경 간 [m]			
	500	550	600	1000
고유진동수 [Hz]	0.135	0.123	0.112	0.066
고유주기 [sec]	7.4	8.1	8.9	15.2

행하여 결과를 검토하였다.

5.2 6도체 무볼트형 Spacer damper의 진동 해석 결과 및 고찰

각 경간에 대한 6도체 무볼트형 Spacer damper의 설치간격에 따른 각종 진동현상을 종합적으로 해석하였으며, 이를 그림 5~8에 나타내었고 Spacer damper는 J사에서 개발한 중량 11.5[kg]인 경우이다.

각 그림의 상단에는 철탑과 철탑 사이에서 발생하는 Global motion을 나타내었으며, 하단에는 미풍진동, galloping 진동 및 소경간 진동 등에 의한 종합적인 현상을 Local motion에 나타내었다.

Global motion과 Local motion에서의 그림은 그림 4의 좌표계에 따라 도선이 명명되며, 도선 ①번과 ②번이 좌측상단에 도시되며, ⑥번과 ③번이 우측중간에 도시되며, ⑤번과 ④번은 좌측하단에 도시하였다.

결과 그림들에서 좌·우측에 표시된 값들은 각 Global motion에서의 최대 값을 표기하였으며, ①번과 ②번 도선, ⑤번과 ④번 도선은 도선과 도선과의 간격이 0.4m이고, ⑥번과 ③번 도선은 도선과 도선과의 간격이 0.8m이다.

결과적으로 그림들을 통해 ①번과 ②번 도선, ⑤번과 ④번 도선, ⑥번과 ③번 도선은 바람에 의해 서로 충돌하지 않고 있음을 알 수 있다.

또한 각 무볼트형 Spacer damper에 걸리는 힘을 그림 5~8의 우측에 나타내었으며, 이때의 장력변화율을 표 5에 정리하여 나타내었다.

여기서 장력 계산은 계산 값 장력으로 해석한 결과와 송전선의 최대 장력과의 비교를 통한 백분율로 나타낸 것이다.

표 6은 철탑 경간내 무볼트형 Spacer damper의 설치 개수, 전선장력 및 설치위치를 나타내었다.

그리고 진동 해석시 무볼트형 Spacer damper의 중량이 미치는 영향에 대해서 고려해 본 결과를 표 7에 나타낸 것으로, 이는 한 경간내의 전선 중량과 무볼트형 Spacer damper의 중량을 비교한 것이다.

무볼트형 Spacer damper의 중량은 전선 중량에 비해 약 1.9[%]정도로 매우 적은 비율이기 때문에

6도체 무볼트형 Spacer Damper의 진동연상에 관한 연구

경간 내의 전체 중량에 미치는 영향은 없는 것으로 사료된다.

표 5. Spacer damper에 걸리는 장력변화를
Table 5. Rate of change for tension of
suspended on spacer damper

철탑경간	계산과정 및 결과
500[m]	$(34200-33500)*100/33500=2.09\%$
550[m]	$(34000-33300)*100/33300=2.10\%$
600[m]	$(33900-33200)*100/33200=2.11\%$
1000[m]	$(32800-32200)*100/32200=1.86\%$

표 6. 철탑 경간내 Spacer damper의 설치간격
Table 6. Establishment space of spacer
damper within iron tower interval

번호	철탑 경간 [m]	Spacer damper 설치수량[개]	철탑 경간별 장력[N]	서브스판 구성 및 설치 위치 [m]
1	500	9	33467.0	36-49-58-45-60-51- 62-47-55-37
2	550	10	33310.2	36-57-45-62-51-59- 43-56-49-55-37
3	600	11	33192.6	35-56-46-59-48-61- 49-58-45-57-52-34
4	1000	18	32183.2	22-46-61-51-64-55- 60-57-65-51-61- 55-64-53-59-49- 63-43-21

표 7. 전선중량과 Spacer damper의 중량비교
Table 7. Weight comparison for weight of
wire and spacer damper

철탑경간 [m]	전선 중량 및 무볼트형 Spacer damper 중량 [kg]		
500	전선	$1.836*6*500 \approx 5508$	1.9%
	Spacer	$11.50*9 \approx 103.5$	
550	전선	$1.836*6*550 \approx 6059$	1.9%
	Spacer	$11.50*10 \approx 115$	
600	전선	$1.836*6*600 \approx 6610$	1.9%
	Spacer	$11.50*11 \approx 126.5$	
1000	전선	$1.836*6*1000 \approx 11016$	1.9%
	Spacer	$11.50*18 \approx 207$	

또한 본 연구의 6도체 무볼트형 Spacer damper의

설치간격 검증을 위한 프로그램은 다음의 사항들이 고려되지 않은 경우이므로, 추후 다음의 사항들을 함께 고려한 재해석이 수행되어 보다 정확한 결과를 도출해 내어야 한다고 판단된다.

(i) Vortex shedding에 의한 기진력

$$P_w = C_w \sin(2\pi f_s t)$$

$$P_v = C_v \sin(4\pi f_s t)$$

$$f_s = 0.185 \frac{vel}{D} \quad (26)$$

(ii) 바람에 의해 Spacer에 작용하는 풍하중

(iii) w방향의 진폭을 고려한 steady drag coefficient and Lift coefficient

(iv) 도선의 설치오차에 의한 영향

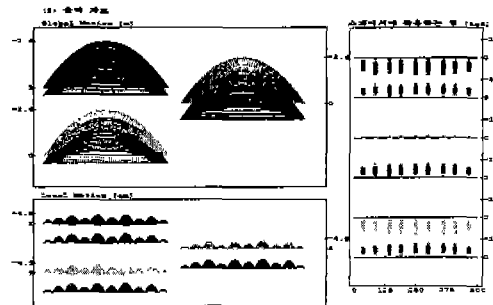


그림 5. 6도체 무볼트형 Spacer damper의
진동 해석 결과(경간 500[m]인 경우)
Fig. 5. Result of vibration analysis for 6
bundle boltless spacer damper

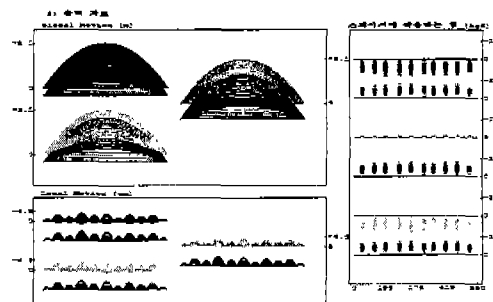


그림 6. 6도체 무볼트형 Spacer damper의
진동 해석 결과(경간 550[m]인 경우)
Fig. 6. Result of vibration analysis for 6
bundle boltless spacer damper

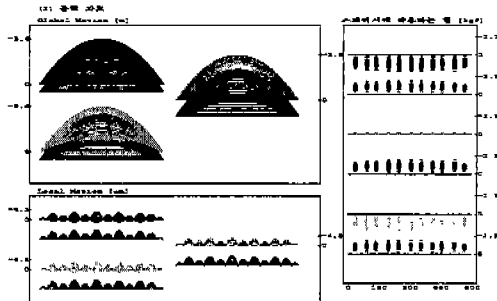


그림 7. 6도체 무볼트형 Spacer damper의 진동 해석 결과(경간 600[m]인 경우)
 Fig. 7. Result of vibration analysis for 6 bundle boltless spacer damper

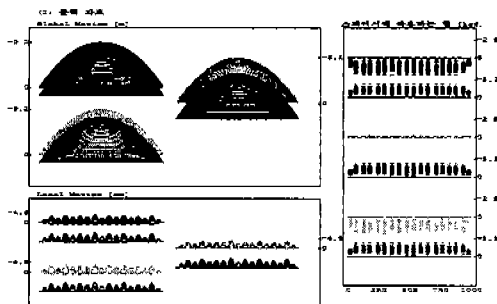


그림 8. 6도체 무볼트형 Spacer damper의 진동 해석 결과(경간 1000[m]인 경우)
 Fig. 8. Result of vibration analysis for 6 bundle boltless spacer damper

6. 결론

도체의 운동을 2-자유도 파동방정식(wave equation)으로, Spacer damper는 3-자유도 (2-자유도 직선운동과 1-자유도 회전운동)로 모델링하여 유한차분법(finite difference method)으로 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 풍속 10[m/sec]의 바람에 대하여 해석한 결과 안정상태(꼬이거나 도체간 충돌이 없는 상태)를 유지하였으며, 국부적 진동 변위에 의한 장력 변동은 각 계산장력의 3[%] 미만으로 나타났다.
- 2) 경간 내에서 무볼트형 Spacer damper의 중량

이 전선 중량에 비해 약 1.9[%]로 전체 중량에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

- 3) 또한 Spacer damper의 중량을 11.5[kg]인 경우에 대하여 Global Motion, Local Motion 및 Spacer에 작용하는 힘에 대해서도 검토한 결과 중량에 의한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.
- 4) 풍속 10[m/sec]의 바람에 대하여 진동 상태를 해석한 결과 무볼트형 Spacer damper의 간격에 대하여 도체간의 충돌은 없는 것으로 나타났다.
- 5) 각 무볼트형 Spacer damper에 걸리는 힘을 계산하였으며, 계산된 힘은 무볼트형 Spacer damper의 강도 계산 및 도체의 파손 검토시 유용한 입력자료로 사용할 수 있을 것이다.

따라서, 본 연구에서는 J사에서 개발한 6도체용 765[kV] 무볼트형 Spacer damper의 설치 간격을 정립함에 있어 한국전력공사에서 제시한 "765[kV] 6도체 송전선로 Spacer damper 설치 간격표"의 규격내에 포함되고 있음을 확인하기 위하여 각종 진동해석 이론을 재정립하였으며, 이를 근거로 프로그램을 개발하여 검증한 결과 양호함을 확인하였다.

References

- (1) C. Manuzio, " An investigation of the forces on bundled conductor spacers under fault conditions", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-86, No.2, 1967.
- (2) M. I. sterelyuk, I. I. Sergey, "Split phases overlapping dynamics of compact overhead power lines at short circuit", CIGRE S33-91, 1991.
- (3) A.T.Edwards and J.M.Boyd, "Bundle-Conductor Spacer Design Requirements and Development of "Spacer-Vibration Damper", IEEE Trans. on PA S, Vol. PAS-84, No. 8.
- (4) M.I.Stereliuk, I.I.Sergery, " Computer Aided Program of Mechanical Calculation of Flexible Conductors for Substations and Overhead Lines Design.", NOTE, 1995.
- (5) IEEE Std 664-1993, "Measurement of the Power Dissipation Characteristics of Aeolian Vibration Dampers for Single Conductor".
- (6) Ashai Electric Work, "Consideration of Spacer Damper", Vol No. 25. pp. 77-79, 1995. 12.
- (7) Ashai Electric Work, "Consideration of Spacer Damper",

6도계 무볼트형 Spacer Damper의 진동연상에 관한 연구

- vol No-131, 1996. 10.
- (8) Ashai Electric Corporation, "Spacer Damper Specification", 1996. 12.
- (9) I. I. Sergey, A. Vinogradov, H. K. Lee, and M. C. Shin, "Spacer Damper for the High Power Transmission Line with 6 Bundle Conductors," Energetic and Electrification, Moscow, 5. 1995.

◇저자소개◇

김영달(金榮達)

1957년 11월 5일생, 1986년 2월 대전공업대학 전기공학과 졸업, 1990년 2월 충북대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1999년 2월 명지대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사), 한밭대학교 전기공학과.