

진동특성을 고려한 송전선 진동흡진기 설계

Application of Absorber to Reduce Vibration on Electric Transmission Line

Considering the Characteristics of Vibration

임지윤*, 이준영**, 임홍재†

Ji Youn Lim, Jun Young Lee and Hong Jae Yim

1. 서 론

발전소에서 부터 만들어진 전력을 배분하는 과정에서 이용되는 송전선로는 필수적인 요소이다. 이런 송전선로는 비 또는 바람 등에 의해 진동이 발생되어 합선을 발생시킬 수 있고, 선로 유지보수 작업자들에게 위험한 작업 조건을 야기한다. 이러한 진동에 의해 송전선로에 손상이 발생하고, 이를 유지 보수하기 위해서 많은 자원이 이용 되고 있다.

현재 송전선의 진동을 줄이기 위한 흡진기로는 선로 사이 간격을 유지시키거나 질량을 추가하는 등의 방법을 사용하고 있지만 근본적인 해결책이 되지 못한다.

따라서 본 연구에서는 스프링과 추를 이용하여 흡진기 설계를 진행한다. 먼저, 수학적 모델을 도입하고 송전선의 진폭을 최소화 하기 위한 적절한 상수를 도출한다. 이를 이용하여 다물체 동역학 해석을 통해 수학적 모델을 검증하고, 실제 송전선로에 적용 가능한 흡진기의 기초 모델을 수립한다.

2. 본 론

2.1 송전선 진동의 수학적 모델링

본 논문에서는 진동 흡진기의 원리⁽¹⁾를 이용하여 송전선의 진동을 감소시키도록 한다. 흡

진기가 효과적인 성능을 갖기 위해서는 진동 흡수 기능이 높아야하며, 이를 위해 송전선과 흡진기 구성을 Fig. 1 과 같이 나타 낼 수 있다. Fig. 1의 구성도를 이용하여 송전선로와 흡진기에 대해 2계 자유도 운동방정식을 세우고 이것을 진폭에 대한 식으로 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_1 = \frac{\begin{vmatrix} F\cos\omega t & C_2\sin\omega t - k_2\cos\omega t \\ 0 & -\omega C_2\sin\omega t + (k_2 - M_2\omega^2)\cos\omega t \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -\omega(C_1 + C_2)\sin\omega t + (k_1 + k_2 - M_1\omega^2)\cos\omega t & C_2\sin\omega t - k_2\cos\omega t \\ C_1\sin\omega t - k_1\cos\omega t & -\omega C_2\sin\omega t + (k_2 - M_2\omega^2)\cos\omega t \end{vmatrix}} \quad (1)$$

진폭이 최소값을 갖기 위해서 분자의 값이 0 이 되어야 하므로 분자를 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$F\cos\omega t \times (-\omega C_2\sin\omega t + (k_2 - M_2\omega^2)\cos\omega t) = 0 \quad (2)$$

여기서 M_2 는 매달리는 추의 무게로써 0.3kg 으로 고정하고 매달린 추의 감쇠가 없다고 가정하였을 때 C_2 가 0이므로 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega^2 = \frac{k_2}{M_2} \quad (3)$$

ω 은 송전선의 고유진동수이고 이때의 $k_2=0.00252$ N/mm 이다.

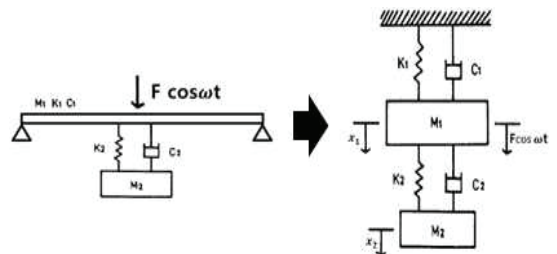


Fig. 1 Diagram of Transmission line and Absorber

† 교신저자: 정희원, 국민대학교 자동차공학과
E-mail : hjyim@kookmin.ac.kr
Tel : 02-910-5145, Fax :02-910-5037

* 국민대학교 자동차공학전대학원

** 국민대학교 자동차공학전대학원

2.2 전선 진동을 위한 흡진기 설계

단도체 송전선을 Fig. 2와 같이 모델링하였고, 그 물성치는 한국 송전선 표준 규격⁽²⁾을 이용하여 Table. 1과 같이 유한요소 모델을 구성하였다. 송전선의 길이는 10m로 하였으며 양끝은 6자유도로 구속하여 정적평형을 한 뒤 FRF 해석을 진행하였다. 그 결과 고유진동수는 1.4Hz로 확인하였다.

다물체 동역학 해석을 이용하여 정적 평형 상태에서 3N의 임펄스 힘을 주었을 때, 진동이 멈추는데 까지 걸리는 시간은 기존 모델의 경우 13초로 확인 되었으며, 최대 진폭은 약 122mm로 나타났다.

흡진기가 장착된 모델의 경우 수학적 모델로부터 도출된 k_2 를 적용하여 진폭을 줄인 후 진동을 멈추기 위해 C_2 를 0.001 Ns/mm로 설정하였다. 진동이 멈추는데 까지 걸리는 시간은 2초로 약 85% 개선된 사실을 알 수 있었고 최대 진폭은 약 43mm로 64% 감소하였다. 그 결과는 Fig. 3에서 확인 할 수 있다.

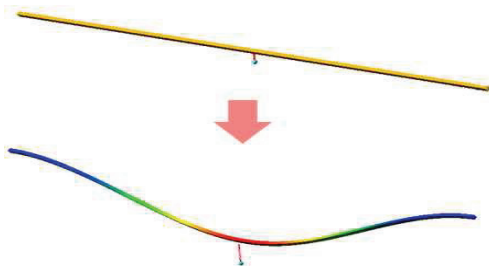


Fig. 2 Modeling and Equilibrium of Transmission-line

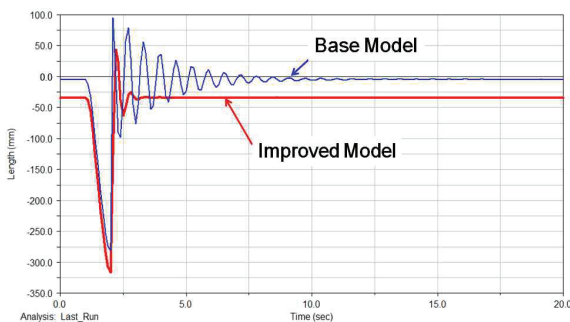


Fig. 3 Difference between Improved and Base Model

Table. 1 Property of transmission line

Property	Value
Area [mm^2]	480
Minimum tensile load [kgf]	11,800
Elastic modulus [kgf/mm^2]	7,253
Weight [kg/km]	1,599

3. 결 론

본 논문에서는 진동 특성을 고려한 단도체 송전선의 진동 흡진기를 설계하였다. 먼저 선로와 추의 수학적 모델을 구성하고 송전선로의 진폭의 최소화를 위해서 흡진기와 송전선로의 운동방정식을 세우고 이를 진폭에 대한 식으로 나타내어 수학적 모델을 세웠다. 질량은 고정하고, 진폭을 최소화하기 위한 각각의 상수 k_2 를 도출하였다.

수학적 모델을 검증하기 위해서 도출한 k_2 값을 적용하고 진동을 멈추기 위해 C_2 를 작은 값으로 설정하였다. 다물체 동역학 해석결과 진동이 멈추는데 걸리는 시간이 기존 모델의 경우 13초, 흡진기가 장착된 모델의 경우 2초로 기존 모델 대비 약 85% 감소한 사실을 확인하였다. 진폭 또한 기존모델의 경우 약 122mm, 흡진기가 장착된 모델의 경우 약 43mm로 64% 감소한 사실을 확인 하였다.

참 고 문 헌

- (1) Thomson, W. T. and Dahleh, M. D., 2001, Theory of VIBRATION with Application 5/e, Prentice Hall, pp. 147~149.
- (2) Design standard, 2008, The design standard of Transmission lines section, Korea Electric Power Corporation.
- (3) Kwag, D. K., Bae, J. S., Hwang, J. H. and Kim, H. S., 2011, An Experimental Study on the Vibration Attenuation of Cantilever Beam Structure, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 21, No. 11, pp.991~996.