

능동/수동루프에 의한 송전선로의 자기계저감효과 비교

윤창대* 김중형* 신명철* 정호성** 김정부***
 성균관대학교* 한국철도기술연구원** 중부대학교***

The Comparison of Magnetic Field Mitigation Effect in Transmission Line by Active and Passive Loops

Yoon C. D.* Kim J. H.* Shin M. C.* Jung H. S.** Kim J. B.***
 *SungKyunkwan Univ. **Korea Railroad Research Institute **Joong Bu Univ.

Abstract - 본 논문에서는 송전선로의 자기계 저감기법으로 대두되는 수동루프기법과 능동루프기법을 계산하여 두 방법의 효용성을 비교하였다. 모든 데이터는 실제 송전선로의 모델을 사용하였으며 자기계의 계산은 MathMatica프로그램을 이용하였다. 두 방법에 의한 자기계의 계산과 비교를 앞으로 송전선로의 전자계 기준조건을 고려할 때 발생하는 사회적 비용조사, 분석을 위한 전처리 과정에 반드시 필요한 과정으로 사료된다.

설치하는 도체 루프지만 능동루프와 다른 점은 별도의 전원을 설치하지 않는 점이다. 이 방법은 송전선로 가장 아랫단 전선에 직하로 설치하여 송전선로와 자기적 결합을 함으로써 루프에 전류를 유도하여 송전선로의 자기계를 상쇄시키는 방법이다. [3] 본 논문에서는 수동루프를 1조 설치했을 때와 2조를 설치했을 때를 구분하여 비교하였다. 그림 1은 능동루프와 수동루프의 위치를 단면으로 나타낸 것이다.

1. 서론

최근 송전선로 인근 지역 주민들의 전자계에 대한 관심과 요구 수준이 증가함에 따라 해외자료 인용과 같은 단순한 대응으로는 요구 수준을 충족시키기 어렵고, 송전선 설비 운영 및 신규건설 사업의 효율적인 추진을 위해서는 송전선로의 전자계 조사, 전자계 저감기술의 도입 및 연구, 그리고 이에 따르는 사회적 비용조사, 분석이 절실하다. 특히 국내의 경우 비좁은 국토관계로 전력설비 주변의 생활환경 전자계 분포가 미국이나 유럽보다 매우 높은 200mG 이상까지 추정되나 아직까지는 저감기술에 대한 대비가 없는 실정이다. 따라서 전자계 노출은 적으면 적을수록 좋다는 "현명한 회피(Prudent Avoidance)"정책 - 스위스 정부기준인 10mG까지의 전자계 규제 - 이 도입되면 국가 기간산업인 전력산업 자체가 큰 어려움에 직면하게 되므로 Cost - Effectiveness를 바탕으로 한 전자계 저감기술 개발 및 사회적 비용조사는 반드시 필요하다. [1] 이에 본 논문에서는 전자계 저감에 수반되는 사회적 비용조사를 위해 우선 선행되어야 하는 전자계 저감 기법을 실 송전선로에 적용·계산하여 그래프로서 나타내어 각 방법들의 효용성을 비교하였으며 이 방법으로는 능동/수동루프를 사용하였다. [2]

2. 본론

현재 여러 가지 기법이 송전선로에서 발생하는 전자계를 저감하기 위해 연구되고 있다. 송전선로 전자계 저감을 위한 기법으로는 선로의 지상 증가, 선로아래의 지상권확보, 선로에의 수동/능동루프 적용, 조류제어등이 있다. 본론에서는 이 기법 중 능동/수동루프를 적용하여 선로의 전자계 저감정도를 계산하고 그 효용성을 그래프로 나타내어 비교하고자 한다.

2.1 능동루프와 수동루프

능동루프는 선로의 제일 하단 전선 직하에 설치하는 것으로 별도의 전원을 인가하여 전류를 흘려줌으로써 자기계를 상쇄하는 방법이다. 이 방법은 전선 2조를 좌·우로 설치하여 하나는 순방향으로 나머지 하나는 역방향으로 전류를 흘려주어 자기계를 저감하는 것을 의미한다. 수동루프도 능동루프와 마찬가지로 송전선로 주위에

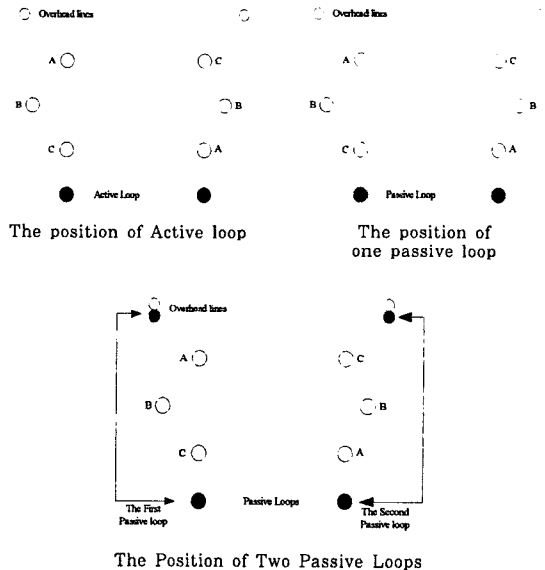


그림 1. 능동루프와 수동루프의 위치

2.2 입력 데이터

선로의 입력데이터는 철탑의 중심과 지표면을 기준으로 하여 각각 X축 좌표값과 Y축 좌표값으로 입력되어지며 자기계측정점의 높이는 지상 1m로써 X축의 값은 0인 점이다. 송전선로의 전압은 송전철탑의 규모와 송전전류의 정격을 결정하는 중요한 요인이지만 자계는 전류의 함수이기 때문에 전압 그 자체로는 의미가 없고 송전선로 도체의 굵기도 주변 자계에 직접적인 영향을 주지 못하는 변수이므로 능동루프와 수동루프전선의 굵기는 송전선과 같은 것을 사용하였고 능동루프의 전압 또한 비중을 두지 않았다. 모든 선로는 수직 2회선 역상배열구조이고 입력에 필요한 모든 데이터는 실제 송전선로의 데이터로써 154kV, 345kV, 765kV를 각각 구분하고 선로전압에 따른 각 루프의 위치와 전류값등을 고려하여 표 1에 모두 나타내었다.

표 1. 선로 입력데이터

154kV			345kV			765kV		
구분	수평좌표(m)	수직좌표(m)	위상(deg)	수평좌표(m)	수직좌표(m)	위상(deg)	수평좌표(m)	수직좌표(m)
A상	-4.1	24.0	0.0	7.3	42.0	0.0	14.5	46.0
B상	-5.3	20.0	120.0	8.3	50.0	120.0	14.0	65.0
C상	-4.4	16.0	240.0	6.7	58.0	240.0	13.5	84.0
가공지선	-3.8	28.0	0.0	9.0	67.0	0.0	-15.5	102.4
C상	4.1	24.0	240.0	-7.3	42.0	240.0	-14.5	46.0
B상	5.3	20.0	120.0	-8.3	50.0	120.0	-14.0	65.0
A상	4.4	16.0	0.0	-6.7	58.0	0.0	-13.5	84.0
가공지선	3.8	28.0	0.0	-9.0	67.0	0.0	15.5	102.4
능동루프	4.4	12.0	-180.0	7.3	25.0	-180.0	14.5	30.0
	-4.4	12.0	0.0	-7.3	25.0	0.0	-14.5	30.0
단일수동루프	4.4	12.0		7.3	25.0		14.5	30.0
	-4.4	12.0		-7.3	25.0		-14.5	30.0
이동수동루프	4.4	12.0		7.3	25.0		14.5	30.0
1	-4.4	12.0		-7.3	25.0		-14.5	30.0
2	4.4	28.0		7.3	87.0		14.5	102.4
	4.4	12.0		7.3	25.0		14.5	30.0
건 수	필터전류	1002A/원선	유리전류	2200A/원선	유리전류			
	능동루프 직류	200A	능동루프 직류	300A	능동루프 직류			
	송전선로	2.96cm	송전선로	2.96cm	송전선로			
소도체적	가공지선	1.75cm	가공지선	1.75cm	가공지선			
	능동루프	2.96cm	능동루프	2.96cm	능동루프			
소도체적	수동루프	2.96cm	수동루프	2.96cm	수동루프			
Burkde Space	2개	40cm	2개	40cm	2개			

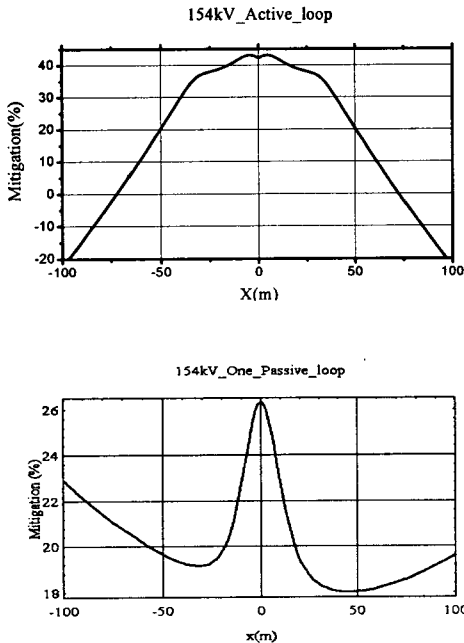
2.3 자체저감효과 비교

자체저감효과 비교시에는 154kV, 345kV, 765kV이 동일 선로를 대상으로 능동 및 수동루프의 적용 전·후의 자체저감 효과를 자체저감율(%)로 표시하여 그래프로 나타내었다. (1)식은 자체의 저감정도(%)를 산출하는 식이다.

$$\% = \frac{(\text{루프적용전자계}) - (\text{루프적용후자계})}{\text{루프적용전자계}} \times 100 \quad (1)$$

▶ 154kV의 비교

능동루프의 경우 최대 40%정도의 저감효과를 보이며 수동루프의 경우는 최대 25%정도의 저감율을 보이고 있다. 하나의 루프를 사용할 때가 저감효과가 더 좋은 것으로 나타났다. 그림 2는 각 방법에 따른 154kV의 자체저감율의 정도를 보여준다.



154kV_Two_Passive_loops

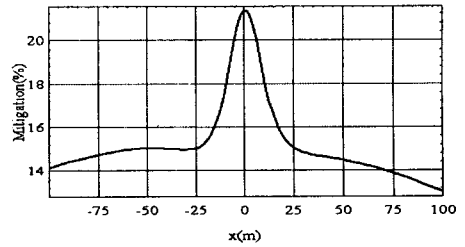


그림 2. 154kV의 자체저감율

▶ 345kV의 비교

능동루프의 경우 최대 43%의 저감율을 보이지만 수동루프의 경우는 최대 12~16%정도의 저감효과가 있다. 능동루프와 비교할 때 많은 차이를 보인다. 그림 3은 각 방법에 따른 345kV의 자체저감율의 정도를 보여준다.

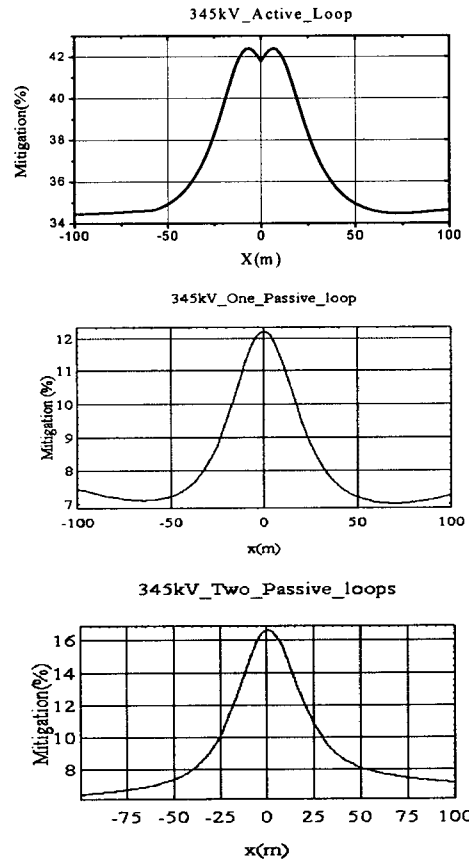


그림 3. 345kV의 자체저감율

▶ 765kV의 비교

능동루프의 경우 최대 33%정도의 저감율을 보이고 수동루프의 경우는 최대 17~24%의 저감율을 보인다. 154kV와 마찬가지로 하나의 루프를 사용할 때가 오히려 효과가 좋은 것으로 나타났다. 그림 4는 각 방법에 따른 765kV의 자체저감율의 정도를 보여준다.

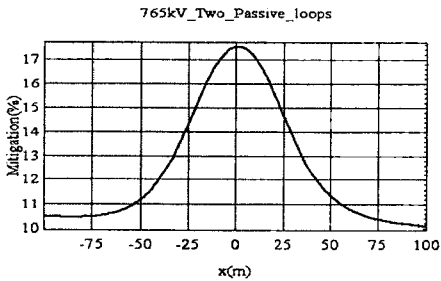
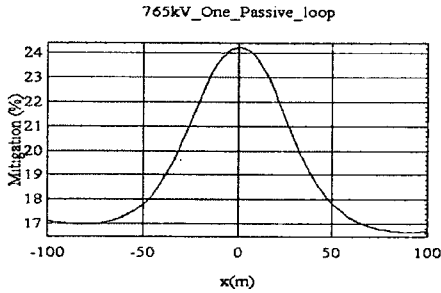
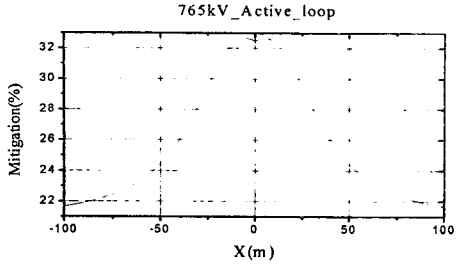


그림 4. 765kV의 자계저감율

3. 결 론

본 논문에서는 가공송전선로 주변의 자계를 저감하는 데 효과적인 능동루프와 수동루프의 효용성을 비교하였다. 루프의 설치전과 설치 후를 자계저감율로 계산하여 그래프로 나타내었으며 이에 필요한 선로의 데이터는 실제의 송전선로의 것으로 하였다. 그 결과 능동루프를 적용 시 가장 우수한 저감을 보이는 선로는 345kV선로로 최대저감율이 약 43%인 것으로 나타났고 수동루프를 적용할 때와의 차이도 가장 큰 것으로 나타났다. 154kV와 765kV는 능동루프를 적용하는 경우에는 33~40%정도의 저감정도를 나타내었으나 수동루프의 경우는 이중수동루프를 적용할 때보다 오히려 단일 수동루프를 적용시에 더 큰 저감율을 보이고 있다. 이러한 저감효과는 송전선로의 등급이나 철탑의 형태에 따라 달라질 수 있으며 각 루프의 설계에 따라 충분한 개선의 여지가 있을 것으로 사료된다.

4. 향후 과제

루프 방식의 장점은 기존 철탑에 어느 정도의 구조변경을 주어 도체를 설치하면 되기 때문에 실현이 용이하다는 점이다. 하지만 루프를 선로의 하단에 설치할 경우 대지와의 이격 거리가 감소되고 철탑의 하중이 증가되어 구조적인 문제가 있을 수 있으므로 적용에 제한을 받을 수 있다. 따라서 루프 도입을 위한 비용을 산출할 때 단순히 도체 루프 설치비용만을 고려할 것이 아니라 여러

다양한 문제점까지 고려해야 할 것이다. 향후 본 논문은 수동루프와 능동 루프의 적용에 있어 루프의 형상(배치) 검토와 실제 도입에 적합한 루프 설치 방식이 검토되어야 할 것으로 보이며 최적화 방법 또한 도입해야 할 것이다. 그 후에는 여러 전자계 방법에 따른 비용산출이 필요할 것이며 자계를 저감하고자 하는 선로에는 어느 기법이 적절한지를 고려해야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- (1) 전력연구원, "송전선로 전자계 영향 연구(1)", 송전선로 전자계 영향 연구 중간보고서, 1998
- (2) P. Cruz C. Izquierdo M.Burgos, "Magnetic Field Mitigation in Power Lines with Passive and Active Loops", Session 2002 Cigre, 36-107, 2002
- (3) A.R. Memari and W. Janischewskyj, "Mitigation of Magnetic Field near Power Lines", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 11, No. 3, pp.1577-1586, July 1996.
- (4) Vattenfall, "Principles in Transmission Line Magnetic Field Reduction" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 3, 1587-1593, July 1996
- (5) John F. Heneage, P.E., "An EMF Mitigation Technology for Power Transmission Lines"