

IGS 법에 의한 154 KV 송전가공지선 손실 절감 방안에 관한 연구  
A Study for the Power Loss Reduction of Ground Wires in  
154KV Transmission by IGS Method

권태원  
이영학  
원관희  
\*전양갑

한국전력기술연구원

한국전기연구소

1. 서론

대용량 송전선로를 뇌 및 전기적인 Surge 로 부터 보호하기 위하여 설치된 가공지선과 송전선 사이에는 기하학적 배열 불균형으로 인한 상호 유도 계수의 차등에 의하여 가공지선에 송전선 부하전류의 5-10%에 해당하는 전류가 유기되어 회로손실을 일으키고 있다. 본 논문에서는 가공지선에 유도전류가 발생하는 계산식의 유도과정을 소개하고 이러한 유도전류를 차단시킬 수 있는 방법으로 IGS (Interval Ground wire Separation) 법을 적용하였을 때 유도전류를 경감시키는 방법과 그 결과를 제시하였다.

2. 가공지선 유도 전류 계산

대지를 귀로로 한 전자유도전류의 기본식은 Carson-Pallaczek 식에 의하여 주어진다. 이 기본식은 그림 (1)과 같이 다회선 다경간 계통에 적용되는 계산식으로 다음 3가지 조건을 가정한다.

(가정조건)

1. 대지귀로 전류는 Carson - Pallaczek 식에 근거하여 오른다

2. 절탑차체 및 접속 금속 Impedance

는 무시한다.

3. 정전 유도 전류는 무시한다.

그림 (1)에서 n경간 마다의 각조의 접지전류는 다음식과 같이 얻어진다

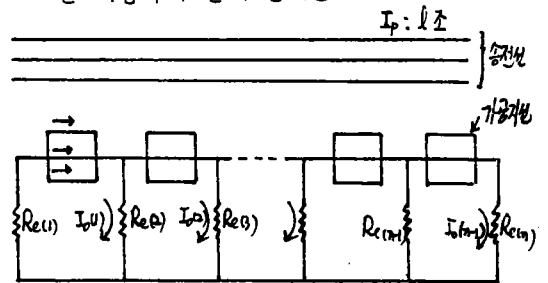


그림 (1)

- $I_p$  : 송전선 전류  $l$  : 송전선 조수
- $I_g$  : 가공지선 전류  $k$  : 가공지선조수
- $I_o$  : 가공지선 합성전류  $n$  : 경간수
- $Re$  : 접지저항

$$\begin{bmatrix} E_o(1) \\ E_o(2) \\ \vdots \\ E_o(k) \end{bmatrix} + \Delta E_n \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{1k} \\ Z_{21}, Z_{22}, \dots, Z_{2k} \\ \vdots \\ Z_{n1}, Z_{n2}, \dots, Z_{nk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_g(1) \\ I_g(2) \\ \vdots \\ I_g(k) \end{bmatrix}$$

----- (1)

여기서  $\Delta E_n$  는 절탑접지저항에 의한 전압강하  
분으로 다음과 같이 표시된다

$$\Delta E_n = R_{e(n)} I_{o(n)} + R_{e(n)} \{ I_{o(n-1)} - I_{m(n)} \} + R_{e(n)} \{ I_{m(n)} - I_{m(n-1)} \}$$

$$I_{o(n)} = \left\{ \sum_{i=1}^n I_{g(i)} \right\}_n \quad \dots (2)$$

$$\dots (3)$$

$E_o(k)$  는 상호 임피던스에 의한 유기전압 으로  
다음과 같이 표시된다

$$\begin{pmatrix} E_o(1) \\ E_o(2) \\ \vdots \\ E_o(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{k1} & Z_{k2} & \dots & Z_{kn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_p(1) \\ I_p(2) \\ \vdots \\ I_p(n) \end{pmatrix}$$

Z 성분 : 가공지선의 자체 임피던스 및  
상호 임피던스  
M 성분 : 가공지선과 상도체간의 상호 임피던스

위의 1식에 의거 가공지선 합성전류식을 표시하면  
다음과 같다

$$Z_s(m) \cdot I_o(m) = E_s(m) + \Delta E_n \quad (4)$$

$$Z_s(m) = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^{-1} : n\text{-경간의}$$

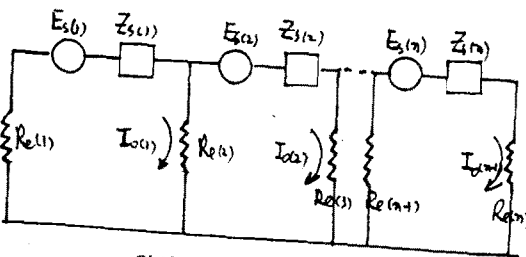
영상임피던스 ( $Z_s$ )

$$E_s(m) = Z_s(m) \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{ Y_{ij} \cdot E_o(i,j) \} :$$

n-경간 영상전원 전압 ( $V$ )

$Y_{ij}$  : 가공지선 임피던스 행렬의 역행렬

식1과 식4에 의거 그림(1)의 등가회로를 그리면  
다음과 같다.

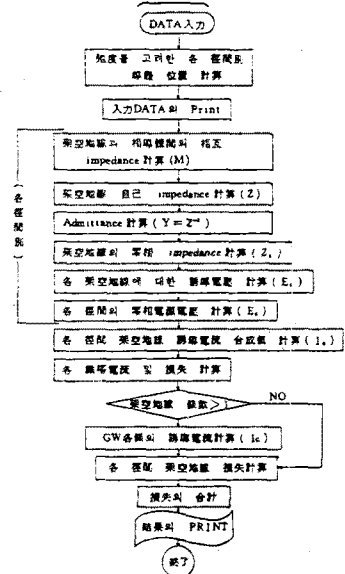


$E_s$  : 영상 전원 전압  
 $Z_s$  : 영상 임피던스

(2)식과(4)식에 의거 Matrix 형태로 식을  
표면 다음과 같다.  $\dots (5)$

$$\begin{bmatrix} R_{e(1)} + Z_{s(1)} + R_{e(2)}, & -R_{e(2)}, & 0, \dots, 0 \\ -R_{e(2)}, & R_{e(2)} + Z_{s(2)} + R_{e(3)}, & -R_{e(3)}, \dots, 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0, 0, & -R_{e(n)}, & R_{e(n)} + Z_{s(n)} + R_{e(n)}, & \dots, 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} I_{o(1)} \\ I_{o(2)} \\ \vdots \\ I_{o(n)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_s(1) \\ E_s(2) \\ \vdots \\ E_s(n) \end{pmatrix}$$

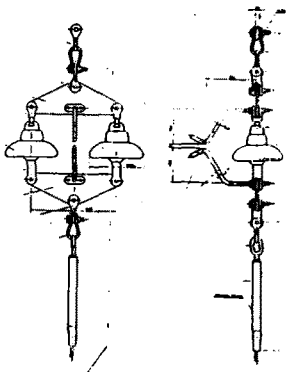
즉 위의 식에 의거 가공지선각조당 유도  
전류  $I_{g(k)}$ 가 계산된다. 그리고 Carson 식에  
의거 상호임피던스 및 자기 임피던스를 구하여  
야 한다. 즉 절탑의 접지저항, 대지도전을 도체  
저항 및 만경, 도체배치, 경간등 여러가지Factor  
를 주어진 식에 대입하여 Computer 에 의한  
계산이 이루어 진다. Computer Program Chart는  
다음과 같다.



그림(2) Flow Chart

3. 유도전류 차단용 애자 장치 개발  
가공지선용 애자장치에는 연수장치와 내장  
장치가 있다. 이중 내장장치에 사용될  
애자장치의 영상을 결정하였다. 애자장치  
의 전기적인 설계는 뇌격, 계층 서지, 오선  
 $\dots$  등 여러가지 조건을 종합적으로 검토 고려하여

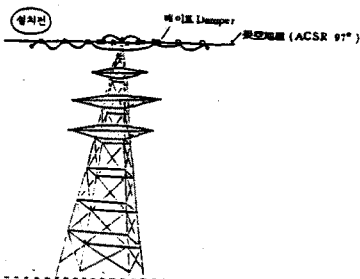
소요애자개수의 결정, Arc-Horn 간격이 결정된다. 그리고 기계적인 설계는 마중 및 진동시험에 견디어야 마므로 이에 적절 한 시험 data 를 얻어내어 실 선로에 부착하였다. 애자장치의 전기설계 및 강도설계가 완료되면 그림(2)와 같이 애자 장치를 구성한다.



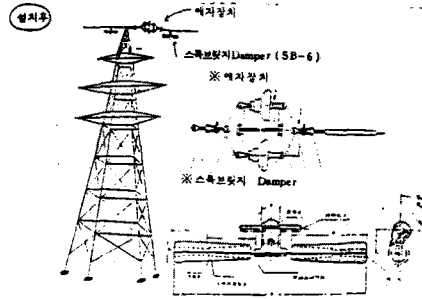
그림(3) 애자장치

4. 실선로 설치

애자장치를 직접선로에 설치하여 실증시험을 하기위한 작업으로 그림(5)과 같이 애자 장치를 실 선로에 설치하였다.



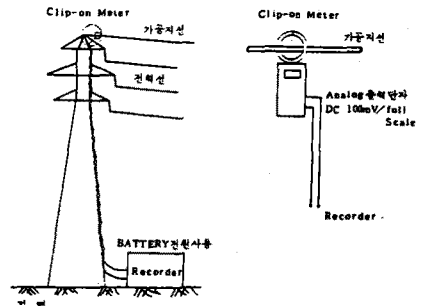
그림(4) 베이트 Dampner 설치도



그림(5)

5. 실선로에서의 측정 방법

연재의 일부마 전류는 그대로 살려둔채 각 측정점에 Hook-On Meter 를 가공저선에 걸고 Hook-On Meter 의 Analog signal 을 철탑하부에 있는 Recorder 에 연결하여 동시에 연속 측정 하였다. 그리고 부하전류 는 동시에 변전소에서 동시에 측정되도록 Recorder 를 CT 단자 2차측에 설치하였다.



그림(5) 측정방법

6. 실선로 적용 전후 측정결과 비교

한국전력공사 대구전력 관리처 팔달 S/S 와원 - S/S 간 시험선로에서 가공저선 분리전 전류와 가공저선 분리후 전류를 비교한 결과 측정치와 계산치의 오차가 다음과 같이 나타났다.

구간	역파상기 부하전류 (A)		역파상기 부하전류 (A)		합계전류 (A)				
	측정치	계산치	측정치	계산치	측정치	계산치			
6	14.86	15.34	-0.46	0.33	0.38	-0.25	14.55	14.76	-0.21
13	20.8	22.42	-1.62	0.66	1.9	-1.24	20.14	20.52	-0.38
21	26.76	22.17	4.59	3.53	1.56	1.97	23.23	20.61	2.62
26	24.28	20.59	3.69	0.24	0	0.24	24.04	20.59	3.45
34	37.07	29.35	7.72	4.69	3.15	1.54	32.36	26.2	6.16
36	39.1	38.57	1.01	5.47	5.6	0.13	33.63	32.97	0.66

선로(와원 S/S - 팔달 S/S)에 총 12조의 애자장치를 이용하여 IGS 법을 적용한 결과 최대부하전류 250A 에서 가공지선 전류가 평균 23.7A 에서 1.6A 로 줄어들었으며 매년 16.845 KWH 의 전력을 절감하고 20년 운전무 애자장치 조당 약 35만원의 이득 금액이 발생할 것으로 추정된다.

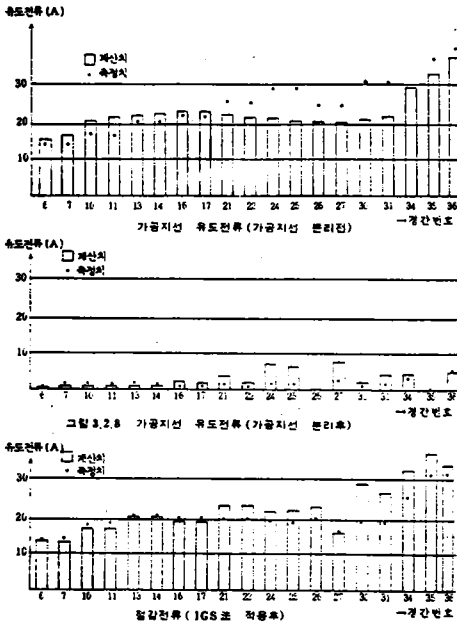


그림 (7) 가공지선 분리전후 유도전류의 계산치와 측정치

7. 결 론

- 가. 가공지선 유도전류 계산 Program 을 개발하여 실측치와 계산치와를 비교 검토한 결과 오차 범의 10%이내에서 모과분석을 판단할 수 있어 이 계산 Program 을 유묘하게 이용할 수 있었다.
- 나. 154 KV 승전가공지선에 IGS 법을 적용하기 위하여 2련 내장형 애자장치를 개발 하였다.
- 다. 한국전력공사 대구전력관리처의 시범

8. 참고 문헌

1. 전기업등연구의 "전기업등연구" 제34권 2호
2. A.J.F.KER "The Open Loop Scheme : An Effective Method of Ground wire Loss Reduction" IEEE TRANS P.A.S Vol. - 103, No.12, 1984.
3. D.E. Hedman "345 KV Line 60 HZ Ground Wire Losses" IEEE TRANS P.A.S Vol-87 No.2, 1968.
4. 佐久木賢次 "架空地線の電力損失低減対策に関する研究" 中部電力(株) 1983.
5. Carson-Pallaccek 公式  
日刊工業新聞社 刊 海峽 著