

초고압 기기의 콘덴서 부싱 개발

한 기만, 유 한기, 최 명규, 이 광철, 배 경무, 허 근도, 김 선국, 박 현득, 김 광수
금성전선(주) 연구소
서 병용, 꼭 재철, 최 수걸

The Development of Condenser Bushing Equipment for High voltage apparatus

K.M Han, H.K.Yoo, M.K.Chio, K.C.Lee, K.M.Bai, G.D.Huh, S.K.Kim, H.D.Park, K.S.Kim
Gold Star Cable Co. Research Institute
B.Y.Seo, J.C.Kwag, S.G.Chio

< Abstract >

Gold Star Cable Co. have developed Condenser Bushing Equipment for high voltage apparatus. The basic design theory and manufacture procedure are introduced in this paper.

1. 서 론

초고압 기기에 있어서 기중으로부터 가스중으로의 연결을 위해서는 부싱이 필요하며, 이때 부싱내에서 발생하는 고압축과 차폐간의 국부적으로 집중되는 전계분포를 완화 시킬 목적으로 링형 콘덴서부싱, 비대칭형 콘덴서부싱등의 설계방식을 채용한다.

당사에서는 이미 1988년에 154kV OF 콘덴서 콘을 개발했고 아울러 800kV급 콘덴서 부싱을 개발 실용화 하고 있다.

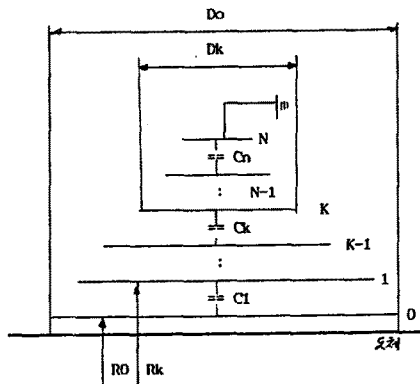
여기에 대한 콘덴서 부싱의 연구개발 내용을 소개 하고자 한다.

2. 본 론

2.1 부싱 설계이론

2.1.1 링형 콘덴서부싱 설계

각 전극간의 정전용량을 일정하게 함으로서 연면 전계를 근사적으로 같게하는 설계방법으로 아래와 같이 각 전극폭이 결정된다.



Ring형 Condenser 방식의 등가회로
즉 $C_{k-1} = C_k \quad (k=2 \dots n)$

$$D_k = D_{k-1} \times \frac{\ln(R_k/R_{k-1})}{\ln(R_{k-1}/R_{k-2})}$$

2.1.2 비대칭형 콘덴서부싱

각 전극간의 전압을 일정하게 되도록 정전용량을 결정함으로서 연면전계를 균일화시키는 설계방법으로 각 전극폭은 아래와 같이 결정된다.

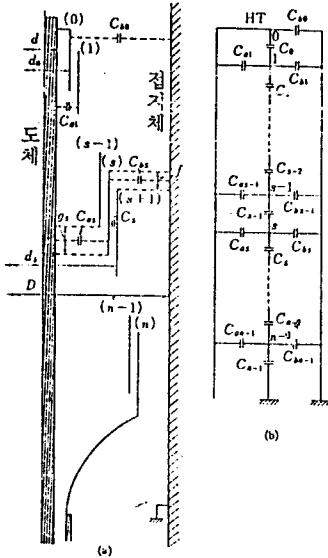
등가회로에서 S점에서 키르히호프 전류법칙을 적용하면

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

$$S \times C_{as} + C_{s-1} = C_s + (N-S) \times C_{bs}$$

$$(S = 1, 2, \dots, n-1)$$

계산하면



비대칭형의 단면과 그 등가회로

$$Ls = (L_{s-1} - f) \times \frac{1}{\ln(ds/ds-1)} - \frac{s-1}{\ln(ds/d)}$$

$$+ f \times \frac{1}{\ln(ds+1/ds)} - \frac{k(n-s+1)}{k \ln(D/ds)}$$

$$\frac{1}{\ln(ds+1/ds)} - \frac{s-1}{\ln(ds/d)}$$

2.1.3 내부 절연설계

내부의 절연 설계로서는 콘덴서를 구성하는 유침지 콘덴서 소자의 반경 방향에 대한 뇌 IMPULSE 전압 파괴 강도 및 상용 주파 파괴 강도와와의 비는 OF 절연체에 비하여 어느정도 크다. 그러나 연면 방향의 것은 역으로 된다. 따라서 콘덴서 콘의 내부 설계는 이것을 고려하여 설계한다. 콘덴서 소자의 절연 두께는 일반적으로 1 - 1.5 mm 의 두께 로 채용되고 있고, 또 일반적으로 콘덴서 소자의 엇갈림 거리는 절연두께에 맞추어 연면 파괴 전압 이상으로 선정할 필요가 있다.

기중 증단 접속부의 길이는 부상 연면의 기중 Flashover 에 의해 결정되기때문에 콘덴서 콘의 연면 절연 거리는 아주 여유가 있다.

콘덴서 소자의 절연 두께를 1 - 1.5 mm 로 할

경우 상용주파 파괴전압에 관한 설계치는 12 - 15 kV / mm , 뇌 Impulse 에 관한 설계치는 30 - 37kV/mm 로서 이 절연 두께에 맞춘 전극의 엇갈림 거리는 20 - 25 mm 이상 필요하다.

2.1.4 외부 절연 설계

기중 증단 접속함의 연면 Flashover 전압은 내부 보강 절연과 자기제 애관의 상대 위치에 따라 변화한다. 이것은 내부 보강 절연과 자기제 애관 표면의 전위분포가 크게 좌우되기 때문이다.

+ Impuse 또는 - Impulse, 상용 주파 전압에 따라, 콘덴서콘의 애관내부에서의 위치에 따라 외부 연면 Flash over 전압은 달라진다.

2.1.5 SF6 가스 내에서의 부상 의 표면의 설계

예측시 애관 고압부와 케이스 간의 절연 설계는 동축 원통전극 배치로서의 절연파괴가 최대 전계로서 결정되는 SF6 가스의 사용압력과 내부 실드링의 표면 스트레스로서 결정된다.

가스 절연체의 경우 뇌 Impulse 파괴 전압 과 상용주파 파괴전압의 비가(약 1.5 전후) 다른 절연체에 비하여 아주 작기때문에 절연설계의 결정은 뇌 Impulse 전압에 의하여 결정된다.

이 실드링의 표면의 스트레스는 사용가스 압력에 일반적으로 약 2.5 - 3 kG / cm .G 의 압력에는 뇌 Impulse 전압에 대하여 9.5 - 11 kV/mm로 한다.

또 애관 표면의 연면 Flashover 전압은 같은 조건에서 3 - 5 kV/mm 의 값을 가지고 있다. 이러한 접속재의 경우 차폐 금구의 형상, 표면 평활도가 중요하다.

당사에서는 AL Foil의 길이제한 및 작업성을 고려하여 비대칭형 부심으로 개발하였다.

AL Foil폭을 결정하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션의 FLOW CHART 및 결과치는 그림 3과 같다.

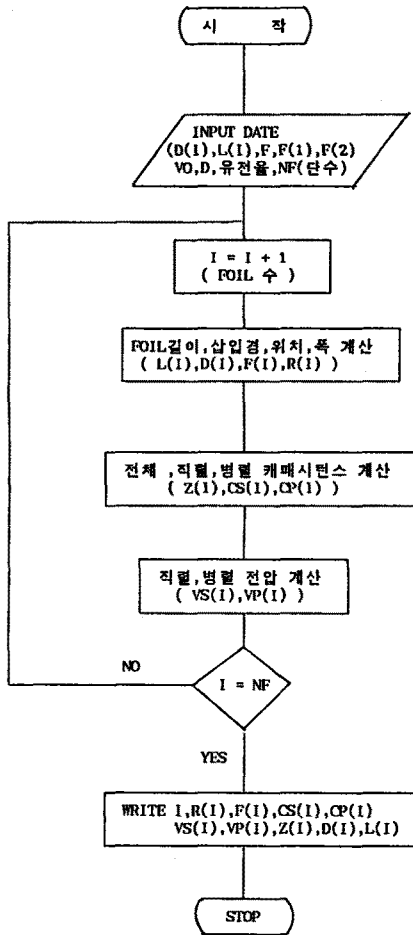


그림 3) FLOW CHART 및 컴퓨터 시뮬레이션 결과치

I No.	Z Total C	CS Series C	CP Parallel C	VS Series V	VP Parallel V
1	2741.2020	2741.2020	6.0406	10.7147	10.7147
2	1367.6330	2723.0220	6.1398	10.8100	21.6248
3	814.6323	2737.0030	6.0540	10.8031	32.3279
4	689.7726	2760.2220	6.1627	10.8223	43.1533
5	668.4355	2776.1000	6.0714	10.8111	63.9874
6	469.4610	2801.8000	6.1896	10.8368	64.8030
7	406.8701	2840.6110	6.0921	10.8279	75.8309
8	351.0116	2879.4220	6.1896	10.8416	86.4725
9	325.3379	2932.8000	6.1169	10.8279	97.3004
10	290.1470	2986.9680	6.2127	10.8333	108.1337

I No.	D 삽입경	F 외부절연거리	WT FOIL 폭	L FOIL 길이
1	156.0	830.0	320.0	440
2	136.0	696.0	247.0	447
3	136.0	730.0	245.0	453
4	140.0	765.0	243.0	460
5	142.0	800.0	242.0	468
6	144.0	835.0	241.0	472
7	146.0	870.0	241.0	478
8	148.0	905.0	241.0	486
9	160.0	940.0	242.0	491
10	162.0	975.0	243.0	497

부상의 제조공정도는 그림 4와 같으며 여기서 Oil내의 수분관리 및 설계치수를 확인하기 위해 중간검사로 정전용량을 측정하면서 제조한다.

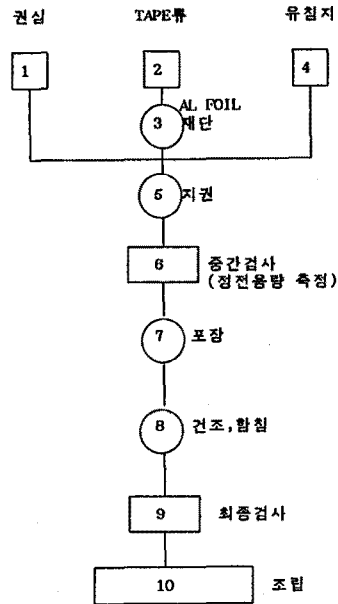


그림 4) 제조 공정도

전기적 시험 결과는

AC 내전압 700kV/10분, 뇌충격 전압 1800kV/3회로 이상이 현재까지는 이상이 없음을 확인하였다.

3. 결 론

초고압기기의 핵심부분인 부상설계의 개발하여 자체기술로서 설계, 제작함에 따라 높은기술로 접근가능, 이상발생시 대응능력의 향상을 가져왔다. 향후에는 설계, 제조 및 전개해석 기술의 개발로 대응량 초고압기기를 제작 가능 할것이다.

4. 참고 문헌

- 1) 전력 케이블 핸드북
- 2) Industrial High Voltage — F.H Kreger
- 3) 초고압 지중 OF 케이블 접속제 국산화 및 접속공법에 관한 연구(II)

— 한국 전기연구소