

SF₆가스변압기의 탭절환기용 스페이서의 절연내력에 관한연구

論 文

50B-11-3

A study of Dielectric Strength of Spacer for Tap Changer in a SF₆ Gas Insulated Transformer

許 遇 行* · 河 永 滉** · 洪 正 杓*** · 金 奎 卓[§]

(Woo-Heng Heo · Young-Sik Ha · Jung-Pyo Hong · Gyu-Tak Kim)

Abstract - Spacer is used between main tank and auxiliary tank for on load tap changer in gas insulated power transformer. This paper deals with electrical design of spacer and discusses different analysis method of between 2D FEM(finite element method) and 3D FEM. To design spacer, we modeled structure of two kind of coaxial cylinders of spacer conductors and analysed electric field of spacer at impulse and induced test voltage condition. Spacer has 13 conductors and electric field was changed according to arrangement of conductors. We could find out arrangement of conductors at which electric stress is minimum. And this arrangement was satisfied with actual test conditions.

Key Words : SF₆ Gas Transformer, Modeling, Dielectric Stress, Tap Changer, Spacer

1. 서 론

SF₆ 가스변압기는 국내의 도로수송조건을 충족시키기 위해 변압기 본체탱크와 탭절환기용 탭사이클 스페이서를 이용하여 분리되도록 설계하였으며 스페이서 내의 중심도체를 이용하여 탭권선 리드와 탭절환기 사이를 연결시키는 구조이다. 일반적으로 스페이서의 절연설계시 크게 고려할 부분으로는 스페이서 연면 형상, 삼중점, 중심도체 배열 등이 있다. 연면 설계는 가스압력을 견디는 동시에 연면 전계가 균일하도록 형상을 설계해야 하며, 가스, 도체, 스페이서가 만나는 3중점 부위는 유전을 차로 인해 전계가 국부적으로 집중되는 부위이므로 정전차폐 또는 도체와 만나는 부위의 절연물의 각도를 조절하여 전계강도가 완화되도록 설계해야 한다. 중심도체는 적절한 배열을 통해 중심도체간 내부 전계 및 대지간 전계를 완화시키는 구조로 설계해야 한다. 이러한 스페이서의 형상설계는 GIS설계시 널리 이용되고 있으나, 가스 변압기의 경우 중심도체의 수가 탭 절환 범위에 따라서 결정되며 국내의 154kV급 변압기는 상하 10개의 절환 범위를 갖고 전압변동을 138.6~169.4kV까지 시키는 방법이 사용된다. 중심도체가 1~3개인 차단기에 사용되는 스페이서와는 달리 변압기 부하시 탭절환기용 스페이서의 중심도체는 13개로서 모

든 단자는 주어진 절연시험조건을 만족해야 한다. 13개의 단자는 11개의 탭 단자 이외에 극성을 변화시키는 ⊕, ⊖ 단자가 2개 있으며 이러한 구조는 2차원 축대칭 모델링이 되지 않으므로 3차원 형상에 대한 절연 설계를 해야 한다.

본 연구에서는 가스절연 변압기의 부하시 탭절환기용 스페이서 설계에 대해 전계 계산식을 이용하여 개략적인 절연거리를 구하고 2, 3차원 유한요소법을 이용하여 스페이서 중심도체 구조를 설계하였다. 기존 FEM을 이용할 경우 각각의 시험 조건에 대한 해석모델이 많아지므로 기본적인 절연거리는 전계계산식을 이용하여 구하고 중심도체의 배열은 2차원 FEM을 이용함으로써 다양한 구조에 대한 설계가능성을 검토할 수 있었으며, 3차원의 경우, 2차원해석결과에서 얻어진 중심도체 배열과 연면 구조를 가지고 실제구조에 대해 전계의 세기를 계산하였다. 3차원 FEM계산에 의해 얻어진 구조를 이용하여 설계 및 제작한 후 시험을 하였으며, 시험결과 절연성능에 문제가 없음을 확인할 수 있었다.

2. 본 론

본 논문에서는 154kV가스 절연변압기의 부하시 탭절환기용 스페이서 설계 방법에 대하여 논의하고자 한다. 가스변압기의 부하시 탭절환기는 변압기 탭권선에 연결되어 고압권선의 전압을 조정하는데 사용되며, 변압기 주 탭과 격리시켜 설계하여 유지보수 및 수송이 간편하도록 설계되어야 한다. 국내의 154kV급 변압기의 탭 절환은 $\pm 1.25\% \times 10$ 의 범위에서 변하므로 그림 1과 같이 13개의 단자가 필요하다.

각각의 도체는 한전규격(ESB140)에 만족하는 시험조건하에서 주어진 절연성능을 모두 만족해야하므로 단자간 전계에

* 準 會 員 : (株)曉星 重工業研究所 責任研究員

** 正 會 員 : (株)曉星 重工業研究所 首席研究員

*** 正 會 員 : 昌原大 工大 電氣工學科 助教授 · 工博

§ 正 會 員 : 昌原大 工大 電氣工學科 副教授 · 工博

接受日字 : 2001年 8月 14日

最終完了 : 2001年 10月 16日

대지간 전계가 최소로 걸리는 단자간 배열이 매우 중요하다.

또한, 에폭시 수지로 된 스페이스의 연면전계는 가스의 유전율과 에폭시의 유전율 차이로 인해 국부적으로 집중할 수 있으므로 연면전계가 기준 전계강도를 넘지 않도록 형상을 설계해야한다.[1]

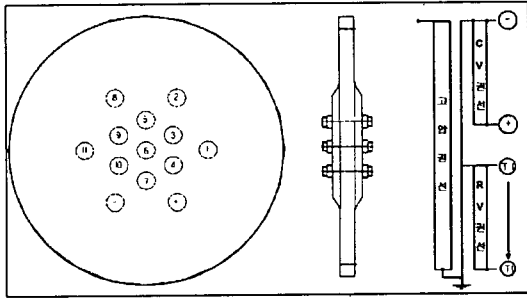


그림 1 스페이스의 기본 구조 및 결선도
Fig 1 Basic layout of spacer and Connection Diagram

설계에 필요한 한전규격 ESB 140의 전기적 시험 조건은 다음과 같다[2].

- Full Wave : 350kV
- 상용주파 내전압 : 140kV
- 유도내전압 : 170kV

위의 시험 조건중 유도 내전압 및 상용주파 내전압은 권선의 턴수비에 따라 전압이 비례하므로 쉽게 계산이 가능하며, 임펄스 내전압 시험의 경우 각 단자의 전압은 권선의 과도현상에 의한 전위에 분포에 따라 달라지므로 권선의 임펄스 과도현상해석이 선행되어야만 설계가 가능하다. 그러나, 권선에 표준 뇌저지(1.2×50 μsec.)가 인가될 때 탭권선의 전위진동 주파수는 수 μsec.이므로 인가된 파형 보다 전기적 스트레스는 항상 낮게 된다[3].

또한 전위진동은 초기 전위가 권선의 인덕턴스 축을 따라 진동하므로 임펄스에 대한 절연설계는 임펄스의 초기 전위값을 구하여 설계하는 것이 일반적이다. 임펄스에 의한 권선의 초기 전위 분포는 인덕턴스 보다 정전용량에 의한 리액턴스가 극히 작으므로 정전용량에 의하여 좌우된다. 변압기 권선을 콘덴서 회로망으로 등가화하여 KVL과 KCL을 이용하여 방정식을 풀면 식 (1)과 같은 2계 차선형 미분 방정식을 구할 수 있다[4].

$$\frac{c_s}{c_g} \frac{d^2 E}{d^2 \left(\frac{x}{L}\right)} - E = 0 \quad (1)$$

- 여기서 C_g : 권선의 대지간 정전용량
- C_s : 권선내 정전용량
- L : 권선총 길이
- x : 권선내 임의 지점

식 (1)의 특성방정식의 해를 분포계수 α 라 하며 이는 다음과 같다[5].

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_g}{C_s}}$$

위의 분포계수 α 를 이용하여 권선 길이가 L 인 권선에서 x 지점에서 인가전압 E_1 에 의한 전위는 식 (2)와 식 (3)과 같다[6].

$$E = \frac{E_1 \sinh \alpha (1-x/L)}{\sinh \alpha} ; \text{접지} \quad (2)$$

$$E = \frac{E_1 \cosh \alpha (1-x/L)}{\cosh \alpha} ; \text{개방} \quad (3)$$

식 (2), (3)에서 알 수 있는 바와 같이 분포계수 α 가 큰 경우 거리 x 에 따른 전위는 급격하게 감소하므로 탭리드 간 전위차는 증가한다. 따라서 권선의 전위분포를 개선하기 위해서는 C_g 는 작게 하고 C_s 는 큰값이 되도록 권선설계를 해야한다. 가스변압기의 권선내 캐패시턴스는 4727.497(pF)이며 대지간 캐패시턴스는 454.792(pF) 이므로 분포계수는 0.31이다[7].

식 (2), (3)을 이용하여 위에서 구한 전위분포식에 대입하며 각 지점의 전위를 구하면 다음과 같다.

표 1 접지조건에 따른 전위
Table 1 Voltage by ground condition [단위:kV]

섹션	비접지	접지
1	350	350
2	346.9	314.1
3	344.1	278.4
4	341.7	243.0
5	339.6	207.9
6	337.8	172.9
7	336.4	138.1
8	335.3	103.5
9	334.5	68.9
10	334.0	34.5
11	333.8	0

따라서 임펄스 시험조건시 모든 단자는 350kV BIL(Basic Insulation Level)에 견디도록 설계돼야 한다

한편, 가스중에서 유도 및 상용주파 내전압과 같은 AC 파괴전계는 최대치의 1.3배 전압과 Impulse전압이 동등한 절연내력을 가지므로, 상용주파 내전압 140kV는 임펄스 257.4kV와 동등한 절연 내력이므로 대지간 전계는 임펄스 350kV 조건만 고려하면 만족하게 된다[8].

유도내전압의 경우 각각의 단자에 걸리는 전압의 턴수비에 의해 결정되며 총턴수 1014에 대한 한 탭당 턴수는 12턴이므로 유도시험시 탭당 전압은 식 (4)와 같이 계산된다.

$$\text{전압/탭} = \text{상전압}kV \times \frac{\text{탭당턴수}}{\text{총턴수}} = 170 \times \frac{12}{1014} = 2.01kV \quad (4)$$

식 (4)를 이용하여 각각의 단자에 대해 전압을 계산하면 표 2와 같으며 임펄스에 대한 단자간 최대 전위차는 3.1kV이며, 유도 내전압의 경우 $2.01 \times \sqrt{2} \times 1.3 = 3.7kV$ 이므로 단자간 절연은 유도 내전압시험이 가혹하므로 유도전압시의 단자

전위만 고려하면 된다. 따라서 그림 1과 같은 구조에서의 유도내전압 시험시의 단자전압은 표 2와 같다.

표 2 유도내압시험시 단자전위
Table 2 Voltage at Induced Test condition [단위: kV]

탭위치	-	+	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
전위	40.2	20.1	18.1	16.1	14.1	12.1	10.1	8.0	6.0	4.0	2.0	0
$V_{pp} \times 1.3$	73.9	37.0	33.2	29.6	25.9	22.2	18.5	14.8	11.0	7.4	3.7	0

유도내압조건에 대한 기본적인 단자간 절연거리를 계산하기 위해 그림 2와 같은 구조를 이용하여 전계계산을 하였다. 단자간 전계는 그림 2와 같은 원통대 평판에 대한 영상이론을 이용하여 전계를 식 (5)와 같이 계산하고, 단자와 대지간은 그림 3에 대한 식 (6)의 편심된 동축케이블 모델로서 계산할 수 있다[9].

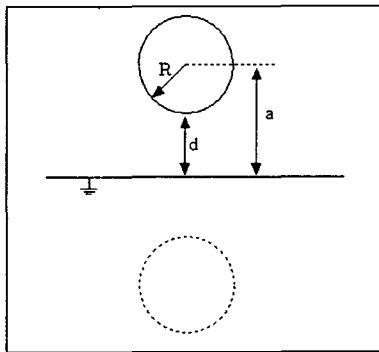


그림 2 원통구조
Fig 2 cylinder arrangement

원통대 평판구조의 경우는

$$E_m = \frac{\sqrt{a^2 - R^2}}{R} \times \frac{V}{d \left(\ln \frac{a + \sqrt{a^2 - R^2}}{R} \right)} \quad (5)$$

여기서

$$a = d + R$$

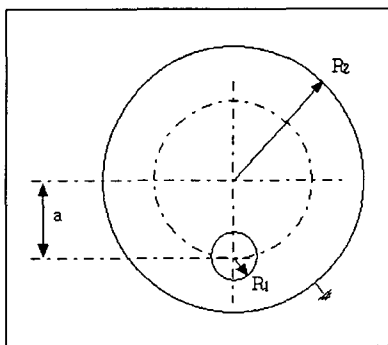


그림 3 편심된 동축케이블
Fig 3 coaxial cylinder arrangement

편심된 동축 케이블의 경우는

$$E_m = \sqrt{\frac{S_1 + R_1}{S_1 - R_1}} \times \frac{2}{R_1 \ln P} \quad (6)$$

이다.

여기서

$$S_1 = \frac{R_2^2 - R_1^2 - a^2}{2a}$$

$$S_2 = S_1 + a$$

$$P = \frac{(S_1 + C)(S_2 + C)}{(S_1 - C)(S_2 - C)}$$

$$C = \sqrt{S_1^2 - R_1^2} = \sqrt{S_2^2 - R_2^2}$$

위의 식을 이용하여 구한 절연거리를 이용하여 실제 13개의 단자를 여러 가지 구조에 대해 전계해석을 하였으며 각 단자의 최대 전계 수치는 표 3과 같다.

표 3 해석결과
Table 3 Analysis result [단위:kV/mm]

도체배열	탭위치	-	+	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
구조 1		1.92	0.74	2.51	1.15	1.53	1.37	2.00	1.64	1.92	0.55	0.78	0.79	0.82
구조 2		1.68	0.92	0.65	1.09	0.59	0.53	1.24	0.53	0.59	0.68	0.40	0.32	0.43
구조 3		1.92	0.74	2.55	1.44	1.29	0.76	0.48	1.17	2.09	1.28	1.56	0.79	0.82
구조 4		2.28	0.57	0.65	0.59	0.59	0.53	1.10	0.53	0.59	1.49	0.41	0.31	0.63
구조 5		2.00	0.98	0.61	0.59	0.86	0.47	0.56	0.21	1.59	0.41	0.72	0.50	0.36

그림 4~14는 배열구조1~5에 대한 전극 배열 및 전위분포를 나타내고 있다. 모든 배열에서 대지간 전계는 ⊖ 단자에서 크게 걸리며 단자간 전계는 ⊖, ⑤, ⑦, ⑩ 단자에서 크게 걸림을 알 수 있다.

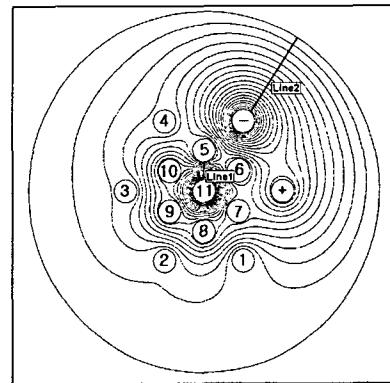


그림 4 중심도체배열 구조 1의 등전위선
Fig 4 Field pattern of conductor arrangement 1

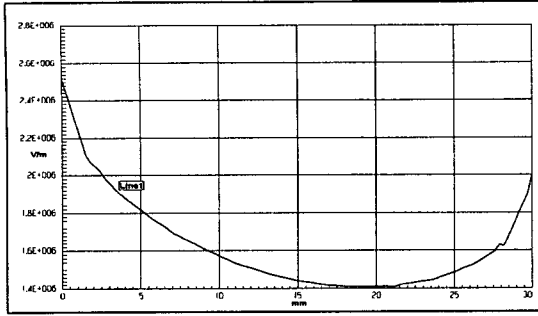


그림 5 구조 1의 단자간 전계강도
Fig 5 Electric field at conductor arrangement 1

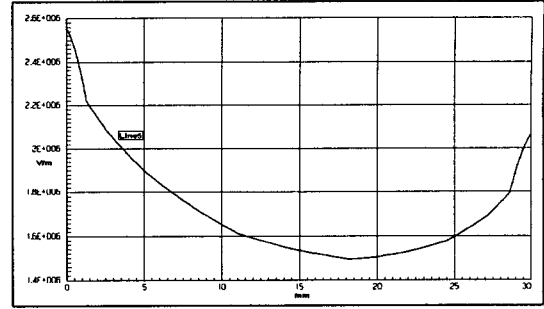


그림 9 구조 3의 단자간 전계강도
Fig 9 Electric Field at Conductor arrangement 3

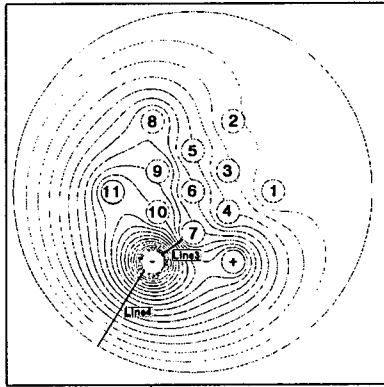


그림 6 중심도체배열 구조 2의 등전위선
Fig 6 Field pattern of conductor arrangement 2

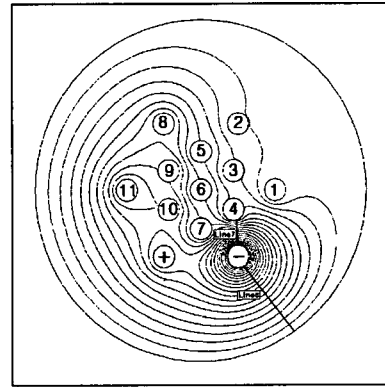


그림 10 중심도체배열 구조 4의 등전위선
Fig 10 Field pattern of conductor arrangement 4

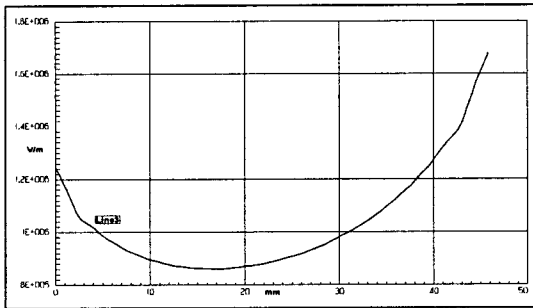


그림 7 구조 2의 단자간 전계강도
Fig 7 Electric field at conductor arrangement 2

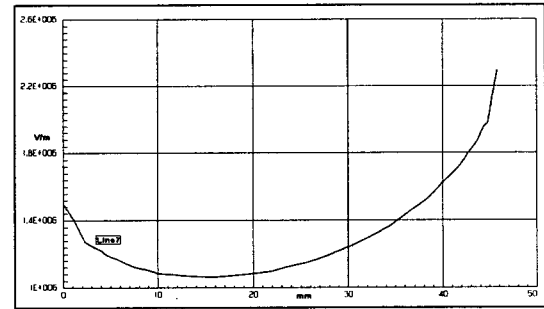


그림 11 구조 4의 단자간 전계강도
Fig 11 Electric field at conductor arrangement 4

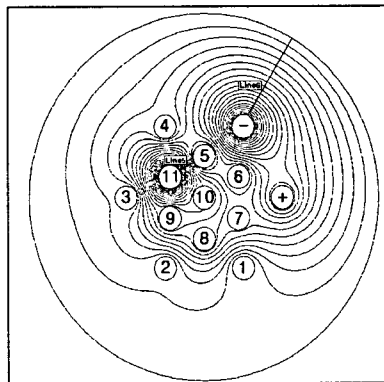


그림 8 중심도체배열 구조 3의 등전위선
Fig 8 Field pattern of Conductor arrangement 3

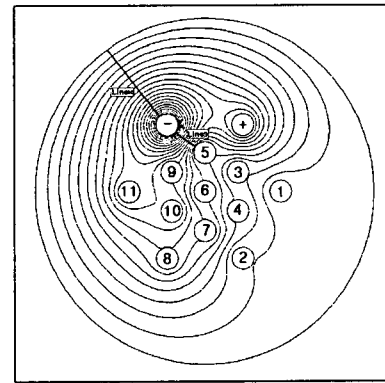


그림 12 중심도체배열 구조 5의 등전위선
Fig 12 Field pattern of conductor arrangement 5

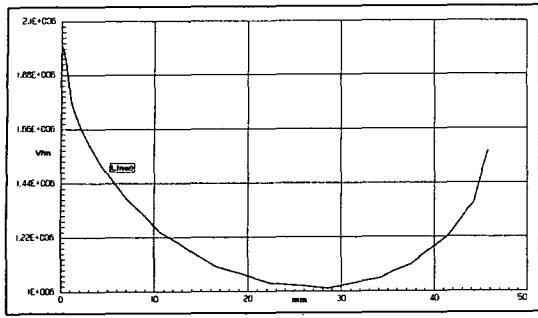


그림 13 구조 5의 단자간 전계강도
Fig 13 Electric field at conductor arrangement 5

대지간 전계는 구조 1~5의 경우에서 ⊖단자와 외함과 크게 걸리며 그 크기는 1.5~1.9kV/mm로 단자 배열에 따라 거의 변하지 않는다. 그림 14는 이들 5개 구조 중 단자 배열구조 2의 대지간 전계분포를 나타내고있다.

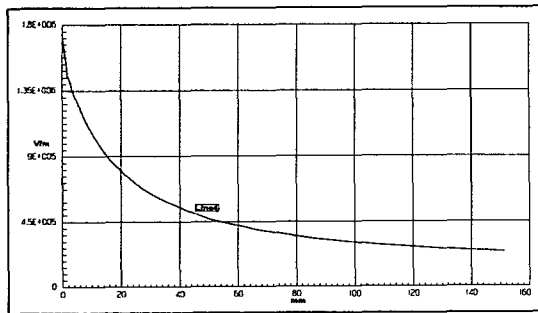


그림 14 구조 2의 대지간 전계강도
Fig 14 Electric field at conductor arrangement 2

위의 구조에서 배열 2의 경우가 단자간 형상에 최적임을 알 수 있으며 구조 2의 배열에 의한 대지간 전계를 계산하여 스페이서 외경의 크기를 결정하였다.

대지간 절연은 유도시험조건보다 임펄스 인가시 시험조건이 가혹하므로 탭 단자가 표 1과 같이 단자가 개방된 조건과 모든 단자가 350kV BIL을 갖는 경우에 대하여 전계해석을 실시하였다.

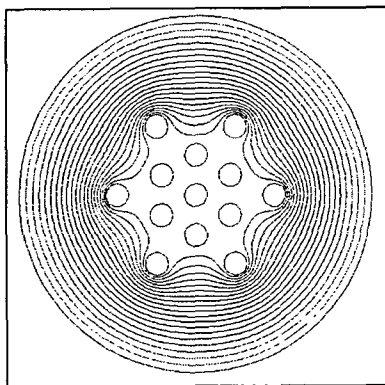


그림 15 모든 단자전압이 350kV인 경우
Fig 15 Electric field distribution in case of all conductor has 350kV

그림 15는 모든 단자가 350kV BIL을 갖는 경우의 등전위선이며, 그림 16은 단자가 표 1과 같이 개방된 경우에 대한 등전위선을 나타내고 있다. 대지간 등전위선의 형태는 내측 단자를 제외하고 두 조건에서 거의 유사한 형태를 띄고 있다. 이들 그림 15와 그림 16의 구조에 대해 전계계산 결과 절연거리에 대한 전계강도는 거의 비슷함을 알 수 있다. 접지면의 외경은 그림 15와 그림 16의 구조에 대해 350kV BIL절연에 견디도록 설계하였으며 표 4는 그림 15와 그림 16의 단자와 접지간 거리에 따른 전계강도를 나타내고 있다.

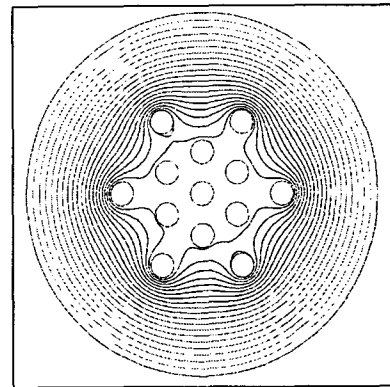


그림 16 단자전압이 표1과 같은 경우
Fig 16 Electric Field distribution in case of each conductor voltage according to table 1

가스압력 2 kg/cm²G 에서 연면 전계기준은 10.3kV/mm 이므로 표 4에 의하면 외함 반경이 305mm보다 큰 경우 여유율이 25%이상일 것을 알 수 있다[10].

표 4 절연거리에 따른 전계강도
Table 4 Electric Field as distance [단위:kV/mm]

외함 반경 [mm]	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350
조건1	6.87	6.78	6.63	6.52	6.34	6.29	6.13	5.94	5.88	5.75	5.66	5.52	5.47
조건2	7.19	6.85	6.75	6.60	6.53	6.21	6.27	6.16	6.03	5.90	5.81	5.57	5.53

부하시 탭절환기용 스페이서의 형상은 중심도체와 스페이서가 만나는 3중점부위와 스페이서 연면의 전계강도에 크게 좌우된다.

중심도체와 탭과의 절연거리 325mm를 이용하여 스페이서 연면전계를 최소화하기 위해 그림 17과 같은 구조에 대해 2차원 FEM을 이용하여 축대칭 해석을 실시하였다.

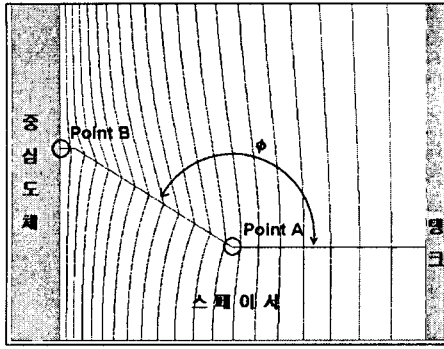


그림 17 스페에서 각도
Fig 17 Spacer angle

그림 18은 연면전계가 가장 크게 작용하는 Point A, B지점에 대해 스페에서 각도 φ를 변화 시키면서 두지점의 전계강도 변화를 나타내고 있다.

각도가 커짐에 따라 Point A지점의 전계는 감소하고 Point B 지점의 전계는 증가한다. 이 두지점의 전계강도가 최소가 되는 지점은 약 143도이다.

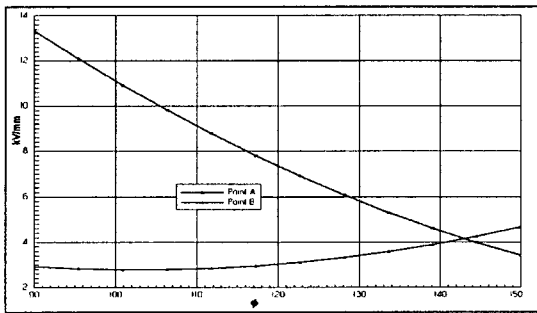


그림 18 각도에 따른 연면전계
Fig 18 tangential Electric field stress by angle

상기에서 같이 2차원해석을 이용하여 최소 전계가 걸리는 단자배열 구조 2를 찾아낼 수 있었으며, 그림 17과 같은 2차원 구조를 이용하여 연면전계가 최소로 걸리는 스페이서 각도 143도를 이용하여 실제 압력 $2 \text{ kg/cm}^2 G$ 에 견디도록 설계된 3차원 구조에 대해 그림 19, 20과 같이 임펄스 시험 조건 및 유도내압 시험조건에 대하여 전계해석을 실시하였다.

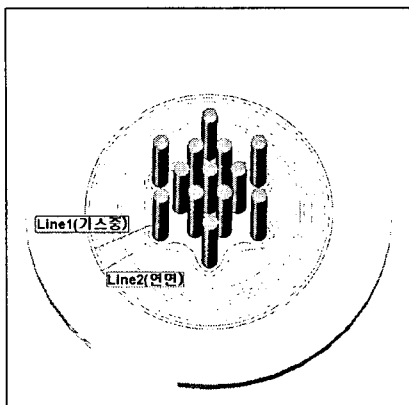


그림 19 임펄스 시험조건에 대한 등전위선
Fig 19 Electric Field at Impulse test condition

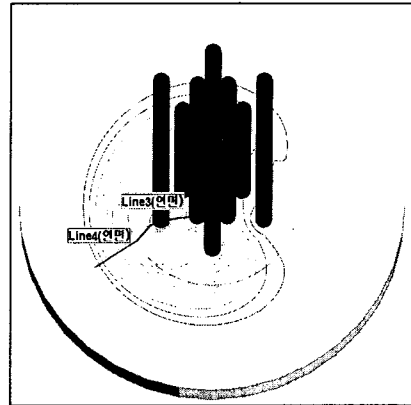


그림 20 유도내압 시험조건에 대한 등전위선
Fig 20 Electric Field at Induced test condition

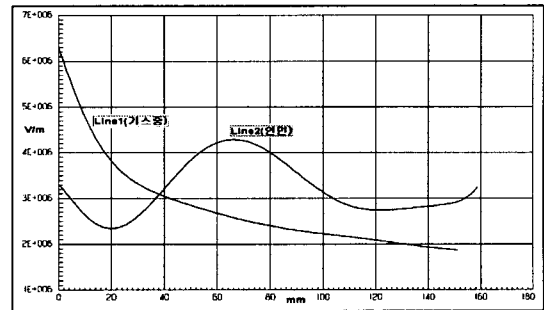


그림 21 Line별 전계강도
Fig 21 Electric Field stress at Impulse test condition

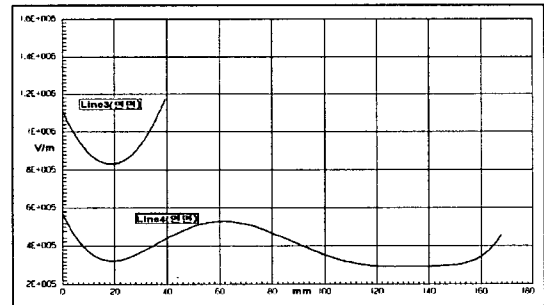


그림 22 Line별 전계강도
Fig 22 Electric Field stress at Induced test condition

그림 19와 같이 단자에 350kV 임펄스시험조건인 경우 Spacer표면의 등전위면을 나타내고 있다. 이 등전위선은 그림 15의 2차원 등전위선의 형상과 거의 동일하며 Spacer표면에 연면전계가 집중됨을 알 수 있다.

그림 20은 단자전압이 표 2와 같은 유도시험의 경우 등전위면을 나타낸 것으로 그림 6의 2차원 해석결과와 거의 동일하며 스페이서 연면전계는 단자보다 스페이서의 경사진 부위에서 최대가 됨을 알 수 있다.

그림 19, 20에서 최종 설계된 구조의 전계강도 및 여유율은 표 5와 같으며 임펄스 시험시 연면전계가 제일 취약 하며 그때의 여유율을 설계조건으로 잡는다.

표 5 설계 여유율
Table 5 Design Margin

구분	Line 1	Line 2	Line 3	Line 4	설계기준
전계강도(kV/mm)	6.28	4.29	1.18	0.56	절연물연면 : 10.3
여유율(x)	162	140	772	1739	가스중 : 16.5

위에서 설계된 스페이스에 대해 절연시험을 전파 350kV BIL로 시험을 실시하였다.

시험결과 전파 및 반파 파형은 그림 23과 같이 서로 일치하므로 절연에 문제가 없음을 확인할 수 있었다.

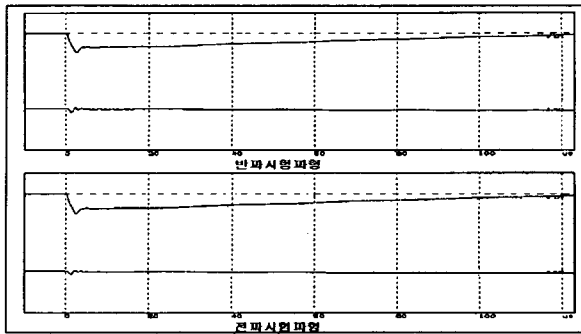


그림 23 임펄스 시험파형
Fig 23 wave shape of impulse test

3. 결론

부하시 탭절환기용 스페이스의 절연내력을 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 스페이스의 단자배열은 지그재그 구조로 하였을 때 각 단자에 걸리는 전계가 최소화되며 스페이스 크기도 줄일 수 있었다.
2. 스페이스 3중점부위와 굴곡진 부위의 각도를 전개해석에 의해 최소전계가 되는 스페이스의 모양을 도출할 수 있었다.
3. 가스변압기의 시험 조건에 의해 충격 시험시는 모든 단자(13개)가 거의 같은 전위임을 알 수 있으므로 단자와 접지와의 절연거리만 유지하면 되는 것임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 공업기반기술개발사업에 의하여 이루어진 것입니다.

참고 문헌

[1] E. Kuffel, "High Voltage Engineering", Pergamon, pp. 266~279, 1988
 [2] 한전구매시방서, "154kV 가스절연변압기", pp.13~15, 한국전력공사, 1998.
 [3] K.Okuyama, "A Calculation Method for Impulse Voltage Distribution and Transferred Voltage in Transformer Windings" IEEE Trans., vol. PAS-97. no.3, pp. 932~936, 1978.
 [4] G.M.Stain "A study of Initial Surge Distribution in Concentric Transformer Windings", IEEE Trans.,vol. PAS-83, pp.877~893, 1964.

[5] 허우행, 하영식, 홍정표, 김규탁, "여유턴 방식에 의한 가스변압기의 절연설계에 관한 연구" KIEE. Trans. vol. 50B, no.3, pp. 117~120, 2001.
 [6] 朴旻鎬 "誘導機器", 東明社, pp174~176, 2000.
 [7] 산업자원부 "SF6가스절연 방재형 변압기개발", pp95~97, 2000
 [8] 허우행, 하영식, 홍정표, 김규탁, "SF6 가스절연변압기에서 권선의 섹션에 대한 절연내력 연구", KIEE. vol 49B, no.3, p.154, 2000.
 [9] 이복희, "高電壓 大電流 工學", 청운각, pp.45~65, 1997.
 [10] 서길수, "SF6 가스 중 V-t절연과파특성", 대한전기학회 창립 50주년 하계학술 대회논문집, pp 1771~1772, 1997.

저자 소개



허우행 (許遇行)

1969년 12월 1일 생. 1995년 인하대 전자공학과 졸업. 현재 (주)효성 중공업연구소 창원분소 선임연구원
 Tel : 055-268-9914, Fax : 055-268-9926
 E-mail : anytime@pop3.hyosung.co.kr



하영식 (河永湜)

1948년 3월 23일 생. 1975년 서울대 공과대학 공업교육과 졸업. 1998년 창원대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 (주)효성 중공업연구소 창원분소 수석연구원.
 Tel : 055-268-9910, Fax : 055-268-9926
 E-mail : hysik@pop3.hyosung.co.kr



홍정표 (洪正杓)

1959년 4월 17일 생. 1983년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1985년 동 대학원 전기동학과 졸업(석사). 1985년~1990년 LG정밀(주) 중앙연구소 주임연구원. 1990년~1992년 삼성전기(주) 종합연구소 선임연구원. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1996년~1996년 한양대 산업과학연구소 선임연구원. 현재 창원대 공대 전기공학과 조교수
 Tel : 055-279-7517
 E-mail : jphong@sarim.changwon.ac.kr



김규탁 (金奎卓)

1961년 11월 12일 생. 1982년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 창원대 공대 전기공학과 부교수. 1996년~2000년 일본 早稻田大 客員研究員
 Tel : 055-279-7515
 E-mail : gtkim@sarim.changwon.ac.kr