

콘덴서의 수명

콘덴서의 수명은 콘덴서에 인가되는 전압과 주위온도에 따라서 지수함수적으로 변동합니다.

이에 따라서 보전 및 관리되는 상태에 따라 기대되는 신뢰도의 확보여부가 결정된다고 할 수 있습니다.

콘덴서의 수명은 사용 조건에 따라 크게 달라질 뿐만 아니라 제조사별, 공정별, 설계요소의 변경 등에 요인에 의해서도 변동되며 추정하는 공식은 다음과 같다.

$$L_s = L_r (V_s / V_r)^{-n} e^{\frac{(t_r - t_s)}{\alpha}}$$

- L_s : 실인가전압(V_s), 실온도(t_s)하의 수명 [hour]
- L_r : 정격전압(V_r), 허용온도(t_r)하의 수명 [hour]
- α : 온도계수, 3.5~9로서 유전체 및 제조업체에 따라 다름
- n : 전압계수, 10~18로서 유전체 및 제조업체에 따라 다름

당사 고압진상용 콘덴서 6600V 3P 60Hz 100kvar의 제품의 설계보증기간을 65,000h(7.4년) 이라 할 때 사용온도(t_s) 및 인가전압(V_s)의 변화에 따른 기대수명은(L_s)?

1) 전압이 일정하게 유지되고 사용온도(t_s)가 높을때의 기대수명(L_s)

L_s	L_r	V_s	V_r	T_s	T_r	n	α
65,000	65,000	6,600	6,600	40	40	11.0	9.0
58,165	65,000	6,600	6,600	41	40	11.0	9.0
52,048	65,000	6,600	6,600	42	40	11.0	9.0
46,575	65,000	6,600	6,600	43	40	11.0	9.0
41,677	65,000	6,600	6,600	44	40	11.0	9.0
37,294	65,000	6,600	6,600	45	40	11.0	9.0
33,372	65,000	6,600	6,600	46	40	11.0	9.0
29,863	65,000	6,600	6,600	47	40	11.0	9.0
26,722	65,000	6,600	6,600	48	40	11.0	9.0
23,912	65,000	6,600	6,600	49	40	11.0	9.0
21,398	65,000	6,600	6,600	50	40	11.0	9.0

2) 사용온도(t_s)이 일정하게 유지되고 인가전압(V_s)가 높을때의 기대수명(L_s)

Ls	Lr	Vs	Vr	Ts	Tr	n	α
65,000	65,000	6,600	6,600	40	40	11.0	9.0
55,090	65,000	6,700	6,600	40	40	11.0	9.0
46,806	65,000	6,800	6,600	40	40	11.0	9.0
39,862	65,000	6,900	6,600	40	40	11.0	9.0
34,027	65,000	7,000	6,600	40	40	11.0	9.0
29,111	65,000	7,100	6,600	40	40	11.0	9.0
24,960	65,000	7,200	6,600	40	40	11.0	9.0
21,446	65,000	7,300	6,600	40	40	11.0	9.0
18,465	65,000	7,400	6,600	40	40	11.0	9.0
15,930	65,000	7,500	6,600	40	40	11.0	9.0
13,770	65,000	7,600	6,600	40	40	11.0	9.0

3) 사용온도(t_s)과 인가전압(V_s)이 모두 높을때의 기대수명(L_s)

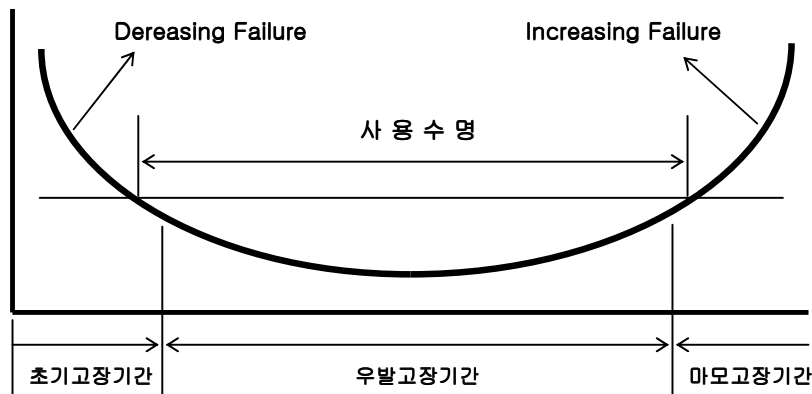
Ls	Lr	Vs	Vr	Ts	Tr	n	α
65,000	65,000	6,600	6,600	40	40	11.0	9.0
49,297	65,000	6,700	6,600	41	40	11.0	9.0
37,479	65,000	6,800	6,600	42	40	11.0	9.0
28,562	65,000	6,900	6,600	43	40	11.0	9.0
21,817	65,000	7,000	6,600	44	40	11.0	9.0
16,702	65,000	7,100	6,600	45	40	11.0	9.0
12,815	65,000	7,200	6,600	46	40	11.0	9.0
9,853	65,000	7,300	6,600	47	40	11.0	9.0
7,591	65,000	7,400	6,600	48	40	11.0	9.0
5,860	65,000	7,500	6,600	49	40	11.0	9.0
4,533	65,000	7,600	6,600	50	40	11.0	9.0

위 결과식에서 보는 바와 같이 사용온도($^{\circ}\text{C}$), 인가전압(V)에 따라 기대수명이 급격히 변하는 것을 볼 수 있습니다.

그러므로 고객님들의 요구하는 기대수명(L_s)를 얻기 위해서는 과전압 및 온도상승이 없도록 유의하여야 합니다.

일반적으로 콘덴서의 수명을 어떤 숫자로 말하기 보다는 신뢰도라는 확률적 개념으로 접근해야 하는데 전형적인 고장 Pattern은 다음 그림과 같습니다.

콘덴서의 고장은 초기고장시기를 지나 안정되면 제품의 설계 수명까지 운전이 가능하며(단, 외부적 요인이 없는 경우) 마모고장기간에 다르면 제품의 고장율이 점점 상승하게 됩니다.



콘덴서의 전형적인 고장패턴 곡선도

◆ 초기고장기간

통계적 기준으로 통전시일로 부터 약 6개월 이내에 고장이 발생되며, 제조상의 결함 및 원자재의 결함으로 볼 수 있습니다. (단, 계통상의 문제가 없을 경우)

◆ 우발고장기간

계통상의 문제점에 의해 고장이 발생되며, 원인으로는 판넬구조 및 설계상의 문제점, 고조파의 유입 과전압 인가, 과전류, 높은주위온도, 과진상운전, 잦은 스위칭, 선로사고 등의 원인이 고장의 큰 비중을 차지하고 있습니다.

◆ 마모고장기간

콘덴서의 장기간 사용으로 제품자체의 수명저하에 따라 고장이 발행한다.

평균 콘덴서 기대수명은 사용목적에 따라 다르게 나타나며, 고압콘덴서의 경우 대략 7년 이상 운전 시 고장비율이 급격히 상승합니다.(저압의 경우 대략 5년)



위에서 고찰 해 본 것과 같이 콘덴서는 외부적인 여러요소에 의해 수명이 좌우되는 것을 알 수 있을 것 입니다. 그러므로 제품의 수명단축을 방지키 위해서는 영향을 미치는 요인을 제거하여 합니다.

콘덴서의 정상적 운영을 위해 필요한 조건은 아래와 같이 제시할 수 있습니다.

- ㉠ 해당 조파수에 맞는 리액터 설치로 고조파의 영향을 제거
- ㉡ 리액터 설치로 인한 투,개폐 Surge 등 과 같은 과도현상 저감
- ㉢ 정기적인 점검으로 인한 사고방지(전류 및 온도측정)
(3상간 전류는 108% 이내, 상전류는 5% 감소는 교체)
- ㉤ ㉠, ㉡ 와 같이 리액터를 설치할 수 없는 작은 용량의 콘덴서는 내전압 여유율을 상승시켜
고조파 전압 및 전류의 내성을 높힘(220V-→380V, 380V-→440V, 440V-→480V 으로 변경)
이 방법은 리액터 및 판넬 설치비가 들지 않으므로 투자비가 저렴
- ㉥ 콘덴서 설치 주위온도를 반드시 고압은 Max 40℃, 저압 Max 45℃을 넘지 않도록 관리