

여러 가지 확률분포를 이용한 발전기 고정자 권선의 흡습 시험에 관한 연구

김희수¹ · 배용채² · 김희정³ · 나명환⁴

¹한국전력연구원 수화력발전연구소, ²한국전력연구원 수화력발전연구소

³전남대학교 수확통계학부, ⁴전남대학교 수확통계학부

(2009년 8월 접수, 2009년 10월 채택)

요약

발전기 고정자 권선의 냉각수 누수는 발전기 운전 중 절연 파괴를 발생시켜 발전소 불시정지를 발생시킬 뿐만 아니라 권선 손상에 따른 정비 기간 및 비용이 매우 많이 소요된다. 따라서 발전기 고정자 권선의 냉각수 누수가 발생하였을 때 재앙이 일어나기 전에 고정자 권선 절연물의 흡습 상태를 진단하는 것은 예방 정비 측면에서 매우 효과적인 정비 방안이라고 할 수 있겠다. 본 논문에서는 발전기 고정자 권선에 흡습여부를 알아보기 위하여 여러 가지 확률분포를 이용하여 관정기준값을 유도하였다. 또한, 유도된 관정기준값을 바탕으로 실제 관측된 자료를 이용하여 흡습여부를 판단하였다.

주요용어: 발전기 고정자 권선, 흡습 시험, 누수시험, 절연 파괴, 확률분포.

1. 서론

발전기 고정자 권선의 냉각수 누수는 발전기 운전 중 절연 파괴를 발생시켜 발전소 불시정지를 발생시킬 뿐만 아니라 권선 손상에 따른 정비 기간 및 비용이 매우 많이 소요된다. 따라서 발전기 고정자 권선의 냉각수 누수가 발생하였을 때 재앙이 일어나기 전에 고정자 권선 절연물의 흡습 상태를 진단하는 것은 예방 정비 측면에서 매우 효과적인 정비 방안이라고 할 수 있겠다.

흡습 시험은 절연물의 정전용량을 측정함으로써 절연물의 냉각수에 의한 흡습 정도를 알 수 있는 방법으로서, 절연물 표면에 측정용 전극 판을 붙여 절연물과 물과의 유전을 차이를 이용해 얻은 데이터를 이용하여 흡습 정도를 확인하는 방법이다.

발전기 고정자 권선에 대한 정전용량 측정 원리는 마이카(mika)로 절연된 권선 내부의 구리를 하나의 전극으로 사용하면서 센서 전극을 마이카 외부 표면에 밀착하여 센서와 구리 사이의 절연물의 정전용량 값을 측정한다. 정전용량의 의미는 그림 1.1과 같이 2개의 평행한 금속판에 전압을 인가하면 금속판 사이의 공간에 전기가 저장되는 현상을 이용한 것이 콘덴서인데 이곳에 저장할 수 있는 전기 에너지의 양을 바로 정전용량이라고 한다.

그림 1.1과 같이 평행한 축전기에 전하를 충전시키면 전하는 극판 안 쪽에만 분포하고 전기력선은 극판에 수직하며 평행한 모양을 이루어 균일한 전기장을 이룬다. 평행 평판형 축전기의 정전용량은 식 (1.1)과 같다.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (1.1)$$

⁴교신저자: (500-757) 광주광역시 북구 용봉동 전남대학교 수확통계학부, 부교수. E-mail: nmh@chonnam.ac.kr

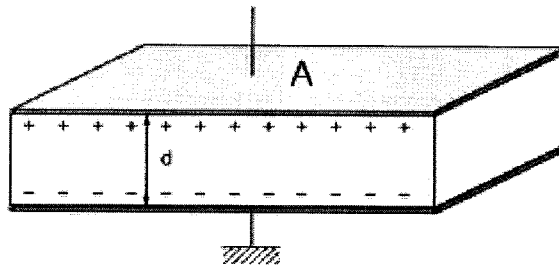


그림 1.1. Capacitance for parallel plate storage battery

단, A 는 판의 넓이, d 는 극판사이의 거리, ϵ_r 는 극판사이의 유전율이다. 따라서 정전 용량이 증가하는 경우는 다음의 2가지 경우가 있다. 판의 넓이(A)가 증가되거나 극판 사이의 거리(d)가 짧아지는 경우와 극판 사이에 유전율(ϵ_r)이 큰 물질로 구성되어 있는 경우이다.

위의 이론에 의한다면, 발전기 권선에 유전율이 큰 새로운 절연물이 부가될 수는 없고 단지 권선 내부의 냉각수가 누수 되어 절연물에 존재하게 될 수 있으므로, 이때 물의 유전율은 권선을 구성하는 마이카의 유전율보다 대략 20배 정도 크므로 정전용량이 증가하게 됨을 알 수 있다. 그러나 실제로는 권선을 절단하지 않은 한 극판사이의 거리와 판의 넓이를 알 수가 없고, 또한 각 권선마다 그 값들이 다르므로 정전용량은 권선마다 다르게 나타난다. 권선에 흡습이 되었을 때는 유전률의 값이 커지므로 정전용량이 다른 권선보다 상대적으로 크게 나타나든지 어떤 특정한 값을 넘어가면 흡습으로 판단할 수 있다.

GE사는 발전기 고정자 권선 절연물과 동도체 사이의 정전용량을 측정하고 capacitance map을 이용하여 권선 절연물의 흡습 여부를 진단하고 있으며 허용치를 넘는 권선에 대해서는 1년 내로 권선을 교체하는 것이 바람직하다고 추천하고 있다. 한편, 전력연구원에서는 발전기 고정자 권선 흡습 시험 장치를 개발하여 발전기 고정자 권선에 대한 흡습 시험에 활용하고 있다.

본 논문에서는 여러 가지 확률분포를 이용하여 새로운 흡습 여부에 대한 진단할 수 있는 새로운 방법을 제안하였으며, 표준화력 500MW 발전기 고정자 권선을 대상으로 수행한 정전용량 데이터를 제안한 방법에 적용하여, 발전기 고정자 권선의 흡습 여부에 대한 진단을 하였다.

2. 여러 가지 확률분포를 이용한 판정기준

2.1. 여러 가지 확률분포

본 논문에서 다루는 정전용량은 양의 값을 가지는 확률변수이므로 주로 신뢰성 이론에서 다루는 확률분포를 사용하였다. 이러한 확률분포에 대한 좀더 자세한 이론은 서순근 (2009)이나 정해성 등 (2003)을 참조 바란다.

1) 지수분포(Exponential Distribution)

지수분포는 연속확률분포 중에서 유일하게 상수 고장률을 가지는 분포로서 신뢰성 분석에서 기본적인 역할을 하는 중요한 분포이다. 특히, 시간에 따라 마모나 열화가 없는 고장률이 일정한 경우에 수명의 분포를 표현할 때 지수분포를 많이 사용한다. 확률변수가 지수분포를 따를 때는 $\text{Exp}(\theta)$ 로 나타내고 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{1}{\theta} \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right).$$

2) 와이불 분포(Weibull distribution)

와이불분포는 재료의 파괴강도의 분포를 나타내기 위해 제안된 후, 진공관, 볼 베어링, 절연체 등의 수명자료에 광범위하게 적용되어 대표적인 수명분포로 유용하게 사용되는 분포이다. 확률변수가 와이불 분포를 따를 때는 $Wei(m, \eta)$ 로 나타내고 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{m}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{m-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m\right).$$

특히, 와이불 분포는 증가, 감소, 상수 고장률을 모두 다룰 수 있는 응용범위가 매우 넓은 분포로서, 형상모수(m)는 고장률이 시간에 따라 얼마나 변하는지를 나타낸다. $m < 1$ 이면 고장률은 시간에 따라 감소하며 초기 고장률과 연관되어 있다. $m = 1$ 이면 고장률은 시간에 따라 변하지 않는 상수(지수분포)이며 우발적으로 발생한 고장과 연관되어 있다. $m > 1$ 이면 고장률은 시간에 따라 증가하며 기계적 마모에 의해 발생한 고장과 관련되어 있다.

3) 정규분포(Normal distribution)

정규분포는 가장 널리 사용되는 분포로서 품질관리 분야에서는 계량치의 분포로서 사용되고 있으며 재료의 인장강도나 사용시간 또는 횟수가 증가함에 따라 고장 가능성이 증가하는 경우에 적용된다. 확률변수가 정규분포를 따를 때는 $N(\mu, \sigma^2)$ 으로 나타내고, 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right).$$

4) 대수정규분포(Lognormal distribution)

대수정규분포는 확률변수를 대수변환하면 정규분포를 따를 때 정의되며, 전기절연체, 압의 전이시간, 수리시간의 분포로 사용되고 있다. 공학분야에서는 자연대수를 사용하지만 상용대수를 사용하기도 한다. 대수정규분포의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma t} \exp\left(-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right).$$

대수정규분포 역시 다양한 형태를 갖기 때문에 많은 유형의 데이터에 잘 맞는 것으로 알려져 있다. 금속 피로수명이나 전기 절연체의 수명데이터 해석에도 자주 사용되고 있다.

5) 로지스틱분포(Logistic distribution)

로지스틱분포는 정규분포와 유사한 종모양이나 꼬리가 정규분포보다 조금 길며 증가형 고장률 패턴을 보여준다. 로지스틱분포의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma} \frac{\exp\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}{\left[1 + \exp\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)\right]^2}.$$

형상모수가 없으므로 확률밀도함수는 오직 종 모양의 형태로만 나타나며 정규분포의 모양과 유사하다.

6) 대수로지스틱분포(Loglogistic distribution)

대수로지스틱분포는 확률변수를 대수변환하면 로지스틱분포를 따를 때 정의된다. 대수로지스틱분포의

확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma} \frac{\exp\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)}{\left[1 + \exp\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)\right]^2}.$$

고장률이 초기에 증가하다 나중에 감소하는 형태의 수명자료에 적합하며 분포의 모양은 대수정규 분포, 와이블 분포와 유사하다.

7) 극단값 분포(extreme value distribution)

수명특성을 고려할 경우 최소값과 최대값분포가 널리 사용 되는데 최대값과 최소값의 점근분포로서 3가지 형이 있으며 이들 중에서 대표적으로 이용되는 최소극단값분포의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(\frac{t - \mu}{\sigma} - \exp\left(-\frac{t - \mu}{\sigma}\right)\right).$$

신뢰성 모형에서 최소 극단값 분포는 자주 쓰이는데, 예를 들어 시스템이 n 개의 동일한 구성품(component)들이 직렬로 구성되어 있으면, 이 구성품들 중에서 하나만 고장이 발생해도(가장 먼저 고장) 시스템은 고장이다. 그러면 시스템의 고장시간은 n 개의 랜덤한 구성품들의 고장시간 중 최소값들이 된다.

2.2. 흡습판정기준

2.1절에서 열거한 분포들을 사용하여 흡습여부를 판단하려는 기준을 다음과 같이 구하였다. 정격용량 T 가 주어진 확률분포를 따를 때, 매우 작은 α 에 대하여 $\Pr(T > t_\alpha) \leq \alpha$ 을 만족하는 100 α %백분위수, t_α 값을 기준으로 사용하기로 하자. 보통은 정규분포를 따를 경우 $\alpha = 0.0013$ 일 때 $t_\alpha = 3$ 을 기준으로 결정하기도 한다. 본 논문에서는 주어진 분포에 대하여 백분위수를 100 α %구하여 이를 흡습여부를 판단하는 기준으로 제안한다.

(i) 지수분포

$$C = -\theta \ln \alpha.$$

단, θ 는 최우추정량 $\bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i$ 을 사용한다.

(ii) 와이블 분포

$$C = \eta(-\ln \alpha)^{\frac{1}{m}}.$$

단 η 와 m 은 최우추정량을 사용한다.

(iii) 정규분포

$$C = \mu + 3\sigma$$

단, μ 와 σ 는 최우추정량 $\bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i$ 와 $s = \sqrt{1/(n-1) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ 를 사용한다.

(iv) 대수정규분포

$$C = \exp(\mu + 3\sigma)$$

단, μ 와 σ 는 최우추정량 $\bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n \ln(x_i)$ 와 $s = \sqrt{1/(n-1) \sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \bar{x})^2}$ 를 사용한다.

(v) 극단값 분포

$$C = \mu + \sigma \ln(-\ln \alpha)$$

단, μ 와 σ 는 최우추정량을 사용한다.

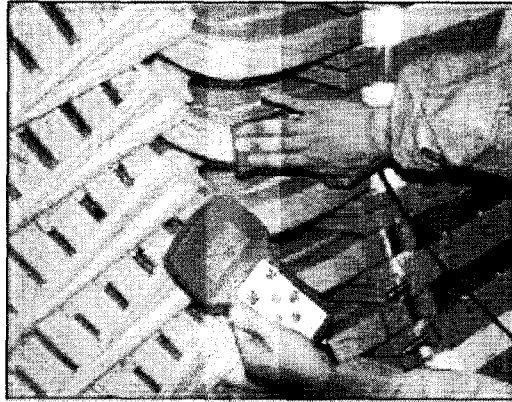


그림 3.1. Capacitance measurement for stator winding

표 3.1. 발전기 고정자 권선에 대한 정전용량 측정값

No.	1	2	...	11	12	...	41	42
CET-TOP	12.2	12.9	...	10.7	10.7	...	12.8	12.3
CET-OUT	11.7	11.3	...	10.8	9.9	...	11.9	10.8
CET-IN	10.1	11.1	...	8.2	8.4	...	10.0	10.3
CEB-OUT	11.3	11.0	...	10.2	9.3	...	11.8	11.8
CEB-IN	7.8	7.9	...	9.7	8.6	...	8.9	8.9
TET-TOP	12.1	12.8	...	11.8	11.5	...	12.3	11.5
TET-OUT	11.4	12.6	...	11.5	10.1	...	12.6	12.4
TET-IN	10.7	10.9	...	10.5	8.7	...	10.6	10.1
TEB-OUT	8.9	11.9	...	11.2	11.7	...	10.6	10.0
TEB-IN	8.7	8.9	...	9.3	10.1	...	8.8	9.1

(vi) 로지스틱 분포

$$C = \mu + \sigma \ln \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right)$$

단, μ 와 σ 는 최우추정량을 사용한다.

(vii) 대수로지스틱 분포

$$C = \exp \left(\mu + \sigma \ln \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) \right)$$

단, μ 와 σ 는 최우추정량을 사용한다.

3. 실제 자료에의 적용

전력연구원에서는 발전기 고정자 권선의 정전용량을 측정할 수 있는 흡습 시험 장치를 개발하였다. 이를 이용하여 10여기의 표준화력 500MW발전기 고정자 권선의 정전용량을 측정하였다. 그림 3.1은 실제 발전기 고정자 권선 상부의 정전용량을 측정하는 모습이며 상부 권선은 upper, inner, outer 세 지점에 대한 정전용량을 측정할 수 있으며 하부 권선은 inner, outer 지점만 정전용량을 측정할 수 있다. 표 3.1은 실제 화력발전소의 발전기 고정자 권선에 대한 정전용량 측정치를 정리한 표로서, 권선의 수는 총42개이며 정전용량의 평균은 대략 10.86~11.99[pF]사이에 존재하였다.

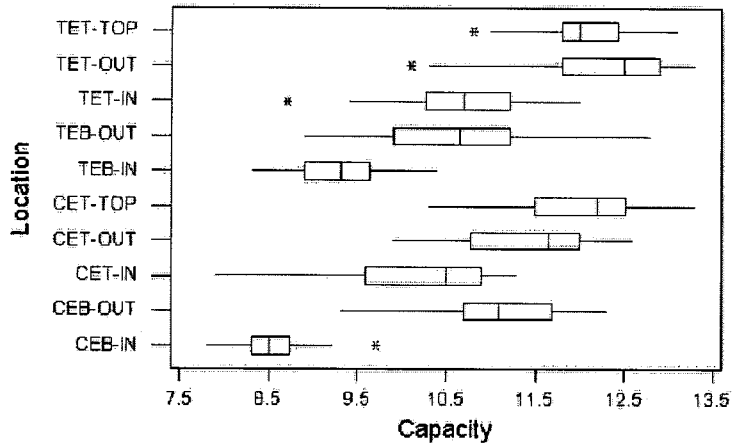


그림 3.2. 정전용량의 각 부위별 상자그림

표 3.2. 각 부위별로 8가지 분포에 대한 AD 통계량 값

	와이블	지수	대수로지스틱	로지스틱	대수정규	정규	극단값
CET-TOP	0.81	16.85	1.31	1.18	1.696	1.493	0.742
CET-OUT	1.04	19.90	1.43	1.33	1.693	1.560	0.962
CET-IN	1.60	15.79	2.05	1.79	2.711	2.347	1.339
CEB-OUT	0.64	16.94	0.50	0.50	0.598	0.547	0.715
CEB-IN	1.86	17.51	0.66	0.68	0.767	0.799	2.134
TET-TOP	0.62	17.39	0.62	0.60	0.729	0.669	0.670
TET-OUT	1.44	16.58	2.05	1.82	2.780	2.463	1.235
TET-IN	0.53	16.70	0.49	0.49	0.576	0.511	0.602
TEB-OUT	0.89	15.74	0.54	0.61	0.510	0.574	1.123
TEB-IN	0.97	17.18	0.63	0.66	0.575	0.597	1.104

발전기 권선에서 정전용량을 측정할 수 있는 위치는 터빈과 여자기 축의 단말부로서, 그 중에서도 철심 부에서 나와서 꺾여지는 곳이 유일하게 정전용량을 측정할 수 있는 위치이다. 나머지는 절연재 도포 및 바인더로 묶여져 있어 센서를 이용하여 정전용량을 측정할 수 없다.

흡습 시험을 위해서는 발전기 로터를 제거하고 권선 표면에 이물질이 존재할 수 있으므로 세척을 하고 측정 시에 저항에 따른 임피던스를 줄이기 위해 3상 접지를 한 후에, 권선의 정전용량을 측정한다.

3.1. 상자그림

그림 3.2은 각 부위에서의 측정된 정전용량의 분포 형태를 알아보기 위해 상자그림을 그린 것이다. 그림 3.2의 상자그림을 통하여 보면 CEB-IN에서 이상점(큰 쪽)으로 의심되는 점이 보임을 알 수 있다.

3.2. Anderson-Darling 적합도 검정 (goodness-of-fit test)

각 부위에서 측정한 정전용량의 각 분포에 적합도를 위한 Anderson-Darling(AD) 통계량을 계산하였다. AD통계량은 분포의 적합도를 나타내는 통계량으로서 각 분포에 대한 AD통계량을 비교하여

표 3.3. 각 부위별로 여러 가지 분포에 대한 흡습여부 판정기준값

	극단값	와이블	정규	대수정규	로지스틱	대수로지스틱
CET-TOP	13.4998*	13.5588*	14.2762	14.5411	14.9332	15.3595
CET-OUT	12.7426*	12.7973	13.4577	13.6809	14.1312	14.5173
CET-IN	11.8599	12.0014	13.0837	13.7121	13.9415	14.9182
CEB-OUT	12.4867*	12.5360*	13.0495*	13.2496*	13.5913*	13.9055*
CEB-IN	9.5220	9.5279	9.6170*	9.6717*	9.8300*	9.9320*
TET-TOP	13.2164*	13.2466*	13.6803*	13.8005*	14.1471*	14.3455*
TET-OUT	13.7955	13.8855	14.9191	15.3441	15.6279	16.2512
TET-IN	12.1998*	12.2611*	12.8287*	13.0805*	13.4329*	13.8279*
TEB-OUT	13.0037	13.1210*	13.6197*	14.0102*	14.4598*	15.2033*
TEB-IN	10.4282	10.4550*	10.7064*	10.8016*	11.1070*	11.2901*

AD통계량이 가장 작은 경우의 분포를 가장 잘 적합된 분포로 판단한다. 표 3.2는 각 부위별로 8가지 분포에 대한 AD 통계량 값을 정리하여 놓은 것이다. 표 3.2를 정리하면 다음과 같다. 지수분포(exponential)은 어느 부위에서도 정전용량에 적합되지 않은 모형이다. 또한 CET-TOP에서는 극단값과 와이블분포가 적합한 분포이고, CET-IN에서는 극단값분포만 잘 적합된 분포이다. CET-IN과 TET-OUT은 적합되는 분포가 없지만 극단값분포에서 가장 작은 AD통계량값을 가졌다. CEB-OUT, TET-TOP, TET-IN은 모든 분포가 다 잘 적합되는 것으로 나왔고, CEB-IN은 정규, 대수정규, 로지스틱, 대수로지스틱 분포가 잘 적합되는 분포이다. TEB-OUT, TEB-IN은 극단값분포만 제외하고 나머지 분포는 다 잘 적합이 되었다.

결론으로, 부위별로 적합되는 분포는 조금씩 다르지만, 극단값, 대수로지스틱분포가 정격용량의 분포로 적합이 잘 된다고 볼 수 있다.

3.3. 흡습여부 판정

이제 2장에서 구한 확률분포를 바탕으로 한 판정기준으로 각 부위에서 흡습여부를 판단하는 기준값을 계산한 결과를 보면 표 3.3과 같다. 표 3.3안의 ‘*’는 각 부위별에서 AD통계량을 바탕으로 유의수준 1%에서 적합이 잘 되는 분포를 나타내는 것이다.

먼저, 여러 가지 분포에 따라 판정기준값이 달라지지만, 그 순서는 달라지지 않음을 알 수 있다. 즉 모든 부위에서 판정기준값이 작은 순서에서 큰 순서로 나타내면

$$\text{극단값} < \text{와이블} < \text{정규} < \text{대수정규} < \text{로지스틱} < \text{대수로지스틱}$$

과 같다. 이를 주어진 자료에 적용하여 흡습여부를 판단한 결과 아래 표 3.4와 같으며, 극단값분포와 와이블, 정규, 대수정규분포는 CEB-IN의 12번째 권선에 흡습이 되었다고 판정하였으나, 로지스틱과 대수로지스틱은 흡습이 아니라고 판단되었다. 그런데 위의 표 3.3에서 CEB-IN 자료에 대하여 정규, 대수정규, 로지스틱, 대수로지스틱 모두 잘 적합된 분포이고, 로지스틱과 대수로지스틱이 가장 잘 적합된 분포이므로 이 두 분포를 기준으로 본다면 흡습이라고 판단하기는 어려울 것 같다.

3.4. 결론

본 논문에서는 발전기 고장자 권선의 냉각수 누수의 여부를 판단하기 위하여 여러 가지 확률 분포를 소개하고, 이들 분포를 바탕으로 흡습여부를 판정할 수 있는 판정기준을 제안하였으며, 이 판정기준을 바탕으로 2005년 관측자료에 대하여 분석하였다. 분석 결과

표 3.4. 각 자료들이 판정기준값을 넘어 가는 권선의 위치

	극단값	와이블	정규	대수정규	로지스틱	대수로지스틱
CET-TOP	0	0	0	0	0	0
CET-OUT	0	0	0	0	0	0
CET-IN	0	0	0	0	0	0
CEB-OUT	0	0	0	0	0	0
CEB-IN	No. 12	No. 12	No. 12	No. 12	0	0
TET-TOP	0	0	0	0	0	0
TET-OUT	0	0	0	0	0	0
TET-IN	0	0	0	0	0	0
TEB-OUT	0	0	0	0	0	0
TEB-IN	0	0	0	0	0	0

- 1) 본 논문에서 제안된 분포 중 지수분포를 제외한 모든 분포가 흡습자료를 나타내는데 적절한 분포로 적당하다.
- 2) 본 논문에서 제안한 분포들은 흡습되었다고 판단이 되지 않은 정상상태의 자료에서는 모든 분포가 적합되었으나, 흡습되었다고 판단되는 자료에 대해서는 대수로지스틱분포가 가장 자료를 잘 적합시켰다.
- 3) 본 논문에서 제안한 분포를 바탕으로 한 판정기준값의 크기순을 비교하면 흡습되었다고 판단이 되지 않은 정상상태의 자료에서는

$$\text{극단값} < \text{와이블} < \text{정규} < \text{대수정규} < \text{로지스틱} < \text{대수로지스틱}$$

과 같고, 흡습이 되었다고 판단되는 자료에서는

$$\text{극단값} > \text{와이블} > \text{정규} \sim \text{대수정규} > \text{로지스틱} < \text{대수로지스틱}$$

과 같은 패턴을 보였다. 이와 같은 사실로부터 알 수 있는 것은 냉각수 흡습여부를 판정하기 위해 사용되는 분포로는 대수로지스틱분포가 가장 적절하며, 그 판정기준은

$$C = \exp\left(\mu + \sigma \ln\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)\right)$$

단, $0 < \alpha < 1$, μ 와 σ 는 자료로부터 구한 최우추정량을 사용한다.

참고문헌

- 서순근 (2009). <MINITAB 신뢰성분석>, 이레테크.
 정해성, 박동호, 김재주 (2003). <신뢰성 분석과 응용>, 영지문화사.

A Study on the Water Absorption Test of Generator Stator Windings Using Probability Distributions

Hee Soo Kim¹ · Y. C. Bae² · Hee Jeong Kim³ · Myung Hwan Na⁴

¹Korea Electric Power Research Institute, Power Generation Laboratory

²Korea Electric Power Research Institute, Power Generation Laboratory

³Department of Statistics, Chonnam National University

⁴Department of Statistics, Chonnam National University

(Received August 2009; accepted October 2009)

Abstract

Water absorption in water-cooled generator stator windings can cause serious accidents such as insulation breakdown and it brings a generator to the unexpected sudden outage. Accordingly, it is important to diagnose the water absorption of them in the effective operation of power plant. Especially, the capacitance value which is measured for diagnosis is very small so the special diagnosis methods like stochastic theory are needed. KEPRI developed the water absorption test equipment and diagnosis technology for them. In this paper we propose that water absorption test of generator stator windings using probability distributions. The proposed diagnosis technology is applied to the real system and the results of water absorption test for stator windings are agreed to them of water leak test.

Keywords: Generator stator windings, water absorption test, water leak test, insulation breakdown, outlier detection.

⁴Corresponding author: Associated professor, Department of Statistics, Chonnam National University, Gang-ju 500-757, Korea. E-mail: nmh@chonnam.ac.kr