

## 자가용 전기설비 권장 사용기간에 대한 고찰

(A Consideration of the Expected Service Life Cycles of Electrical Equipments in Buildings)

정종욱\* · 김선구

(Jong-Wook Jung · Sun-Gu Kim)

### Abstract

This paper considers and suggests the life cycle of the power equipments installed in buildings. The target equipments were divided into 5 groups by a couple of conditions, and a theoretical consideration and domestic · foreign case studies were carried out.

As a result, the most appropriate life cycles and monitoring periods were suggested for each group. The suggested results are expected to practically help the field electricians determine whether they have to replace the deteriorated equipments or not.

Key Words : Deteriorated Power Equipments, Domestic · Foreign Case Studies, Life Cycles

### 1. 서 론

국내 주요 국가산업단지의 대형사고는 사회구조가 고도정보화, 산업화 될수록 순간정전에 의해서도 심각한 피해를 입을 수 있다는 좋지 않은 사례가 되고 있다. 발전소에서 생산된 전력은 여러 단계에서 복잡한 기기들을 거쳐 최종 수용가까지 공급되며, 각 기기들이 보장하는 신뢰도의 적이 전체 시스템의 신뢰도를 결정하게 된다. 그러나 인간이 만들어 놓은 모든 기기류는 무결성을 보장할 수 없으며, 어느 정도의 고장 확률을 지닌 채 운전되고 있는 것이 현실이

다. 모든 설비에는 성능을 보장하기 위한 기대수명이 있지만, 시간 경과에 따라 줄어들어 신뢰도가 낮아진다. 따라서 대형 수송기계들의 경우 평상 시의 유지보수와는 별도로 일정기간을 수명으로 정해 놓고 이에 준해 교체되고 있다고 한다[1]. 한편 국내의 전기사업자도 노후설비가 시기적절하게 교체될 경우 고장으로 이어지는 것을 충분히 예방할 수 있다는 점을 인식하여 자체적으로 권장 사용기간을 규정하여 적용하는 등[2], 전기설비의 수명과 관련된 연구를 지속적으로 수행해 왔으나, 이 권장 사용기간은 국내·외에서 적용하고 있는 경우보다 다소 길게 제시되어 자가용 전기설비에 대해서는 현실적인 적용이 곤란한 실정이었다.

그러나 정부 및 언론 차원에서도 최근 노후설비 고장으로 인한 피해를 심각한 문제로 인식한 결과, 전력설비에 대한 권장 사용기간을 마련하자는 의견

\* 주저자 : 한국전기안전공사 선임연구원  
Tel : 031-580-3073, Fax : 031-580-3070  
E-mail : phdjung@korea.com  
접수일자 : 2010년 7월 12일  
1차심사 : 2010년 8월 3일  
2차심사 : 2010년 8월 17일  
심사완료 : 2010년 8월 23일

이 대두된 바 있으며[3-4], 이는 센싱 및 데이터 처리기술의 발달로 첨단화된 CBM(condition based maintenance)에서 이전의 TBM(time based maintenance)으로의 기술 역행을 의미한다기보다는 이들 두 기술의 장점만을 취하자는 취지가 강하다고 할 수 있다. 즉 CBM에 의해 유지관리가 잘 이루어지는 설비에도 유효수명은 존재하므로, 수명 도래 전에 안전성을 종합적으로 평가하여 내적으로는 수명연장을 도모하고 외적으로는 타업체 파급으로 인해 끼칠 수 있는 누를 예방하자는 것으로 이해할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 자가용 전기설비를 대상으로 이론적 고찰과 국내·외 사례연구를 통해 권장 사용기간을 제시하고자 한다.

## 2. 자가용 전기설비 및 권장 사용기간 평가기술 분류

### 2.1 자가용 전기설비 분류

자가용 전기설비는 다양한 설비들이 유기적으로 조합되어 전력을 공급하고 있지만, 이들의 설치환경과 운전조건 등을 모두 감안하여 권장 사용기간을 제시하는 것은 어려우므로, 계통 내 중요도, 고장빈발 정도, 가동도, 적용 절연체 등을 고려하여 성격이 유사한 설비군으로 다음과 같이 분류하였다[5].

- ① 변성기류 : 변압기, VT, CT, MOF 등, 전자변성의 원리 이용(수리계)
- ② 케이블 : 주로 절연체의 열화로 수명 결정(비수리계)
- ③ 피뢰기 : 특성소자에 가해지는 전기적 스트레스에 의해 열화 누적(비수리계)
- ④ 개폐기류 : 동작빈도와 운전기간으로 나누어 수명이 결정되며, 차단기와 퓨즈 포함(수리계, 비수리계)
- ⑤ 콘덴서 : 유전체 및 절연체의 열화로 수명 결정(비수리계)

### 2.2 권장 사용기간 평가기술

권장 사용기간을 평가하기 위한 기술은 크게 현장시험, 전수조사 및 통계처리, 가속열화시험 및 이론평가로 구분할 수 있다[5]. 현장시험은 다양한 환경조건의 현장에 설치된 시료가 경년열화되어 고장날 때까지의 시간을 관찰하는 방법으로 주어진 조건하에서만 가장 높은 신뢰성을 기대할 수 있다. 그러나 시간과 비용이 많이 소요되며, 하나의 시료에 다양한 열화조건과 현장조건을 반영하기 곤란하다는 단점이 있다. 전수조사 및 통계처리는 현장의 노후시료를 수거한 후, 각 시료별 운용년수를 파악하여 통계처리하는 방법으로 신뢰도가 높은 반면, 시료의 샘플링 문제와 열화요인을 임의로 적용할 수 없다는 단점이 있다. 현재 한국가스안전공사에서 제시하고 있는 가스용품의 권장 사용기간과 일본 전설공업협회에서 제시하고 있는 전기설비의 권장 사용기간은 이 방법에 의해 제시된 것이다. 가속열화시험은 개발 후 양산되기 전, 또는 개발시험에 준하는 것으로 현장시험이 장기간에 걸쳐 시험된다는 단점을 보완하여 설비가 현장에서 경험할 수 있는 여러 환경조건을 인위적으로 적용하여 열화를 가속한 후 평가하는 방법으로 시험의 신뢰도가 높고 다양한 열화조건을 반영할 수 있으며, 시험시간이 절약된다는 장점이 있는 반면, 시험장치가 고가이고 열화요인의 미소한 변화에 의해서도 결과가 크게 달라진다는 단점이 있다. 마지막으로 이론평가는 다양한 문헌을 통해 발표된 자료들을 토대로 최적의 권장 사용기간을 제시하는 기술로 시간과 비용이 적다는 장점이 있는 반면, 참고하는 문헌에 따라 신뢰도가 결정된다는 단점이 있다.

## 3. 전기설비 열화 · 고장메카니즘

### 3.1 전기설비 열화모드

본 절에서는 전기설비의 열화모드를 살펴보기 위해 각 기재별 FMEA(Failure Mode and Effect Analysis) 결과를 종합하여 표 1에 나타내었다[6].

표 1. 전기설비 FMEA  
Table 1. FMEA of electrical equipments

구 성 부 품		열화모드	열화요인	구성부품에 미치는 영향
1차	2차			
변압기	코일절연	탄화	열, 전계, 수분	절연내력 저하
	절연유	분해가스, 슬러지	열, 전계, 수분	절연내력 저하, 산가 저하
케이블	도체	응력부식	빗물, 잔류액	응력부식 단선
	절연체	미소크랙	자외선	인장 · 항장력 저하, 절연내력 저하
피뢰기	벨브저항소자	특성저하	서지, 열, 부분방전	보호성능, 방전내량, 속류차단성능 저하
	갭전극	특성 저하, 발청	서지, 열, 부분방전, 수분	보호성능, 방전내량, 속류차단성능 저하
	하우징	균열	냉열, 기계력	기밀 불량
	개스킷	탄성저하	압축응력, 열	기밀 불량
개폐기	개스킷	기밀불량	고온압축영구왜, 오존열화, 고무열화, 응력부식, 염해	기능 및 수명저하, 개폐 불능
	기밀부 외함			
콘덴서	유전체	탄화	열, 전계, 수분	유전 면적 감소
	절연유	분해가스, 슬러지	열, 산소, 수분	절연내력 저하, 산가 증대
	외함	발청, 부식	열, 산소, 수분	기계적 강도 저하

### 3.2 옥조곡선 및 수명이론

옥조곡선은 전기설비 고장율의 경년변화 양상을 나타내는 것으로 수명특성곡선이라고도 하며, 단일품목의 고장율이 아닌 시간 경과에 따른 전체 생산제품의 상대적 고장율을 의미하는 것이다. 비수리계 전기설비의 옥조곡선을 그림 1에 나타내었다.

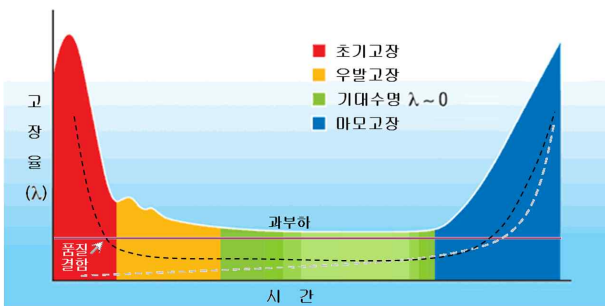


그림 1. 비수리계 전기설비의 옥조곡선  
Fig. 1. Bath-tub curve of irreparable equipments

그림 1에 보인 바와 같이, 전기설비의 고장율  $\lambda(t)$ 는 전기적인 고장율 특성곡선과 기계적인 고장율인 증가

특성곡선이 조합되어 옥조형태를 나타낸다. 초기고장기는 감소형으로 양·불량 제품이 같이 이용되는 시기로 제조공정에서 불량요인을 줄이는 방법이 유효하다. 우발고장기는 일정형으로 열화가 아닌 돌발사고에 의해 발생한다. 마모고장기는 증가형으로 절연재료가 마모·열화되어 고장율이 급속히 증가하지만, 효과적인 유지관리에 의해 전기설비의 수명을 연장할 수 있다. 수리계 기기는 비수리계 옥조곡선이 반복되는 형태를 지니며, 이를 그림 2에 나타내었다.

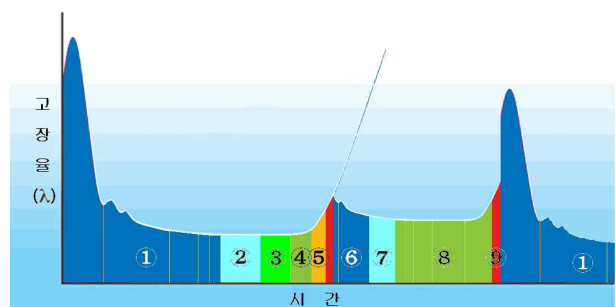


그림 2. 수리계 전기설비의 수정된 옥조곡선  
Fig. 2. Bath-tub curve of repairable equipments

수리계 전기설비는 그림 2의 ⑤와 ⑥ 사이에서 일부 부속을 교체하여 수명을 연장할 수 있으며, ①의 법정 내용년수, ②의 설계수명, ③의 권장 교체시기, ④의 교체 경고시기, ⑤의 기대수명까지의 1사이클을 종료한 후, 진단과 수리를 통해 ⑥인 수명연장에 들어가게 되며, 수리 후 고장율은 수리 전보다는 약간 높아진다. 이 때 ⑤와 ⑥ 간의 적색구간까지를 사회적 사용기간으로 간주하며, ⑦까지가 경제수명이 된다. 또한 ⑧까지를 기대수명이라고 하며, ⑨까지가 내용수명이 되어 이 기간이 지나면 수리하여 수명을 연장하거나 신제품으로 교체하여 다시 ①부터의 새로운 사이클에 접어들게 된다. 본 연구에서 제시하는 권장 사용기간은 전기설비 최초 운전개시일로부터 ④까지로 규정함으로써 기대수명 직전까지의 기간을 의미하며, 이때까지는 일반적 계획에 의한 정기검사를 실시한다. 그러나 마모고장기에 들어서는 ⑤부터는 강화된 안전성 종합평가 등을 통해 설비의 이상징후를 철저히 파악해야 하며, 특히 적색 구간인 ⑤와 ⑥ 간에서 수리를 실시하고 ⑨에서 신제품으로 교체해야 한다.

#### 4. 국내·외 권장 사용기간 적용사례

자가용 전기설비에 대해 권장 사용기간은 아직 도입되어 있지 않으나, 위험하지만 중요도가 높고 사용빈도가 많은 설비에 대해서는 국내 기관이나 국외에서도 권장 사용기간을 적용 중에 있다. 본 장에서는 국내·외에서 시행 중인 권장 사용기간 적용 사례를 살펴보기로 한다.

##### 4.1 국내 사례

###### 4.1.1 한국가스안전공사

최근 수년간 발생한 안전사고 중 10.8%가 가스용품의 불량으로 인해 발생하였다고 판단하여 2005년 선택적 검사체계를 논의하고 가스용품에 대한 권장 사용기간제를 의무화한 바 있다[7].

###### 4.1.2 한국전력공사

한국전력공사의 자산단위 물품표에는 고압기기별

표 2. 국내·외 기관의 전기설비 사용기간 비교  
Table 2. Comparison of expected service life

구분	A	B	C	D	E	F
변성기류 (변압기 포함)	15	16	15~20 (유입변성기만 10~15)	20 (유입식, 변압기는 25)	15 (변압기는 20)	15 (10/18.75 (1217@56.7, 53@129.75)/90)
케이블	30 (관로식)	30 (전선 포함)	15~20	-	-	15 (6/28.63(40.82@256)/90) 30 (6/57.25(81.63@256)/90)
피뢰기	10	30	10~15	20	15	30 (JEC 217) 110 (IEC60099-4, ANSI C62.11)
개폐기류 (차단기 포함)	15 (단로기 포함)	30 (단로기 포함)	10~15 (차단기, 단로기는 15~20)	20 (개폐기 제외, 단로기 포함)	20 (주차단기와 단로기만)	20 (2/39.5(130@111)/95)
콘덴서	15	16 (Q 보상장치)	10~15	15	-	20 (3/39.66(182@n=13)/90)
제시기준	내용년한 (수명)	내용년수	권장 교체시기	갱신 권장시기	노후시점	B10 수명 인증조건

A : 한전 자산단위 물품표, B : 한전 변전설비 고장원인 분석  
C : 일본 전기전설공업협회, D : 일본 전기설비학회지, E : JEMA 조사보고서  
F : RS C (시료수/운전전압 하 시험년수(가속시험일수@가속열화계수)/신뢰수준)

사용기간 경과 교체기준이 제시되어 있으며[8], “변전 설비 고장원인 분석” 보고서에는 한국전력공사의 발·송·변·배전설비 등에 대해 자산이라는 개념이 강조되고 자체적인 예방진단과 강화된 유지관리가 이루어진다는 개념 하에 각 설비들의 내용년수를 타 문헌들보다 길게 잡고 있다[2].

#### 4.1.3 KOSHA

KOSHA CODE E-15-2009의 “석유화학공장의 전기설비 설치에 관한 기술지침”에서는 일본의 전기전 설공업협회에서 제시했던 자료를 도입하고는 있다.

#### 4.1.4 LS 산전

LS 산전은 배전급 개폐기의 사용기간을 평가하기 위해 자체 알고리즘을 개발했으며, 한국전력공사의 협 조 하에 노후개폐기에 대한 전수조사 결과로써 국내 배전급 개폐기의 운영수명을 제시한 바 있다[9].

### 4.2 국외 사례

#### 4.2.1 일본

전기전설공업협회에서 1999년 24개 전기설비에 대 해 정기점검 주기와 교체시기 또는 권장 동작횟수를 제시하였으며, 현재 국내에서도 이를 채용하고 있는 수용가가 많다. 또한 일본전기공업협회에서도 2007년에 발행한 「수·변전설비 보수점검의 요점(제3판)」에서 설비별 점검주기와 갱신 권장시기를 제시하고 있으나, 대부분 전기전설공업협회의 자료와 대동소이한 것으 로 보고되어 있다.

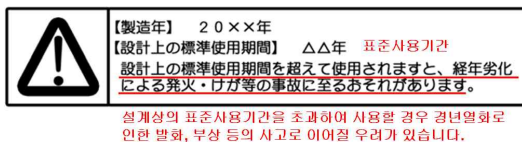


그림 3. 일본의 권장 사용기간 표시예  
Fig. 3. Sample of tag showing expected service life

한편 일본은 전기용품의 안전성 확보를 위한 민간 사업자의 활동을 촉진하고 전기용품에 의한 위험 및

장해 발생을 방지하기 위한 전기용품안전법을 통해 장기간 사용하는 전기제품에는 표준사용기간을 그림 3과 같이 표기하도록 하는 안전표시제도를 도입하여 2009년 4월부터 시행하고 있다[10].

#### 4.2.2 미국

미국에서는 공조장비의 평균수명을 장비별로 마련 하여 적용하고 있다[11].

### 4.3 국내·외 기관의 전기설비 사용기간 비교

지금까지 국내·외 기관에서 제시한 전기설비별 권 장 사용기간을 고찰한 후 정리하여 표 2에 나타내었으 며, 이를 토대로 국내의 자가용 전기설비에 적용하기 에 가장 타당할 것으로 사료되는 권장 사용기간을 제 시하고 이를 그림 4에 나타내었다.

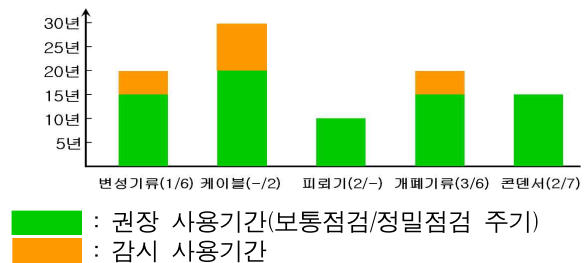


그림 4. 자가용 전기설비 권장 사용기간 및 점검주기  
Fig. 4. Suggested service life of equipments

권장 사용기간은 전기설비가 물리적 외란이나 충격 이 없는 상태에서 본연의 기능을 수행할 수 있는 기간 을 의미하지만, 본 연구에서는 그림 4에 보인 바와 같 이 권장 사용기간이 경과한 후에도 안정적인 전력을 공급하기 위해 주의 깊게 설비상태를 진단하여 사고 를 예방하자는 차원에서 감시 사용기간의 개념을 도 입하였다. 권장 사용기간의 경우 케이블은 20년, 변성 기류, 개폐기류 및 콘덴서는 15년, 피뢰기는 10년으로 하였으며, 각 설비의 권장 사용기간 이후의 감시 사용 기간은 케이블 10년, 변성기류와 개폐기류는 5년으로 제시하였다. 권장 사용기간을 초과하여 감시 사용기

간 내에서 운전할 경우 전기안전 전문기관에 의뢰하여 해당 전기설비에 대한 안전성 평가를 수검할 것을 권장하며, 대상 설비에 대해서는 강화된 검사항목을 분명히 명시하도록 한다. 그러나 비교적 저가인 피뢰기와 콘덴서는 권장 사용기간이 경과하면 정밀진단이나 안전성 평가 없이 바로 교체하는 것으로 하여 감시 사용기간은 따로 제시하지 않는다. 또한 설치환경이나 운전조건에 의해 달라지는 열화속도를 감안하여 안전성 평가 이전의 권장 사용기간 내에서는 기존의 정기검사를 철저히 실시함으로써 이상징후를 검출하는 것으로 한다. 이하에 전기설비별 권장 사용기간의 제시 근거를 설명하였다.

#### 4.3.1 변성기류의 권장 사용기간

1990년대 자료에 의하면 국내 변성기류에 대한 수명은 당시 5년간의 고장율을 누적과피확률 63.2[%] 기준으로 통계처리한 결과, 국산 변압기 698대에 대한 수명특성은 33.7년이고 외산 변압기 94대에 대한 수명특성은 55년으로서, 국산 변압기의 수명특성이 외산 변압기의 61.3[%] 수준에 불과하다고 보고된 바 있다 [12]. 그러나 이 자료는 고장데이터가 부족했던 시기의 것으로서, 현 시점에서 국내의 모든 변성기류에 대한 수명특성으로 제시하기에는 적합하지 않다.

본 논문에서 제시한 15년의 권장 사용기간은 일본 자료와 한국전력공사 자산단위 물품표에서 제시하고 있는 기간과는 대부분 일치하고 있다.

#### 4.3.2 케이블의 권장 사용기간

케이블의 경우 한국전력공사와 RS C 및 일본에서 제시하는 자료간의 차가 매우 크다. 국내에 전력케이블이 도입된 이후 기대수명에 이르러 노후로 인한 고장 발생이 증가하기 시작하는 시점까지는 하지만, 아직 수명의 한 주기가 다 지나지 않았으므로, 케이블 도입 역사가 비교적 오래된 일본의 자료를 참고로 하여 권장 사용기간을 제시하였다. 케이블의 경우 권장 사용기간은 20년으로 하되 이 기간 경과 후 설치환경 및 사용조건을 고려하더라도 이후 10년간의 집중적인 감시 사용기간을 두고 2년마다 케이블의 상태를 정밀 진단하여 관리하도록 한다.

#### 4.3.3 피뢰기의 권장 사용기간

최근 발생했던 국가산단의 사고는 피뢰기의 설치·운용환경을 무시한 채 장기간 운전할 경우의 위험을 시사하고 있다. 따라서 피뢰기의 권장 사용기간은 10년으로 하되 진단에 의한 수명 연장보다는 교체가 경제적으로 유리할 것으로 사료되므로, 감시 사용기간은 따로 두지 않는 것으로 한다. 이 10년의 권장 사용기간은 일본에서 피뢰기 노후시점으로 잡고 있는 15년보다는 짧지만[13], 국내 피뢰기 제작업체의 영세성과 제작과정을 고려할 때 충분한 관심과 주의를 기울여 집중적으로 관리해야 할 설비이다.

#### 4.3.4 개폐기류의 권장 사용기간

1984년부터 1993년까지 발생했던 32건의 차단기 고장 중 고장내역 및 이력이 조사된 16대(평균 운전년수 : 11.8년)에 대한 수명특성은 Weibull 분석에 의해 581년이라고 한다[12]. 이는 차단기는 타 기기류에 비해 거의 열화되지 않는 것이라는 의미지만, 이는 데이터 처리를 위한 샘플링 개수가 부족했기 때문이었던 것으로 판단된다. 그러나 기존의 연구논문들에 따르면, 127,940대의 노후설비에 대해 수명평가 프로그램으로 통계 처리한 결과, 국내 배전급 개폐기의 평균 운영수명은 약 15.45년으로 산출되었으며, 제조업체에 따라 최대 약 1.86배의 차이가 나는 것으로 분석되었다고 한다[9]. 이는 일본에서 주차단기와 단로기의 노후시점으로 추정하는 20년보다는 짧지만[13], 전수조사를 통해 국내 실정에 맞는 데이터를 근거로 하고 있어 신뢰성이 높다고 사료되므로, 국내 개폐기류의 권장 사용기간은 15년, 감시 사용기간은 5년으로 제시한다. 다만, 개폐기류의 경우는 사용조건에 따라 동작빈도가 낮을 경우 권장 사용기간을, 동작빈도가 높을 경우에는 동작횟수를 기준으로 관리하는 것이 보다 합리적일 것으로 판단되므로, 후자의 경우 각 제작업체에서 제시한 허용 개폐횟수나 식 (1)을 일례로 참조하여 적용하는 것으로 한다.

$$\text{개폐허용회수} = 200 \times \left( \frac{\text{개폐기의 정격전류}}{\text{부하전류}} \right)^2 \quad (1)$$

### 4.3.5 콘텐서의 권장 사용기간

콘텐서의 권장 사용기간은 15년으로 하되 정밀 진단에 의한 수명 연장보다는 교체가 경제일 것으로 사료되므로, 감시 사용기간은 제시하지 않는다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 전력설비를 5개 그룹으로 분류한 후 설비별로 열화·고장메카니즘을 고찰한 후 국내·외에서 적용되고 있는 권장 사용기간에 대한 검토를 통해 자가용 전기설비의 권장 사용기간과 감시 사용기간을 각각 다음과 같이 제시하였다. 우선 권장 사용기간의 경우 케이블은 20년, 변성기류와 개폐기류는 15년, 피뢰기와 콘텐서는 10년으로 하고 감시 사용기간은 케이블 10년, 변성기류와 개폐기류 5년으로 제시하여 감시 사용기간 중에는 강화된 설비관리를 적용하는 것으로 하였다. 이 때 권장 사용기간이 경과한 피뢰기와 콘텐서는 감시 사용기간 없이 즉각 교체함으로써 경제성과 안전성을 동시에 추구하는 것으로 하였다. 다만 논문에서 제시된 전기설비별 권장 사용기간은 국내·외에서 실증된 결과나 이론만을 근거로 하고 있으므로, 추후 국내 실정에 맞고 보다 신뢰성 높은 결과를 얻기 위해 실증적 실험이 뒷받침되어야 할 것으로 사료된다.

## References

[1] 선박의 평균 수명, <http://kin.naver.com/qna/detail.nhn>, 2006. 9. 3.  
 [2] 한국전력공사, 변전설비 고장원인 분석, 한전 대전전력관리처 변전운영부, 2000.

[3] 정형석, “중전기 권장 사용기간제 도입 필요”, 전기신문, 2008. 6. 2.  
 [4] 송세준, “배전용변압기 운영기준 10월 개정, 사고 때 인명, 경제적 파급 영향 막대... 업계 ‘내구연한 제도화’ 주장”, 전기신문, 2007. 1. 22.  
 [5] 정종욱 외, 특고압(22.9kV) 기기류에 대한 사용년한에 관한 연구, KESCO, p.16, 2009. 12.  
 [6] 電氣協同研究會, 劣化診斷マニュアル, 電氣書院, pp.1-24, 1991. 9.  
 [7] 가스뉴스, 가스용품 권장사용기간, 에너지네트워크, 2006. 5.3.  
 [8] 고압기기별 내용연한 경과 교체기준, [www.i-power.co.kr/cscenter/pds\\_down\\_t.html?uid=11](http://www.i-power.co.kr/cscenter/pds_down_t.html?uid=11).  
 [9] 이도훈, 이용희, 강원중, 함성식, 이정준, 이진, 권태호, 김동명, “배전용 개폐기 수명 및 위험도 평가 프로그램 개발”, 2008년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 2015-2016, 2008. 7.  
 [10] 경제산업성 「전기용품안전법」, <http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/index.htm>.  
 [11] 설비의 내구연한, 한국설비기술협회, 1999/7, <http://blog.naver.com/jby1003/2331793>, 2004.5.  
 [12] 이용희, 변전설비의 고장률 DATA를 이용한 FEEDER 공급신뢰도 분석, 전기설비 171, 한국전기공사협회, pp. 105-123, 1999. 11.  
 [13] 일본 기술보고 II부 제159호.

## ◇ 저자소개 ◇



**정종욱(鄭鍾旭)**  
 1969년 2월 17일생. 1992년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1997년/2003년 동대학원 전기공학과 졸업(석/박사, 전기전자재료 및 대전력 전공). 현재 한국전기안전공사 선임연구원.



**김선구(金善球)**  
 1961년 2월 25일생. 1985년 한양대학교 전기공학과 졸업. 2009년 서울시립대 전기공학과 졸업(석사, 제어계측 전공). 현재 한국전기안전공사 책임연구원. 본 학회 편수위원.