

상용 전기전자 부품의 품질등급 적용 방안에 관한 연구

정다운[†] · 윤희성 · 곽초롱 · 이승현 · 허만옥

육군 종합정비창 정비기술연구소

A Study on Method for Classifying Quality Levels of Commercial Electric & Electronic Parts

DaUn Jeong[†] · Huisung Yun · Chorong Kwak · Seunghun Lee · Manog Hur

Maintenance Technology Research Center, Consolidated Maintenance Depot, ROK Army

Abstract

The quality of a part has directly effect on part reliability. In the basis of MIL-HDBK-217F model, it is the determined rule that part's quality level should follow its nominal one written in its specification. If quality information is unknown, quality level of the part should be determined as 'Lower'. However, the prediction model is said to be short in reflecting parts applying 'state-of-the-art' technology and result in over-estimated failure rate by some reliability-related authorities or research institutes. In this study, the reliability prediction results by the model of MIL-HDBK-217F and Telcordia SR-332 are compared and analyzed to verify whether the statement is reasonable or not.

Keywords: MIL-HDBK-217F, Quality Level, Reliability Analysis, Failure Rate

[†] 교신저자 jeongdauning@gmail.com

논문접수일 : 2011년 08월 11일 논문수정일 : 2011년 12월 29일 게재확정일 : 2012년 03월 03일

1. 서론

신뢰도 예측은 일반적으로 설계 개선, 적용 부품의 비교 및 선정, 수명주기 비용분석 등을 목적으로 수행한다. 신뢰도 시험, 유사 부품의 신뢰도 분석 결과 활용 등 다양한 방법으로 신뢰도를 예측할 수 있지만 시간 및 비용 측면에서 가장 효과적인 방법은 고장률 예측 모델을 활용하는 것이다(Department of Defense(2005)). 대표적인 예측 모델로는 MIL-HDBK-217, Telcordia SR-332, IEC 61709, UTE RDF200 등이 있다.

이 중 MIL-HDBK-217은 미 국방부에서 군용 전자 장비 및 시스템 획득간의 신뢰도 예측을 위해 개발한 전기전자 부품 고장률 예측 모델로 1962년 초판이 발간되었으며(William Denson(1998)), 1991년에 217F로 개정, 1995년에는 217F Notice 2로 부분 수정이 이루어진 후 현재까지 지속적으로 활용되고 있다. 특히 국내 연구개발 무기 시스템 신뢰도 예측의 경우, 거의 모든 시스템이 217F를 기반으로 신뢰도를 예측하고 있으므로 이 모델의 올바른 적용이야말로 국내 무기 시스템 신뢰도 예측의 전제가 된다.

217F에서는 품질, 운용 환경, 온도, 전압 등 고장을 유발할 수 있는 스트레스 요소를 고려하여 고장률을 예측하는데, 부품의 기본 고장률과 스트레스 요소에 따라 산출되는 π 인자의 곱으로 부품의 고장률을 산출한다. 이 중 품질인자(π_Q)는 부품의 품질수준을 반영하는 인자로 모든 부품 유형에서 고려되어야 하는 가장 기본적인 요소이다. 품질인자와 관련하여 217F에서는 부품 사양서에 명시된 품질등급을 적용하고, 해당 등급에 부합한 품질인자의 값을 결정하도록 지시하고 있다. 이때 사양서에서 품질등급을 식별할 수 없는 경우에는 Lower 등급을 적용하는 것을 원칙으로 하고 있다 (Department of Defense(1991)).

하지만 일부에서는 이러한 원칙에 따라 품질등급을 평가하게 되면 최신 기술이 적용된 일부 부품의 경우, 기술 수준을 반영하지 못한 채 고장률 예측값이 비현실적으로 높게 산출된다고 지적하고 있다. 그리고 부품의 운용 가능 온도 범위 등 임의의 기준으로 이들 부품의 품질등급을 부여하는 방법을 제시하고 무기 시스템 신뢰도 예측간 일부 상용부품들을 MIL 등급으로 취급하려 시도하고 있다. 그러나 이러한 시도는 217F가 제시하는 원칙에 위배되므로 관련기관 사이에서 논란이 발생하고 있다.

본 연구에서는 이러한 논란의 중심에 있는 최신 부품 또는 MIL 등급을 부여받지 못한 상용 부품을 대상으로 신뢰도 예측간 일부 기관에서 지적하는 바와 같이 217F가 제시하는 기준의 적용이 과연 비현실적인지 분석하였다. 본 연구를 수행함에 있어 가장 신뢰 가능한 방법은 다양한 품질 수준의 부품을 시험하고 MIL 규격을 획득한 부품의 고장률과 직접적으로 비교하는 것이다. 그러나 실제 신뢰도 시험을 수행하기에는 현실적으로 많은 제한사항이 따르므로 217F 이외의 신뢰도 예측 모델중 상용부품의 고장률 예측이 가능한 모델을 활용하여 상용부품들의 고장률 예측값을 산출하고 217F를 기반으로 산출한 MIL 및 Lower급 부품의 고장률 예측값과 상호 비교하는 간접적인 방법을 적용하였다. 상용부품의 고장률 예측 모델로는 Telcordia SR-332를 선정하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 217F와 SR-332의 특성을 비교하고 비교대상으로 SR-332를 선정한 근거를 제시하였다. 3장에서는 고장률 산출에 적용한 조건에 대하여 설명하고, 4장에서는 양 모델에 의해 산출 고장률 예측값을 비교 분석하였다.

2. 모델 특성 및 품질등급 체계 비교

2.1 MIL-HDBK-217F의 모델 특성 및 품질등급 체계

217F 모델은 무기 시스템의 신뢰도 예측에 활용되고 있는 대표적인 모델로 전기전자 부품을 대상으로 하고 있다. 217F 모델이 제시하는 고장률은 일반적으로 다음과 같다.

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_A \pi_R \pi_S \pi_C \pi_Q \pi_E \tag{1}$$

식(1)에서 λ_p 는 예측 고장률, λ_b 는 기본 고장률, π 는 유형별 스트레스 인자이다 (Department of Defense(1991)). 이 중 품질인자 π_Q 는 품질등급에 의해 결정되며, 품질등급은 부품 유형에 따라 다음 <표 1>과 같이 구분된다.

<표 1> 부품유형에 따른 품질등급 체계(Department of Defense(1991))

Part	Quality Designators
Microcircuits	S, B, B-1, Other(Judged by Screening Level)
Discrete Semiconductors	JANTXV, JANTX, JAN
Capacitors(Established Reliability)	D, C, S, R, B, P, M, L
Resistors(Established Reliability)	S, R, P, M
Coils, Molded, R.F.(Established Reliability)	S, R, P, M
Relays(Established Reliability)	R, P, M, L

집적회로, 반도체 소자와 저항, 커패시터, 코일, 릴레이 등의 일부 부품유형은 <표 1>과 같이 여러 단계의 입증 품질등급(Established Reliability)과 Lower 등급으로 분류된다. 위의 6개 부품 유형 이외는 Mil 등급과 Lower 등급 두 가지 등급으로 구분된다. 이러한 품질등급을 획득하기 위해서는 각 품질등급에 따른 요구사항을 충족시켜야만 하는데, MIL-STD-690D, MIL-PRF-19500P, MIL-PRF-38535J, MIL-STD-750E, MIL-STD-883H 등 관련 문서를 통해 인증 절차, 평가 기준, 시험 방법 등의 상세한 내용을 확인 할 수 있다(Department of Defense(2005), Department of Defense(2006), Department of Defense(2010), Department of Defense(2010), Department of Defense(2010)).

이러한 기준에 따라 획득한 품질등급은 부품 사양서에 명시되며, 명시된 등급에 따라 품질 인자의 값이 결정된다. 이때 품질등급을 부여받기 위한 기준을 미충족하거나 품질등급을 식별할 수 없는 부품은 Lower 등급을 적용하는 것을 원칙으로 하고 있다(Department of Defense(1991)).

<표 2> 저항의 품질등급별 품질인자(π_Q) (Department of Defense(1991))

Quality	π_Q	Quality	π_Q
Established Reliability Styles		Non-Established Reliability Resistor (Most Two-Letter Styles)	3.0
S	0.03	Commercial or Unknown Screening Level	10
R	0.1		
P	0.3		
M	1.0	-	-

<표 2>는 저항의 최고 품질인 S 등급부터 최저 품질인 Lower 등급까지 품질등급별 품질인자를 정리한 표로 등급에 따라서 최소 0.03에서 최대 10까지 품질인자를 갖는 것을 확인할 수 있다.

이러한 품질인자가 고장 발생 예측 빈도에 미치는 영향의 정도를 제시하기 위하여 필름형 저항을 예로 각 π 인자값을 <표 3>에서 정리하였다. 필름형 저항의 고장률 예측에 고려되는 π 인자는 온도, 전력 등 총 5가지다.

<표 3> π 인자의 최대 / 최소값 비교

고장률 $\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_P \pi_S \pi_Q \pi_E$					
π factor	최대		최소		비율 (최대/최소)
	조건	값	조건	값	
π_T (온도)	150℃	2.5	20℃	0.95	2.63
π_P (전력소모)	150 W	7.1	0.001 W	0.068	104
π_S (전력비)	0.9	1.9	0.1	0.79	2.41
π_Q (품질)	Unknown	10	S	0.03	333
π_E (환경)	S_F	0.5	C_L	1728	3456

이 중 환경인자는 다른 인자들과 달리 설계 및 운용조건 변경을 통해 개선할 수 없는 부분이다. 설계 및 운용조건 변경을 통해 신뢰도 개선이 가능한 4개의 π 인자 중에서 최대값과 최소값의 차이가 가장 큰 인자는 품질인자로 300배 이상의 차이가 존재한다. 그러므로 고품질의 부품으로 교체하는 조치만으로도 온도, 전력소모량, 전력비의 조정에 필요한 설계 변경 과정 없이 비교적 용이하게 고장률을 현저하게 감소시킬 수 있다. 그러나 이는 역으로 신뢰도 예측간 실제적인 부품의 변경 없이 품질등급만을 임의로 조정하려는 유혹에 빠지게 하는 원인으로 작용할 수도 있다.

2.2 Telcordia SR-332의 모델 특성 및 품질등급 체계

SR-332 모델은 상용 전자장비에 적용 가능한 신뢰도 예측 모델로 Intel, Motorola 등의 유명 생산업체가 원천 데이터 수집에 참여할 정도로 미국 통신 사업 분야에서 널리 활용되고 있는 신뢰도 예측 모델이다 (Telcordia Technologies(2001)). 이러한 SR-332 모델의 독특한 특징 중 하나는 217F 모델로부터 파생되었다는 점이다(Marcel Held, Urs Sennhauser(2004)). 때문에 취급하고 있는 부품의 종류, 모델 구조, π 인자 등 모델의 구성 측면에서 217F와 매우 유사한 점을 확인할 수 있다.

SR-332 모델이 제시하는 고장률은 일반적으로 다음과 같다.

$$\lambda_{BB} = \lambda_G \pi_Q \pi_S \pi_T \tag{2}$$

식(2)에서 λ_{BB} 는 예측 고장률, λ_G 는 기본 고장률, π_Q 는 품질인자, π_S 는 전기적 스트레스인자, π_T 는 온도인자를 표시한다 (Telcordia Technologies(2001)).

SR-332 모델 역시 217F 모델과 마찬가지로 기본 고장률에 유형별 스트레스를 반영한 π 인자를 곱하여 고장률을 산출한다. π 인자 중 품질인자(π_Q)는 부품 생산자의 품질보증활동을 평가하여 품질등급을 부여함으로써 결정된다. 다음의 <표 4>는 SR-332 모델에서 적용되는 품질등급과 그 분류 기준을 나타낸 표이다. Level 0은 가장 낮은 등급으로 (a)부터 (i)까지 9개 요구조건을 모두 충족하지 못하였을 경우 부여한다. Level 1은 조건 (a)와 (b)를, Level 2는 (a)부터 (e)까지 5개 조건을, 최고등급인 Level 3은 (a)부터 (i)까지 9개의 모든 요구조건을 충족할 경우에 부여할 수 있다. SR-332 모델 역시 품질등급 선정의 신뢰성 확보를 위하여 Level 1 이상의 경우 각 항목별로 합당한 근거를 제시하여야 함을 원칙으로 하고 있다 (Telcordia Technologies(2001)). Level 0부터 3까지 부여되는 등급별 품질인자 π_Q 값은 각각 6, 3, 1, 0.9이다.

<표 4> Telcordia SR-332 Issue 1의 품질등급 부여 기준 (Telcordia Technologie(2001))

Level 0									
Level 1									
Level 2									
Level 3									
조건	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
(a) Steps must have been taken to ensure that the component are compatible with the design application and manufacturing process. (b) An effective feedback and corrective action program must be in place to identify and resolve problems quickly in manufacture and in the field. (c) Purchase specification must explicitly identify important characteristic and acceptable quality levels for lot control. (d) Devices and manufacturers must be qualified and identified on approved parts/manufacturer's lists									

- (e) Lot to lot controls, either by the equipment manufacturer or device manufacturer, must be in place at adequate AQL(Acceptable Quality Level)s / DPM(Defects Per Million)s to ensure consistent quality.
- (f) Device families must be requalified periodically.
- (g) Lot to lot controls must include early life reliability control of 100% screening, which, if the results warrant it, may be reduced to a "reliability audit" or to an acceptable "reliability monitor" with demonstrated and accepted cumulative early failure values of less than 200 ppm out to 10,000 hours.
- (h) Where burn-in screening is used, the Percent Defective Allowed(PDA) shall be specified and shall not exceed 2%.
- (i) An ongoing, continuous reliability improvement program must be implemented by both the device and equipment manufacturers.

종합적으로 판단하면 SR-332 모델은 217F 모델로부터 파생되어 상호 매우 유사하지만 217F 모델이 상용부품을 Lower급 1개의 품질로 구분하고 있는데 반해 SR-332 모델은 4단계로 분류하여 신뢰도 예측에 활용하고 있다는 점이 상이하다고 할 수 있다.

이러한 특성 고려하였을 때, SR-332 모델은 어떤 품질의 상용부품이 217F 모델 기반 Lower급 또는 MIL급에 해당하는가를 식별하고 이를 바탕으로 217F 모델의 Lower 등급 적용 기준의 현실성 확인을 목표로 하고 있는 본 연구를 수행하는데 적합하다고 판단된다.

3. 분석 대상 및 조건

SR-332가 본 연구를 수행하는데 최적의 모델이지만 어떠한 대상과 조건에서도 적용 가능한 것은 아니며 217F 모델과 공통으로 사용할 수 있는 대상과 조건의 고려가 필요하다.

3.1 분석 대상

분석 대상은 주요 전기전자 부품인 저항, 커패시터, 인덕터, 다이오드, 트랜지스터, 집적회로 등 6종으로 선정하였다. 분석에 필요한 부품의 상세 정보는 실제 사용되는 부품의 제원을 반영하기 위하여 신뢰도 분석 프로그램인 Relex 2011에서 제공하는 부품 정보 라이브러리로부터 획득하였다. 부품별 품질등급의 경우에는 217F 모델에는 Lower급과 차상위 등급, SR-332 모델에는 Level 0~3급으로 구분하여 각각 적용하였다. 다음 <표 5>에서 분석에 사용한 6종 67품목의 분석 대상 부품 목록을 제시하였다.

<표 5> 분석 대상 부품목록

Category	Subcategory	Part Number	Category	Subcategory	Part Number			
저항	합성	IBT14914	커패시터	세라믹, 가변형	CV50			
	필름	CF18914		피스톤, 가변형	PC50			
	필름, 전력	MO5S91K		진공, 가변 또는 고정	CG50			
	네트워크 필름	EXBV8V9R1JV	인덕터	변압기	PE68488			
	정밀, 권선	RBR76			23Z247SMDT			
	리드 마운트, 권선 전력	PPW3910			310R1			
	새시 마운트, 권선 전력	RER75			1812WBT2			
	서미스터	TFPT0805L1500		코일	A879AY-471K			
	리드 스크류, 가변형 권선	RTR24			EQC7EL151			
	정밀, 가변형 권선	RR4100			1N270			
	커패시터	반정밀, 가변형 권선	RA10	다이오드	다이오드	1N3064		
		반정밀, 가변형 권선	RK09			251UL40S15		
		전력, 가변형 권선	RP55			1N3175		
		트리머, 가변형 비권선	RJR32			1N6464		
		탄소, 가변형 비권선	RV7			1N5307		
		정밀, 가변형 비권선	RQ210			1N3007		
		필름, 가변형 비권선	RVC6			1N25		
		커패시터	칩, 세라믹			WY04102	마이크로파 다이오드	마이크로파 다이오드
피드 스루, 종이			CZR			1PS79SB70		
종이-플라스틱			ECQB1474			JDV2S06S		
금속 용지-플라스틱			155MABA03KHL			트랜지스터	Bipolar Junction	2N4209
플라스틱			16SVP330M					2N1072
강화 금속 증착 플라스틱	CRH11		Si FET	BFR31				
운모	CMR			970				
단추형 운모	CB62			BSS138				
유리	CY			RK4936				
일반 세라믹	08055C683MAT			174				
온도 보정기, 세라믹	200BCR050K			마이크로파 트랜지스터	MPS571			
칩, 세라믹	C0402C110D4		마이크로파 전력 트랜지스터	2N6986				
집적회로	고체, 전자, 탄탈		150D105X9050A2	선형	272			
	칩, 전자		TCFGA0J336	로직, CGA 또는 ASIC	100E131			
	비고체, 전자, 탄탈		XTV707T060	마이크로프로세서	29325			
	새시 마운트, 전자, 알루미늄		127SPS010M	메모리	MT48LC128M4A2P-75			
	리드 마운트, 전자, 알루미늄		105CKR100M	-	-			
	-		-	-	-			

3.2 운용 조건

본 연구에서는 다음과 같은 운용 조건을 양 모델에 동일하게 적용하였다.

- ① 운용환경 : 지상 실험실(G_B)
- ② 운용온도 : 25°C (Room temperature)
- ③ 전기 스트레스 : 정격값의 50%
- ④ 부품 작동에 따른 온도상승 : RiAC-HDBK-217Plus의 부품 유형별 기본값

운용 환경은 양 모델에서 정의하는 환경 가운데 일치 또는 가장 유사한 환경을 적용하는 것을 원칙으로 하였다. 각 모델별로 정의하는 환경을 비교하기 위하여 <표 6>에 모델별 운용 환경의 정의를 제시하였다. 217F에서는 지상(3), 해상(2), 공중(5), 미사일(2), 화포(1), 우주(1) 환경에서 총 14개의 환경을 정의하는 반면 SR-332에서는 지상(3), 공중(1), 우주(1) 환경에서 총 5개의 환경만을 정의하고 있다.

<표 6> MIL-HDBK-217F와 Telcordia SR-332의 운용 환경 정의
(Department of Defense(1991), Telcordia Technologies(2001))

MIL-HDBK-217F		Telcordia SR-332	
환경	설 명	환경	설 명
지상, 실험실 (G_B)	온·습도 제어는 물론 즉각적인 정비 가 가능한 고정 환경	지상, 고정, 제어(G_B)	환경에 의한 스트레스가 0에 가깝도 록 환경 제어를 받는 환경
지상, 고정 (G_F)	냉각 등 적절한 환경제어가 가능한 고정적 환경	지상, 고정, 비제어(G_F)	약간의 환경적 스트레스가 존재하고, 정비가 제한되는 환경
지상, 기동 (G_M)	차륜 또는 궤도 차량에 장착된 장비 환경 및 인력 운반 장비 환경	지상, 기동 (G_M)	G_F 에 비해 충격과 진동이 가혹한 환경
해상, 보호 (N_S)	수상정의 갑판아래나 잠수함내 환경	-	-
해상, 비보호 (N_U)	선박 외부 노출 환경	-	-
수송기, 승무원 보호 (A_{IC})	승무원 탑승 가능 수송기 환경	공중, 상용 (A_C)	G_F 에 비해 압력, 온도, 충격, 진동이 가혹한 환경 / 매우 제한적인 정비
전투기, 승무원 보호 (A_{IF})	A_{IC} 환경과 유사하지만, 전투기 환경		
수송기, 승무원 비보호 (A_{UC})	승무원 위치 불가능 수송기 환경		
전투기, 승무원 비보호 (A_{UF})	A_{UC} 환경과 유사하지만, 전투기 환경		
회전의 항공기 (A_{RW})	헬기 내외부 장착 장비의 환경		
우주, 비행 (S_F)	인공위성과 같이 지구 궤도상에서 비 행하는 장비의 환경	우주, 상용 (S_C)	저고도의 지구 궤도, A_C 와 유사하나 정비는 이루어지지 않음
미사일, 비행 (M_F)	미사일 비행 환경	-	-
미사일, 발사 (M_L)	미사일의 발사 또는 우주선의 발사 / 대기권 진입에 관련된 환경	-	-
화포, 발사 (C_L)	포탄 등 발사부터 목표물 타격까지 발사체 관련 환경	-	-

<표 6>에서 제시하고 있는 바와 같이, 지상 환경은 두 예측 모델에서 비교적 유사하게 정의되고 있으나 기타 공중 환경이나 우주 환경은 비교대상이 불충분 하거나 각 예측 모델에 제시된 정의간의 유사성이 부족함을 확인할 수 있다.

<표 7> MIL-HDBK-217F와 Telcordia SR-332 환경인자 비교
(Department of Defense(1991), Telcordia Technologies(2001))

환경	MIL-HDBK-217F N2			Telcordia SR-332
	저항	커패시터	다이오드	전품목
G_B	1.0	1.0	1.0	1
G_F	4.0	10	6.0	2
G_M	16	20	9.0	6

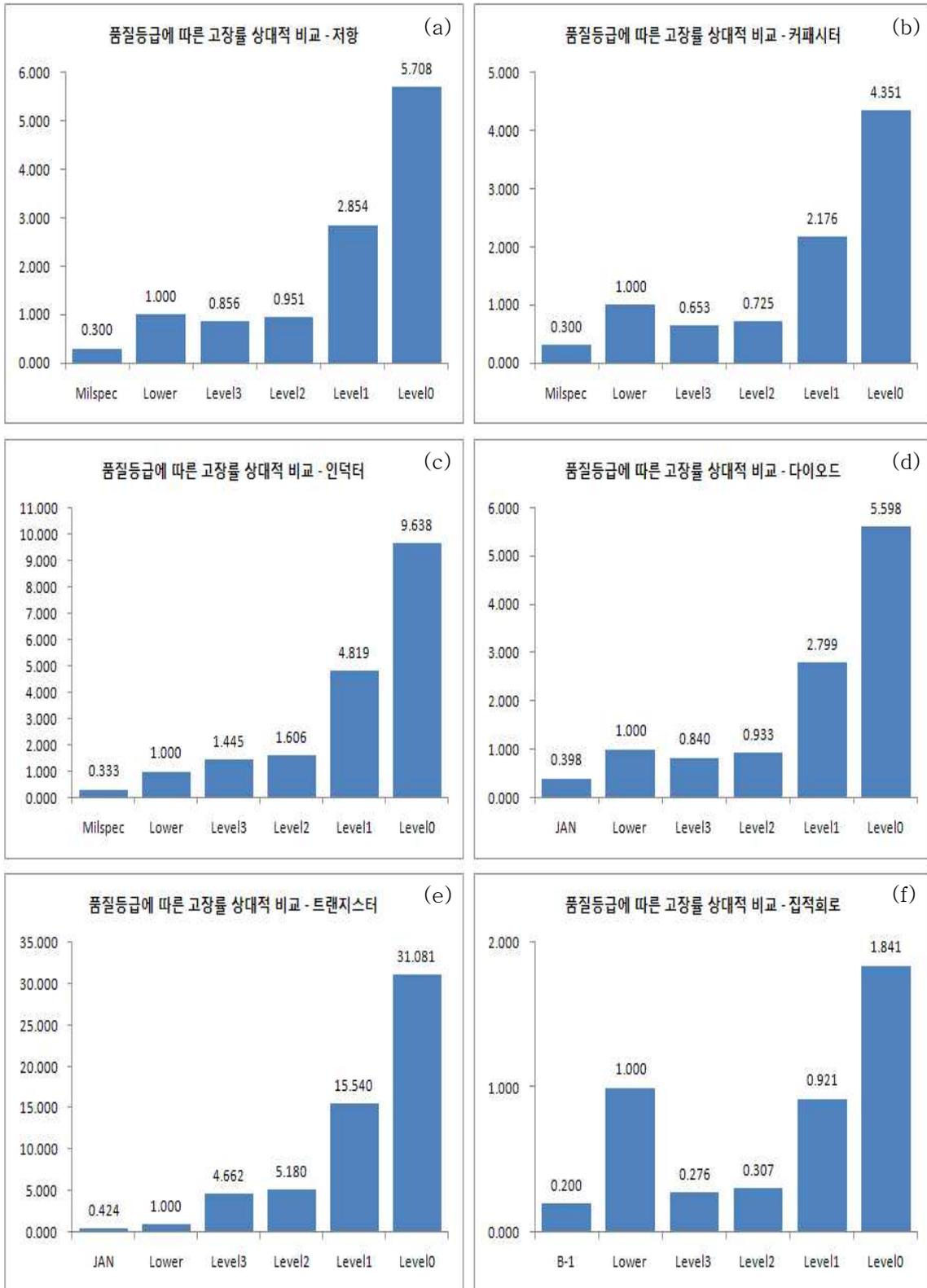
<표 7>에는 217F와 SR-332에서 유사하게 정의되는 지상 환경의 환경인자(π_E)를 예측 모델과 부품 유형에 따라 정리하였다. 217F에서는 부품 유형에 따라 다른 값의 환경인자를 제시하기 때문에 지상 환경 중에서도 G_F (지상고정)와 G_M (지상기동) 환경의 경우 환경인자의 값이 일정하지 않았고, SR-332의 환경인자와도 큰 차이를 보였다. 반면 G_B 환경에서는 예측 모델과 부품 유형에 무관하게 환경인자의 값이 1.0으로 일정할 뿐만 아니라 양 모델에서의 정의 역시 매우 유사하므로 고장률 예측값을 상호 비교하기 위해 가장 적합한 환경으로 판단하였다. 또한 운용온도는 G_B 환경을 고려하여 일반적 실내온도인 25°C로 지정하였다.

그 밖에 전기 스트레스에 의해 결정되는 스트레스인자(π_S)는 일반적으로 사용하는 설계 안전 계수 2~2.5를 고려하여 정격값의 50% 수준으로 지정하였다. 그리고 부품에 전기 스트레스를 가함으로써 발생하는, 즉 부품 작동간 발생하는 온도 상승분은 RiAC-HDBK-217 Plus에서 제시하는 기본값을 참고하였다.

4. 분석 결과

3장에서 제시한 분석 대상 및 조건을 217F와 SR-332 모델에 적용하여 각각의 고장률을 예측하고 217F의 Lower 등급을 중심으로 SR-332의 각 Level 등급을 비교하기 위하여 동일 부품 유형내에서 Lower 등급을 기준으로 각 고장률 예측값을 변환하였다. 품질등급별 평균 고장률 예측 결과는 <그림 1>에서 (a) 저항, (b) 커패시터, (c) 인덕터, (d) 다이오드, (e) 트랜지스터, (f) 집적회로 순으로 제시하였다.

동일 부품 유형내에서 품질등급별로 예측된 평균 고장률의 상대적인 크기를 비교한 결과는 다음과 같다. (a) 저항, (b) 커패시터, (d) 다이오드의 경우, SR-332에서 가장 높은 품질등급인 Level 3급 부품의 고장률 예측값이 217F 모델 기준 Lower 등급 부품의 고장률 예측값 보다는 작은 것으로 확인되었다. 그러나 그 차이가 크지는 않았고 Mil 등급 부품의 고장률 예측값에는 크게 못 미치는 것으로 비교되었다. (c) 인덕터와 (e) 트랜지스터의 경우에는 SR-332 Level 3급 부품조차 217F의 Lower 등급 부품의 고장률 예측값 보다도 높은 것으로 확인되었다. (f) 집적회로의 경우, SR-332 모델 기준 Level 3급으로 분류된 부품의 고장률이 217F 모델의 B-1급 부품의 고장률과 유사한 수준임을 확인할 수 있었다.



<그림 1> 부품 유형별 품질등급 기준 예측 고장률 분포

고장률 예측 결과를 바탕으로 217F와 SR-332의 품질등급 순위표를 작성한다면 <표 8>과 같이 정리할 수 있다.

<표 8> 고장률 예측값 비교에 따른 부품 유형별 품질등급 순위표

	(고장률 감소)	품질등급 순위			(고장률 증가)	
		Level 3	Level 2	Lower	Level 1	Level 0
저항	Milspec (0.300)	Level 3 (0.856)	Level 2 (0.951)	Lower (1.000)	Level 1 (2.854)	Level 0 (5.708)
커패시터	Milspec (0.300)	Level 3 (0.653)	Level 2 (0.725)	Lower (1.000)	Level 1 (2.175)	Level 0 (4.351)
인덕터	Milspec (0.333)	Lower (1.000)	Level 3 (1.445)	Level 2 (1.606)	Level 1 (4.819)	Level 0 (9.638)
다이오드	JAN (0.398)	Level 3 (0.840)	Level 2 (0.933)	Lower (1.000)	Level 1 (2.799)	Level 0 (5.598)
트랜지스터	JAN (0.424)	Lower (1.000)	Level 3 (4.662)	Level 2 (5.180)	Level 1 (15.540)	Level 0 (31.081)
집적회로	B-1 (0.200)	Level 3 (0.276)	Level 2 (0.307)	Level 1 (0.921)	Lower (1.000)	Level 0 (1.841)

괄호내 수치는 각 등급별 고장률 예측값의 평균으로 <그림 1>에서 제시된 값과 동일하다. 직접회로를 제외하면 Level 2·3급 부품들은 모두 217F 모델 기준 Lower급 부품의 고장률 부근에 위치하고 있고 Level 1급은 Lower급 대비 최소 2.8배에서 최고 15.5배까지, Level 0급은 4.3배에서 최고 31배까지 고장률이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 집적회로에서 예외적인 결과가 확인되었으므로 SR-332 모델 기준 Level 3 또는 2급이 217F 모델 Lower급에 해당한다는 일반화는 곤란하다. 그러나 상용 부품에 대해 Lower 등급을 적용해야 한다는 217F 모델 제시 원칙이 비현실적으로 예측 고장률을 증가시키고 있는 원인이라는 일각의 주장은 과장되었다고 판단할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 217F 기반 신뢰도 예측시 최신 부품 및 MIL 규격을 부여받지 못한 상용 부품에 대하여 217F 기준 품질등급 적용 원칙을 준수하는 것이 과연 비합리적인가를 확인하였다. 이를 위하여 217F와 SR-332 모델을 기반으로 6종 67품목에 이르는 주요 전기전자 부품의 고장률을 품질등급별로 예측하고 결과를 상호 비교 및 분석하였다. 분석 결과, 5개 부품 유형에서 SR-332 기준 최고품질인 Level 3급 부품의 고장률이 217F 기준 최저 품질인 Lower급 부품의 고장률과 비슷하거나 오히려 높은 것으로 확인되었다. 예외적으로 집적회로만이 유일하게 SR-332 기준 Level 3급 부품의 고장률이 217F 기준 B-1급 부품의 고장률

예측값에 근접한 것으로 확인되었다.

집적회로에서 예외적인 결과가 확인되었으므로 완벽하게 일반화하기는 곤란하나 Mil 등급을 부여받지 못한 부품에 대하여 217F 기준 Lower 등급을 적용하여 고장률을 예측하여야 한다는 원칙이 일각에서 주장하는 바와 같이 비현실적인 것으로 판단하기는 곤란하였다. 따라서 217F 모델을 기반으로 무기 시스템의 신뢰도를 예측할 경우, 매우 특별한 상황이 아니라면 217F 모델이 제시하고 있는 품질등급의 적용 원칙은 준수할 가치가 있으며 본 연구는 이를 뒷받침 하는 근거로 활용될 수 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] Department of Defense(1991), MIL-HDBK-217F, Reliability Prediction for Electronic Equipment.
- [2] Department of Defense(2005), MIL-STD-690D, Failure Rate Sampling Plans and Procedures.
- [3] Department of Defense(2005), DoD Guide For Achieving Reliability, Availability, And maintainability “System Engineering for Mission Success”.
- [4] Department of Defense(2006), MIL-STD-750E, Test Method for Semiconductor Devices.
- [5] Department of Defense(2010), MIL-STD-883H, Test Method Standard Microcircuits.
- [6] Department of Defense(2010), MIL-PRF-19500P, Semiconductor Devices, General Specification for.
- [7] Department of Defense(2010), MIL-PRF-38535J, Integrated Circuits (Microcircuits) Manufacturing, General Specification for.
- [8] Marcel Held, Urs Sennhauser(2004), Failure Rate Prediction Models used for Reliability Monitoring of Electronic Systems, Electronics Goes Green, 939-944.
- [9] Telcordia Technologies(2001), Telcordia Technologies Special Report SR-332 Issue 1, Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment.
- [10] William Denson (1998), The History of Reliability Prediction, IEEE Transactions on reliability, VOL. 47, NO. 3, 321-328