
[2023 KEPIC-Week]

알루미늄 전해 커패시터 국산화 개발

[Localization Development of Aluminum Electrolytic Capacitors]

2023. 09. 07

❖ 배경

- ▶ 기존 원전 운영기간의 지속적인 증가에 반하여 건설원전 감소에 따른 원전 기자재 공급업체의 폐업, 공급중단 등으로 정비자재 적기조달에 많은 어려움을 겪고 있음
- ▶ 정비자재의 조달 애로와 리드타임 증가는 기자재 조기확보에 대한 조달 심리 불안을 초래하여 과다 구매청구를 유발하게 되고, 잉여자재 발생으로 재고가 증가하는 부작용 발생

❖ 필요성

- ▶ 외산 커패시터 국산화로 국내 공급자의 부가가치 창출과 고용 유발
- ▶ 국산화를 통한 정비자재 적기조달로 재고금액 감축, 구매 조달기간 단축 및 설비신뢰성 제고 등으로 원전 안전운영 기여

1. 배경 및 현황

❖ 외산 커패시터의 문제점

- 커패시터의 CGID를 위해서는 제작사의 기술자료 확보가 필수적이거나, 외산 커패시터는 생산된 모델의 년식이 오래 되었고, 적은 판매수량으로 기술자료 확보에 어려움이 있음
- 재고수량이 부족하여 특별 주문에 따른 높은 생산단가로 구매비용이 증가하고 조달기간이 장기간 소요

❖ 외산 커패시터 국산화 이유

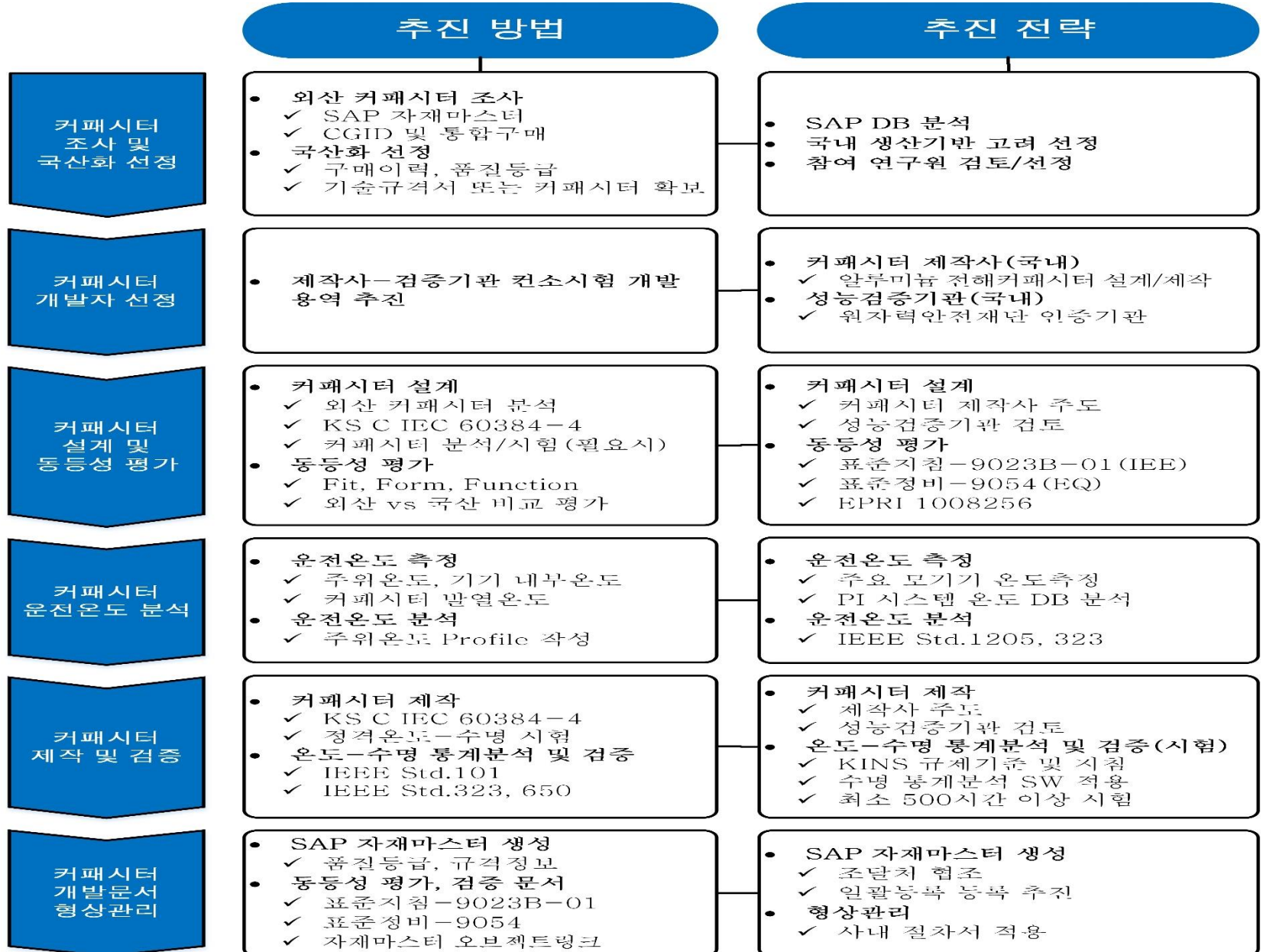
- 다품종 소량형태의 외산커패시터의 구매비용 증가 및 조달문제를 해결하고 월할한 원자력발전소 정비자재 수급을 위해서는 외산 커패시터의 국산화가 당면한 과제로 대두

❖ 개발 목표

- 외산 알루미늄 전해 커패시터 61품목 국산화 개발
 - ✓ 구성 : 전체 61품목 중 하이브리드 전해커패시터 10% 이상
 - ✓ 검증수명 : 발전소 운전온도에서 최소 15년 이상
 - ✓ 제작사 보증 : 개발된 커패시터는 용역 준공 후 10년 이상 공급
(10년 이상 공급 불가능 할 경우, 발주자와 협의 및 대체품목 제시)










- 적기조달 기반확보
- 국내 공급자의 부가가치 창출

2. 목표 및 추진전략



2. 목표 및 추진전략

 완료

순번	개발내용	20	2021				2022				2023				24	자체/ 위탁
		Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	
1	외산 커패시터 조사 및 분석															자체
2	국산화 커패시터 선정															자체
3	커패시터 개발 위탁용역 추진															자체
4	커패시터 설계															위탁
5	커패시터 운전온도 결정															자체 위탁
6	커패시터 개발품 제작															위탁
7	커패시터 검증 시험															위탁
8	커패시터 개발문서 <u>형상관리</u>															자체
9	최종보고서 작성															자체

3. 국산화 커패시터 선정

❖ 전기설비 국산화 커패시터 선정

- 검토대상 설비
 - ✓ 전사 건설 및 가동 원전 인버터, 무정전전원장치, 배터리 충전기 및 자동전압설비 등
- 최종 선정 : 17품목 선정

❖ 계측제어설비 국산화 커패시터 선정

- 대상 설비
 - ✓ 전사 건설 및 가동 원전 계측제어설비 계측제어패널 내 전원공급기(Power Supply)
- 최종 선정 : 44품목 선정

3. 국산화 커패시터 선정

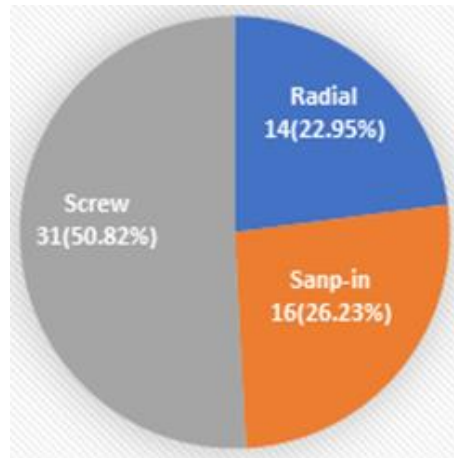
❖ 국내 제작사 설계 및 제작 가능 여부

- 건설 및 가동원전 발전소에 공급 실적 보유 기업
- 알루미늄 전해 커패시터 설계 및 제작 가능 기업

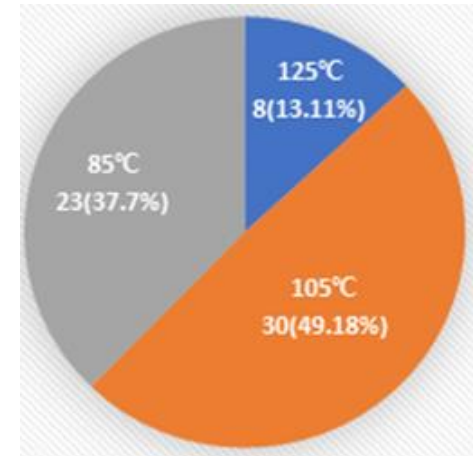
❖ 국산화 커패시터 대상선정 결과



커패시터 사용분야



커패시터 타입



커패시터 정격온도

4. 발전소 커패시터 운전환경 측정

❖ 배경 및 목적

- 설계/제작 및 수명평가에 커패시터 운전온도는 필수 요소로서, 커패시터 설치 위치에서 운전온도의 정확한 측정 및 분석 필요
- 관련 규제지침, 기술기준, 주변온도 및 기기 내부온도 등을 분석하여 커패시터 운전온도 결정

❖ 운전온도 측정

➤ 위치

- ✓ 발전소 커패시터가 장착된 Panel 또는 캐비닛 주변 온도 측정
 - 전기 : 충전기 및 인버터
 - 계측 : 계측제어 패널 내 전원공급기

➤ 장비

- ✓ 교정된 휴대용 온도 측정기

➤ 방법

- ✓ Panel 또는 캐비닛 냉각팬이 있을 경우
 - 냉각팬 출구에서 측정
- ✓ Panel 또는 캐비닛 냉각팬이 없을 경우
 - Panel 또는 캐비닛 틈새(환기구 등)에 약 5~10cm 온도센서 삽입 후 측정

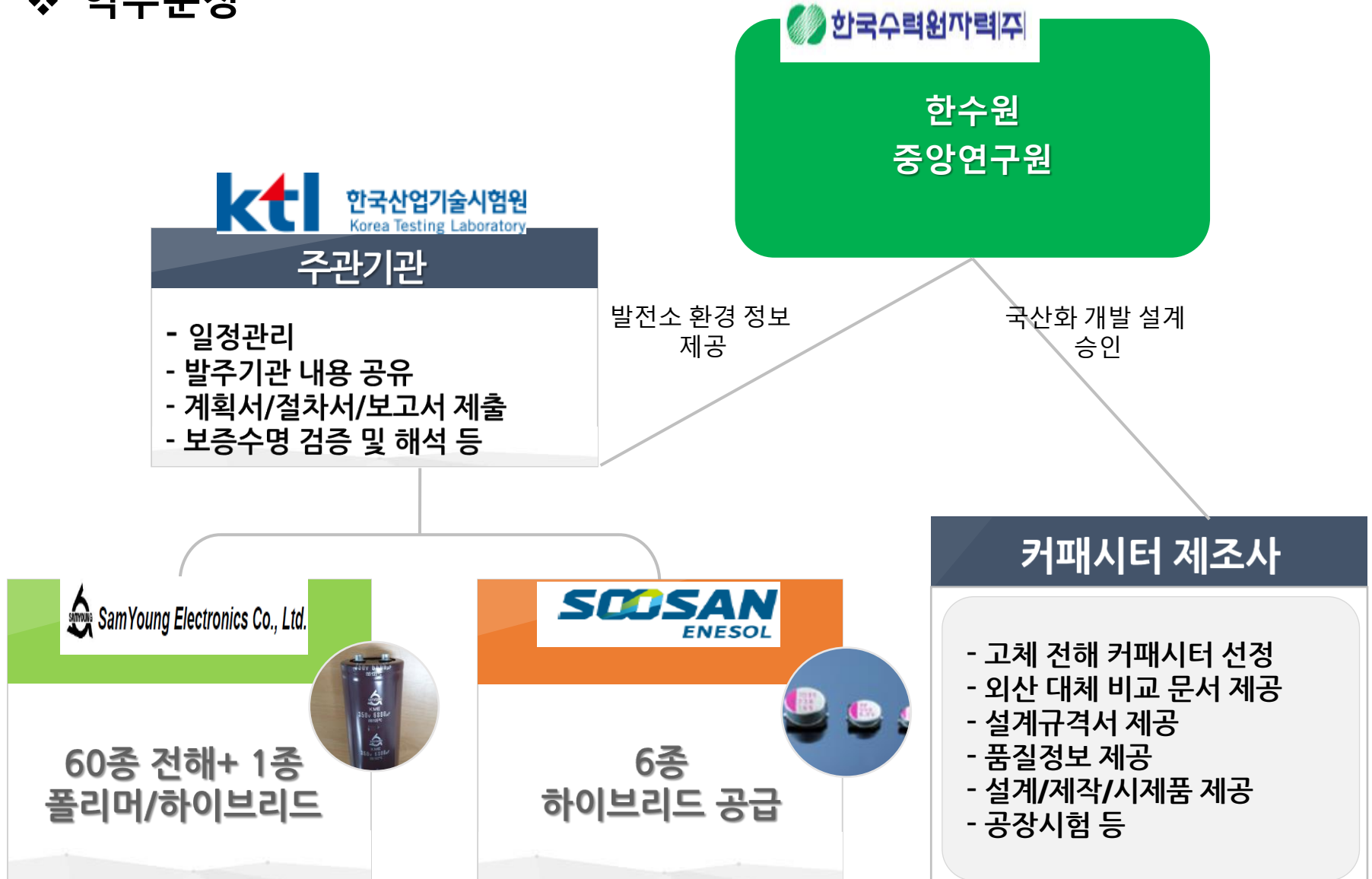
4. 발전소 커패시터 운전환경 측정

❖ 운전온도 측정 사진



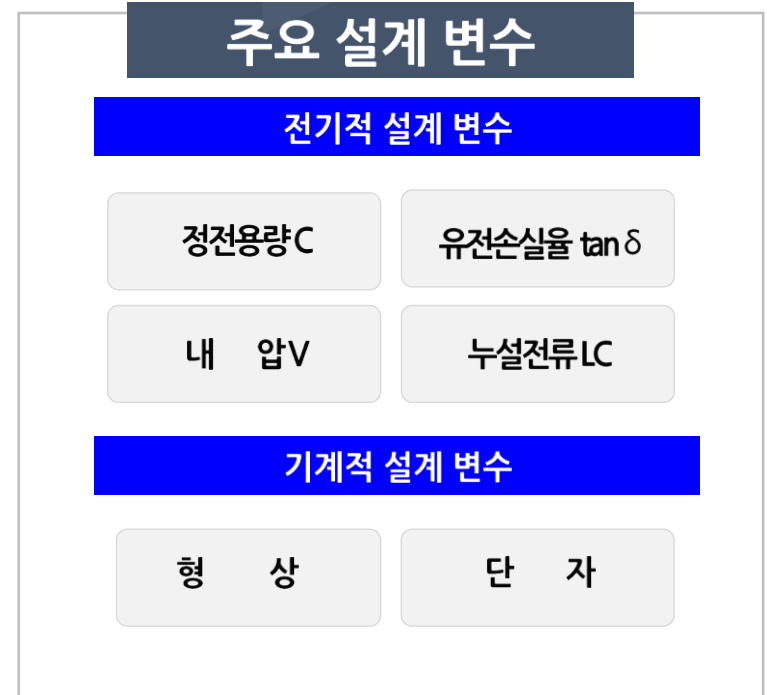
5. 국산화 커패시터 설계

❖ 역무분장



❖ 커패시터 설계변수 검토

- 설계 필수특성(Form, Fit, Function) 도출 및 비교 평가
- 상호 호환성(Interchangeability)
- 비교평가문서 : 외산/국산 커패시터 기술규격서



※ 참고 : EPRI 1023281 Collected Field Data on Electronic Part Failures and Guidelines for the Monitoring of Aging of Instrumentation and Control(I&C) Electronic Components(2012.10)

- AI 커패시터 노화메커니즘 : 전해액 열화 및 감소
- AI 커패시터 고장 모드 : 정전용량 감소, 등가직렬저항 증가, 손실각 증가

5. 국산화 커패시터 설계

❖ 설계 필수특성

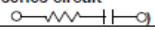
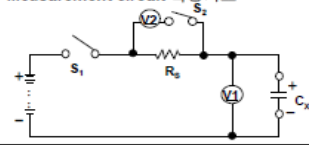
➤ Function : 전기적/기계적 성능

- ✓ 사용온도범위
- ✓ 정격전압
- ✓ 정전용량
- ✓ 유전손실
- ✓ 누설전류
- ✓ 최대 허용 리플전류
- ✓ 고온부하/무부하

➤ 설계문서 : 11 + 1건

- ✓ - 액체 전해커패시터 (10)
- ✓ - 하이브리드 커패시터 (1)

설계 승인 문서	
- RFA (20종)	- NXQ (3종)
- RGB (3종)	- NBC (1종)
- TFA (11종)	- NHA (1종)
- TLC (9종)	- PXB (1종)
- TLL (2종)	- APA/AQA : 고체/하이브리드
- NXA (9종)	

ALUMINUM ELECTROLYTIC CAPACITORS			APPROVAL NO. 1210 - 004
4. Electrical/Mechanical Characteristics (전기적/기계적 성능)			
NO	Items 항목	Conditions 조건	Specifications 규격
1	Operating Temperature Range (사용온도범위)	Operating temperature range is the range of ambient temperature at which the capacitor can be operated continuously at rated voltage. 콘덴서를 정격 전압으로 연속하여 사용 가능한 주변 온도 범위	-40~ +105℃
2	Rated voltage (정격 전압)		See the page2
3	Capacitance (정전 용량)	Measuring Temperature * 측정 온도 : 20 ℃ Measuring Frequency * 측정 주파수 : 120 Hz Measuring Voltage * 측정 전압 : 0.5 Vrms 이하 Measuring Circuit Equivalent series circuit * 측정 회로 : 직렬등가회로 ()	-20% ~ +20% (M)
4	Tangent of the loss angle(TANδ) (손실각의 정접)	Measurement shall be made under the same conditions as those given for the measurement of capacitance. 정전 용량과 같은 조건으로 측정한다.	See the page2
5	Leakage current (누설 전류)	The rated voltage shall be applied across the capacitor and its protective resistor which shall be 1000±100Ω. The leakage current shall be then measured after an electrifications period of 5 min. The leakage current shall be calculated by the following equation. 콘덴서에 1000±100Ω의 저항기를 통하여 정격전압을 인가하여 5 분후의 전류를 측정한다. 누설전류는 하기 식과 같이 산출한다. [Voltage drop method (전압강하법)] Leakage current (누설전류) 누설전류 (I) = E / R _s Where : Voltage measured with DC voltmeter (V ₂) 단, : E:직류전압계 (V ₂) 의 전압치 Resistance of the protective resistor R _s : 표준저항기의 저항치 Measurement circuit 측정회로 	See the page2
6	Maximum permissible ripple current (최대허용리플전류)	The maximum sinusoidal alternating current of a frequency specified below, at which the capacitor can be operated continuously. This requirement shall be satisfied even after the measurement of clause 8 (Load life). Where (DC voltage + peak ripple voltage) ≤ rated voltage 8항 (고온부하)의 시험에 있어서 특정주파수의 정현파 교류를 콘덴서에 연속해서 흘릴수 있는 최대 전류치 단, (DC전압+리플전압의 peak치) ≤ 정격전압	See the page2

5. 국산화 커패시터 설계

❖ 하이브리드 커패시터 적용

- Form : 2D 도면, 단자 type
- Fit : 치수, 공차
- Function : 전압, 용량 및 공차, 누설전류, 유전손실, 리플전류, 사용온도, 부하/무부하수명
- 기술규격서 : 외산 데이터시트

알루미늄 전해 커패시터 국산화 관련 외산품 비교

[S/N: 계속-51]

업체명	상품명/종류명	Nippon Chemi-Con Corp.
시리즈	TLL	LXM
도면		
ØD×L (mm)	22 × 30	22 × 30
전압 (V)	250	250
용량 (µF) (at 120Hz, 20°C)	220	220
용량 허용차 (%)	-20 ~ +20	-20 ~ +20
누설전류 (µA) (at 20°C, 5min)	703	703
Tanδ (1khrs 105°C 초기값 200%이하)	0.20	0.15
허용 리플전류 (Arms) (105°C, 120Hz)	0.95	0.95
사용온도 (°C)	-40 ~ +105	-25 ~ +105
부하 수명 (hrs)	7,000	7,000
무부하 수명 (hrs)	1,000	1,000

삼영전자공업주식회사

◆STANDARD RATINGS

WV (V _e)	Cap (µF)	Case size ØD×L(mm)	tan δ	Rated ripple current (Arms/105°C, 120Hz)	Part No.
330	22 × 25	0.15	1.11	ELXM161VSN331MP25S	
390	22 × 30	0.15	1.26	ELXM161VSN391MP30S	

WV (V _e)	Cap (µF)	Case size ØD×L(mm)	tan δ	Rated ripple current (Arms/105°C, 120Hz)	Part No.
220	22 × 25	0.15	0.90	ELXM221VSN221MP25S	
270	22 × 30	0.15	1.05	ELXM221VSN271MP30S	
330	22 × 35	0.15	1.19	ELXM221VSN331MP35S	
390	25.4 × 25	0.15	1.16	ELXM221VSN391MQ25S	
390	22 × 40	0.15	1.33	ELXM221VSN391MP40S	
390	25.4 × 30	0.15	1.29	ELXM221VSN391MQ30S	
470	22 × 45	0.15	1.49	ELXM221VSN471MP45S	
470	25.4 × 35	0.15	1.48	ELXM221VSN471MQ35S	
470	30 × 25	0.15	1.45	ELXM221VSN471MP25S	
560	22 × 50	0.15	1.63	ELXM221VSN561MP50S	
560	25.4 × 40	0.15	1.71	ELXM221VSN561MQ40S	
560	30 × 30	0.15	1.62	ELXM221VSN561MQ30S	
680	25.4 × 45	0.15	1.87	ELXM221VSN681MQ45S	
680	30 × 35	0.15	1.86	ELXM221VSN681MQ35S	
820	25.4 × 50	0.15	2.10	ELXM221VSN821MQ50S	
820	30 × 40	0.15	2.12	ELXM221VSN821MQ40S	
820	35 × 30	0.15	2.08	ELXM221VSN821MQ30S	
1,000	30 × 50	0.15	2.48	ELXM221VSN102MR50S	
1,000	35 × 40	0.15	2.46	ELXM221VSN102MA40S	
1,200	35 × 45	0.15	2.79	ELXM221VSN122MA45S	
1,500	35 × 50	0.15	3.20	ELXM221VSN152MA50S	
180	22 × 25	0.15	0.82	ELXM251VSN181MP25S	
220	22 × 30	0.15	0.95	ELXM251VSN221MP30S	
270	22 × 35	0.15	1.08	ELXM251VSN271MP35S	
270	25.4 × 25	0.15	1.05	ELXM251VSN271MQ25S	
330	22 × 40	0.15	1.22	ELXM251VSN331MP40S	
330	25.4 × 30	0.15	1.19	ELXM251VSN331MQ30S	
390	22 × 45	0.15	1.36	ELXM251VSN391MP45S	
390	25.4 × 35	0.15	1.35	ELXM251VSN391MQ35S	
390	30 × 25	0.15	1.32	ELXM251VSN391MP25S	
470	22 × 50	0.15	1.49	ELXM251VSN471MP50S	
470	25.4 × 40	0.15	1.62	ELXM251VSN471MQ40S	
470	30 × 30	0.15	1.49	ELXM251VSN471MQ30S	

NIPPON CHEMI-CON LARGE CAPACITANCE ALUMINUM ELECTROLYTIC CAPACITORS Long life snap-ins, 105°C

LXM Series

- Endurance with ripple current : 7,000 hours at 105°C
- Non solvent resistant type
- RoHS2 Compliant

◆SPECIFICATIONS

Items	Characteristics
Category	25 to +105°C
Temperature Range	100 to 450V _e
Rated Voltage Range	±20% (D)
Capacitance Tolerance	153µV _{CV}
Leakage Current	Where, I : Max. leakage current (µA), C : Nominal capacitance (µF), V _r : Rated voltage (V) (at 20°C, 120Hz)
Dispersion Factor (tan δ)	Rated voltage (V _e) : 420 & 450V tan δ (Max.) : 0.15
Low Temperature Characteristics (Min. impedance Ratio)	Rated voltage (V _e) : 160 to 400V : 4, 450 & 450V : 8 (at 20°C, 120Hz)
Endurance	The following specifications shall be satisfied when the capacitors are restored to 20°C after subjected to DC voltage with the rated ripple current is applied (the peak voltage shall not exceed the rated voltage) for 7,000 hours at 105°C.
Capacitance change	≤ ±20% of the initial value
D.F. (tan δ)	≤ 250% of the initial specified value
Leakage current	≤ The initial specified value
Sheff Life	The following specifications shall be satisfied when the capacitors are restored to 20°C after exposing them for 1,000 hours at 105°C with the voltage applied. Before the measurement, the capacitor shall be preconditioned by applying voltage according to item 4.1 of JIS C 5101-4.
Capacitance change	≤ ±15% of the initial value
D.F. (tan δ)	≤ 150% of the initial specified value
Leakage current	≤ The initial specified value

◆DIMENSIONS (mm)

- Terminal Code : VS (φ22 to φ35) : Standard
- Terminal Code : LI (φ35)

◆PART NUMBERING SYSTEM

E L X M [] [] V S [] [] M [] [] S




Supplement code
Series code
Capacitance tolerance code
Capacitance code (ex. 47µF:470, 2,200µF:222)
Dummy terminal code
Terminal code (VS, LI)
Voltage code (ex. 160V:161, 315V:311, 450V:451)
Series code
Category

Please refer to "Product code guide (snap-in type)"

6. 하이브리드 커패시터 개발

❖ 하이브리드 커패시터 적용

- 고체 커패시터의 장점인 고성능 및 장수명 기능 유지
- 고장시 단락에 의한 영향 최소화

구분	Aluminum electrolytic capacitor		
	non-solid (SMD)	solid polymer	hybrid polymer
전해질	전해액	전도성 고분자	전해액/전도성 고분자
사진			
최대 전압	~ 450 V	~ 50 V	~ 100 V
ESR	High	Low	Low
신뢰성	~ 2000 h	~ 10,000 h	~ 10,000 h
누설전류	Low	High	Low
온도특성	열세	우수	우수
내습성	우수	우수	우수
고장모드	OPEN	SHORT	OPEN

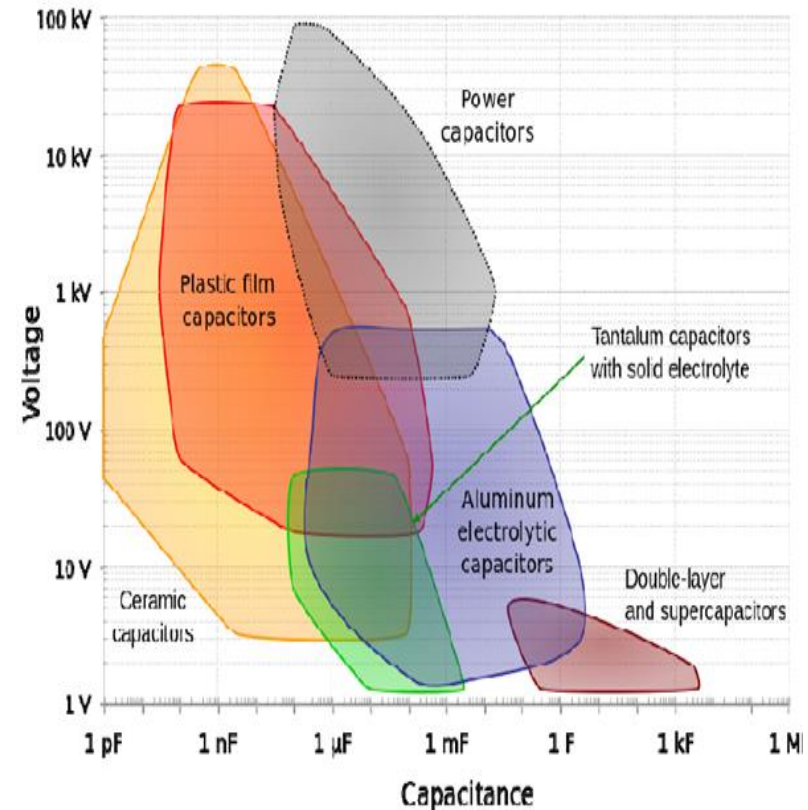
❖ 하이브리드 커패시터 선정

➤ 검토기준

- ✓ 기존 외산 제품 사양 검토(수명, 용량, 크기 등)
- ✓ 모기기와의 적합성 검토
- ✓ 외산 제품과의 상호호환성 검토

➤ 現 기술 수준에 따른 공급 가능성

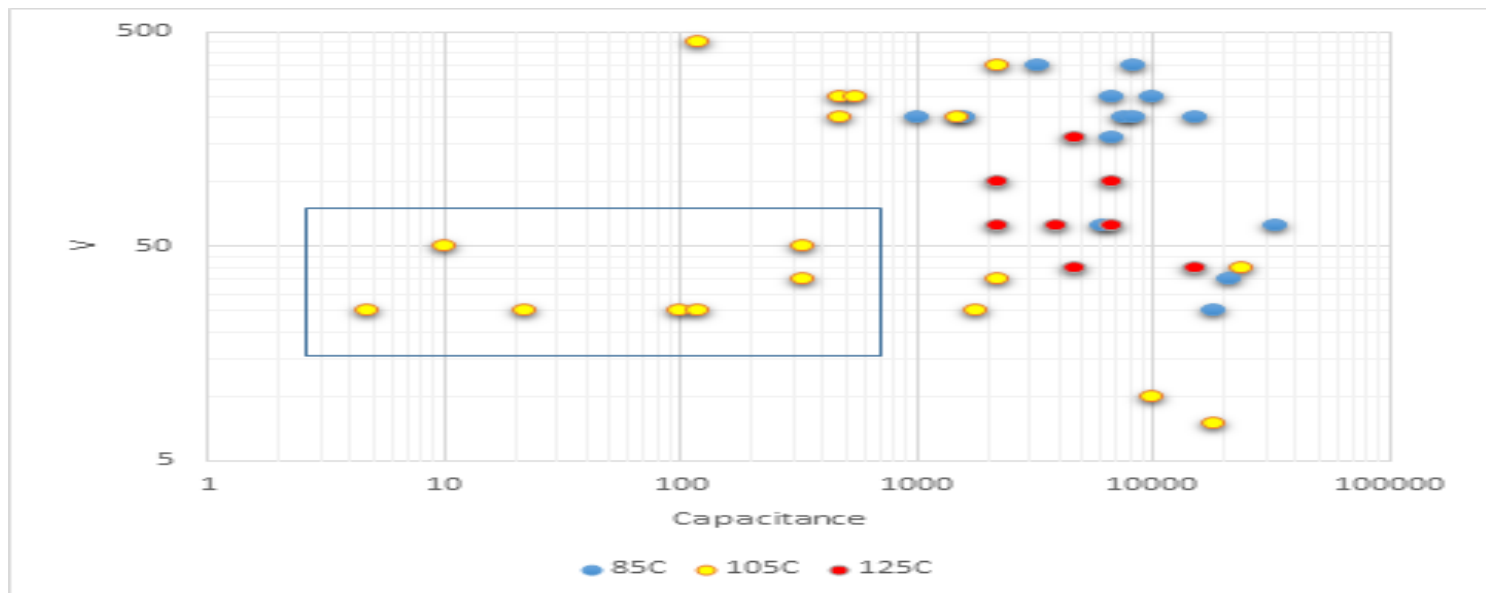
- ✓ 알루미늄 전해 커패시터의 일반적인 공급 가능 범위는 $1\mu\text{F} \sim 1\text{F}$, 전압은 최대 1 Kv 수준
- ✓ Solid polymer의 경우, 최대 정격 $1,000\mu\text{F} / 100\text{V}$



❖ 하이브리드 커패시터 선정 (계속)

➤ 전압 및 정전용량 산점도

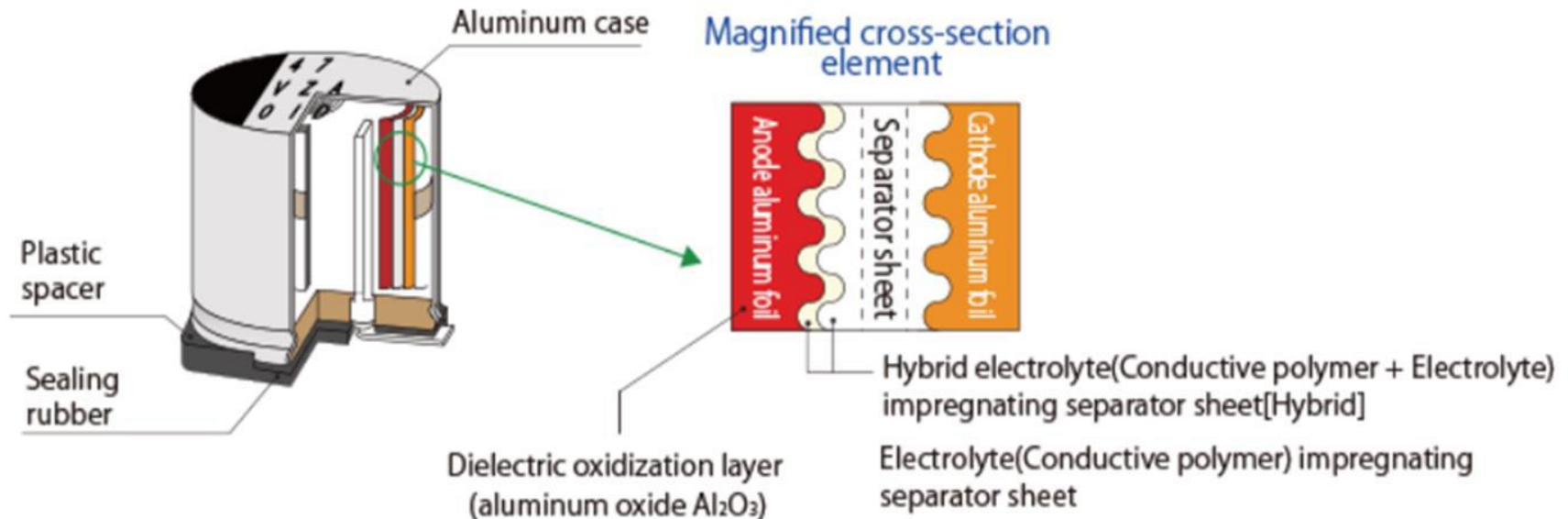
- ✓ 대상 : 선정된 전체 61품목
- ✓ 기준 : 전압(최대 100 V), 정전용량(최대 1,000 μ F)
- ✓ 결과 : Solid Polymer 안정적 공급가능 범위 : 노란색 Box



6. 하이브리드 커패시터 개발

Electrolyte 구성

- Main Electrolyte : Solid type Conductive Polymer
- → electron conductive system : very high conductivity
- Minor Electrolyte : Liquid type Organic Electrolyte(Solvent+Solute)
- → ion conductive system : very low conductivity



6. 하이브리드 커패시터 개발

❖ 설계 필수특성

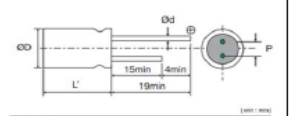
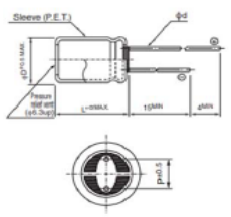


➤ 하이브리드 커패시터 (HRS Series)

- ✓ - 누설전류
- ✓ - 유전손실
- ✓ - ESR (Equivalent series resistance)
- ✓ - 허용리플전류
- ✓ - 최고사용온도
- ✓ - 부하수명 (장수명)
- ✓ - 정전용량
- ✓ - 유전손실

Hybrid
CONDUCTIVE POLYMER HYBRID ALUMINUM ELECTROLYTIC CAPACITORS HRS series

알루미늄 전해 커패시터 국산화 관련 외산품 비교
계측 27 2022.07.27

업체명	수산에너솔	NICHICON																																																						
시리즈	HRS	UPM																																																						
도면	 <table border="1" style="font-size: 8px; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Size</th> <th>ΦD×L</th> <th>L</th> <th>L'</th> <th>ΦD</th> <th>Φd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50×9-0.1</td> <td>5.0</td> <td>9.0</td> <td>10mm</td> <td>2.0</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>50×9-0.2</td> <td>5.0</td> <td>9.0</td> <td>L+1.0max</td> <td>2.0</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>6.30×10.0</td> <td>6.3</td> <td>9.0</td> <td>10mm</td> <td>2.5</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>6.30×11.0</td> <td>6.3</td> <td>11.0</td> <td>L+1.0</td> <td>2.5</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>8.00×9.5</td> <td>8.0</td> <td>9.5</td> <td>L+1.0</td> <td>3.5</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>100×10.0</td> <td>10.0</td> <td>10.0</td> <td>L+1.0</td> <td>5.0</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>100×11.0</td> <td>10.0</td> <td>11.0</td> <td>L+1.0</td> <td>5.0</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>100×10.0</td> <td>10.0</td> <td>10.0</td> <td>L+1.0</td> <td>5.0</td> <td>0.6</td> </tr> </tbody> </table>	Size	ΦD×L	L	L'	ΦD	Φd	50×9-0.1	5.0	9.0	10mm	2.0	0.5	50×9-0.2	5.0	9.0	L+1.0max	2.0	0.5	6.30×10.0	6.3	9.0	10mm	2.5	0.5	6.30×11.0	6.3	11.0	L+1.0	2.5	0.5	8.00×9.5	8.0	9.5	L+1.0	3.5	0.6	100×10.0	10.0	10.0	L+1.0	5.0	0.6	100×11.0	10.0	11.0	L+1.0	5.0	0.6	100×10.0	10.0	10.0	L+1.0	5.0	0.6	
Size	ΦD×L	L	L'	ΦD	Φd																																																			
50×9-0.1	5.0	9.0	10mm	2.0	0.5																																																			
50×9-0.2	5.0	9.0	L+1.0max	2.0	0.5																																																			
6.30×10.0	6.3	9.0	10mm	2.5	0.5																																																			
6.30×11.0	6.3	11.0	L+1.0	2.5	0.5																																																			
8.00×9.5	8.0	9.5	L+1.0	3.5	0.6																																																			
100×10.0	10.0	10.0	L+1.0	5.0	0.6																																																			
100×11.0	10.0	11.0	L+1.0	5.0	0.6																																																			
100×10.0	10.0	10.0	L+1.0	5.0	0.6																																																			
P/N	50HRS10MB9	UPM1H100MDD																																																						
ΦD×L (mm)	5×9	5×11																																																						
전압 (V)	50	50																																																						
용량 (μF)	10	10																																																						
누설전류 (μA)	5 (at 20°C, 2min)	15 (at 20°C, 1min)																																																						
Tanδ	0.10	0.10																																																						
ESR	20 mΩ (at 20°C 100kHz)	-																																																						
Impedance	-	1.40 Ω (at 20°C 100kHz)																																																						
허용 리플전류 (mArms)	900 (mArms/105°C,100kHz)	57 (mArms/105°C,120Hz) 115(mArms/105°C, 10 to 200kHz)																																																						
최고 사용온도 (°C)	105	105																																																						
수명 (hrs)	10,000	2000																																																						
용량 허용차 (%)	-20 ~ +20	-20 ~ +20																																																						

Items shall be marked on each capacitor.
① Rated voltage ② Nominal capacitance ③ Polarity ④ Date code.

* Formation of date code : (EX) 2A4

2	Production Year	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
A	Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
4	Week	1st	2nd	3rd	4th	5th							

Test conditions for testing
Ambient temperature : 20±2°C
Relative humidity : 60 ~ 70%
Air pressure : 86~106kPa

Performance
Rated voltage
1) Specification : See "Standard ratings" in Item 3
Rated capacitance
1) Conditions
① Measuring frequency : 120Hz±10%
② Tolerance on the rated capacitance : -20% to +20% [M]
2) Specification : See "Standard ratings" in Item 4
Tangent of loss angle (tan δ)
1) Conditions
① Measuring frequency : 120Hz±10%
2) Specification :

Rated voltage(V)	25	35	50	63	80
Tanδ	0.14	0.12	0.10	0.08	0.08

Equivalent series resistance (E.S.R.)
1) Conditions

7. 커패시터 동등성 평가 및 국산화 확정

◆ 커패시터 동등성 평가

- 표준지침서에 따라 평가
 - ✓ 표준지침-9023B-01 (개정07)
- 전체 61품목 대체품 동등성 평가 및 보고서 작성

ALUMINUM ELECTROLYTIC CAPACITORS nichicon

UPM Low Impedance, High Reliability

High reliability withstanding 5000 hour load life at +105°C/3000 hours for smaller case sizes (as specified below).

Capacitance ranges available based on the numerical values in E12 series under JIS.

Compliant to the RoHS directive (2011/65/EU, EU/2015/863).

AEC-Q200 compliant. Please contact us for details.

Valued marked with an @ in the dimension table are scheduled to be discontinued and are not recommended for new designs.

Specifications

Item Performance Characteristics

Rated Voltage Range 6.3 to 50V

Rated Voltage Range 6.3 to 400V

Capacitance Range 1 to 10000µF

Leakage Current 100% at 120Hz, 25°C

Temperature range -40 to +105°C

Stability at Low Temperature

Endurance

Short Life

Marking

Special Lead Type

Frequency coefficient of rated ripple current

Hybrid HRS series

CONDUCTIVE POLYMER HYBRID ALUMINUM ELECTROLYTIC CAPACITORS

4. Standard ratings

Rated Voltage [Vdc]	Rated Capacitance [µF]	Size φD x L [mm]	ESR (20°C, 100kHz) [mΩ] [max.]	Rated Ripple Current (100°C, 100kHz) [mA rms]	Part Number
22	5.0 x 0.0	80	900	25HRS22M68	
47	6.3 x 0.0	60	1300	25HRS47M08	
100	6.3 x 10.0	50	1500	25HRS100M10	
120	6.3 x 11.5	40	1700	25HRS120M11	
220	8.0 x 8.5	27	2300	25HRS220M10	
330	10.0 x 10.5	20	2500	25HRS330M10	
470	10.0 x 11.5	20	3200	25HRS470M11	
820	10.0 x 16.0	16	4000	25HRS820M16	

5. Dimension and construction

5.1 Dimension

Figure 1 [unit: mm]

Size	φD±0.5	L	L'	P±0.5	φd
5φ×6.0L	5.0	6.0	Lmax	2.0	0.5
5φ×9.0L	5.0	9.0	L + 0.8max	2.0	0.5
6.3φ×6.0L	6.3	6.0	Lmax	2.5	0.5
6.3φ×11.5L	6.3	11.5	L±1.0	2.5	0.5
8.0φ×8.5L	8.0	9.5	L±1.0	3.5	0.6
10φ×10.5L	10.0	10.5	L±1.0	5.0	0.6
10φ×11.5L	10.0	11.5	L±1.0	5.0	0.6
10φ×16.0L	10.0	16.0	L±1.0	5.0	0.6

대체품 동등성평가 보고서		페이지 : 1 / 2	
1. 보고서 번호	IEEE-자동생산	2. 요청서 번호	IEEE-자동생산
3. 기존 품목			
품목명	커패시터	품질등급	A
자재번호	200627257		
품목의 안전기능	전원공급기 평활회로의 평활콘덴서로 사용되며 리플을 제거하는 기능 수행		
기능위치	기능위치		
기능위치 '불임1. 기능위치' 참조		기능위치 내역 '불임1. 기능위치' 참조	
4. 평가 사유 <input type="checkbox"/> 단종품 <input type="checkbox"/> 성능향상(Uprade) <input checked="" type="checkbox"/> 기타			
(기타 항목 선택시 사유 기록): 외산 알루미늄 전해 커패시터 국산화			
5. 규격정보 검토			
검토사항	기존품목	교체품목	검토의견
제조사명	Cornell Dubilier Capacitor	삼영전자	-
부품번호	CDS162U050P2C	NFA450L61600U35X50	-
품질등급	A	A(A 검증)	-
터미널 형태	Screw	Screw	일치
치수 (mm)	35 × 54	35 × 50	호환가능
전압 (VDC)	50	50	일치
용량 (µF) (at 120Hz, 20°C)	1,600	1,600	일치
용량 허용차 (%)	-10~+75	-10~+75	일치
누설전류 (µA)	6,000 (at 20°C, 5min)	6,000 (at 20°C, 5min)	일치
유전손실계수 (Tanδ)	0.25 (NICHICON LMR Series 기준)	0.25	일치 (동등품 기준)
허용 리플전류 (mA rms)	3.9 (at 85°C, 120Hz)	3.9 (at 85°C, 120Hz)	일치
사용온도 (°C)	-40~+85	-40~+85	일치

8. 시제품 개발, 운전온도 분석 및 결정

❖ 시제품 개발 및 제작

- 커패시터 61종 최소 수량 개발 및 제작
- 커패시터 61종 자체 발열온도 측정
 - ✓ 커패시터 운전온도 분석 및 결정에 활용

C-1E 전기설비의 Typical 온도

IEEE Std. 649-1990(Qualifying C-1E Motor Control Center)

IEEE Std. C37.105-1987(Qualifying C-1E Protective Relays and Auxiliaries)

구분	전형적인 온도
가동중인 전동기 제어반의 외부 주위온도	30℃
전동기 제어반의 외부와 내부 평균온도 차이	10℃

❖ 운전온도 분석 및 결정

- 운전온도 분석
 - ✓ 주위(룸) 온도 + 판넬 내부 온도상승 + 자체발열 온도
- 운전온도 결정
 - ✓ 운전온도 분석결과에 따라 운전온도 결정
 - ✓ C-1E 전기설비 Typical 온도 사례 참조

【 TLL 250 VS 220 M (Ø22 × 30L) 기대 수명 】

1. 기대 수명

$$L_x = L_r \times 2^{\frac{T_o - T_x}{10}} \times 2^{\frac{\Delta T_o - \Delta T}{5}}$$

Lx : 실사용시의 기대수명.(Hrs)

Lr : 최고 사용 온도에서, 정격리플전류 중형시의 보증수명.(Hrs)

To : 제품의 최고 사용온도.(℃)

Tx : 실사용시의 제품 주위온도.(℃) (단, 40℃ 이하는 40℃로 계산한다.)

ΔT : 리플전류 인가시의 소자중심 발열온도(℃)

ΔTo : 정격리플전류 인가시의 소자중심 발열온도(℃)

※ 추정수명식에서 계산된 결과가 15년을 넘는 경우는 15년이 상한이 됩니다.

조건					기대 수명(Lx)			
Lr	To	Tx	ΔTo	ΔT	시간	일	월	년
10,000	105	50	5	5	452,548	18,856	629	51.7

❖ 목표 검증수명 및 교체주기 설정

➤ 목표 수명 : 15년 (18개월 기준 최대 10주기)

✓ EPRI 문서 : 약 5 ~ 15년

✓ 해외검증기관 : 약 10 ~ 34년

✓ 국내 성능검증기관 : 약 5년 (보수적)

✓ 안전성과 경제성을 고려 기준 설정

➤ 검증수명 결정 및 평가

✓ 최대 정격온도에서 연속운전시험 수행

✓ 시험 완료 후 커패시터 특성치 기준 범위 이내 적합 판정

❖ 목표 검증수명 및 교체주기 설정

➤ IEEE Std. 650 (안전등급 축전지용 충전기 및 인버터 검증)

- ✓ 주요 노화 메커니즘을 갖는 부품의 검증은 기기검증수명 목표까지 노화 필수
- ✓ 부품의 검증수명이 기기의 검증수명보다 짧다고 예상되는 경우
 - 부품은 운전경험 또는 부품-수명 시험 데이터를 근거로 하며,
 - 그 부품의 검증수명까지 노화 시켜야 함

➤ 5.2.2.2.5 직류 전해 커패시터 :

- ✓ 가속 노화는 정격 수명 또는 그보다 짧은 기간 동안 정격중심온도 및 정격 동작 전압
부과

정격수명

커패시터가 정격 조건 하에서 운전될 때 커패시터 제조자가 공시한 수명

❖ 검증 수명 요구 조건

➤ 주요 모기기

- ✓ Class 1E & Non Class 1E 배터리 충전기, 인버터 및 UPS
- ✓ Class 1E & Non Class 1E 계측제어설비 및 PANEL용 전원공급기

➤ 사용 환경조건

운전변수	정상조건	비고
기간(Years)	15	-
압력(psig)	Atmospheric	-
온도(°C)	-	<발전소 환경온도> 참조 ~ 40
상대습도(% R.H.)	~ 90	-
방사선(Gy)	-	Mild

❖ 검증 계획 수립

➤ 가속 수명시험

- ✓ 검증 대상품 선정
 - 시리즈 별 대표 시험품 선정
- ✓ 가속 스트레스(온도) 및 가속노화온도 설정
 - ❖ 예비시험을 통한 시험 범위 설정
- ✓ 고장 판정 기준
 - 용량, DF, ESR, LC
- ✓ 시험 수량 및 스트레스 별 시험품 배분
- ✓ 활성화 에너지 및 분포 적합성 검증

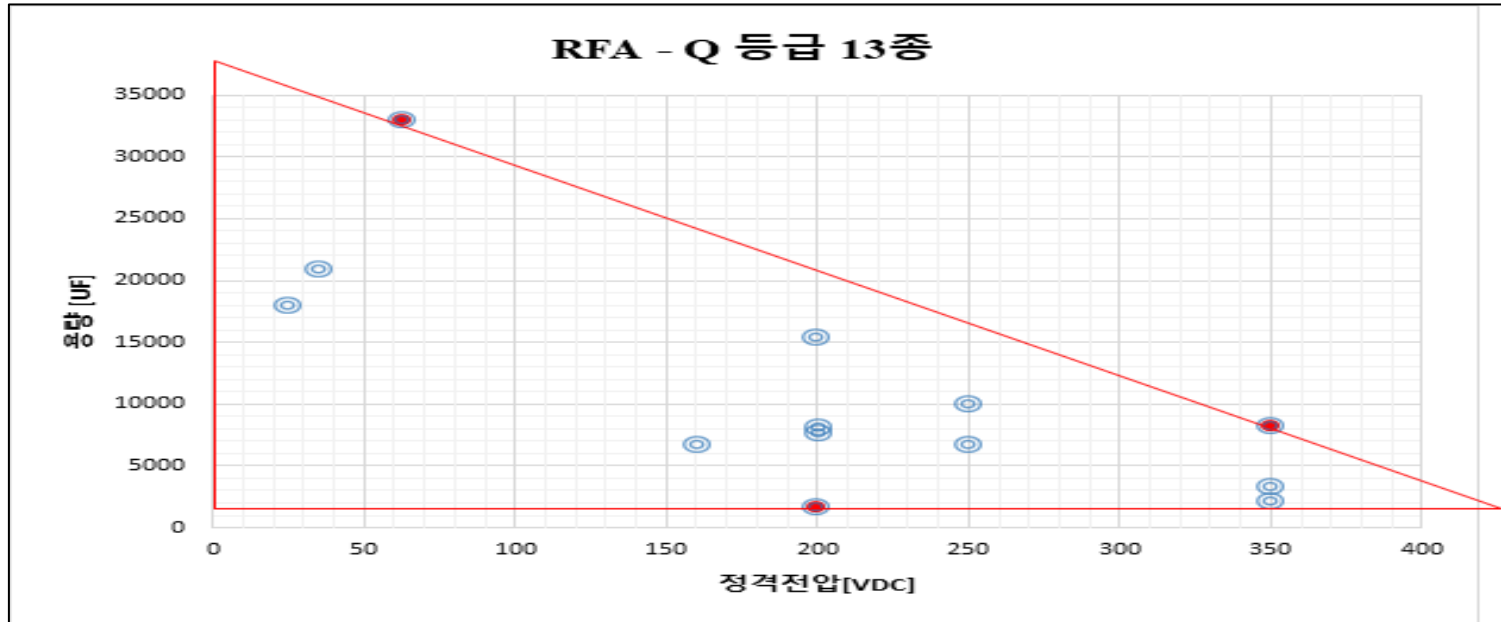
➤ 보증 수명시험

- ✓ 검증 대상품 선정
- ✓ 가속노화온도 선정
- ✓ 고장 판정 기준
 - 용량, DF, ESR, LC
- ✓ 시험 수량 선정
- ✓ 시험을 통한 수명보증

❖ 커패시터 그룹핑 및 시험시료(대상) 선정

Series 그룹핑	Series 수량	시료선정(대상)	시료선정 기준
RFA	19종	3종	<ul style="list-style-type: none"> · 각 Series 최소 1개 포함 · Max. 전압/장수명 · Max. 전압/최단수명 · Max. 정전용량/장수명 · Max. 정전용량/Min. 전압 · Min. 전하량(c) · 장수명 · 단수명
TFA	11종	3종	
TLC/TLL	11종(9+2)	3종(2+1)	
NXA/NXQ	12종(9+3)	3종(2+1)	
RGB	3종	1종	
PXB	1종	1종	
NBC	1종	1종	
NHA	1종	1종	
APA/AQA	2종(1+1)	2종(1+1)	
HRS	6종	2종	

❖ 시험시료 선정 및 수명검증 방법



RFA 시리즈 전압 및 용량 분포 (Q = CV)

➤ 수명시험 대상품 중 1종에 대해 가속수명 시험을 실시하여 고장데이터 및 활성화 에너지를 도출

✓ 이를 바탕으로 잔여 제품에 대한 보증수명 시험실시

❖ 수명 해석 (가속인자 – TEMP)

▪ 제조사 수명모델

Electrolyte	수명모델	비고
Liquid	$L_X = L_r \times 2^{\frac{T_0 - T_X}{10}}$	10 °C / 2배 법칙
Conductive Polymer	$L_X = L_r \times 10^{\frac{T_0 - T_X}{20}}$	20 °C / 10배 법칙

▪ Arrhenius 수명 모델

$$L_r = A \times e^{\frac{E_a}{kT_0}}$$

$$L_x = A \times e^{\frac{E_a}{kT_x}}$$

$$AF = L_x/L_r = e^{\frac{E_a}{k}(\frac{1}{T_x} - \frac{1}{T_0})}$$

✓ Ripple 전류 인가 시 온도 상승 고려(Liquid type)

$$L_X = L_r \times 2^{\frac{T_0 - T_X}{10}} \times 2^{\frac{\Delta T_0 - \Delta T}{5}}$$

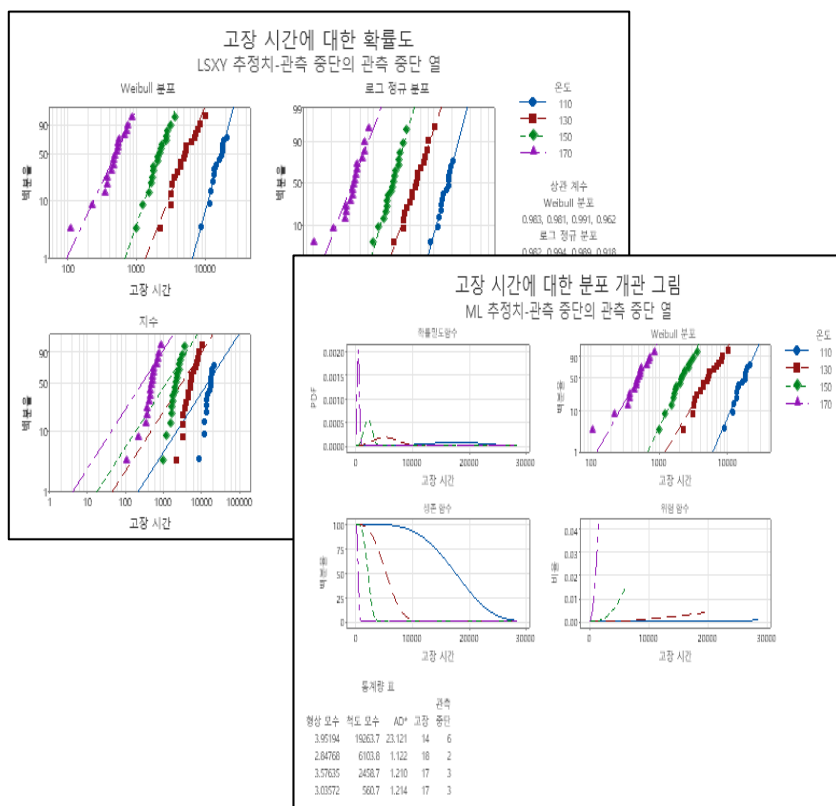
❖ 시험(가속 수명시험)

순번	절차	시험설계
1	고장 메커니즘 선정	알루미늄 전해 커패시터의 온도에 따른 주요 고장 메커니즘인 전해액 증발과 내부 압력에 의한 팽창 및 개방
2	가속 스트레스 선정	유리전이온도 및 설계온도에 따른 온도 범위에서 결정
3	가속 스트레스 수준 결정	- 온도 단일 조건일 경우 2 ~ 3 수준 이용 예) 105, 115, 125 °C or 125, 135, 145 °C ...
4	시험조건 결정	가속온도 스트레스 및 수준, 커패시터 고유 특성 건전성 기준 (정전용량, DF, 누설전류LC 등)
5	샘플 시료 배분	시험 온도 범위의 낮은 쪽에 시험품을 많이 분배하고 높은 온도에는 시험품이 상대적으로 적게 배치
6	가속수명시험	- 시험 시간 결정 : 일반적으로 1,000 (500) h 이상 (MIL-STD-883E) - 단속적 관측의 경우 초기에는 시간 간격을 좁게 하고, 시간이 지남에 따라 시간 간격을 넓게 정하거나 일정 구간 간격으로 관측 - 필요 시, 불연속적으로 시험을 중단 후 특성을 확인 - 초기 측정치에 대한 변화율을 기준으로 고장판정(필요 시, 용량 열화 추정) - LCR미터로 측정 시 정상범위 나타내어도 순간적으로 Overload를 지시하면 전해액 증발에 의한 수명말기 고장으로 판정
7	가속수명시험 분석	- 스트레스 수준 및 관측 구간별 고장 개수에 따른 수명 분석 - 가속성 성립 여부 확인
8	가속모델 추정	- 회귀분석에 따른 적합 분포 결정, 활성화 에너지 및 척도 모수 결정

❖ 시험(가속 수명시험)

➤ 수명분포 모형 가정 및 적합성 검정 [예시]

➤ 활성화 에너지 [예시]



회귀 분석 표

95.0% 정규 CI

예측 변수	계수	표준 오차	Z	P	하한	상한
절편	-15.1874	0.986180	-15.40	0.000	-17.1203	-13.2546
온도	0.830722	0.0350418	23.71	0.000	0.762042	0.899403
형상 모수	2.82462	0.256969			2.36332	3.37596

목표 수명 : 15년 (131,400hr)
정상사용온도 : 40 °C + α
가속시험온도 : ≥ 85 / 105 °C
신뢰수준(CL) : 95 %
활성화에너지 : 0.83 eV (예시)
분포 : Weibull, Log-normal

9. 검증수명 평가

❖ 시험(가속 수명시험)

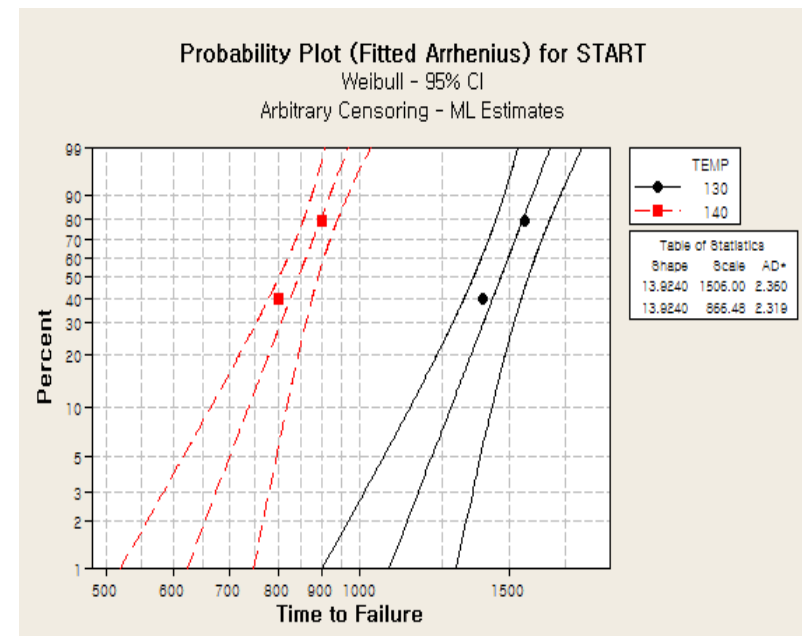
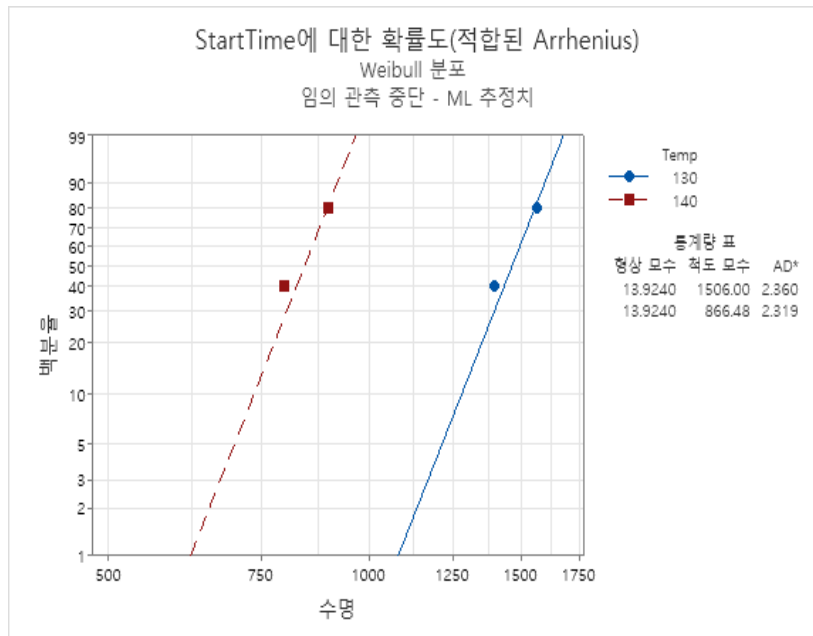
➤ 모수 분석 (신뢰수준 95% 구간)

관측 중단

관측 중단 정보	카운트
구간 관측 중단 값	15

회귀 분석 표

예측 변수	계수	표준 오차	Z	P	95.0% 정규 하한
절편	-15.5211	1.79768	-8.63	0.000	-18.4780
Temp	0.793419	0.0635230	12.49	0.000	0.688933
형상 모수	13.9240	3.51333			9.19424



❖ 시험(보증 수명시험)

➤ 동일 시리즈 가속수명 시험결과 활용하여, 보증수명 시험 설계 및 수행

수명평가척도	B10 / MTTF/MEDIAN
보증수명	131,400 h (15년)
신뢰수준	95 %
시험조건 (온도, 시간, 시험품 수)	85 / 105 °C 사용온도 범위 이상
	목표수명(15년) 및 신뢰수준(95%)에 해당하는 시험시간 및 시험품 수 계산
합격판정기준	c = 0 (보증수명 시험 시)

10. 향후 일정

❖ ~ 2023.10.6

- 내환경 검증 및 수명평가

❖ ~ 2023.12.31

- 목표 검증수명 및 교체주기 설정

❖ ~ 2024.1.31

- 커패시터 개발문서 형상관리
- SAP 자재마스터 생성
- 개발문서 오브젝트 링크
- 최종보고서 작성



[검증수명(예시)]

제작사	모델번호 및 정격	활성화 에너지(eV)	검증수명 (교체주기)
Aerovox	N60H601E27A1, 660VAC, 1μF Z50S3710M, 370VAC, 10μF	0.701	9Y
		0.817	15Y
CDE	HVDKAT13J578D, 1000VAC, 13μF SFA37T10K280B, 370VAC, 10μF	0.630	15Y
		0.820	
Electronic	E6ZL14-204G10, 300VAC, 200μF E6ZF81-253D10, 450VAC, 25μF	0.878	15Y
GE	A28F5501, 440VAC, 0.25μF A28F5502, 440VAC, 0.5μF A28F6616, 660VAC, 1μF Z7L6022, 660VAC, 25μF	0.722	15Y
		0.722	
		0.811	
		0.811	
뉴인텍(주)	RNV-37H500S, 370VAC, 50μF RNV-53M9205MB, 535VAC, 92μF	0.784	9Y
		0.722	15Y
KEMET	C44AFGR61100Z3U, 250VAC, 100μF C44AFGR6300Z0U, 400VAC, 300μF	0.702	10Y
CSI Capacitors	93G200TN, 250VAC, 200μF	시험 중	-

[자재마스터 및 형상관리(예시)]

자료[200539610] 상세 정보

자재 정보 조회 생산지 구분 : 국외

Y미터 본사: 업무지침서 (AGO)

상태 로그 분류 신규재상태조회 추가검토서 등록 관리등급분류 조회

자재 번호	200539610	자재내역	캐패시터, ALUMINUM ELECTROLYTIC CAP, 130mm±2, φ7
기본 정보	단위	EA	개별
	재질	S	전자장비 구성품
구분 규격 (PO TEXT)	재질	SPAR	캐패시터
	재질	I N C F6584	캐패시터
특성	캐패시터 타입	ALUMINUM ELECTROLYTIC CAP	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	130mm±2	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	φ7mm±1	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	350V	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	5μF	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	95℃	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	44	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	±20%	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	-25℃	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	±20%	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	±20%	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	6.300μF	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	NON NUCLEAR SAFETY RELATED	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	S등급	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	HI TACHI KOKI CO., LTD	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	ORIGINAL EQUIP. MANUFACTURER	
구분 규격 (PO TEXT)	용량	HS05FAV9821	

3B-01 구분 000 문서 버전 07

문서 구조

내역 관리데이터 원본

제품 통용성 평가

3) 승인완료 2020.07.31...

1190130 원 목적, 연차나어형일

적 지정소 편주 21... 4... 파일 이름

통용성 평가 지침 ZCAT_2017 마르블링1 (EPRF 통용성 평가 지침).2x

표준협회의_CRI ZCAT_2017 마르블링2_CGID 표준협회의_CRI.1x

Commercial Grade It..._ZCAT_2017 마르블링3_JUTG Commercial Grade

1(가형07)_계형이..._ZCAT_2017 표준지침-9023B-01(가형07)_계형이

11(가형07)_분류.pdf ZCAT_2017 표준지침-9023B-01(가형07)_분류.1

감사합니다.