군용 리튬 1차 전지에 대한 우선부품목록 제도 적용 연구

손윤준*, 조관준*
*국방기술품질원 품질기획실
e-mail: syj11030@dtaq.re.kr

A study on Preferred Part List for Military Primary Lithium Battery

Yoon-Jun Son*, Kwan-Jun Jo*,
*Quality planning department, Defense Agency for Technology and Quality

요 약

첨단 과학기술의 발달로 무기체계에 적용되는 기술들이 고성능 및 기능이 다양화되고, 새로운 부품의 적용 등 기술개발 속도가 점점 빨라지고 있다. 이런 환경은 무기체계 획득 방법 중 민간에서 기 검증된 기술을 군 무기체계에 적용한 후 성능 위주로만 확인하고, 전력화하는 사업에 많은 영향을 주고 있다. 물론 민간에서 기 검증된 성능을 군 무기체계에 적용하여 전력화 시기를 앞당기는 것은 현재 기술 발전 추세에 비추어 보면 적합한 사업 방향임은 부정할 수 없다. 다만, 여기서 자칫 간과할 수 있는 것이 바로 무기체계에 도입된 다양하고, 새로운 부품들에 대한 운영 및 표준화 관리 부분이다. 특히, 무전기 등 휴대용 장비에서 많이 사용되고, 단위 전지 취급에 있어 위험성이 많은 군용 리튬전지의 경우 개발되는 휴대용 장비마다 각각 다르게 개발되고 있어, 표준화 관리를 통해 군 장비 운용성 향상 및 관리 비용 절감,
다수의 부품 및 공급업체 확보 등이 필요하다. 본 연구에서는 군용 리튬전지에 대해 우선부품목록 제도를 적용하여 개발과정에서 불필요한 개발 소요를 줄이는 동시에 평시 혹은 전시에 장비 운용성 향상을 높이고자 한다.

1. 서론

최근 우크라이나 및 이스라엘 전쟁의 양상을 보게 되면 군 무기체계에 상용드론, 상용 위성통신망 등 민간의 첨단기술 활용이 주목받았고, 빠르게 변화하고 있음이 확인되었다. 군사 선진국은 전쟁의 패러다임 전환에 따라 무기체계 획득 프로세스를 재정립하고 있는데 대표적으로 미국의 경우 소요에서 전력화까지 5년내 완료하는 MTA(Middle Tier Acquisition) 사업을 확대하고 있다. 또한, 독일의 경우 미국의 신속획득제도를 벤치마킹하여 긴급, 신속 등의 무기체계 획득 유형을 재정립하였다. 우리나라의 경우도 신속소요 획득 제도를 도입하여 민간에서 기 검증된 첨단 및 최신 기술들을 군 무기체계에 적용하여 신속한 전력화를 위해 부단히 노력하고 있다[1].

무기체계에 첨단, 최신 및 다양한 기술들이 빠르게 적용될 경우 부품 측면에서는 사용 및 관리해야 할 부품이 다양해지고, 개발 속도가 빨라짐에 따라 부품 단종 주기 역시 짧아지게 된다. 심지어 개발기간 중 부품이 단종되는 경우도 있다.
따라서 이런 빠른 변화에 무기체계가 문제없이 운용되기 위해서는 부품 공급의 원활성이 필수적으로 수반되어야 한다.

군수품에서의 부품관리는 MIL-STD-3018에서와 같이 무기체계의 수명주기 전반에 걸쳐 가용성, 후속 군수지원, 부품 단종을 다루는 활동으로 정의하고 있다[2]. 그러나 신속한 개발 및 획득으로 군 무기체계 사업의 방향이 변화되면서 비용, 일정 및 성능에 초점이 맞추어지고, 부품 공급에 대한 관리는 우선순위에서 밀려나는 실정이다. 더욱이 군 무기체계에 민간에서 기 검증된 첨단 및 상용 기술의 활용 확대에따라 새로운 부품들에 대한 운영 및 표준화 관리의 필요성은증대되고 있다. 특히, 무전기 등 휴대용 장비에서 많이 사용되고, 단위 전지 취급에 있어 화재, 폭발 등 위험성이 많은 군용 리튬전지의 경우 개발되는 휴대용 장비마다 각각 다르게 개발 및 규격화 되고 있고, 장비 운용성 향상 및 관리 비용 절감, 다수의 공급업체 확보, 부품 단종에 따른 영향 최소화 등을 위해 전지에 대한 표준화 관리의 필요성이 제기되고 있다.

군용 리튬 1차 전지의 경우, 다른 전지와 다르게 불안정한 활물질을 포함하는 전지로 주의가 요구된다. 작년 모 업체에서 리튬전지 관련 화재가 발생한 것처럼 군용 리튬 1차 전지는 과방전에 따른 화재 및 폭발의 문제로 인해 안전장치가 요구되고, 사용 및 보관상의 주의도 요구된다[3].

군용 리튬 1차 전지와 같이 운용에 있어 위험성이 있는 장비 혹은 부품의 경우 설계단계부터 전력화 후 운용단계까지 안전

성 확보에 대한 연구를 많이하게 된다. 그러나 군용 리튬 1차 전지의 경우 장비에서 요구하는 전기적 성능을 충족하는 기 개발된 전지가 있음에도 다르게 개발하여 사용하고 있음이 다수 확인되었다. 군용 리튬 1차 전지를 사용하는 장비는 일반적으로 무전기 등 휴대용 장비에 많이 사용되는데 전시에는 그 사용성이 매우 높아지고, 최전방 병사에게는 주요 작전 수행을 위한 필수 장비가 된다. 그러나 이런 장비류의 사용을 위해 전원을 공급하는 전지의 형태가 현재와 같이 다룰경우 작전을 위해 취급해야 하는 전지를 종류별로 휴대 해야 하고, 보급 또한 원활하지 않게 된다. 즉 민간에서 사용되는 일반전지처럼 군용 리튬 1차 전지를 다른 장비에서도 호환하여 사용할 수 있게 되면, 전시 작전 수행의 효율성 향상과 이를 지원하는 보급 측면에서도 문제점이 해소되고, 평시에도 운용성이 편리해지고, 획득 및 유지비용 절감 등에 효과적일 것이다.

본 연구에서는 현재 군에서 사용되고 있는 군용 리튬 1차 전지의 종류와 사양을 분석, 이를 기반으로 상호 호환성, 장착 및 정비성 향상을 위한 전지 분류군을 구분하고자 한다. 이를 위해 우선 유사한 전원으로 많이 사용되는 전지를 우선 부품 목록형태로 개발자에게 제안하여 장비별로 제각각 개발되어 유사한 전지가 추가 개발됨으로 불필요하게 다품종화되지 않도록 하고자 한다.

2. 군용 리튬 1차 전지 특성, 개발 및 운영 형태

2.1 군용 리튬 1차 전지 특성

이동형 무전기나 일반적인 장비에서 전원을 공급하기 위해 군용 리튬 1차 전지가 사용되고 있다. 군용 리튬 1차 전지는 리튬을 음극으로, 양극은 유독성 전해액(염화황산액)을 사용하여 리튬과 염화황산액의 반응을 통해 고전압을 발생시키는 전지로, 다른 종류의 전지에 비해 단위 용량/무게, 크기 당 에너지 밀도가 높다. 또한, 재충전이 불가하여 1회 사용 후 폐기한다. 군용 리튬 1차 전지는 음극 활성 물질의 반응성이 크고, 높은 전압 특성을 갖는다. 그러나 불안정한 활성 물질을 포함하므로 사용에 있어 주의를 요하게된다. 군용 리튬전지는 사용하면 할수록 활성 물질 반응으로 전해액은 줄어들고 반응 가스가 생성되어 내부 압력이 높아지는 특성을 갖는다. 따라서 과방전이 발생하지 않도록 단위 리튬전지에는 폭방방지 회로가 요구되게 된다[3].

Figure 1.은 군용 리튬 1차 전지의 과방전에 의한 폭발 메커니즘을 나타낸 것이다.

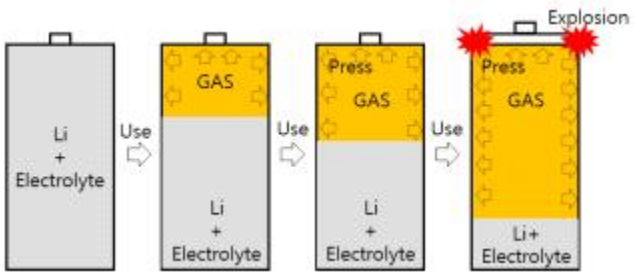

Figure 1. Explosion mechanism of Li/SOCl2 battery

2.2 군용 리튬 1차 전지 개발 및 운영 형태

소요군 측면에서 군용 리튬 1차 전지는 무전기 등 장비 운용에 있어 매우 중요하고, 자주 교환하는 부품으로 작전 수행을 위해서 필수적으로 관리하는 부품이다. 그러나 새로운 장비를 개발하는 개발자 측면에서는 단순히 전원을 공급하는 부품으로 그 중요성에 있어 다른 성능 요구사항 개발에 비해 우선순위에서 밀려나는 부품으로 취급된다. 따라서 개발 시 기술 및 설계 검토에서 후 순위로 밀려나 잔여 공간에 설치하는 것으로 설계되는 경우가 많다.

무기체계를 개발하는 과정에서 전지는 후 순위 검토 대상이므로 체계 장비에서 요구하는 무게, 크기, 전압, 용량 등에 따라 전지를 개발하게 된다. 따라서 전원 용량에 따라 셀(단위) 전지를 묶어 팩(집합) 전지를 만들고, 이를 하나의 부품으로 사용하도록 하고 있다. Figure 2.는 장비별로 사용되고 있는 군용 리튬 1차 전지의 모습이다. 사진과 같이 전지의 형상이 각 장비에 따라 모두 다르게 만들어져 사용되는 것을 볼 수 있다.

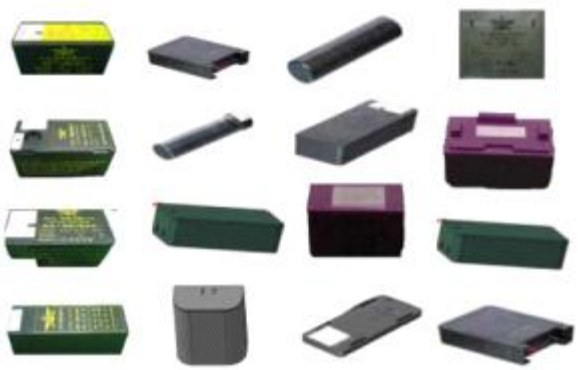

Figure 2. Photographs of Li/SOCl2 battery

일반적으로 민간에서 전지라고 하면, TV 리모컨에 사용되는 건전지와 같이 단위 전지를 사용 및 교체하는 것으로 생각한다. 또한, 건전지 구입의 접근성과 관리하는 측면에서도 어려운 부분은 없다. 그러나 군수품 측면에서는 수 개에서 수십 개의 전지를 각 군의 개별 부대에서 관리하는 것은 민간과는 차이가 있다. 각 장비별로 전지를 운영하는 군에서는 민간처럼 필요할 때 가게

에서 언제든지 구입해서 사용하는 시스템이 아니라 필요한 소요를 받아 소수의 생산업체로부터 납품을 받아 운용한다. 따라서 군수지원 측면에서 각 장비별로 사용하는 현 시스템에서는 전지의 종류가 다양하기 때문에 공급원을 충분히 확보하기는 어렵다. 또한, 평시 운영되는 장비의 사용 시간에 따라 편차가 발생하므로 장비에서 요구되는 수요량이 변하게 되면 수량의 확보가 제한된다. 더욱이, 전지의 최소 생산수량(MOQ)을 고려할 때 필요 이상의 전지를 확보해서 보관하게 되면 보관 및 관리 비용이 상승하고, 이를 고려하여 소량으로 구매하면 개별 단가가 올라가는 문제점이 발생된다. 공급원 확보 측면에서 전시의 경우, 각 장비별로 공급해야 하는 전지의 소요량이 급격히 증가하는데 비해 다양한 전지를 신속히 공급하기 위한 생산시설을 갖추는 것은 매우 어려워 군수지원 및 작전수행에 문제가
발생될 소지가 많다.

각 장비별로 여러 종류의 전지를 사용할 때 간과할 수 없는 사항이 전지별로 수량이 적은 전지를 개발하게 되고, 이것은 향후 신기술을 적용하여 측면에서 개발비용에 대한 경제성이 낮아 신기술 적용의 어려운 문제에 직면하게 된다. 결국, 소량으로 사용되는 전지는 신기술을 적용의 애로사항이 발생 되고, 성능개량 또한 적용하지 못해 개발 초기의 전지로 계속 사용되게 된다. 또한, 군용 리튬 1차 전지는 일회성 부품으로 샘플링을 통해 파괴시험을 수행하므로 양산시 품질관리의 일정 비용이 소요되는데 적은 수량의 전지를 양산하게 되면 이러한 품질관리의 비용도 상승하게 된다.

3. 우선부품목록(PPL) 제도

다양한 무기체계에서 여러 종류의 소모성 부품을 사용하는 것은 관리 및 운용적 측면에서 문제점을 갖는다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 부품관리(Part Management)의 개념을 적용 하여 효율적으로 부품을 관리한다. 부품관리는 부품 선정에 있어 응용, 표준화 기술, 시스템 신뢰성, 유지 보수성, 그리고 비용을 고려하고, 무기체계의 수명주기 전반에 걸친 가용성, 군수지원, 부품 단종과 같이 기존의 문제점을 다루는 활동을 의미한다. 부품관리 활동은 총수명주기 관점에서 총 소유비용의 절감 차원에서 이루어진다. 이러한 관점에서 총소유비용을 상승시키는 문제는 무기체계의 부품 단종 등에 기인하고, 이를 효과적으로 수행하기 위해 공용화가 가능한 부품을 선정하여 우선부품목록(PPL)을 작성하고, 이를 공유한다[2, 4].

우선부품목록의 우수한 사례를 보게되면 미국의 보잉, 유럽의 우주 부품 기구에서 비용 절감, 안정된 부품 수급을 위해 이를 목록화하여 공유하고 있다. 우선부품목록을 작성하여 활용 및 관리하는 경우, 하드웨어 조립업체가 부품을 선택할 때 유용하며, 사용되는 부품 유형이 줄어들어 조달개선 및 비용 절감 등이 가능해진다. 우선부품목록은 이를 활용하는 수요자의 범위가 확대되기 때문에 공급자 역시 많아지고, 공급 위험의 문제를 해결할 수 있다.

국내 민수 분야의 경우 비용 절감 및 단종관리 등을 위하여 자동차 분야에서 전자 부품에 대하여 우선부품목록을 공유한다. 국내 군수 분야의 경우에는 단종 문제로 인해 부품 및 공급망 관리 문제가 발생하고 있으며, 이를 해결하기 위해 개발되는 무기체계의 총수명주기 관점에서 부품 단종에 대한 관리가 이루어지고 있다. 다만, 국내의 경우 우선부품목록으로 부품을 선정 및 관리하는 것은 개발자에게 제한요소로 인식되어, 개발, 설계 등의 과정에서 국외와 같이 우선부품목록에 의한 부품을 선정 및 활용하는 것은 적용되지 않고 있다.

4. 군용 리튬 1차 전지 우선부품목록(PPL) 적용 방안

우선부품목록에 포함되는 부품의 선정 기준은 통상적으로 부품의 품질, 신뢰성, 가격 등 고려해야할 요소가 많고 복잡하다. 또한, 이해 당사자의 동의를 얻기 위해 객관성이 필요하고, 다양성이 보장되어야 한다. 현재 군에서 운용하고 있는 군용 리튬 1차 전지를 우선부품목록으로 적용하기 위해 앞서 언급한 모든 사항들을 포함하기에는 경우의 수가 너무 많기 때문에 성능적인 요구사항과 가격을 고려하여 최대한 단순하지만, 필수적인 요소로 전압, 전지용량, 생산량의 항목으로 구분하여 제안해본다. Figure 3.은 전지 종류별 사용전압의 분포를 나타내는데 사용전압이 동일한 전지들이 여러 개가 있는 것을 볼 수 있고, 그룹으로 묶을 경우 5개의 그룹으로 나눌 수 있어 전압만을 고려한다면 전지 종류를 축소할 수 있음을 알 수 있다.

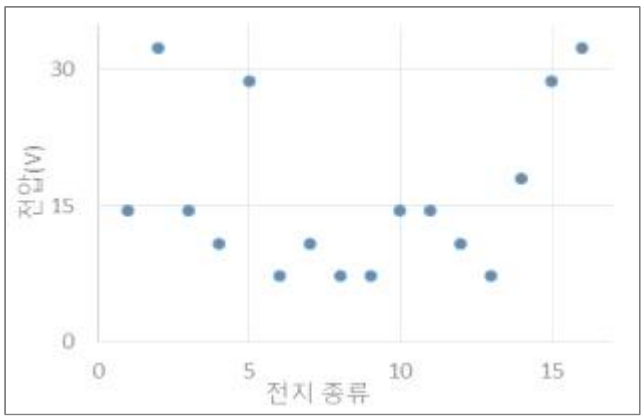

Figure 3. Battery Type and Voltage

Figure 4는 전지 종류별 전지 용량의 분포를 나타낸다. 전지 용량이 동일한 전지들이 여러 개가 있고, 그룹으로 묶을경우 크게 4개의 그룹으로 나눌 수 있어 전지 용량을 고려한다면 앞선 전압과 마찬가지로 전지 종류를 대폭 축소할 수 있음을 알 수 있다.

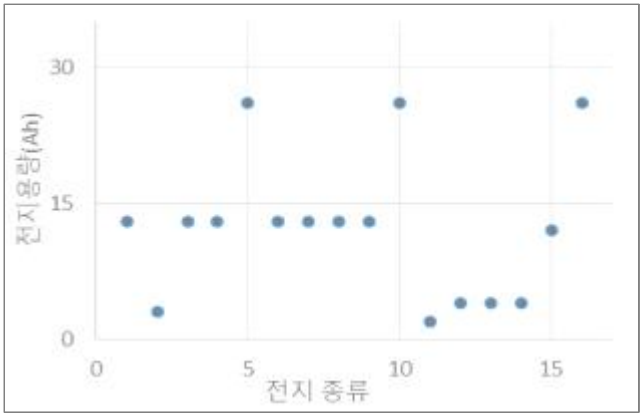

Figure 4. Battery Type and Ah

전압, 전지용량에 이어 Figure 5.는 전압과 전지용량에 생산량을 포함한 그림으로 원의 크기는 전지 종류별로 연간 생산능력을 나타낸 것이다. 현재 군에서 운용 중인 16개 전지 중 2개의 전지는 전압, 전지용량이 동일하지만 모양만 다르다. 그림에서는 전압과 전지용량이 동일한 전지에 대해서는 생산량을 중복으로 표현하였다.

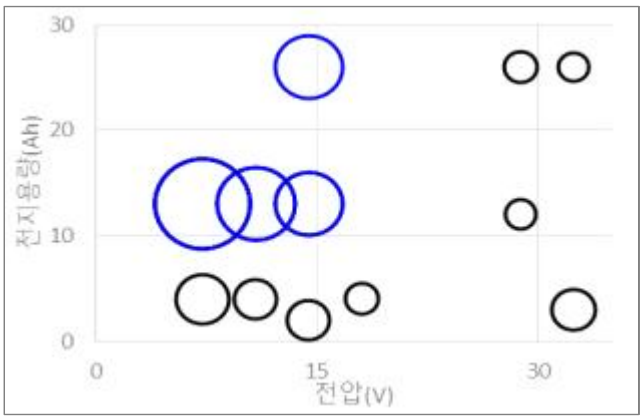

Figure 5. Specifications(Voltage, Ah) and Annual production by Battery Type

그림에서 보듯이 전지의 전압과 용량이 일정한 범위로 국한되어 있고, 특정 사양의 전지는 다른 사양의 전지에 비해 대량으로 생산 및 사용되고 있다. 따라서 동일 사양의 전지를 통합해서 활용하는 것이 가능함을 알 수 있다. 따라서 현재 개발되고 있는 전지의 경우, 동작 전원, 운용시간 및 공급업체 생산량을 고려한다면 Figure 5. 청색 원에 전지를 군용 리튬 1차 전지 우선부품목록으로 제안해본다. 앞서 다른 많은 조건들을 제외하고, 필수적인 전압 및 전지 용량과 수요가 뒷받침 될 수 있는 요소인 생산량을 추가해서 결과를 보게되면 청색 원에 해당되는 전지들이 생산량 측면에서 다른 사양의 전지에 비해 다수를 차지하기 때문이다.

5. 결언

본 연구는 군용 리튬전지의 운영 실태를 분석하였다. 군용 리튬전지는 안전성의 문제로 인하여 단위 전지로는 활용이 제한되며, 과방전 보호회로가 요구되는 전지이다. 개발과정에서 전지의 설계 우선순위가 후 순위로 밀려 전지 선정이 제한되어 각 장비별로 개별 전지 형태로 개발되는 문제를 갖고 있다.

장비별로 전지를 개발하여 운영하는 것은 전지의 운영 및 관리 측면에서 많은 단점을 갖는다. 리튬전지는 특성상 단위 전지로의 활용이 제한되므로 집합 전지로 운용해야 한다. 그러므로 본 연구에서는 현재 리튬전지의 전압, 용량, 생산량을 고려하여 우선부품목록을 제시하였다. 본 연구를 통하여 전지에 대한 평시와 전시의 운용성을 높이고 개발에서 불필요한 전지 개발을 줄일 수 있을 것이다.

향후 군용 리튬 1차 전지 이외의 모든 전지에 대한 분석을 통해 전지의 종수를 축소하여, 일정 이상의 생산량을 갖고, 휴대용 장비간의 교환성을 갖도록 하는 우선부품목록에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

1. Kwan-Jun, Jo, Hee-hyeon Hong, Yo-Han Kang, Won-Bum Seo, "Study on quality control process for rapid R&D acquisition", Journal of Defense Quality Society, vol. 6, No 2, pp 24-31, 2024.12.
2. Jaebok Yoon, Siok Kim, Jinkyu Moon, Sungmin Hong, Hojung Lim, Sanghan Kim, “Proposing a Preferred Parts List and Developing a Search System for Common Parts”, Jounral korean Soc Qual Manag, Vol 48, No.4 567-580, 2020.12.
3. Seong Gi Youn, Yu Seup cho, “Safety Improvement of military primary lithium batterries by new protection circuit for low current system”, Jouranal korean inst. electr. electron. mater. eng. Vol.32, No. 3, pp256-261, 2019.3.
4. Hyun-woo Jung, Bo-hyun Shin, “DMSMS management survey and analysis method”, Journal of the korea academia-industrial cooperation society“, vol 21, No 5, pp. 257-265, 2020