

# 견마로봇의 전력제어 및 최적 운용에 대한 연구

## Study on Power Control and Optimal Management for Dog-Horse Robot

강 태 하\*      허 진 옥\*      김 준\*      강 신 천\*

Tae-Ha Kang      Jinwook Huh      Jun Kim      Sin-Cheon Kang

Recently, unmanned electric vehicles are increasingly interested among all of the world since they can provide low exhaust gas, high efficiency and high mobility. To exploit their silent maneuver and high mobility, unmanned electric vehicles have been developed since early 1980's for military. However, it is not easy to design and control a power system satisfying operating duration and mobility performance requirements based on various mission profiles for military use under the conditions of limited space and weight. Moreover it is also necessary to prevent over-charge, over-discharge and voltage unbalance between cells of battery to secure high voltage battery which is serially connected with muti-cells.

In this paper, we presents power control and optimal management method for the dog-horse robot which adopts a electric power system and suggests a guide-line to manage and control to secure high voltage battery.

Keywords : Dog-Horse Robot(견마로봇), Power Control(전력제어), Battery Management and Control(배터리 관리/제어)

### 1. 서 론

견마로봇은 감시경계를 주목적으로 개발되고 있는 민군겸용 다목적 로봇으로서 감시경계의 특성상 장시간의 무성경계 운용이 필수적으로 요구된다. 이러한 요구조건을 만족하기 위한 방법으로는 연료전지를 사용하거나, 운용시간을 충족할 수 있는 용량의 2차 전지(배터리)를 탑재하면 가능하다. 그렇지만 연료전지에 대한 연구는 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있으나 아직 개발이 완료되어 적용할 수 있는 단계까지는 이르지 못하고 있으며<sup>[1,2]</sup>, 2차 전지의 경우에도 아직은 로봇의 중량 요구조건을 충족시킬 수 정도로 에너지

밀도가 높지 않다. 따라서, 무성기동을 통한 스텔스 기능을 만족하고, 제한된 중량 조건에서 운용시간을 충족시킬 수 있는 전력제어 및 운용 방안에 대해 미국 등의 선진국에서는 80년대 초반부터 연구가 진행되어 왔다. 현재는 무인 기동차량의 운용 요구조건에 적합한 전력제어장치를 개발 중에 있으며, 미국의 FCS (Future Combat System) 차량에 적용하고 있다. 국내에서도 군사적 목적의 차량에 대한 연구를 시작하였으며 국방과학연구소에서 처음으로 무인차량인 견마로봇에 적합한 전력제어 및 운용 개념을 도입하였다<sup>[3,4]</sup>.

공간 및 중량의 제약이 있는 상태에서 군사적 목적의 유·무인 차량이 다양한 임무 시나리오 기반의 운용시간을 만족하기 위해서는 통합 전력관리와 최적의 운용체계의 설계가 필요하다. 또한, 화재 발생 위험성이 있는 고전압 배터리를 안전하게 운용하기 위해서는 여러 가지 요소들이 고려되어야 한다. 첫째, 임무

† 2010년 3월 19일 접수~2010년 5월 27일 게재승인

\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 강태하(thkang@add.re.kr)

의 유형에 따라 가변되는 부하의 특성에 따라 소요되는 전력을 최적으로 생성하는 것이 필요하다. 둘째, 임무장비를 탑재한 전마로봇은 주행시에만 전력의 수요가 필요할 뿐만 아니라 다양한 임무장비에도 전력이 소요되기 때문에 엔진/발전기에서 생성된 전력으로 로봇 운용 및 배터리 충전/방전을 위한 통합 전력제어 기술이 필요하다. 셋째, 다중 셀이 직렬로 연결된 고전압 배터리의 안전성을 확보하기 위해서는 배터리 과충전, 과방전 및 셀간 전압 불균형 방지 설계가 필요하다<sup>4,5)</sup>.

본 논문에서는 무인차량에 적합한 전력제어 및 운용개념을 군사용 무인차량에 적용하면서 연구된 부하 가변 특성에 기반한 전력 생성 최적화, 임무 유형에 따른 최적 에너지 운용 및 고전압 배터리 관리/제어 기술에 대해 논하고자 한다.

## 2. 가변 부하 특성에 기반한 전력 생성 최적화

### 가. 무인차량의 전력시스템 구성

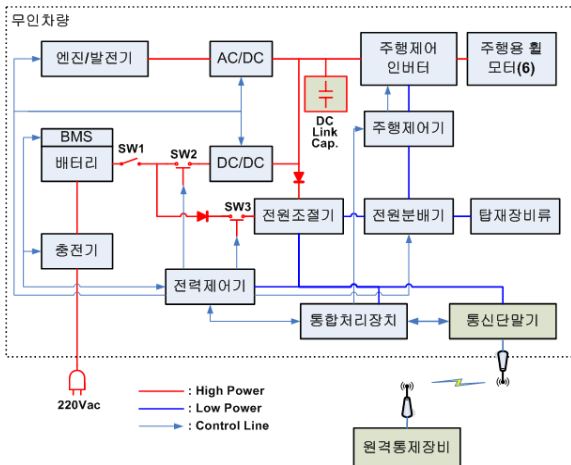


Fig. 1. 무인차량의 전력시스템

본 논문에 적용된 무인차량의 전력시스템의 구성은 Fig. 1과 같다. 무인차량을 운용하기 위한 전력 공급은 세 가지 방법으로 수행이 가능한데, 엔진 측에 연결된 발전기로부터 교류전원을 공급받아 이를 전력변환 처리(AC/DC)하여 고전압 전력을 공급하는 방법, 배터리의 전원을 전력변환 처리(DC/DC)하여 고전압 전력을 공급하는 방법 및 두가지 방법을 병행하여 공급

하는 방법이 가능하다. 무인차량의 전원은 고전압과 저전압으로 두 가지를 사용하는데, 고전압은 무인차량의 주행을 위한 휠 모터 또는 필요시 현수장치 가변압 구동용 전원으로 사용하고, 저전압은 탑재된 구성품의 전원 공급 및 임무장비 구동용 전원으로 사용한다.

### 나. 운용 모드에 따른 전력생성 최적화

임무의 유형에 의해 가변되는 부하 특성에 따라 소요되는 전력을 생성/공급하기 위해 Fig. 2와 같은 엔진/발전기 특성 시험 결과를 활용하였다. 엔진/발전기에서 전력발생 모드를 로봇 주행 모드와 배터리 충전 모드로 구분하여 선정된 모드에 따라 효율적으로 전력의 발생이 가능하도록 하였다. 이와 같이 엔진/발전기 운용 모드를 2단계로 구분하여 설계하고 운용 제어를 수행함으로써, 엔진/발전기의 전력 발생 효율을 극대화하는 효과 및 배터리의 충전 SOC(State Of Charge)를 일정수준 유지하고, 충전 SOC 변화량을 최소화하여 배터리의 사용 기간을 증대시켜 주는 효과를 얻을 수 있었다. 또한 배터리의 충전 SOC를 일정 수준으로 유지토록 함으로서, 부가적인 효과로 운용시험 이후 배터리의 셀전압 밸런싱을 자동적으로 수행하는 상태를 제공함과 동시에 외부충전기를 통한 충전시간을 줄여주는 효과를 얻을 수 있었다.

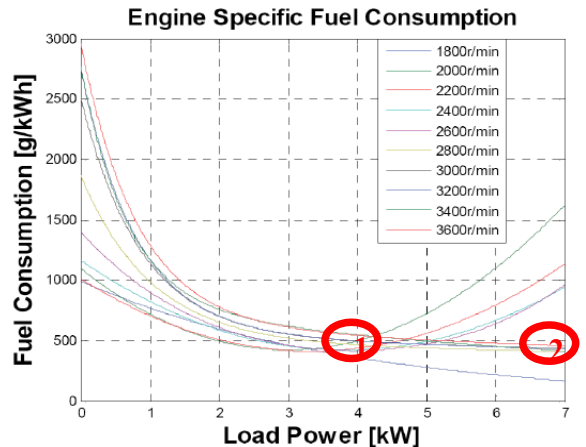


Fig. 2. 엔진/발전기 특성 시험 결과

### 다. 구성요소 제어

엔진 속도제어, DC Link 전압제어 및 배터리 전력 제어 등 전력시스템의 각 구성 요소의 제어 방법에 대해 설명한다<sup>3)</sup>. 첫째, 엔진 속도를 가변하는 부하조

건에 대하여 연료소비를 최소화할 수 있도록 제어함으로써 엔진이 최적 운전점에서 동작되도록 한다. 엔진속도는 엔진의 쓰로를 밸브를 직접 구동하여 제어하였다. 둘째, 엔진/발전기와 배터리의 입출력 전력을 독립적으로 제어하기 위해서는 DC Link 전압을 일정 범위 이내로 유지시키는 것이 필요한데 본 연구에서는 빈번한 충/방전에 의해 배터리의 수명을 단축시키는 것을 방지하기 위하여 엔진/발전기와 전류제어가 가능한 PWM 정류기를 이용하여 DC Link 전압을 제어한다. 마지막으로, 배터리는 차량 기동을 위한 최대 전력을 공급하고 감속시에는 회생에너지로 저장하는데 양방향 DC-DC 컨버터를 이용하여 배터리 충방전을 제어한다.

### 3. 최적 전원 분배 및 에너지 운용

공간 및 중량의 제약이 있는 무인차량에 탑재된 엔진/발전기 및 배터리로부터 생성된 에너지로 시나리오 기반의 운용시간을 만족하기 위해서는 무인차량의 임무 유형에 따라 소요되는 탑재장비에 전원을 분배하는 통합 전력관리 및 최적의 에너지 운용체계의 설계가 필요하다. Fig. 3은 전력시스템 세부 구성도를 나타낸다.

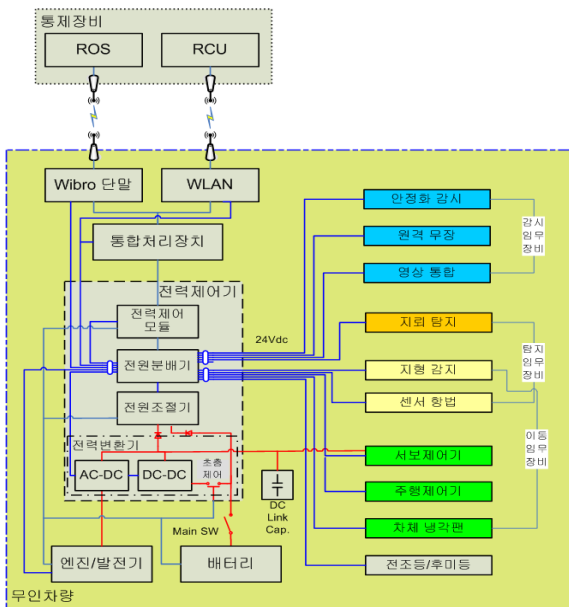


Fig. 3. 전력 시스템 세부 구성도

일반적으로 무인차량에 탑재되는 전력원은 허용되는 장착 공간에 따라 차이가 있을 수 있으나, 현재 수준의 기술로는 제한된 용량의 전력 공급원이 탑재될 수 밖에 없다. 탑재된 전력 공급원을 활용하여 임무를 수행함에 있어서, 고속 이동에는 엔진/발전기와 배터리를 사용한 전력을 필요로 하지만, 무성으로 저속 이동, 감시 및 지뢰탐지 임무를 수행하는 경우에는 배터리 전력만을 사용해야 하는 경우도 발생한다. 이와 같은 운용 환경에서, 무인차량에 할당된 임무를 성공적으로 완수하려면 제한된 전력 공급원을 효율적으로 이용하는 방법이 필수적으로 요구되는 실정이다.

임무 유형에 따른 무선기반의 전원 분배장치는 무인차량에 장착된 10종 이상의 탑재품에 대하여 선택된 임무유형에 따라 필요한 탑재품에만 전원을 공급한다. 이를 위해 Fig. 4와 같이 최적 에너지 운용을 위한 운용모드를 설정하고, Fig. 5와 같이 마스터/슬레이브 모드로 전원분배 기법을 적용하였다. 이 기법은 운용자가 개별 탑재품의 전원 공급을 결정하는 방식이 아닌 임무 유형 선정에 따라 자동적으로 운용에 해당되는 탑재품에만 전력을 공급하고, 기타의 장비에는 전원을 OFF하여 불필요한 전력낭비를 방지하는 기법으로, 운용자의 편리성과 에너지 효율성을 증대시킨 통합 전력관리 및 최적의 에너지 운용이 가능하다.

전력운용 모드 설계로, Fig. 4에서 무인차량의 임무를 이동, 감시, 지뢰탐지 및 대기로 구분하고 각 임무별로 대기과 파킹을 포함시켰다. 여기서 무장의 임무는 감시장치와 상호 연계되어 임무를 수행하는 경우가 많으므로, 감시 임무에 포함하여 수행하도록 설정하였다. 또한 대기 임무는 각 임무에 포함되어 있는 대기 및 파킹 관련 세부 임무를 이중으로 모아 임무선택에 용이성을 제공하였다. 대기 모드는 탑재장비에 전원이 공급되어 초기화를 수행하고 제어를 수행하지 않는 절전모드로 설정하였고, 파킹 모드는 탑재장비를 초기위치로 이동한 후 전원을 OFF 상태로 전환하는 모드로 설정하였다.

Fig. 4에서 선택되는 임무의 유형에 따라 단일 임무만 수행되는 마스터 방식 또는 선택된 임무와 연계된 임무가 추가적으로 수행되는 마스터/슬레이브 방식의 임무를 수행하게 된다.

먼저 마스터와 슬레이브 방식의 임무 유형에 대한 개념을 정의한다. 운용자가 직접 선택하는 임무가 다른 임무와 연계성 없이 단독으로 수행되는 임무 수행 방식을 마스터 방식의 임무로 정의하였고, 운용자가

선택한 임무의 세부사항에 따라 연계된 다른 임무의 세부 운용사항이 결정되어야 하는 임무를 슬레이브 방식의 임무로 정의하였다. 상기에서 제시된 임무는 동일 임무라 할지라도 선택에 따라 마스터 방식으로 또는 슬레이브 방식으로 운용될 수 있다. 예를 들면, 이동 모드를 마스터 방식으로 선택하면, 다른 임무와 연계성이 없이 단독으로 수행이 가능한 마스터 방식으로 수행되는 임무이다. 그러나 지뢰탐지 모드를 마스터 방식으로 선택하면, 지뢰탐지의 세부임무 선택에 따라 부가적으로 이동 모드의 세부 임무가 슬레이브 방식으로 연계되어 결정되어야 지뢰탐지 임무를 원활하게 수행할 수 있으므로 이때의 이동 모드는 슬레이브 방식의 임무이다.

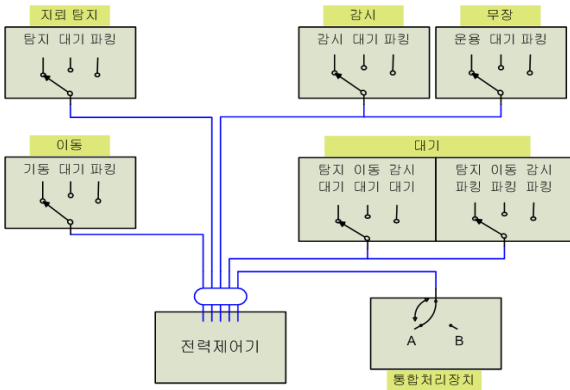


Fig. 4. 전력 운용 모드

Fig. 5는 Fig. 4에서 제시된 임무를 마스터 방식으로 선택함에 따라 선택된 임무 수행에 전원 공급이 필요한 탑재 장비별로 마스터 방식 또는 마스터/슬레이브 방식으로 전원 분배를 설명하기 위하여 마스터 방식을 선별하여 제시한 내용으로서 이동 임무에 포함된 유·무성은 엔진/발전기의 ON/OFF를 의미하고, 감시 임무에 포함된 이동·고정은 무인차량을 이동 또는 정지 상태에서 감시를 수행함을 결정한다. “○” 심벌은 해당되는 탑재장비의 전원을 ON 처리한다는 의미이고, “X” 심벌은 해당되는 탑재장비의 전원을 OFF 처리한다는 의미이며, “⊗” 심벌은 슬레이브 방식의 세부임무가 결정됨에 따라 해당되는 탑재장비의 전원이 ON 또는 OFF 처리가 될 수 있다는 의미이다. 여기서 “○/⊗” 표시를 설명하면, ○는 마스터 방식의 임무의 세부임무 선택에 따라서 결정되는 전원 분배이고, ⊗는 마스터 방식의 임무의 세부임무 선택에 따

임무 유형	탑재 장비	엔진/발전기	냉각팬	주행 + 서보	지형감지	영상통합	감시장치	원격무장	지뢰탐지	전조/후미등	센서항법	통신단말기	비고
		○/⊗	○/⊗	○/⊗	○/⊗	○/⊗	○/⊗	○/⊗	○/⊗	○/⊗	○/⊗	○/⊗	
이동	유성	○/○	○/○	○/○	○/⊗	○/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/⊗	①
	무성	X/X	X/⊗	○/○	○/⊗	○/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/⊗	②
감시	이동	○/⊗	○/⊗	○/○	○/⊗	○/○	○/⊗	○/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/⊗	③
	고정	X/X	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/○	○/⊗	X/⊗	X/⊗	○/⊗	○/⊗	④
지뢰탐지	유성	○/⊗	○/○	○/○	○/○	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	X/⊗	○/○	○/⊗	⑤
	무성	X/⊗	X/⊗	○/○	○/○	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	X/⊗	○/○	○/⊗	⑥
대기	이동 대기	○/⊗	○/⊗	○/○	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/⊗	⑦
	감시 대기	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/○	X/⊗	X/⊗	○/○	○/⊗	⑧
	탐지 대기	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	X/⊗	○/○	○/⊗	⑨
	이동 파킹	X/X	X/⊗	X/X	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/⊗	⑩
	감시 파킹	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/⊗	⑪
	탐지 파킹	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	X/⊗	○/○	○/⊗	⑫

※ ○ : Power ON, X : Power OFF, ⊗ : ON or OFF

Fig. 5. 임무유형에 따른 탑재품의 전원 분배/처리

라 슬레이브 방식의 세부임무가 결정됨에 따라 자동적으로 결정이 수반되는 전원 분배방식이다.

#### 4. 고전압 배터리 관리/제어

##### 가. 배터리 안전설계

배터리의 보호는 수동적 보호와 능동적인 보호로 단계적으로 수행하고 있다. 먼저 수동적 배터리 보호 장치 설계 개념을 살펴본다.

첫째로 배터리의 셀은 전기적 성능을 구현하는 활물질, 단락 방지 역할과 리튬 이온 이동 경로인 분리막, 전해질 및 외장재로 구성되며, 리튬을 저장하고 있는 활물질과 단락을 방지하는 분리막 설계가 핵심으로, 분리막 뚫림으로 인하여 저장된 에너지가 급격하게 빠져나가는 과정을 거치기 때문에 분리막의 내열 특성 및 기계적 특성을 강화시켜 주는 설계를 적용하여 배터리의 오남용 환경에서도 셀의 단락 방지를 유지하는 것이 셀의 안전설계 목표이다.

둘째는 팩 단위의 설계는 기구적인 설계로, 과충전에 따른 안전성을 확보하기 위하여 파우치(Pouch) 타입의 배터리 특성을 활용하여 과충전 시 단선을 유도하는 설계 개념 적용으로 전류 흐름의 경로 차단이 팩의 안전설계 목표이다.

다음은 능동적 배터리 보호 장치 설계 개념으로, 제어를 통한 안전성의 지속적인 확보이다. 이 제어기(BMS : Battery Management System)는 차량에서의 배터리 전압, 전류, 온도 감지를 통해 배터리 시스템의 충전상태, 가용출력, 냉각제어, 전압 밸런싱을 통한 셀 관리, 이상 진단 시 릴레이 제어로 전원을 차단하는 설계가 안전성 확보 목표이다<sup>6)</sup>. 전원 차단은 고전압 릴레이를 적용하여 주차 중에는 배터리 전원과 차체를 절연하며, 운행 중에도 안전상의 문제 발생 시 릴레이를 개방하여 과충전 및 과방전을 방지한다.

마지막으로 시스템 운용 측면의 보호 장치를 통한 안전성 확보이다. 시스템 운용 측면의 보호 장치는 적용 대상에 따라 다소의 차이를 가질 수 있으므로, 본 연구의 대상인 무인차량에 대한 시스템 운용 측면의 보호 장치를 언급한다. 본 연구에서는 배터리 소손을 사전에 예방하기 위하여 무인차량 운용자용 제어 콘솔에 배터리의 상태 및 이상 징후를 표시하는 1단계 경고 메시지 제공과 운용자가 경고의 원인을 해소하지 않고 운용할 경우에 2단계로서 배터리를 보호하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 설계를 구현하였다. 안전성 확보를 위한 하드웨어 설계는 릴레이(SW1, SW2)를 추가하였고, 소프트웨어의 설계는 BMS로부터 전달되는 배터리 정보를 전력제어기에서 상시 점검하여 설정된 전압 범위를 초과 시 릴레이를 단선하여 배터리를 보호하는 것이다.

나. 과충전 방지 설계

무인차량에 장착된 배터리의 충전은 2장에서 설명한 바와 같이 세 가지 방법이 있다. 여기서 엔진/발전기

를 통한 충전과 회생 전력을 저장하는 충전에서는 전력제어기가 배터리 과충전 방지를 위한 단선 처리를 담당하고, 외부충전기를 통한 충전의 경우에는 과충전 방지를 위한 단선 처리를 외부충전기에서 담당하게 된다. 과충전 상태에 대한 판단은 BMS로부터 CAN 통신을 통하여 수신되는 배터리 정보(전압, 전류 및 온도 등)를 활용하여 단선 여부를 결정하게 된다.

엔진/발전기를 이용한 배터리 충전은 전력제어기에서 일정전류-일정전압 모드로 0.5C 이하의 충전전류 범위내에서 수행하는데, 과충전 방지를 위한 보호 처리는 BMS로부터 CAN 통신으로 입력받은 배터리의 각 셀과 터미널 전압의 상한치를 활용하는 이중의 보호 처리 루틴을 구현하였다. 회생 전력을 전력 변환하여 배터리에 저장하는 충전에서도 엔진/발전기를 통한 충전에서 사용하는 동일한 배터리 과충전 방지 처리 루틴을 사용하였다.

외부충전기와 배터리와의 연결은 전원라인과 CAN 통신 라인으로 이루어져 있고, 과충전 방지를 위한 보호 처리는 외부충전기에 설정된 파라미터 값을 기준으로 수행된다.

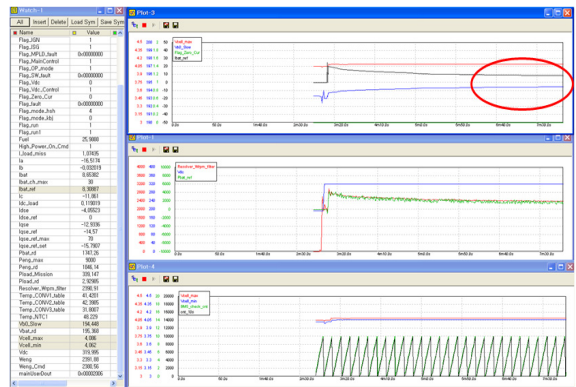


Fig. 6. 과충전 방지 기능 확인 시험

다. 과방전 방지 설계

무인차량에서 운용되는 전원은 고전압과 저전압으로 구분되며, 고전압 전원은 주행용 휠모터 구동을 위한 전원이고, 저전압 전원은 탑재장비의 제어와 임무장비의 구동을 위한 전원이다. 고전압 전원은 전력원의 공급전력을 전력변환(DC/DC)하여 생성하고, 저전압 전원은 전력원의 공급전력을 전원조절기에서 변환하여 생성한다. 이와 같은 환경에서 배터리에 대한 과방전 방지 처리는 고전압 전원과 저전압 전원을 모두 차단하

여야 가능하다. 무인차량에서 전력계통의 관리 및 통제는 전력제어기에서 담당하고 있으므로 배터리 보호 처리도 전력제어기에서 관리하도록 설계하였다.

배터리 과방전 방지 설계는 2단계로 설계되어 있다. 1단계는 운용자의 통제장치 콘솔에 배터리 방전 상태에 따른 경고 메시지를 3차에 걸쳐서 제공하는 것이고, 2단계는 운용자가 경고 메시지에서 요구하는 복구 조치를 수행하지 않을 경우에 최종적으로 배터리 과방전 방지를 위하여 고전압 전원과 저전압 전원을 차단하는 설계로 이루어져 있다.

#### 라. 배터리 전압 불균형 방지

일반적으로 배터리의 특성상 화학적인 에너지와 전기적인 에너지의 상호간 변환시 발생하는 비선형적인 특성으로 인해 다수 셀이 동일한 용량을 가질 수 없다. 따라서 다중 셀의 충·방전 운용에서 셀 간 미세한 전압 불균형이 발생하고 누적된다. 전압 불균형은 충전 시 전압이 낮은 셀에 무리한 충전이 가해져 셀의 용량이 급격히 저하되는 현상과 함께 노화현상을 촉진시키는 원인이 되어 셀의 실제 용량 및 사용시간이 줄어드는 결과를 가져오게 된다<sup>17,8)</sup>. 여기서 전압 불균형 현상이 발생하는 원인은 다음과 같다.

- 개별 셀 화합물의 미소 변동
- 초기 충전량의 차이
- 방전을 및 방전 사이클의 차이
- 시스템에서의 전력손실
- 시스템에서 배터리의 위치에 따른 온도의 영향

전압 불균형을 최소한으로 유지하는 방안은 배터리 운용 지침을 준수하여 충·방전을 수행하여야 한다. 즉, 무인차량을 운용한 이후 1일 이상 운용하지 않을 경우에, 배터리 충전량이 일정 수준이상 유지되도록 충전을 완료하고 Main Switch를 OFF 하여야 한다. 여기서 제시한 배터리 충전량 기준은 배터리에 장착된 BMS에서 셀간 전압을 밸런싱 하도록 설정한 조건이다.

## 5. 결론

본 논문에서는 공간 및 중량의 제약이 있는 상태에서 전력제어장치를 군사적 목적의 유무인 차량에 적용하여 다양한 임무 시나리오 기반의 운용시간을 만족시키는데 필요한 통합 전력제어 및 최적 에너지 운용 방

법을 제시하였다. 또한, 다중 셀이 직렬로 연결된 고전압 배터리의 안전성을 확보하기 위한 과충전, 과방전 및 셀간 전압 불균형 방지 방법과 운용방안을 제안하였다.

## 후 기

본 연구는 방위사업청/민군겸용기술센터/지식경제부의 민군 겸용 기술개발 사업의 일환으로 수행되었음. [06-DU-LC-01, 네트워크 기반 다목적 견마형 로봇 기술 개발]

## Reference

- [1] K Ehlers, H-D Hartmann and E Meissner, "42 V-an Indication for Changing Requirements on the Vehicle Electrical System", Journal of Power Sources, pp. 43 ~57, 2001.
- [2] T. Halvorson, R. Victor, P. J. Farris, "Onsite Hydrogen Generator for Vehicle Refueling Application", Proceedings of the 1997 World Car Conference, Riverside, CA, pp. 19~22, January 1997.
- [3] 김상민, 박용호, 설승기, 유현재, 강태하, "직렬형 하이브리드 차량의 연비 최적화를 위한 전력흐름 제어기법", 한국군사과학기술학회 종합학술대회, pp. 1929~1935, 2009.
- [4] 강태하, 김준, 김상민, 한승훈, "배터리의 과충전/과방전 방지 설계에 대한 연구", 제17회 지상무기 학술대회, 2009.
- [5] 박진호, 이기상, "하이브리드 자동차용 리튬이온폴리머 배터리 시스템의 안전성 확보", Auto Journal, pp. 44~48, Feb., 2009.
- [6] 남종하, "이차전지용 배터리 관리시스템", 전력전자학회 학술대회지, pp. 94~96, 2008.
- [7] Yao C. Hsieh, Chin S. Moo, I S. Tsai, "Balance Charging Circuit for Charge Equalization", IEEE PCC-Osaka, pp. 1138~1143, 2002.
- [8] Stephen W. Moore, Peter J. Schneider, "A Review of Cell Equalization Methods for Litium Ion and Litium Polymer Battery Systems", Society of Automatic Engineers, 2001.