

수중무기 훈련탄의 정비성 향상방안 연구

A Study on Maintainability Improvement for Underwater Weapon Training Vehicle

정진섭*

Jinseob Jeong

ABSTRACT

In this paper, we have proposed novel technique to improve maintainability for training vehicle of underwater weapon system. In case of under water weapon, the fire procedure is related with operation of expulsion system in submarines. So the submarine crews should practice the complex fire procedure of weapon system by using training vehicle, which is safer and cheaper than operational weapon. After emitted from submarine, the training vehicle rise to the surface and should be withdrawn from the sea. The recovered training vehicle is transported to maintenance depot and pass through the recycling procedure including disassembling the vehicle, data acquisition & analysis, battery charge, replacing expandable components, testing the captive equipment, and assembling the vehicle. The disassembling & assembling of training vehicle which is composed of watertight section or airframe, is time-consuming work. So in this paper, we have studied the elements of recycling procedure and propose the method to exclude the assembling & disassembling work for maintainability improvement.

Keywords : Under Water Weapon(수중무기), Submarines(수중함), Torpedo(어뢰), Training Vehicle(훈련탄), Maintainability(정비성)

1. 서론

수중함은 어뢰를 비롯하여 대함미사일, 순항미사일 등 다양한 무기체계를 운용할 수 있다^{1,6)}. 이러한 수중함에서 운용되는 무기체계는 수중함과 연동되는 복잡한 사출/발사 시스템과 연계하여 운용된다. 따라서

수중무기는 운용과정 습득을 위하여 반복적인 훈련이 필요한 무기체계이다. 한편, 수중함은 건조 후 함정인도에 이르기까지 FAT(Factory Acceptance Test), HAT(Harbor Acceptance Test), SAT(Sea Acceptance Test) 등 여러 시험 과정을 거치게 된다. 이 중 해상에서 수행하는 SAT 과정에서는 함정의 수중무기 사출능력을 조정하기 위한 시험도 진행이 되는데, 이때 사출/발사능력을 확인하기 위해서는 작전탄을 대신하는 훈련탄이 필요하게 된다. 또한 개발 과정에서도 개발 중인 수중무기와 함정의 사출시스템을 연동한 발사절차 검

† 2013년 1월 24일 접수~2013년 3월 15일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 정진섭(jsjeong@add.re.kr)

증이 필요한데, 이를 위험물이 탑재된 시험탄으로 수행하기에는 어려움이 따른다. 위험성의 문제와 실패 시 소모적인 비용이 발생할 수 있기 때문이다. 이처럼 수중함에서 운용되는 무기체계는 개발과정, 함정건조, 그리고 군운용에 이르기 까지 다양한 시험 및 훈련에 있어 작전탄으로 수행하기 곤란한 발사/사출절차 검증 시험 및 훈련이 필요하다. 따라서 수중함 운용 무기체계는 이러한 목적을 만족하기 위한 훈련탄 체계가 필요하며, 훈련탄은 시험탄/작전탄에 비해 위험물 없이 안전하고 회수 및 재사용이 가능한 형태로 제작된다. 또한, 훈련탄은 필요한 시험 횟수만큼 사용하는데 큰 비용이 소모되지 않아야 한다.

수중무기의 훈련탄의 주요 기능으로는 작전탄을 대신하여 수중함의 발사/사출 통제장치와 연동하는 발사 절차 진행 기능이 요구된다. 함 내에서는 작전탄과 동일한 발사절차를 거친 후 함으로부터 벗어나 이격되어서 수중 임무를 수행하고, 수중 임무를 마친 후에는 회수를 위해 수면으로 부상되어야 한다. 함 내 및 수중에서 훈련탄으로서 임무를 수행하는 동안 함의 작전 정보와 수중 거동 등에 대한 정보를 저장하였다가 회수된 이후에 저장된 자료를 지상에서 획득 및 분석이 가능해야 한다. 더불어 훈련탄은 회수/정비를 거쳐 재사용이 반복되므로 훈련 재준비를 위한 점검 및 정비성이 용이한 것이 좋다^[2].

본 논문에서는 군 운용기간동안 지속적으로 반복 사용되는 수중 무기 훈련탄의 정비성의 취약점을 알아보고 기존 알려진 훈련탄에 비해 정비성이 뛰어난 훈련탄 개념 설계를 도출하도록 한다.

2. 수중무기 훈련탄 운용 개념

수중함에서 운용되는 무기체계에 필요한 훈련탄은 기계적으로는 작전탄과 동일한 외형 및 중량/CG 등의 특성을 가져야 한다. 수중함에서 운용하는 무기체계에서는 훈련탄으로 적재/장전 등의 과정을 숙달하여야 하므로 훈련탄은 작전탄과 동일한 외형 등 기계적 특성을 갖도록 하여야 한다. 또한 작전탄이 함으로부터 벗어나 이격되는 과정 또한 동일하게 모사하기 위해서는 중량 역시 동일하여야 하는데, 이 때 작전탄이 양성부력인 경우에는 큰 문제가 되지 않지만 음성부력의 작전탄을 운용하는 경우 동일 중량의 음성부력의 훈련탄을 설계하고 음성부력을 양성부력으로 전환

하여 수면으로 부상시키는 기법을 적용하는 것 또한 중요한 이슈가 될 수 있다^[3,4]. 본 논문에서는 전기적인 시스템 설계 위주로 다루지만 일부 수면부양시스템과 연결되는 전기적 인터페이스가 요구되기도 하므로 필요시 간단히 살펴보겠다.

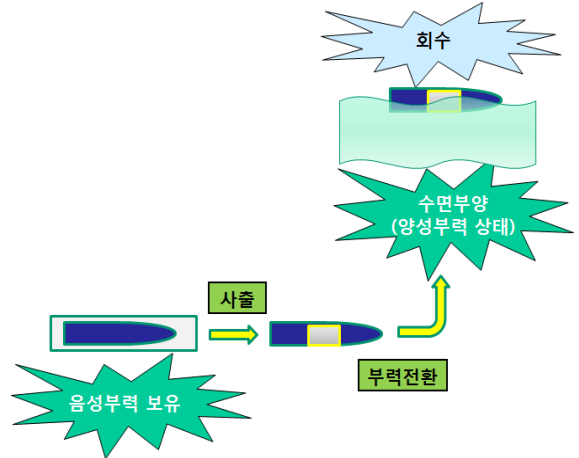


Fig. 1. 훈련탄 운용 개념(예)

가. 함내 발사절차 진행

수중무기체계의 훈련탄은 전기적으로는 함내에서 진행되는 절차를 작전탄과 동일하게 수행할 수 있어야 한다. 일반적인 수중함 무기체계의 경우 수중함에 설치된 제어 장비로부터 전원을 공급받고 작전 정보를 입력받아 수중으로 발사/사출 된다. 함내에서 이루어지는 과정을 모사하기 위해서는 작전탄의 기능을 모의해주는 장치가 훈련탄에 탑재되어야 하며, 작전 정보 등획득이 필요한 함상자료는 함 내에서부터 훈련탄이 저장하도록 기능해야 한다.

나. 수중 임무 후 부상 및 훈련 종료

함내에서 운용절차에 따라 훈련이 진행되면 사출/발사로 이어지는데 이러한 함내 운용 절차를 마친 후 수중으로 이격된 훈련탄은 수중에서 필요한 거동 및 임무를 거친 뒤 수면으로 부상하게 된다.

훈련탄은 함내에서 부터 수중에 이르기까지 임무를 수행하면서 획득이 필요한 정보들은 저장하였다가 회수 후 지상에서 복원 및 분석이 가능해야 한다. 수중으로 배출된 훈련탄은 수중에서 임무 종료 후 수면으로 부상하여 회수되어야 하는데, 양성부력의 무기체계인 경우 훈련탄도 동일한 외형과 중량으로 제작하면

자연적으로 수면으로 떠오르겠지만, 경어뢰를 비롯하여 음성부력의 수중무기체계에서는 다양한 방식의 수면부양방식이 있을 수 있다. 함내 절차진행/발사/수면부상까지 완료되면 훈련탄은 임무를 마쳤으므로 탄내 전원을 추가로 소모하지 않도록 자동적으로 전원을 차단하게 된다.

다. 자료 획득 및 훈련 재준비

수중함에서 수중으로 배출되어 훈련을 마치고 수면에 부상한 훈련탄은 별도 함정의 지원을 받아 회수되어 정비고로 이송된다. 이송 후 훈련자료를 복원하고 분석하며, 훈련 재정비를 위한 탄내 배터리 충전 및 탄 조립/분해 작업과 소모품 교체, 탄 점검 등이 수행된다. 정비장에서 이러한 재준비 작업을 거친 뒤 장시간 혹은 단시간 보관하였다가 반복적인 훈련/SAT를 위해 다시 수중함에 장전하여 사용된다^[5].

3. 훈련탄 정비 절차 및 정비성 고찰

훈련탄을 반복 사용하기 위해서는 훈련 후 회수된 훈련탄을 Fig. 2와 같은 정비 절차를 거쳐 재사용하게 된다.

훈련탄을 포함한 수중무기체계는 전자장비가 장착된 내부를 수압에 의한 누수로부터 보호하기 위한 수밀 구조를 갖는다^[5]. 따라서 수중무기의 기체, 캡슐 혹은 섹션은 오링이 삽입되어 있어 분해 조립이 복잡하고, 조립된 이후에도 내부의 수밀이 잘 유지되는지 지상에서 확인하기 위해 내부의 공기를 빼내 진공으로 만들어 밀폐여부를 확인한다. 마지막으로 빼낸 공기 대신 질소가스를 주입하여 내부의 습기를 제거하여 장비가 부식되는 것을 막는다^[5]. 따라서 Fig. 2에서 붉은 색으로 표시된 수중 무기의 분해 조립은 비교적 시간이 많이 걸리는 작업이다.

그렇다면, 훈련탄을 분해한 상태에서 수행하는 업무를 분석하여 보면,

- ① 저장 자료 획득 : 내부 장착된 자료기록매체 회수
- ② 배터리 충전 : 내부에 직접 케이블을 연결하여 충전
- ③ 소모품 교체 : 부력전환용 시스템 소모품 등 필요시 교체
- ④ 탑재장비 점검 : 분해된 상태에서 탑재장비 점검



Fig. 2. 훈련탄 정비 절차

이와 같다. 훈련탄은 분해상태에서 일련의 과정을 거치는데 유사 수중함에서 운용하는 무기체계에서도 공통적인 것으로 보인다.

반복사용되는 훈련탄의 훈련 재준비를 위한 정비 과정에서 훈련탄 조립/분해는 단순한 섹션조립을 넘어선 많은 작업과 시간이 소요된다. 이러한 사례는 EHCTV나 MK54의 훈련 어뢰의 경우에도 마찬가지로 살펴볼 수 있다. EHCTV는 Sub-Harpoon의 훈련용 체계인데 내부에 장착된 자료저장용 레코더와 섹션을 분해해서 충전해야 하는 배터리, 분해한 상태에서 점검하는 점검 개념 등으로 인해 훈련 재준비를 위한 시간이 2명의 작업으로 2일 정도 소요되는 것으로 알려져 있다. 또한 어뢰인 MK54의 경우 작전어뢰의 두 부를 자료저장 패키지와 수면부상용 부양기낭이 장착된 훈련용 섹션으로 교체하여 훈련용으로 사용한다. 이 경우에도 섹션교체가 이루어지므로 기밀시험 및 질소충진 등 많은 시간이 소요된다^[7,9,10].

살펴본 바와 같이 수중함에 사용되는 무기체계의 훈련탄은 내부 장비에 접근해야 하는 정비소요에 따라 훈련탄 분해조립 및 기밀시험/질소 충전이 필요하므로 과도한 정비시간이 발생한다고 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 훈련탄의 정비소요를 최소화하기 위해 훈련탄의 주요 섹션을 분해하지 않고도 저장자료 획득, 배터리 충전, 소모품 교체 및 훈련탄 점검이 가능한 방법을 고안하여 제시하고자 한다.

4. 정비성 향상방안 연구

본 논문에서는 훈련탄의 정비소요 분석에 따라 섹션의 조립/분해를 요구하는 4가지 절차 즉, 저장자료 획득, 배터리 충전, 소모품 교체, 탑재장비 점검에 대하여 각각 대안을 검토하고 조립/분해를 필요로 하지 않는 방법을 제안하고자 한다.

가. 자료저장 및 복원 방법

앞서 살펴본 EHCTV와 경어뢰 MK54의 경우에는 모두 자료 저장을 위해서 별도의 장비나 자료저장 패키지를 사용하고 있다. 이처럼 별도의 장비를 사용하고 이를 또 훈련 후 기체에서 분해해 내어야 하므로 기체 섹션의 조립/분해 소요가 발생한다고 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 별도의 장비를 사용하지 않고 훈련탄에 기본적으로 장착되는 장비에 자료를 저장하며, 또한 자료 복원 시에도 섹션을 분해하지 않고 장비로부터 자료를 복원하는 방법을 제안한다.

1) 자료 저장 방법

수중무기 훈련탄에도 작전탄에서처럼 발사절차 진행을 위해서는 기본적으로 발사통제장치와 통신을 수행하는 유도조종컴퓨터에 상응하는 장치가 훈련탄 내부에 장착되어야 한다(편의상 계속하여 유도조종컴퓨

터로 칭함). 또한 이 유도조종컴퓨터는 작전탄에서와 마찬가지로 배꼽 연결기를 통해 직접 통신을 수행해야 한다. 유도조종컴퓨터는 발사통제장치로부터 절차에 따른 명령을 인가 받으며 장비 상태 응답을 발사통제장치로 보내준다.

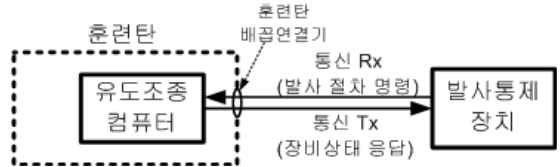


Fig. 4. 훈련탄과 발사통제장치 간 통신 구성

유도조종컴퓨터는 일반적으로 탄과 함상장비간 통신, 그리고 유도탄 내부 통신 모두를 수행한다. 따라서 유도조종컴퓨터는 발사통제장치를 통해 입력되는 작전정보 뿐 아니라 자료획득이 필요한 탄내 자료를 모두 통신을 통해 주고 받으며 종합할 수 있으므로 필요한 정보를 저장하기에는 적합한 장비이다. 다만 별도의 자료기록장치와는 달리 일반적으로 대용량의 저장장치를 구비하지 않으므로 자료를 저장함에 있어 효율적으로 수행할 필요가 있다.

유도조종컴퓨터의 일반적인 구성은 Fig. 3에 나타낸 바와 같다. 자료를 비휘발성 메모리에 저장하기에는 Flash ROM이 적합하므로 이 공간에 저장하되 제한된 저장 공간을 효율적으로 사용하기 위해 시간별로 필요한 정보만을 저장하는 방법을 적용한다.

제한적인 유도조종컴퓨터의 Flash ROM에 필요한 자료를 저장하기 위해서는 필요한 자료를 필요한 시간 만큼만 저장할 필요가 있다. 예를 들면 훈련탄이 함내에 있는 동안에는 작전정보를 비롯한 함내자료만을 저장하고, 훈련탄이 수중으로 사출된 이후에는 수중에서 획득이 필요한 자료만 저장하는 방법으로 시점에 따라 저장하는 구분하는 방법이다. Fig. 3에 불



Fig. 3. 훈련탄 자료저장 방안의 예

은 색으로 표시한 부분과 같이 한정적인 시간에 최소의 자료만을 저장함으로써 저장에 필요한 메모리 공간은 일정하게 그리고 동시에 최소로 사용할 수 있다. 이렇게 최소한의 저장공간만을 사용할 경우 작전탄용으로 사용되는 Fig. 5와 같은 일반적인 구조의 유도조종컴퓨터를 하드웨어 수정 없이 소프트웨어 수정만으로 적용할 수 있다.

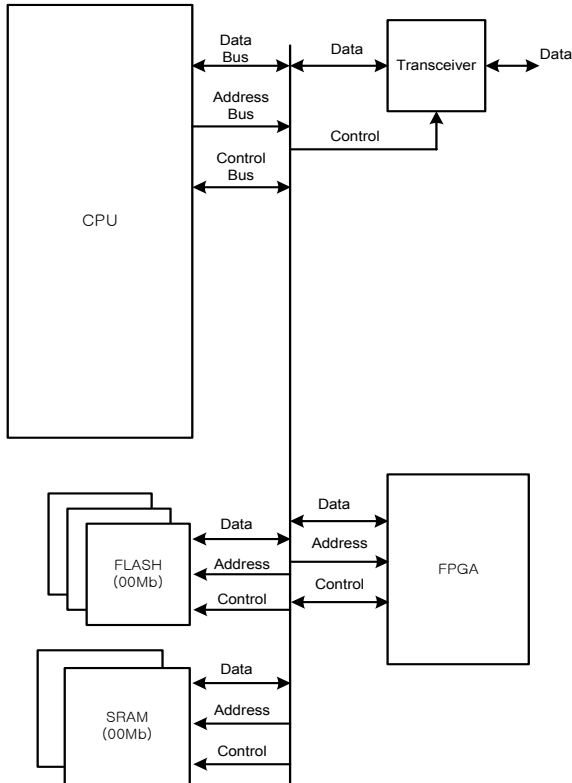


Fig. 5. 유도조종컴퓨터의 일반적인 구조

2) 자료 복원 방법

앞서 설명한 바와 같은 자료저장 방법을 구현하면 자료를 복원하는 방법은 비교적 단순하다. 유도조종장치는 필요한 자료들을 사전에 정의된 정해진 크기만큼의 공간에 저장한다. 또한 외부의 자료복원 장비에서 특정 공간에 저장된 자료를 호출할 수 있도록 사전에 프로토콜을 정의한다. 그리고 순차적으로 이를 외부 장비에서 명령을 인가하면 유도조종컴퓨터는 통신을 통해 해당 자료를 응답메세지로 전달하는 형태로 구현하면 외부장비에서는 응답 메세지를 저장하고 필요한 자료를 풀어내면 된다.

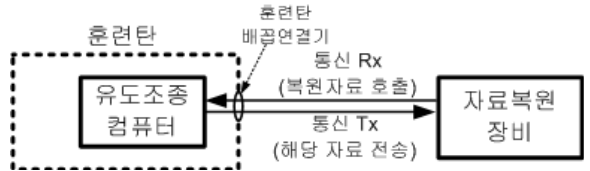


Fig. 6. 훈련탄 자료복원 개념도

중요한 점은 자료복원장비가 사용하는 배꼽연결기의 통신선이 발사통제장치가 사용하는 통신선과 동일하다는 것이다. 이렇게 함으로써 배꼽에 자료복원용의 별도 핀을 할당할 필요도 없고 자료가 저장된 유도조종컴퓨터에 접근하기 위해 훈련탄을 분해할 필요도 없게 된다.

나. 배터리 충전 방법

수중유도무기의 훈련탄에서 탄내 전원 소스는 종류에 따라 다소 차이는 있겠지만 내부에서 생성되는 전원이 없으므로 전지를 주로 사용한다. 어뢰 종류에서도 전지를 작전어뢰에서 사용하는데 두부만 교체해서 사용하는 훈련어뢰에서는 작전탄과 동일한 전지를 추진용으로 사용한다. 따라서 어뢰의 경우에는 사용 후 전지를 교체하거나 재충전하기 위해 연습탄두부를 포함함 섹션을 분해해야 한다. EHCT와 같은 수중유도무기의 훈련탄인 경우에는 충전 가능한 2차 전지를 사용하지만 설계 구조상 배터리를 충전하기 위해서는 탄을 분해해야만 한다. 따라서본 논문에서는 2차 전지를 사용하면서 훈련탄 분해 없이 충전 가능한 방법을 제안한다.

Fig. 7은 본 논문에서 제안하는 배터리 제어회로 구성이다. 배터리는 충전 가능한 2차 전지를 사용하며, 배터리의 출력단에는 항상 전원이 형성되어 있다. 따라서 제어회로는 배터리를 전원이 필요한 시점에 전지 켜 명령에 따라 전자장비로 전원을 공급하는 회로를 포함하고 있다.

수중 무기는 함내에서는 함상 전원을 공급받아 사용하다가 외부로 사출되기 전 전지 작동 명령을 인가하여 전지 전원을 사용하게 된다. Fig. 7의 회로에서는 펄스 형태의 전지작동명령을 인가 받으면 전지 켜 신호를 Latching 시키도록 구성되어 있다. RELAY 3, 4는 각각 전자, 기계 전지용 Latching RELAY 이다. 발사 직전 켜진 배터리는 수중에서의 임무시간동안 탄에 전원을 공급하며, 임무가 끝난 후에는 전지 전원을 차단해야 하는데 이는 켜 동작과 유사하게 유도조종컴

퓨터로부터 펄스 형태의 전지 차단 명령을 인가받아 Latching RELAY로 공급되는 전원을 차단하는 방식으로 전원 Loop를 끊음으로써 탄내 전원을 차단한다.

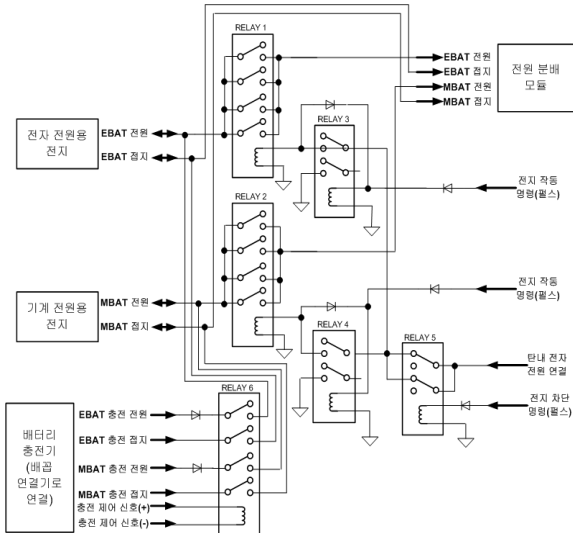


Fig. 7. 배터리 제어회로 구성

마지막으로, 전지를 충전하기 위해서 추가적인 회로가 구성되어 있는데, 전지 충전용으로 릴레이(RELAY 6)를 추가하였다. 충전 후 회수된 상태에서 다른 전원은 인가하지 않은 채 훈련탄에 충전기만을 연결하여 충전한다. 훈련탄 외부에 있는 충전기는 배꼽을 통해 연결되는데 이때 사용되는 충전 전원 공급 및 충전 제어 신호는 배꼽 연결기에서 작전탄에서는 사용되지 않는 Pin 6개를 확보하여 할당하도록 한다. 이와같이 배터리 충전회로를 구성하면 작전 후 훈련탄을 분해하지 않고도 충전을 수행할 수 있다.

다. 수면부양시스템 연결 및 소모품 교체/기밀 유지

수중무기 훈련탄 중 양성부력을 갖는 무기체계의 경우, 수면부양시스템이 별도로 필요하지 않으므로 훈련 후 캡슐이나 기체 외부에 장착되는 lanyard나 lever 조립체 등 일부 소모품만 교환하면 되므로 소모품 교환과 섹션 분해는 무관하다. 하지만 음성부력을 갖는 수중무기의 훈련탄인 경우 수면부양시스템과 연결되는 인터페이스는 어느 정도 소모성의 부품이 있을 수 있으며, 이러한 소모품이 훈련탄 내부에 연결/조립 될 경우 교환을 위해 훈련탄을 분해해야할 소요가 있을 수 있다. 그러므로 훈련탄의 정비성을 개선하기 위해

서는 수면부양시스템에 사용되는 파이로 등 교체가 필요한 소모성 부품은 수밀이 유지되는 공간 외부에 배치해야 하며, Fig. 8과 소모성 파이로와 연결하기 위한 수밀공간과 외부 공간을 연결하는 케이블은 수밀케이블을 적용해야 한다.

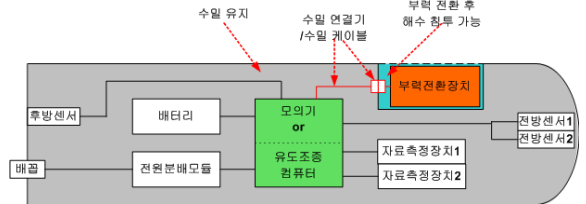


Fig. 8. 훈련탄 시스템 모식도

Fig. 8과 같은 설계 방안으로 구성할 경우 수밀이 유지되는 공간은 분해할 필요 없이, 밀폐를 유지하면서 수면부양시스템의 소모품을 교환할 수 있다.

라. 훈련탄 탑재장비 점검

수중무기 훈련탄의 주요 기능은 함 내에서 발사절차 진행이다. 따라서 훈련탄이 임무를 하는 주요 동작은 발사통제장치와 연결되는 배꼽 연결기로 점검을 할 수 있다. 따라서 지상에서 발사통제장치를 대신하여 발사 절차를 점검할 수 있는 점검장비를 사용하면 절차 진행에 따라 장비 상태를 각각 확인하므로 함 내에서 진행되는 임무에 필요한 탑재장비의 동작상태를 대부분 확인 할 수 있다.

그렇다면 남은 부분은 수중에서 임무를 수행하는 장비나 수중에서 수행되는 임무에 대한 확인이다. 수중에서 훈련탄의 종류와 기능에 따라 다소 차이가 있겠지만, 수중 거동 제어와 수면 부양시스템 작동 정도가 있다. 수중 거동 제어 시스템은 발사 절차 이후에 작동하지만 별도의 점검모드를 두어 제어하고 상태를 유도조종컴퓨터를 통해 피드백 받아 확인하는 방식으로 충분히 구현 가능하다. 한편, 수면 부양시스템은 기능에 따라 차이가 있지만 주로 파이로 계통에 의해 기능이 작동하는 경우가 많다. 따라서 이를 제어하는 내부 릴레이는 수면 부양에 직접적인 기능을 하므로 정상 작동여부를 지상에서 점검 할 필요가 있으며, 점검이 되지 않아 사전에 고장을 발견하지 못할 경우 훈련탄의 유실로도 이어질 수 있으므로 점검은 필수적이다. 하지만 파이로를 직접 연결한 상태에서 릴레이를 작동시켜서 점검하는 방법은 위험물이 보관된

정비고에서 수행하기에는 적절치 않다. 대신 파이로를 연결하지 않은 상태에서 릴레이만 작동시키는 점검 모드를 따로 두고 이러한 상태에서 점검할 수 있는 회로를 구성해야 한다.

Fig. 9와 같은 릴레이 점검용 회로를 구성하고 파이로를 분리한 상태에서 기폭신호를 인가하면 RELAY 작동 확인용 신호로 동작을 확인할 수 있다. 즉, 지상에서 파이로 점화 릴레이의 손상여부를 폭발성이 있는 파이로를 작동시키지 않고 확인할 수 있다.

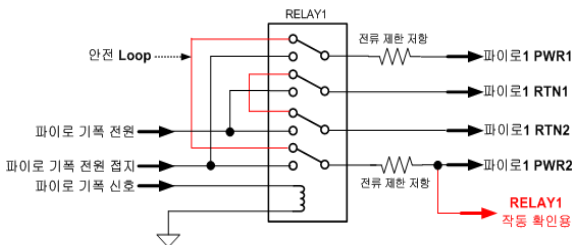


Fig. 9. 파이로 도화 릴레이 점검용 구성

5. 결론 및 발전방향

본 논문에서는 수중함 운용 무기체계에 필요한 훈련탄 체계의 필요성을 살펴보고 훈련탄 체계의 특성상 정비성이 중요함을 인식하였다. 수중에서 운용되는 훈련탄의 정비는 주로 조립/분해작업에서 많은 시간을 소요하며 이에 따라 분해 후 작업을 요하는 몇 가지 정비 절차들을 식별하였다. 본 논문에서는 수중무기 훈련탄의 정비성을 향상하고자 분해 작업 소요를 제거하기 위해 모든 정비 절차를 분해 없이 수행할 수 있는 훈련탄 개념을 제안하였다.

수중함에서 운용되는 무기체계는 보다 다양한 형태

의 형상 및 운용개념이 존재하며, 본 논문에서 살펴본 이외의 형태의 훈련탄 역시 존재할 수 있다. 앞으로의 연구에서는 보다 다양한 형태의 수중무기를 조사하고 그에 필요한 훈련체계의 정비성 향상 방안에 대해서도 살펴볼 필요가 있다.

References

- [1] "Submarine Weapon Systems", <http://www.shima.demon.co.uk/subwpns.htm>
- [2] 신주환, 윤원영, 김호균, "수중유도무기의 운용가용도 향상을 위한 통합정비체계 개발에 관한 연구", 경영과학회 제23권 2호, 2006. 11.
- [3] Warner et al., "Recovery System for a Training Torpedo", U.S. patent 4951587, Aug., 1989.
- [4] "어뢰 백상어·청상어", 국방일보 연재 '철모에서 미사일까지.'
- [5] "국산어뢰 청상어-백상어 개발비화(30)", 유용원의 군사세계.
- [6] www.jcs.mil.kr
- [7] "MK54 MAKO Lightweight Torpedo", http://en.wikipedia.org/wiki/Mark_54_MAKO_Lightweight_Torpedo
- [8] "UGM-84 Sub Harpoon (United States), Underwater Weapons Guided ASW/ASUW weapons", <http://articles.janes.com/articles/Janes-Underwater-Warfare-Systems/UGM-84-Sub-Harpoon-United-States.html>
- [9] "MK-50 Training Torpedo", <http://www.ilcdover.com/MK-50-Training-Torpedo/>
- [10] MK54 Torpedo Brochure, U.S. Navy, 2011
- [11] 손호재, 박창수, "잠수함공학 개론", 대영사, 2001.