

구축함 음탐기를 위한 전치증폭 회로기판 검사장비 설계 및 구현

이태영¹, 이제동¹, 손도선¹, 장민희², 이재민³, 김동성^{*}

해군 군수사령부 함정기술연구소¹, 금오공과대학교 IT융복합공학과^{2,3,*}

{tele63, 4804444, 8099ds}@navy.mil.kr¹, {jmhee², ljmpaul³, dskim^{*}}@kumoh.ac.kr

Design and Implementation of Inspection Equipment for KDX Hull Sonar Pre-Amplification PCB

Tae-Yung Lee¹, Je-Dong Lee¹, Do-Sun Son¹, Min-Hui Jang², Jae-Min Lee³, Dong-Seong Kim^{*}

Naval Technology Research Institute, ROKN Logistics Command.¹,
Kumoh National Institute of Technology, Dept. of IT Convergence Eng.^{2,3,*}

요약

현재 운용되고 있는 해군 무기체계는 다품종 소량 생산의 특징과 급격한 산업기술의 발달로 부품단종 문제가 발생하고 있다. 이러한 단종된 부품을 대체, 역설계 및 재개발하는 과정에서 장기간 소요되는 시간으로 인해 장비의 성능 발휘 및 유지보수에 영향을 준다. 따라서 본 논문에서는 잠수함을 조기에 접촉/식별하여 격침하는데 사용되는 해군의 핵심 장비의 운용 여건 및 정비 방안을 개선하는 방안으로 전치증폭 회로기판 전용 검사장비를 설계하고 구현하는 방안을 제안한다. 이는 전자 회로카드 정비방식 중 하나인 ICT(In Circuit Test) 방식을 활용하여 고장진단 및 성능검사를 통해 향상된 성능과 사용 편의성을 확보하도록 하였다.

I. 서론

해군 무기체계는 다품종 소량 생산의 특징과 빠른 속도로 발전하는 기술로 인해 생산 및 공급이 중단되어 장비의 확보가 불가능한 부품단종 문제가 지속적으로 발생하고 있다[1]. 이는 군용장비의 단종 문제는 장비의 성능 발휘 및 유지보수에 치명적인 영향을 줄 수 있다. 따라서 장비 단종의 원인을 분석하고 체계적으로 관리하는 방안이 필요하다[2]. 부품단종의 대응 방안은 여러 종류가 존재한다. 부품국산화 개발 등을 통해 대체품을 역설계 및 재개발할 수 있다. 해외도입 장비의 경우 회로기판 단위의 상세기술자료가 부족하여 정비 현장에서는 회로 역설계 및 전용 검사장비 개발을 통한 후속 군수지원이 요구된다[3].

이러한 장비 및 부품 단종 문제는 구축함용 음탐기(DSQS-21BZ)의 주요 장비 중 하나인 전치증폭 회로기판에서 야기되고 있다[4]. 이는 전치증폭 회로기판은 다빈도 고장 발생품이며 기술자료 및 전용 검사장비 부재로 인해 정비 기간이 장기간 소요되고 정비 절차도 복잡하여 정비에 어려움이 존재함을 뜻한다. 이를 해결하기 위해 전용 검사장비를 개발하여 원활한 정비가 이루어질 수 있는 대책 마련이 필요하다. 회로기판 단위의 검사장비 개발 시 검사방법은 FCT(Functional Circuit Test) 방식과 ICT(In Circuit Test) 방식으로 분류할 수 있다. FCT 방식은 자동 회로 점검장비(Auto Test Equipment, ATE)를 통해 회로 카드 하나의 기능점검을 통해 결함을 검출하고, ICT 방식은 각 회로소자 모두를 분석한다. 노후화된 회로 카드는 ICT 방식을 통해 정비를 수행한다. 따라서, 본 논문에서는 ICT 방식을 적용한 구축함용 음탐기의 전치증폭 회로기판 전용 검사장비의 설계 및 구현 방안을 제시한다.

II. 소나(SONAR)와 구축함용 음탐기(DSQS-21BZ)의 구성

구축함용 음탐기(DSQS-21BZ)는 독일의 STN ATLAS사에서 제조하여 1988년에 도입된 장비로 한국형 구축함(KDX)에 장착되어 수면 아

래에서 장거리 전방향 탐색 및 공격용 능동 음탐기로 적 잠수함을 조기에 접촉/식별하여 격침하는 전술에 사용된다.

2.1 소나

소나(Sound Navigation and Ranging, SONAR)는 음파에 의해 수중 목표의 방위와 거리를 알아내는 장비를 의미하며 음향탐지장비, 음탐기로 불린다. 공기 중에서는 음파에 비해 전자파의 속도와 전달력이 높다. 레이더(RADAR)는 이를 통해 공중, 지상, 해상의 목표를 탐지할 수 있으며 소나는 이에 대응하는 수중용 장비이다. 소나에 적용되는 음파는 초속 약 1500m의 압력파이며 수중에서 용이하게 전달되는 성질을 가진다. 따라서 소나는 수중의 목표를 탐지하는 유일한 수단이며 목적 및 용도에 따라 여러 형태로 개발 및 운용되고 있다. 소나는 음파를 사용하는 방법에 따라 수동소나(Passive SONAR)와 능동소나(Active SONAR)로 구분할 수 있고 선체 장착 여부에 따라 선체부착 소나(Hull Mounted SONAR)와 예인 소나(Towed Array SONAR)로 구분할 수 있다.

2.2 구축함용 음탐기



그림 1. 송수신 스위칭 및 증폭부

구축함용 음탐기는 함수에 설치하여 운용하는 함정용 소나로 선체 장착 음탐기(Hull Mounted Sonar) 타입이다.

1) 장비의 구성

음탐기는 '센서부 - 증폭부 - 신호처리부 - 운용콘솔'로 구성되며, 센서부는 X-DUCER 음탐센서 조합으로 구성되며, 증폭부는 음탐신호를 송수신 모드에 따라 스위칭 및 증폭한다. 신호 처리부는 증폭부와 사용자 운용콘솔 간에 신호를 연결하고 운용목적에 따라 변환하는 역할을 하며, 운용콘솔은 사용자에게 의해 음탐기 제어 및 운용 결과 전시 역할을 한다.

2) 송수신 스위칭 및 증폭부

전치증폭 회로기판이 주요 구성품인 증폭부는 송신/수신 감결합(Decoupling) 회로와 필터를 가진 증폭기를 포함하고 있으며, Pre-amp는 각각 한쌍의 X-DUCER 센서에서 수신된 신호를 증폭한다. 이 증폭기는 Broad Band 방법으로 증폭 또는 3개의 가능한 Narrow 주파수 Band 2개를 통해 증폭한다. 그림 1은 함정에 장착된 증폭부를 보여준다.

III. 전치증폭 회로기판 검사장비 설계 및 구현

3.1 전치증폭 회로기판

전치증폭 회로기판은 증폭부의 주요 구성품으로 X-DUCER 센서로 부터 입력되는 음향신호를 증폭하고 BPF(Band Pass Filter)를 통해 특정 주파수 성분만 필터링하여 신호처리부로 전달하는 역할을 한다. 따라서 신호 증폭을 위한 증폭회로와 필터링을 위한 BPF 회로 등으로 구성된다.

3.2. 전치증폭 회로기판 검사장비 설계

전치증폭 회로기판은 제작사로부터 도입 시 회로도 및 부품목록 등 상세 기술자료가 없어 회로 역설계를 통해 회로도를 확보하고 분석하여 검사방법 및 검사장비를 개발하였다. 검사장비는 전치증폭 회로기판 검사 대상 회로기판의 '동작 파형 분석 - 동작 Flow Chart 작성 - 검사장비 회로설계 - 제작 - 동작 확인' 절차로 개발하였다.

1) 동작 파형 분석

전치증폭 회로기판은 아날로그 스위치 및 OP-AMP로 구성되어 있으며, 제어 신호에 따라 on/off 및 반전/비반전 증폭 동작을 하므로 30mVpp 입력 신호를 인가하여 OP-AMP 각 출력단의 파형을 측정하고, BPF 특성 확인을 위해 주파수를 가변하면서 출력 파형을 측정하였다.

2) 동작 Flow Chart

전치증폭 회로기판 회로 분석 결과를 토대로 검사방법에 대한 사양 정리를 그림 3과 같이 Flow Chart를 작성하였다.

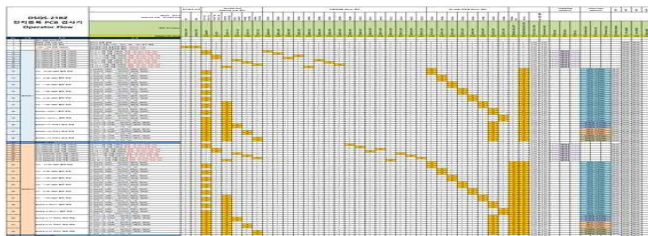


그림 3. 검사장비 동작 Flow Chart

3) 검사장비 회로설계

검사장비 회로 구성은 전치증폭 회로기판의 부하전류 측정부, 아날로그 스위치 부품 검사를 위한 접점저항 측정부, OP-AMP 검사를 위한 신호 발생부 및 출력 측정부 등으로 구성되어 회로를 설계하였다. 부하전류 측정부는 Real Time으로 전치증폭 회로기판 구동 전압인 DC $\pm 15V$ 에 유입되는 전류를 측정하여 약 50mA 이상일 경우 회로 고장으로 판단하여 구동전압을 강제적으로 차단하는 기능을 수행한다. 접점저항 측정부는 아

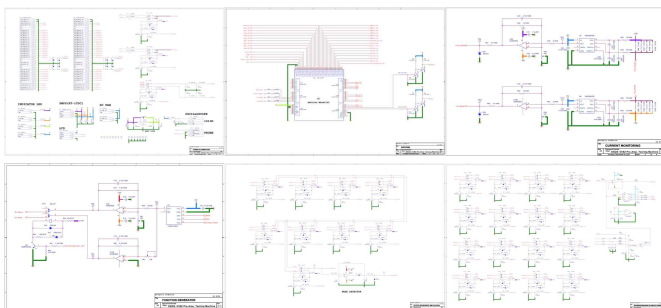


그림 4. 검사장비 회로설계도

날로그 스위치 ON 신호를 인가하여 스위치 양단을 측정하여 접점이 붙었는지 저항값을 측정하며, OP-AMP 검사를 위한 신호 발생부 및 출력측정부는 모의 기준신호 1KHz / 30mVpp 입력 시 OP-AMP에서 출력되는 신호 레벨을 측정하여 고장 유무를 판단하도록 그림 4와 같이 설계하였다.

4) 전치증폭 회로기판 검사장비 구현

회로설계 결과를 활용하여 검사장비 내부구조를 그림 5와 같이 구현하였다. 이후 검사장비를 활용하여 정비대상 전치증폭 회로기판을 고장진단하고 일부 회로의 고장 확인 후 고장 부품을 교환하여 정상 동작되는 것을 확인하였으며 함정 취부 시험을 통해 정상 동작을 검증하였다.



그림 5. 구현된 전치증폭 회로기판 검사장비 및 전시화면 구성도

IV. 결 론

본 논문에서는 구축함용 음탐기의 주요 기능인 전치증폭 회로기판의 검사기술 연구 및 검사장비 개발을 제안하였다. 구축함용 음탐기는 해외도입 장비로 관련 기술자료가 부족하여 고장이 발생하였을 때 정비가 어렵고 복구시간이 많이 소요되는 등의 후속 군수지원에 어려움이 있다. 따라서, 관련 정비 방법을 마련하기 위해 해당 회로기판에 대해 회로 역설계 방법으로 기술자료를 확보하고, 회로분석을 통해 검사방법을 연구하였다. 다양한 검사방법을 적용해보고 가장 적합한 검사방법인 ICT 방식을 적용하여 전치증폭 회로기판 전용 검사장비를 개발하였다. 이로써 정비예산 절감 및 정비 시간을 단축함으로써 전투합정 후속 군수지원 능력을 향상할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2022년도 과학기술정보통신부의 재원을 지원받아 수행된 연구(1711175292/2022-IT-RD-0084-01) 및 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구(2018R1A6A1A03024003)이며, 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2020-2021-0-01612).

참 고 문 헌

- [1] J.H. Park, J.G. Oh, D.M. Kim and G.T. Yeo, "A Study on the Discontinuation Management of Parts in the Weapon System", Journal of Digital Convergence, pp. 59-71, vol. 17, Feb. 2019.
- [2] K.N. Yu, M.H. Jang, J.M. Lee, K.C. Park and D.-S. Kim, "Design and Implementation of Military Equipment Repair Parts with Commercial Products and 3D Printing", 2022 KICS Winter Conference, pp. 517-518, Feb. 2022.
- [3] W.G. Song and Y.H. Choi, "A Study on the Discontinuation Management of Parts in the Weapon System", Journal of Advances in Military Studies, pp. 23-52, vol. 2, Dec. 2019.
- [4] 해군교육사령부 정보통신학교 음탐정비(제1권), 2019. 12.