

선박평형수 처리시스템의 랩테스트를 위한 전기분해전원 설계에 관한 연구

김태오*, 이선권*, 주휘동*, 강규홍*
한국조선해양기자재연구원*

A Study on the Design of Electrolysis Power for the Laboratory Test of BWTS

Tae-O Kim*, Sun-Kwon Lee*, Hui-Dong Joo*, Gyu-Hong Kang*
KOMERI*

Abstract - 본 논문은 선박에서 발생하는 여러 해양오염원 중에서 선박평형수에서 야기되는 해양생태계의 오염 문제를 해결하기 위하여 사용되는 방법중에서 가장 효율적인 방식인 전기분해 방식에 대한 시스템 설계에 관한 연구로서, IMO의 밸러스트수 관리시스템 승인을 받기 위한 첫 번째 단계인 Basic Approval(랩테스트)을 받기 위한 전기분해 전원 장치를 설계하고 시뮬레이션으로 검증하였다.

1. 서 론

국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서는 선박평형수와 침전물에 대한 국제협약을 채택하였으며, 이에 따라 전세계적으로 선박평형수 처리시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1]. 선박평형수 처리 시스템에 대한 국내 연구현황을 살펴보면 해양연구원에서 선박운항중 환경위해물질 저감기술(2002), 해양수산부에서 선박밸러스트 배출규제 대응기술 개발연구(2003), 산자부 부품소재개발사업에서 선박내 밸러스트 수처리 시스템 개발(2004) 과제가 수행되었다.

본 논문에서는 선박평형수 처리시스템의 IMO 승인 단계중 하나인 랩테스트를 위한 전기분해 전원장치 설계에 관한 것으로서 500W급의 AC/DC 정류기를 설계하고 시뮬레이션을 통하여 설계를 검증하고자 한다.

전기분해를 이용한 일반적인 선박평형수 처리방법은 배관에 최대 15V, 3000A 전기를 전극에 공급하고 전극사이로 평형수를 통과시킴으로써 평형수내 미생물을 제거하는 시스템이다. 본 연구에서 적용 대상으로 하고 있는 수처리 테스트 시스템은 시간당 5ton/hr을 처리할 수 있는 용량으로서, 설계된 전기분해 전원장치를 이용하여 랩테스트용 정류기로 사용 가능하다.

2. 본 론

2.1 선박평형수 처리시스템 개요

선박평형수 관리는 평형수에 함유된 유해한 수중유기물과 병원균의 이동을 최소화하기 위해 선박의 평형수 운용을 보다 안전하고 효과적으로 관리하는데 그 목적이 있다.

2.1.1 선박평형수 처리설비

선박평형수관리 협약이 요구하는 선박평형수의 성능기준 및 처리 장치의 세부 사항은 아래와 같다.

- 선박평형수 교환기준
- 선박평형수 교환을 시행하는 선박은 평형수의 용적기준으로 적어도 95%를 교환하여야 한다. 평형수 탱크 용적의 3배 이상 펌핑도 인정 가능하다.
- 선박평형수 관리기준(Regulation D-2 2) [2]

<표 1> 선박평형수 관리기준

대상	기준
최소길이 10 μ m ≤ 50 μ m	생존가능 개체수 10개/ml 미만
최소길이 ≥ 50 μ m	생존가능 개체수 10개/m ³ 미만
독성비브리오콜레라균	균체형성단위(cfu) 1개/100ml 미만 또는 1개 cfu/1g 동물성플랑크톤(습중량) 미만
대장균(Escherichia Coil)	250cfu/100ml 미만
분변성대장균	1000cfu/100ml 미만

* cfu : colony forming unit(균체형성단위), 눈으로 보기힘든 미생물을 적절한 조건으로 성장시켜 미생물 1개체마다 눈으로 볼 수 있을 정도의 크기로 키운 집락의 단위

2.1.2 선박평형수 처리기술의 종류 및 장단점

평형수는 유입 상태에 따라 침저물, 생물종, 오염정도, 해수, 담수 등에 대한 여러 특성을 가지고 있으며 또한 평형수탱크의 부식, 침전물, 열원, 태양광선의 작용에 의해 예측할 수 없는 상태가 되므로 처리 방법을 선택할 때는 살균 요구량, 잔존 접촉시간, 부식, 온도등의 특성을 고려하여야 한다.

살균방식은 물리적 처리방식과 화학적 처리방식으로 구분할 수 있으며, 물리적 방식은 자외선 조사, 가열방식, 조음과방식 등이 있고, 화학적 처리방식은 염소, 이산화염소, 오존, 과산화수소 및 기타 여러 유기화합체를 사용하는 방식이 있다.

각각의 처리방식들은 장단점을 가지고 있고, 특정한 한 가지 방식으로 평형수를 완벽하게 처리하는 것이 어려우므로 대부분의 장치들은 여러 처리 방식의 조합으로 구성되어 있다.

<표 2> 선박평형수 처리기술의 종류 및 특성

선박평형수 처리기술의 종류 및 특성			
구 분	방 식	장 점	단 점
여과 장치	평형수 유입시마다 해초류 등의 생물 제거	성능 효과적, 대용량 처리 증가	막힘 현상 발생, 개체크기 50 μ m이하 처리 어려움
UV 살균	자외선등을 설치하여 자외선등사이로 평형수통과	비용 저렴, 장치간단	파장이 짧아 투과력이약함, 생물종의 변이 및 생존
오존 살균	오존을 2~2.5ppm농도로 분사, 물에 녹은 오존에 의해 살균	뛰어난 살균 효과	시설물이 고가
전기 분해	배관에 최대 15V, 3000A 전기를 전극에 공급하고, 전극사이로 평형수 통과	뛰어난 살균 효과, 지속적 살균	선체부식 우려
열처리	2hr~6hr을 36~38 $^{\circ}$ C에서 평형수를 가열하여 수중생물 소멸	전처리 불필요, 폐열 사용	일정한 온도 유지 어려움, 항해중 지속적 관리 필요
차아염소산나트륨	해수중의 실트성분을 여과하여 제거하고 차아염소산나트륨 생산	잔류 효과로 2차오염없음	고농도 배출시 해양생물에영향, 산화로 부식가능성
이산화염소	이산화염소 약품을 사용한 화학적 처리	포자제 제거에 효과적	유해물질 발생
염소	염소를 사용한 화학적 처리	온도, 적용시간, PH수준을 적정하면 효과적	염소 처리된 평형수가 발암물질 유발 가능성

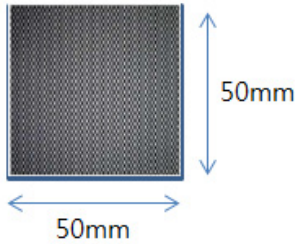
선박평형수 처리설비는 현재 IMO의 최종 승인을 받은 국가는 노르웨이 'Alfa Laval', 독일 'Hamamm', 한국'Techross'의 3개 업체를 포함하여 6개국이며 우리나라는 테크로스, 엔케이, 파나시아, 현대중공업 4곳에서 선박평형수 처리기술을 개발하고 있는 중이다[2].

2.2 선박평형수 전기분해전원

선박평형수 전기분해 전원장치는 화물을 싣고 내린 후 선박의 균형을 잡기 위해 평형수 탱크에 채우는 물을 말하며, 선박평형수처리 전원장치는 평형수에 유입되는 외래 수중생물 등을 차단하기 위한 시스템 장치이다. 선박평형수 처리시스템은 전극판, 정류기, 전해조등으로 구성되며, 이 중에서 미생물제거에 가장 핵심적인 역할을 하는 장치가 정류기이다. 전기분해 장치의 동작은 전해조 배관에 최대 15V, 3000A 전기를 정류기를 통해 전극에 공급하고, 전극 사이로 선박평형수를 통과시키는 장치로서 정류기(저전압 고전류, 소형)와 전극판등이 핵심기술이다.

2.2.1 선박평형수 처리용 전극판

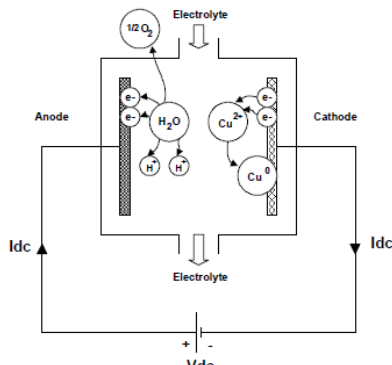
본 연구에서 개발된 전기분해 전원장치를 적용하여 테스트하기 위한 전극판을 아래와 같이 설계하였다. 전극판 사이즈는 50mm×50mm 이며, 랩 테스트용으로 사용하기 위한 전극판 모듈의 개수는 40개가 필요하다.



〈그림 1〉 랩테스트용 전극판

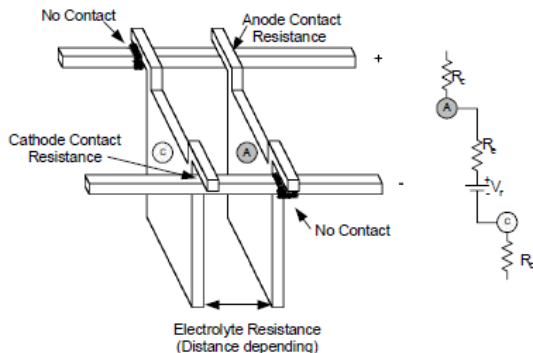
2.2.2 선박평형수 처리장치의 전기적 모델링

본 연구에서 개발하고자 하는 전기분해 전원장치 사양을 결정하기 위하여 그림 2와 같이 선박평형수 처리시스템을 전기적으로 모델링할 수 있었다.



〈그림 2〉 전기분해장치 전기화학적 반응 도식도

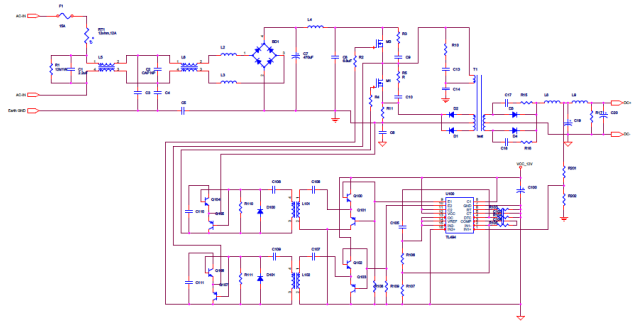
그림 2에서는 전해조를 통과하는 미생물을 전기분해 전원장치를 사용하여 분해하는 전기화학적 반응을 나타낸 도식도로 2개의 전극판이 한 쌍을 이루어 각각 Anode와 Cathode로 동작하게 된다. 전원장치와 전극판을 통하여 전기분해를 수행하기 위해 필요한 전원장치의 용량은 그림 3에 도식되어 있는 Walker 등가회로를 참고하여 필요한 용량을 산정하였다.



〈그림 3〉 Walker 등가회로[3]

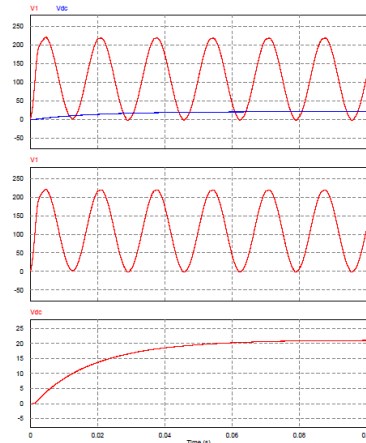
2.2.3 500W AC-DC 정류기

본 연구에서 설계하고자 하는 AC-DC 정류기는 500W급의 하프브릿지 방식의 전원장치로서 산정된 용량을 바탕으로 그림 4와 같이 설계하였다.



〈그림 4〉 500W AC-DC 정류기 회로도

설계된 정류기 회로를 검증하기 위하여 그림 5와 같이 시뮬레이션을 수행하여 설계된 입력 사양을 확인하였다.



〈그림 5〉 500W AC-DC 정류기 시뮬레이션

3. 결 론

본 논문에서는 에너지 절감형 선박평형수 처리시스템의 랩테스트를 전기분해 방식으로 처리하기 위해 필요한 전기분해 전원장치를 설계하였다. 설계된 전원장치는 전극판 설계와 전기분해 장치의 전기적 모델링을 통하여 적절한 용량을 산정하였다. 정류기 토폴로지는 하프브릿지 방식의 AC-DC 정류기로서 용량은 500W급으로 설계되었다. 본 연구를 통하여 설계된 전기분해 전원장치는 선박평형수 처리시스템의 랩테스트 시험 용도로 활용이 가능하다.

[참 고 문 헌]

- [1] IMO, "International convention for the Control and Management of Ship's Ballast water and Sediments", BWT/CON/36, 2004
- [2] IMO, "Ballast Water Performance Standard", Regulation D-2 1/2, 2004
- [3] A. Walker, "Plant for the Electrodeposition of Metals", U.S. Patent, 687, 800, Dec. 3, 1901