

소형선박용 프로펠러 및 샤프트 이물질 제거를 위한 수중절단기 기구 설계 및 제어기 개발

이현석* · 오진석*** · 최순홍***

* 한국해양대학교 기관공학과 박사과정, ** 한국해양대학교 기관공학부 교수, *** 스리플(주) 대표이사

Development of an Underwater Rope-cutter Device and Controller for Removal of Propeller and Shaft Foreign Material for Small Vessel

Hunseok Lee* · Jin-Seok Oh*** · Sun-Hong Choi***

* PhD Student, Marine Engineering, Korea Maritime University, Busan 49112, Korea

** Professor, Division of Marine Engineering, Korea Maritime University, Busan 49112, Korea

*** CEO, Threepl Co., Ltd, Busan 46988, Korea

요 약 : 연안 해역에서 소형 선박의 프로펠러 고장으로 인한 사고가 지속적으로 발생하고 있다. 특히, 해상부유물(폐그물 및 로프 등)에 의하여 선박 프로펠러가 감기는 사고가 빈번히 일어나고 있다. 선박 프로펠러 감김 사고는 동력 상실로 인한 선박의 운항 지연 및 표류로 인한 1차 사고와 프로펠러에 감긴 로프를 제거하기 위한 잠수 작업등으로 인한 2차 사고의 우려가 있다. 이러한 빈번한 프로펠러 감김 사고에도 불구하고 문제를 해결할만한 적절한 도구가 없어 선박을 육상으로 인양하여 수리하거나, 잠수부가 직접 선박 아래로 잠수하여 문제를 해결하고 있는 실정이다. 이에 따라, 최근 선박 프로펠러 감김 사고를 예방하기 위해 프로펠러 샤프트에 로프절단장치를 일부 소형 선박에 장착하고 있으나 비교적 높은 설치비용 및 시간이므로 인하여 원활하게 적용되어지지 않는 것으로 판단된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 기계적 원리를 이용한 간단한 구조를 가진 수중절단기 기구 설계 및 제어기 개발을 수행하였다. 수중절단기의 톱날은 직선왕복동작을 위해 유성기어와 크랭크핀을 사용함으로써 긴 행정을 가질 수 있도록 하였다. 또한 수중절단기는 소형 선박에 비치되어있는 배터리를 이용하여 작동시킬 수 있도록 하였다. 또한, 비전문가인 사용자가 보다 편리하고 안전하게 사용할 수 있도록 역전류 방지 및 속도제어회로를 적용하여 편리성 및 안정성을 확보하였다.

핵심용어 : 해양사고, 추진기 고장, 로프 절단기, 프로펠러, 샤프트, 속도제어

Abstract : Screw-failure accidents in small ships frequently occur in coastal waters. In particular, vessels' propulsion systems are frequently coiled due to objects such as fish-nets and ropes that float on the sea. The failure of the ship's propulsion system can cause primary accidents such as ship operation delays and drifting due to loss of power; furthermore, the possibility of secondary accidents such as those involving operators in the underwater removal of rope stuck in a propeller. Ships that do not have the proper tools to solve these problems must be either lifted onto land to be repaired or divers must dive directly under the ship to solve the problem. Accordingly, some small vessels have been equipped with rope-cutter devices on the propeller shaft to prevent ship propeller system accidents in recent years; however, they are not being applied efficiently due to the cost and time of installation. To solve these problems, this study develops an underwater rope-cutter device and controller for the removal of propeller and shaft foreign material in small vessels. This device has simple structures that use the principle of a saw. Meteor gears and crank pins were used for the straight-line rotation of saw blades of the underwater rope-cutters to allow for long strokes. Furthermore, the underwater rope-cutting machines can be operated by being connected to the ship battery. The user, a non-professional, can ensure convenience and stability by applying reverse current prevention and a speed control circuit so that it can be used more conveniently and safely.

Key Words : Marine accident, Propulsion system failure, Rope cutter, Propeller, Shaft, Speed control

* First Author : gar4153@kmou.ac.kr, 051-410-4866

† Corresponding Author : ojs@kmou.ac.kr, 051-410-4283

1. 서론

2019년 우리나라 국가통계포털(Korean Statistical Information Service, KOSIS)에 따르면 5톤 이하의 소형 선박은 약 53,000척으로 총 국내 등록된 어선세력의 81%를 차지하고 있음을 Table 1에서 확인할 수 있다.

Table 1. Number of fishing vessels by tonnage

	<1 ton	1-5 ton	5-10 ton	10-20 ton	20-200 ton	>200 ton
Sum	14,249	39,411	8,545	883	2,261	324

선박의 프로펠러 부유물 감김 사고의 경우 2018년 통계에 따르면 총 278건의 프로펠러 부유물 감김 사고 중 약 79.8%인 222건이 어선에서 발생한 사고로 조사되었다(Kang et al., 2007; KMST, 2018; FIPA, 2018). 이처럼 해양사고에서 어선이 차지하는 비율이 높은 것은 국내 등록되어 있는 어선의 척수가 높은 비율을 차지하기 때문이다.

이에 정부 및 해양수산부는 어선의 해양사고 발생을 줄이고 예방하기 위해 2013년 ‘어업관리 역량강화 종합대책’을 발표하여 2020년까지 어선사고를 2012년 대비 50% 수준으로 줄이는 것을 목표로 하고 있으며(MOF, 2013), 2015년 ‘원거리 낚시어선 안전관리 종합대책’ 및 ‘낚시어선 안전 관리 개선대책’을 마련하여 안전사고 예방을 위해 노력하고 있다(Han, 2017). 이 외에도 해양사고의 예방과 점검을 위해 해양사고 원인 분석을 통한 안전성 향상을 위한 연구가 활발히 진행되어 왔다(Han, 2017; Kang et al., 2013; Kim et al., 2013; Jung, 2018; Cho et al., 2017; Ryu and Kim, 2019; KMST, 2017).

본 논문에서는 다양한 해양사고 중에서 소형 어선 및 낚시선 등의 프로펠러 부유물 감김 사고로 인한 2차사고 등의 문제를 해결하기 위한 수중 로프 절단기를 제안한다. 제안하는 수중 로프 절단기는 선박에 탑재되어있는 DC24V 배터리를 연결하여 사용할 수 있도록 하여 별도의 추가 장비 없이 사용할 수 있도록 하였으며, 비전문가가 안전하고 편리하게 사용할 수 있도록 수중 로프 절단기의 속도제어시스템 및 역전류방지 회로를 적용하였다.

2. 선박 프로펠러 감김 사고

2.1 프로펠러 감김 사고 사례

프로펠러 감김 사고란 선박이 항해 중 바다에 표류하는 어업용 폐그물이나 로프 및 해초 등에 의하여 프로펠러 샤프트에 이물질이 감기면서 샤프트 소손, 동력 상실 등의 문제가 발생하는 것을 뜻한다. Fig. 1은 프로펠러 감김 사고를 나타낸다.



Fig. 1. Accident due to foreign substances wrapped in the propellant (Kpilbo, 2017).

이러한 이물질 감김 사고를 해결하기 위해 선원이 Fig. 2와 같이 선체 후부 프로펠러 샤프트위에 뚫려있는 구멍을 통해 낫 등의 도구를 이용하여 문제를 해결하고 있다. 그러나 공간이 제한적이며 작업자의 완력에 의지해야 하는 상황에서 물에 잠긴 PP(Poly Propylene) 로프를 절단하는 것은 육상과 수중 로프까지 힘을 전달하기가 어려운 작업이 된다.



Fig. 2. Ship maintenance hole.

따라서 현재 운항중인 선박의 프로펠러에 감긴 이물질 제거 작업이 선상에서 어려울 경우, 선박을 예인하여 육상으로 들어 올린 후 직접 제거하거나 사고 위치에 선박이 표류된 상태에서 잠수부가 직접 배 밑에서 잠수하여 프로펠러에 감긴 이물질을 제거하는 방법을 사용하는 것이 일반적이다. 이러한 작업 방법은 많은 시간과 비용이 발생할 뿐만 아니라 프로펠러에 감긴 이물질을 제거하기 위해 바닷물 속으로 들어간 선원이 숨지는 등 높은 위험성도 함께 포함하고 있다(Kpilbo, 2017; Jejudominilbo, 2015).

2.2 관련 연구 동향

근래 해양사고 방지 및 예방을 위해 1장과 2.1절에 나타난 것 같이 많은 정책적 시도를 하고 있다. 대표적인 방법으로

선박 샤프트에 별도의 커팅장치를 설치하여 이물질의 부착을 방지하는 방법이 있다(Jejudominilbo, 2015). 이러한 방법은 선박 축계에 추가적인 장비를 설치하게 됨으로써 많은 비용과 시간을 소요하게 된다.



Fig. 3. Propeller rope cutter (Jejudominilbo, 2015).

Fig. 3은 제주도 서귀포에서 지원한 로프절단기 지원 사업에서 부착한 로프절단기를 나타낸다. 부착한 로프절단기는 기관마력수에 따라 약 800~1,000만원의 비용이 소요된다. 이외의 방법으로 원형톱날을 이용한 로프 절단기가 있으나, 협소한 공간에서 고착된 이물질을 원형 톱의 구조상 쉽게 절단하기 어려우며, 절단을 하더라도 절단된 이물질이 회전하는 원형톱날 축에 감기어 원형 톱의 기능을 제대로 수행하지 못하게 된다. Fig. 4는 원형 톱날방식의 절단기에 로프가 감겨 소손된 모습을 나타낸다.



Fig. 4. Circular-top blade cutter failure.

더불어 어민들은 육상에 사용되어지고 있는 여러 절단장치를 사용하려고 하나 소형 선박은 육상에서 사용하고 있는 교류 220V전원의 부재로 육상에서 사용하는 장비를 사용하지 못하고 있을 뿐만 아니라, 전원을 연결하여 사용하더라도 손잡이 길이가 짧아 프로펠러까지 거리가 단지 않아 사용이 어렵다.

3. 수중절단기

3.1 기구 설계

2장에서 기술한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 전통적인 기계톱 원리를 이용하여 간단한 구조를 가지면서 수중 절단작업이 용이한 수중절단기를 제안한다. 수중절단기의 기계적 구조는 절단기의 모터로부터 발생하는 회전력을 톱날의 직선왕복운동으로 바꿔주는 유성피니언과 크랭크핀을 사용하였다. 특히, 수중에서 PP 로프의 액체화가 잘 이뤄지지 않는 상태에서도 높은 절단능력을 확보하기 위해 행정을 50 mm로 설계하였다. Fig. 5는 기구 설계 및 시제품을 나타낸다.

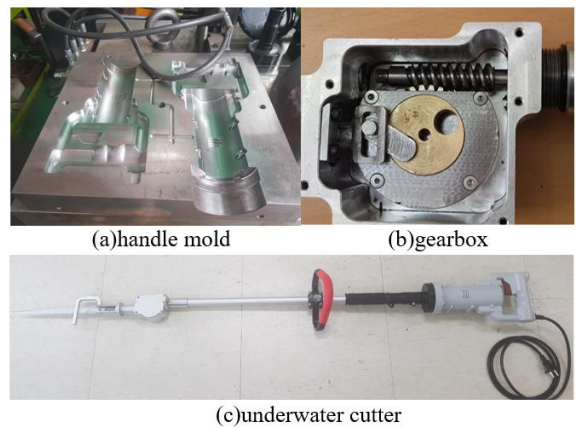


Fig. 5. Underwater rope-cutter instrument.

수중절단기의 주요 사양은 Table 2와 같다.

Table 2. Underwater rope cutter specification

Category	Specification
Rating Input Voltage	DC 24 V
Rating Power	720 W
Max. RPM (Saw)	1,200 rpm
Max. RPM (Motor)	18,000 rpm (24 V)
Gear Ratio	15:1
Saw Stroke	50 mm
Housing Pipe Length	1,200 mm
Weight	4.2 kg

일반적인 연안항해용 소형선박의 경우 선내 AC220V 전원이 없는 경우가 많아 육상에서 사용하는 전자 장비사용이 거의 불가능하다. 본 연구에서 제안하는 수중절단기의 경우 소형선박에 비치되어있는 배터리(DC 24V)를 사용하여 동작할 수 있도록 구성하였다. 또한, 나무 및 쇠를 절단하는 장비와 달리 직선왕복운동을 통하여 이물질을 제거할 수 있도록 하였을 뿐만 아니라,

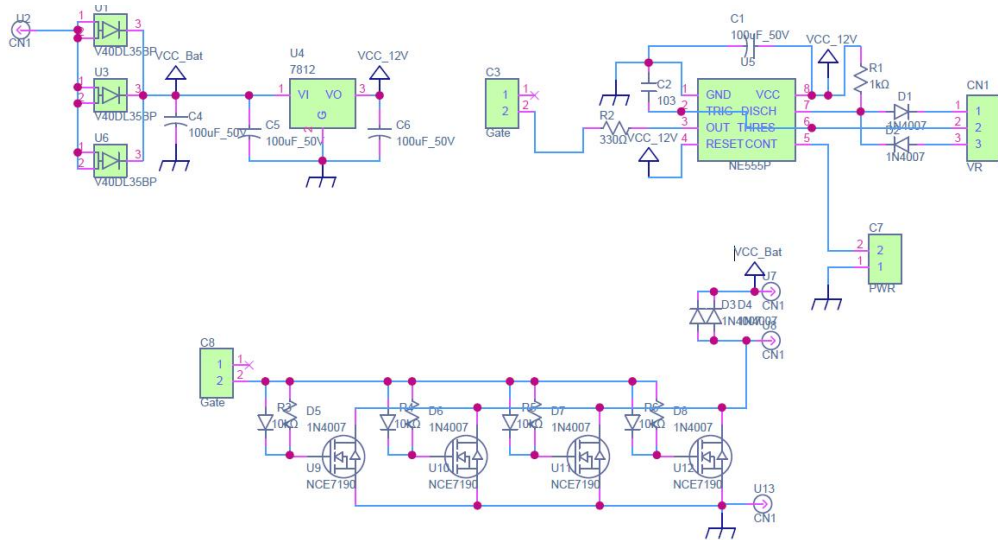


Fig. 6. Underwater rope-cutter schematic diagram.

육상에서 주로 사용되는 절단장비의 행정(15~25 mm)과 달리 튕날의 행정을 50 mm로 길게 설계하여 PP 로프의 액체화가 이뤄지지 않는 수중에서도 원활하게 절단할 수 있도록 하였다.

3.2 제어회로 설계

3.1절에 설계 및 제작한 수중절단기를 선원이 보다 편리하고 안전하게 사용하기 위해 속도제어 및 역전류제어 회로를 설계하여 적용하였다. 제어회로를 통해 수중절단기의 구동모터의 속도를 제어함으로써 프로펠러에 감긴 이물질의 크기, 재질 및 특성에 따라 적절한 속도를 제공하여 원활하고 효율적인 절단작업이 이루어질 수 있도록 하였다. Table 3은 제어회로의 전기적 사양을 나타낸다.

Table 3. Control system electrical specification

Category	Specification
Rating Power	Continues 30A (Max. 45A)
Output control method	Potentiometer (Pulse width modulation)
Switching frequency	1.6 KHz
Standby power	0.4W
Board Size	91.45(L) × 50.8(W) × 30(H) mm

수중절단기 제어회로는 개발품의 추후 대량생산을 고려하여 가격단가를 낮추기 위해 별도의 제어기(Microprocessor)가 없이 아날로그 회로를 이용하여 동작할 수 있도록 하였다. 동작모터의 속도제어를 위해 NE555 타이머IC를 중심으로 주변회로를 구성하였다. NE555 타이머IC는 주변회로의 주요 부품인 저항과 콘덴서 값을 변경하여 펄스의 폭 및 스위칭 주파수를 변경할 수 있다.

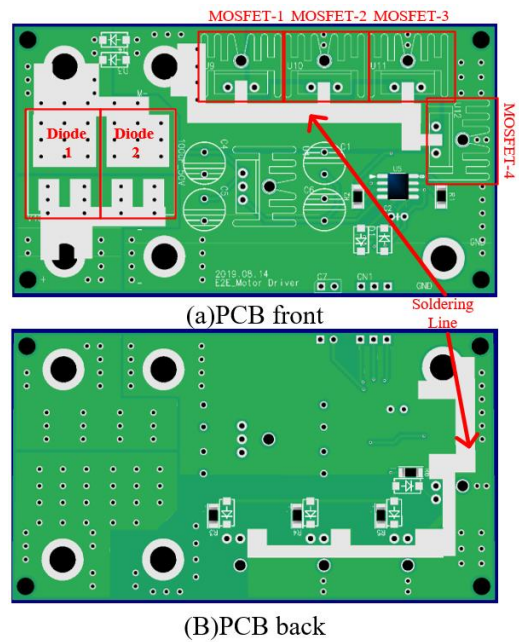


Fig. 7. PCB design.

Fig. 6 회로에서 C2값이 10,000pF인 세라믹콘덴서를 적용하였으며, CN1(VR)단자에 10kOhm의 가변저항을 적용하여 사용자가 노브를 이용해 모터의 속도조절을 위한 펄스폭을 변조할 수 있도록 하였다. Fig. 7은 개발한 제어기 PCB이며, Fig. 8은 노브 움직임에 따른 스위칭 소자(전계효과트랜지스터)의 Gate단자에 입력되는 파형을 나타낸다. 고전류의 도통을 위해 다수의 스위칭 소자를 적용하여 발열을 줄이고자 하였으며, 다이오드 및 저항 소자를 이용하여 파형의 왜곡이 발생하지 않도록 하였다. 또한 듀티비 0%에서 누설전류가 흐르지 않게 하여 대기전력을 최소화 하였으며, 듀티비

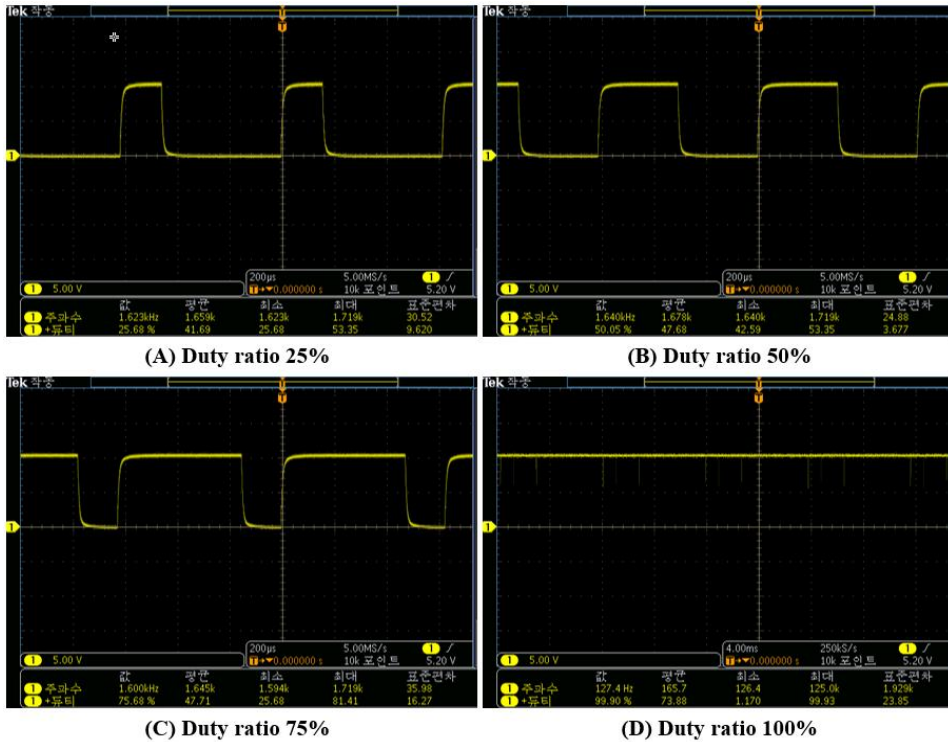


Fig. 8. PWM duty rate waveform.

를 25%씩 증가시킬 때의 스위칭 소자 Gate단 파형 왜곡의 개선을 확인하였다.

개발한 수중절단기의 경우 선내에 탑재되어 있는 배터리 (DC24V)를 사용하여 수중절단기의 전원을 공급하여 사용할 수 있도록 하였다. 3.1절에서 나타낸 것과 같이 수중절단기의 동작모터의 회전운동을 직선왕복운동으로 변환하기 위해 유성기어 및 웜 기어 등을 적용하였으나, 기계적 구조의 특성상 모터가 설계된 반대방향으로 회전하게 되면 기어가 반대로 풀려 사고 및 고장을 유발할 수 있다. 따라서 본 논문에서 개발한 제어회로는 배터리의 극성에 상관없이 결선할 수 있도록 전원부 앞에 다이오드를 적용하여 역전류가 흐르지 못하도록 하였다.

Fig. 8에서 제시한 PCB(Printed Circuit Board)기반의 제어기는 수중절단기 모터 정격 전력인 저전압, 고전류 사용 환경에 안정적으로 동작할 수 있어야 한다. 따라서 PCB 내 전력소자(다이오드, 전계효과트랜지스터 등)를 병렬로 연결하여 전력소자에 흐르는 전류를 나눠 모터 속도 제어를 할 수 있도록 구성하였다. 또한 제어 기판의 높은 전류의 흐름은 열에 약한 PCB 기판의 열화 또는 손상을 유발할 수 있으므로 전류가 많이 흐르는 전력부의 랜드(패턴)를 유리 에폭시 위로 동판이 노출될 수 있도록 하였다. 따라서 추가적인 납땜작업으로 기판 패턴의 저항을 낮춰 보다 높은 전류를 PCB 기판 밖으로 흘려보내면서 발열을 줄일 수 있도록 설계하였다. Fig. 9는 제작이 완료된 제어기판을 나타낸다.

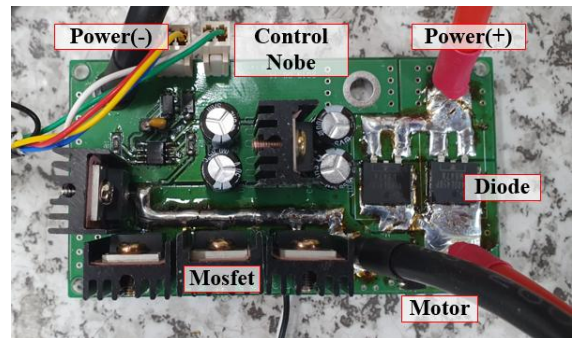


Fig. 9. Control PCB layout.

역전류 방지를 위해 다이오드(V40DL45)를 2개 병렬연결 하였으며, 스위칭 소자인 전계효과트랜지스터(NCE7190) 4개를 TO-220 방열판(SY200B-25)에 연결하여 회로에 적용하였다. PCB 기반 제어기는 내열성이 좋지 않아 높은 전류의 제어회로로 적합하지 않다. 본 연구에서 개발한 제어기는 비교적 저전압 고전류 사용 환경에서, 제어기가 안정적으로 동작할 수 있도록 전력소자를 병렬 연결하여 전류를 분산시킴으로써 고온으로부터 발생할 수 있는 소손을 방지하였다. 해상에서 소형 선박에 탑재된 배터리의 용량 관계상 수중절단기 사용시간은 20분 이내로 사용하는 것을 권장한다. 따라서 본 연구에서 개발한 드라이버의 안정성 확인을 위하여 연속 20분 사용에 따른 보드의 온도를 측정하였다. 보드 온도 측정을 위한 시험환경 및 실험결과는 Table 4와 Fig. 10과 같다.

Table 4. PCB Thermal measurement environment

Category	Specification
External temperature	24 ~ 25 °C
Humidity	20 ~ 25 %
Used battery	Rocket 12V_100AH X 2ea
Controller duty ratio	100 %
Continuous operation time	20 min
Continuous operation ampere	> 18.5 A
Continuous operation Power	> 450 W

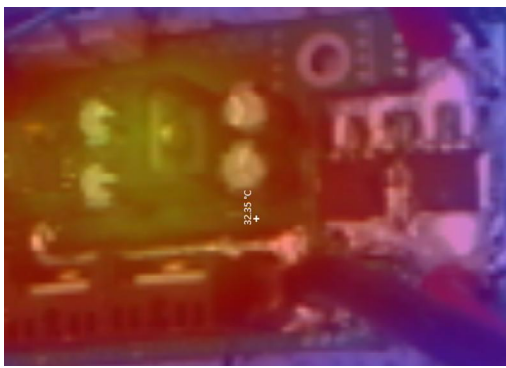


Fig. 10. PCB thermal camera photograph.

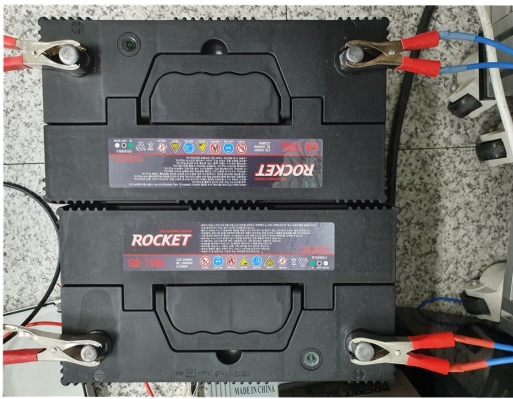


Fig. 11. Battery used in the experiment.

Fig. 11은 실험에 사용한 배터리로, 실제 선박에 탑재되는 12V 납축전지를 병렬 연결하여 수중절단기에 전원이 공급될 수 있도록 실험을 진행하였다. 제어기 설계는 연속운전으로 30A의 전류를 감당할 수 있도록 설계하였으나, 실험환경에서 수중절단기에 부하가 없이 실험하여 약 20A 환경에서 시험을 진행하였다. 실험 측정 데이터는 Fig. 12에 나타나고 있으며, 절단기의 제어기 명령을 최대로 상승시킨 후 배터리의 전압과 전류를 표시하고 있다.

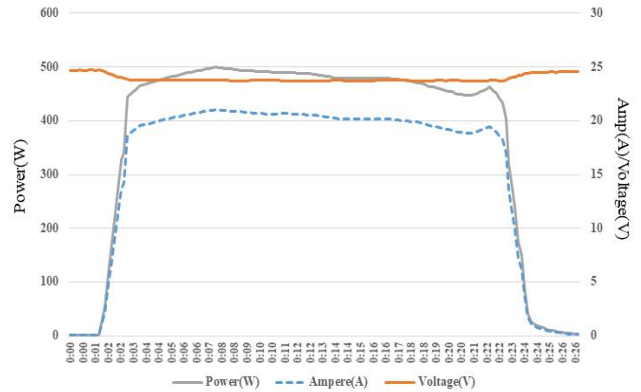
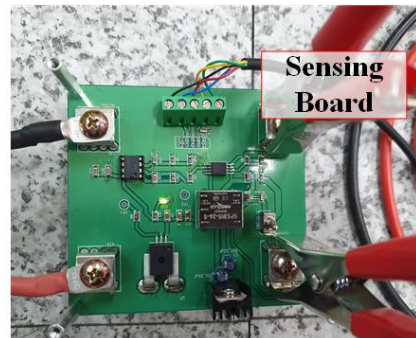


Fig. 12. Rope-cutter acquisition data.

3.3 실험 환경 및 데이터 취득 회로

3.3절에서 개발한 속도제어기의 성능계측을 위한 데이터 취득을 위해 제어기 입력단의 전압, 전류의 계측이 필요하다. 전류 검출부는 홀 효과를 사용한 전류센서 ACS756 소자를 이용하여 전류를 측정하였으며, 전압 검출은 전압센서 ACPL-C87X 직접소자를 활용하여 전원부와 데이터 취득 보드의 전원을 절연(Isolation)시켜 전압을 측정할 수 있도록 구성하였다. 측정된 전압신호는 Op-amp를 거쳐 신호를 증폭한 후 DAQ(Data Acquisition) 장비인 National Instrument 사의 cRIO(Compact reconfigurable I/O)를 통하여 측정하도록 하였다. Fig. 13은 데이터 취득 보드 및 데이터수집장비이며, Fig. 14는 전압-전류 측정 회로도를 나타낸다. Table 5는 주요 장비 사양을 나타낸다.



(a) Current-Voltage sensing board



(b) DAQ Module

Fig. 13. Data sensing board & DAQ module.

소형선박용 프로펠러 및 샤프트 이물질 제거를 위한 수중절단기 기구 설계 및 제어기 개발

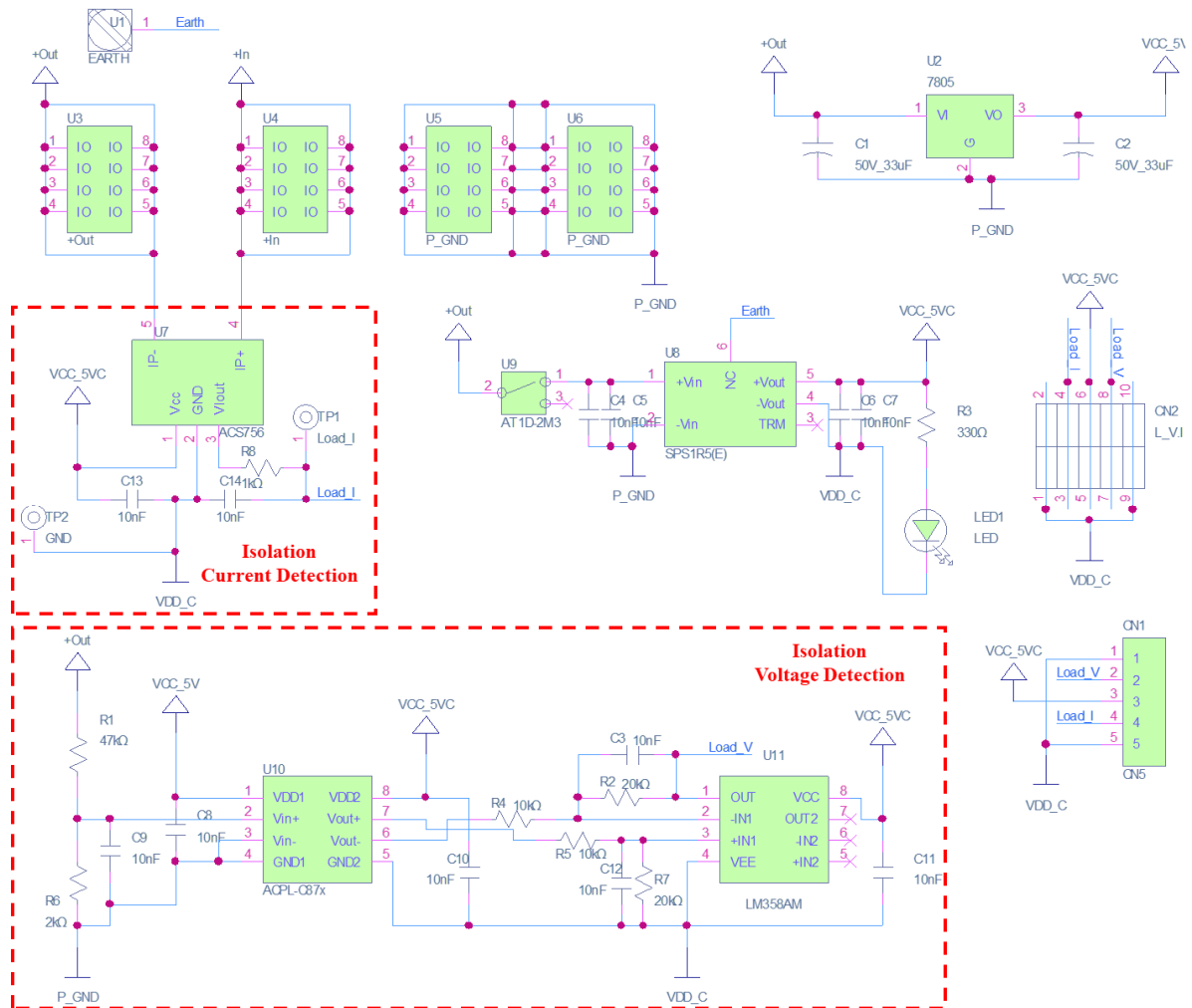


Fig. 14. Data sensing board.

Table 5. Data acquisition system

Equipment or device name	Purpose
ACS756	Ampere sensor
ACPL-87x	Voltage sensor
cRIO-9074	Programmable Logic Controller
NI 9215	4ch Diff. A.I Module
sps1r5-24-5	Voltage Regulator (DC/DC)

Table 6. Underwater rope cutter test items and results

Category	Target	Result
Saw stroke	40 mm	Upper than 45 mm
Saw speed	980 rpm	987.9 rpm
Noise	Less than 80 dB	75.8 dB
Control ability	5-Step Control	5-Step Control
Cutting ability	20 mm pp rope cut Less than 60 sec	47 sec
Length	Less than 200 cm	193 cm

3.4 제품 성능 평가 및 인증

3.3절에서 개발한 제품의 성능 평가 및 인증을 위해 조선기자재연구원에서 제품 인증 시험을 진행하였다. 성능 평가 시험은 현장시험으로 진행되었으며 Table 6과 같이 6가지 항목에 대하여 시험을 진행하였다.

본 연구에서 개발한 절단기를 사용하여 실험용 수조에 담긴 20 mm PP 로프를 절단하는 능력을 검증하였다. 실험환경은 실제 해상 선박과 유사하도록 Fig. 15와 같이 구축하여 진행하였다. 실험 환경은 대기 온도 약 24°C, 습도 21% R.H로 진행되었으며 Fig. 12와 같이 소형 선박에 탑재되는 배터리

와 유사 사양을 가진 배터리를 적용하였으며, 그 외에 절단기 및 제어기는 실제 제품을 사용하여 실험을 진행하였다.

평가 결과 측에 감겨있는 20 mm PP 로프를 절단하기 까지 소요된 시간은 47초였으며, 소음은 75.8 dB로 측정되었다. 또한, 실험 진행기간 동안 제어기의 발열상태도 최고온도 38℃로 제어기의 설계온도인 50℃보다 낮게 동작됨을 확인할 수 있었다.



Fig. 15. Product test certification experiment.

4. 결 론

본 연구에서 소형선박에 비치된 동일한 사양의 배터리를 이용하여 선외기의 프로펠러 및 샤프트에 감긴 이물질을 제거하기 위한 수중절단기 기구 설계 및 제어기를 개발하였다. 설계 및 개발한 수중절단기는 이물질 제거 작업에 있어 작업자의 편의를 위해 1.2 m의 하우징 파이프를 적용함으로써, 사용자가 물속에 들어가지 않은 외부에서도 원활히 진행할 수 있도록 하였다. 그리고 사용자의 안전 및 편의를 위하여 선내 배터리의 극성에 무관하게 동작할 수 있도록 하였을 뿐만 아니라, 작업 환경에 맞추어 속도를 원활히 제어할 수 있도록 하였다. 제품 상용화를 위하여 주요부품(손잡이, 하우징, 크랭크 핀 등)의 금형을 제작하여 대량생산 할 수 있도록 하였으며, 제품의 단가를 낮추기 위해 아날로그 소자를 활용하여 제어기를 제작하였다. 시험 평가 결과 수중에서 20 mm의 PP 로프를 절단하기 까지 시간은 47초로 양호한 성능을 보였다.

현재 제품 판매를 위한 시제품이 제작되고 있으며, 추후 제품 내 배터리를 장착하여 무선으로 동작 가능한 절단기를 개발하고, 나아가 사용하고 있는 모터의 출력을 보다 높이기 위하여 BLDC(Brushless DC) 모터를 적용한 제품을 개발할 예정이다.

후 기

본 연구는 부산광역시의 재원으로 BISTEP의 지원[지역 우수연구자 기업연계 R&BD 사업: 사용자 편의성을 갖춘 수중 절단기(B0070422000055)] 및 대한민국 교육부와 한국연구재단(NRF-2019R1D1A1B07049361)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

References

- [1] Cho, H. K., B. S. Park, D. H. Kang, and S. S. Kim(2017), The Main factor and Counterplan for Marine accidents in Korea, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 29, No. 3, pp. 746-756.
- [2] FIPA(2018), Fisheries and Port Agency, Guide book for fishing professional education, pp. 7-160.
- [3] Han, S. H.(2017), A Study on the Improvement for a Safety Training Course of the Commercial Fishing Vessel's Crew, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 29, No. 6, pp. 1657-1669.
- [4] Jejudominilbo(2015), <http://www.jejudomin.co.kr/news/articleView.html?idxno=66048> (2015, Nov. 16).
- [5] Jung, C. H.(2018), A Study on the Improvement of Safety by Accidents Analysis of Fishing Vessels, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 30, No. 1, pp. 176-186.
- [6] Kang, I. K., H. S. Kim, H. I. Shin, Y. W. Lee, J. C. Kim, and H. J. Kim(2007), Safety countermeasures for the marine casualties of fishing vessels in Korea, Journal Korean Society of Fisheries Technology, Vol. 43, No. 2, pp. 149-159.
- [7] Kang, I. K., H. S. Kim, J. C. Kim, B. S. Park, S. J. Ham, and I. H. Oh(2013), Study on the marine casualties in Korea, Journal Korean Society of Fisheries Technology, Vol. 49, No. 1, pp. 29-39.
- [8] Kim, W. S., H. J. Lee, S. J. Kim, H. S. Kim, and Y. W. Lee(2013), A basic study on control factor for the marine casualties of fishing vessels in Korea, Journal Korean Society of Fisheries Technology, Vol. 49, No. 1, pp. 40-50.
- [9] KMST(2017), Korean Maritime Safety Tribunal, Statistics of marine accident and casualty, pp. 5-58.
- [10] MOF(2013), Press Release, 30% reduction in fishing and fishery accidents by 2017, <http://www.mof.go.kr/>.
- [11] Kpilbo(2017), Korea Police Ilbo, <http://www.kpilbo.com/news/articleView.html?idxno=43373> (2017, Jul. 17).

- [12] Ryu, K. J. and H. S. Kim(2019), A Study on Improving Safety Education of Fishermens for Decreasing of Marine Accidents in Korea, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 31, No. 3, pp. 893-902.

Received : 2019. 10. 02.

Revised : 2019. 11. 07. (1st)
: 2019. 12. 18. (2nd)

Accepted : 2019. 12. 27.