(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0062133
(43) 공개일자 2023년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 30/20 (2020.01) *G06F 119/02* (2020.01)
G06F 30/15 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G06F 30/20 (2020.01)
G06F 30/15 (2020.01)
(21) 출원번호 10-2021-0147095
(22) 출원일자 2021년10월29일
심사청구일자 2021년10월29일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
정의필
울산광역시 남구 신복로79번길 14(무거동, 무거동롯데캐슬)
박현철
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 무한

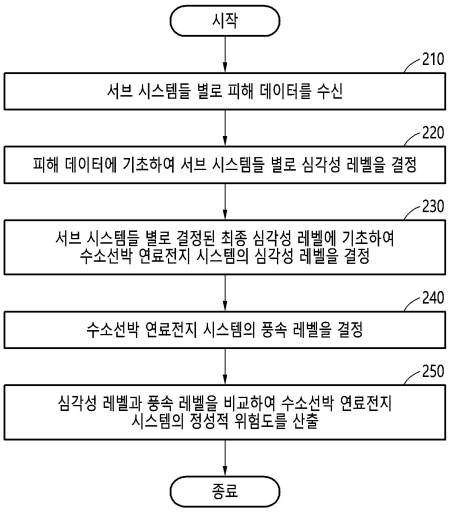
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **안전기반 수소추진선박의 설계 시 위험성 평가 방법 및 장치**

(57) 요 약

일 실시예에 따른 선박의 위험성을 평가하는 방법은, 수소선박 연료전지 시스템을 구성하는 서브 시스템들 별로 피해 데이터를 수신하는 단계, 수신된 피해 데이터에 기초하여 서브 시스템들 별로 최종 심각성 레벨(severity level)을 결정하는 단계, 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨에 기초하여 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 결정하는 단계, 수소선박 연료전지 시스템에 대한 해상 풍속 데이터에 기초하여 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 결정하는 단계, 및 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 비교하여 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06F 2119/02 (2020.01)
(72) 발명자
임옥택
울산광역시 남구 남부순환도로 86, 103동 604호(무거동, 무거동 한신휴플러스 아파트)
박영수
울산광역시 남구 대암로 81, 102동 302호(야음동, 신정현대홈타운1단지아파트)
김남우
울산광역시 동구 남목12길 39, 에이동 4층 시-405호(동부동, 신안그린파크)

명 세 서

청구범위

청구항 1

선박의 위험성을 평가하는 방법에 있어서,

수소선박 연료전지 시스템을 구성하는 서브 시스템들 별로 피해 데이터를 수신하는 단계;

상기 수신된 피해 데이터에 기초하여 상기 서브 시스템들 별로 최종 심각성 레벨(severity level)을 결정하는 단계;

상기 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨에 기초하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 결정하는 단계;

상기 수소선박 연료전지 시스템에 대한 해상 풍속 데이터에 기초하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 결정하는 단계; 및

상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 비교하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 피해 데이터는,

인체에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제1 피해 범위에 대한 데이터, 환경에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제2 피해 범위에 대한 데이터, 및 재산에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제3 피해 범위에 대한 데이터

를 포함하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 서브 시스템들 별로 심각성 레벨을 결정하는 단계는,

상기 서스 시스템들 중 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터를 사용하여 상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 대응하는 심각성 레벨을 결정하는 단계;

상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 결정된 심각성 레벨 중 가장 높은 심각성 레벨을 상기 제1 서브 시스템의 최종 심각성 레벨로 결정하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 대응하는 심각성 레벨을 결정하는 단계는,

상기 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터 중 하나의 피해 범위에 대한 데이터를 추출하는 단계; 및

상기 추출된 하나의 피해 범위에 대한 데이터를 사용하여 피해 범위와 심각성 레벨과의 상관관계를 통해 상기

제1 서브 시스템의 상기 하나의 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨을 결정하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가하는 단계는,

상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨 중 더 높은 레벨을 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험도로 산출하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 서브 시스템들 중 최종 심각성 레벨이 미리 정한 심각성 레벨 이상으로 결정된 서브 시스템들을 선별하는 단계;

상기 선별된 서브 시스템들 중 제2 서브 시스템에 대한 고장 확률(Probability of Failure on Demand, PFD)을 산출하는 단계; 및

상기 제2 서브 시스템에 대하여 산출된 고장 확률이 위험도 허용 기준(Risk Acceptance Criteria) 이상인 경우, 상기 제2 서브 시스템에 대한 수정(modify)을 요청하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계는,

상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD 사용 데이터를 데이터 북(data book)으로부터 로드하는 단계; 및

상기 로드된 PFD 사용 데이터에 기초하여 상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 서브 시스템에 대한 수정이 완료된 경우, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계; 및

상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD가 상기 위험도 허용 기준 이상인 경우, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 수정을 요청하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 수정된 제2 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계는,

상기 수정된 제2 시스템에 대한 독립방호계층(Independent Protection Layer, IPL) 값을 상기 데이터 북으로부터 로드하는 단계; 및

상기 로드된 IPL 값에 기초하여 상기 수정된 제2 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 10

하드웨어와 결합되어 제1항 내지 제9항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 11

선박의 위험성을 평가하는 장치에 있어서,

수소선박 연료전지 시스템을 구성하는 서브 시스템들 별로 피해 데이터를 수신하는 통신부; 및

상기 수신된 피해 데이터에 기초하여 상기 서브 시스템들 별로 최종 심각성 레벨(severity level)을 결정하고, 상기 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨에 기초하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 결정하며, 상기 수소선박 연료전지 시스템에 대한 해상 풍속 데이터에 기초하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 결정하고, 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 비교하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가하는 프로세서

를 포함하는 선박의 위험성을 평가하는 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 피해 데이터는,

인체에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제1 피해 범위에 대한 데이터, 환경에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제2 피해 범위에 대한 데이터, 및 재산에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제3 피해 범위에 대한 데이터

를 포함하는 선박의 위험성을 평가하는 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 서브 시스템들 중 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터를 사용하여 상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 대응하는 심각성 레벨을 결정하고, 상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 결정된 심각성 레벨 중 가장 높은 심각성 레벨을 상기 제1 서브 시스템의 최종 심각성 레벨로 결정하는

선박의 위험성을 평가하는 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터 중 하나의 피해 범위에 대한 데이터를 추출하고, 상기 추출된 하나의 피해 범위에 대한 데이터를 사용하여 피해 범위와 심각성 레벨과의 상관관계를 통해 상기 제1 서브 시스템의 상기 하나의 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨을 결정하는

선박의 위험성을 평가하는 장치.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨 중 더 높은 레벨을 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험도로 산출하는

선박의 위험성을 평가하는 장치.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 서브 시스템들 중 최종 심각성 레벨이 미리 정한 심각성 레벨 이상으로 결정된 서브 시스템들을 선별하고, 상기 선별된 서브 시스템들 중 제2 서브 시스템에 대한 고장 확률(Probability of Failure on Demand, PFD)을 산출하며, 상기 제2 서브 시스템에 대하여 산출된 고장 확률이 위험도 허용 기준(Risk Acceptance Criteria) 이상인 경우, 상기 제2 서브 시스템에 대한 수정(modify)을 요청하는

선박의 위험성을 평가하는 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD 사용 데이터를 데이터 북으로부터 로드하고, 상기 로드된 PFD 사용 데이터에 기초하여 상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하는

선박의 위험성을 평가하는 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제2 서브 시스템에 대한 수정이 완료된 경우, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하고, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD가 상기 위험도 허용 기준 이상인 경우, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 수정을 요청하는

선박의 위험성을 평가하는 장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 수정된 제2 시스템에 대한 독립방호계층(Independent Protection Layer, IPL) 값을 상기 데이터 북으로부터 로드하고, 상기 로드된 IPL 값에 기초하여 상기 수정된 제2 시스템에 대한 PFD를 산출하는

를 포함하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이하에서는, 안전기반 수소추진선박의 위험성을 정성적 및 정량적으로 평가하는 기술에 관하여 개시된다.

배 경 기 술

[0002] 수소추진선박의 설계에서는 안전이 가장 중요하다. 이에, 수소추진선박에 대한 위험 분석이 필요하다. 위험 분석이란, 위험한 상황을 미리 예측하고 그에 따른 사고 발생을 미연에 예방하는 일련의 활동을 말한다. 구체적으로, 위험 분석은, 사고에 이르게 되는 위험을 식별하고, 식별된 위험을 평가하며, 위험의 발생 원인과 시나리오에 대한 분석 활동을 수행함으로써, 사고가 발생하기 전 시스템 안전성 확보를 위한 대책을 수립하는 일련의 과정이라 할 수 있다. 이와 같이 위험 분석에 있어서 사고 발생에 대한 시나리오 및 위험 원인을 분석하는 것은 매우 중요한 일이다.

[0003] 종래에는 위험 분석 방법으로는 위험과 운전분석(Hazard and Operability Studies, HAZOP), 방호계층분석기법(Layer of protection analysis, LOPA) 등이 많이 이용되어 왔다. HAZOP은 공장 설비 프로세스에 존재하는 해저드(hazards) 및 운용 상의 문제점(operability problems)을 찾아내는 분석 기법을 의미한다. LOPA는 원하지 않는 사고의 빈도나 강도를 감소시키는 독립방호계층의 효과성을 평가하는 방법 및 절차를 의미한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0004] 일 실시예에 따른 선박의 위험성을 평가하는 방법은, 수소선박 연료전지 시스템을 구성하는 서브 시스템들 별로 피해 데이터를 수신하는 단계, 상기 수신된 피해 데이터에 기초하여 상기 서브 시스템들 별로 최종 심각성 레벨(severity level)을 결정하는 단계, 상기 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨에 기초하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 결정하는 단계, 상기 수소선박 연료전지 시스템에 대한 해상 풍속 데이터에 기초하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 결정하는 단계, 및 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 비교하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가하는 단계를 포함할 수 있다.

[0005] 상기 피해 데이터는, 인체에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제1 피해 범위에 대한 데이터, 환경에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제2 피해 범위에 대한 데이터, 및 재산에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제3 피해 범위에 대한 데이터를 포함할 수 있다.

[0006] 상기 서브 시스템들 별로 심각성 레벨을 결정하는 단계는, 상기 서스 시스템들 중 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터를 사용하여 상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 대응하는 심각성 레벨을 결정하는 단계, 상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 결정된 심각성 레벨 중 가장 높은 심각성 레벨을 상기 제1 서브 시스템의 최종

심각성 레벨로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 대응하는 심각성 레벨을 결정하는 단계는, 상기 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터 중 하나의 피해 범위에 대한 데이터를 추출하는 단계, 및 상기 추출된 하나의 피해 범위에 대한 데이터를 사용하여 피해 범위와 심각성 레벨과의 상관관계를 통해 상기 제1 서브 시스템의 상기 하나의 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가하는 단계는, 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨 중 더 높은 레벨을 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험도로 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에 따른 선박의 위험성을 평가하는 방법은, 상기 서브 시스템들 중 최종 심각성 레벨이 미리 정한 심각성 레벨 이상으로 결정된 서브 시스템들을 선별하는 단계, 상기 선별된 서브 시스템들 중 제2 서브 시스템에 대한 고장 확률(Probability of Failure on Demand, PFD)을 산출하는 단계, 및 상기 제2 서브 시스템에 대하여 산출된 고장 확률이 위험도 허용 기준(Risk Acceptance Criteria) 이상인 경우, 상기 제2 서브 시스템에 대한 수정(modify)을 요청하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계는, 상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD 사용 데이터를 데이터 북(data book)으로부터 로드하는 단계, 및 상기 로드된 PFD 사용 데이터에 기초하여 상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따른 선박의 위험성을 평가하는 방법은, 상기 제2 서브 시스템에 대한 수정이 완료된 경우, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계, 및 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD가 상기 위험도 허용 기준 이상인 경우, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 수정을 요청하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 수정된 제2 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계는, 상기 수정된 제2 시스템에 대한 독립방호계층(Independent Protection Layer, IPL) 값을 상기 데이터 북으로부터 로드하는 단계, 및 상기 로드된 IPL 값에 기초하여 상기 수정된 제2 시스템에 대한 PFD를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따른 선박의 위험성을 평가하는 장치는, 수소선박 연료전지 시스템을 구성하는 서브 시스템들 별로 피해 데이터를 수신하는 통신부, 및 상기 수신된 피해 데이터에 기초하여 상기 서브 시스템들 별로 최종 심각성 레벨(severity level)을 결정하고, 상기 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨에 기초하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 결정하며, 상기 수소선박 연료전지 시스템에 대한 해상 풍속 데이터에 기초하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 결정하고, 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 비교하여 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가하는 프로세서를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 피해 데이터는, 인체에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제1 피해 범위에 대한 데이터, 환경에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제2 피해 범위에 대한 데이터, 및 재산에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제3 피해 범위에 대한 데이터를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 프로세서는, 상기 서브 시스템들 중 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터를 사용하여 상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 대응하는 심각성 레벨을 결정하고, 상기 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 결정된 심각성 레벨 중 가장 높은 심각성 레벨을 상기 제1 서브 시스템의 최종 심각성 레벨로 결정할 수 있다.

[0016] 상기 프로세서는, 상기 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터 중 하나의 피해 범위에 대한 데이터를 추출하고, 상기 추출된 하나의 피해 범위에 대한 데이터를 사용하여 피해 범위와 심각성 레벨과의 상관관계를 통해 상기 제1 서브 시스템의 상기 하나의 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨을 결정할 수 있다.

[0017] 상기 프로세서는, 상기 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 상기 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨 중 더 높은 레벨을 상기 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험도로 산출할 수 있다.

[0018] 상기 프로세서는, 상기 서브 시스템들 중 최종 심각성 레벨이 미리 정한 심각성 레벨 이상으로 결정된 서브 시스템들을 선별하고, 상기 선별된 서브 시스템들 중 제2 서브 시스템에 대한 고장 확률(Probability of Failure on Demand, PFD)을 산출하며, 상기 제2 서브 시스템에 대하여 산출된 고장 확률이 위험도 허용 기준(Risk Acceptance Criteria) 이상인 경우, 상기 제2 서브 시스템에 대한 수정(modify)을 요청할 수 있다.

[0019] 상기 프로세서는, 상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD 사용 데이터를 데이터 북(data book)으로부터 로드하고, 상

기 로드된 PFD 사용 데이터에 기초하여 상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출할 수 있다.

[0020] 상기 프로세서는, 상기 제2 서브 시스템에 대한 수정이 완료된 경우, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하고, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD가 상기 위험도 허용 기준 이상인 경우, 상기 수정된 제2 서브 시스템에 대한 수정을 요청할 수 있다.

[0021] 상기 프로세서는, 상기 수정된 제2 시스템에 대한 독립방호계층(Independent Protection Layer, IPL) 값을 상기 데이터 북으로부터 로드하고, 상기 로드된 IPL 값에 기초하여 상기 수정된 제2 시스템에 대한 PFD를 산출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 수소선박 연료전지 시스템을 예시적으로 도시한다.

도 2는 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치가 수소선박 연료전지 시스템에 대한 위험성을 정성적으로 평가하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치가 수소선박 연료전지 시스템에 대한 위험성을 정량적으로 평가하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

도 4는 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치가 수소연료공급 시스템의 정량적 위험성을 평가하는 과정을 예시적으로 설명하는 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치의 구성을 간략히 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 구현될 수 있다. 따라서, 실제 구현되는 형태는 개시된 특정 실시예로만 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 실시예들로 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0024] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0025] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0026] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0027] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0028] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0030] 도 1은 수소선박 연료전지 시스템을 예시적으로 도시한다.

[0031] 일 실시예에 따르면, 수소선박 연료전지 시스템(100)은 5개의 서브 시스템(sub-system)으로 구성될 수 있다. 수소선박 연료전지 시스템(100)은 수소연료공급 시스템(110), 산소공급 시스템(120), 연료전지 스택(stack)(130), 배터리 시스템(140), 냉각 시스템(150)을 포함할 수 있다. 수소연료공급 시스템(110)은 수소선

박 연료전지 시스템(100)에 사용되는 수소를 공급하는 서브 시스템을 나타낼 수 있고, 산소공급시스템(120)은 수소선박 연료전지 시스템(100)에 사용되는 산소를 공급하는 서브 시스템을 나타낼 수 있다. 연료전지 스택(130)은 수소와 산소를 결합시켜 전력을 생산하는 서브 시스템을 나타낼 수 있다. 연료전지 스택(130)은 수소 연료공급 시스템(110)로부터 공급되는 수소와 산소공급 시스템(120)로부터 공급되는 산소를 사용하여 전기와 물, 및 열을 발생시킨다. 배터리 시스템(140)은 연료전지 스택(130)으로부터 발생된 전력의 형태를 변환할 수 있고, 연료전지 스택(130)으로부터 발생된 전력을 저장할 수 있다.

[0032] 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템(100)이 포함하는 5개의 서브 시스템들 각각을 고려하여 수소선박 연료전지 시스템(100)의 위험성을 정성적 및 정량적으로 평가할 수 있다. 보다 구체적으로, 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템(100)을 구성하는 5개의 서브 시스템들(예: 수소 연료공급 시스템(110), 산소공급 시스템(120), 연료전지 스택(130), 배터리 시스템(140), 냉각 시스템(150)) 각각에 대한 위험성을 정성적 및 정량적으로 평가함으로써 수소선박 연료전지시스템(100)의 위험성을 최종적으로 평가할 수 있다.

[0034] 도 2는 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치가 수소선박 연료전지 시스템에 대한 위험성을 정성적으로 평가하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

[0035] 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템에 대한 위험성을 정성적으로 평가할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 기존의HAZOP(hazard and operability studies)의 위험성 평가 방법을 사용하면서도 선박의 주변 해양 환경을 추가적으로 고려하여 정성적 위험성을 평가할 수 있다.

[0036] 동작(210)에서 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템(예: 도 1의 수소선박 연료전지 시스템(100))을 구성하는 서브 시스템들(예: 수소연료공급 시스템(110), 산소공급 시스템(120), 연료전지 스택(130), 배터리 시스템(140), 냉각 시스템(150)) 별로 피해 데이터를 수신할 수 있다.

[0037] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 서브 시스템들 별로 피해 데이터를 외부로부터 수신할 수 있다. 피해 데이터는 서브 시스템에 존재하는 위험 요인에 따라 발생할 수 있는 피해 강도를 예측한 데이터를 나타낼 수 있다. 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 서브 시스템에 대한 피해 데이터를 외부 장치로부터 수신하거나 사용자로부터 입력 받을 수 있다.

[0038] 일 실시예에 따르면, 피해 데이터는 피해 범위 별로 피해 강도를 예측한 데이터를 포함할 수 있다. 피해 범위는 피해가 미치는 범위를 나타낼 수 있고, 인체에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제1 피해 범위(예: "Human consequences"), 환경에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제2 피해 범위(예: "Environmental consequences"), 재산(property)에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제3 피해 범위(예: "Property consequences")로 분류될 수 있다. 다시 말해, 피해 데이터는 인체에 영향을 미치는 제1 피해 범위에 대한 데이터, 환경에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제2 피해 범위에 대한 데이터, 및 재산에 영향을 미치는 정도를 나타내는 제3 피해 범위에 대한 데이터를 포함할 수 있다.

[0039] 예를 들어, 피해 데이터는 신체의 부상 정도를 제1 피해 범위에 대한 피해 강도를 예측한 데이터로 포함할 수 있고, 사망자 수에 대한 데이터, 부지(site)의 내부 또는 외부에서의 손상(damage) 정도에 대한 데이터를 제2 피해 범위에 대한 피해 강도를 예측한 데이터로 포함할 수 있으며, 생산(production) 중단 기간 또는 추진(propulsion) 실패 기간에 대한 데이터 제3 피해 범위에 대한 피해 강도를 예측한 데이터로 포함할 수 있다.

[0040] 동작(220)에서 선박의 위험성 평가 장치는 서브 시스템들 별로 최종 심각성 레벨(severity level)을 결정할 수 있다.

[0041] 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 수신된 피해 데이터에 기초하여 서브 시스템들 별로 심각성 레벨을 결정할 수 있다. 심각성 레벨은 피해의 심각한 정도를 나타낼 수 있다. 심각성 레벨은 제1 심각성 레벨(예: "Low"), 제2 심각성 레벨(예: "Medium"), 제3 심각성 레벨(예: "High"), 제4 심각성 레벨("Catastrophic"), 제5 심각성 레벨("Disastrous")로 분류될 수 있다. 제1 심각성 레벨, 제2 심각성 레벨, 제3 심각성 레벨, 제4 심각성 레벨, 및 제5 심각성 레벨 순으로 심각성 크기가 커진다.

[0042] 이하에서는, 선박의 위험성 평가 장치가 5개의 서브 시스템들 중 하나의 서브 시스템인 제1 서브 시스템에 대한 심각성 레벨을 결정하는 과정을 설명한다. 예를 들어, 제1 서브 시스템은 수소연료공급 시스템, 산소공급 시스템, 연료전지 스택, 배터리 시스템, 또는 냉각 시스템이 될 수 있다.

[0043] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터를 사용하여 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 대응하는 심각성 레벨을 결정할 수 있다. 서브 시스템에 대한 피해 데이터는 제1 피해 범위에 대한 데이터, 제2 피해 범위에 대한 데이터, 제3 피해 범위에 대한 데이터를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 피해 범위와 심각성 레벨과의 상관관계에 기초하여 피해 범위 별로 대응하는 심각성 레벨을 결정할 수 있다. 피해범위와 심각성 레벨과의 상관관계는 아래 표 1과 같이 표현될 수 있다.

표 1

[0044]

심각성 레벨 피해 범위	제1 심각성 레벨 (Low)	제2 심각성 레벨 (Medium)	제3 심각성 레벨 (High)	제4 심각성 레벨 (Catastrophic)	제5 심각성 레벨 (Disastrous)
제1 피해 범위 (Human consequences)	Minor injury, first aid	Serious reversible injury	Serious irreversible injury, including one or more fatalities	Numerous fatalities from 10	Numerous fatalities from 100
제2 피해 범위 (Environmental consequences)	Minor reversible damage within the site	Minor reversible damage within or outside the site	Serious reversible damage within or outside the site	Serious medium lasting(less than 10 years) damage within or outside the site	Serious long lasting(more than 10 years) damage within or outside the site
제3 피해 범위 (Property consequences)	No effect, minor material damage	Minor production influence, minor propulsion intervention	Production interrupted for weeks, propulsion failure for weeks	Production interrupted for months, propulsion failure for months	Total loss

[0045] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제1 서브 시스템에 대한 피해 데이터로부터 특정 피해 범위(예: 제1 피해 범위, 제2 피해 범위, 또는 제3 피해 범위)에 대한 데이터를 추출할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 추출된 특정 피해 범위에 대한 데이터를 사용하여 피해 범위와 심각성 레벨과의 상관관계를 통해 제1 서브 시스템의 특정 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨을 결정할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 특정 피해 범위에 대한 데이터가 속하는 심각성 레벨을 제1 서브 시스템의 특정 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨로 결정할 수 있다. 보다 구체적으로, 선박의 위험성 평가 장치는 특정 피해 범위에 대한 데이터가 속하는 심각성 레벨을 높은 크기의 심각성 레벨부터 순차적으로 확인할 수 있다. 예를 들어, 선박의 위험성 평가 장치는 우선적으로 특정 피해 범위에 대한 데이터가 제5 심각성 레벨에 속하는지 여부를 판단할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 특정 피해 범위에 대한 데이터가 제5 심각성 레벨에 속하는 것으로 판단한 경우, 제1 서브 시스템의 특정 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨을 제5 심각성 레벨로 결정할 수 있다. 이어서, 선박의 위험성 평가 장치는 특정 피해 범위에 대한 데이터가 제5 심각성 레벨에 속하지 않은 것으로 판단한 경우, 특정 피해 범위에 대한 데이터가 제4 심각성 레벨에 속하는지 여부를 판단할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 특정 피해 범위에 대한 데이터가 제4 심각성 레벨에 속하는 경우, 제1 서브 시스템의 특정 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨을 제4 심각성 레벨로 결정할 수 있다.

[0046] 예시적으로, 선박의 위험성 평가 장치는 수소연료공급 시스템(예: 수소연료공급 시스템(110))에 대한 피해 데이터를 수신하는 경우, 수신된 피해 데이터 중 제1 피해 범위에 대한 데이터를 추출할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 피해 데이터로부터 추출된 제1 피해 범위에 대한 데이터가 100명 이상의 사상자("Numerous fatalities from 100")의 피해를 예측하는 경우, 수소연료공급 시스템에 대응하는 심각성 레벨을 제5 심각성 레벨로 결정할 수 있다.

[0047] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제1 서브 시스템의 피해 범위 별로 결정된 심각성 레벨 중 가장 높은 심각성 레벨을 제1 서브 시스템의 최종 심각성 레벨로 결정할 수 있다. 예를 들어, 수소연료공급 시스템의 제1 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨이 제2 심각성 레벨로 결정되고, 제2 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨이 제3 심각성 레벨로 결정되며, 제3 피해 범위에 대응하는 심각성 레벨이 제4 심각성 레벨로 결정된 경우, 선박의 위험성 평가 장치는 수소연료공급 시스템의 최종 심각성 레벨을 제4 심각성 레벨로 결정할 수 있다. 위

와 마찬가지의 방식으로, 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템을 구성하는 5개의 서브 시스템들 별로 최종 심각성 레벨을 결정할 수 있다.

[0048] 동작(230)에서 선박의 위험성 평가 장치는 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨에 기초하여 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 결정할 수 있다.

[0049] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨 중 가장 높은 심각성 레벨을 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨로 결정할 수 있다. 예를 들어, 서브 시스템들 중 배터리 시스템(예: 도 1의 배터리 시스템(140))에 대해 결정된 최종 심각성 레벨이 제4 심각성 레벨로서 가장 높은 경우, 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 제4 심각성 레벨로 결정할 수 있다.

[0050] 동작(240)에서 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템에 대한 풍속 레벨을 결정할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템의 주변 해양 환경을 고려하여 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가할 수 있고, 특히 해상 풍속을 고려함으로써 실제에 보다 적합한 정성적 위험성 평가를 수행할 수 있다.

[0051] 풍속 레벨은 보퍼트 풍력 계급(beaufort wind force scale)을 기준으로 3개의 레벨로 분류될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 풍속 레벨은 제1 풍속 레벨(예: "Beaufort Low"), 제2 풍속 레벨(예: "Beaufort Medium"), 제3 풍속 레벨(예: "Beaufort High")로 분류될 수 있다. 제1 풍속 레벨은 13.8m/s 이하의 해상 풍속에 대응하는 풍속 레벨, 제2 풍속 레벨은 13.8m/s 초과 및 20.7m/s 이하의 해상 풍속에 대응하는 풍속 레벨, 제3 풍속 레벨은 20.8m/s 초과의 해상 풍속에 대응하는 풍속 레벨을 각각 나타낼 수 있다. 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템에 대한 해상 풍속 데이터를 외부로부터 수신할 수 있고, 수신된 해상 풍속 데이터에 기초하여 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 결정할 수 있다. 예를 들어, 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템에 대한 해상 풍속 데이터로부터 해상 풍속이 21m/s인 것으로 판단한 경우, 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 제3 풍속 레벨로 결정할 수 있다.

[0052] 동작(250)에서 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 비교하여 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가할 수 있다.

[0053] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨 중 더 높은 레벨을 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험도로 산출할 수 있다. 예를 들어, 심각성 레벨 및 풍속 레벨의 각각은 서로 비교가 가능하도록 미리 결정된 범위 내의 수치로 변환될 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨이 변환된 수치와 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨이 변환된 수치를 서로 비교하고, 비교 결과에 따라 더 높은 수치를 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험도로 산출할 수 있다.

[0054] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 산출된 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험도를 디지털 트윈(digital twin)에 표시할 수 있다.

[0056] 도 3은 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치가 수소선박 연료전지 시스템에 대한 위험성을 정량적으로 평가하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

[0057] 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템에 대한 위험성을 정량적으로 평가할 수 있다. 기존의 LOPA(Layer Of Protection Analysis)의 위험성 평가 방법에서는 고장 확률을 나타내는 PFD(Probability of failure on demand)의 계산에 사용되는 데이터의 정확성이 보장되지 않았다. 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 기존의 LOPA의 위험성 평가 방법을 사용하면서도 PFD 계산에 사용되는 데이터를 데이터 북(Data Book)으로부터 로드(load)함으로써 PFD 계산에 사용되는 데이터의 정확성을 보장할 수 있으며, PFD의 계산을 정확히 수행할 수 있다. 여기서, 데이터 북은 미국 화학공정안전센터(Center for Chemical Process Safety, CCPS)에서 발행되고, 공장(plant) 내의 각 장비 및 설비 등의 고장 확률을 산출하여 평균값을 제시하고 있는 가이드라인 북을 나타낼 수 있다. 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템을 구성하는 서브 시스템들 중 최종 심각성 레벨이 일정 레벨 이상인 서브 시스템들에 대하여 정량적 위험성을 평가함으로써 수소선박 연료전지 시스템에 대한 위험성을 정량적으로 평가할 수 있다.

[0058] 동작(310)에서 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료전지 시스템(예: 도 1의 수소선박 연료전지 시스템(100))을 구성하는 서브 시스템들 중 최종 심각성 레벨이 미리 정한 심각성 레벨 이상으로 결정된 서브 시스템

들을 선별할 수 있다. 예를 들어, 미리 정한 심각성 레벨은 제3 심각성 레벨일 수 있으나, 반드시 미리 정한 심각성 레벨을 이로 한정하는 것은 아니다. 선박의 위험성 평가 장치는 서브 시스템들 중 최종 심각성 레벨이 제3 심각성 레벨(예: "High") 이상의 심각성 레벨로 결정된 서브 시스템들을 선별할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 선별된 서브 시스템들 각각에 대하여 개별적으로 정량적 위험성을 평가할 수 있다.

[0059] 동작(320)에서 선박의 위험성 평가 장치는 선별된 서브 시스템들 중 하나의 서브 시스템인 제2 시스템에 대한 고장 확률(Probability of Failure on Demand, PFD)을 산출할 수 있다.

[0060] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하기 위하여 PFD 사용 데이터를 데이터 북(data book)으로부터 로드할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 로드된 PFD 사용 데이터에 기초하여 상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출할 수 있다.

[0061] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 고장 확률의 평균값을 제시하는 데이터 북을 저장할 수 있고, 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하기 위해 저장된 데이터 북에 접근할 수 있다. 다른 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 데이터 북을 저장하고 있는 외부 장치와 통신을 수립할 수 있고, 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하기 위해 외부 장치와의 통신을 통해 상기 외부 장치에 저장된 데이터 북에 접근할 수도 있다. 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제2 서브 시스템의 PFD를 산출하기 위해, 제2 서브 시스템의 위험 요소와 관련된 구성들 각각에 대한 PFD 사용 데이터를 데이터 북으로부터 로드할 수 있다.

[0062] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 로드된 PFD 사용 데이터에 기초하여 상기 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 제2 서브 시스템의 위험 요소와 관련된 구성들 각각에 대하여 데이터 북으로부터 로드된 PFD 사용 데이터를 사용하여 제2 서브 시스템의 PFD를 산출할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제2 서브 시스템의 위험 요소와 관련된 구성들 각각에 대하여 데이터 북으로부터 로드된 PFD 사용 데이터를 합산함으로써 제2 서브 시스템의 PFD를 산출할 수 있다. 제2 서브 시스템의 PFD를 산출하는 예시와 관련하여서는 도 4에서 보다 구체적으로 설명한다.

[0063] 동작(330)에서 선박의 위험성 평가 장치는 제2 서브 시스템에 대하여 산출된 PFD가 위험도 허용 기준(Risk Acceptance Criteria, 이하 'RAC') 이상인 경우, 제2 서브 시스템에 대한 수정(modify)을 요청할 수 있다.

[0064] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제2 서브 시스템에 대하여 산출된 PFD와 위험도 허용 기준을 나타내는 RAC(Risk Acceptance Criteria)를 서로 비교할 수 있다.

[0065] 일 실시예에 따르면, RAC는 제2 서브 시스템에 따라 변경될 수 있다. 예를 들어, 수소연료공급 시스템(예: 도 1의 수소연료공급 시스템(100))과 산소공급 시스템(예: 도 1의 산소공급 시스템(120))에 대하여 위험도 허용 기준인 RAC는 서로 다른 값으로 설정될 수 있다.

[0066] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제2 서브 시스템에 대하여 산출된 PFD가 제2 서브 시스템에 대하여 설정된 RAC 이상인 경우, 제2 서브 시스템에 대한 수정(modify)을 요청할 수 있다. 예를 들어, 선박의 위험성 평가 장치의 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료 전지 시스템의 관리자에게 제2 서브 시스템에 대한 수정이 필요함을 통지할 수 있고, 수소선박 연료 전지 시스템의 관리자는 제2 서브 시스템의 구조를 변경하는 등의 조치를 취할 수 있다.

[0067] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료 전지 시스템의 관리자로부터 제2 서브 시스템에 대한 수정이 완료된 경우, 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출할 수 있다. 이때, 선박의 위험성 평가 장치는 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD가 여전히 RAC 이상인 경우, 수정된 제2 서브 시스템에 대한 수정을 재차 요청할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD가 RAC 미만인 경우, 수정된 제2 서브 시스템에 따라 수소선박 연료전지 시스템을 구성할 수 있고, 제2 서브 시스템에 대한 정량적 위험성 평가를 종료할 수 있다.

[0068] 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 수정된 제2 서브 시스템에 대한 PFD를 산출하기 위해 수정된 제2 서브 시스템에 대한 독립방호계층(Independent Protection Layer, IPL) 값을 데이터 북으로부터 로드할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 선박의 위험성 평가 장치는 제2 시스템에 대하여 로드된 IPL 값에 기초하여 수정된 제2 시스템에 대한 PFD를 산출할 수 있다. 보다 구체적으로, 선박의 위험성 평가 장치는 제2 시스템에 대하여 로드된 IPL 값에 수정전 제2 시스템에 대한 PFD를 곱한 값으로 수정된 제2 시스템에 대한 PFD를 산출할 수 있다.

[0070] 도 4는 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치가 수소연료공급 시스템의 정량적 위험성을 평가하는 과정을 예시적으로 설명하는 도면이다.

[0071] 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 수소연료공급 시스템(410)(예: 도 1의 수소연료공급 시스템(110))의 정량적 위험성을 평가할 수 있다. 도 4를 참조하면, 수소연료공급 시스템(410)은 수소를 저장하는 수소 탱크(411)를 포함할 수 있고, 수소 탱크(411)는 수소 공급 라인(420)을 통해 수소를 연료전지 스택(430)(예: 도 1의 연료전지 스택(130))으로 공급할 수 있다. 연료전지 스택(430)은 연료전지 스택 룸(431) 내에 배치될 수 있고, 연료전지 스택 룸(431) 내에는 가스 누출을 감지하는 제1 가스 누출감지기(441)가 배치될 수 있다.

[0072] 연료전지 스택 룸(431)에 배치된 제1 가스 누출감지기(441) 또는 수소연료공급 시스템(410)에 배치된 제2 가스 누출감지기(442)로부터 수소 누출이 감지되고, 수소 누출이 감지되어 프로그래머블 로직 컨트롤러(Programmable Logic Controller, 이하 'PLC')(450)가 수소연료공급 시스템(410) 내의 기존의 차단 밸브(471)를 작동시켜 수소의 공급을 차단하는 시나리오 및 수소연료공급 시스템(410)에 대한 RAC가 2.5×10^{-3}로 설정된 경우를 가정한다.

[0073] 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치는 수소연료공급 시스템(410)에 대한 PFD를 산출할 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 수소연료공급 시스템(410)의 위험 요소와 관련된 구성인 제1 가스 누출감지기(441), 제2 가스 누출감지기(442), PLC(450), 및 기존의 차단 밸브(471)의 PFD 사용 데이터를 데이터 북으로부터 로드할 수 있다. 예를 들어, 데이터 북으로부터 로드된 가스 누출 감지기(441, 442)에 대한 PFD 사용 데이터가 2.27×10^{-4}, PLC(450)에 대한 PFD 사용 데이터가 6.34×10^{-4}, 차단 밸브(471)에 대한 사용 데이터가 2.22×10^{-3}인 경우, 선박의 위험성 평가 장치는 수소연료공급 시스템(410)에 대한 PFD를 로드된 PFD 사용 데이터를 모두 합산한 값인 3.08×10^{-3}로 산출할 수 있다. 이러한 경우, 선박의 위험성 평가 장치는 수소연료공급 시스템(410)에 대한 PFD가 RAC 이상이므로, 수소연료공급 시스템(410)에 대한 수정(modify)을 요청할 수 있다.

[0074] 이어서, 선박의 위험성 평가 장치는 수소선박 연료 전지 시스템의 관리자로부터 수정된 수소연료공급 시스템(410)에 대하여 입력 받을 수 있다. 예를 들어, 선박의 위험성 평가 장치는 수소 공급 라인(420) 상에서 기존의 차단 밸브(471)에 추가적인 차단 밸브(472)가 직렬로 연결되는 구조로 수정된 수소연료공급 시스템(410)을 입력 받을 수 있다. 선박의 위험성 평가 장치는 수정된 수소연료공급 시스템(410)에 대한 IPL 값을 데이터 북으로부터 로드할 수 있다. 보다 구체적으로, 선박의 위험성 평가 장치는 PLC(450), 제1 가스 누출감지기(441), 제2 가스 누출감지기(442), 기존의 차단 밸브(471), 및 추가된 차단 밸브(472)를 고려한 IPL 값을 데이터 북으로부터 로드할 수 있다. 예를 들어, 데이터 북으로부터 로드된 IPL 값은 3.15×10^{-1}일 수 있다.

[0075] 선박의 위험성 평가 장치는 수정된 수소연료공급 시스템(410)에 대하여 로드된 IPL 값(예: 3.15×10^{-1})에 수정전 수소연료공급 시스템(410)의 PFD(예: 3.08×10^{-3})을 곱한 값으로 수정된 수소연료공급 시스템(410)의 PFD를 산출할 수 있다. 예를 들어, 수정된 수소연료공급 시스템(410)의 PFD는 9.70×10^{-4}로 산출될 수 있다. 이러한 경우, 수정된 수소연료공급 시스템(410)의 PFD가 RAC 미만이므로, 수정된 수소연료공급 시스템(410)으로 수소선박 연료전지 시스템이 구성될 수 있다.

[0077] 도 5는 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치의 구성을 간략히 도시한 블록도이다.

[0078] 일 실시예에 따른 선박의 위험성 평가 장치(500)는 통신부(510), 프로세서(520), 및 메모리(530)를 포함할 수 있다. 통신부(510)는 수소선박 연료전지 시스템(예: 도 1의 수소선박 연료전지 시스템(100))을 구성하는 서브 시스템들(예: 도 1의 수소연료공급 시스템(110), 산소공급 시스템(120), 연료전지 스택(130), 배터리 시스템(140), 냉각 시스템(150)) 별로 피해 데이터를 수신할 수 있다. 통신부(510)는 데이터 북을 저장하고 있는 외부 장치와 통신을 수립할 수 있다. 프로세서(520)는 피해 데이터에 기초하여 서브 시스템들 별로 최종 심각성 레벨을 결정할 수 있다. 프로세서(520)는 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨에 기초하여 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 결정할 수 있다. 또한, 프로세서(520)는 수소선박 연료전지 시스템에 대한 해상 풍속 데이터에 기초하여 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 결정할 수 있다. 프로세서(520)는 수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨과 수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 비교하여 수소선박 연료전지 시스템의 정성적 위험성을 평가할 수 있다. 더 나아가, 프로세서(520)는 도 2 내지 도 4에서의 동작을 전반적

으로 수행할 수 있다. 메모리(530)는 서브 시스템들 별로 수신된 피해 데이터를 저장할 수 있고, 서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨을 저장할 수 있다. 또한, 메모리(530)는 서브 시스템들 별로 RAC를 만족하는 서브 시스템들 각각의 구조를 저장할 수 있다.

[0080] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0081] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0082] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있으며 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

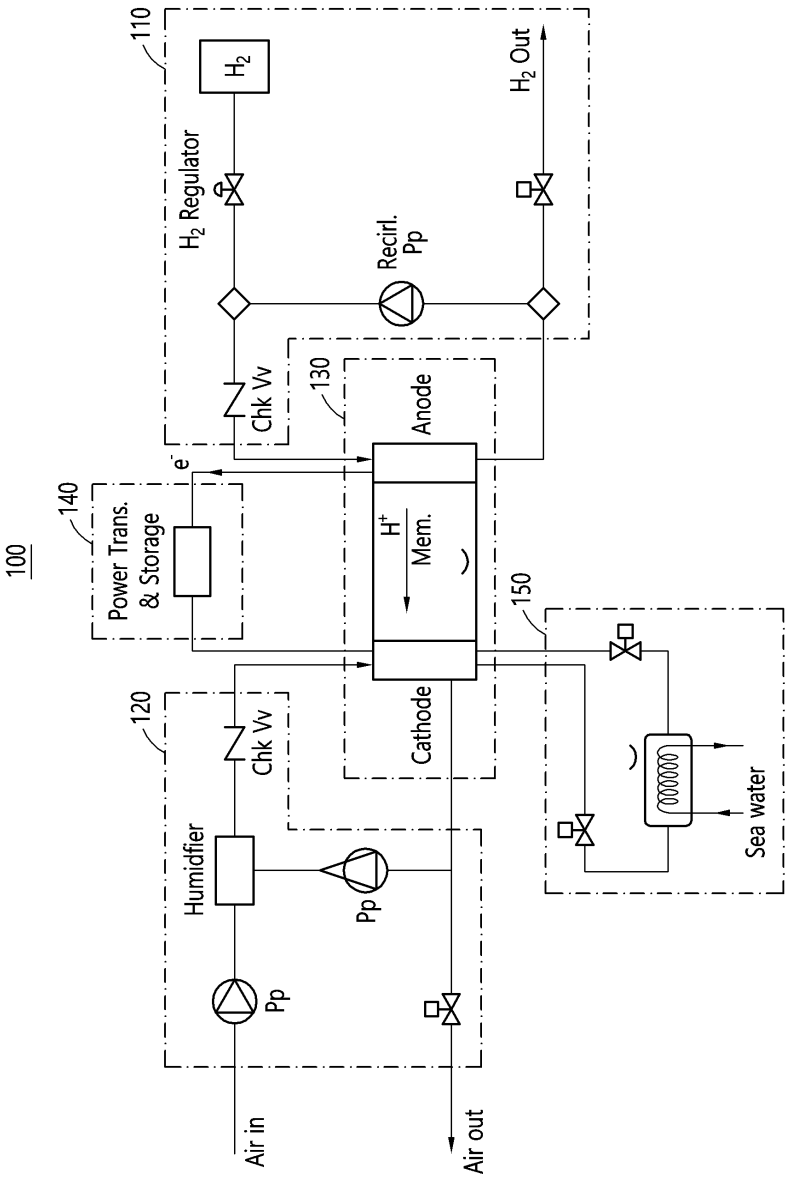
[0083] 위에서 설명한 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 또는 복수의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0084] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

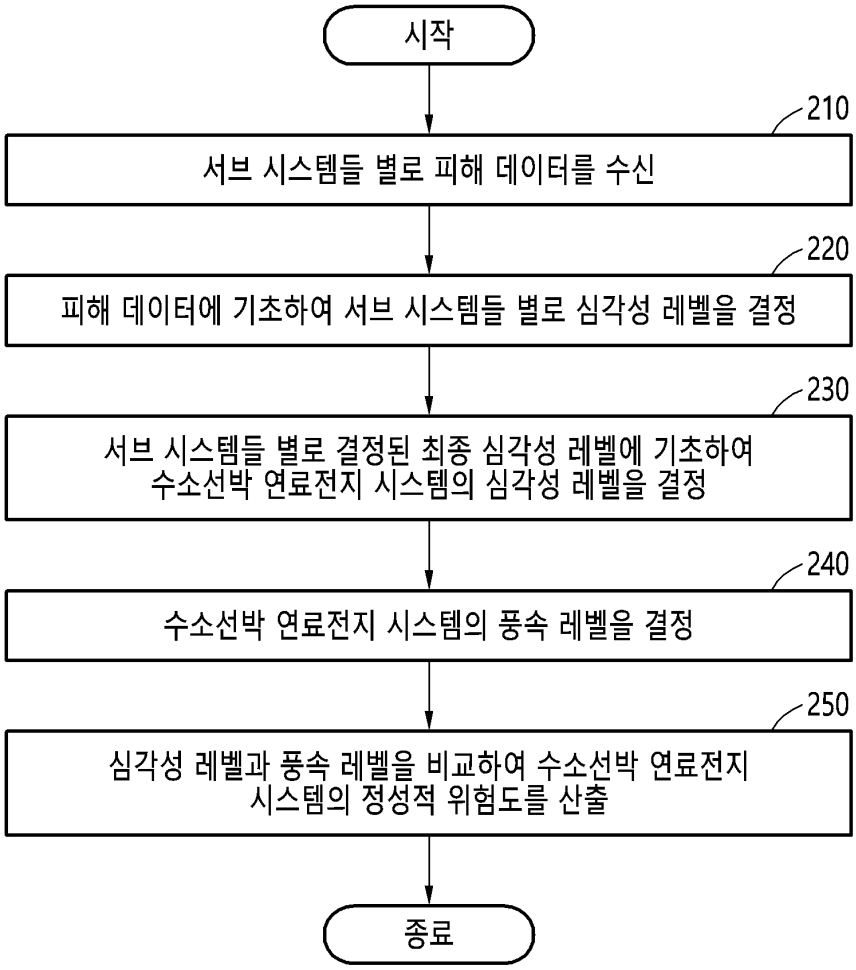
[0085] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

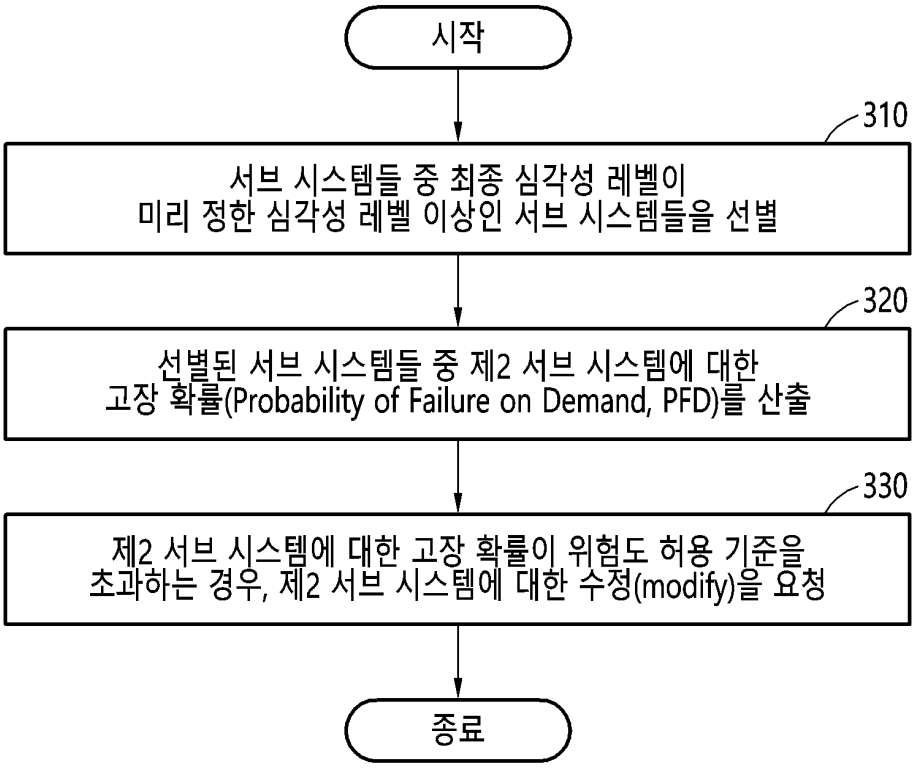
도면1


100
110
H_2
H_2 Regulator
H_2 Out
Recirl. Pp
Chk Vv
130
Anode
e^-
140
Power Trans. & Storage
H^+
Mem.
150
120
Cathode
Chk Vv
Humidfier
Pp
Pp
Sea water
Air in
Air out

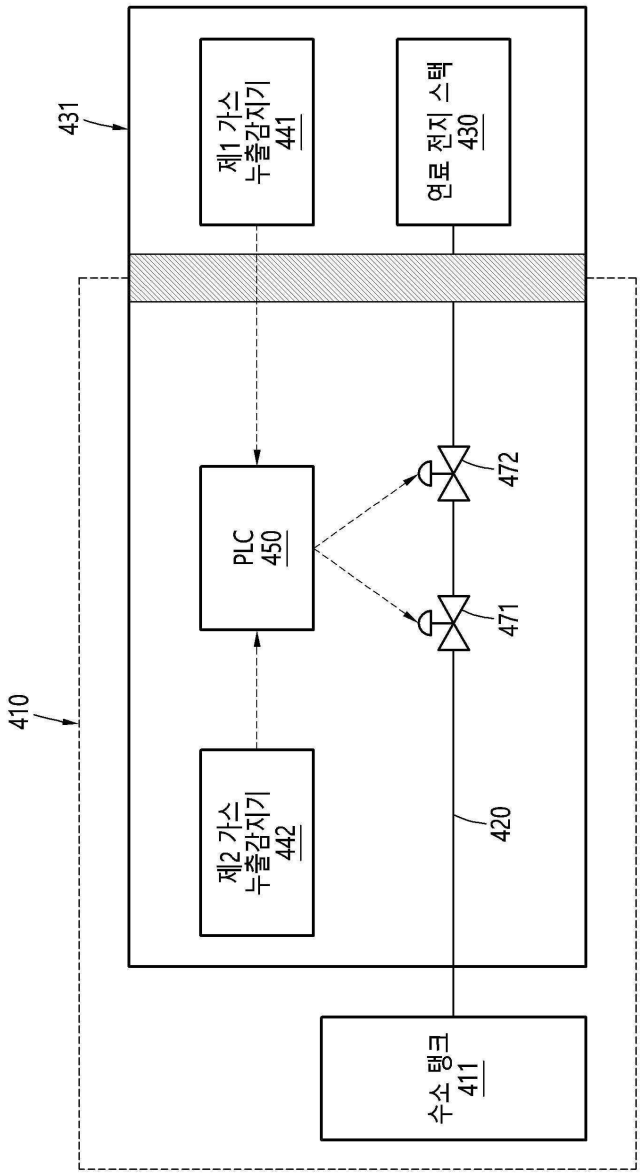
도면2


시작
210
서브 시스템들 별로 피해 데이터를 수신
220
피해 데이터에 기초하여 서브 시스템들 별로 심각성 레벨을 결정
230
서브 시스템들 별로 결정된 최종 심각성 레벨에 기초하여
수소선박 연료전지 시스템의 심각성 레벨을 결정
240
수소선박 연료전지 시스템의 풍속 레벨을 결정
250
심각성 레벨과 풍속 레벨을 비교하여 수소선박 연료전지
시스템의 정성적 위험도를 산출
종료

도면3


시작
310
서브 시스템들 중 최종 심각성 레벨이
미리 정한 심각성 레벨 이상인 서브 시스템들을 선별
320
선별된 서브 시스템들 중 제2 서브 시스템에 대한
고장 확률(Probability of Failure on Demand, PFD)를 산출
330
제2 서브 시스템에 대한 고장 확률이 위험도 허용 기준을
초과하는 경우, 제2 서브 시스템에 대한 수정(modify)을 요청
종료

도면4


431
제1 가스
누출감지기
441
연료 전지 스택
430
PLC
450
472
471
410
제2 가스
누출감지기
442
420
수소 탱크
411

도면5

