



2022

직류배전시스템 지침

GC-29-K

한 국 선 급

“직류배전시스템 지침”의 적용

1. 이 지침은 별도로 명시하는 것을 제외하고 2022년 7월 1일 이후 건조계약 되는 선박에 적용한다.
2. 2020년판 지침에 대한 개정사항 및 그 적용일자는 아래와 같다.

적용일자 : 2022년 7월 1일

제 2 장 시스템 및 전기설비

 제 1 절 시스템 설계

 - 105.의 1항 및 3항 (1)호 (가)를 개정함

차 례

제 1 장 일반사항	1
제 1 절 일반사항	1
제 2 절 도면 및 자료	3
제 2 장 시스템 및 전기설비	5
제 1 절 시스템 설계	5
제 2 절 전기설비	11
제 3 장 제어시스템	15
제 1 절 일반사항	15
제 2 절 시스템 설계	15
제 4 장 선급 검사	17
제 1 절 일반사항	17
제 2 절 시험 및 검사	17
제 3 절 직류차단기 시험 및 검사	18
제 5 장 위험도 평가	19
제 1 절 일반사항	19
제 2 절 위험도 평가	20

제 1 장 일반사항

제 1 절 일반사항

101. 적용

1. 이 지침은 직류배전시스템을 갖춘 선박으로 등록하고자 하는 선박에 대하여 적용한다.
2. 이 지침은 직류배전시스템을 통해 중요용도 및 거주편의용도에 필요한 전력을 공급하는 선박의 전기설비 및 제어시스템에 적용하며, 직류배전시스템 및 관련 전기설비의 설계, 설치 및 운용에 대한 요건을 포함한다.
3. 이 지침에서 규정하지 아니하는 사항은 선급 및 강선규칙의 각 해당 요건에 따른다. 다만, 직류배전시스템에 적용할 수 없는 요건은 제외한다.
4. 이 지침에 포함되지 않은 사항에 대하여는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따라 ISO, IEC, KS 또는 이와 동등 이상의 인정된 기준에 따를 수 있다.

102. 용어의 정의

용어의 정의는 여기에 별도로 정하는 경우를 제외하고는 선급 및 강선규칙에 따른다.

1. 직류 부스(DC Bus)라 함은 직류 부하 및 전원을 상호 연결하는 직류배전시스템을 말한다.
2. 직류 어셈블리(DC Assembly)라 함은 부하 및 전원용 직류 부스와 상호 연결된 모듈이 있는 캐비닛을 말한다.
3. 중요용도라 함은 선박의 추진, 조타 및 안전에 필수적인 용도를 말한다. 중요용도는 일차중요용도와 이차 중요요로 구분되며 정의 및 예는 선급 및 강선규칙 6편 1장 101. 4항 (12)호에 명시되어 있다.
4. 거주편의용도라 함은 선박에서 선원 및 여객을 위한 최소한의 쾌적한 환경을 유지하기 위하여 운전이 필요한 용도를 말한다. 거주편의상태를 유지하기 위한 장치는 선급 및 강선규칙 6편 1장 101. 4항 (13)호와 같다.
5. 에너지관리시스템(EMS: energy management system)이라 함은 에너지 용량의 모니터링 및 제어 시스템을 포함하는 배터리시스템의 상위 관리 시스템을 말한다. 에너지관리시스템의 기능이 전원관리시스템(PMS, power management system)에 포함된 경우, 전원관리시스템을 에너지관리시스템으로 간주한다.
6. 배터리관리시스템(BMS: battery management system)이라 함은 전류, 전압, 온도 등의 값을 측정하여 배터리를 효율적으로 관리할 수 있도록 충·방전 상태를 감시하며, 비정상 작동 시 안전장치를 작동시키는 등 배터리의 기능을 안전하게 제어하기 위한 시스템을 말한다.
7. 배터리시스템(battery system)이라 함은 배터리 제어장치와 연결된 독립 운영이 가능한 장치로서 하나 이상의 모듈 혹은 배터리팩이 직렬 또는 병렬로 연결되어 있는 집합체를 말하며, 배터리의 충·방전을 위한 전력변환장치를 포함할 수 있다.
8. 전력변환장치(electric power converter)이라 함은 배터리로부터 지정된 직류전력을 교류로 변환하여 전력계통에 전력을 공급하거나 직접 교류부하에 전력을 공급하는 기능과 전력계통으로부터 교류전력을 직류로 변환하여 배터리에 전력을 저장하는 기능이 모두 가능한 장치를 말한다.
9. 돌입전류(inrush current)라 함은 전기기기의 전원 투입 시 순간적으로 발생하는 과도전류를 말한다.
10. 공통모드노이즈(common-mode noise)라 함은 동위상에서 발생하는 방해신호를 말한다.
11. 고주파노이즈(high frequency noise)라 함은 주파수가 기본 주파수의 1,000배 보다 크고 전압이 전력시스템의 실효치 전압의 2배 이하인 모든 신호를 말하며, 작은 레벨의 임펄스를 포함한다.
12. 비접지시스템(IT system)라 함은 모든 통전부분을 대지로부터 절연하거나 또는 전원의 1점을 임피던스를 통해 대지로 접속하여 전기기기의 노출 도전성 부분을 단독 혹은 일괄로 접지하거나 또는 계통의 접지에 접속하는 접지 계통을 말한다.
13. 절연감시장치(IMD: insulation monitoring device)라 함은 비접지시스템(IT)의 절연저항을 감시하는 장치를 말한다.
14. 절연고장위치탐지시스템(IFLS: insulation fault locator system)라 함은 비접지시스템(IT)의 절연고장 위치를 찾아내는 시스템을 말한다.
15. 아크플래쉬(arc flash)라 함은 충전도체 사이의 절연이 파괴되어 화재나 화상을 일으킬 수 있는 일종의 공기 중 방전현상을 말한다.
16. 개인보호장비(PPE: personal protective equipment)라 함은 위험으로부터 인명을 보호하기 위하여 착용하는 모든 장치 또는 기기를 말한다.

103. 동등효력

이 지침에 만족하지 않거나 적용할 수 없는 대체설계 및 신기술의 동등효력에 대해서는 선급 및 강선규칙 1편 1장 104.를 따른다. (2020)

104. 규정의 증감

직류배전 관련 기술은 개발 중에 있는 사항이므로 상황별로 추가적인 고려사항 및 요건이 발생할 수 있으며, 이 지침의 요건에 따르지 않는 설계가 동등한 수준의 안전을 보장할 경우 우리 선급에 의해 평가 후 승인될 수 있다.

제 2 절 도면 및 자료

201. 일반사항

직류배전시스템이 설치되는 선박에 대하여는 공사를 시작하기 전에 다음 202. 및 203.에 기재된 도면 및 자료를 우리 선급에 제출하여야 한다. 또한 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우 아래에 규정된 것 이외의 추가 도면 및 자료의 제출을 요구할 수 있다.

202. 승인용 도면 및 자료

승인용 도면 및 자료는 여기에 별도로 정하는 경우를 제외하고는 선급 및 강선규칙에 따른다.

- (1) 전력조사표(주 및 비상전원(배터리 포함))
- (2) 주전력 계통도(비상전원 포함)
- (3) 단락전류 계산서(전체계통에 대해 최대부하 조건에서 계산한 결과 포함)
- (4) 위험도 평가 보고서(필요한 경우)
- (5) 전압강하 계산서 (Voltage-drop Calculations)
- (6) 시험 절차서(Test Procedure)

203. 참고용 도면 및 자료

(1) 기능설명서

배전시스템 및 장비에 대한 기능설명서에는 아래 사항들을 포함하여 정상운전 조건 및 예상 가능한 비정상 조건 하에서 성능 기준, 시스템 성능 및 기능성을 상세히 설명하여야 한다.

- (가) 성능저하 모드
- (나) 부하관리 및 부하분담 방안
- (다) 접지 방안
- (라) 시스템 전기적 보호 방안
- (마) 시스템 안정성
- (바) 전력변환장치의 기능 설명 및 기술적 사양
- (사) 직류부스 및 직류부스 덕트의 기술적 사양
- (아) 전력관리시스템의 기능 설명 및 기술적 사양
- (자) 가변속 발전기 기술적 사양(운전속도 범위, 고장전류 허용한계 포함)

(2) 운영 매뉴얼

운영 매뉴얼은 선내에 비치되어야 하며, 선급의 요청시 관련 정보를 제출하여야 한다. 운영 매뉴얼에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (가) 시스템의 세부 사항 및 설명
- (나) 장비 및 시스템의 운영지침서(화재 격리 측면 포함)
- (다) 설치된 장치에 대한 유지보수 방법(감전 및 아크 플래시로 인한 부상 방지절차 포함)
- (라) 소프트웨어 구성 관리 절차(시스템에 설치된 소프트웨어의 모든 버전 목록과 설정, 시스템 또는 장치별 구성 매개 변수의 값 포함)

(3) 보호협조 검토 보고서 (Protective Device Coordination Study) ↓

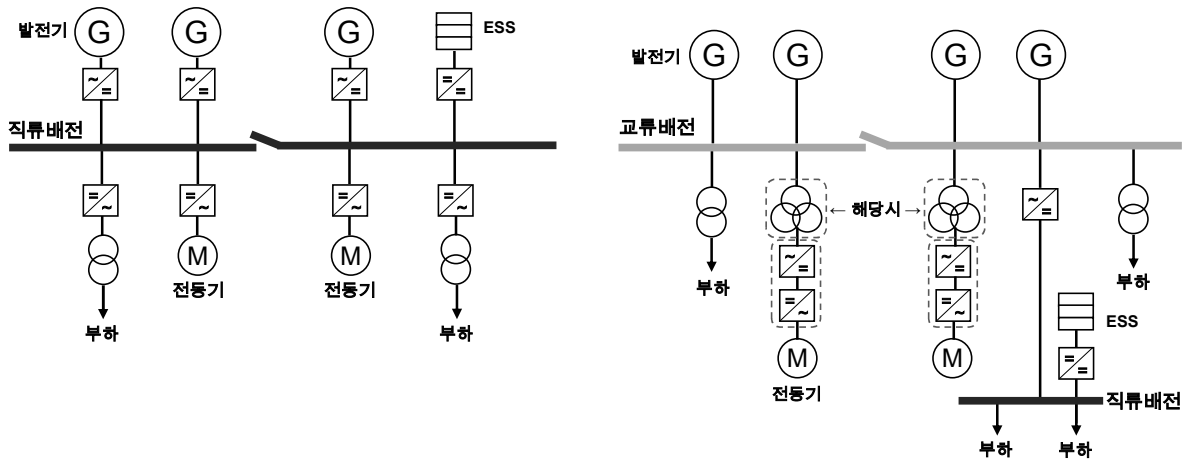
제 2 장 시스템 및 전기설비

제 1 절 시스템 설계

101. 일반사항

1. 일반사항

- (1) 직류배전시스템의 일반적인 구성은 그림 2.1과 같이 직류배전을 전원측에 적용할 경우와 부하측에 적용할 경우로 구분할 수 있다.



(1) 직류배전시스템을 전원측에 적용할 경우

(2) 직류배전시스템을 부하측에 적용할 경우

그림 2.1 직류배전시스템의 일반 구성도

- (2) 모든 구성 요소와 시스템은 각 개별 정격을 초과하지 않는 정상적인 전류를 허용할 수 있어야 하며, 예상되는 과부하 및 과도 전류(예: 커패시터 돌입 전류)가 정상운전에 영향을 미쳐서는 아니 된다.
- (3) 시스템은 테드쉽 및 정전상태를 고려하여 설계하여야 한다.
- (4) 선원 및 승객의 부상과 장비의 손상을 방지하도록 적절한 보호장치를 갖춘 전기설비를 제공하여야 한다.
- (5) 시스템 설계자는 선박의 예상 운전모드에 대하여 규정하여야 한다.
 - (가) 배전시스템의 급전에 사용되는 전원 (발전기, 배터리, 연료전지 등)
 - (나) 각 전원의 운전모드 (정전압, 정전류 및 가변전압 등)
 - (다) 배전시스템의 구성 (최소한 적용되는 접지 및 보호협조 등을 포함)
- (6) 시스템 및 장비에 대한 개조 및 추가는 사전에 승인을 받아야 하며, 전류의 허용용량, 최대 고장전류, 고조파 함유량, 전력 품질 및 보호장치 선정과 같은 기존 시스템 설계에 영향을 미치는 요소에 특히 주의하여야 한다.
- (7) 고조파 왜곡, 전압맥동, 전류맥동 및 기타 전력품질 저하요인(스파이크, 순간전압강하(sags), 서지 등)을 측정, 기록 및 보고하기 위한 전력품질 모니터링 수단이 제공되어야 한다.
- (8) 선급 및 강선규칙 6편 1장 1절에 정의된 중요용도에 이중화가 요구되는 경우, 이들 중요용도는 단일 고장으로 인해 양쪽 급전이 모두 손실되지 않도록 공통의 급전선, 보호장치, 제어장치를 사용하지 않고 가능한 멀리 떨어진 곳의 배전반 또는 분전반에서 개별적으로 급전되어야 한다.

2. 배전방법

- (1) 직류 배전방법은 다음의 어느 것으로도 할 수 있다.
 - (가) 절연 2선식
 - (나) 1극 접지 2선식
 - (다) 중성점 접지 3선식

3. 전압 및 주파수

- (1) 공급전압은 다음에 규정하는 값을 넘어서는 아니 된다.

- (가) 고정배선되는 취사기 및 전열기 : 500 V
- (나) 전기 추진설비 : 교류 15,000 V, 직류 3,000 V
- (다) 발전기, 동력장치 : 교류 15,000 V, 직류 1,500 V
- (라) 전등, 거실 또는 식당 등의 전열기 및 (가), (나) 및 (다) 이외의 것 : 250 V
- (2) 전압 및 주파수의 변동
 - (가) 주 및 비상전원으로부터 급전되는 모든 전기기기는 통상 일어나는 전압 및 주파수 변화에서 지장 없이 동작하는 것이어야 한다.
 - (나) 국내 또는 국제기준에서 특별히 규정하지 아니하는 한, 다음 조건에서 모든 전기기기는 정격치로부터 표 2.1의 변동에서도 지장없이 동작하는 것이어야 한다.
 - (a) 교류 회로에 대하여 표 2.1의 (a)에 표시된 전압 및 주파수변동을
 - (b) 직류발전기에서 공급되거나 정류기에서 변환하여 공급되는 직류 회로에 대하여 표 2.1의 (b)에 표시된 전압변동을
 - (다) 전기설비는 시스템 설계자에 의해 규정된 정격전압 및 주파수의 최대·최소값과 맥동의 허용한계치를 고려하여 설계되어야 한다.
 - (라) 양방향 전력조류(bi-directional flow of power)가 발생할 경우, 배전시스템은 발생하는 전력변동에 견딜 수 있어야 하며, 허용 가능한 양방향 전력조류값이 시스템 설계자에 의해 명시되어야 한다.

표 2.1 전압 및 주파수 변동

(a) 교류 배전계통 전압 및 주파수 변동		
구분	변동률	
	정상상태	과도상태
주파수	± 5 %	± 10 % (5초)
전압	+ 6 %, -10 %	± 20 % (1.5초)

(b) 직류 배전계통 전압 변동	
파라미터	변동률
전압 허용한계 (정상상태)	± 10 %
전압주기 변동 편차	5 %
전압맥동 (정상직류전압에 대한 교류 실효치)	10 %

- (3) 과도 과전압에 대한 분석 결과와 보호방안이 검토용으로 제출되어야 한다.

4. 고조파 왜곡

- (1) 배전시스템의 전체 고조파 왜곡(THD)은 8%를 초과하여서는 아니 되며, 단일 고조파는 3%를 초과하여서는 아니 된다.
- (2) 설치된 모든 장비와 시스템이 더 높은 특정한 제한치로 설계되고 제한치에 대한 여유가 문서화(고조파 왜곡 계산보고서)되어서 각 정기적 검사 시 검사원에게 참고용으로 제출할 경우에는 이 제한치를 초과할 수 있다.

5. 접지

- (1) 배터리 시스템은 새시(chassis)와 배터리 셀 사이의 전압 펄스를 손상시키지 않도록 선체와 절연되어야 한다. 직접 접지 또는 고임피던스 접지를 필요로 하는 직류 전원에 대해서는 필요한 조치가 구현되어 관련 기국에 의해 승인되어야 한다.
- (2) 반도체소자 방식의 전력변환장치를 통해 부하에 전력을 공급하는 배전시스템은 전기적 절연(galvanic isolation) 및 접지분리(ground separation)가 되어야 한다.

6. 하이브리드 시스템의 적용

- (1) 발전원으로 사용되는 회전기계는 기본적으로 선급 및 강선규칙 6편 1장 3절의 요건을 만족하여야 한다.
- (2) 일반적으로 발전원에는 고정속도 및 가변속도 발전기, 연료전지, 배터리 및 기타 유형의 에너지원이 포함될 수 있

- 다. 이러한 에너지원은 독립된 발전원으로 사용되거나 다른 에너지원과 결합하여 주전원으로 사용될 수 있다.
- (3) 직류부스에서 병렬로 연결된 발전기 또는 다른 전원의 전압이 동일할 경우 동기화가 요구되지 않을 수도 있다. 다만, 교류발전기와 동일한 수준의 독립성 및 기계적 제어(local control)가 가능하도록 계기류 및 조정장치(adjustment devices)는 각 전원마다 독립적으로 설치되어야 한다.
 - (4) 직류 발전원으로 연료전지를 사용할 경우에는 “선박용 연료전지 시스템 지침”을, 배터리를 사용할 경우에는 “선박용 배터리시스템 지침”을 따른다.

102. 주전원 및 비상전원

1. 주전원

- (1) 주전원은 선급 및 강선규칙 6편 1장 202.의 요건에 따른다.

2. 비상전원

- (1) 비상전원은 선급 및 강선규칙 6편 1장 203.의 요건에 따른다.

103. 배전 시스템

1. 일반사항

- (1) 직류배전시스템과 결합하여 사용되는 교류배전시스템은 선급 및 강선규칙 6편 1장 204.의 요건을 만족하여야 한다.
- (2) 배전시스템은 주파수와 전압이 고정된 전통적인 교류시스템, 가변주파수의 교류시스템 및 직류 인버터 시스템을 모두 포함할 수 있다.
- (3) 배전시스템은 적어도 2개의 독립된 시스템으로 구성되어야 하며, 단락 및 과전류보호가 가능한 보호장치에 의해 분리되어야 한다. 보호장치는 선택차단이 가능하여야 하며, 고장확산을 막을 수 있어야 한다.
- (4) 각 에너지 저장 회로는 통상적으로 직류원(예: 배터리)이며, 제어되는 직류/직류 전력변환장치를 통해 직류 배전에 연결되어야 한다. 다만, 다른 회로와의 기능 요건을 만족하는 경우 제어장치 없이 직접 연결되어야 한다.

2. 직류부스

- (1) 직류부스의 크기는 발전원(발전기, 연료전지 및 ESS 등) 및 연결된 모든 개별 전력변환장치의 정격 출력전류 등을 고려하여 결정되어야 한다.
- (2) 직류부스는 예상 단락전류에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.
- (3) 부스덕트를 사용하여 선박 전체에 전력을 분배하고 제어하는 경우, 부스덕트는 IEC 61439-6 또는 기타 인정된 표준에 따라 설계, 제작 및 설치되어야 한다.
- (4) 부스에 대한 보호시스템은 다른 보호시스템과 상호 보호협조가 이루어져야 한다.
- (5) 주전원이 선박 추진 전력으로 공급될 경우, 주 직류부스는 적어도 두 개의 구획으로 분리되어야 하며, 직류차단기 또는 기타 승인 된 수단에 의해 연결되어야 한다.

3. 배전시스템 연결

- (1) 교류 및 직류 배전시스템의 조합은 모든 정상 및 고장 조건에 대해 안전하게 동작됨이 문서를 통해 증명되어야 한다. 또한, 시스템의 병렬 운전은 시험을 통해 문서화되고 검증되어야 한다.
- (2) 만약 2개 이상의 직류 배전시스템이 연결된다면, 특별한 주의가 요구된다. 직류부스는 단로기 또는 반도체소자와 절연장치(isolator)로 조합된 보호장치를 갖추어야 한다.
- (3) 여러 직류 배전시스템의 조합으로 인해 정상운전 능력을 저하시켜서는 아니 된다.
- (4) 교류시스템과 연결된 직류배전시스템은 전력변환장치(인버터)를 통해서 교류시스템에 연결되어야 한다. 전력변환장치(인버터)는 양방향으로 전력을 공급할 수 있다.
- (5) 직류배전시스템은 전원측 고장발생시 혹은 다른 가용전원으로 재급전시 다른 직류배전시스템으로 연결될 수 있다. 이러한 다른 직류배전시스템으로의 연결은 기충전회로(precharge circuits), 퓨즈 및 단로기의 결합 또는 반도체 장치를 기반으로 하는 전자스위치와 결합된 절연체(isolator)를 통해 활성화 될 수 있다.
- (6) 예비회로에 연결된 부스의 정격은 모든 운전조건에 대하여 문서화되어야 하며, 상호연결에는 다음의 기능을 수행하는 데 필요한 내장 보호 기능이 있어야 한다.
 - (가) 모든 고장을 안전하게 제어
 - (나) 고장난 직류배전시스템을 안전하게 분리
 - (다) 직류배전시스템에 연결된 다른 회로를 트립하지 않고 건전한 직류배전시스템은 정상적으로 작동 유지
- (7) 최악의 고장 상황에서 고장제거 및 나머지 회로의 정상운전 유지를 위해 (6)호의 기능은 시험되고 문서화되어야 한다.

104. 보호 시스템

1. 일반사항

- (1) 고장발생시 사고지점 분리 및 유지보수를 위한 개폐장치가 제공되어야 한다.
- (2) 선급 및 강선규칙 6편 1장 205.에 따라 과전류 및 단락전류로부터 시스템의 모든 부분을 보호할 수 있는 효과적인 수단이 제공되어야 한다.
- (3) 사고 발생시 전원을 분리시킬 수 있도록 외부 회로차단기 혹은 단로기와 연동하는 반도체소자가 직류배전시스템에 설치되어야 한다.
- (4) 전압 급상승, 전압강하, 공통모드 노이즈, 고주파 노이즈, 정전, 서지 및 위협을 초래할 수 있는 기타 조건과 같은 시스템 장애를 고려하여 설계되어야 한다.
- (5) 전압 급상승 또는 서지로부터 연결된 장비의 영구적인 손상을 방지하기 위해서 서지어레스터를 사용하거나 시스템 설계자 또는 선급이 필요하다고 인정하는 다른 방법으로 전압을 제한하여야 한다.
- (6) 전기 설비는 가능한 한 IEC 60092-101 및 IEC 60092-352에 따라 기계적 손상 위험에 노출되지 않도록 배치되어야 한다. 발전원의 설계 및 배치 시 안전장벽(Safety barrier)이 설정되어야 한다.

2. 회로보호

- (1) 각 장비 및 배전시스템의 접지와 관련하여 절연파괴를 탐지하기 위한 적절한 수단이 제공되어야 하며, 탐지시 경보를 발하여야 한다.
- (2) 전압 및 주파수 변동을 한계 내에서 시동전류, 돌입전류 및 고장전류를 안전하게 차단하는 능동 보호 기능이 제공되어야 한다.
- (3) 순환전류 차단을 위해서 전기적 절연(galvanic isolation)이 고려되어야 한다.
- (4) 직류버스 혹은 직류배전 내 어떠한 사고(고장)가 다른 직류 배전시스템에 연결된 부하의 트립을 유발시켜서는 아니 된다.
- (5) 각 능동제어장비는 연결된 장비 및 반도체 소자를 외부사고 및 내부의 열적사고에 대해 보호하기 위한 감시 및 보호기능을 갖추어야 한다.
- (6) 동기화 및 전원이 투입되지 않은 버스(dead bus)의 연결을 포함한 정상적인 개폐동작은 전력변환장치의 소프트웨어 및 차단기에 의해 제어되어야 한다.
- (7) 정전 후 복구 기능과 함께, 필요할 경우 전력변환장치(인버터) 시스템은 자동으로 교류시스템에 연결하여 직류측 전원에서부터 전력공급을 유지할 수 있어야 한다.
- (8) 보호 및 제어 시스템은 감시, 고장 탐지 및 고장 처리를 포함해야 한다. 포괄적인 분석으로 관련 작동 모드에서 실제 처리 시간 및 고장 현재 상태를 문서화해야 한다.
- (9) 직류 및 교류 시스템이 동일한 설비에서 사용되는 경우 선택차단 되어야 하며, 전체 계통에 걸쳐 보호협조가 이루어져야 한다.

3. 발전기의 보호

- (1) 직류 주배전에 전력을 공급하는 각 발전기는 정류기를 갖추어야 하며, 이때의 정류기는 직류배전반의 일부로 설치되거나 발전기측에 별도로 설치될 수 있다. 정류기는 능동소자 혹은 수동소자가 사용될 수 있다.
- (2) 만약 수동형 정류기일 경우에는, 직류 전압은 발전기 여자제어시스템에 의해 제어되어야 한다.
- (3) 전기설비의 정격은 발전기의 모든 운전조건에 대해 문서화 되어야 한다.
- (4) 내부 고장발생시, 원동기는 정지되어야 하며, 에너지원은 bus로부터 분리되어야 한다.

4. 버스차단

- (1) 단락사고가 발생하게 되면, 버스차단기는 사고지점을 분리 차단하고, 건전한 나머지 시스템은 사고회복 후, 정상동작을 유지할 수 있어야 한다.

5. 단락보호

- (1) 발전기 및 전동기로 인한 단락전류의 기여도는 각 제품의 특성에 따라 계산되어야 한다. 그리고 연결된 전력변환장치의 기여도는 실제 사용된 기술을 기반으로 계산된다.
- (2) 단락전류 계산서는 제출되어야 하며, 이때 계산방법에 대한 설명도 포함되어야 한다.
- (3) 직류배전 시스템에는 사고 전류의 영향을 제한하는 수동 또는 능동 제어 부품이 포함될 수 있다. 필요할 경우 설계 단계에서 시험하여 검증해야 한다.
- (4) 발전기측, 버스측, 부하측 등 모든 부분의 단락전류를 고려하여 보호시스템이 구성되어야 하며 적합한 보호협조가 이루어져야 한다.
- (5) 발전기측 고장에 대비하여 적어도 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (가) 단락사고로 인해 운전 중인 나머지 발전기들의 과부하 상태를 방지하기 위해 부하를 자동으로 감소시킬 수 있어야 한다.
- (나) 발전기측 전력변환장치의 내부고장에 대비하여 개별 발전기 및 부스 사이에 후비보호 설비를 마련하여야 한다.
- (다) 고장난 발전기는 자동으로 탈여자되어야 하며 부스로부터 분리되어야 한다.
- (라) 발전기측 전력변환장치는 직류부스에서 발전기로 역전력이 공급되는 것을 막을 수 있어야 한다.
- (6) 부스측 고장에 대비하여 적어도 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - (가) 직류부스측 단락사고 발생시 보호성능을 입증하는 형식시험서 혹은 시뮬레이션 결과서를 제공하여야 한다.
 - (나) (가) 번과 관련하여, 발전기와 전력변환장치 사이의 보호협조 및 단락사고 동안 연결된 전력변환장치의 내성
- (7) 부하측 고장에 대비하여 적어도 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - (가) 부하측 전력변환장치 모듈의 내부고장에 대비하여 부스와 전력변환장치 사이에 후비보호 설비를 마련하여야 한다.
 - (나) 부하측 전력변환장치 모듈의 내부 고장 발생 시, 해당 모듈을 보호하는 퓨즈(또는 보호장치)만 트립되어야 하며 같은 직류 부스에 연결된 다른 전력변환장치 모듈에 영향을 미쳐서는 아니 된다.

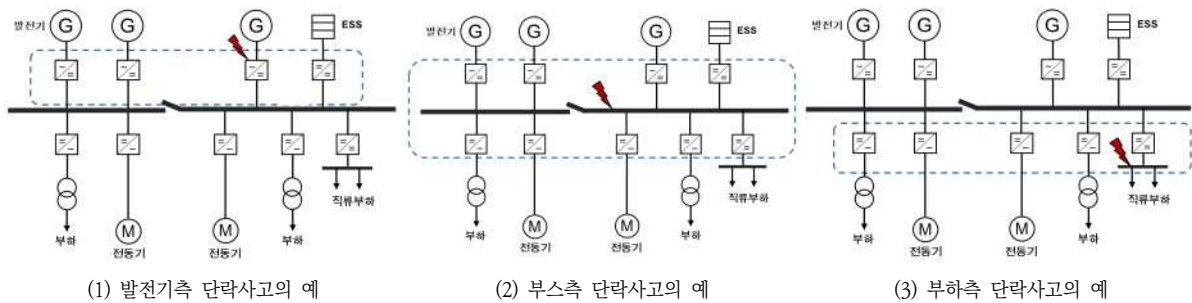


그림 2.2 직류배전 시스템의 단락사고의 예

6. 보호장치

- (1) 일반사항
 - (가) 퓨즈, 반도체 또는 차단기에 의한 별도의 보호 기능은 관련 고장 수준 및 시스템 전압 대해 공급 업체가 문서화 한 직류 또는 교류 정격에 대한 요구 사항을 충족해야 한다.
 - (나) 감전 방지를 위해 IEC 60364-4-41의 요구 사항을 충족해야 한다.
 - (다) IT 시스템이 최초 누전시 분리되지 않도록 설계된 경우, 최초 누전의 발생은 IEC 61557-8에 따른 절연감시장치(IMD)에 의해 표시되어야 하며 IEC 61557-9에 따른 절연고장위치시스템(IFLS)과 결합할 수 있다.
 - (라) 전압레벨이 안전 초저압 레벨(50V) 이하로 떨어질 때까지 커패시터에 대한 접근을 막는 인터록 장치가 제공되어야 한다.
 - (마) 절연된 직류시스템은 연결된 부하까지의 지락을 검출할 수 있는 지락 감시, 감지 및 경보 장치가 제공되어야 한다.
- (2) 퓨즈
 - (가) 퓨즈가 고장 보호용으로 사용되는 경우 단로기도 함께 설치되어야 한다.
 - (나) 전력변환장치의 고장 전류를 제한하기 위해 퓨즈가 설치되는 경우, 보호기능의 활성화는 이중화 부하에 영향을 미치거나 다른 부하의 상실의 원인이 되어서는 아니 된다.
 - (다) 배전을 위한 전력변환장치를 보호하기 위해 사용되는 퓨즈는 볼트 타입이어야 한다. 대체 장치가 제안된 경우, 연결 저항의 증가로 인하여 보호 시스템의 선택차단에 악영향을 받지 않음을 입증하여야 한다.
- (3) 반도체소자를 사용한 회로 보호장치
 - (가) 반도체 소자와 같은 단락회로 보호를 위해 다른 소자가 사용될 수 있다. 전기적 절연(갈바닉 절연) 및 단락회로 보호는 별도의 장치로 제공될 수 있다.
 - (나) 직류배전 시스템에 공급되는 전원 유형에 따라, 보호 기능은 전원을 보호할 수 있어야 한다.
 - (다) 능동형 반도체 시스템은 반도체 소프트웨어 내에 보호 기능을 내장하여야 하며, 별도의 단로장치가 교류시스템과 같은 보호기능을 포함하여야 한다. 고장발생시 반도체 소프트웨어는 단로장치를 트립시켜야 한다.
 - (라) 수동 정류기(passive rectifier)는 개별 보호장치를 갖추어야 한다.
 - (마) 직류 전력변환장치 시스템의 보호기능은 관련 IEC 표준에 따라 설계되어야 한다. 보호기능은 시험되고 문서화

되어야 한다.

105. 선외수전 설비

1. 적용

직류배전 계통의 선외수전설비가 선내에 설치되는 경우 105.의 해당 요건을 만족하여야 하며, 고전압 선외수전설비는 선급 및 강선규칙 9편 8장의 요건을 만족하여야 한다. 저전압 선외수전설비는 IEC PAS 80005-3의 요건을 적용할 수 있다. (2022)

- (1) 육상 계통(interconnection)이 배터리 충전에 사용되는 경우, 배터리관리시스템을 통해 육상계통 전류의 독립적인 제어가 가능하도록 설계하여야 한다.
- (2) 전체 충전시스템은 전력 수요의 특성과 기간에 따라 적용 유형에 맞게 설계되고 검증되어야 한다. 예를 들어, 제한된 충전시간을 가질 경우에는 자동충전방식이 적용 가능하다.
- (3) 전력전달시스템의 모든 작동 단계를 포함하는 안전성 분석이 이루어져야 한다. 자동 연결 시스템은 우리 선급이 인정한 시험 절차에 따라 시험되어야 한다. 기계적 수동 조작은 선상 및 육상 모두 가능해야 한다.
- (4) 전력교환시스템은 선체의 예상되는 진동 조건에서도 이상 없이 운전 가능하여야 한다.
- (5) 선박의 직류배전시스템 또는 육상전원 연결에는 육상 시스템의 고장시 육상으로의 역전류를 방지하는 수동 또는 제어 기능이 갖추어져 있어야 한다. 육상과 선박 시스템의 상호 연결시 사고확산(cascading faults)이 방지되어야 한다.
- (6) 육상으로부터의 전원 공급은 교류/직류 혹은 직류/직류 전력변환장치를 통해 직류배전시스템에 연결하거나 모든 기능적인 요건을 충족하는 경우 선박 설계에 정의된 대로 연결될 수 있다. 전원 공급을 안전하게 분리시키기 위해 직류배전 시스템에는 단로기가 설치되어야 한다.

2. 선박-육상간 연결 및 인터페이스 장비

(1) 케이블관리시스템

- (가) 케이블의 처짐을 최소화하고 제한 장력이 초과되는 것을 방지하여 최적의 케이블 길이를 유지할 수 있어야 한다.
- (나) 시설에 정박하는 동안 육상전원에 연결되지 않는 선내 시스템을 포함하여 선박의 접안 및 계류 시스템과 간섭되지 않도록 위치하여야 한다.
- (다) 정상상태에서의 작동 및 적하시 케이블 굽힘 반지름은 제작업체에서 권고하는 최소 굽힘 반경 이상으로 유지되어야 한다.
- (라) 작업이 완료되면 케이블을 회수하고 적재할 수 있어야 한다.

(2) 케이블 장력 감시

- (가) 케이블관리시스템은 케이블의 장력이 설계 허용치를 초과하지 않도록 하여야 한다.
- (나) 최대 케이블 장력을 감지하는 수단이 제공되거나 케이블 장력을 제한하는 능동(active) 케이블관리시스템이 제공될 경우, 케이블 길이의 부족을 감지하는 수단이 두 단계로 제공되어야 한다.

1단계 : 경보

2단계 : 비상정지기능 작동

(3) 케이블 길이 감시

- (가) 케이블관리시스템은 케이블이 선박흡수와 조수차의 전 범위에 대한 선박의 운동과 부두형태에 따른 전후 또는 외곽으로의 허용되는 최대이동범위를 수용할 수 있어야 한다.
- (나) 케이블 길이가 변화할 경우, 남은 케이블 길이를 감시하는 수단이 두 단계로 제공되어야 한다.

1단계 : 경보

2단계 : 비상정지기능 작동

(4) 등전위 본딩 감시

선박과 육상간 연결 케이블에 의해 생성된 등전위 본딩의 유효성을 지속적으로 감시하여야 한다.

3. 플러그 및 리셉터클

(1) 일반사항

- (가) 플러그 및 리셉터클의 일반적인 핀 배치를 포함한 상세사항은 IEC/IEEE 80005-1의 부속서 그리고 IEC 62613-1 및 IEC 62613-2를 따라야 한다. (2022)
- (나) 플러그 및 리셉터클은 사용위치에서 연결 상태를 확실하게 고정하는 기계식 잠금장치를 설치하여야 한다.
- (다) 플러그 및 리셉터클이 잘못 연결되지 않도록 설계되어야 한다.
- (라) 리셉터클은 접지스위치가 닫히지 않은 상태에서 플러그를 뽑거나 쫓을 수 없도록 접지스위치와는 인터록이 되어야 한다.

제 2 절 전기설비

201. 일반사항

1. 적용

- (1) 전기설비는 다양한 환경조건 하에서 만족스럽게 작동하여야 한다. 기본적으로, **선급 및 강선규칙 6편 1장**의 해당 요건을 만족하여야 한다.
- (2) 전기설비의 설계 및 설치뿐만 아니라 재료 및 부품은 정상조건 및 예상되는 비정상조건에서도 연속적인 기능을 유지하고 아래의 위험요소를 감소시킬 수 있도록 선정되어야 한다.
 - (가) 선원 및 승객의 부상
 - (나) 장비 및 장비내부 시스템의 손상
 - (다) 인접한 장비 및 시스템의 손상
 - (라) 선박의 손상
- (3) 전기설비는 정상적으로 작동할 수 있도록 정격(전압, 전류, 전력 등)을 선정하여야 하며, 필요한 경우 추가적인 보완 자료가 요청될 수 있다.

2. 구조 및 배치

- (1) 상호 연결된 장비 사이에 발생할 수 있는 진동을 보완할 수 있도록 적절한 배치 설계를 하여야 한다.
- (2) 정격전압이 다른 케이블이나 전기기기 등이 내부에서 접촉되지 않아야 하며, 장비의 구조는 주변 장비에 손상을 주지 않도록 적절한 절연 및 보호장치가 제공되어야 한다.
- (3) 외함(enclosure)은 **선급 및 강선규칙 적용지침 6편 1장 표 6.1.6**의 해당 보호등급을 만족하여야 한다.

202. 발전기

1. 가변속 직류발전 실제 속도 범위의 제한을 가진 원동기에 넓은 속도 범위를 허용한다. 따라서 전력관리시스템은 작동 범위 내의 다양한 원동기 속도에서 가용전력의 차이를 고려해서 구성되어야 한다.
2. 원동기의 연료소모량, 배출량, 속도, 동력 및 토크 성능은 선정된 속도범위에서 문서화 되어야 하며, 원동기는 자체 안전시스템에 의해 보호되어야 한다.
3. 발전기는 선정된 속도범위 내의 어떠한 속도에서도 운전이 가능하여야 하며, 속도범위 내에서의 전력과 고장전류 허용 한계는 문서화되어야 한다.
4. 고정 또는 가변속 교류발전기의 경우, 회로 보호 및 정격은 선급 및 강선규칙 6편 1장 3절을 준수하여야 한다.
5. 계자 권선에 의해 감자(de-excited)될 수 없는 발전기의 경우, 원동기에 대한 정지 장치가 고려되어야 한다.
6. 가변속 교류발전기는 원동기의 특성에 따라 달라질 수 있다. 이러한 속도 변화로 인해 발전기는 전체 속도 범위에 걸쳐 발생가능한 고장상황(전압 변동률 뿐 만 아니라 열적조건 및 단락 사고전류 모두를 포함)에 대해 보호되어야 한다.
7. 영구자석발전기(permanent excited generator)가 사용되는 곳에서는 전력변환장치/차단기와 발전기 사이의 단락 시 원동기를 정지시키기 위한 별도의 보호 장치를 갖추어야 한다.
8. 정류기가 전력이 역으로 공급되는 것을 차단하면, 역전력과 같은 보호 기능은 생략될 수 있다.

203. 배터리

1. 일반사항

- (1) 직류부스에 연결되어 충전되는 배터리는 시스템의 전기적 결함의 모든 영향으로부터 보호되어야 한다.
- (2) 직류부스에 연결되어 충전되는 배터리는 유지보수 시에 단자를 **안전하게 분리해서 전압을 안전한 수준으로 감소시킬 수 있는 장치를** 제공하여야 한다. 동등한 수준의 안전성을 제공하는 대안은 특별한 고려 대상이 된다.
- (3) 모든 충전 조건 하에서 최대 배터리 전압은 연결된 기기의 안전값을 초과하지 않아야 한다.
- (4) 배터리와 병렬로 작동하는 발전기(들) 또는 전력변환장치의 전압 특성은 각각의 개별 용도에 적합해야 한다.
- (5) 최대 충전 전압에서 작동할 수 있는 장치가 아닌 경우, 전압 조정기(voltage regulator) 또는 다른 전압 제어 수단이 제공되어야 한다.
- (6) 배터리를 전원 공급 시스템으로 사용하는 경우 충전(급속충전 포함) 및 방전 중 전압을 지정된 제한 범위 내로 유지하기 위해 적절한 조치를 취해야 한다.
- (7) 배터리 회로의 단락전류 계산은 배터리의 용량에 영향을 미치는 실제 충전 상태, 에이징 및 기타 요인에 따라 구분되어야 한다.

2. 보호시스템

- (1) 각 배터리 스트링(string)은 그 스트링에서 발생하는 고장을 분리하고 병렬 스트링으로부터의 발생할 수 있는 단락 영향을 막기 위한 개별 보호장치를 갖추어야 한다.
- (2) 배터리시스템에는 배터리와 직류 배전 사이에 단로 장치가 있어야 한다.
- (3) 배터리시스템은 IT 접지시스템을 적용하여야 하며, 절연을 감시하고 이상시 경보를 보낼 수 있는 수단이 마련되어야 한다.
- (4) 배터리는 단락을 포함하여 과전류 보호를 제공하는 보호장치에 의해 배전시스템에 연결되어야 한다. 사용되는 보호 장치는 선택차단이 가능하여야 하며, 사고확산을 방지하여야 하며, 전류의 방향에 관계없어야 한다.
- (5) 배터리시스템은 여러 가지 안전요건을 고려하여 설계되어야 한다.
- (6) 배터리시스템은 전주기 동안 충전 및 방전시 적용 가능한 최대 방전율(C-rate)을 고려하여야 한다.
- (7) 배터리 셀의 온도 상태가 감시되어야 하며, 온도가 셀의 영구적인 성능저하 위험이 있거나 과열 및 열 발산의 위험이 있는 영역에 있는 경우 공통 가시각 경보를 발하여야 한다.
- (8) 배터리시스템은 제조업체가 지정한 주위온도에서 작동할 수 있도록 충분한 냉각 장치를 갖추어야 한다.
- (9) 배터리시스템은 배터리를 감시 및 보호하고 시스템의 내부 온도 및 전압 그리고 내부 셀 밸런싱을 제어하는 배터리관리시스템(BMS)을 갖추어야 한다.

204. 전력변환장치

1. 적용

- (1) 선급 및 강선규칙 6편 1장 12절의 요건에 추가하여, 전력변환장치는 다음의 요건을 만족하여야 한다.
- (2) 전력변환장치는 IEC 60146 및 IEC 62477 등과 같이 국제표준 또는 동등이상의 규격에 따라 설계되어야 한다.
- (3) 이 절에서 언급한 전력변환장치는 변환 유형이 직류/교류, 교류/직류, 직류/직류 일 수 있으며, 능동형이나 수동형 제어 유형이 적용될 수 있다.
- (4) 전력변환장치의 소프트웨어 개발은 선급 및 강선규칙 6편 2장에 따라 수행되어야 한다.
- (5) 전력변환장치를 통해 직류부스에서 일정한 전력을 공급받는 전력부하는 불안정성(instability)을 발생시키지 않아야 한다.

2. 성능

- (1) 직류부스와 부하사이에 전력을 공급하는 전력변환장치는 보호장치의 선택차단에 필요한 시간 동안 필요로 하는 전류를 공급할 수 있어야 한다. 전원 공급장치는 결함 제거 후 자동으로 복구되어야 한다.
- (2) 전력변환장치는 실행 가능한 한 모든 정상조건 및 예상 가능한 비정상 조건하에서 직류부스로부터의 전압 및 전류 스파이크를 손상이나 트립 없이 제어할 수 있어야 한다.
- (3) 선급 및 강선규칙 적용지침 6편 1장 203.에 따라 정전 후, 최대 45초 이내에 규정된 중요용도에 자동으로 급전할 수 있도록 전력변환장치는 정전 후 자동적으로 기동되고 직류모선에 연결되어야 한다.
- (4) 병렬로 동작하도록 구성된 전력변환장치는 일시적인 과부하를 포함하여 최대 부하까지 안정된 부하 분담을 할 수 있어야 한다.
- (5) 전력변환장치는 퓨즈 또는 회로차단기와 같은 전용의 보호장치를 대신하여 단락회로의 최종 보호장치로 사용될 수 없다. 단, 모든 정상조건 및 예상 가능한 비정상 조건에서 전력변환장치가 안전한 동작범위를 유지함이 입증된 경우에는 예외로 한다.
- (6) 전력변환장치가 고장 보호를 제공하도록 배치되는 경우 전력변환장치의 입력 전원에서 안전하게 분리할 수 있도록 단로기(disconnector) 또는 스위치단로기(switch disconnector) 가 제공되어야 한다.
- (7) 전력변환장치는 입력 또는 출력 단자의 단락 전류 또는 과부하 전류로 인한 영구적인 손상으로부터 보호되어야 한다.
- (8) 전력변환장치로부터 발생하는 전압맥동은 정상시스템 운전이 영향을 미치지 않는 수준으로 완화되어야 하며, 직류부스의 전압맥동 기준(표 2.1 참고)을 만족하여야 한다.
- (9) 전력변환장치는 특성 및 기능의 변경 없이 직류부스에서 발생하는 예측 가능한 비정상 상태(예: 과도 과전압 및 과전류)에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.
- (10) 전력변환장치 내부 커패시터의 단락 기여는 보호 장치의 용량 선정 및 시스템 보호협조 검토시 고려되어야 한다.
- (11) 통합 전기추진시스템을 갖춘 선박의 경우, 병렬 운전하는 발전기용 전력변환장치(컨버터 혹은 교류 발전기용 정류기)는 전력관리시스템(PMS)의 제어 하에 부하 분담을 수행할 수 있어야 한다.
- (12) 전력변환장치가 전기적 고장에 대한 보호 기능을 제공하는 경우, 전력변환장치를 해당 전원에서 절연시키기

위한 분리 방법이 제공되어야 한다. 전력변환장치의 내부 고장에 대비하여 후비보호 방법이 제공되어야 한다. 그러한 경우에, 전력변환장치는 정상 및 고장 조건에서 안전하게 작동하도록 설계되어야 한다.

3. 보호장치

(1) 일반사항

- (가) 회로에 발생한 고장 확산을 방지하고 유지보수 작업 중에 회로분리를 위해 적절한 차단기 또는 퓨즈와 단로기를 사용하여 직류 배전에 연결되어야 한다. 다만, 과전류에 대한 고속도 보호를 위한 반도체 스위칭의 동작에 영향을 주어서는 아니 된다.
- (나) 각 전력변환장치는 장비 외부로부터 발생한 사고에 안전하게 보호하기 위한 내장된 보호시스템을 가져야 한다.
- (다) 전력변환장치 내부에 사고가 발생하면, 안전하게 사고전류를 차단하고 직류배전에 연결된 회로의 트립 없이 동작을 유지시킬 수 있는 분리된 보호시스템을 갖추어야 한다. 이러한 보호장치는 퓨즈, 직류차단기 혹은 반도체 차단기(semiconducting breaker)가 될 수 있다. 이때의 반도체 차단기는 단로기 혹은 회로를 물리적으로 분리시킬 수 있는 장비와 함께 공급되어야 한다.
- (라) 전력변환장치 회로에서의 가장 최악의 사고에 대한 사고제거 기능과 다른 회로의 운전유지 기능이 평가되고 문서화되어야 한다.
- (마) 전력변환장치, 차단기 혹은 퓨즈 장비는 고정형 또는 인출형 일 수 있다.
- (바) 부하분리가 가능한 직류부스 양측에 연결된 정류기를 통해 공급되는 경우, 플라이백(플라이휠링) 다이오드를 통해 직류부스로 역전류가 공급되는 것을 방지하기 위한 장치가 제공되어야 한다.
- (사) 전력변환장치를 통해 직류부스에 연결된 발전기와 부하는 연결 및 차단이 안전하고 용이하여야 한다.
- (아) 부하가 연결된 상태에서 스위칭을 할 경우, 전력변환장치는 손상되지 않도록 설계되어야 한다.

(2) 커패시터

- (가) 전력변환장치가 시스템의 단락회로 수준에 상당히 영향을 줄 수 있는 내부 커패시터를 갖추고 있는 경우, 보호 및 배전시스템의 설계에 미치는 영향이 고려되어야 한다.
- (나) 전력변환장치 내 커패시터는 완전 방전상태에서는 큰 돌입전류가 유입되므로, 커패시터 및 전력변환장치 내부 소자가 손상되지 않도록 돌입전류 억제 수단이 제공되어야 한다.
- (다) 커패시터가 전력변환장치 출력 단자에 연결되어있는 경우, 전력변환장치의 출력단은 직류부스에 연결하기 전에 커패시터의 손상 위험을 최소화하는 수준까지 전력변환장치 또는 외부 충전기에 의해 충전되어야 한다.

4. 지시기 및 경고

- (1) 전력변환장치는 상태 표시를 위하여 다음과 같은 시각적 수단이 제공되어야 한다.
 - (가) 입력 단자에서의 유효 전력
 - (나) 출력 단자에서의 전력
 - (다) 온도
 - (라) 과부하
- (2) 5장의 위험도 평가를 통해 필요하다고 판단되는 경우 추가적인 지시기, 경고 및 작동중지(shutdown)가 필요할 수 있다.
- (3) 펄스폭변조(PWM)방식의 전력변환장치를 사용하는 경우, 전압상승 시간이 검토되어야 한다. 회전기계, 서지보호장치, 케이블 절연 및 모터 권선은 이에 따라 설계되어야 한다.

5. 냉각

- (1) 일반적으로, 전력전자장치는 스위칭 및 통전손실로 인한 추가적인 열이 발생할 수 있으므로, 각 직류배전시스템에는 하나 이상의 독립 냉각시스템이 요구된다.

205. 케이블

1. 직류 배전시스템에 필요한 케이블은 선급 및 강선규칙 6편 1장 5절(케이블)의 요건에 따른다.
2. 케이블은 피폭효과 또는 부분방전, 경년열화 및 작동환경과 같은 합리적으로 예측 가능한 전기적 효과를 고려하여 예정된 선박 수명을 충족하도록 선택되어야 한다.

206. 계측장치

1. 직류 부스 전압을 표시하는 최소한 2 개의 전압계가 제공되어야 한다. 직류주모선이 섹션으로 분리되는 경우, 섹션당 적어도 하나의 전압계가 있어야 한다. 직류 부스를 공급하는 각 전력변환장치 마다 전류계가 제공되어야 한다.
2. 계기는 조작 위치에서 관측할 수 있도록 배치되어야 한다. 또한, 5장의 위험도 평가를 통해 다른 장소에 추가로 계기

를 요구할 수도 있다.

3. 배전반용 계기는 선급 및 강선규칙 6편 1장 404.(배전반용 계기)의 요건을 따른다.

207. 연면거리 및 공간거리

1. 도전성 직류부 간의 연면거리 및 공간거리는 다음 사항을 고려하여 정격 전압에 적합하여야 한다.
 - (1) 절연 재료의 특성
 - (2) 스위칭 및 고장 조건에 의해 발생한 과도 과전압
 - (3) 어셈블리가 설치된 환경
2. 저압 배전반 및 제어반은 IEC 61439-1 등 해당 표준에 따라 연면거리 및 공간거리를 설계하여야 하며, 기타 다른 장비의 경우에도 관련 표준에 따라 고장 및 절연파괴를 방지하도록 설계되어야 한다. ↓

제 3 장 제어시스템

제 1 절 일반사항

101. 일반사항

1. 직류배전시스템에 적용되는 모든 제어설비는 선급 및 강선규칙 6편 2장의 요건을 준수하여야 한다.
2. 제어시스템은 다음과 같은 제어 및 경보 기능으로 구성되어야 한다.
 - (1) 배전시스템의 모든 전원과 전력변환장치 및 차단기 감시
 - (2) 배전시스템의 모든 전원과 전력변환장치 및 차단기에 대한 경보 기능
 - (3) 전원 및 배전시스템의 능동 제어
 - (4) 직류 배전시스템을 위한 전압 및 전력제어
 - (5) 충전상태(SOC)에 따른 가용 전력 제어(적용되는 경우)
 - (6) 충전 및 방전 제어 (적용되는 경우)
 - (7) 직류 배전시스템을 위한 전력관리시스템(PMS) 기능
 - (8) 에너지관리시스템(EMS)과의 인터페이스 (적용되는 경우)
 - (9) 교류 및 직류배전시스템의 조합시 전력관리시스템(PMS)과의 인터페이스 (적용되는 경우)
 - (10) 전반적인 시스템 안정성을 위한 전력변환장치의 제어
 - (11) 경고시스템 또는 통합 자동화시스템에 대한 상호연결. 경고 기능은 MSC.302(87)의 지침에 따라 분류하고 표시된다.

제 2 절 시스템 설계

201. 전력관리시스템(PMS)

1. 일반사항

- (1) 발전 및 배전을 위한 자동제어시스템은 다음 기능을 포함할 수 있다.
 - (가) 전원의 자동 기동(starting)
 - (나) 사용하지 않는 부스의 자동 연결
 - (다) 자동 병렬연결 및 부하분담
 - (라) 전원 자동 차단
 - (마) 비중요 부하 자동차단
 - (바) 예비전력 자동분석
- (2) 전력관리시스템의 자동기동에 대한 명령은 다음과 같은 조건에서 주어질 수 있다.
 - (가) 전력상실
 - (나) 장시간 전압 강하
 - (다) 장시간 주파수 강하
 - (라) 비상경보
 - (마) 실행중 정지예측
 - (바) 과부하
 - (사) 전력 수요의 증가
 - (아) 대전력 부하원(예: 스터스터 모터)의 기동 신호
 - (자) 운전중인 장비의 고장시 원격 수동 수단

2. 발전원의 기동

- (1) 두 개 이상의 전원에 자동 기동장치(automatic starting device)가 장착되어 있을 경우, 3회 연속 기동 실패시 기동 명령을 다음 전원으로 자동 전환하는 시퀀스시스템 또는 수동 운전을 위한 선택스위치가 설치되어야 한다.
- (2) 지시계에 준비(stand-by) 표시가 배치되어야 한다. 전원의 자동 기동 및 운전상태가 표시되어야 한다. 전원의 기동 실패시 경보를 발하여야 한다.
- (3) 직류 전원의 재연결은 전력관리시스템에 의해 설정된 순서에 따라 자동으로 수행되어야 한다.

3. 부하분담

- (1) 여러 전원 사이의 전력분배는 개별 제어시스템에 의해 수행되거나, 전력관리시스템에 의해 수행될 수 있다. 각 전원의 허용 가능한 전력량은 고정된 값이거나 변동될 수 있으며, 이때 변동량의 기준은 원동기의 속도, 배터리의 SOC, 그리고 기타 발전원의 특성에 따라 달라질 수 있다.
- (2) 부하분담은 여러 전원간 부하변동 및 과도상태를 대응할 수 있는 능력을 기본적으로 갖추어야 한다.
- (3) 가용 전력은 발전원의 정격을 기준으로 일정한 값이어야 한다.
- (4) 부하분담은 직류 드롭(droop) 기능 혹은 기타 제어방법이 사용될 수 있으며, 안정된 부하분담 기능을 갖추어야 한다.
- (5) 배터리와 같은 전원은 최대 가용전력으로 정의되어야 한다.
- (6) 충전기능은 전력제어시스템에 의해 구현되어야 하며, 타발전원의 전력공급을 방해하여서는 아니 된다. ⚡

제 4 장 선급 검사

제 1 절 일반사항

101. 일반사항

1. 직류배전시스템에 적용된 모든 전기설비는 선급 및 강선규칙의 해당 요건에 따라 시험 및 검사되어야 한다.
2. 시스템의 단락회로 보호기능이 시험을 통해 증명되어야 한다.
3. 표 2.1에 표시된 전압변동률 하에서 이상 없이 동작함이 시험을 통해 증명되어야 한다.

제 2 절 시험 및 검사

201. 공장시험

1. 직류배전시스템의 관련 설비는 제조사에서 시험해야 한다.
2. 공장검사를 위한 절차서에는 최소한 육안검사, 기능시험 및 소프트웨어 시험 항목이 포함되어야 한다.
3. 시험을 위해 공칭 전압을 인가해야 한다.
4. 부하 요건은 실제 선내 조건과 다를 수 있으며, 수행불가능 할 경우 설치 후 선내 시험으로 대체 할 수 있다.
5. IEC 60092(모든 부)에 정의된 전기추진 및 전력시스템 시험에 추가하여 관련 시험이 수행되어야 한다.
6. 전력시스템 및 구성품에 대한 전압 변동률 시험을 통해 규정된 전압 변동률 조건을 만족함이 입증되어야 한다. (표 2.1 참조)

202. 선내시험

1. 제조자의 공장, 선내 및 해상 시운전에서 만족스러운 운전 및 부하 시험은 선급에 의해 검증되어야 한다.
2. 선박에 설치 후 모든 시스템은 승인된 시험계획에 따라 시험되어야 한다.
3. 기본적인 시운전 항목에 추가하여 직류배전이 설치된 선박은 최소한 다음과 같은 시험이 수행되어야 한다.
 - (1) 발전원 간의 유효전력 부하분담 확인
 - (2) 발전원 간의 무효전력 부하분담 확인
 - (3) 엔진 시동 및 정지 시험
 - (4) 고장시 시스템 안정성 시험
 - (5) 고장조건에서의 계통연계 유지능력 (Fault Ride Through) 기능 확인
 - (6) 재 연결시 돌입전류 제한을 위한 전력변환장치의 선충전(pre-charging) 시스템 시험
 - (7) 배터리 시스템 성능 확인을 위한 갑작스런 부하차단 및 급출력(load ramp-up) (ESS 적용시)
 - (8) 배터리를 전력원으로 할 경우의 동적부하 추종성 (ESS 적용시)
 - (9) 배터리 최대 충전용량 시험 (ESS 적용시)
 - (10) 모든 배터리 충전방식에 대한 검증 (선내전원 혹은 육상전원 해당되는 경우) (ESS 적용시)
 - (11) 경보 및 안전시스템에 대한 시험
 - (12) 비상 정지 시험
4. 시스템 설계자가 설정한 값에 따라 전력 공급의 품질을 만족하는지를 검증하기 위한 시험이 시운전의 일부로서 수행 될 수 있다.

제 3 절 직류차단기 시험 및 검사

301. 저압 직류차단기 (직류 1.5 kV 이하)

- 저압 직류차단기는 이 장의 규정에 따라 형식승인을 받거나 시험되어야 한다. 다만, 필요시 주위온도를 수정할 수 있다.
- 해상용으로 규정되지 않은 제품은 해상에 적합한 환경시험요건을 만족하여야 한다(제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 23절).
- 시험 항목은 표 4.1과 같으며, 자세한 시험방법은 해당 표준 및 지침에 따라 수행되어야 한다.

표 4.1 저압 직류차단기 시험항목

번호	시험명	시험 규격	형식승인	시험 및 검사
1	육안검사	제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 23절	○	○
2	온도상승	IEC 60947-2 (8.3.2.5)	○	
3	트립 한계 및 특성	IEC 60947-2 (8.3.3.2)	○	
4	절연 특성	IEC 60947-2 (8.3.3.3)	○	
5	동작 성능	IEC 60947-2 (8.3.3.4)	○	
6	과부하 성능 (해당되는 경우)	IEC 60947-2 (8.3.3.5)	○	
7	단락차단용량	IEC 60947-2 (8.3.4 & 8.3.5)	○	
8	단시간내전류 (해당되는 경우)	IEC 60947-2 (8.3.6)	○	
9	퓨즈 일체형 차단기의 성능	IEC 60947-2 (8.3.7)	○	
10	임계직류부하전류 ⁽¹⁾	IEC 60947-2 (8.3.9)	○	
11	기계적 동작	IEC 60947-2 (8.4.2)		○
12	과전류 릴리스 교정의 검증	IEC 60947-2 (8.4.3)		○
13	부족 전압 및 섀트 릴리스 동작의 검증	IEC 60947-2 (8.4.4)		○
14	잔류전류차단 CBR에 대한 추가 시험 (해당되는 경우)	IEC 60947-2 (8.4.5)		○
15	절연내력시험	IEC 60947-2 (8.4.6)	○	○
16	공간거리의 검증	IEC 60947-2 (8.4.7)		○
17	전자기적합성 시험	제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 23절	○	
18	내환경성 시험	제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 23절	○	
(비고)				
(1) 임계직류부하전류: 사용조건의 범위 내에서 아킹시간이 현저하게 늘어나는 차단전류값				



제 5 장 위험도 평가

제 1 절 일반사항

101. 일반사항

1. 위험도 평가의 목적은 직류배전시스템의 사용으로 인한 선박 및 인명의 안전과 선박의 성능에 대한 위험도를 확실히 규명하기 위함이다. 선박의 생애 주기 내에 합리적으로 예측 가능한 고장에 따른 위해요소(hazards)가 고려되어야 한다. 단, 소형선박의 경우에는 선주 및 선급 협의에 따라 제외될 수 있다.
2. 위험도는 수용할 수 있고 인정된 위험도 분석 기법을 사용하여 분석되어야 하며, 최소한 기능의 상실, 구성품 손상, 화재, 폭발 및 전기적 충격이 고려되어야 한다. 이 분석은 발생가능한 모든 곳에서 위험이 제거되는 것을 보장하여야 한다. 제거될 수 없는 위험은 필요에 따라 완화되어야 한다. 위험의 상세사항 및 위험을 완화하는 수단이 운전 매뉴얼에 포함되어야 한다.
3. 위험도 평가는 충분한 자격을 갖춘 유경험자에 의해 인정된 규격(예: ISO 31010)에 따라 수행되어야 하며, '위험도 기반 선박설계 승인지침'에 따라 위험도 평가를 하여야 한다.
4. 위험도 평가는 운영자와 유지보수를 수행하는 모든 사람의 요구를 고려하여 필요한 수준을 결정 한다. 다음을 포함하지만 이에 국한 되지는 않는다.
 - (1) 감시장비의 위치 및 유지보수 가능성
 - (2) 요구되는 감시수준 (예: 정보 빈도, 유형 및 표시)
 - (3) 시스템이 경고할 대상과 경고 방법
5. 위험도 평가는 최소한 아래의 내용이 포함되어야 하며, 추가적인 항목이 포함될 수 있다.
 - (1) 모든 정상운전 및 예상되는 비정상운전 조건
 - (2) 장비 배치, 배열 및 위치
 - (3) 기계적 및 전기적 고장 (예: 단락사고, 지락사고, 화재, 침수, 냉각장치의 고장 및 설계조건을 벗어난 운전)
 - (4) 소프트웨어 개발 및 무결성(integrity)
 - (5) 전력계통 보호방침 (전력제어의 실패, 주전원 공급의 실패, 직류부스의 전력공급 실패, 직류차단기 혹은 보호장치의 고장 등)
 - (6) 감시기 및 경보기
 - (7) 제어 구성품의 고장 (즉, 온도/압력 센서 고장, 전력변환장치의 고장, 직류 부스차단기의 고장, 통신실패 등)
 - (8) 감전 방지 대책 (시스템 설계 및 장비 배치시 활성화된 장비의 접촉으로 인한 인명피해 대책 등)
 - (9) 배터리시스템의 위험도 평가 보고서 (해당시) (선박용 배터리시스템 지침 참조)

제 2 절 위험도 평가

201. 자산 식별 및 고려사항

1. 위험도 평가를 위한 첫 번째 단계에서는 위험도 평가에 대한 명확한 이해를 위하여 필요한 모든 정보를 수집하고 위험도 평가 목적, 범위 및 위험도 평가 수준 등 위험도 평가 작업을 위하여 요구되는 모든 사항을 정의하여야 한다.
2. 위험도 평가를 위하여 최소한 다음의 내용이 준비되어야 한다.
 - (1) 직류배전 시스템 구성도
 - (2) 장비 및 시스템 정보(하드웨어/소프트웨어 목록, 시스템 인터페이스, 기능, 운전방식)
 - (3) 위험도 허용 기준
3. 직류배전 시스템 구성도는 쉽게 이해할 수 있도록 작성되어야 하며, 체계적으로 시스템을 검토할 수 있도록 하여야 한다.
4. 위험도 허용 기준은 안전 목표 수준과 평가 결과 나타난 위험도 수준을 비교하기 위한 척도로, 위험도 허용 기준을 설정함에 있어 주의를 기울여야 한다. 위험도 허용 기준 설정을 위하여 기존 사고 데이터, 산업계에서 통용되는 위험도 허용 기준 등 다양한 자료들을 고려하여야 한다.

202. 취약성 식별

1. 취약성 식별 작업은 위험과 그로 인한 영향 및 위험 완화 방안을 식별하는 작업으로, 직류 배전 시스템에 대한 위험의 다양한 시나리오들을 식별할 수 있어야 한다.
2. 취약성 식별 작업은 시스템의 위험 요소, 그로 인한 영향, 이미 적용된 위험도 감소 방안 및 추가 적용 가능한 방안을 식별하여 발생 가능한 모든 사고 시나리오 목록을 작성하여야 한다.

203. 위험도 분석

1. 위험도 분석은 식별된 위험 시나리오들의 위험도를 정성적 또는 정량적으로 표현하기 위한 작업으로, 직류배전 시스템의 위험도 및 취약한 부분을 검토하여야 한다.
2. 정성적 위험도 분석 방법으로 발생 빈도와 위험으로 인한 영향을 위험도 지수(RI: Risk Index)로 표현하는 위험도 매트릭스를 사용할 수 있다. 또한 충분한 데이터가 준비되어 있을 경우, 널리 통용되는 증명된 위험도 분석 기법을 사용하여 정량적 분석을 수행할 수 있으며, 이외도 회사가 보유한 고유의 위험도 분석 방법을 적용하여도 무방하다.

204. 위험도 감소 방안 식별

1. 위험 시나리오가 식별되고 관련 시나리오 별 현재 적용된 위험도 감소 방안들이 식별되면 위험도 감소 방안의 필요성을 검토하여 새로운 방안이 제안되어야 한다.
2. 위험도 감소 방안은 위험의 발생 빈도를 줄일 수 있는 방안과 위험으로 인한 영향을 최소화할 수 있는 방안으로 구분하여야 한다.
3. 식별된 각 시나리오 중 위험도가 위험도 허용 기준을 초과하거나 목표로 하는 위험도 수준보다 높게 나타난 시나리오들은 관련 위험도 수준을 낮출 수 있도록 적절한 감소 방안을 마련하여야 한다.
4. 새로운 위험도 감소 방안을 제안할 경우에는 위험도 감소 방안이 적용되는 비용과 적용함으로써 얻게 되는 효과를 고려하여야 한다.
5. 제안된 모든 위험도 감소 방안들에 대하여 적용 시 얻게 되는 효과와 발생 가능한 부작용을 평가하고 적용 이후 잔존하는 위험도의 처리 방안을 검토하여야 한다.
6. 전압 급상승, 전압강하, 공통모드 노이즈, 고주파 노이즈, 정전, 서지 및 기타 위험을 초래할 수 있는 기타 조건과 같은 시스템 장애를 감시하고 기록하기 위한 수단이 제공되어야 한다.

205. 위험도 평가 결과

위험도 평가 결과는 직류배전 시스템의 위험도 수준과 위험도 감소가 필요한 대상, 위험도 감소를 위하여 요구되는 추가 작업들을 쉽게 찾아볼 수 있도록 적절하게 문서화되어야 한다. ↓

인 쇄 2022년 3월 24일

발 행 2022년 4월 1일

직류배전시스템 지침

발행인 이 형 철

발행처 한 국 선 급

부산광역시 강서구 명지오션시티 9로 36

전화 : 070-8799-7114

FAX : 070-8799-8999

Website : <http://www.krs.co.kr>

신고번호 : 제 2014-000001호 (93. 12. 01)

Copyright© 2022, KR

이 지침의 일부 또는 전부를 무단전재 및 재배포시 법적제재를
받을 수 있습니다.