

# 5. 이동 플랫폼 색시 설계

## 5.1 프레임 구조 설계(강성·하중 계산)

### 5.1.1 설계 목적

- 전체 장비(냉장고 크기)의 주 하중, 동적 하중, 탱크 내 액체 슬로싱 하중을 안전하게 지지하는 프레임 구조 설계.
- 이동식이면서도 변형(Deflection) 최소, 비틀림 강성 확보, 센터 오브 그래비티(COG) 안정화가 목적.
- 프레임은 컨베이어·탱크·펌프·배터리·전자제어부를 모두 지지하는 핵심 구조물.

### 5.1.2 장비 전체 중량 산정(예시 모델 기준)

장비 사이즈: 약 55×60×150 cm (냉장고급)

- 빈 프레임+외판: 25~30 kg
- 폐식용유 탱크 60~80 L → ~72 kg (가득 찼을 때)
- 컨베이어 × 2: 8~12 kg
- 펌프/파이프/밸브: 5~7 kg
- 배터리(48V 20Ah급): 8~12 kg
- 제어박스/배선: 2~3 kg

총 최대중량 약: 120~140 kg

→ 프레임은 최소 200 kgf 이상의 정적하중,  
동적하중 포함 시 300 kgf( $\approx 3 \text{ kN}$ ) 설계 목표 필요.

### 5.1.3 프레임 재료 선정

재질	장점	단점	적용 가능성
SPHC, SS400 철재	강성 우수, 용접 쉬움, 가격 저렴	무거움, 녹 발생	유지보수 많으면 비추천
STS304 스테인리스	부식에 강함, 식용유 환경 최적	가격 높음, 용접 난이도 ↑	★ 최적
Al6061 알루미늄 프로파일	가장 가벼움, 모듈 조립 용이	비틀림 강성 낮음	경량화 우선 시 사용

→ 본 장비는 기름·세척수·습기 많은 환경이므로  
STS304 사각파이프 프레임(30×30×t2.0 mm) 추천.

## 5.1.4 구조 형식

- 사각 프레임(Box Frame) 기반
  - 하단: **크로스브레이스(X-Brace)**로 비틀림 보강
  - 탱크 지지부는 **하중 분산 플레이트** 적용
  - 바퀴 장착부는 **L형 리인포스먼트(보강판)** 추가
  - 컨베이어 지지대는 **별도 세컨더리 프레임**에 고정
- 

## 5.1.5 정적 하중 계산(간단 예시)

탱크 지점에 약 **80 kgf(784 N)** 집중하중이 걸린다고 가정

프레임 재질: STS304, E = 193 GPa

사각파이프 30×30×t2.0의 단면2차모멘트:

- $I_x = I_y \approx 8.7 \text{ cm}^4 = 8.7 \times 10^{-8} \text{ m}^4$

지지 스팬 500 mm(0.5 m)일 때 중앙 처짐  $\delta$ :

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI}$$

0.5 mm 이하 = 충분히 안전

---

## 5.1.6 동적 하중(슬로싱 포함) 고려

폐식용유 탱크는 이동 시 내부 액체 파동(Sloshing) 발생

→ 최대 1.5~2배의 순간적 충격 가능

- 설계 하중:

$$F_{design} = 2.0 \times F_{static}$$

- 탱크 고정부는
    - 고무 댐퍼 + 볼트 고정 + 측면 압착 브라켓으로 충격 분산
  - 프레임 코너부에는
    - 3mm 보강 플레이트 추가하여 비틀림 방지
- 

## 5.1.7 프레임 용접 및 조립 방식

- TIG 용접(스테인리스)
  - Load-bearing 부위 전부 전면 용접(Fillet+Full bead)
  - 세척수 유입 고려하여 모서리 봉 용접(Seal welding)
  - 점검 편의성을 위해 상부 컨베이어 프레임은 볼트 조립식
-

## 5.1.8 진동/충격 제어 요소

- 펌프, 모터 설치부는 **Anti-vibration mount** 적용
  - 프레임-바퀴 사이에는 **Rubber damper pad**
  - 내부 소음·진동 전달 최소화
- 

## 5.1.9 무게 중심(COG) 설계

- 가장 무거운 탱크/배터리를 **하단 중앙부**에 배치
  - 무게 중심 높이:
    - 장비 전체 높이의 **1/3 이하**로 유지  
→ 넘어짐(Tip-over) 위험 크게 감소
- 

## 5.1.10 유지보수 접근성

- 프레임 내부는 3면을 **도어식 패널**로 구성
  - 탱크·펌프 탈착을 위한 **슬라이드레일 구조** 적용 가능
  - 케이블 트레이는 프레임 측면에 별도로 설치하여  
유압/배관과 간섭 방지
- 

## 5.1.11 설계 검증 리스트

- 정적·동적 하중 시뮬레이션 (FEA 기반)
- 용접부 강도 검토
- 탱크 100% 충진 + 급정지(충격) 테스트
- 10° 경사면 안정성 테스트
- 세척 모드 물 충진 내구성 테스트

## 5.2 차륜/캐스터/전동 주행 모터 선택

### 5.2.1 설계 목적

- 냉장고 크기(약 120-140 kg급 최대중량)의 이동식 폐식용유 수거기를  
**1인이 안정적으로 밀고, 방향전환하고, 정지할 수 있도록** 이동계 구성.
  - 실내·실외(짧은 거리) 평坦지 이동에 최적화하며  
**도로주행 기능은 제외.**
  - 필요 시 “전동 보조 구동(Electric Assist)”만 추가하는 수준으로 설계.
-

## 5.2.2 이동 조건 분석

- **바닥 종류:** 실내 타일, 주방 바닥, 창고 바닥, 콘크리트
- **장애물:** 5~15 mm 턱, 바닥 배수구 홈
- **경사:** 0~8°
- **이동 패턴:**
  - 음식점 뒤편 → 주차장 근처 → 수거 차량 앞까지
  - 총 이동 거리 5~30 m 내외

결론:

- 표준 캐스터(우레탄/고무) 4개에 약한 전동보조(선택옵션) 구조가 가장 적합.

## 5.2.3 차륜/캐스터 선택 기준

### (1) 규격 선정

- 장비 총 무게 120~140 kg 고려
- 캐스터 4개 × 각 80~100 kgf 이상 내하력 필요  
→ 합계 320~400 kgf 수준

### (2) 권장 사양

항목	추천 사양	이유
직경	100~125 mm	턱 넘기 쉬움, 소음 감소
폭	32~40 mm	하중 분산, 바닥 손상 최소
재질	우레탄(PU) 또는 고무	소음 적고 미끄러짐 적음
베어링	볼 베어링 탑입	무거운 하중에서도 회전 원활
회전 캐스터	전면 2개	좁은 공간 회전성 확보
고정 캐스터	후면 2개	직진 안정성

## 5.2.4 브레이크(Stopper) 구조

- 2개 이상의 퀵-락(Quick-lock) 브레이크 캐스터 장착
- 장비 세척·정지 상태에서 흔들림 방지
- 경사도 8°에서도 밀리지 않도록 고마찰 패드 포함된 탑입 권장

## 5.2.5 전동 주행 모터 선택(필수 아님, 선택 옵션)

넓고 크기 이상에서 전동 보조(Electric Assist)를 탑재하면

좁은 공간 이동성과 안전성이 크게 향상됨.

아래는 “실내 카트형 전동 보조” 기준 설계.

---

### (1) 모터 구성 방식

두 가지 방식 중 선택:

#### ① 리어 드라이브(후륜 모터 통합형) ★ 추천

- 후면 캐스터 대신 전동 구동 휠(Wheel Hub Motor) 2개 장착
- 장비를 밀면 모터가 보조 토크 제공
- 장점: 안정성 높고, 경사에서도 움직임 부드러움

#### ② 센터 드라이브 + 프리휠(Free-wheel)

- 가운데 단일 구동 휠 + 앞뒤 캐스터 구성
- 장점: 부품 단순
- 단점: 접지 안정성 떨어짐 → 실내 전용 장비에 적합

---

### (2) 모터 출력 기준

120-140 kg 이동을 위한 최소 스펙:

- 정격 100~150 W x 2 개 (양측 구동)
- 최대 토크: 6-10 N·m 이상
- 정격 속도: 1.0-3.0 km/h (실내 보행 속도)
- 구동 전압: 24V 또는 36V(48V는 오버스펙)

추천 스펙 예:

- 24V 120W 허브모터 × 2
- 바퀴 직경 150~180 mm
- 최대 하중 150 kg 대응

---

## 5.2.6 모터 드라이버 선택

- 정격 전류 10~15A급
- 기능:
  - Soft-start
  - Torque-limit
  - Reverse lock

- Smooth acceleration curve
  - EMC 노이즈 대비 금속 케이스 내 차폐 필요
- 

## 5.2.7 배터리 선택(전동 보조 장착 시)

- 정격: **24V 15~20Ah LiFePO<sub>4</sub>**
  - 1회 충전 기준 작동 시간: 2~4시간
  - 장점: 안정성, 충전 사이클 2000회 이상
  - 배터리 위치: **프레임 하단 중앙에 배치하여 중심 안정**
- 

## 5.2.8 센서·안전 장치

- 경사 감지 자이로(tilt sensor)
    - 10° 이상 기울면 자동 동작 제한
  - 속도 제한 센서
    - 실내 충돌 방지 → 3 km/h 제한
  - 과부하 감지(모터전류 센싱)
    - 바닥 장애물 충돌 시 자동 감속 또는 정지
  - EMO(비상정지)
    - 바퀴 전원 즉시 차단
- 

## 5.2.9 이동성 검증 항목

- 80 kg 폐유 적재 후 15 mm 턱 넘기 테스트
- 8° 경사에서 밀림/제동 시험
- 180° 회전 반경 1 m 이하 확보
- 실내 타일 바닥에서 소음 55 dB 이하
- 100 km 누적 내구성 시험

## 5.3 서스펜션 구조 (실외 지면 대응)

냉장고급 소형 장비라도 실외(아스팔트·콘크리트·조립식 공장 바닥·경사면 등)를 주행해야 하므로, **과도한 산업용 서스펜션이 아닌 “저중량 대응 · 진동 억제 중심의 컴팩트 서스펜션”**이 적합하다.

---

### 1) 요구 성능 정의

- **장비 총중량:** 약 80~150 kg (폐유 적재 포함 시 상한 200 kg 이하)
- **최대 주행 속도:** 2~4 km/h
- **지면 상태:** 실외 공장 바닥의 단자(10~20 mm), 배수구 그릴, 경사도 3~5°
- **필수 기능:**

- 소형 차체에서도 충격·진동을 흡수하여 배관·펌프에 무리 방지
  - 프레임 비틀림을 완화하여 컨베이어 수평 유지
  - 유지보수 단순화
  - 비용·부피 최소
- 

## 2) 적합한 서스펜션 구조 후보

### (1) 고무 방진 마운트(진동 아이솔레이터) 기반 서스펜션 — \*가장 현실적\*

소형 산업 장비(바닥 청소기, 이동식 펌프 유닛)가 가장 많이 쓰는 방식.

- **구성:**

- 바퀴축 또는 차축 하우징에 고무 방진 마운트 2~4개 삽입
- 충격은 고무가 흡수, 구조 단순

- **장점:**

- 값싸고 컴팩트
- 정비성 우수
- 배관/펌프/컨베이어에 직접 전달되는 충격 최소

- **단점:**

- 큰 스트로크(서스펜션 압축량)가 필요할 경우는 한계

→ 냉장고 크기 장비에는 최적 선택.

---

### (2) 토션바(비틀림 스프링) 미니 서스펜션

바퀴마다 얇은 토션바를 배치하여 비틀림으로 충격을 흡수하는 구조.

- **장점:**

- 구조가 매우 얇아 공간 효율 최고
- 저속 소형 장비에 적합

- **단점:**

- 설계 난이도 ↑
- 토션바 피로도 관리 필요

공간이 매우 좁고, 프레임 아래 여유가 거의 없을 때 고려.

---

### (3) 소형 스프링-댐퍼(쇼바) 구조

전동 훈체어나 소형 AGV에 사용하는 소형 쇼바.

- **장점:** 충격 흡수가 가장 좋음

- **단점:**

- 과한 설계가 되기 쉬움

- 비용 증가
- 공간 차지 큼

지형이 매우 거칠지 않으면 지나친 스펙.

---

### 3) 추천 구조 (냉장고 크기 장비 기준)

◆ 권장 조합: “전륜 캐스터 + 후륜 드라이브 + 고무 방진 마운트 서스펜션”

- **후륜(동력 바퀴):**
  - 모터 장착 축에 고무 방진 마운트 사용
  - 10~20mm 수평 변위 흡수
- **전륜(자유 캐스터):**
  - 자체적으로 진동을 흡수하므로 별도 서스펜션 불필요
- **프레임:**
  - 바퀴 고정부에 **슬로팅(Long hole)** 조절구를 넣어
    - 미세 높이 조절
    - 제조 오차 보정

### 4) 세부 설계 요소

#### (1) 오프셋 캐스터로 단차 대응

- 5~10° offset을 둔 캐스터는 단차를 부드럽게 넘음
- 필수적 진동 감소 효과

#### (2) 방진 마운트 사양

- 경도 Shore A 45~55
- 정적 하중: 40~80 kg/ea
- 변위: 8~12 mm
- 내유성(페유, 윤활유 포함) 고무 재질 필요
  - NBR 고무 방진 마운트 추천

#### (3) 펌프·배관과의 진동 격리

- 펌프 고정용 방진마운트·고무 쿠션 추가
  - 배관은 유연 고무호스 + 금속 파이프 조합
  - 컨베이어 프레임과 바디 프레임을 반독립 구조로 하여  
바퀴에서 오는 충격을 최소화
-

## 5) 유지보수·안전 측면

- 방진마운트는 2~3년 주기 점검, 경화·균열 시 교체
- 배관 연결부는 충격 시 틈이 생기기 쉬우므로  
**스프링 클램프 또는 밴드 2중 체결**
- 서스펜션 변형이 생기면 컨베이어 경사가 틀어질 수 있으므로  
**아이돌러 위치 자동 보정(스프링 텐션)** 도 고려

## 요약

냉장고 크기의 소형 폐유 수집 장비라면:

- ✓ 주력 구조: 방진 마운트 기반 미니 서스펜션
- ✓ 전륜 캐스터 + 후륜 드라이브
- ✓ 프레임/배관 충격 최소화에 초점

## 5.4 주행 제어기(ESC/MCU) 및 감속기

냉장고 크기급 소형 폐유 수집 장치는 저속·고토크 주행과 정밀 제동·정지 위치 제어가 핵심이다. 이를 위해 ESC(전자식 속도 제어기), 모터 드라이버, MCU 제어 로직, 감속기의 선택 기준을 다음과 같이 정리한다.

### 1) 주행 모터 종류 및 요구 스펙

#### ① 권장 모터 타입: BLDC(브러시리스 DC 모터)

- 이유
  - 내구성 높음(오일·먼지에도 강함)
  - 저속 토크 우수
  - 유지보수 거의 없음
  - ESC 제어가 안정적

#### ② 출력·토크 조건

장비 총중량(약 100~150 kg)을 고려하면 다음 조건이 필요:

- 정속 주행 속도: 2~4 km/h
- 최소 필요 토크:
  - 평지 주행: 10~15 N·m
  - 경사(3~5°): 20~30 N·m
- 차륜 지름 150~250 mm 기준
- 1개 모터 또는 듀얼 드라이브 선택 가능
  - 실외 지면이면 듀얼 드라이브(좌/우 각각 구동)가 안정적

## 2) ESC(주행 모터 제어기)

### ① 요구 기능

- 속도 제어(Closed-loop)
  - 홀센서 기반 RPM 피드백
  - MCU 명령에 따라 PWM Duty 변경
- 소프트 스타트/스톱
  - 무거운 장비가 튕지 않도록 가속 S-curve 적용
- 토크 리미트 기능
  - 배관·펌프·컨베이어 장치 보호
  - 바퀴 걸림 시 ESC에서 자동 전류 제한
- 역회전(후진) 지원

### ② ESC 사양 범위

- 전압: 24V 또는 36V
- 전류: 지속 15~30A, 피크 40~60A
- 통신 방식:
  - PWM 신호 제어 (RC 방식)
  - RS485 또는 CAN (산업용 안정화)
  - UART도 가능하지만 노이즈 영향 큼

### ③ 냉장고급 장비에서 강력 추천

- CAN 통신 ESC + 듀얼 BLDC 드라이버 (Dual-channel)
  - 좌/우 휠 모터 제어를 한 모듈에서 처리
  - 속도 균형 유지가 용이

---

## 3) MCU 기반 주행 제어 아키텍처

### ① 메인 MCU (STM32 계열 추천)

- 주행 알고리즘, 자율 이동 로직(선택), IMU 융합 처리
- ESC와의 통신
- 센서(초음파, 리미트, 안전센서) IO 처리

### ② 주행 상태 제어 로직

- 속도 명령 → ESC PWM/CAN 전송
- 홀센서 피드백 → 주행 속도 추정 → PID 보정
- 모터 좌/우 동기화 제어
  - 좁은 실외 경사에서 한쪽만 빨라지는 현상 방지

### ③ 안전 로직

- 전류 과부하 감지 시 정지
  - 비상 정지 버튼 입력
  - 자이로/IMU로 기울기 과다 시 속도 제한
  - 탱크 만액 레벨이면 주행 속도 제한 및 제어 모드 변경
- 

## 4) 감속기(기어박스) 설계 기준

### ① 왜 감속기가 필요한가

BLDC 모터 자체는 2,000~4,000 RPM 범위라 바로 바퀴 축에 연결할 수 없음.  
따라서 30:1 ~ 60:1 감속기가 필요.

### ② 추천 감속기 구조

- 월기어(Worm Gear) 감속기 — 가장 적합
  - 장점
    - 높은 감속비
    - 자가잠김(Self-locking) → 경사면에서 역회전 방지
    - 구조 컴팩트
  - 단점
    - 효율이 낮지만 저속 장비이므로 문제 없음
- 스퍼 기어 감속기
  - 효율 좋지만 공간 차지 큼
- 플래닛 기어 (Planetary)
  - 고성능, 고효율
  - 비용 증가
  - 유지보수 어려움

→ 소형 산업 장비에서는 월기어 감속기 30~40:1이 현실적 최적.

### ③ 감속기 출력축 구조

- 바퀴와 직결(Direct mount)
  - 충격 흡수를 위해 “고무 커플링(플렉시블 커플링)” 추가 추천
-

## 5) 권장 전체 구성(냉장고 크기 장비 기준)

### ✓ 모터:

- 24V BLDC × 2 (각 300~500W)

### ✓ 감속기:

- 웨거 30~40:1
- 고무 커플링 포함

### ✓ ESC:

- 듀얼 모터 드라이버
- 전류 15-30A
- CAN 지원
- 토크 리미트·소프트스타트 필수

### ✓ MCU:

- STM32F4/F7 계열
- CAN + PWM + 안전 IO 처리

---

## 요약

냉장고 크기 장비의 안정적인 실외 주행을 위해서는

- ✓ 듀얼 BLDC + 웨거 감속기 + CAN ESC + STM32 MCU 조합이 최적.
- ✓ 토크 리미트·소프트스타트·좌우 동기화 제어가 필수.

## 5.5 차체 균형(폐유 무게 이동에 따른 무게중심 변화 고려)

냉장고 크기급 이동식 폐식용유 수거기는 탱크 내부 폐유의 위치·레벨 변화에 따라 무게중심(CG: Center of Gravity)이 크게 움직일 수 있다.

특히 폐유의 점도·흐름 특성 때문에 주행 중 흔들림 시 동적 CG 이동(dynamic slosh)이 발생한다.  
따라서 차체 구조·배치·서스펜션 설계 시 무게중심 관리가 핵심 요구사항이다.

---

### 1) 폐유 저장에 따른 무게중심 변화 분석

#### ① 탱크 용량 예시

- 총 60~120L(약 55~110kg)
- 장비 총중량의 40~60%를 차지
- → 탱크 액위 변화가 장비 주행 안정성에 직접적 영향

## ② 수평 방향 CG 이동 요소

- 좌/우 컨베이어 유입량 차이
- 이동 중 기울기
- 장비가 턱을 넘을 때 탱크 내부 유체가 한쪽으로 몰림

## ③ 수직 방향 CG 이동 요소

- 탱크 레벨 증가 → 무게중심 상승 → 전복 위험 증가
- 소형 플랫폼(600×600 mm급)에서는 특히 민감

---

## 2) 무게중심 안정 설계 원칙

### ① 탱크 배치를 가능한 한 낮게

- 탑재 프레임 최하단에 “지하 탱크 구조”처럼 배치
- 바퀴 축 높이보다 아래로 중심을 두는 것이 이상적
- 무게중심을 전체 높이의 **40%** 이하로 유지

### ② 탱크를 중앙(센터라인)에 배치

- 좌/우 유입에 따른 비대칭 하중을 최소화
- 중심선에서 ±50 mm 이내로 배치하는 것이 좋음

### ③ 세로 방향 중심도 고려

- 탱크를 차축 중앙에 배치
- 앞부분에 펌프·배터리 등을 몰아 넣지 않고 균형 분산

---

## 3) 동적 슬로싱(Sloshing) 억제 설계

### ① 내부 배플(Baffle) 플레이트 설치

- 탱크 내부에 2~3개의 수직·수평 배플을 설치
- 폐유 흐름 속도를 줄이고 CG 이동폭을 30~50% 감소
- 점도 높은 폐유라도 흔들림이 강하면 슬로싱 발생하므로 필수

### ② 부분 Chamber 분리형 탱크

- 2~3개의 방으로 나누고
- 하단은 연결되어 유입·유출은 가능하지만
- 상단은 분리하여 파동을 억제

### ③ 탱크 형상 최적화

- 넓고 낮은 형태(얕고 폭 넓은 박스형)가 안정적
  - 깊고 좁은 세로형은 슬로싱이 크게 발생 → 금지
- 

## 4) 주행 중 무게중심 보정 알고리즘

### ① IMU(자이로) 기반 실시간 기울기 감지

- MCU에서 기울기 각도(roll/pitch)를 감시
- 특정 조건에서 자동 대응

### ② 대응 로직 예시

- 기울기  $6^\circ$  이상 → 속도 제한 (SLOW 모드)
- 기울기  $10^\circ$  이상 → 정지 후 경고
- 좌/우 기울기 발생 시
  - 좌/우 주행 모터 속도 차등 제어

### ③ 탱크 레벨 기반 속도 제한

- 탱크가 80% 이상 찬 상태에서는
    - 중심이 상승하므로
    - 최대 속도를 자동으로 60%로 제한
- 

## 5) 차체 프레임 및 부품 배치 전략

### ① 무거운 부품을 모두 아래·뒤쪽으로 배치

- 배터리 팩 (5-10 kg): 가장 아래, 바퀴축 근처
- 펌프/모터: 낮은 위치
- 컨트롤러·전자장비: 상단 소형함체 위치(경량 부품)

### ② 앞/뒤 무게 밸런싱

- 컨베이어 구조가 전면에 위치하므로
- 후방에 배터리·ESC·보조 프레임을 배치하여 균형 유지
- 목표:
  - 전:후 = 45:55 또는 50:50

### ③ 폭(W) 대비 무게중심 허용 편차

- 폭 600 mm 기준
    - CG의 좌우 이동 허용 범위  $\pm 30$  mm 이내
-

## 6) 차체 전복 방지 설계 요소

### ① 바퀴 트레드 폭 확장

- 최소 450~550 mm
- 폭이 넓을수록 CG 이동 허용 범위 증가

### ② 바퀴 직경 증가

- 150~200 mm 훨 사용
- 작은 바퀴는 턱에서 충격커서 기울기 발생

### ③ 무게중심 측정 및 튜닝 절차

- 실제 조립 후 4점 하중계로 측정
- L/R · F/R 하중 분포 10% 이내로 맞추기

---

## 요약

폐유 수거 장비는 유입량 증가·주행 환경·슬로싱으로 무게중심이 계속 변한다.

따라서 설계 시 다음이 필수다:

- ✓ 탱크는 낮고 중앙에 배치
- ✓ 내부 배플로 슬로싱 억제
- ✓ IMU 기반 속도 제한·안전 제어
- ✓ 차체 하단에 무거운 부품 집중 배치
- ✓ 좌/우 하중 편차를 최소화

## 5.6 방진·방음 구조

소형(냉장고 크기) 이동식 폐식용유 수거 장비는 컨베이어·펌프·모터·감속기·차륜 구동계 등 다양한 회전체와 진동원이 있기 때문에, 장비 전체의 내구성과 사용자 편의성을 위해 방진(vibration isolation) 및 방음(noise reduction) 설계가 필수적이다. 특히 실내(주방, 식당 뒤편)에서도 사용될 수 있으므로 70 dB 이하의 저소음 운전을 목표로 한다.

---

## 1) 진동 발생 원인 분석

### ① 기계적 진동원

- 좌/우 컨베이어 구동 모터
- 펌프(기어펌프/로터리펌프)의 맥동
- 감속기(웜기어) 백래시에 따른 비틀림 진동
- 차륜 모터 주행 시 바닥 충격
- 필터/스크린에서 이물질 부딪힘

## ② 유체 진동원

- 폐유 유입 충격
- 탱크 내부 슬로싱
- 펌핑 시 압력 변동·맥동

## ③ 전기적 영향

- BLDC/ESC PWM 주파수에 따른 모터 울림
- 전류 변화 시 구조 진동 발생

---

## 2) 방진 설계(기계 구조 기반)

### ① 방진 마운트(Isolation Mount) 적용

- 모터/펌프/감속기 고정 시
  - 고무 마운트(EPDM/NBR)
  - 방진 스페이서
  - 실리콘 게이트 다층 쿠션
- 진동 저감 효과: 30~50%

### ② 방진 프레임 구조

- 탱크·펌프·컨베이어 모듈을 메인 프레임과 분리하는 서브프레임 구조
- 서브프레임 사이에 고무 패드 또는 방진 쿠션 삽입
- 주행 중 진동이 전자부품에 전달되는 것을 억제

### ③ 회전부 동적 밸런싱

- 컨베이어 풀리 정렬 정확도  $\pm 1$  mm 이내
- 감속기-바퀴 연결부 편심 최소화
- 모터 축 커플링은 플렉시블 타입 사용

### ④ 차륜 방진

- 고무두께 20~30 mm의 에어리스 고무 바퀴(실내/실외 겸용)
- 요철 대응할 수 있는 시미-서스펜션(짧은 스프링)
- 바닥 충격을 프레임으로 전달하지 않도록 최소화

### 3) 방음 설계(음향 구조 기반)

#### ① 소음원 분류

- 주요 소음: 컨베이어, 펌프, BLDC 모터
- 부수 소음: 폐유 낙하음, 이물질 충돌음, 기어 박스 기어음

#### ② 방음재 적용 위치

- 모터·펌프 하우징 외벽 안쪽에 **흡음재(Acoustic Foam, 밀도 25~40 kg/m<sup>3</sup>)** 부착
- 탱크 주변 프레임에 **방음 매트(EVA/Foam 5~10 mm)** 적용
- ESC/전자함체는 소음원이 아니므로 환기 중심 설계

#### ③ 소음 저감 설계

- 파이프/배관을 단단히 고정하여 진동을 제거
- 감속기 외벽에 **댐핑 패드 부착(Butyl rubber)**
- 컨베이어 슬럿/스크레이퍼 충돌음을 줄이기 위해
  - 테프론 코팅
  - 고무 캡 마찰면 적용

---

### 4) 유체 흐름에 의한 소음 최소화

#### ① 펌프 맥동 억제 장치

- 유입관에 **펄세이션 댐퍼** 소형 설치
- 폐유 절도 변화로 인해 생기는 맥동 소음을 20~30% 감소

#### ② 낙하 소음 저감

- 폐유가 떨어지는 1차 트레이 바닥에
  - 고무층 또는 실리콘층 디자인
- 금속 충돌소음 제거

---

### 5) 소음 목표 기준

#### ① 실내 사용 기준

- 70 dB 이하(평시)
- 75 dB 이하(펌프+컨베이어 동시 운전 시)

## ② 테스트 조건

- 1 m 거리 기준
  - 실내 반향 환경 조건에서 측정
- 

## 6) 유지보수 편의성 고려

### ① 방진·방음 커버는 분리형

- 나사 2~4개 풀면 커버가 열리도록 설계
- 모터/펌프 점검 시 도구 접근성 확보

### ② 흡음재는 방유 코팅 처리

- 폐유 틈에 대비한 발수·발유 코팅 폼 사용
- 스펀지류는 오염되므로 금지

### ③ 모듈화

- 모터 모듈
  - 펌프 모듈
  - 컨베이어 모듈
- 세트로 탈착되도록 설계 → 전체 방진/방음 품질 유지 쉬움
- 

## 요약

장비를 저진동·저소음 구조로 만들기 위해서는:

- ✓ 고무 방진 마운트 + 서브프레임 격리
- ✓ 모터/펌프/감속기 완전 방진 고정
- ✓ 내부 흡음재·방음 매트 적용
- ✓ 슬로싱·배관 소음 억제
- ✓ 편리한 유지보수 구조

## 5.7 배터리 팩/전원부 탑재 구조

이동식 폐식용유 수거 장비는 완전 무선 운용을 목표로 하므로 배터리 팩 및 전원부의 구조적 배치·방열·안전 설계가 핵심이다. 특히 장비 크기가 “냉장고급(대략 500–700mm 폭/깊이, 1,000–1,200mm 높이)”이므로 하부 중심부에 배터리 팩을 탑재하는 저중심 설계가 필수적이다.

---

## 1) 배터리 팩 기본 사양 가정

### ① 예상 전력 요구량

- 구동 모터(주행): 100~250W × 2
- 컨베이어 모터: 50~150W × 2
- 펌프(폐유 이송): 100~200W
- 제어부/센서/통신: 10~20W

**총 순간 피크 전력: 400~700W**

**평균 운용 전력: 150~250W**

### ② 배터리 용량 제안

- 실사용 4~6시간 기준
- **LiFePO<sub>4</sub> 24V 20~40Ah**  
(480~960Wh 등급)

→ 실내 장비 안정성·화재 안정성 측면에서도 LiFePO<sub>4</sub>가 최적

---

## 2) 배터리 팩 탑재 위치

### ① 최적 위치

- 프레임 하단 중앙부
- 탱크 바로 아래 또는 후방 바퀴축 인근
- 이유:
  - 무게 6~12kg의 배터리를 **가장 낮은 위치**에 배치해 무게중심을 낮춤
  - 주행 안정성, 전복 위험 감소
  - 탱크 내 폐유 레벨 변화(C.G 변화)에 대한 완충역할

### ② 배치 기준

- 좌우 중심선에서 ±10mm 이내
- 전/후 바퀴축 중심에서 100mm 이내
- 진동·충격이 큰 모터 근처는 피하고 방진 구조 활용

---

## 3) 배터리 보호 하우징 설계

### ① 소재

- 1.5~2.0mm 알루미늄 또는 강판
- 내부에 **난연 고무 패드** 부착

## ② 보호 기능

- 방유(폐식용유 누유 차단)
- 방수(IP54 수준)
- 방진(고무 마운트 + 스페이서)
- 충격 보호(하부 충격 대비 보강 플레이트)

## ③ 접근성

- 전면 or 측면에서 도어형/슬라이드 트레이 방식으로 열어 관리
- 나사 2~4개로 쉽게 탈착
- 펌웨어 업데이트 포트(USB/RS485/Debug핀)와는 분리된 안전 구획

---

## 4) 방열 및 열 관리 구조

LiFePO<sub>4</sub>는 발열이 적지만 펌프·모터·컨베이어 등 주변 열원이 많으므로 다음 열 관리가 필요함.

### ① 패시브 방열 구조

- 하우징 바닥에 방열 슬롯(길이 30~80mm 개방부)
- 공기 흐름이 위→아래로 빠지는 구조
- 배터리팩 상단에는 방열 패드 + 알루미늄 판 삽입

### ② 팬 냉각 여부

- 일반적으로 불필요하지만
- 실내 고온 환경(주방)에서는 40°C 이상 상승할 수 있으므로
- 온도 45°C 이상 시 5V 팬 저소음 구동 옵션도 가능

---

## 5) 전원부(BMS·차단기·퓨즈) 구성

### ① BMS (Battery Management System)

- 셀 밸런싱
- 과충전 보호
- 과방전 보호
- 과전류(100~150A) 보호
- 온도 모니터링(NTC 센서 내장)

### ② 주회로 차단기/퓨즈

- 메인 퓨즈 블록(40~60A) 설치
- 사고 발생 시 즉각적 회로 차단

### ③ 전원 분배 구조

- 주행 모터용 24V 라인
  - 컨베이어·펌프용 24V 라인
  - 제어부는 DC-DC로 24V → 12V/5V 변환
  - 각각 분리된 퓨즈로 보호
- 

## 6) 배터리 충전 구조

### ① 외부 충전 방식

- 24V 스마트 충전기(5-15A) 사용
- 장비 측면에 방수 충전 포트(XLR/Anderson/IEC) 설치
- 내부 회로 자동 차단 후 충전되도록 설계

### ② 충전 중 안전 제어

- MCU가 BMS로부터 SOC/온도 읽음
  - 충전 중에는:
    - 주행 모터 차단
    - 펌프·컨베이어 차단
    - 탱크 히터만 선택적으로 허가
- 

## 7) 안전성 확보 요소

### ① 물/폐유 접촉 방지

- 배터리 하우징은 IP54 이상
- 탱크가 파손되더라도 액체가 배터리 쪽으로 흐르지 않도록  
누유 유도 트레이 추가

### ② 낙하·충격 대비

- 주행 턱 넘어갈 때 충격 흡수
- 방진 고무 마운트 및 EVA 패드 활용

### ③ 화재 차단 설계

- LiFePO<sub>4</sub> 사용
  - 하우징 내부 난연 패드
  - 온도센서 기반 과열 시 자동 차단
-

## 8) 배터리 모듈 교체성 설계(옵션)

필드 유지보수성을 높이기 위해:

### ① 모듈식 배터리팩(Quick-Release)

- 슬라이드 레일 위 삽입
- XT90/Anderson 커넥터 1개로 연결
- 1~2분 이내 교체 가능

### ② 예비 배터리 운용

- 한 장비에 두 개 팩 장착 가능(직렬/병렬 아님, 스위치 선택식)
- 

## 요약

이동식 폐식용유 수거기에 적합한 배터리 탑재 구조는 다음과 같다:

- ✓ 배터리를 가장 낮은 중앙에 배치해 무게중심 안정 확보
- ✓ 방유·방수·방진 하우징 필수
- ✓ 열 관리(팬+패시브 방열), BMS 안전제어
- ✓ 메인 퓨즈·차단기 기반 전원 분배
- ✓ 슬라이드형 구조로 유지보수 용이성 확보