

Concept



Alfen TheBattery Mobile

Lithium-ion mobiele Energieopslagsysteem

Brandveiligheid en detectiesystemen

23 november 2020

Inhoud

1.	Introductie	3
	1.1 Brandconcept Alfen	3
2.	Systeemomschrijving	4
	2.1 Inrichting container	5
	2.1.1 Inhoud container	7
	2.1.2 Batterijpack	9
	2.2 Koelinstallatie container	10
	2.2.1 TheBattery Mobile 1.0 en 2.0	10
	2.2.2 Koeling mobile 2B	11
	2.3 Beveiligingstechniek	12
	2.3.1 Batterijbeveiliging	14
	2.3.2 Brand Beveiliging	18
	2.3.3 Temperatuursensoren	21
	2.3.4 Alfen backoffice	22
3.	Transformatoren	23
4.	Middenspanningsinstallatie	24

1. Introductie

Alfen heeft een uitgebreide voortdurende dialoog met de brandweer om TheBattery zo veilig mogelijk te maken. Dit document is bedoeld als overzicht van de veiligheidsvoorzieningen die het systeem bevat. Om de werking en brandveiligheidsfilosofie goed te begrijpen is het belangrijk om het systeem in zijn geheel te begrijpen. Daarom geeft dit document naast veiligheidsmechanismen ook inzicht in de inhoud, indeling, koeling en werking van de container. Hierbij is het brandconcept dat door Alfen gehanteerd wordt leidend.

1.1 Brandconcept Alfen

De filosofie van Alfen met betrekking tot het omgaan met brand is gebaseerd op vier hoofdonderdelen:

- Preventie
- Detectie
- Brandbestrijding
- Impact beperking

Preventie

Bij Alfen ligt het overgrote deel van de maatregelen op het voorkomen van een brand en/of onveilige situaties. Dit wordt gedaan middels een grote variëteit aan preventiemaatregelen in zowel batterijen als de andere systeemcomponenten.

Detectie

In het onwaarschijnlijke geval dat er toch onverwachte rook of hitte ontwikkeling ontstaat, zijn er meerdere sensoren en detectoren die de klant instaat stellen tijdig actie te ondernemen. Het Alfen systeem is ontworpen om ver voordat kritische waarden bereikt worden al automatische waarschuwingen te versturen en vermogen af te schakelen om verdere escalatie te voorkomen.

Brandbestrijding

Mocht ondanks de preventie- en detectiemaatregelen toch een brand ontstaan dan zijn er meerdere maatregelen geïmplementeerd om te voorkomen dat de brand escaleert. In geval van brand moet eerst het systeem spanningsloos gemaakt worden door bij de midden- of laagspanningsinstallatie het systeem af te schakelen. De midden- of laagspanningsinstallatie staat gewoonlijk op afstand van de energieopslagcontainers en is dus veilig toegankelijk. Vervolgens kan er optimaal en veilig geblust worden. Een ander middel om brandescalatie te voorkomen is de ingebouwde brand propagatie in de cellen. Hierdoor zal een thermal runaway in één cel niet doorslaan naar de volgende.

Impact beperking

Ten slotte wordt bij een geëscaleerde brand de impact op het milieu beperkt doordat de schadelijke gassen oplosbaar zijn in water. Dit zorgt ervoor dat tijdens het blussen er zo min mogelijke schadelijke gassen in de atmosfeer terecht komen. Daarnaast heeft een DNV GL rapport over de brandveiligheid van energieopslagsystemen aangetoond dat een lithium-ion batterij brand qua schadelijk stoffen vergelijkbaar is met kantoorbrand¹.

¹ DNV GL, *Consideration for ESS Fire Safety*, 07-02-2018, pagina 10.

2. Systeemomschrijving

Alfen heeft meerdere generaties TheBattery Mobile containers, waarin dezelfde type batterijen zijn toegepast maar waarin het koelingsprincipe en elektrisch concept iets verschillen. De mobiele containers zijn in 10ft zeecontainers gebouwd. Alle mobiele container beschikken over BMW batterijen. Alfen heeft gekozen voor batterijen van BMW omdat deze conform de automotive standaard zijn gebouwd en hierdoor een hoge mate van betrouwbaarheid en veiligheid kennen.



Figuur 1 – aanzicht besturing container



Figuur 2 Batterijpack I3

2.1 Inrichting container

Het systeem, TheBattery container, bestaat uit twee onderdelen. Het eerste deel is het buitengedeelte bestaande uit het aansluit- en aansturingspaneel.

Aansturingspaneel (bovenpaneel)

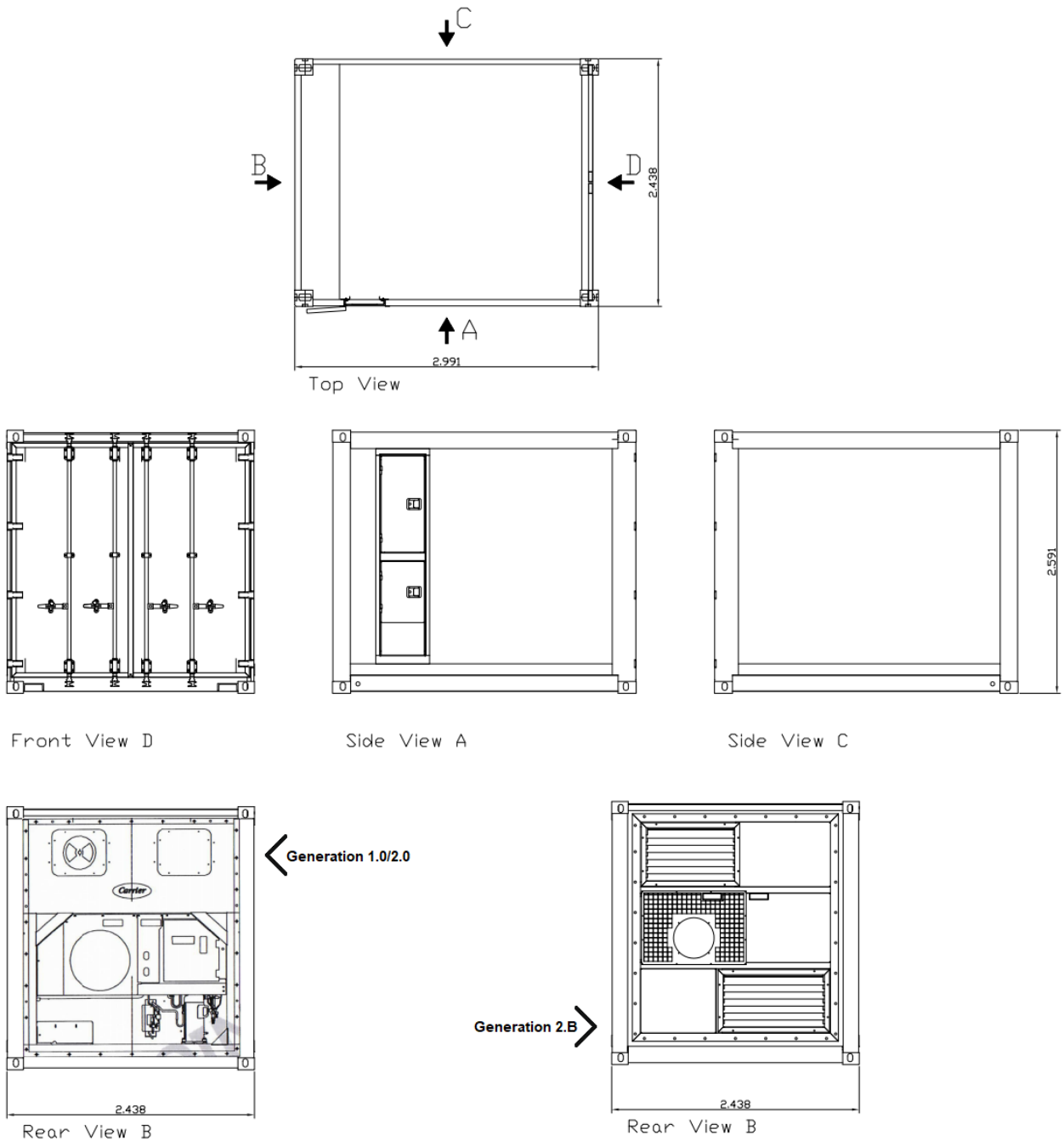
- Human machine interface ten behoeve van bediening systeem;
- Netschakelaar;
- Aansluitingen t.b.v. communicatie;
- Noodstop.
- Fire reset
- Noodstop reset
- USB's
- RJ45 (ethernet connectie)

Aansluitpaneel (onderpaneel)

- Powerlock aansluitingen input;
- Powerlock aansluitingen output;
- CEE 63A uit
- Aansluiting externe noodstop signaal.
- Aarding

Het tweede deel is het binnen compartiment met hierin de omvormer en batterijen.

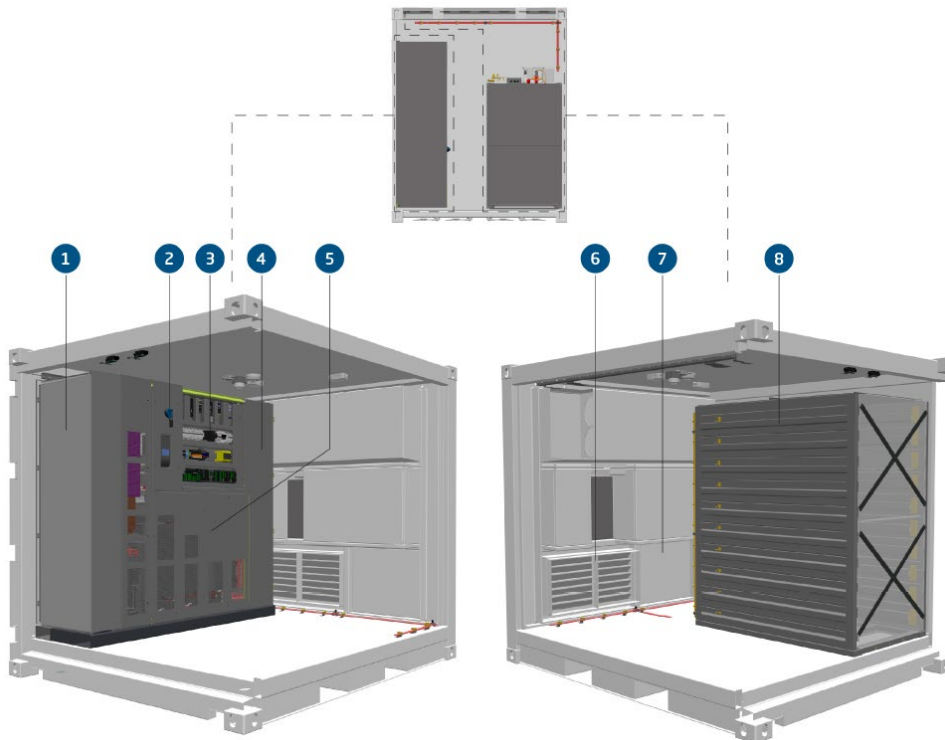
- Maximaal 10 BMW batterijen in een batterijrek;
- Een omvormer inclusief besturing;
- Koelsysteem voor omvormer en batterijen.



Figuur 3 – Aanzichten container (noot, figuur indicatief zie bovenstaande tekst voor exacte inhoud)

2.1.1 Inhoud container

De container is voorzien van een batterijenpakket (8) en een omvormersysteem inclusief besturing (5)
 In deze paragraaf wordt er dieper ingegaan op de inhoud van de verschillende onderdelen van de container



Nr.	Description
1.	System Controller cabinet, backup battery and auxiliary power
2.	DC Switch
3.	Control panel
4.	Power lock cabinet
5.	Energy Storage Inverter (ESI)
6.	Ventilation grilles
7.	Cooling system
8.	Batteries

Figuur 4 –Inhoud container

2.1.1.1 Omvormerpack

De omvormer kan maximaal 318 kVA aan vermogen leveren op 400Vac. Aan de DC kant van de omvormers is het spanningsniveau variabel tot max 806V. In Figuur 6 is te zien dat de omvormer aan de DC kant kan worden afgeschakeld. Om de AC kant spanningsloos te maken zal de omvormer uitgezet moeten worden en dienen alle kabels aan de buitenzijde losgekoppeld te worden.

De omvormers voldoen minimaal aan de volgende normen:

- EN 50178 voor impact en vibratie (Veiligheidsnorm)
- EN 60204-1 (Veiligheidsnorm)
- IEC 61800-3 (EMC norm)
- IEC 61800-5 (Veiligheidsnorm)

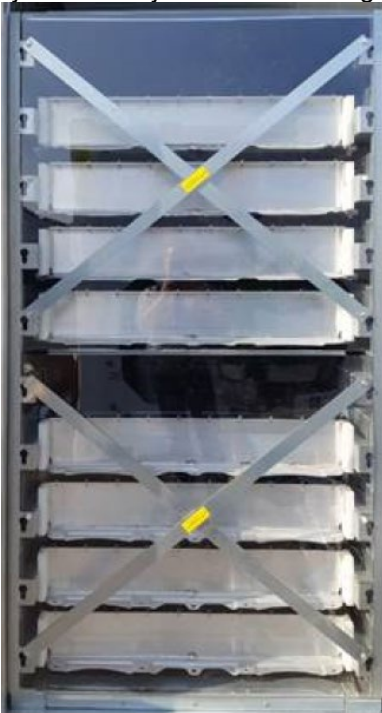


Figuur 5 Omvormer skid Battery mobile 2B

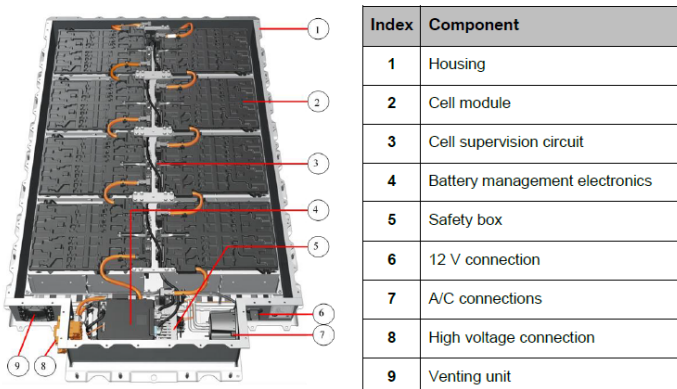
Tenslotte bevindt zich een System controller in de ruimte. In deze kast komen alle datakabels samen en zit de aansturing van de container. De aansturing van de container kan lokaal via de het display of op afstand. Vanuit de system controller worden ook de alarmsignalen verstuurd. De system controller heeft een back-up voeding van 24Vdc waarmee de system controller bij verdere spanningsloosheid nog minimaal 2 uur van stroom voorzien kan worden. De noodstop/processtop is gekoppeld aan de system controller, en zorgt ervoor dat het systeem naar een veilige modus gaat. In deze situatie zijn alle magneetschakelaars, alle omvormers en alle batterijconnectors uitgeschakeld.

2.1.2 Batterijpack

In de container bevinden zich maximaal 10 BMW i3 batterijen in een batterijrek. Het aantal is afhankelijk van het project. Elke batterij bestaat uit acht batterij modules en één BMS (Battery Management System). In het BMS wordt alle data van de batterijen gemonitord, waaronder temperatuur en spanning. Elke module heeft meerdere temperatuursensoren waarmee de temperatuur per module vastgesteld wordt. De details van de batterijmodule zijn te vinden in Figuur 6. In elke batterijmodule bevinden zich 12 cellen wat leidt tot in totaal 96 cellen per batterij. Figuur 7 laat de componenten in de batterij zien. In het systeem zijn de batterijmodules in serie geschakeld en de rekken in parallel.



Figuur 6 – Batterijrek met BMW i3 SE09 modules



Figuur 7 – Batterijmodule met componenten

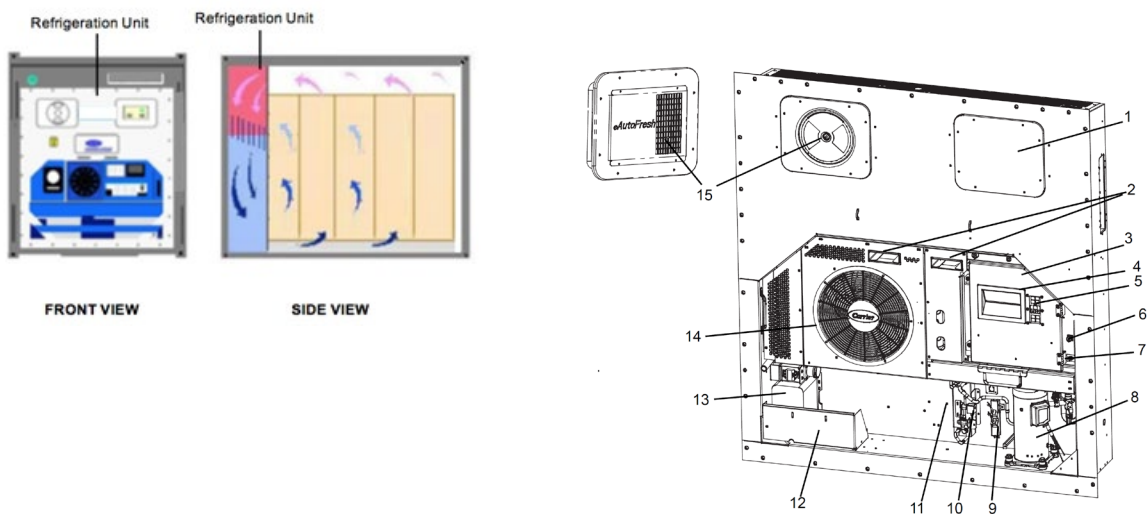
2.2 Koelinstallatie container

De koeling van de omvormer en batterijen verschilt per uitvoering van TheBattery Mobile. De batterijkoeling verloopt door airconditioning of koudemiddel en de omvormers worden gekoeld door airconditioning of geforceerde lucht flow. In deze paragraaf worden bij koelconcepten uitgelicht voor ieder type.

Het totale koelsysteem gezamenlijk zorgt ervoor dat tijdens bedrijf de batterijen voldoende gekoeld worden. Mocht er door extreme omstandigheden toch onverwachts een hoge temperatuurstijging optreden dan zal eerst bij een cel temperatuur van 60 °C een alarmsignaal worden verstuurd, vervolgens zal bij 65 °C het systeem preventief afschakelen.

2.2.1 TheBattery Mobile 1.0 en 2.0

De batterijen en omvormer worden gekoeld via de airconditioning unit aan de achterzijde van de container. De airconditioning circuleert de lucht in de container. De koude lucht wordt onder de verhoogde vloer geblazen en via gaten in de vloer doorgevoerd naar de batterijen. De warme lucht wordt vervolgens weer gekoeld door de koelunit (Figuur 7). De temperatuur in de container is standaard ingesteld op 18 °C.



Figuur 8 – koelconcept

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Access Panel (Evap. Fan #1) 2. Fork Lift Pockets 3. Control Box 4. Unit Display 5. Control Panel 6. Remote Monitoring Receptacle 7. Start- Stop Switch, ST 8. Compressor | <ol style="list-style-type: none"> 9. Supply Temperature Supply/Recorder Sensor Assembly (STS/SRS) 10. Economizer 11. Ambient Temperature Sensor (AMBS) 12. Power Cables and Plug (Location) 13. Autotransformer 14. Condenser Grille 15. Upper Fresh Air Makeup Vent Panel (Evap. Fan #2) |
|--|---|

2.2.2 Koeling mobile 2B

De batterijen worden gekoeld via een koelunit achterin de container. Dit systeem is voorzien van het koudemiddel R-134A, dit koudemiddel vloeit door de batterijen d.m.v. een compressor. De omvormerpack wordt gekoeld door middel van buitenlucht wat actief door het systeem wordt geblazen. De batterijventilatoren leveren ook additionele luchtstroom dicht op de batterijen.

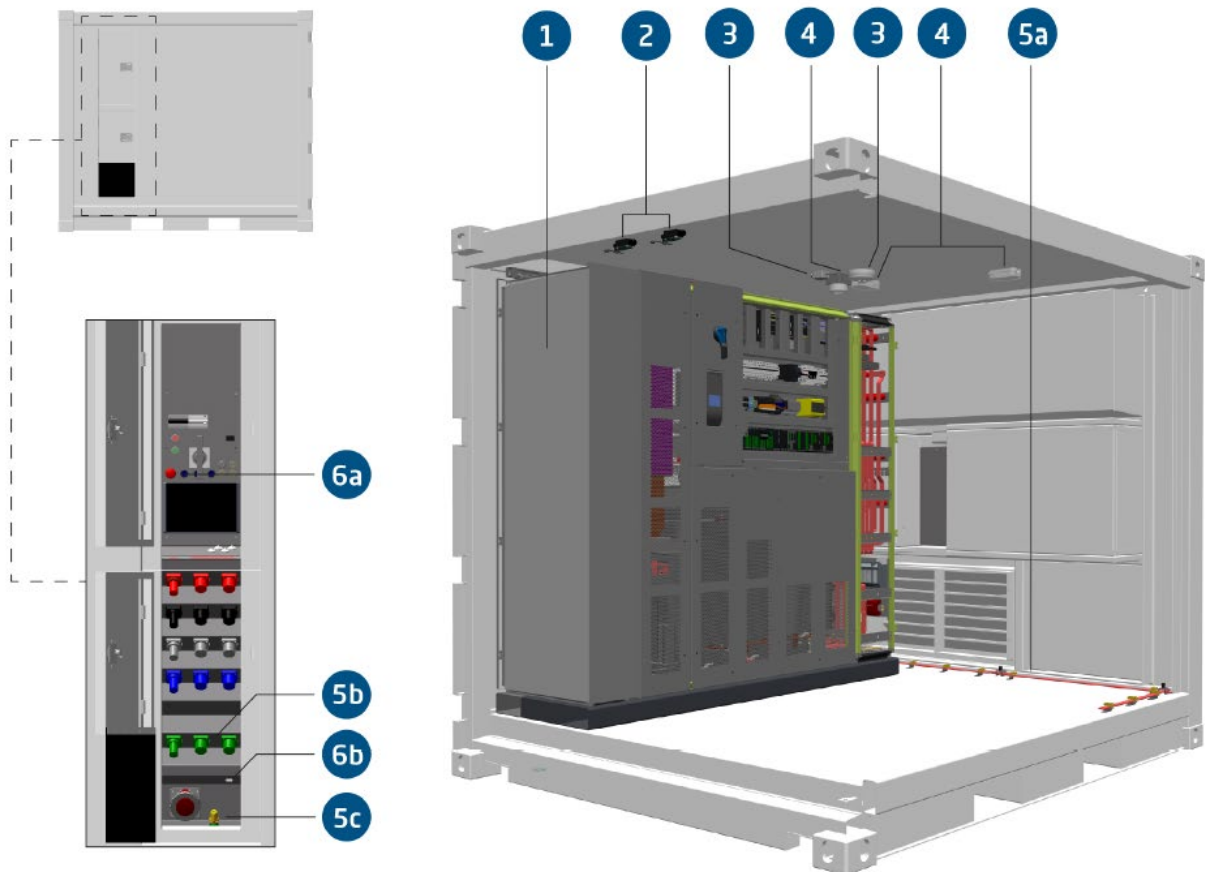


Figuur 9 – Batterijkoelsysteem (Links batterijventilatoren, rechts de koelunit)

2.3 Beveiligingstechniek

In het systeem zijn verschillende soorten beveiliging aangebracht. Deze gaan van beveiligingen op celniveau tot beveiligingen op systeemniveau.

- Batterijbeveiliging
 - BMS beveiliging
 - Overstroom en kortsluitbeveiliging
 - Cel beveiliging
- Brandbeveiliging
- Temperatuursensoren
- Alfen Backoffice





Nr. Description

1. Safety doors and covers

2. Door switches

3. Fire detection unit

4. Lights and motion sensor

5a. Earthing rails

5b. Grid protective earth connector

5c. External earthing pin

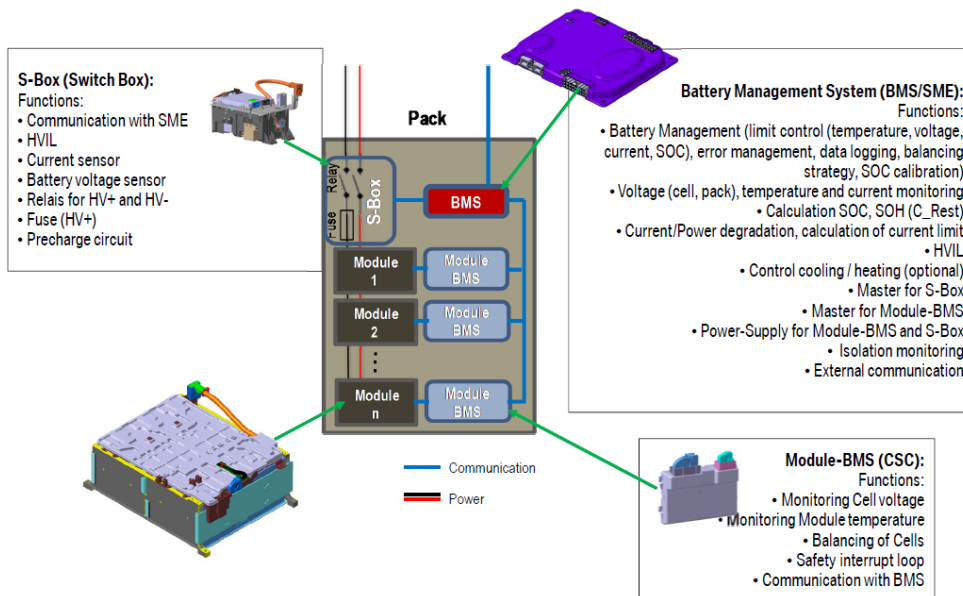
6b. Process Stop stop button

6b. Process Stop connector

Figuur 10 – TheBattery Mobile veiligheidscomponenten

2.3.1 Batterijbeveiliging

De BMW batterijen worden beveiligd via de BMS, zekering en mechanisme in de cellen.



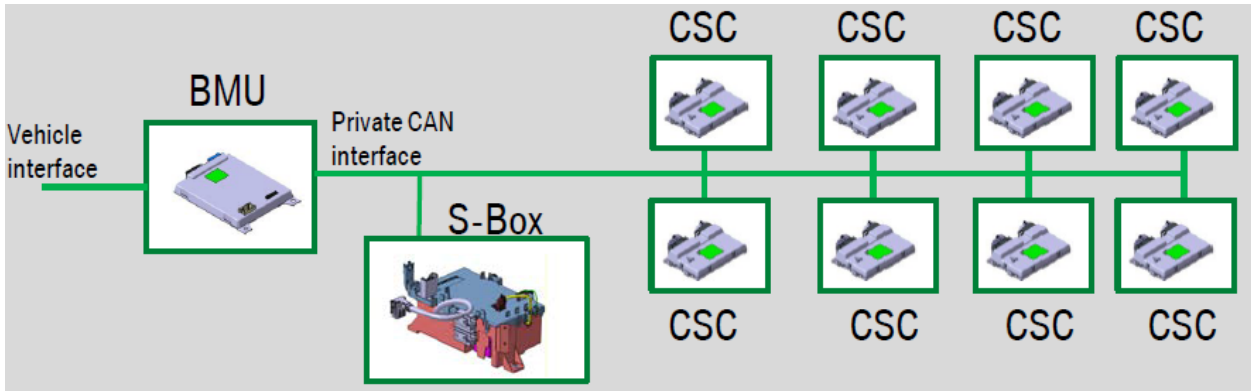
Battery Management:

- Single cell monitoring (voltage, temperature)
- limit control (temperature, voltage, battery-voltage, current, SOC)
- Cell Balancing
- Current/Power degradation, calculation of current limit
- Control cooling / heating (optional)

Battery:

- Fuse
- Insulation monitoring
- contactor for + and – cooling system
- HV interlok (Hardware shut down)

- Overcharge protection
- Overdischarge protection
- Overcurrent protection
- Current/Power monitoring
- Thermal control
- Over temperature protection
- SOC monitoring
- No imbalanced operation
- Optimization of lifetime



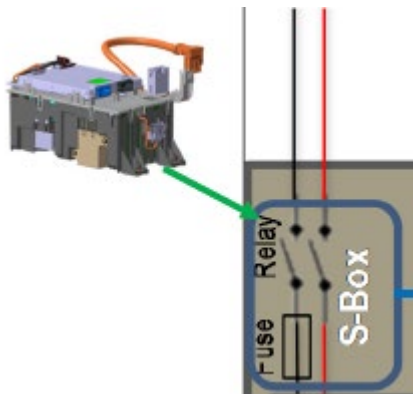
De eerste bescherming laag bevindt zich in de BMS.

De module BMS meet de spanning en de temperatuur van elke cel en verzendt deze naar het BMS. Het BMS verzamelt informatie over de rekstroom van de shuntweerstand in de schakelinstallatie van de batterij. Daarna analyseert het rek-BMS de data en verstuurt een veiligheidssignaal naar de schakelinstallatie die, indien nodig, de magneetschakelaar loskoppelt (Figuur 16).

PACK-BMS INTERNAL FUNCTIONS				
Control Level	Condition Monitoring	Data Logging	Safety Level	
	Operation Status (On, balancing, SOC Calibration...)	Voltage, current, Temperature		System Limit Monitoring
	State of Charge (SoC)	Cell Balancing		Cell Voltage Limits
	Pack Voltage	Monitoring of Voltage difference between cells vs. Programmed limits		Cell Temperature Limits
	State of Health (SoH)	Balancing of cells		Current Limits
	Power Prognosis	Interface		SOC-Limits
	SoC Calibration	Communication-/Data interface external		Isolation Limits
	Communication/ Data Exchange/ Updates	Control of the Contactors		HVIL
	External (Measurement Data, Commands, Status)	Control of TXV		Event-Handling
	Software-Updates (all Components)			Generation and Evaluation of Warning and Failure messages
Diagnostics		Derivation/ Realization of Appropriate Safety Action		
Actuator Control		Protective Mechanisms		
Control of TXV		Cooling Requirements		
		Requirements for Power Reduction		
		HVIL		
		Emergency Disconnection		

Figuur 11 – BMS actie-overzicht

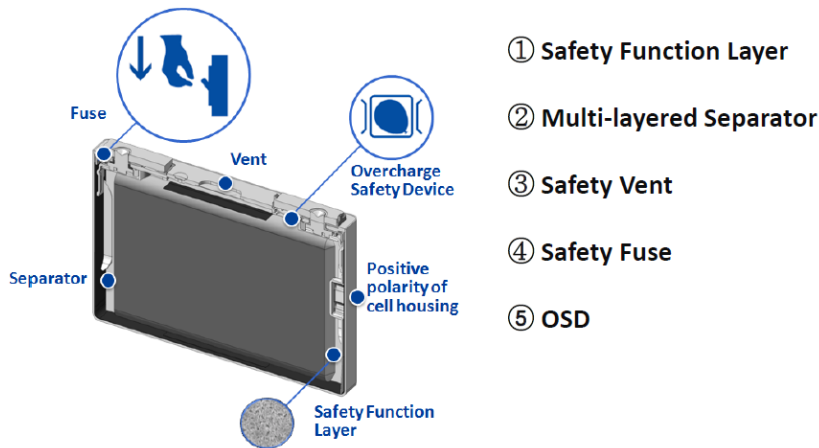
De tweede beschermingslaag gaat via de hoofdzekering. Als er een fout plaatsvindt door kortsluiting of overbelasting dan zullen afgaan. Dit koppelt de batterij los wat overbelasting van de batterij voorkomt.



Figuur 12 – Hoofdzekering

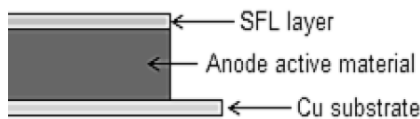
De laatste bescherming laag zit op celniveau. In het onwaarschijnlijke geval dat de eerste twee beschermingen falen, zijn er vijf veiligheidsmechanismen die beschermen tegen overbelasting van de batterij en ongewenste thermische of chemische reacties in de cel ²

3rd level of Protection done by safety devices of cell itself



Figuur 13 – Beschermingslagen cel overzicht

1. De Safety Function Layer (SFL) voorkomt dat de onderlaag van de kathode contact maakt met het anodemateriaal. Bij extreem hoge temperaturen kan het bij andere batterijen voorkomen dat de scheidingslaag smelt en een interne kortsluiting optreedt. Doordat de SFL-smeltemperatuur extra hoog is kan er zelfs bij temperaturen boven de 200°C geen hitte naar het anodemateriaal doorstromen en wordt een thermal runaway voorkomen.



< SFL structure >

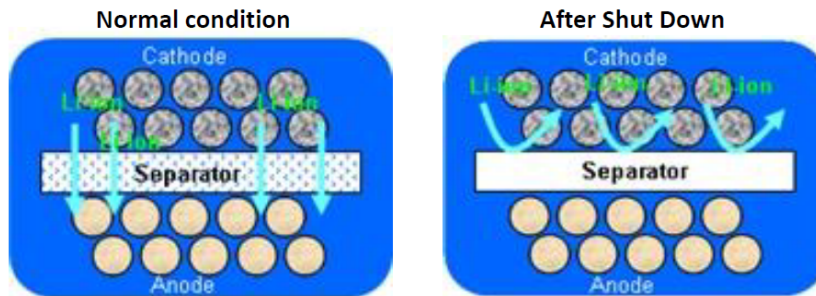
Figuur 14 – Safety Layer Function details

2. Multi-layered separator, een scheidingsmateriaal bestaande uit polypropyleen (PP) en polyetheen (PE). Als de temperatuur in de batterij stijgt en het smeltpunt van PP of PE bereikt, vullen poriën van het scheidingsmateriaal. Hierdoor wordt het pad van de ionen geblokkeerd wat leidt tot een afsluiting van de stroom en een stop van de temperatuurstijging in de batterij. Dit is grafisch weergegeven in Figuur 15.

² Onderstaande beschrijven komt vanuit Samsung SDI, de BMW batterijen beschikken over Samsung cellen. Verschillen tussen de cellen in de BMW batterijen en de gegeven informatie kunnen niet worden uitgesloten.

② Multi-layered Separator Design (Tri layer structure PP/PE/PP)

- Stopping overcharge by blocking Li-ion path through separator pore



< Comparison of Separator before & after shut down >

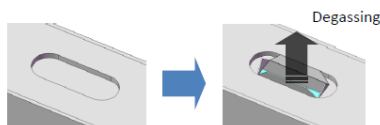
Figuur 15 – Scheidingsmechanisme cel details

3. Veiligheidsontluchting & 4. Zekering

Wanneer de druk in cel een kritisch niveau bereikt moet de druk vrijgelaten worden om explosies te voorkomen. Wanneer de druk verlaagd is zullen de cellen thermisch stabiliseren en kan er geen thermal runaway plaatsvinden (zie Figuur 16).

③ Safety Vent

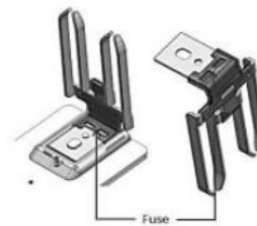
- Gas venting in case of abusive condition
- Ventilation condition
- : $7.0 \pm 1.0 \text{ kg·f/cm}^2 \leq \text{Internal Pressure}$



< Vent activation mechanism >

④ Safety Fuse

- Prevents short-circuit current
- Cut off condition: 1 sec @ 2500A



< Fuse structure >

Figuur 16 - Veiligheidsontluchting & Zekering details

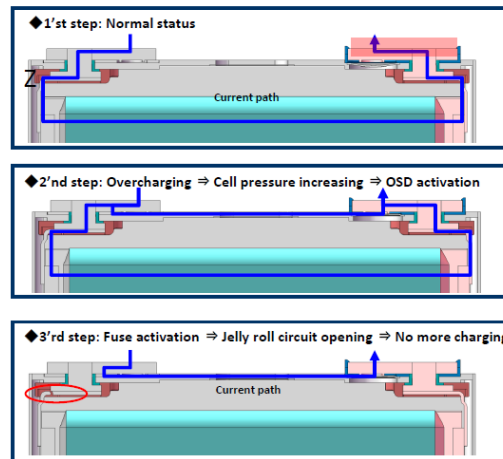
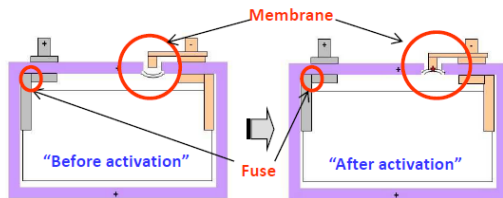
5. Overbelasting beveiliging

Als de interne druk stijgt tot een kritisch punt door elektrische overbelasting dan zal het membraam vervormen waardoor er voor de stroom een bypass wordt gecreëerd via een alternatieve route. Dit creëert twee gesloten circuits die de magneetschakelaars loskoppelt.

Het blokkeren van inkomende stroom voortkomt thermal runaway. Mocht het blokkeren falen, dan zal de interne druk toenemen en de veiligheidsontluchting alsnog de gassen loslaten.

⑤ Overcharging Safety Device

- To prevent overcharging in a cell by forced external short and fuse melting
- Activation condition
: $3.5 \pm 1.0 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{cm}^2 \leq \text{Internal Pressure}$

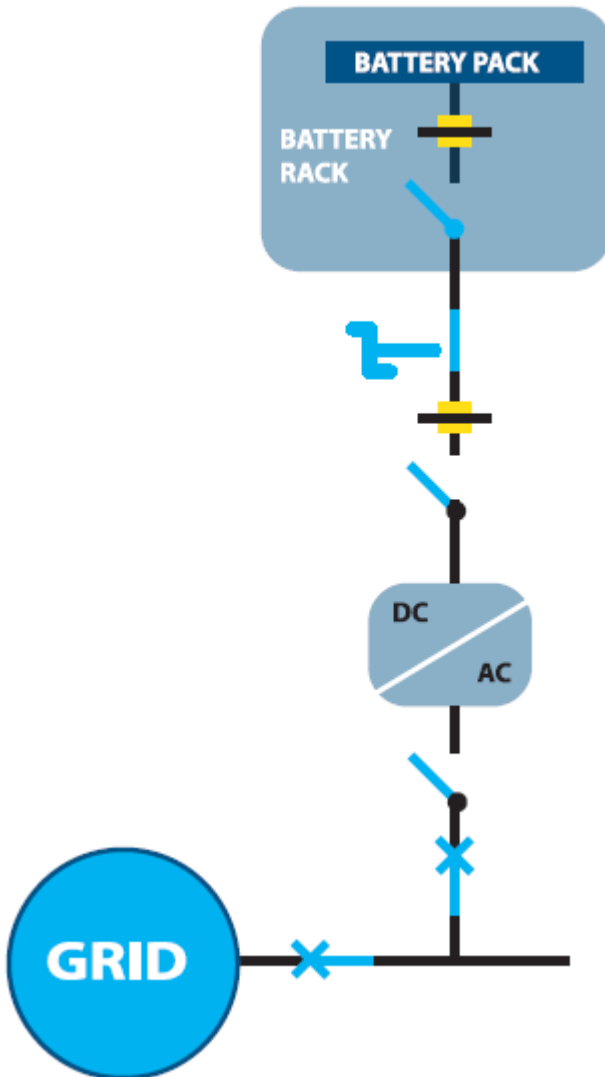


Figuur 17 – Overbelastingsbeveiliging details

2.3.2 Brand Beveiliging

Alfens standaardoplossing heeft naast batterijbeveiliging meerdere branddetectie en preventies mechanismen, zoals, rookmelders, automatische afschakeling en geautomatiseerde alarmsignalen.

De container is voorzien van een rookmelder. De rookmelder voldoet aan NEN-2555 en detecteert rook. Als de rookmelder afgaat dan zal het systeem automatisch afschakelen. Zoals weergegeven in Figuur 18, schakelen in dit geval alle individuele batterijmodules af, de DC busbar af en de AC bus van de schakelaar af. Dit gebeurt ook wanneer er op de processtop of de noodstop gedrukt wordt die zich in beide ruimten bevindt (Figuur 19).



Figuur 18 – Loskoppeling TheBattery in geval van calamiteit.



Figuur 19 – Processtop in omvormer-ruimte (boven) en batterij-ruimte (beneden)

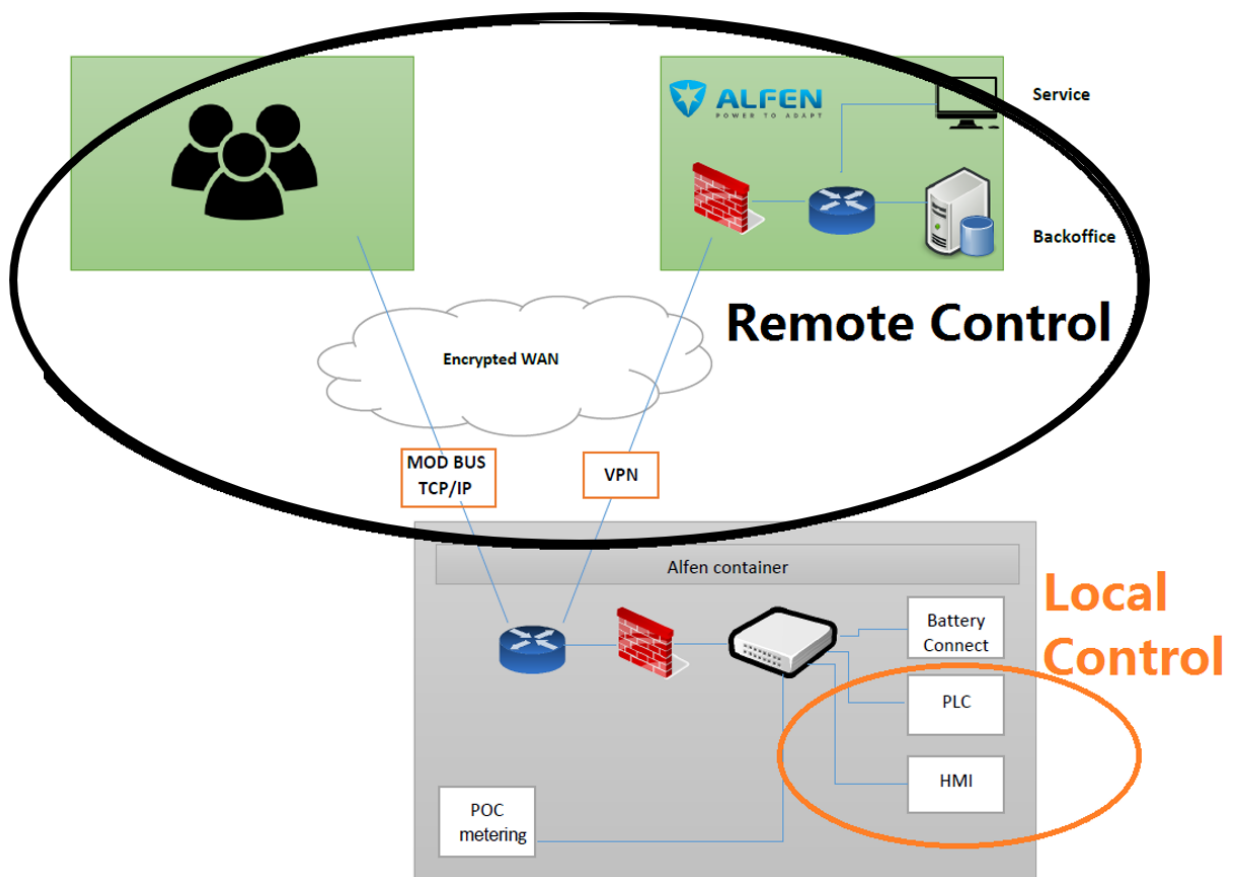
2.3.3 Temperatuursensoren

In de container bevinden zich meerdere temperatuursensoren en metingen. In de binnen ruimte bevinden zich temperatuursensoren van de batterijcellen en een temperatuurmeting van de ruimte.

In de container zit de rookmelder en de temperatuursensor boven de omvormer. Dit komt omdat er lucht door de ventilator naar boven wordt gezogen en hier daarom als er brand ontstaat in de omvormer het best gemeten kan worden.

2.3.4 Alfens backoffice

Alfens standaardoplossing bevat automatische berichtgeving en monitoring van alle gewenste signalen en meetwaarden uit het systeem. Hieronder vallen ook temperatuurmetingen. Bij bepaalde temperaturen, zoals temperaturen van boven de 60 °C zal er altijd automatisch een waarschuwing gegeven worden. Als een alarm geactiveerd is zal er een signaal gaan van de system controller naar Alfens backoffice en naar de klant of andere externe partijen (Figuur 20). Naast een systeemsignaal zal er ook een automatisch sms-bericht verstuurd kunnen worden naar een lijst met nader te definiëren personen/partijen.



Figuur 20 – Signaal topologie TheBattery

Als het project onder Alfens onderhoud valt dan kunnen er rapporten automatisch gedeeld worden met de klant en eventuele andere partijen. Er is ook optioneel een 24/7 telefoonservice die gebeld kan worden bij calamiteiten. Eventueel kan een calamiteitendraaiboek bepaald worden in overleg met de klant, brandweer en andere betrokken partijen.