

Die Nickel-Eisen-Solar-Batterie von Changhong

1 Einleitung

Wegen der hohen Zuverlässigkeit, der langen Lebensdauer, der niedrigen Energiekosten, der Umweltfreundlichkeit und anderer guter Eigenschaften sind Nickel-Eisen-Batterien in vielen Anwendungen eine gute Alternative zu Blei-Säure-Batterien, speziell in Stromversorgungen mit alternativen Energiequellen.

Changhong ist ein großer Hersteller von Batterien, der sich auf die NiFe und NiCd-Batterien spezialisiert hat. Die Nickel-Eisen-Batterien werden seit fast 30 Jahren mit von der VARTA übernommenen Produktionsmitteln von Changhong hergestellt.

Dieses Handbuch stellt detailliert die Eigenschaften von Changhongs NiFe-Batterie der Serie NF-S dar. Die Serie NF-S ist speziell für die Erfordernisse in Solaranlagen und vergleichbaren Anwendungen konzipiert worden. Die Serie NF-S zeichnet sich durch viele Vorteile aus: Niedrige Betriebskosten, geringe Selbstentladung, hohe Zyklenfestigkeit, Umweltfreundlichkeit und mehr. Sie kann Tiefentladungen vertragen, kann in einem sehr weiten Temperaturbereich arbeiten und kann auch bei unsachgemäßer Behandlung sicher und dauerhaft betrieben werden. Die Lebensdauer kann über 20 Jahre betragen, wenn sie sachgemäß eingesetzt und gewartet wird. Die Elektrolytreserve ist groß und erlaubt sehr lange Wartungsintervalle.

Dieses Handbuch basiert weitgehend auf der Dokumentation von Changhong. Um weitere Informationen zu erhalten, ist die Lektüre des englischen Wikipedia-Artikels (Nickel-iron battery) und die dort aufgeführten weiterführenden Links empfehlenswert. Darin erfahren Sie mehr über Jungner und Edison, die vorletzte Jahrhundertwende und fünfzig Jahre alte Batterien.

2 Eignung für Solar- (Photovoltaik/PV) und Windanlagen

Die Nickel-Eisen-Batterie ist in diesen Anlagen besonders geeignet, weil

- sie sehr tief entladen werden kann
- sie teil- oder tiefentladen verbleiben darf
- sie bei Ausfall der Regelelektronik keinen Schaden nimmt
- sie unsachgemäße Behandlung besser überlebt
- sie in einem weiten Temperaturbereich arbeiten kann
- sie leicht in entfernte Orten zu transportieren ist
- sie auch bei langer Zeit ohne Überwachung sicher arbeitet
- sie zuverlässig ist und wenig Wartung benötigt.

3 Konstruktionsmerkmale

3.1 Plattenaufbau

Die NiFe-Batterien der Serie NF-S sind aufgebaut aus zwei Gruppen von Platten, die positiven Platten enthalten Nickelhydroxid und die negativen Platten Eisenhydroxid. Diese aktiven Materialien werden in Taschen aus vernickelten Stahlstreifen gefüllt, die zweifach perforiert und die in einem Stahlrahmen untergebracht sind.

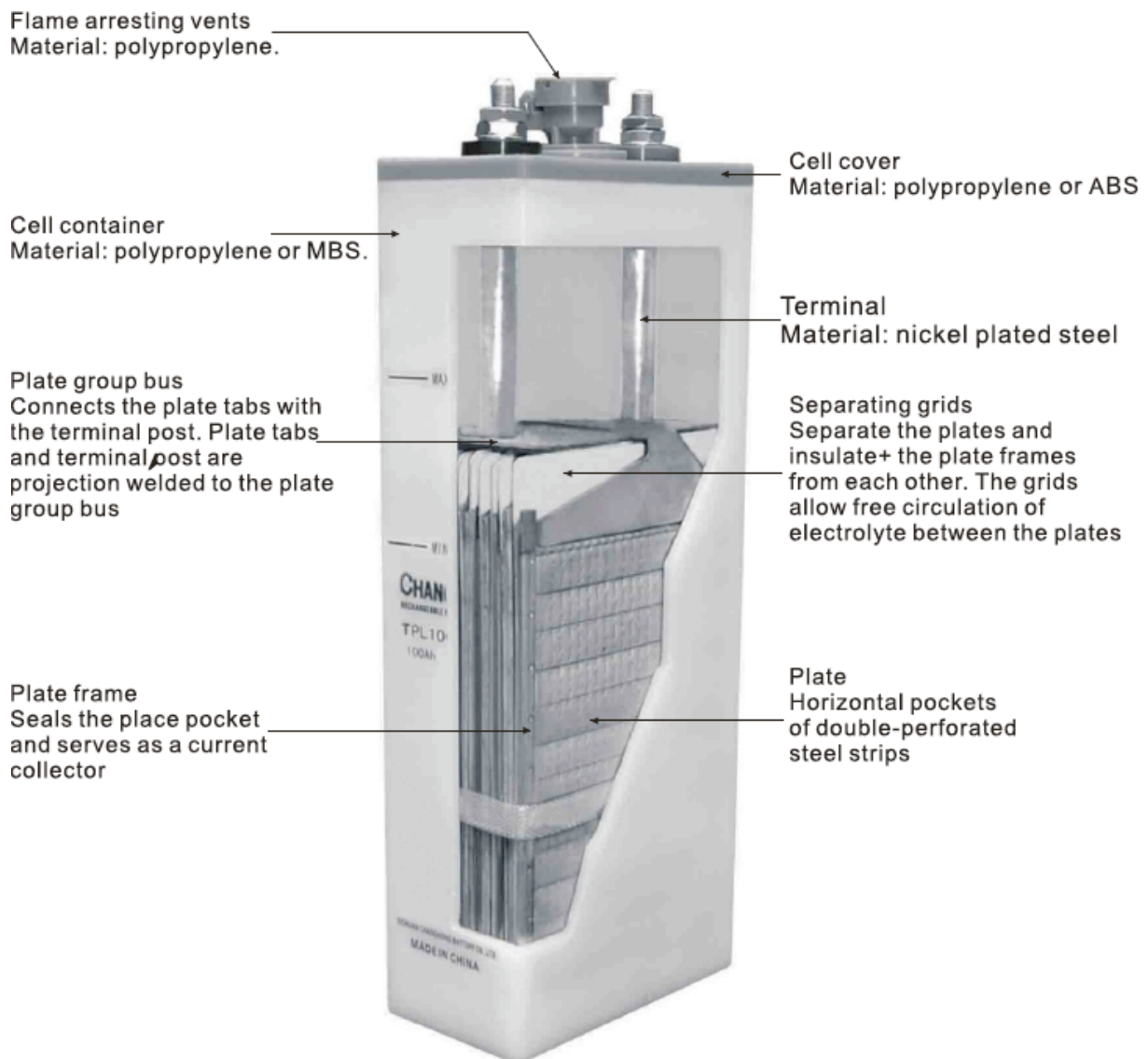
3.2 Elektrodenseparator

Der Elektrodenseparator ist ein wichtiges Element von Changhongs NiFe-Batterie der Serie NF-S. Er besteht aus Polypropylen und er sorgt dafür, dass die Platten auf einem exakten Abstand gehalten werden. Damit wird die Rekombination der Gase zu Wasser gefördert.

Weil der Abstand zwischen den positiven und negativen Platten groß ist und damit viel Elektrolyt zwischen den Platten steht, gibt es eine gute Zirkulation des Elektrolyten und damit wird die Schichtung (die Trennung von Elektrolyt und Wasser) vermieden, die in Blei-Säure-Akkus so problematisch ist.

3.3 Elektrolyt

Der Elektrolyt der NiFe-Batterie der Serie NF-S ist eine Lösung aus Kaliumhydroxid und Lithiumhydroxid, die die Eigenschaften wie Zyklusfestigkeit, Ladewirkungsgrad, weiter Betriebstemperaturbereich und andere verbessert. Angepasste Konzentrationen des Elektrolyten erlauben es, die NiFe-Batterie in einem Bereich zwischen -20°C und +60°C zu betreiben.



3.4 Anschlüsse

Die Platten sind an die Strom führenden Sammler geschweißt. Hieran sind Anschlusspole aus vernickeltem Stahl geschweißt, die mit Gewinden versehen sind. Der Deckel der Zelle und die Durchführung der Pole sind mit eingepressten Gummidichtungen versehen, die für eine lebenslange Abdichtung sorgen.

3.5 Ventile

Die NiFe-Batterien der Serie NF-S sind mit speziellen rückzündungshemmenden Schnappverschlüssen mit Ventilen zur guten Ventilation beim Laden ausgestattet, um einen sicheren und zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten.

3.6 Behälter

Die Behälter der Zellen bestehen aus durchsichtigem langlebigen MBS-Kunststoff.

4 Vorteile der NiFe-Batterie der Serie NF-S

- Hohe Zyklenfestigkeit
- Die Batterien können über 20 Jahre lang leben, wenn sie korrekt benutzt werden
- Weiter Betriebstemperaturbereich
- Wenig Wartungsbedarf
- Mit ihrem speziellen Rekombinationsseparator und einer großen Elektrolytreserve kann die Batterie an entlegenen Orten lange Zeit ohne Wartung benutzt werden
- Elektrisch und mechanisch äußerst robust
- Niedrige Transportkosten (kein Gefahrgut, lageunabhängig, da nicht befüllt)

5 Vergleich zwischen Gel/AGM (VRLA) und NF-S Batterien

5.1 Vergleich der Eigenschaften

	VRLA-Batterie	NF-S Batterie
Nennspannung	2V	1.2V
Ladeerhaltungsspannung	2.23 – 2.30V/Zelle	1.45 – 1.50V/Zelle
Temperaturkompensation beim Laden	- 3mV/°C/Zelle	- 3mV/°C/Zelle
Betriebsspannungsstabilität	Durchschnittlich	Gut
Standard Lade- und Enladestrom	0.1C10A	0.25C5A
Verhalten bei hohen Entladeströmen	Schlecht	Gut
Überladbarkeit	Schlecht	Gut
Tiefentladbarkeit	Sehr schlecht	Gut
Verhalten bei zu hoher Ladespannung	Wenn die Ladespannung 2.35V/Zelle überschreitet, dann reduziert sich die Lebensdauer um 50% bei jeder zusätzlichen Spannung von 0.1V/Zelle	Keine Auswirkung
Lebensdauer	Weniger als 7 Jahre	Mehr als 20 Jahre
Lagerdauer	Weniger als 2 Jahre	4 Jahre
Verhalten bei hohen Temperaturen	Wenn die Umgebungstemperatur 50°C überschreitet, dann wird die Stromaufnahme sehr stark eingeschränkt, was zu einem stark verkürzten Leben der Batterie führt	Keine Auswirkung
Verhalten bei niedrigen Temperaturen	Starker Kapazitätsverlust	Mäßiger Kapazitätsverlust
Gefährliche Überhitzung bei Kurzschluss	ja	nein
Vorzeitiger Kapazitätsverlust	Ja	nein
Umweltfreundlichkeit	Nein	Ja

5.2 Kostenvergleich zwischen Gel/AGM- und NiFe-Batterien

Die NiFe-Batterien kosten mehr als Blei-Säure-Batterien des Typs Gel und AGM. Ihr Preis ist vergleichbar mit dem für die OPzS/OPzV-Bleibatterien.

Wenn man bei einer Kalkulation die Wartungskosten, unvorhergesehene Ausfälle und die Ersatzbeschaffung berücksichtigt, dann sind NiFe-Batterien langfristig billiger als Bleibatterien.

Die Eigenschaften von Nickel-Eisen-Batterien und Nickel-Kadmium-Batterien sind ähnlich. Darüber hinaus enthalten die NiFe-Zellen weniger bedenkliche Materialien.

6 Eigenschaften

6.1 Kapazitätsangaben

Die Kapazität der NiFe-Batterie der Serie NF-S wird in Amperestunden (Ah) angegeben, das ist die Ladung, die der Batterie bei einer 5-stündigen Entladung (C5) bei 20°C bis hinunter auf eine Spannung von 1.0V nach einer vollständigen Ladung entnommen werden kann.

6.2 Nennspannung

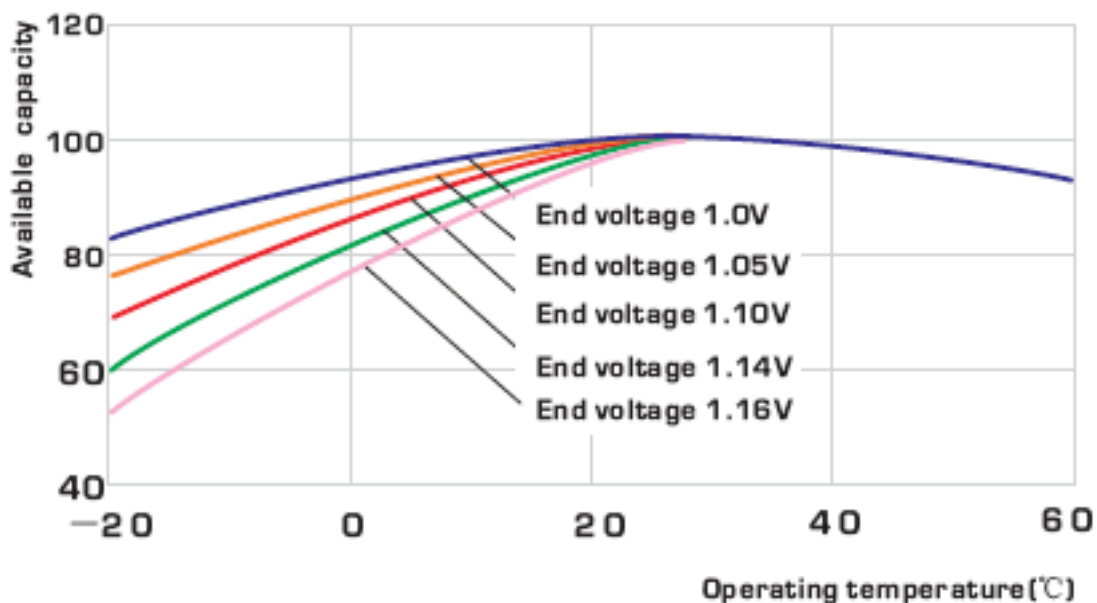
Die Nennspannung der NiFe-Batterie der Serie NF-S ist 1.2V pro Zelle.

6.3 Innenwiderstand

Der Innenwiderstand hängt von vielen Faktoren ab, unter anderem vom Ladezustand. Der nützlichste Wert in normalen Bedingungen ist der Spannungsabfall bei einer Änderung des Entladestroms. Bei einer 50%-gen Entladung ist der Innenwiderstand etwa 20% höher als bei der vollgeladenen Batterie, bei 90% Entladung ist er etwa 80% höher. Außerdem steigt der Innenwiderstand bei sinkender Umgebungstemperatur. Der Innenwiderstand ist z.B. bei 0°C 40% höher.

6.4 Kapazität in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Kapazität der Batterie hängt von seiner Umgebungstemperatur ab. Der Korrekturfaktor zur richtigen Bestimmung der Batteriegröße kann der folgenden Grafik entnommen werden.



Typical Capacity De-rating Factors Versus Temperature

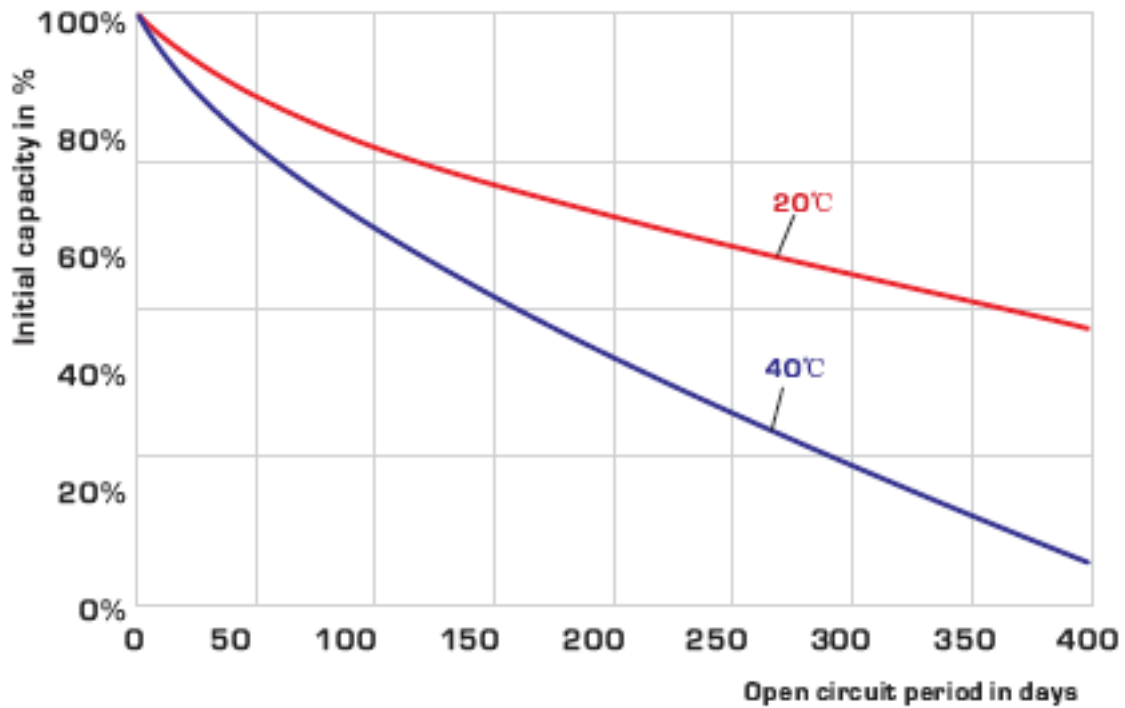
Kapazität in Abhängigkeit von der Temperatur

6.5 Kurzschlussstrom

Der Kurzschlussstrom der NiFe-Batterie der Serie NF-S ist etwa zehnmals so groß wie ihre Kapazität (/h).

6.6 Selbstentladung

Durch Selbstentladung sinkt die Kapazität der Batterie langsam. Diese Selbstentladung bei verschiedenen Temperaturen kann dem folgenden Bild entnommen werden.

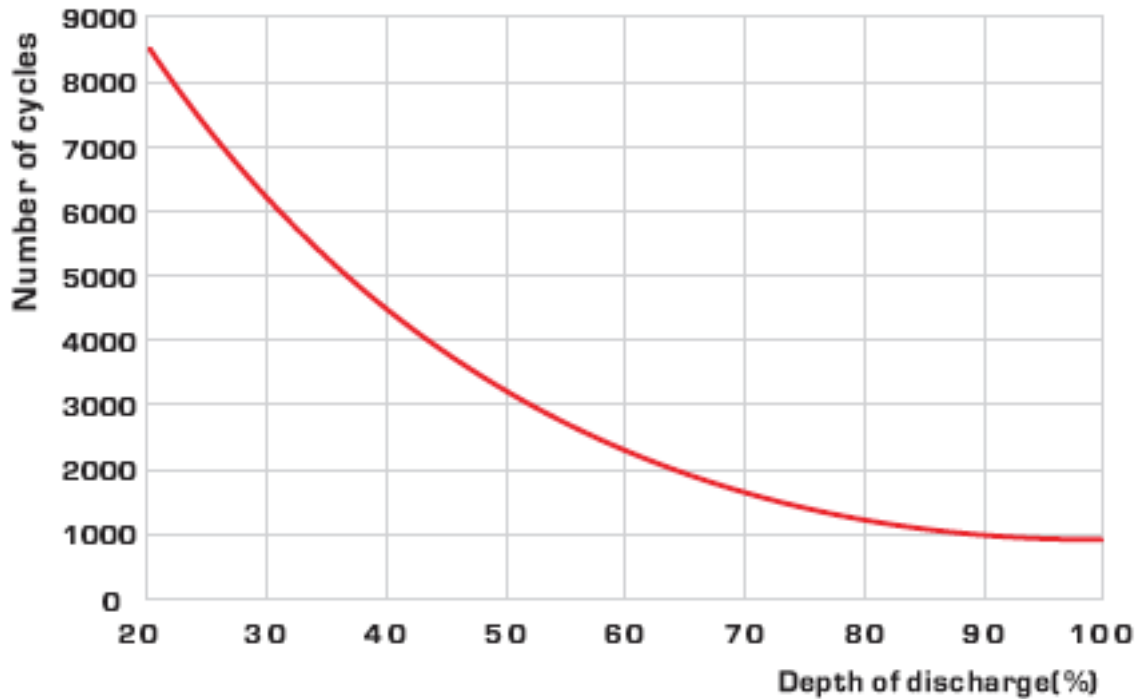


Open circuit loss at 20°C and 40°C

Selbstentladung bei 20°C und 40°C

6.7 Zyklfestigkeit

Die NiFe-Batterie der Serie NF-S kann sehr tief entladen werden. Die mögliche Zyklenzahl hängt von der Entladetiefe ab (depth of discharge, DOD). Je geringer die Entladetiefe ist, desto mehr Zyklen sind möglich. Die Zyklenzahl beträgt mehrere Tausend bei geringen Entladetiefen, während es bei großen Entladetiefen nur etwa 1000 sind. Die folgende Grafik zeigt den Effekt der Entladetiefe auf die mögliche Zyklenzahl.

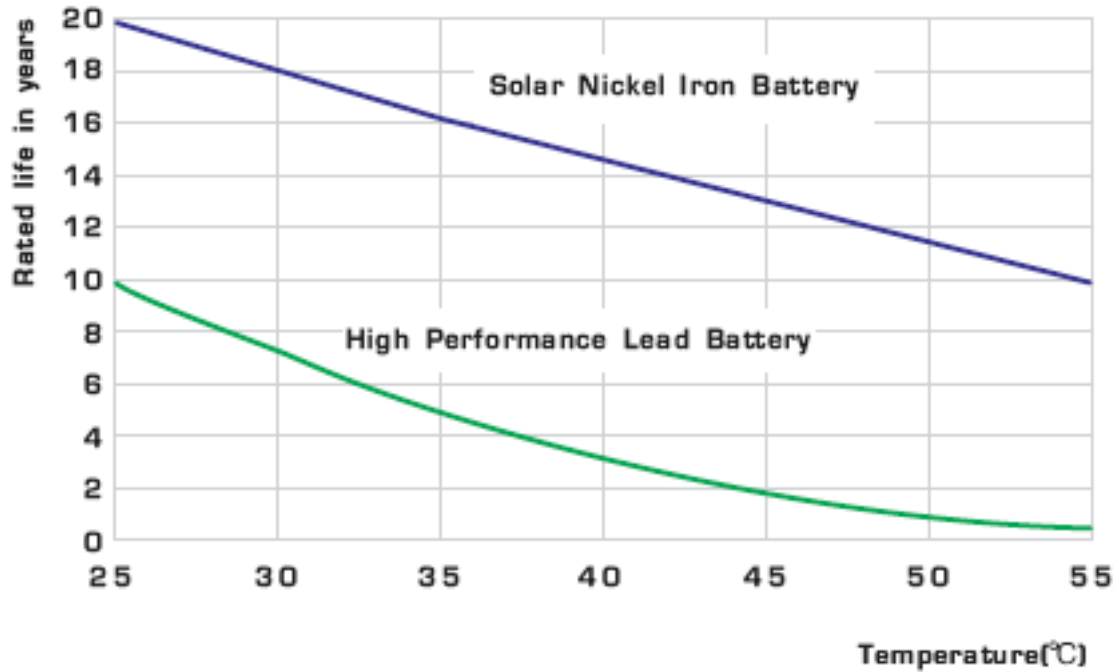


Typical cycle life versus DOD(20°C)

Mögliche Zyklenzahl in Abhängigkeit von der Entladetiefe (DOD) bei 20°C

6.8 Lebensdauer in Abhängigkeit von der Temperatur

Die NiFe-Batterie der Serie NF-S ist für eine Lebensdauer von 20 Jahren konzipiert, aber eine hohe Temperatur des Elektrolyten verkürzt die Lebensdauer. Alle 9°C über der normalen Umgebungstemperatur von 25°C reduziert die Lebensdauer der Batterie um 20%. Für Bleibatterien gilt dagegen eine Verringerung von 50%. Die folgende Grafik zeigt die Lebensdauer von NiFe- und Blei-Säure-Batterien bei höheren Temperaturen.

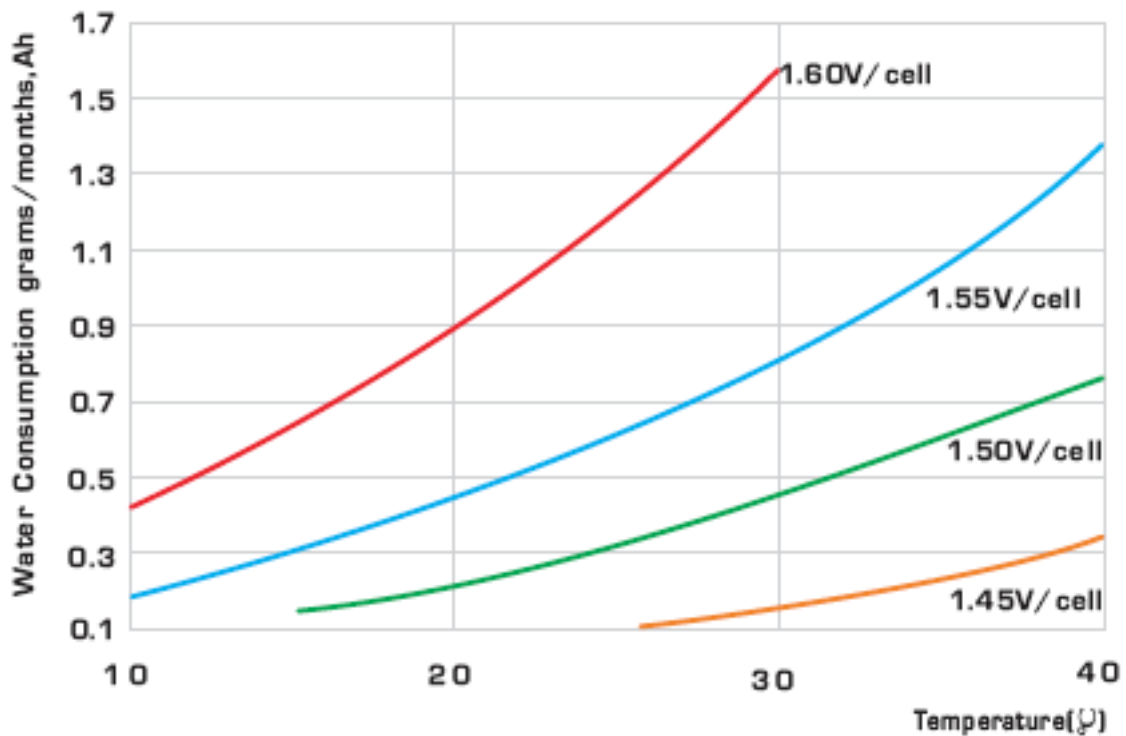


Typical battery life expected at high temperature

Typische Batterielebensdauer bei hohen Temperaturen

6.9 Wasserverbrauch und Gasentwicklung

Durch Überladung der Batterie wird das Wasser des Elektrolyten in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten, daher muss der Wasserverlust mit destilliertem Wasser ausgeglichen werden. Theoretisch kann der Wasserverbrauch mit dem Faradayschen Gesetz berechnet werden. Mit jeder Überladung mit einem Ah wird 0.366 cm³ Wasser gespalten. In der NiFe-Batterie der Serie NF-S wird jedoch durch den Einsatz des Rekombinationsseparators wesentlich weniger Wasser benötigt. Die folgende Grafik zeigt den typischen Wasserverlust bei verschiedenen Spannungen und Temperaturen. Während der Entladung gast die Batterie nicht. Die Elektrolyse von 1 cm³ Wasser ergibt 2000 cm³ Gas, das aus 2/3 aus Wasserstoff und 1/3 aus Sauerstoff besteht.



Typical Water Consumption

Wasserverbrauch bei erhöhten Spannungen in Gramm pro Monat und Ah

7 Laden

7.1 Lademethode

Erste Lademethode (zweistufig, z.B. mit Solarmodulen oder einem Windgenerator)

Der Ladestrom ist nicht konstant. Wenn die Ladespannung die gesetzte Grenze erreicht hat, geht der Ladestrom zurück (z.B. mit einem MPPT-Lader). Diese einzustellende Ladeschlussspannung für die NiFe-Batterie der Serie NF-S liegt zwischen 1.65V - 1.75V pro Zelle.

Zweite Lademethode (dreistufig mit IUUo-Lader am Netz)

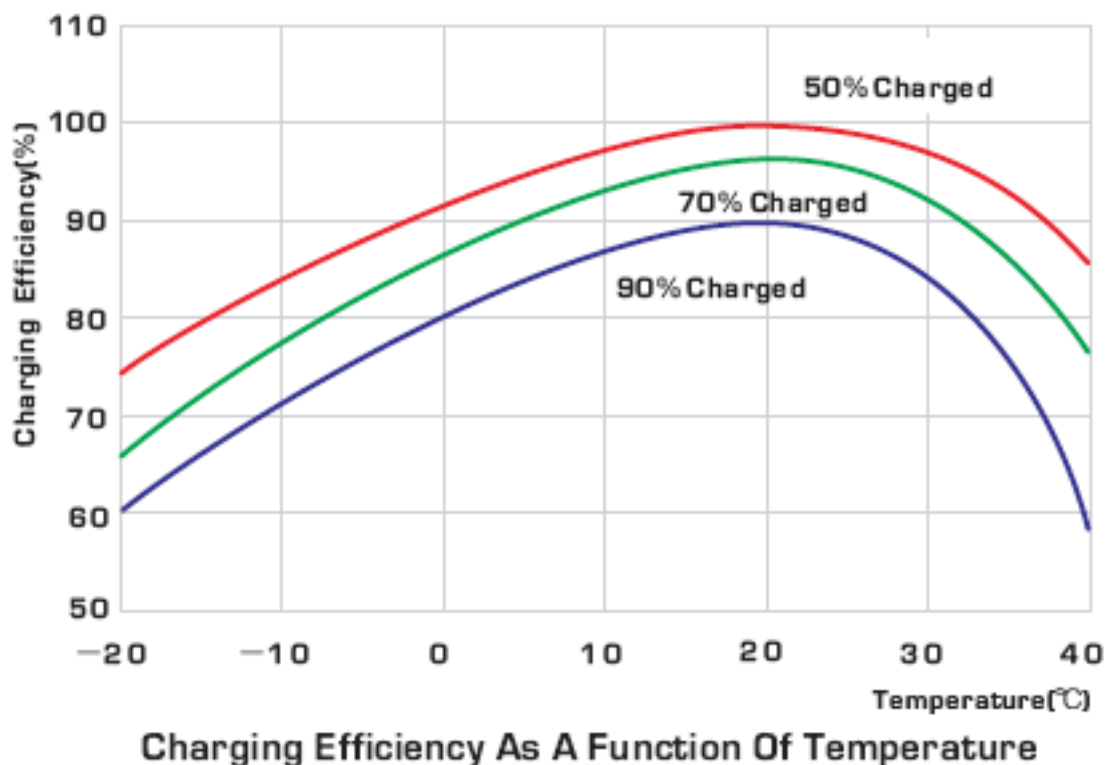
Zuerst lädt man die Batterie bis zur Ladeschlussspannung auf und dann geht man auf eine Ladeerhaltungsspannung zurück. Für die erste Ladestufe wird eine Spannung zwischen 1.65V - 1.75V pro Zelle empfohlen, in der zweiten Ladestufe sollte die Spannung zwischen 1.42V - 1.45V pro Zelle gehalten werden.

Wenn regelmäßig Tiefentladungen durchgeführt werden, wird eine Erhöhung der Ladespannung empfohlen. Wenn die Batterie im Freien steht oder außerhalb des Temperaturbereiches 10 – 30°C betrieben wird, sollte eine Temperaturkompensation von -3mV/°C eingehalten werden.

7.2 Ladewirkungsgrad

Der Ladewirkungsgrad hängt vom Ladezustand und der Umgebungstemperatur ab.

Die Grafik unten zeigt den Ladewirkungsgrad für 50, 70 und 90% Kapazität und der Umgebungstemperatur an.



Ladewirkungsgrad in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

8 Berechnung der benötigten Batteriekapazität

Diese Art, die nötige Batteriekapazität zu berechnen, nimmt die zu erwartende maximale Zahl der Tage ohne nennenswerte Einstrahlung. Dies ist die "Autonomie" des Systems. Unter der Annahme, dass die Batterie zu Beginn dieser Zeit vollständig geladen war, kann die Batterie entsprechend folgender Formel berechnet werden.

$$\text{Benötigte Kapazität} = R \times A \times K_T \times K_{DOD} \times K_A$$

Dabei ist

R die geforderte Autonomie in Stunden

A die mittlere tägliche Stromentnahme in Ampere

K_T der Temperaturkompensationsfaktor

K_{DOD} die maximal erlaubte Entladetiefe

K_A der Faktor, der die Alterung bei höheren Temperaturen berücksichtigt.

Diese den jeweiligen Bedingungen entsprechenden Werte können in dieser Dokumentation gefunden werden.

Beispiel:

Das System soll eine 48V-Batterie bekommen

Das System soll sieben Tage lang (168 Stunden) autonom funktionieren.

Die Batterien sollen bis auf 1.14V/Zelle entladen werden

Die Umgebungstemperatur beträgt 40°C

Der durchschnittliche Verbrauch beträgt 90W

Damit ist

- Stromentnahme $A = 90W/48V = 1.875A$

- Temperaturkompensationsfaktor $K_T = 1/0.98 = 1.02$

- Die maximale Entladetiefe bestimmt man über die Forderung der 20-jährigen Lebensdauer: mit einem Zyklus pro Woche (52 Zyklen/Jahr) werden 1040 Zyklen durchgeführt, damit ist die erlaubte maximale Entladetiefe 85%, der Kompensationsfaktor K_{DOD} ist $1/0.85 = 1.176$

Der Alterungsfaktor bei 40°C ist $K_A = 20/14.7 = 1.408$.

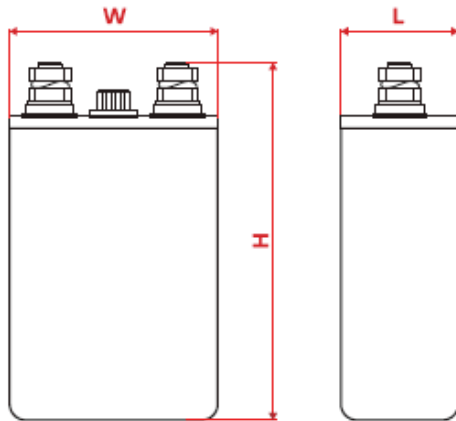
Die benötigte Kapazität ist damit $168 \times 1.875 \times 1.02 \times 1.176 \times 1.408 = 532Ah$

Die Zahl der Zellen beträgt $48V/1.2V$ (Nennspannung) = 40.

Wir verwenden also für diesen Fall 40 Zellen NF600-S.

9 Auswahltabelle

Selection Table



Model	Rated Voltage V	Rated Capacity I, Ah	Max. External Dimension mm			Max. Weight kg	Volume of Electrolyte L	Terminal Thread	Container Material
			Length	Width	Height				
NF10-S	1.2	10	38	84	138	0.80	0.2	M6	MBS or PP
NF20-S	1.2	20	32	113	220	1.2	0.3	M6	MBS or PP
NF30-S	1.2	30	68	134	245	2.8	0.8	M10 × 1	MBS or PP
NF40-S	1.2	40	68	134	245	3.0	0.8	M10 × 1	MBS or PP
NF50-S	1.2	50	68	134	245	3	0.7	M10 × 1	MBS or PP
NF60-S	1.2	60	70	134	285	4.2	0.9	M16	MBS or PP
NF80-S	1.2	80	80	141	365	5.8	1.7	M10 × 1	MBS or PP
NF100-S	1.2	100	80	141	365	6.2	1.6	M10 × 1	MBS or PP
NF120-S	1.2	120	80	141	365	6.4	1.4	M10 × 1	MBS or PP
NF150-S	1.2	150	106	164	345	9	2.5	M20	MBS or PP
NF200-S	1.2	200	106	164	345	10	1.8	M20	MBS or PP
NF250-S	1.2	250	138	276	425	18.5	4.6	2 × M16	PP
NF300-S	1.2	300	138	276	450	21	5.9	2 × M16	MBS or PP
NF400-S	1.2	400	138	276	490	17	5.9	2 × M16	PP
NF500-S	1.2	500	138	276	490	27	6.1	2 × M16	PP
NF600-S	1.2	600	176	291	510	38	9.2	2 × M20	MBS
NF700-S	1.2	700	176	291	510	39	8.4	2 × M20	MBS
NF800-S	1.2	800	186	398	570	59	17.2	3 × M20	MBS
NF900-S	1.2	900	186	398	570	60	15.6	3 × M20	MBS
NF1000-S	1.2	1000	186	398	570	61	15.0	3 × M20	MBS

Remarks: 1) We can manufacture other models according to the clients' requirements.

2) We can process battery crates according to the clients' requirements.

Technische Daten der Zellen NF-S
 (Nennspannung in V, Nennkapazität(C5) in Ah, Länge/Breite/Höhe in mm, max. Gewicht in kg, Volumen des Elektrolyten in l, Anschlussgewinde, Behältermaterial)

Final voltage=1.00V/C

Cell Type	1h	2h	1d 24h	2d 48h	3d 72h	4d 96h	5d 120h	6d 144h	7d 168h	8d 192h	9d 216h	10d 240h
NF10-S	0.56	0.52	0.43	0.22	0.15	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
NF20-S	1.13	1.03	0.87	0.44	0.30	0.23	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
NF30-S	1.69	1.55	1.30	0.66	0.45	0.34	0.28	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15
NF40-S	2.26	2.06	1.73	0.88	0.59	0.45	0.37	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20
NF50-S	2.82	2.58	2.17	1.09	0.74	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.25
NF60-S	3.38	3.09	2.60	1.31	0.89	0.68	0.55	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30
NF70-S	3.95	3.61	3.03	1.53	1.04	0.79	0.64	0.54	0.48	0.42	0.38	0.35
NF80-S	4.51	4.12	3.47	1.75	1.19	0.90	0.73	0.62	0.54	0.48	0.44	0.40
NF90-S	5.08	4.64	3.90	1.97	1.34	1.01	0.83	0.70	0.61	0.54	0.49	0.45
NF100-S	5.64	5.15	4.33	2.19	1.49	1.13	0.92	0.78	0.68	0.60	0.55	0.50
NF120-S	6.77	6.18	5.20	2.63	1.78	1.35	1.10	0.93	0.81	0.73	0.66	0.60
NF150-S	8.46	7.73	6.50	3.28	2.23	1.69	1.38	1.17	1.02	0.91	0.82	0.75
NF200-S	11.3	10.3	8.67	4.38	2.97	2.25	1.83	1.56	1.36	1.21	1.09	1.00
NF250-S	14.1	12.9	10.8	5.47	3.72	2.81	2.29	1.94	1.70	1.51	1.37	1.25
NF300-S	16.9	15.5	13.0	6.56	4.46	3.38	2.75	2.33	2.04	1.81	1.64	1.50
NF350-S	19.7	18.0	15.2	7.66	5.20	3.94	3.21	2.72	2.38	2.11	1.91	1.75
NF400-S	22.6	20.6	17.3	8.75	5.94	4.50	3.67	3.11	2.71	2.42	2.19	2.00
NF500-S	28.2	25.8	21.7	10.9	7.43	5.63	4.58	3.89	3.39	3.02	2.73	2.50
NF600-S	33.8	30.9	26.0	13.1	8.92	6.75	5.50	4.67	4.07	3.63	3.28	3.00
NF700-S	39.5	36.1	30.3	15.3	10.4	7.88	6.42	5.44	4.75	4.23	3.82	3.50
NF800-S	45.1	41.2	34.7	17.5	11.9	9.00	7.33	6.22	5.43	4.83	4.37	4.00
NF900-S	50.8	46.4	39.0	19.7	13.4	10.1	8.25	7.00	6.11	5.44	4.92	4.50
NF1000-S	56.4	51.5	43.3	21.9	14.9	11.3	9.17	7.78	6.79	6.04	5.46	5.00

Batteriekapazität in Abhängigkeit von der Entladezeit bei einer Entladeschlussspannung von 1.0V

11 Inbetriebnahme

11.1 Inbetriebnahme

Die Zellen werden in der Fabrik formatiert und entladen. Sie sind bereits mit dem Elektrolytpulver befüllt. Die Zellen werden nach der Aufstellung am Einsatzort mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Die Füllmengen können der Auswahltabelle oben entnommen werden. Das Niveau des Elektrolyten muss 15 – 30mm oberhalb der Elektroden stehen.

Vor der Inbetriebnahme soll die Batterie einmal geladen werden, bis die unten definierte Überladung erreicht ist. Wenn die Batterie länger als ein Jahr gelagert wurde, sollten zwei bis drei Lade-/Entladezyklen durchgeführt werden.

Ladeart	Normales Laden	Überladen	Schnellladung
Strom	0.25C5A	0.25C5A	0.5C5A
Dauer	8 Stunden	12 Stunden	4 Stunden

Ladeverfahren

Entladestrom/A	Abschaltspannung	Dauer
1C5	≥ 0.5V	Etwa 1 Stunde
0.5C5	≥ 0.7V	Etwa 2 Stunden
0.33C5	≥ 0.9V	Etwa 3 Stunden
0.2C5	≥ 1.0V	Etwa 5 Stunden
0.125C5	≥ 1.10V	Etwa 5 Stunden
0.1C5	≥ 1.10V	Etwa 10 Stunden
0.05C5	≥ 1.15V	Etwa 20 Stunden

Entladeverfahren

11.2 Wechselrichter/Lader und Solarladeregler

Die meisten Wechselrichter sind für Blei-Säure-Batterien konzipiert, aber NiFe-Batterien können heute mit den meisten Wechselrichtern benutzt werden. Dabei muss nur darauf geachtet werden, dass sowohl relativ hohe wie auch niedrige Spannungen einstellbar sind. Wir empfehlen dafür unter anderem Sinuswechselrichter von Outback, Studer und Victron und als Solarladeregler den MPPT-Regler FM von Outback oder vergleichbare. Die Abschaltspannung und die Ladeschlussspannung (Bulk) sollten in 12V-Systemen auf 10V bzw. 16V, in 2V-Systemen auf 20/33V und in 48V-Systemen auf 40/66V gesetzt werden.

12 Fehlerbehebung

Problem	Ursache	Behebung
Geringe Zellkapazität	Der Elektrolyt ist lange verwendet worden und der Karbonatgehalt ist zu hoch	Elektrolyt ersetzen
	Der Elektrolyt ist erschöpft	Elektrolyt ersetzen
	Zu wenig Elektrolyt, das Niveau liegt unterhalb des unteren Grenze	Mit destilliertem Wasser auffüllen, Elektrolytdichte einstellen und danach die Zelle überladen
	Zu viele schädliche Verunreinigungen im Elektrolyten	Nach der Reinigung der Zelle neuen Elektrolyten einfüllen. Zelle überladen, wenn es andere Gründe gibt, die Zelle entsprechend reparieren.
	Die Lade/Entladeparameter sind nicht korrekt	Die Zelle exakt nach Vorschrift laden und entladen
	Kurzschluss oder zu hoher Strom in der Zelle	Nach der Reinigung der Zelle neuen Elektrolyten einfüllen oder Zelle reparieren.
	Kurzschluss oder zu hoher Strom außerhalb der Zelle	Die Batterieumgebung muss trocken und sauber sein. Externe Verkabelung überprüfen
Spannung außerhalb der Sollwerte	Kurzschluss oder zu hoher Strom oder kein Elektrolyt in der Zelle	Zelle reinigen oder Elektrolyt tauschen
	Kurzschluss oder Unterbrechung außerhalb der Zelle	Die Batterieumgebung muss trocken und sauber sein. Externe Verkabelung überprüfen
	Schlechte Verkabelung	Überprüfen und korrigieren
Zellbehälter deformiert	Die positive Platte hat sich aufgeworfen	Zelle ersetzen, falls nötig
	Die Entlüftungsöffnung ist blockiert	Mit warmem Wasser reinigen oder ersetzen
	In der Zelle ist ein Kurzschluss oder es gibt zu viele Verunreinigungen in der Zelle	Elektrolyten überprüfen und ersetzen
In der Zelle befinden sich Blasen	Der Elektrolyt enthält organische Verunreinigungen	Elektrolyten ersetzen
Alkalische Korrosion durch Elektrolytleck	Der Elektrolytstand ist zu hoch	Überflüssigen Elektrolyten entnehmen
	Die Entlüftungsöffnung ist nicht verschlossen	Die Dichtungsteile ersetzen und fest anziehen
	Es läuft Elektrolyt über	Die betroffenen Flächen reinigen