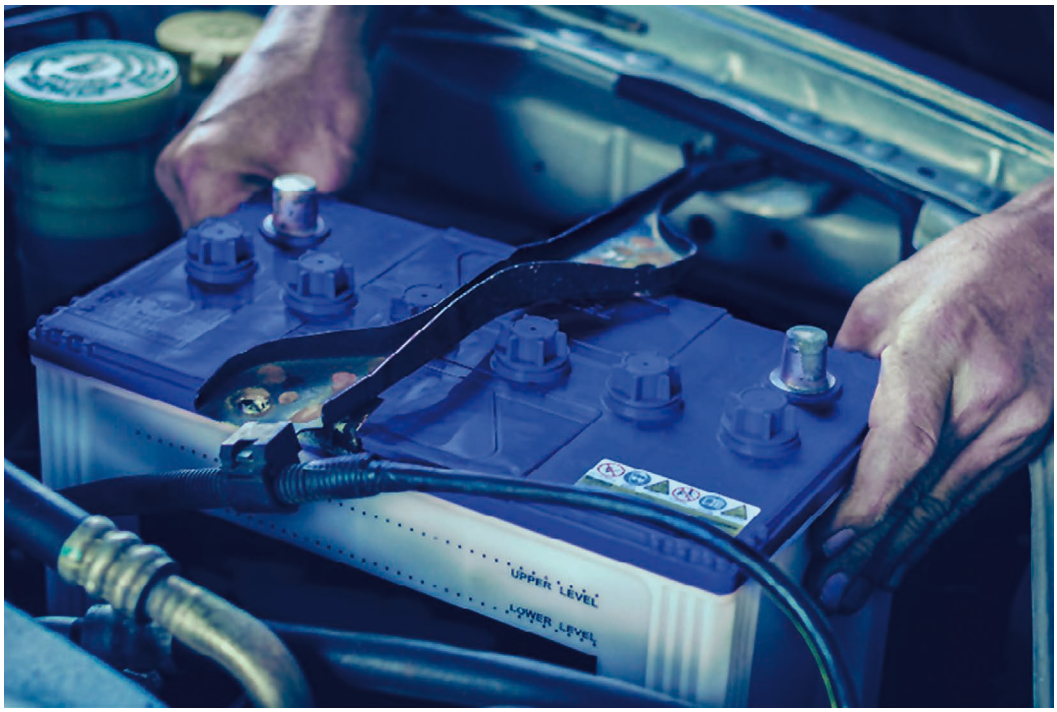
Batteriebetriebene 24V-Anwendungen



Was sind gängige Anwendungen für 24V-Batterien?

Alle Elektrofahrzeuge (EV), einschließlich batteriebetriebener Elektrofahrzeuge (BEV), enthalten eine herkömmliche 12V-Blei-Säure-Batterie. Sie dient als unabhängige Stromversorgung für das schlüssellose Zugangssystem und die Alarmanlage, die auch dann noch funktionieren müssen, wenn die Hauptantriebsbatterie entladen ist. Außerdem dient sie der Versorgung älterer 12V-Geräte wie dem Airbag-System, dem Gurtstraffer und den Anzeigen im Armaturenbrett, bei denen eine Neuzertifizierung mit einer anderen Versorgungsspannung zeitaufwendig und unwirtschaftlich wäre.

Verbrenner

In Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor (Internal Combustion Engine, ICE) wird die Bleibatterie auch als Starterbatterie für den Motor verwendet. Bei Mopeds und Motorrädern kann die Batterie 6 V haben, bei den meisten Autos sind es 12 V und bei schweren Lastwagen meist 24 V. Auch das Vielfache von 6 V ist kein Zufall. In der Welt der Batterien mit ihren vielen verschiedenen Chemietypen (z. B. Blei-Säure, Li-Ion, $LiFePO_4$ usw.) ist die grundlegendste Einheit eine Batteriezelle, die eine schwebende Leerlaufspannung (z.B. native Spannung) im Bereich von 1-4 V haben kann. Höhere Spannungen werden daher durch die Kombination vieler Zellen in einem Akkupack erreicht (vor allem, wenn sie mit einer Schutzschaltung kombiniert sind), dass im Allgemeinen Sprachgebrauch jedoch einfach als Batterie bezeichnet wird. Die Zellen werden in Reihe geschaltet, um die erforderliche Ausgangsspannung zu erreichen (und können auch parallel geschaltet werden, um den Ausgangsstrom zu erhöhen).

Blei-Säure-Batterie

Bei einer Blei-Säure-Batterie beträgt die Zellenspannung 2 V, sodass drei Zellen in Reihe 6 V, sechs Zellen 12 V und 12 Zellen 24 V liefern. Blei-Säure-Batterien für Militärfahrzeuge und Flugzeuge verwenden 14 Zellen, um die militärische Standardspannung von 28 V zu liefern. Bei Lithium-Ionen-Akkus beträgt die Zellenspannung 2,4 - 3 V, sodass ein Sechserpack Li-Ionen-Akkus die typische Batteriespannung von 18 V für tragbare elektrische Bohrmaschinen und andere Werkstattausrüstung liefert.

Batterien für Hochleistungsanwendungen

Im Allgemeinen werden Blei-Säure-Batterien für Hochleistungsanwendungen (mit hohem Stromverbrauch) verwendet, bei denen das Gewicht nicht so wichtig ist wie der Preis. Li-Ionen-Batterien werden verwendet, wenn schnelles Aufladen und geringes Gewicht wichtiger sind, aber die Batteriechemie (und die Energiespeicherung im Allgemeinen) kann weitaus nuancierter und „launischer“ sein, als diese vereinfachte Erklärung vermuten lässt. Deswegen wird empfohlen, eine detailliertere Quelle zu Rate zu ziehen.

Während die gebräuchlichsten Spannungen bei batteriebetriebenen Anwendungen 6, 12 und 18 V sind, gibt es in vielen verschiedenen Anwendungsbereichen einen wachsenden Trend zu höheren Busspannungen, wie 24 V und 48 V. Die Beweggründe für diesen Trend in verschiedenen Anwendungsfällen werden im folgenden Abschnitt näher erläutert.

Ende der 12V-Batterien?

Warum sollte man nicht weiterhin 12V-Batterien verwenden, da diese viel weiter verbreitet sind? Es stimmt, dass 12V-Blei-Säure-Batterien häufiger anzutreffen sind als 24V- oder 48V-Lösungen und daher tendenziell billiger und leichter erhältlich sind als Alternativen mit höherer Spannung. Für den Motorstart kann eine Hochleistungsbatterie mehrere Hundert Ampere liefern, aber der maximale Dauerstrom ist aufgrund der Strombelastbarkeit des Kabelbaums auf etwa 100 A begrenzt, wodurch die maximal verfügbare Leistung etwa 1.200 W beträgt.

Exponentieller Effekt des Stroms

Wie die nachstehenden Gleichungen zeigen, ist die Leistung direkt proportional zu Strom und Spannung, aber exponentiell proportional zum Strom im Widerstandspfad (z. B. einem Draht).

Gleichung 1: $P=I*V$

Die Gleichung 1 ist das Watt´sches Gesetz, wobei P für Leistung, I für Strom und V für Spannung stehen

Gleichung 2: $V=I*R$

Gleichung 2 ist das Ohmsches Gesetz, wobei V für Spannung, I Strom und R für Widerstand stehen

Wenn man das Watt‘sche Gesetz mit dem Ohm‘schen Gesetz kombiniert, wird der exponentielle Effekt des Stroms auf den Stromverbrauch deutlich. Der Widerstand eines Kabels führt zu einer Verlustleistung und einem Spannungsabfall, bevor er an der Endlast ankommt.

Gleichung 3: $P=I^2*R$

Gleichung 3 berechnet die Verlustleistung, wobei P für Leistung, I für Strom und R für Widerstand stehen

Schlussfolgerungen

Daraus lassen sich mehrere Schlussfolgerungen ziehen:

- Eine Verdopplung der Spannung, um die gleiche Menge an Strom zu liefern, bedeutet eine Halbierung der Strommenge.

Autor:
Steve Roberts,
Innovationsmanager
RECOM
www.recom-power.com

- Eine Halbierung des Stroms bedeutet eine Halbierung der Stromverarbeitungsfähigkeit des Systems und damit eine Verringerung der Größe der Leiter, um die gleiche Leistung zu liefern.
- Die Halbierung des Stroms im gleichen Leiter halbiert den Spannungsabfall entlang des Pfades, wodurch eine höhere Spannung an die Endlast geliefert wird (z. B. erhöhte Systemeffizienz).
- Die Halbierung des Stroms ermöglicht die Verdoppelung der Leitungslänge bei gleichem Spannungsabfall.
- Die Halbierung des Stroms im gleichen Leiter führt zu nur einem Viertel der Leistungsverluste des Verteilungsnetzes.

Innovationen

Obwohl die Welt schnell auf Elektrofahrzeuge umsteigt, werden ICE-Fahrzeuge noch mindestens die nächsten zwanzig Jahre produziert werden und somit bis über 2050 hinaus auf den Straßen unterwegs sein. Während dieser Zeit wird die Innovation nicht stillstehen. Die Autos werden weiterhin sehr Technik lastig sein, mit Entwicklungen wie einer elektrisch einstellbaren, adaptiven Federung für ein perfektes Fahrverhalten unter allen Straßenbedingungen, einer ausgefeilteren Steuerung der Klimaanlage, dem Ersatz mechanischer Pumpen durch elektrische Gegenstücke und Turbolader sowie sofortigen Start-Stopp-Systemen für den Motor - allesamt stromhungrige Systeme, die die Leistungsfähigkeit der Standard-12V-Batterie übersteigen würden.

48V-Batteriesystem

Ein 48V-Batteriesystem kann sowohl in ICE- als auch in Hybrid-EV-Fahrzeugen eine Leistung von 5 kW liefern und wird dennoch als sichere Kleinspannung (SELV) eingestuft. Das bedeutet, dass die herkömmliche Isolierung der Leitungen und die Sicherheitsschulung der Mechaniker ausreichen, um das Risiko eines Stromschlags zu verringern (alle DC-Spannungen unter 60 V können in den meisten Anwendungsfällen als „sicher“ angesehen werden). Große Fahrzeuge und andere Formen des batteriebetriebenen Transports können auch eine beträchtliche Menge an Kabeln enthalten, die zum Gesamtgewicht beitragen, wobei zu beachten ist, dass ein erhebliches Gewicht an Kabeln in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ebenso häufig vorkommt wie in elektrifizierten Fahrzeugen. Manchmal ist allein die Reduzierung des Kupferverbrauchs eine Rechtfertigung für höhere Spannungen. Kombiniert man diese Gewichts-/Kosteneinsparungen mit den Einsparungen, die durch die Verwendung von Akkus mit höherer Spannung erzielt werden, kann sich die Reichweite deutlich erhöhen (sei es in Bezug auf den Kraftstoffverbrauch oder die Lebensdauer der Batterie).

Zahlreiche Vorteile

All diese Faktoren führen in den in diesem Artikel vorgestellten realen Anwendungen zu zahlreichen Vorteilen. Ob es sich nun um eine höhere Belastbarkeit, eine geringere Systemgröße, eine verbesserte Energieeffizienz, einen geringeren Kabeldurchmesser, die Unterstützung längerer Kabelstrecken oder sogar um Zuverlässigkeitsfaktoren handelt, höhere Busspannungen können von großem Vorteil sein.

Möglichkeiten und Anwendungen

Wo liegen also die allgemeinen Möglichkeiten und Anwendungen (insbesondere) für 24V- oder 48V-Batterien? Elektromotoren jeglicher Art sind hervorragende Kandidaten. Kleine Motoren, wie sie z. B. in Handwerkzeugen, Fischerbooten, Golfwagen, Rollstühlen/Scootern verwendet werden, reagieren empfindlich auf die Größe und das Gewicht des Gesamtsystems, da sie in der Regel nicht angebunden sind und daher allein durch das Gewicht der Batterien und der zugehörigen Leistungselektronik/Verkabelung viel Strom verbrauchen können. Am anderen Ende der Skala sind Industriemotoren und motorgetriebene Systeme in der Regel die größten Energieverbraucher in der Industrie [2], was nur verdeutlicht, wie viel Potenzial für Verbesserungen und eine höhere Energieeffizienz in diesem Bereich vorhanden ist.

Hochspannungsbatterien

Abgesehen von Motoren gibt es eine Vielzahl von elektrischen Systemen, die von Hochspannungsbatterien profitieren. Die Photovoltaik (PV) ist ein perfektes Beispiel dafür, da Solaranlagen modular aufgebaut werden können, genau wie die Batterien, die eine analoge und geeignete Energiespeicherung in der Größe der Anlage und der Anwendung bieten. Netzunabhängige 24- oder 48-Volt-Lösungen können genügend Spitzenstrom liefern, um Berghütten, abgelegene Wetterstationen oder Mobilfunkmasten zu versorgen, und gleichzeitig über genügend Batteriekapazität verfügen, um kritische Systeme über mehrere bewölkte Tage hinweg zu versorgen.

Die Konvergenz mehrerer der vorgenannten Anwendungsbereiche wird immer häufiger anzutreffen sein. Größere Boote werden nicht nur von höheren Batteriespannungen für die traditionelle Schifffahrt profitieren, sondern auch von der Einbindung der Photovoltaik. Das gleiche Konzept gilt für Wohnmobile, die dank COVID-19 einen unglaublichen Aufschwung erlebt haben. Militärische und andere hochzuverlässige Anwendungen, die viel Redundanz und Batteriestrom benötigen, sind gute Kandidaten für den Übergang von 12-Volt- zu 24- oder 48-Volt-Systemen.

Effizient und zuverlässig

Sobald Batterien zur Versorgung von empfindlichen elektronischen Geräten oder Funksendern verwendet werden, ist eine stabile, geregelte Versorgungsspannung unerlässlich.

Die Spannungsregler müssen effizient sein, um die gespeicherte Energie optimal zu nutzen. Sie müssen über einen großen Eingangsspannungsbereich verfügen, um den Unterschied zwischen einer vollständig geladenen und einer vollständig entladenen Batterie auszugleichen, und in vielen Fällen müssen sie über einen galvanisch isolierten Ausgang verfügen, um Störungen durch Erdschleifen zu vermeiden oder die Geräte vor Lastabfall-Spannungsstößen oder induzierten Spannungstransienten durch Ereignisse wie Blitzeinschläge oder externe elektromagnetische Felder zu schützen. In der Regel gilt: Je exponierter die Umgebung, desto höher muss die Isolationsbarriere sein.

Größerer Eingangsspannungsbereich = größere Anwendungsabdeckung

Die Kombination von höheren Busspannungen mit einer leistungsfähigen Elektronik kann die Anzahl und die Art der Anwendungen, die von diesen Fortschritten profitieren, weiter erhöhen. Computeranwendungen (sowohl gebundene als auch nicht gebundene, d. h. Rechenzentren und Laptops) nutzen die oben beschriebenen Vorteile in gleicher Weise. Bei großen, konstanten Lasten, die niemals ausfallen können, ist es daher äußerst vorteilhaft, die Energiespeicherung so nah wie möglich an der Last zu platzieren (physisch und in Bezug auf die Spannungsebene), um das Design zu optimieren und die OPEX für Energie zu senken, die in der Regel die Gesamtbetriebskosten (TCO) in Rechenzentren bestimmen. Dies wird direkt am vorderen Ende des Systems mit Batterie-Backup-Einheiten (BBU) erreicht, die kritische Backup-Energie in Form von Energiespeichern bereitstellen, die der Last ohne Übergangszeit zur Verfügung stehen.

Fazit

So wie 12V-Batterien den Weg zu 24V-Lösungen geebnet haben, werden 24V-Batterien auch die Migration zu 48V-Anwendungen ermöglichen. Generell sollte jede Konsolidierung von Zellen in Akkupacks mit höherer Spannung den Verpackungsaufwand reduzieren und das Wertversprechen nur noch steigern. So wie es jetzt ist, befinden sich 24V-Batterien genau im Sweet Spot zwischen 12V- und 48V-Bussen.

Ähnlich wie beim Stromnetz kann fast jedes große System von einem kontinuierlichen Anstieg der Verteilerspannung profitieren.

REFERENZEN

[1] RECOM, „What is energy storage?” RECOM Blog, 4. November 2022, https://recom-power.com/en/company/newsroom/blog/rec-n-what-is-energy-storage--233.html.

[2] IEA, „Motor-driven system electricity use as a share of electricity use by industry subsector,” IEA, Paris, https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/motor-driven-system-electricity-use-as-a-share-of-electricity-use-by-industry-subsector (abgerufen am 3. Januar 2023). ◄