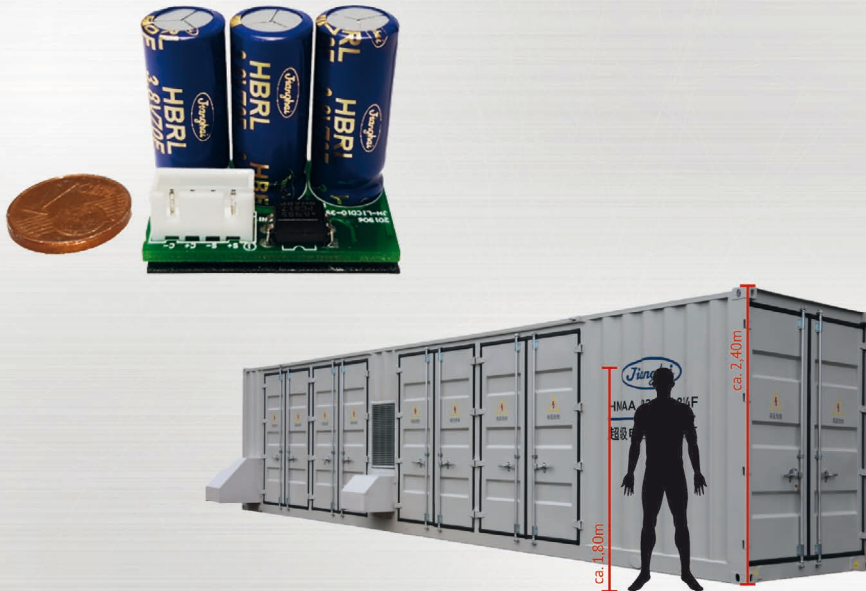


Backupsysteme von groß bis klein



© JIANGHAI EUROPE E.C. GmbH; 06wi_yzok_190916 (freepik); macrovector (freepik),
alle anderen Bilder: © Jianghai Europe E.C. GmbH

Seit Jahrzehnten haben Speicher für elektrische Energie, wie z. B. Akkus oder Batterien, einen festen Platz in unserem alltäglichen Leben, im Büro und in der Industrie. Die zunehmende Digitalisierung unserer Welt stellt jedoch immer komplexere Anforderungen an Energiespeicher jeglicher Art, und die fortschreitende technologische Entwicklung erschließt zudem kontinuierlich neue Anwendungsfelder.

Netzstabilisierung (Großanwendungen)

Energieerzeugung ist eines der großen Themen unserer Zeit, und der politische Fahrplan zum Einsatz sog. erneuerbarer Energien rückt Technologien wie Photovoltaik (PV) und Windenergie in den Fokus, was neue Herausforderungen mit sich bringt: Sowohl PV als auch Windkraft sind bei der Erzeugung von Energie nicht konstant, sondern wetterabhängig. An sonnigen und windigen Tagen ist die Energieausbeute größer, bei einer Dunkelflaute hingegen kann sie nahezu ganz entfallen. Schwankungen dieser Art wirken sich zum einen auf die Versorgungssicherheit und zum anderen auf die Netzstabilität aus.

Was bedeutet Netzstabilität?

Im Normalfall schwankt die Netzfrequenz aufgrund stochastischer Effekte um die 50 Hz in einem ± 20 mHz breiten Korridor, d. h. zwischen 49,98 und 50,02 Hz. Durch die schwankende

Energieerzeugung kommt es immer wieder zu größeren Abweichungen von der Sollfrequenz, d. h. der ± 20 mHz Korridor wird verlassen. Die Folgen konnten wir kürzlich in Spanien beobachten.

Bisherige zentrale Lösungen wie thermische Kraftwerke, die mit Kohle und Gas betrieben werden, sind für eine kurzfristige Pufferung nicht geeignet, da ihre Reaktionszeit im Minutenbereich liegt. Zwischen Steuerungsbefehl und der notwendigen Ausgangsleistung kommt es zu einer Verzögerung (siehe Bild 1 einer solchen Regelkurve).

Abweichungen entgegenwirken

Um diesen Abweichungen effektiver entgegenzuwirken, geht die Entwicklung in Richtung dezentraler Puffersysteme. Vorreiter in diesem Bereich ist China: Dort werden bereits Energiespeicher als Puffersysteme eingesetzt. Dezentral und nahezu beliebig skalierbar können sie Überproduktionen aufnehmen und bei Abfall der Erzeugung die gespeicherte Energie zur Verfügung stellen. Hierbei ist die Reaktionsgeschwindigkeit entscheidend: Puffersysteme mit elektrischen Energiespeichern können in kürzester Zeit auf Regelbefehle reagieren (Bild 2).

Anforderung an Frequenzregelungssysteme steigt

Der größte Teil solcher Puffersysteme wurde in den vergangenen Jahren mit Batterietechnologien umgesetzt. Doch durch den weiteren Ausbau fluktuierender Energieerzeuger steigt auch die Anforderung an Frequenzregelungssysteme mit gekoppelten Energiespeichereinheiten. Merkmale dieser Anforderungen sind eine hohe Frequenz von Regulierungen: mehr als tausend bis mehrere tausend Mal pro Tag. Zudem oft nur für kurze Zeit: Die meisten von ihnen sind auf Sekunden-Ebene, hunderte Male für mehr als 5 s, mehr als hundert Male etwa 100 s am Tag und das bidirektional. Diese Anforderung benötigt daher eine Technologie mit einer deutlich höheren Lebensdauer und schnelleren Reaktionszeit als herkömmliche Batteriespeichersysteme sie zur Verfügung stellen können. Was wieder Kondensatoren zu einem logischen Game Changer macht: Millionen von Zyklen bei einer hohen Ausgangsleistung mit effizienterer Speicherung der Energie machen den Einsatz von Elektrolyt-Doppelschicht-Kondensatoren (EDLC) sowie von Lithium-Ionen-Kondensatoren (LIC) besonders attraktiv für Regelkreislösungen. Jianghai ist bei beiden Komponentengruppen breit aufgestellt und setzt zahlreiche Bauteile in sogenannten „Container-Anwendungen“ ein, die der Netzstabilisierung dienen.



Autor:
Alexander Schedlock
Jianghai Europe
Electronic Components GmbH
www.jianghai-europe.com

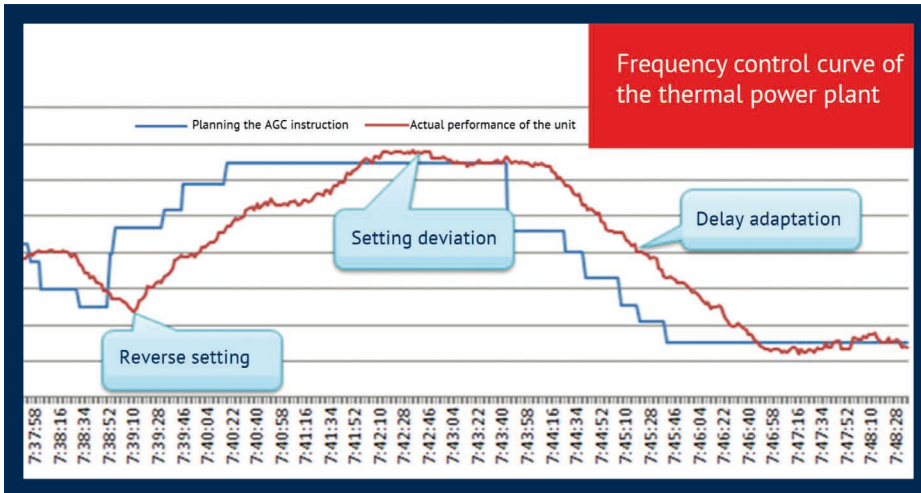


Bild 1: Regelkurve: Verzögerung zwischen Steuerungsbefehl und der notwendigen Ausgangsleistung.

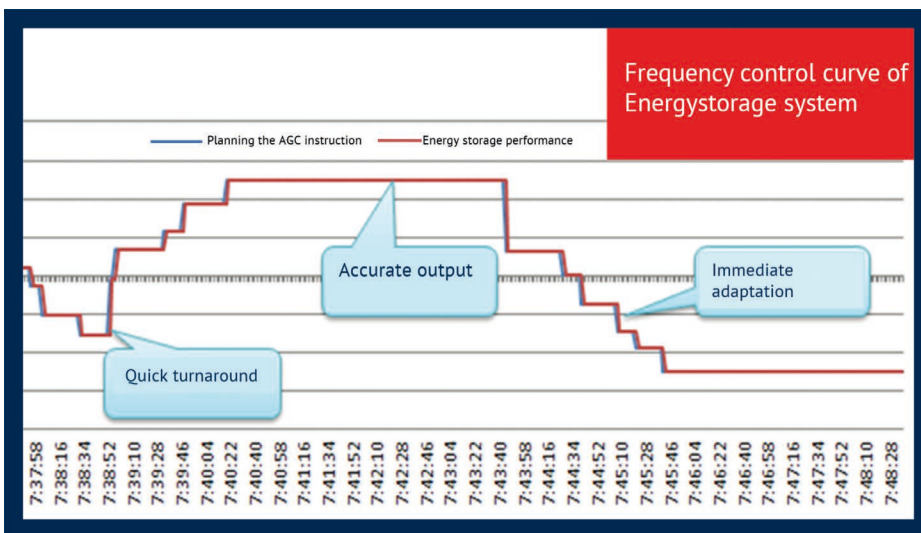


Bild 2: Puffersysteme mit elektrischen Energiespeichern können in kürzester Zeit auf Regelbefehle reagieren.

LIC-Technologie in der Praxis

Das erste Projekt, in dem die LIC-Technologie in einer solchen Container-Anwendung realisiert wurde, war das Projekt „Nengluoyuan Power Station“ im Jahr 2022. Im April 2023 folgte das Huaneng Luoyuan Kraftwerk, in dem die weltweit größte Superkondensator-Frequenz-Modulations-Anlage verbaut wurde. Durch den erstmaligen Einsatz der Lithium-Ionen-Kondensatortechnologie (LIC) im Bereich thermischer Energieversorgung wurde dabei ein völlig neuer Technologie- und Anwendungsmarkt geschaffen. Bild 3 und 4 zeigen anhand von Regelkurven anschaulich, welche positiven Effekte die Installation der Kondensator-Energiespeicher hatten.

Hybridlösung aus Kondensator und Batterie

Ein besonderes Merkmal dieser Lösung bestand übrigens darin, dass es sich um eine Hybridlösung aus Kondensator und Batterie handelt,

so dass der direkte Vergleich des Betriebs von Superkondensator und Lithium-Eisenphosphat-Batterie wertvolle Daten für zukünftige Regelsysteme liefern konnte.

Um die Lebenserwartung eines Superkondensators voll auszunutzen, lautet die Strategie „Kondensator zuerst!“. Der Superkondensator nimmt etwa 60 % der FM-Leistung mit 25 % der Leistung und 4,3 % der Kapazität auf. Der Lade-/Entladezyklus des Superkondensators beträgt 29,7-mal/D und liegt damit fast 20-mal höher als der einer Lithium-Ionen-Batterie (1,4-mal/D).

Eine weitere wertvolle Erkenntnis aus diesem Projekt war, dass der Temperaturunterschied zwischen den Zellgruppen deutlicher ausfiel als erwartet. So beträgt der maximale Temperaturunterschied zwischen Lithiumbatterien 10 °C und der maximale Temperaturunterschied zwischen Superkondensatoren lediglich 5 °C. Daraus ergibt sich bei den Superkondensatoren eine deutlich bessere Konsistenz im

Vergleich zu Lithiumbatterien, was eine höhere Betriebsstabilität zur Folge hat (siehe Bild 5).

Frequenzregelung realisierbar

Aus den Ergebnissen lässt sich weiterhin ableiten, dass eine Frequenzregelung sowohl mit Superkondensatoren als auch mit Lithium-Ionen-Batterien als Energiespeicher realisiert werden kann. In ihrer Funktion sind Batterien und Kondensatoren sogar vergleichbar. Ein wesentlicher Vorteil von Superkondensatoren ist jedoch die mehr als 3-fache Lebensdauer, wie sie im Demonstrationskraftwerk Huaneng Luoyuan ermittelt wurde. Darüber hinaus ist die Superkondensator-Energiespeicherung im gesamten Lebenszyklus wirtschaftlicher, denn weder EDLCs noch die im Projekt verwendeten LIC müssen ersetzt werden.

Hohe Betriebssicherheit

Neben diesen Vorteilen überzeugen Superkondensator-Energiespeicher mit einer großen Betriebssicherheit sowie der Schonung von Ressourcen. Die LIC-Bauteile benötigen lediglich 1-3 % Lithium im selben Volumen wie es für die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien benötigt wird. Zudem werden Seltene Erden und Oxid gar nicht benötigt, und obendrein findet im Gegensatz zur Lithium-Batterie im Inneren des Bauteils kein chemischer Prozess zur Energiespeicherung statt. Dadurch entfällt das Risiko einer unkontrollierten exothermen Reaktion, so dass selbst bei starker mechanischer Beschädigung keinerlei Gefahr von Superkondensator-Energiespeicherung ausgeht. Haben sie ihr Lebensdauerende erreicht, sind sie darüber hinaus deutlich leichter zu recyceln.

Peak Shaving und Spitzenlasten (Mittelgroße Anwendungen)

Auch in kleineren Energiespeicheranwendungen finden Superkondensatoren aufgrund ihrer Vorzüge zunehmend Verwendung. Ein Beispiel ist die Energiemanagement-Strategie des sogenannten Peak Shavings, auch Lastspitzenkappung genannt. Diese Strategie zielt darauf ab, den Energieverbrauch während Zeiten hoher Nachfrage zu reduzieren, um die Stromspitzen zu senken. Auf diese Weise werden eine Verbesserung der Energieeffizienz, eine Reduzierung der Energiekosten (Stichwort: Leistungspreis) sowie eine Entlastung des Stromnetzes erreicht.

Pufferung

Ein ähnliches Prinzip findet Gebrauch bei der Pufferung der Energieversorgung von Endgräten wie beispielsweise Krananlagen oder Aktuatoren. Mit einem



Bild 3: Modulationskurve vor der Installation der Energiespeicher



Bild 4: Modulationskurve nach der Installation der Energiespeicher

Superkondensator-Energiespeicher werden diese Endgeräte mit einer konstanten und möglichst niedrigen Leistung versorgt. Bei Energiespitzen, wie dem Anheben einer Last oder der Bewegung eines Transportfahrzeuges, wird die Energie aus den Kondensatoren bezogen. So wird die Stromversorgung auf ein Minimum reduziert und Anwendungen mit einer hohen Leistungsaufnahme dezentral mit Energie versorgt, ohne dass eine Überdimensionierung

der Stromversorgung notwendig ist. Gleichzeitig können Kondensatormodule so dimensioniert werden, dass sie auch die Notstromversorgung eines Endgerätes sichern. Sie liefern dann die Energie, wenn zum Beispiel ein Werkzeug in eine sichere Ausgangslage bewegt werden muss, Sicherheitstore, oder sie liefern die Energie, um Mikrocontroller geregelt herunterfahren zu können, um einen Informationsverlust zu verhindern.

Mini-USV-Anwendung (Kleinstanwendungen)

Ein ebenfalls wachsender Markt ist der USV-Anwenderbereich, klassisch im Rack verbaut zur Notstromversorgung des Servers in Büros oder als handlicher Kasten unter dem Schreibtisch für den Endanwender. Heutige USVs können jedoch noch kleiner: Sie haben zum Beispiel Einzug in Warenautomaten gefunden, wo sie die Energie für den verbauten Controller liefern, damit der Zahlungsvorgang auch im Falle eines Stromausfalls sauber abgeschlossen werden kann.

Die Liste von Anwendungen lässt sich beliebig erweitern. Letztlich bestimmt das Anwendungsgebiet und die damit einhergehende Anforderung, ob und in welchem Umfang Energie gespeichert werden muss.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Speicherung von elektrischer Energie eine immer größere Bedeutung erlangt und Anforderungen an die dafür eingesetzten Energiespeicher zudem immer komplexer werden. Viele Technologien können diese komplexen Anforderungen nicht oder nur unzureichend erfüllen und kommen immer öfter an Ihre Grenzen. Kondensatoren, speziell EDLCs und LICs von Jianghai zeichnen sich dadurch aus, dass sie sowohl auf Zell- als auch auf Modulebene skalierbar sind, wodurch sie flexibel einsetzbar sind und sich an die Anforderungen der Anwendung anpassen lassen - sowohl im Kleinen, wie auch im Großen. ◀

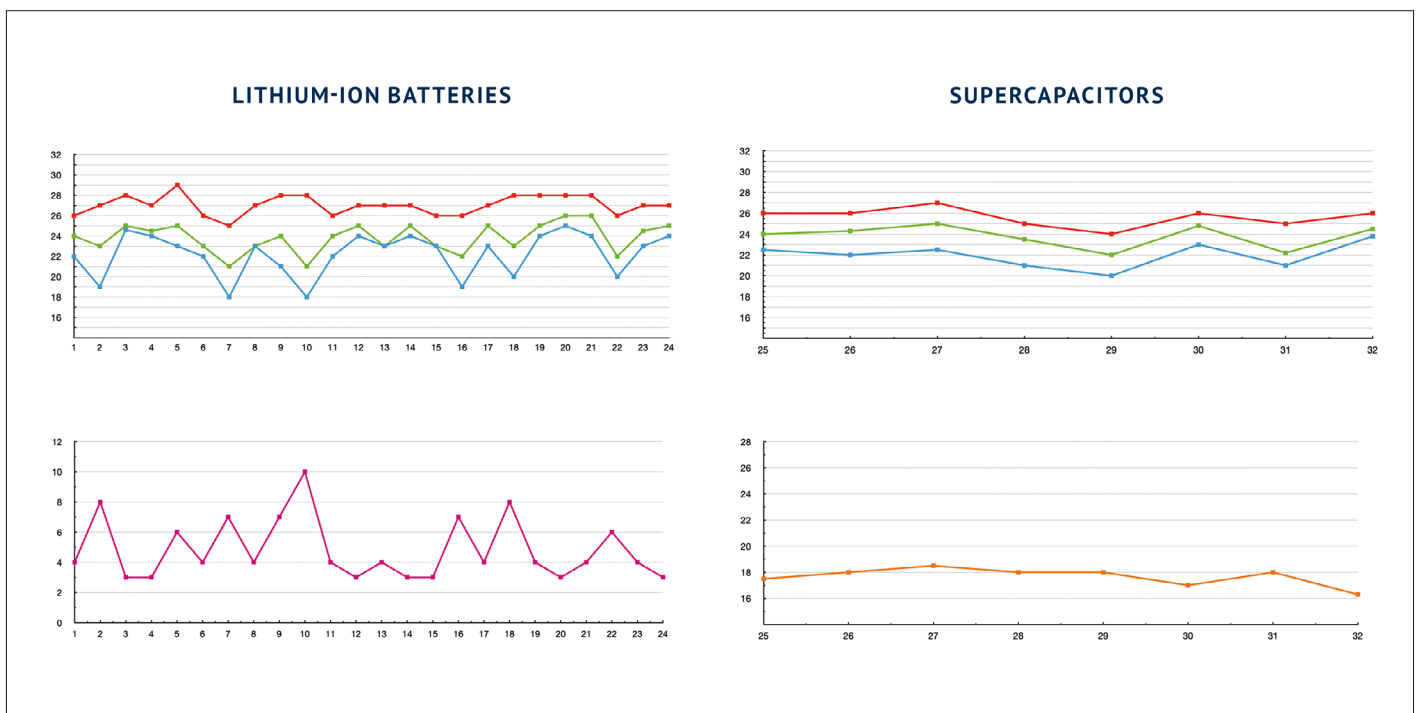


Bild 5: Temperaturunterschied: Superkondensatoren im Vergleich zu Lithiumbatterien