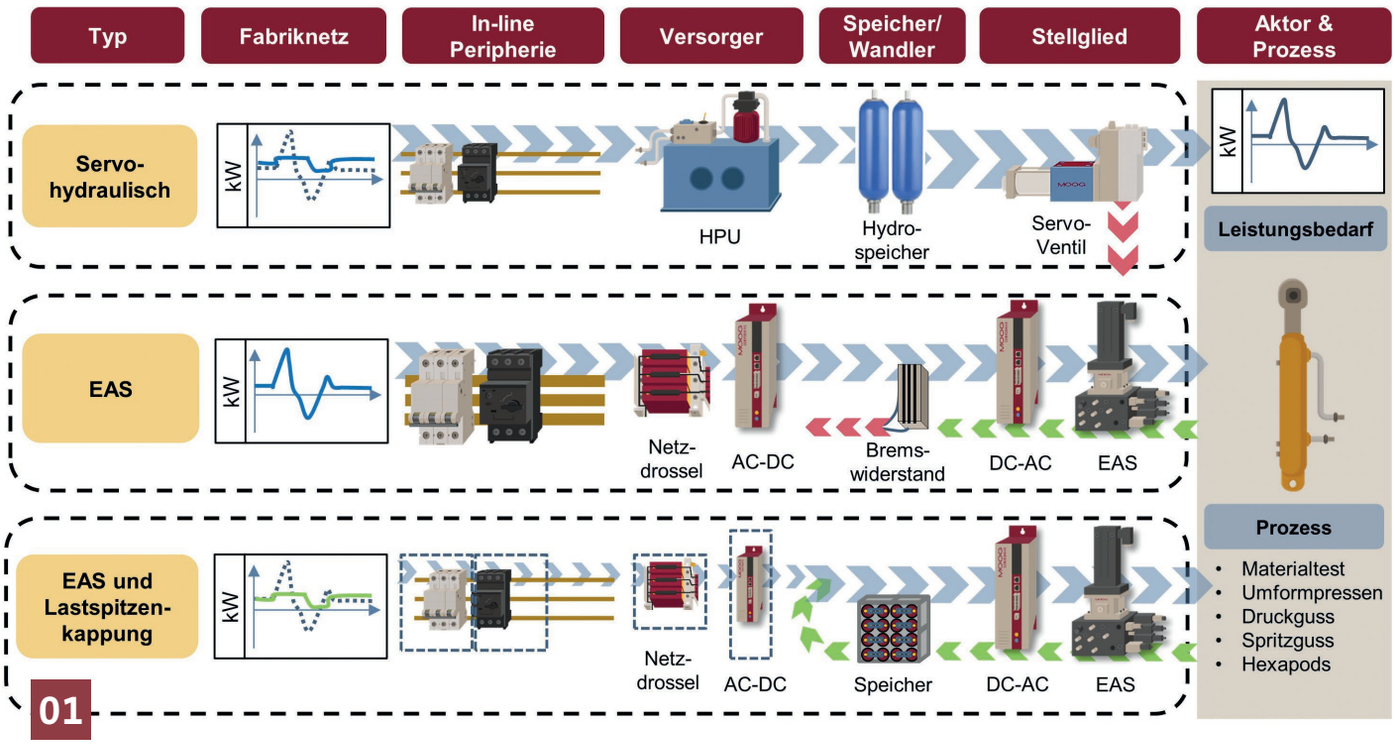
FÜR JEDES SZENARIO DIE OPTIMALE LÖSUNG GENERIEREN

ENERGIEMANAGEMENT FÜR ELEKTROHYDROSTATISCH ANGETRIEBENE MASCHINEN



Wie durch ein intelligent ausgelegtes Energie Management System (EMS) Verluste minimiert und die installierte Leistung von Maschinen signifikant reduziert werden können.

Im industriellen Umfeld werden immer mehr Antriebssysteme vom servohydraulischen Drosselprinzip auf elektrohydrostatische Antriebssysteme (EAS) umgestellt. Dank der 4-Quadranten-Fähigkeit der in dieser Technologie eingesetzten elektrohydrostatischen Pumpeneinheit (EPU) und des Wechselrichters ist es möglich, regenerative Leistungsflüsse, die beim Bremsen oder durch Fluiddekompression entstehen, zu speichern und wiederzuverwenden. Somit kommt zu dem ohnehin hohen Effizienzgewinn beim Wechsel von Drossel- zu Verdrängersteuerung noch ein weiteres Verlustleistungseinsparpotential hinzu: Das Vermeiden von dissipierter Wärmeleistung am Bremswiderstand durch den Einsatz von Energiespeichern, wie sie teilweise auch in der elektromechanischen Antriebstechnik eingesetzt werden.

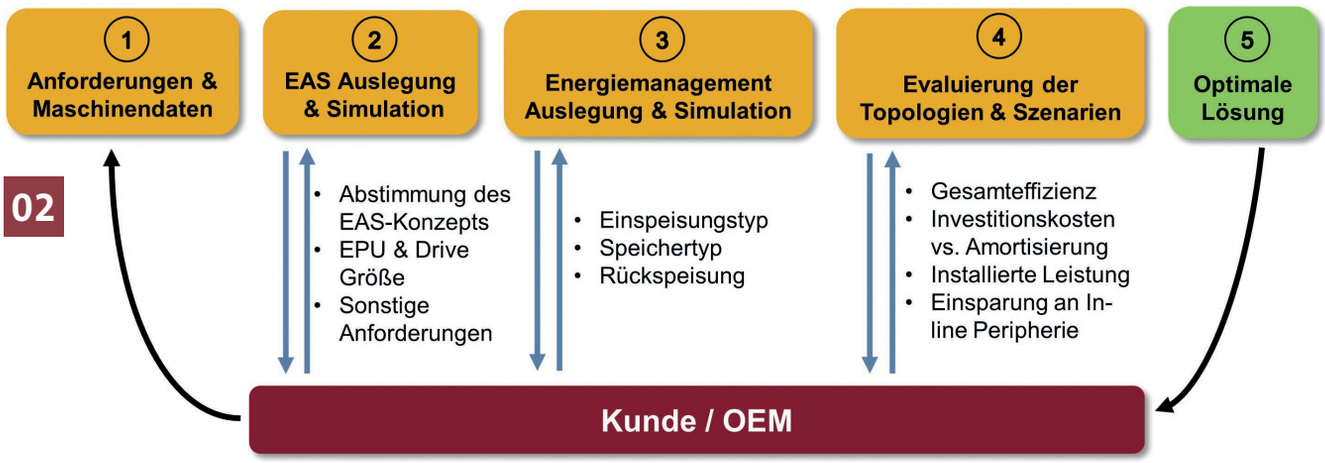
LEISTUNGSSPITZEN IM GRIFF BEHALTEN

Bei hydraulischen Maschinen mit hohem Spitzenleistungsbedarf werden oft Hydrospeicher in Kombination mit einem zentralen Hydraulikaggregat eingesetzt. Hier wird hydraulisch Lastspitzenkappung (Peak Shaving) betrieben, indem die Hydrospeicher große Leistungsspitzen der Achsen bereitstellen und das Aggregat, mit einem über den Zyklus gemittelten Volumenstrom, Fluid nachlädt und damit den mittleren Leistungsbedarf abdeckt. Hierdurch kann in vielen Fällen die vom Netz bezogene Spitzenleistung von mehreren hundert Kilowatt auf eine erheblich kleinere nominale Anschlussleistung des Aggregatmotors reduziert werden.

Bei der „Hybridisierung“ und dem Konzipieren eines EAS für solche Maschinen steigt die Anschlussleistung zunächst meist stark an, da zum einen die Spitzenleistung direkt über den Gleichrichter vom Netz bezogen wird und zum anderen die Be- und Entschleunigung der Motor-Pumpen-Trägheit weitere Leistungsspitzen in transienten Phasen generiert. Entsprechend groß fallen In-line-Komponenten wie Leistungsschütze, Schalter und Kabel aus (**Abbildung 01**). Das Bestreben heutiger Maschinenbauer ist es jedoch, die Anschlussleistung im neuen EPU-basierten Maschinenkonzept, im Vergleich zum bestehenden hydraulischen Konzept, möglichst zu reduzieren.

Hier kann ein Energie Management System (EMS), bestehend aus Ein-/Ausspeisung und Energiespeicher, Abhilfe schaffen. Bei vielen Anwendungen lässt sich durch den Einsatz von aktiv oder passiv arbeitenden Kondensatorspeichern und/oder kinetischen Speichern, die Anschlussleistung auf einen Bruchteil der Spitzenleistung reduzieren. Hier sind besonders oszillierende Anwendungen wie elastische Materialbelastungstests oder Gaskompressoren und Drucküberseter zu nennen, bei denen sehr hohe positive sowie negative Leistungsspitzen auftreten, und eher geringe Prozessenergie gefordert ist. Aber auch bei Umformpressen, Druck- und Spritzgussmaschinen und Hexapoden sind Peak-Shaving-Ansätze sinnvoll.

Autor: *Tim Reidl, Senior System & Simulation Engineer, Moog Industrial*



01 **Servohydraulischer Ansatz, EAS mit AC-AC Servoumrichtern und Bremswiderständen und EAS mit Energiemanagement und Lastspitzenkappung durch den Einsatz von Energiespeichern**

02 **Kundenzentrierter Lösungsfindungsprozess zur Evaluierung des EAS und schließlich des EMS**

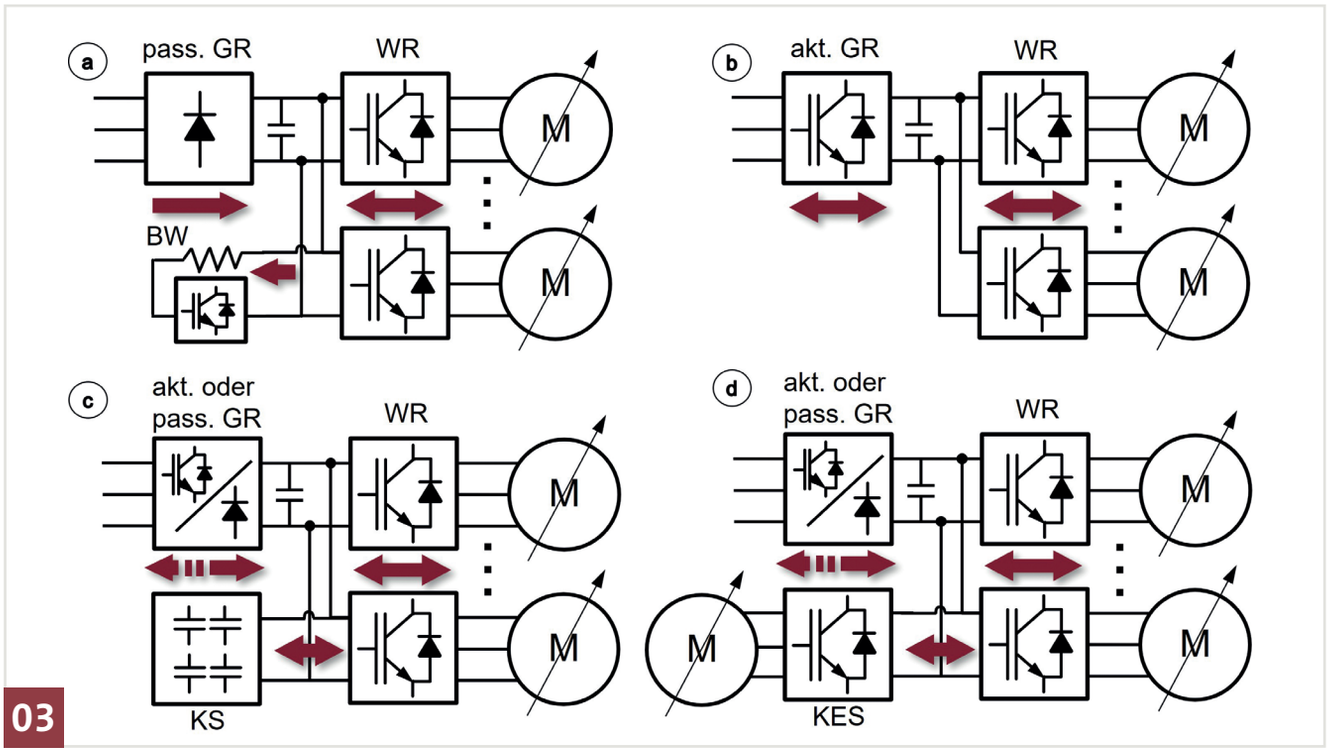
GEMEINSAM MIT DEM KUNDEN AGIEREN

Bei Kundenanwendungen im Test- und Metallumformbereich konnte die vom Netz bezogene maximale Leistung im Vergleich zum EAS ohne Energiemanagement zum Teil um den Faktor 6 reduziert werden. Es bedarf einer ausführlichen Simulation der jeweiligen Anwendung und der Antriebskomponenten, um erörtern zu können, welches EMS am besten geeignet ist. Hierzu wird gemeinsam mit dem Maschinenbauer ein kundenzentrierter Lösungsfindungsprozess (**Abbildung 02**) durchgeführt.

Nachdem die Anforderungen (Pflichtenheft) und Maschinendaten bereitgestellt werden (**Abbildung 02, Punkt 1**), geht es an die Auslegung und Simulation des EAS (**Abbildung 02, Punkt 2**). Hierbei wird iterativ mit dem Kunden definiert, welche Zylinder (Gleichgang, Differential, Dreiflächen, usw.), EAS-Bauweise (autark, halboffen) und Funktionalität (Flächenumschaltung, Sicherheit, Dekompressionskonzept) realisiert werden soll. Abschließend werden die EPU- und Drive-Größen mithilfe der sich ergebenden Lastzyklen bestimmt. Dabei haben beispielsweise die Prozesskräfte und Kompressions-/Dekompressionsvorgänge großen Einfluss auf die Auslegung der Einzelkomponenten und auf das Gesamtsystem. Vor allem bei hochdynamischen Anwendungen dürfen jedoch Beschleunigungskräfte durch Massen, Trägheit oder Gravitationskraft nicht vernachlässigt werden, da hier oft entscheidende Spitzenleistungen in das System eingeführt oder rekuperiert werden müssen. Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge kann das EMS nun konkretisiert und optimiert werden. Möglich sind die in **Tabelle 1** und **Abbildung 03** skizzierten Grund-Topologien.

OPTIMIERUNG BIS INS DETAIL

Bei der Entwicklung einer potenziellen Energiemanagement-Lösung bedient sich der Applikationsingenieur aus einem modular aufgebauten Baukasten bestehend aus Einspeisungen und Spei-



03 **Grundlegender Aufbau von vier verschiedenen Energiemanagement-Topologien**

chern verschiedener Arten und Größen. Dieser Baukasten bietet eine große Bandbreite an Leistungs- und Energieanforderungen, mit denen eine Vielzahl an Anwendungen abgedeckt werden kann.

Die resultierenden Lösungen werden anhand aussagekräftiger Simulation betrachtet und in einem iterativen Prozess mit dem Kunden diskutiert, da an dieser Stelle häufig noch Anforderungen ergänzt oder geändert werden. Darüber hinaus gilt es, Nutzen und Mehrwert möglicher Lösungen dem damit verbundenen Aufwand sowie den Investitions- und Betriebskosten gegenüberzustellen und entsprechende Priorisierungen vorzunehmen. An dieser Stelle kann idealerweise auch der Maschinenanwender miteinbezogen werden und Informationen darüber liefern, inwiefern zum Beispiel eine leistungsrückspeisende Lösung zulässig ist, oder wie weit die Anschlussleistung reduziert werden soll. Für jedes Szenario wird im Detail bewertet, wie sich die Investitionskosten gegenüber der Energieeinsparung und auch hinsichtlich der Baugrößenreduktion der In-line Komponenten verhalten.

Topologie	Aufbau	Eigenschaften
a)	Passiver Gleichrichter (GR) mit Wechselrichter (WR) und mit Bremswiderständen (BR)	Dissipation von regenerativer Leistung, keine Lastspitzenkappung
b)	Rückspeisefähiger aktiver Gleichrichter mit Wechselrichter (im Verbund)	Rückspeisen von regenerativer Leistung, keine Lastspitzenkappung
c)	Aktive oder passive Einspeisung mit passivem Kondensatorspeicher (KS)	Speichern und Wiederverwenden von regenerativer Leistung, Lastspitzenkappung
d)	Aktive oder passive Einspeisung mit (aktivem) kinetischen Energie-Speicher (KES) [1] [2]	Speichern und wiederverwenden von regenerativer Leistung, Lastspitzenkappung, Spannungsstabilisierung

[1] Kann auch zusätzlich mit passivem Kondensatorspeicher ausgestattet sein

[2] Kann auch mit aktivem Kondensatorspeicher (DC-DC Wandlern und Kondensatoren) ausgeführt sein, anstatt mit KES, je nach Anforderung

Dank dieses Ansatzes ist es möglich, innerhalb kürzester Zeit die optimale Lösung für jede Anwendung zu entwickeln und zu projektieren. Dabei wirkt sich der schon länger vorherrschende Trend der immer effizienter arbeitenden Antriebstechnik positiv zu Gunsten einer nicht-dissipativen Lösung (**Abbildung 03, Punkt a**) aus. Diese Tendenz wird durch die in jüngerer Zeit rasant steigenden Energiepreise noch verstärkt und die Amortisierungszeit für eine etwaige Mehrinvestition in Speichertechnologie zunehmend verkürzt.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Energiemanagement-Lösung und auch die Vorgehensweise aus **Abbildung 02** nicht nur auf EAS-basierte Anwendungen beschränkt ist, sondern genauso für elektromechanische Antriebstechnik anwendbar ist. Hierbei werden in **Abbildung 02, Punkt 2** die passenden elektromechanischen Komponenten evaluiert und anschließend das aus der Simulation resultierende Leistungsprofil in **Abbildung 02**, **Punkt 3** verwendet, um die Energiemanagement-Lösungen auszulegen, zu simulieren und schließlich in **Abbildung 02, Punkt 4** zu vergleichen. Es ist ohne weiteres auch möglich die Technologien zu kombinieren und einen Teil der Achsen als EPU-Antrieb und einen anderen Teil voll-elektrisch auszuführen, je nach Anforderung an Genauigkeit, Robustheit, Sicherheit, Kraft und Geschwindigkeit. Hierbei kann ein gemeinsames EMS genutzt werden, um die Effektivität zu erhöhen und die Kosten zu senken.

Bilder: *Moog*

www.moog.com/industrial