

Paradigmenwechsel in der hydraulischen Antriebstechnik



In der hydraulischen Antriebstechnik findet ein Methodenwechsel statt, vergleichbar revolutionär wie die Ablösung des Vergasers im Auto durch die Benzineinspritzung: Als kongeniale Verbindung zweier Welten senken servoelektrische Pumpenantriebe von Dorninger Hytronic und B&R auf Basis drehzahlgesteuerter Innenzahnradpumpen mit B&R-Servoumrichtern und -motoren den Energieverbrauch hydraulischer Maschinen und Anlagen bei zumindest gleicher Leistung auf ein Fünftel des früheren Werts und reduzieren zugleich den Geräuschpegel um 50 %.

Vor allem bei zeitlich hintereinander liegenden, linearen Achsbewegungen ist eine hydraulische Antriebslösung mit nur einem Antriebssatz eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösung. In einer häufig eingesetzten konventionellen Konfiguration werden Volumenstrom und Systemdruck mittels verstellbarer Kolbenpumpe an einer Asynchronmaschine am Drehstromnetz geregelt.

Diese Anordnung ist weitverbreiteter Standard in Spritzgießmaschinen. Die Antriebslösung hat jedoch einen signifikanten Nachteil: Egal ob die Maschine unter Vollast läuft, sich im Teillastbereich befindet oder während Zykluspausen still steht, Asynchronmaschine und Pumpe laufen immer mit maximaler Drehzahl. Dadurch entstehen Verluste im Teillastbereich und vor allem im Still-

stand, die rund 20 % der Nennleistung betragen. Das macht Kühleinrichtungen erforderlich und treibt auf diese Weise Platzbedarf und Betriebskosten in die Höhe.

20 % Energieeinsparung bei voller Leistung

Gemeinsam mit den Hydraulikexperten der oberösterreichischen Firma Dorninger

Hytronics entwickelte B&R einen energieeffizienten und zugleich hochdynamischen servoelektrischen Pumpenantrieb. In diesem Konzept wird aktuell, quasi in Echtzeit, der benötigte Volumenstrom und Druck bedarfsgerecht erzeugt. Dabei wird die für die Druckerzeugung zuständige Innenzahnrad-Fixvolumenpumpe von einem Acopos-gesteuerten Servomotor angetrieben. Durch Erhöhung der Eilgangsdrehzahl auf bis zu 4000 min^{-1} statt der bei Asynchronmotor und Verstellpumpen üblichen 1500 min^{-1} sind Innenzahnradpumpen um bis zu 60 % kleiner als Kolbenpumpen mit gleicher Fördermenge und erlauben genauere Druckregelungen bei höherem volumetrischem Wirkungsgrad. Die eigentliche Energieeinsparung ergibt sich aus der Anpassung der Pumpenaktivität und damit der Motordrehzahl an den tatsächlichen Leistungsbedarf. Da dieser in prozessbedingten Zykluspausen der hydraulischen Verbraucher null ist, kommt es somit automatisch zu einem Stillsetzen des Antriebs. Die antriebsseitige Energieersparnis liegt bei bis zu 70 % und wirkt sich somit merklich auf die Betriebskosten aus. Im Vergleich zur klassischen Hydrauliklösung kann die Tankbehältergröße auf ein Minimum reduziert werden, was die Systemgröße insgesamt ebenso verringert wie die kompakte Bauform der hochdynamischen B&R-Servomotoren.

Dazu kommt ein deutlich geringerer Energieeintrag in das Hydrauliköl, durch den Ölwechsel seltener vorgenommen werden müssen und ohne Ölkühler das Auslangen

Dynamisch, kompakt und ohne externe Kühlung reduziert die Kombination aus einem B&R-Servomotor 8LSC und einer Innenzahnradpumpe von Dorninger Hytronics Energieverbrauch und Geräusentwicklung der Hydraulikdruckerzeugung auf ein Minimum

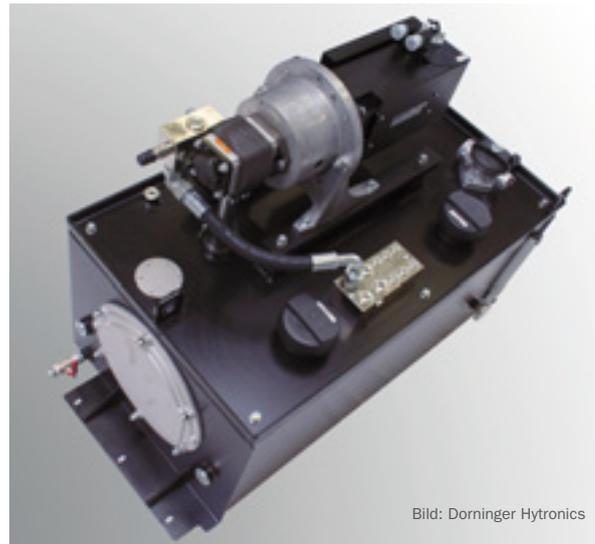


Bild: Dorninger Hytronics

Revolutionäre Entwicklung in nur zwei Jahren

Der servoelektrische Pumpenantrieb vereint als elektrohydraulischer Hybrid die antriebstechnischen Vorzüge eines hydraulischen Antriebs mit der Energieeffizienz elektrischer Antriebe und stellt deshalb einen revolutionären Methodenwechsel dar. „So wie im Automobilbau die Einspritzpumpe den Vergaser verdrängt hat, wird der servoelektrische Pumpenantrieb im Maschinenbau schon in naher Zukunft die Standard-Hydrauliktechnologie sein“, ist Karl Fischereder, Geschäftsführer von Dorninger Hytronics, überzeugt.



Die Messergebnisse zeigen: Servoelektrische Pumpenantriebstechnik mit B&R-Antriebstechnik und Hydraulik von Dorninger Hytronics senken den Energieverbrauch für den Antrieb bei mindestens gleicher Leistung um bis zu 70 %

gefunden wird. Das eliminiert nicht nur deren Kosten und Platzbedarf, sondern auch ihren Energieverbrauch, der im Fall von Gummispritzgießmaschinen 8 % der gesamten Energiekosten ausmacht.

Ein weiterer Vorteil liegt in der um bis zu 50 % reduzierten Geräuschemission des Systems. Das ist nicht nur ein bedeutender Schritt für den Arbeitnehmerschutz, sondern macht darüber hinaus kostspielige und voluminöse Lärmschutzverbauungen an den Maschinen überflüssig.

Auf der Hydraulikseite bestand die Herausforderung dieser Entwicklung in der Pumpentechnologie. In Druckhaltephasen, die etwa bei Kunststoffmaschinen für Nachdruckvorgänge benötigt werden, ist wegen der punktuellen Erwärmung des Hydrauliköls nicht jede handelsübliche Innenzahnradpumpe für diesen Einsatz geeignet. Dorninger Hytronics entwickelte daher die speziell für diesen Einsatz optimierte Pumpenfamilie DPHP. Die überlastfähigen Acopos-Servomotoren und die durch niedrige Trägheitsmo-

mente dynamischen Servomotoren von B&R unterstützen die in der Hydraulik erforderlichen hochdynamischen Druck- und Positionsregelungen.

Einzigartig ist das Regelungskonzept des servoelektrischen Pumpenantriebs der beiden Spezialisten, da die zeitkritischen Regelalgorithmen für die Druck- bzw. Volumenstromregelung direkt am Acopos-Servomotoren laufen, sodass die übergeordnete Maschinensteuerung nicht belastet ist. Dies garantiert schnelle Reaktionszeiten und hohe Dynamik für präzise Maschinenbewegungen. Die Regelungseigenschaften hängen praktisch nur vom Trägheitsmoment des Motors sowie vom aktiven hydraulischen Verbraucher ab. So können im Acopos je hydraulische Achse eigene Reglerparametersätze hinterlegt werden, die abgestimmt auf den jeweiligen Verbraucher die Zykluszeit gegenüber herkömmlichen Hydraulikantrieben nochmals reduzieren.

Nahtlose Integration in die Automatisierung

Dazu ist von B&R eine reichhaltige Software-Bibliothek mit hydraulikspezifischen Regelalgorithmen für eine einfache Reglerparametrierung verfügbar und im Automation Studio integriert. Als offene Lösung erlaubt die Software einfache Erweiterungen der Bibliothek für Sonderfälle. „Die Integration in Automation Studio ist ein weiterer Vorteil im Fall von Maschinen mit sowohl hydraulischen als auch elektrischen Ach-



Andreas Enzenbach ist als Manager Communications and Marketing für B&R in Eggelsberg/Österreich tätig. E-Mail: andreas.enzenbach@br-automation.com

Integrierte Automatisierungslösung aus Österreich

Die Maplan-Gummispritzgießmaschinen bringen besondere Anforderungen mit sich. Entsprechend sensibel gestaltet sich ihre Umstellung auf neue Technologien und Automatisierungskomponenten. Dennoch war es oberstes Ziel der Maplan-Experten, ihre Maschinen effizienter zu gestalten.

Mit den besonderen Anforderungen im Gepäck machte sich Maplan-Entwicklungsleiter Rudolf Eisenhuber auf die Suche nach einer entsprechenden Systemlösung. „Wir wollten einerseits eine integrierte Gesamtlösung mit be-

Servoverstärker einen belüfteten Drehstrom Synchronmotor der Serie 8LS an. Die hochdynamische Pumpenregelung für Hydraulikdruck und -menge ist im SPT-Code (Smart Process Technology) am Acopos implementiert. Diese frei konfigurierbare Technologiebibliothek nutzt indirekte Prozessgrößen und realisiert hohe Produktivität und Genauigkeit durch synchrone Abarbeitung und kurze Reaktionszeiten.

Über Powerlink verbunden ist der Acopos-Servoverstärker mit dem übergeordneten Steuerrechner APC620, auf

dem unter Automation Runtime AR010 die Soft-PLC-Steuerung ebenso läuft, wie die in Visual Components gestaltete Visualisierung und eine für den Benutzer nicht wahrnehmbare Windows-Instanz. Diese wird zum Beispiel benötigt, um die detailliert hinterlegte Produkt- und Wartungsdokumentation



kannten, nachvollziehbaren Leistungsdaten“, erinnert er sich. „Andererseits musste die Lösung mit unserem extrem modularen Maschinenkonzept kompatibel sein, bei dem oft erst kurz vor Auslieferung die tatsächliche Bestückung und Konfiguration festgelegt wird. Und die hauseigenen Elektro- und Automatisierungstechniker sollten mit komfortablen Entwicklungswerkzeugen die Software-Hoheit im Haus behalten.“

Zwei Anbieter mit herkunftsbedingt unterschiedlicher Philosophie kamen in die engere Auswahl, einer davon mit langer Tradition in der Hydraulik. Das Rennen machte jedoch das von der elektronischen Seite der Problemstellung kommende Unternehmen B&R, das mit seinem Hydraulik-Partner Dorninger Hytronics unter dem Namen Hybrid Drive Control die elektrohydraulische Komplettlösung auf Basis servogesteuerter Innenzahnradpumpen anbieten konnte. Bei der an der deutschen Kautschuktagung 2009 vorgestellten Lösung steuert ein intelligenter Acopos-

Motor selbst. Die Kommunikation zu den je nach Ausstattungsgrad der Maschine 50 bis 120 IO-Punkten erfolgt über die schlanken X20-Schnittstellenmodule, zum Bedienpersonal über ein „PC5000touch“-Automation-Panel, bei dem es sich um einen B&R-AP900 mit 15-Zoll-Touchscreen und kundenspezifischem Tastenfeld handelt.

„Die verglichenen Lösungen boten eine gute Energiebilanz“, sagt Alois Pichler, Leiter der Maplan-Elektrokonstruktion. „Den Ausschlag für B&R gaben die Vorteile in der Entwicklung.“ Dazu zählt er außer der breiten Produktpalette, die der Maschinenvielfalt von Maplan entgegen kommt, die integrierte Software-Entwicklung sowohl der Ablaufsteuerung als auch der Bewegungssteuerung innerhalb einer einzigen Entwicklungsumgebung. Diese erlaubt es, selbst die Diagnostik nahtlos in die Steuerungsoberfläche zu integrieren. Und die reicht mit der B&R-Antriebstechnik bis zum Motor selbst.

sen“, sagt Dr. Robert Kickinger, Manager Mechatronic Technologies bei B&R. „Diese können sehr einfach, zum Beispiel über Powerlink, verbunden und synchronisiert werden, und jeder einzelne Antrieb ist bis zum angesteuerten Ventil mittels Fernwartung zu erreichen.“ Dazu ermöglicht die Einbindung des servoelektrischen Pumpenantriebs in Automation Studio die integrierte Software-Entwicklung sowohl der Ablaufsteuerung als auch der Bewegungssteuerung innerhalb einer einzigen Entwicklungsumgebung.

Dadurch kann beispielsweise die Geberinformation des Motors als zusätzliche Information über die aktuelle Fördermenge ausgewertet und steuerungsmäßig berücksichtigt werden. Auch die Diagnostik lässt sich auf diese Weise nahtlos in die Steuerungsoberfläche integrieren. Zusammen mit dem gegenüber traditionellen Hydraulikantrieben sinkenden Verschleiß der Hydraulikventile und den halbierten Ersatzteilkosten für die Hydraulikpumpe verringern die Möglichkeiten des Condition Monitoring die Instandhaltungskosten einer solcherart angetriebenen Maschine.

Aktuelle Verfügbarkeit

Zurzeit ist die servoelektrische Pumpenantriebstechnik in Leistungsbereichen von 5 kW bis 120 kW verfügbar. Die Antriebspakete sind keine starren Kombinationen aus Servoverstärkern, Motoren und Pumpen, sondern werden in Abhängigkeit des entsprechenden Lastprofils bedarfsgerecht zusammengestellt. Die technisch und wirtschaftlich optimale Lösung aus Pumpe, Umrichter und Motor wird für jeden Dimensionierungsfall mithilfe eines eigens entwickelten Auslegung-Software-Werkzeugs ermittelt. Dieses wird von den Technikern bei B&R und Dorninger Hytronics selbst zur Auslegung kundenindividueller, maßgeschneiderter Lösungen eingesetzt, steht aber auch Kunden zur Verwendung durch ihre Entwicklungsingenieure zur Verfügung.

Schnelle Amortisation

Aufgrund der Anbieterstruktur sind die klassischen Hydraulikpumpenantriebe sehr hydrauliklastig. Einem aufwendigen und teuren Hydraulikteil steht wenig Elektronik gegenüber. Im Gegensatz dazu steckt beim servoelektrischen Pumpenantrieb viel Intelligenz im elektrischen und elektronischen Teil der Antriebstechnik, dagegen kommt er mit geringeren Kosten für den Hydraulikteil aus. „Die geringe Mehrinvestition der neuen Antriebstechnologie amortisiert sich allein durch die Energieeinsparung in kürzester Zeit, meist in weniger als einem Jahr“, sagt etwa Gert Kain, Prokurist der Firma Maplan, einem führenden Hersteller von Gummispritzgießmaschinen. Das Unternehmen hat seine Maschinen bereits 2008 auf die neue

	Verstellpumpe mit konstanter Drehzahl	Hybridantrieb	Ersparnis
Elektrische Wirkarbeit	18 100 kWh	5 800 kWh	12 300 kWh
Kosten Wirkarbeit	2 170 €	690 €	1 480 €
CO ₂ -Emission	14 480 kg	4 640 kg	9 840 kg
Elektrische Blindarbeit	58 200 kVAh	8 300 kVAh	49 900 kVAh
Kosten Blindarbeit	1 082 €	154 €	928 €
Kühlwassermenge	300 m ³	0 m ³	300 m ³
Kühlenergie	5 400 kWh	0 kWh	5 400 kWh
Kosten Kühlwasser	648 €	0 €	648 €
Summe Kostenersparnis			3 056 €

Die jährliche Gesamtersparnis beträgt bis zu 3 056 €. Somit amortisiert sich der Mehrpreis für Cool Drive in kurzer Zeit. Durch die Energieeinsparung ergibt sich darüber hinaus eine Reduktion der CO₂-Emission um jährlich fast 10 000 kg

Technik von B&R und Dorninger Hytronics umgestellt. Wichtig in diesem Zusammenhang zu wissen ist, dass Gummispritzgießmaschinen rund ein Drittel ihrer Energie für den hydraulischen Antrieb verbrauchen. Durch den Umstieg auf die elektrohydraulische Lösung konnte dieser Energieanteil bei Maplan auf ein Fünftel des früheren Werts verringert und zugleich der Geräuschpegel um 50 % gesenkt werden. Auch die ebenfalls erzielte Verkürzung der Trockenlaufzeit um 10 % bis 15 % trug zur Amortisierung der Anschaffungskosten in kurzer Zeit bei.

Besondere Anforderungen bei Maplan

Maplan ist einer der drei weltweit größten Anbieter von Gummispritzgießmaschinen mit Hauptsitz in Tarnitz im südlichen Niederösterreich. Die Bandbreite der Maschinenmodelle reicht beim verarbeitbaren Spritzvolumen von 10 cm³ bis 26 000 cm³ und bei der Schließkraft von 150 kN bis 10 000 kN. Ein Alleinstellungsmerkmal der Maplan-Maschinen ist die FIFO-Gummispritzeinheit, die

durch ihre kurze Bauform den maximalen Einspritzdruck direkt am Werkzeug ansetzen lässt und mehr Wärme direkt an die Kavitäten bringt. Ein weiterer USP ist die selbstoptimierende, automatische Nachregelung der Prozessparameter.

Andere Optimierungspotenziale waren bereits ausgeschöpft, also wendete sich Maplan anlässlich einer Neuentwicklung dem Energieverbrauch als Angriffsziel zu. Eine von Maplan-Entwicklungsleiter Rudolf Eisenhuber durchgeführte Energieanalyse ergab, dass etwa ein Drittel des Energieaufwands durch den Antrieb verursacht wird.

In bis zu 6 000 Betriebsstunden pro Jahr absolvieren die Maschinen mehrere hunderttausend Fertigungszyklen mit Zykluszeiten von 30 s bis zu mehreren Minuten. Dabei kommt es prozessbedingt zu Pausen, in denen sich der hydraulische Antrieb im Leerlauf befindet. Bisher wurde der Antrieb mit einer druckgeregelten Verstellpumpe realisiert, die von einem Asynchronmotor angetrieben wird. Dieser läuft permanent, da ein ständiges Aus- und Einschalten in den Zyklen we-

gen Überhitzungsgefahr am Motor und wegen mangelnder Eignung der Kolbenpumpen für diese Betriebsart nicht zulässig wäre. Überschüssige Energie wird in Wärme umgewandelt, die mit zusätzlichem Energieaufwand über Kühler abgeführt werden muss. Dabei senken vor allem Leerläufe bzw. der Spülbetrieb den Gesamtwirkungsgrad des Antriebssystems. Zudem ergibt sich durch diese Belastung des Antriebs ein hoher Blindleistungsbedarf. Im Bereich des Kunststoffspritzgusses ist daher ein Trend zu rein elektrischen Antrieben zu erkennen. Diese sind jedoch in der Kautschukverarbeitung wegen der speziellen Anforderungen vonseiten der Prozesstechnik nicht opportun.

Die energiearme Lösung

Die Lösung brachten Konstantvolumenpumpen mit servomotorischem Antrieb. Maplan profitierte dadurch von den bereits beschriebenen Vorteilen, wie kleinerer Bauform der Innenzahnradpumpen (ca. 60 %) bei höherer Leistung (4 000 min⁻¹) als Axialkolbenpumpen sowie geringere Geräuschentwicklung und ge-



Der Acopos-Servoverstärker ist über Powerlink mit dem Steuerrechner APC620 verbunden