

PHA - Piezo-Hydraulik-Aktor - Systemüberblick

Was ist ein PHA?

Ein PHA ist ein Piezo-Hydraulik-Aktor – ein Hybrid-Aktor bestehend aus einem Hydraulikzylinder mit integrierter Piezo-Pumpe. Ein elektronisch betriebener Piezostapel führt (einzeln ansteuerbare) Dehnbewegungen in seiner Längsachse aus und arbeitet als Kolbenpumpe für den internen Hydraulikkreislauf. Die Hydraulikflüssigkeit wird je nach Bewegungsrichtung umgepumpt und treibt den Kolben des Arbeitszylinders bzw. Wellrohrs (ein Hydraulikarbeitspeicher ist eingespart). Die Elektronik ist im PHA ebenfalls integrierbar, inklusive Weg- und Kraftsensorik (in gleicher Piezotechnik). Das kompakte Aktorsystem wird rein elektr. digital angesteuert.
Der PHA benötigt Energie nur während der Bewegung, im Stillstand wirkt er wie ein Festkörper.
Der PHA hat ein rein elektr. Interface und kommt ohne externe Hydraulikleitung bzw. -versorgung aus.

Historie

Hingewiesen sei auf das **Patent P4127418.0 von ComputerLab 1991.**

Die Idee für eine Verbindung von Piezo und Hydraulik zu einem Hybrid-Aktor ist nicht mehr neu, sie gibt es etwa seit 1990: die extrem kleinen Stellwege des Piezostapels werden energetisch zu einem großen Hub aufsummiert, ohne die Dynamik zu schwächen (was bei einer mechanischen Wegübersetzung nicht der Fall ist). ComputerLab erarbeitete bereits um 1990 diverse Konzepte für unterschiedlichen Anwendungen – vorgetragen an diversen Stellen (TU, Firmen) - zu einer Realisierung kam es damals nicht. Nachdem mittlerweile erste EHAs im Einsatz und diverse Piezo-Hybrid-Aktoren (USA) erfolgreich entwickelt sind, ist die neue PHA-Technologie, also das Entwicklungsvorhaben, glaubwürdiger, der Entwicklungstrend zwanghafter geworden.

Aktueller Entwicklungsstand

Vorwiegend aus dem Umfeld der Luftfahrtindustrie besteht großes Interesse an Aktoren mit der Leistungscharakteristik von Hydraulikzylindern unter Einsparung der üblichen Hydraulikleitung, nur mit rein elektronischem Interface, und obendrein als möglichst leicht und klein bauendes Aktor-Komplettsystem.. Mit dieser Zielrichtung sind diverse Systeme bereits in Entwicklung (USA); sie verstärken eher die Chancen für konkurrierende Entwicklungen, wie den PHA. Die aktuelle Grundlagenforschung an deutschen Instituten, Universitäten und Firmen befaßt sich vorwiegend mit peripheren Problemen und deren theoretischem Auswalzen; sinnvolle Detailtechniken, wie schnelle Piezoventile, orientierte man dabei an konventionellen Systemforderungen . Die Möglichkeiten zur Konfigurierung neuer anwendungsorientierter Komplettsysteme wurden bisher nicht genutzt.

Wie bei jeder Neuentwicklung und Realisierung muß auch beim PHA die jeweilige systemtechnische Charakteristik beachtet werden und von Beginn an sind die Vor- und Nachteile abzuwiegen.

PHA - Vorteile

- Transversal-Aktor mit der Dynamik eines Hydraulik-Arbeitszylinders bei rein el. Energieversorgung
- ohne Pumpspeicher (Hydrauliksysteme mit rotatorischen Pumpen benötigen Zwischenspeicher etc.)
- schnelles Anlaufen (aus energieloser Ruhe) und Stoppen (in energielosen Ruhezustand)
- geringer Energieverbrauch, guter Wirkungsgrad, nur während Bewegung Energiezufuhr
- einfache el. Ansteuerung, nur hochfrequent ein/aus (keine Spannungsregelung wie bei mech. Piezoaktoren)
- interne Hydraulikübersetzung ist einfach und flexibel konfigurierbar (besser als mechanische)
- feine Positionierauflösung und zugleich hohe Dynamik
- Kraftmessung und Stellwegmessung leicht zu integrieren, da mit gleicher Piezotechnologie
- virtueller Resonanzbetrieb steigert Piezo-Pumpwirkung *) *) spezielles Konzept von ComputerLab
- PHA-Batterie technisch einfach realisierbar, für hoch redundanten Kurzhubaktor *)
- interne Mehrfach-Redundanz und phasenverschobener Parallelbetrieb erhöht Systemleistung *)

PHA – Nachteile

- geringe Fördermenge pro Pumpektakt infolge sehr geringen Piezohubes erfordert spezielle Maßnahmen
- rel. hohe Arbeitsfrequenz ist erforderlich (<1 kHz) wegen der geringen Pumpfördermenge pro Takt
- Hydraulik-Strömungsproblem betrifft Frequenz und Ventilgestaltung, s. Stoßwelle, Kavitation
- Piezo-Charakteristik reduziert potentielle Leistung - Federkennlinie, Hysterese, Wärme

Entwurfsbeispiele:

1. PHA - 2 Piezostapel + Wellrohr-Pumpkammer mit integrierten Ventilen + Arbeitszylinder/Wellrohr + Elektr.
 - Piezo und Elektronik sind von der Hydraulik völlig abgeschottet (keine Dichtungen erforderlich)
 - das System wird schwingungstechnisch für beste Arbeitsfrequenz optimiert (Wirkungsgrad, Pumpwirkung), adaptiv via Elektronik und Software (Firmware), zuvor extern experimentell einfach zu trimmen
 - diverse Leistungen (Kraft, Hub=beliebig) sind bei konstanter Konfiguration dimensionierbar - Dynamik:
klein=0,1kN,10mm,100mm/s mittig= 1kN,20mm,100mm/s groß=50kN, 50mm/s, 12MPa, 2,5kW
Vergleich F18-Aileron: 80kN, 50mm, 130mm/s 7mN Airbus-EHA: 100kN, 20ltr/min, 5-10kW
2. PHA-Batterie – mehrere Piezostapel + Wellrohr + Elektronik , keine Ventile *)
 - sehr hohe Dynamik doch limitierter Hub: 1kN, >1m/s, <5mm.