

Volume 2

**3rd International
Fluid Power Conference
(3rd IFK)**

**"Fluid Power Focused
on Application"**

edited by
Fördervereinigung Fluidtechnik e.V.,
Aachen

Shaker Verlag
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

3rd International Fluid Power Conference (3rd IFK) (Volume 2) :
"Fluid Power Focused on Application" /
Fördervereinigung Fluidtechnik e.V., Aachen (Ed.).
Aachen : Shaker, 2002
(Reihe Fluidtechnik ; Bd. T 4)
ISBN 3-8265-9901-2

Copyright Shaker Verlag 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-9901-2
ISSN 1437-8434

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 1290 • D-52013 Aachen
Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

**3rd International
Fluid Power
Conference
(3rd IFK)**

**March 5th and 6th 2002
Aachen, Germany**

**3. Internationales
Fluidtechnisches
Kolloquium
(3. IFK)**

**5. und 6. März 2002
in Aachen**

Volume 2

- Group 5: Fluid Power for Mobile Applications**
- Group 6: Development of Hydraulic Pumps**
- Group 7: Innovations in Fluid Power**
- Group 8: Fluid Power in Aviation**
- Group 9: Tribology and Fluids**
- Group 10: Noise and Vibration**

Ladies and Gentlemen,

I am delighted to be able to invite you to attend the 3rd IFK in Aachen, continuing our long tradition of a large-scale biennial fluid power conference. Even-number years do not hold quite as many trade fairs for the companies in our business, in particular, so that most of you should be able to find enough time to meet and exchange knowledge, experience and opinions on the subject of fluid power in Aachen - and I sincerely hope that you will do so.

From the many proposals submitted, the Program Committee was able to select the topics presented within the framework of the program, and decided to use "Fluid Power Focused on Applications" as the motto for the conference. This is intended to bring applications and users back into the foreground and to draw the attention of manufacturers, researchers and developers to their requirements in the course of discussions with experts and specialists. We aim to reach our customers on a global basis and have therefore drawn up all conference documentation in English. The majority of presentations will also be conducted in English.

I look forward to welcoming you to the 3rd IFK in Aachen in March 2002.



Hubertus Murrenhoff

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich freue mich, Sie zum 3. IFK nach Aachen einladen zu können und damit die langjährige Tradition einer großen Fluidtechnik-Tagung im zweijährigen Rhythmus fortzusetzen. In den geraden Jahren sind insbesondere die Firmen unserer Branche nicht so sehr durch Fachmessen gebunden, so dass – was ich natürlich von ganzem Herzen hoffe – Zeit für einen Erfahrungs- und Wissensaustausch der Fluidtechnik in Aachen bleibt.

Der Programmausschuss konnte aus einer sehr großen Anzahl von Vorschlägen das Ihnen vorliegende Programm auswählen und hat beschlossen, die Tagung unter das Motto "Fluid Power Focused on Applications" zu stellen. Hiermit sollen die Anwendungen und Anwender wieder stärker in den Blickwinkel rücken und in der fachlichen Diskussion ihre Bedürfnisse an Hersteller, Forscher und Entwickler richten. Da diese Kunden global erreicht werden sollen, werden die Tagungsunterlagen auch einheitlich in Englisch verfasst und zum überwiegenden Teil auch in dieser Sprache präsentiert.

Ich freue mich darauf, Sie zum 3. IFK im März 2002 in Aachen begrüßen zu dürfen.



Hubertus Murrenhoff

Program Committee

Duffner, E.	Dr. rer. nat.	Arburg Maschinenfabrik GmbH, Lossburg
Feldmann, D.G.	Prof. Dr.-Ing.	TU Hamburg Harburg,
Feuser, A.	Dr.-Ing.	Bosch Rexroth AG, Lohr
Goedecke, W.D.	Prof. Dr.-Ing.	G.A.S. mbH, St. Georgen
Hahmann, W.	Dr.-Ing.	Hydac Technology GmbH, Sulzbach
		Fördervereinigung Fluidtech. e.V. Aachen
Harms, H.	Prof. Dr.-Ing.	TU Braunschweig
Helduser, S.	Prof. Dr.-Ing.	Institut für Fluidtechnik der TU Dresden
Jongbloed, H.	Dr.-Ing.	Wessel-Hydraulik GmbH, Wilhelmshaven
Klein, A.	Dr.-Ing.	Adam Opel, Rüsselsheim
Köhn, P.	Dr.-Ing.	BMW AG, München
Langen, A.	Dr.-Ing.	Linde AG, Aschaffenburg
Lausch, H.	Dipl.-Ing.	Bosch Rexroth AG, Lohr
Mang, T.	Prof. Dr. -Ing.	Fuchs Petrolub, Mannheim
Murrenhoff, H.	Prof. Dr.-Ing.	IFAS, RWTH Aachen
Neuhaus, R.	Dr.-Ing.	Hydraulik-Ring GmbH/Siemens, Lohr
Ott, H.	Dipl.-Ing.	IMI Norgren-Herion, Fellbach
Post, P.	Dr.-Ing.	Festo AG, Esslingen
Richter, M.	Dr.-Ing.	Müller-Weingarten AG, Esslingen
Rinck, S.	Dr.-Ing.	Bosch Rexroth AG, Elchingen
Saffe, P.	Dr.-Ing.	Bosch Rexroth AG, Hannover
Skirde, E.	Dipl.-Ing.	Sauer Danfoss GmbH, Neumünster
Synek, P.M.	Dipl.-Ing.	Fachverband Fluidtechnik im VDMA, Frankfurt
Töpfer, H.	Prof. Dr.-Ing.	Bürkert GmbH, Großbröhrsdorf
Weber, J.	Dr.-Ing.	Orenstein & Koppel AG, Berlin
Weingarten, F.	Dr.-Ing.	Parker Hannifin GmbH, Kaarst
Weishaupt, E.	Dr.-Ing.	SMS Demag AG, Hilchenbach
Wennmacher, G.	Dr.-Ing.	Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH
Zervas, B.	Dipl.-Ing.	Eaton Fluid Power, Wehrheim
Zumbrägel, J.	Dr.-Ing.	Robert Bosch GmbH, Stuttgart

International Advisory Committee

Backé, W.	Prof.	IFAS, RWTH Aachen
Belforte, G.	Prof.	Polytechnic University of Torino, Torino
Burrows, C. R.	Prof.	University of Bath, Bath
Koski, R.J.		Sun Hydraulics Corp., Sarasota
Palmberg, J.-O.	Prof.	Linköping University, Linköping
Scavarda, S.	Prof.	INSA, Villeurbanne Cedex
Schouten, M.J.	Prof.	TU Eindhoven, Eindhoven
Takahashi, K.		Sophia University, Tokyo
Vilenius, M.	Prof.	Tampere University of Technology, Tampere

Conference Organisation

Dipl.-Ing. R. Bublitz
Dipl.-Ing. R. Jansen
Dipl.-Ing. T. Meindorf

Group 5: Fluid Power for Mobile Applications

H. Benckert	Challenges and Solutions for Concrete Pumps	33
W. Hagemeister, J. Prokop, et al.	Service Product "Impact Power"	55
S. Berkemann, H. Kleine	An Intelligent Electro-Hydraulic Mower System	67
G. Müller	On Board Electronics - Electronic Control Units for Mobile Hydraulic Systems	79
J. Inberg, et al.	Measured Performance of Harvester Boom End- Effector Acceleration Control during a Cross-Cut Using Actuator Redundancy	89
C. Latour, et al.	Comparison of Active and Passive Oscillation Suppression Systems for Wheel Loaders	101
C. Lee, et. al.	Electro-Hydraulic Control of Continuously Variable-Speed Toroidal Traction Drive Transmission for Agricultural Tractor At start of printing the manuscript was unfortunately not available	
B. Hartmann	Efficiency-Optimized Hydrostatic Drives for Off-Road Vehicles	113

Group 6: Development of Hydraulic Pumps

F. Weingarten	The Use of Computer Simulation in Pulsation Reduction for Hydraulic Piston Pumps	127
D. Schwuchow	Design Tools for Modern External Gear Pumps	141
S. Mancò, et. al.	Miniature gerotor pump prototype for automotive applications	153
J. Uusi-Heikkilä, et al.	The Prototype of the Pulsation Reduced One-Piston Radial Pump	169
Y. M. Orlov	Some Results of Acoustical Adjustment of High-Speed Plunger Pumps of High Outlet Pressure	181
S. Berneke, U. Heisel	Dynamic Transmission Behaviour of Oil-Filled Gaps within External Gear Pumps	191
R. Pippes, C. Mayer	Gap-Compensated High-Pressure Internal Gear Pumps	203
R. Lasaar, M. Ivantysynova	Advanced Gap Design - Basis for Innovative Displacement Machines	215

Group 7: Innovations in Fluid Power

P. Achten, et al.	Dedicated Desig of the Hydraulic Transformer	233
R. Werndin, et al.	Dynamic Analysis of Shuttle Technique Performance – Applied on Hydraulic Transformers	249
H.-C. Bartelt, et al.	Development of Ceramic Precision Components for	263
M. Salzer, et al.	Thermo-Hydraulic Free-Piston Engine with Two Piston	281
K. Goebbels, et al.	Remote Control of Hydropneumatic Accumulators	293
H. Baum, W. Backé	Increasing the Load Stiffness of Hydraulic Piston	311
S. Rothhäuser	Kursk Salvage.....	325
J. Weingart	Efficiency of a Modern Hydraulic Injection Moulding	341
	Machine	

Group 8: Fluid Power in Aviation

D. van den Bossche	The Evolution of the Airbus Primary Flight Control	355
U. Perrin	Challenges for Hydraulic Components in Future High	367
	Lift Systems	
R. Case	Advancements in Hydraulic Motor Testing through the	377
	Use of Rapid Prototyping Software Development Tools	
O. Kunze	Development and Design of an Energy Saving	389
	Individual Blade Control System with Displacement Control for Application in Helicopters	
I. Mugtussidis, U. Persson	First Flight Verification and Validation of the 728 JET	399
	Primary Flight Control System	
C. Roberts, D. Chard	Hydraulic Actuation for Civil Aircraft –	413
	A Thing of the Past?	
M. Ivantysynova	Displacement Controlled Actuator Technology -	425
	Future for Fluid Power in Aircraft and other Applications	

Group 9: Tribology and Fluids

D. van Bebber, H. Murrenhoff	Metal / Carbon Layers (ZrC_g and HfC_g) to Reduce Wear and Friction in Hydraulic Components	443
J. Pezdirnik, J. Vizintin	Some Parameters and Properties Influencing on the Friction of Spool-sliding Valves	457
H. Haiser, W. Haas	Rotary PTFE Seals with Steel and Ceramic Counterfaces - Requirements in the Application	469
M. Kessler, D. G. Feldmann	Development of a New Application-related Test Procedure for Mechanical Testing of Hydraulic Fluids	481
C. Seyfert, et al.	Sensor of On-Line Monitoring of Bio-Degradable Hydraulic Oils	495
X. Zhang, et al.	Study on the Ageing Mechanism of Ester Based Lubricants at the Rotary-Bomb-Test	509
C. Peuchot	(R)Evolution of Fluid Power System Contamination Control International Standards At start of printing the manuscript was unfortunately not available	

Group 10: Noise and Vibration

W. Fiebig	Noise Generation and Reduction in Fluid Power Units	525
K. Goebbels, et al.	Primary and Secondary Measures to Reduce the Noise of Hydraulic Fluid Power Systems	543
B. Müller	Simulation of Fluid Borne Noise in Hydraulic Systems	557
Y. Lu, et al.	Low Frequency Accuracy Problem in Random Vibration Control and its Multirate Control Solution	569
J. Vad, et al.	On the Resonance Effects of Pneumatic Underloader Valves	581
V. Seifert, et al.	Means of Reducing Noise on Hydraulic Powerpacks	593
R. Behrendt	Low-Noise, Leak-Free Hydraulic Pumps? A Dream Becomes True!	605

Group 5 Summaries

H. Benckert

Challenges and Solutions for Concrete Pumps

Truck-mounted concrete pumps are the world-wide standard for the economical placement and distribution of the concrete required on a construction site. The truck-mounted concrete pumps are mounted on a truck-chassis and use the truck's power take-off to drive the hydraulic system. The dynamic long-term alternating loads are an especially important criterion for the design of all components as a consequence of the way in which the twin-cylinder piston pump, which may be rated at up to 400 kW, operates. Innovative, computer-assisted multi-hinge boom control systems and Teleservice have opened up new opportunities for this mobile construction machinery.

W. Hagemeister, J. Prokop, et al.

Service product "impact performance"

Heavy-duty hydraulic hammers are being used increasingly to mine rock without blasting. In applications of this kind, operating costs depend on a number of factors and are difficult to quantify. Customers are therefore requesting to pay for performance rather than buying the equipment. To date there has been no suitable billing system for this kind of business. A newly developed electronic impact counter provides operating data allowing information to be derived e.g. on duty hours, number of impacts, type of application and the way the operator uses the hammer. The data are communicated via an infrared interface and provide the basis for a completely new product idea in this market, the selling of impact performance under a full-service package.

S. Berkemann, H. Kleine

An intelligent electronic-hydraulic verge mower system

An electronic-hydraulic control system was developed for a verge mower which controls a low-vibration mechanical system no longer manageable as a highly-dynamic solution according to general published values based on experience.

This system was developed in co-operation with specialists in machine, hydraulic and electronic engineering and optimised in terms of cost

Gruppe 5 Zusammenfassungen

H. Benckert

Herausforderungen und Lösungen für Betonpumpen

Autobetonpumpen gehören weltweit zum Standard bei der wirtschaftlichen Einbringung und Verteilung von Beton auf Baustellen. Die Autobetonpumpen sind auf LKW-Chassis aufgebaut und nutzen zum Antrieb des Hydrauliksystems den LKW-Nebenantrieb. Aufgrund der Funktionsweise der 2-Zylinder-Kolbenpumpe mit Antriebsleistungen bis 400 kW sind insbesondere die dynamischen Dauerwechselbelastungen für alle Komponenten ein wichtiges Auslegungskriterium. Eine neue rechnerunterstützte Vielgelenk-Verteilermaststeuerung in Verbindung mit Teleservice eröffnet neue Möglichkeiten dieser mobilen Baumaschinen.

W. Hagemeister, J. Prokop, et al.

Serviceprodukt: "Schlagleistung"

Schwere Hydraulikhämmer werden zunehmend zur sprengstofflosen Gesteinsgewinnung in Steinbrüchen eingesetzt. In derartigen Einsätzen sind die Betriebskosten von verschiedenen Einflußgrößen abhängig und schwer abschätzbar. Es besteht daher der Kundenwunsch, nicht den Hydraulikhämmer zu erwerben, sondern für die tatsächlich abgeforderte Leistung zu bezahlen. Für ein derartiges Geschäft fehlte bisher ein geeignetes Abrechnungssystem. Ein neu entwickelter elektronischer Schlagzähler ermittelt Betriebsdaten, die u.a. eine Aussage über Einsatzdauer, Schlagzahl und Einsatzart des Hydraulikhammers sowie über die Arbeitsweise des Bedieners machen. Die über eine Infrarotschnittstelle auslesbaren Daten sind die Grundlage für eine in diesem Markt vollkommen neue Produktidee, den Vertrieb von Schlagleistung im Rahmen eines Full-Service-Angebotes.

S. Berkemann, H. Kleine

Eine intelligente elektronisch-hydraulische Randstreifenmäher-Steuerung

Es wurde eine elektro-hydraulische Steuerung für einen Randstreifenmäher entwickelt, die ein mechanisches System schwingungsarm kontrolliert, welches laut allgemein veröffentlichten Erfahrungswerten nicht mehr hoch dynamisch zu beherrschen ist.

Dieses wurde in starker Zusammenarbeit von Maschinenbau-, Hydraulik- und Elektronik-Ingenieuren auch unter Kostengesichtspunkten opti-

aspects relating to both users and the machinery itself.

One of the results is a very complex software control system which is however easy to operate and diagnose by the respective user.

G. Müller

On Board Electronics - Electronic Control Units For Mobile Hydraulic Systems

In conventional electro-hydraulic systems the electronic unit and the valve are separately mounted. The effort for mounting and wiring can be strongly reduced if the control unit is directly mounted to the valve. This paper describes the demands for such control units and the resulting prerequisites. Further the electronic functions are showed and the software concept is presented.

J. Inberg, et al.

Measured Performance of Harvester Boom End-Effector Acceleration Control During a Cross-Cut Using Actuator Redundancy

In cut-to-length method trees are processed by the forest harvesters. The cross-cutting of wood causes longitudinal splits in the end of the log and therefore the cutting damages are a serious problem in today's forestry. The study deals with the boom end-effector acceleration control, which is one alternative in avoiding cutting damages during the cross-cut of wood. The purpose is to get the harvester head and the log to fall at the same acceleration during the cut.

The system developed in this paper deals with the kinematic redundancy control of the hydraulic forest boom controlled in Cartesian space using three linear hydraulic actuators simultaneously. The required motion task for the boom end-effector is to move downwards along vertical axis at the acceleration magnitude of 1 g (9.81 m/s^2) during the cross-cut. The main emphasis of this study is to experimentally verify and compare different pseudoinverse-based redundancy resolutions, which are aiming for the energy-efficient motion control of hydraulic harvester boom.

miert auf die Anwendung für Mensch und Maschine entwickelt.

Als Ergebnis liegt u. a. eine sehr komplexe Softwareregung vor, die aber letztendlich vom Anwender sehr einfach bedienbar und diagnostizierbar ist.

G. Müller

On Board Electronics - Elektronische Steuergeräte für mobilhydraulische Systeme

Bei herkömmlichen elektrohydraulischen Systemen werden das elektronische Steuergerät und das Ventil getrennt von einander montiert. Der Montage- und Verdrahtungsaufwand reduziert sich stark, wenn das Steuergerät direkt auf das Ventil montiert ist. Dieser Beitrag beschreibt die Anforderungen an solche Steuergeräte und die sich daraus ergebenden technologischen Voraussetzungen. Des weiteren werden die elektrischen Funktionen gezeigt und das Softwarekonzept vorgestellt.

J. Inberg, et al.

Experimentelle Erfassung der Aktuatorenregelungen Harvesteraggregatbeschleunigung während des Sägevorgangs.

Bei dem auf-Länge-sägen Verfahren werden die Bäume mit Hilfe von Forstmaschinen verarbeitet. Die dabei eingesetzte Kreuzschnitt-Methode stellt jedoch in der modernen Forstwirtschaft ein zunehmendes Problem dar, seit die Schnittschäden durch längsseitiges aufsplitten am Stammende beachtlich sind. Die vorgestellte Studie beschäftigt sich mit der Möglichkeit der Harvesteraggregatbeschleunigung; einer Alternative, bei der keine Schnittschäden während des Kreuzschnittes von Holz auftreten. Der grundlegende Gedanke dabei ist die Beschleunigung des Harvesteraggregates während des Schneidevorganges, so dass Harvesteraggregat und fallender Baumstumpf sich synchron nach unten bewegen.

Das in dieser Studie entwickelte System beschäftigt sich mit der kinematischen Redundanzsteuerung von hydraulischen Harvesterkränen, welche im kartesischen Raum von drei linearen, hydraulischen Stellantrieben gleichzeitig gesteuert werden. Das Harvesteraggregat soll sich während des Ablängens entlang einer vertikalen Mittellinie mit einer Beschleunigung von 1 g (9.81 m/s^2) abwärts bewegen. Das Hauptaugenmerk dieser Studie liegt auf der experimentellen Überprüfung und dem Vergleich von verschiedenen pseudoinverser Redundanzregelungen, die auf eine energiesparende Bewegungssteuerung hydraulischer Harvesterkräne abzielen.

C. Latour, et al.

Comparison of active and passive oscillation suppression systems for wheel loaders

Passive and active oscillation suppression systems for self-propelled suspensionless machines (e.g. wheel loaders) are capable of significantly improving economy, safety and comfort.

This paper describes the principle, function and further development of the design of systems for passive oscillation suppression on wheel loaders and an overall system for active suppression with the emphasis on measurement and control technology. We have also carried out a first technical comparison of the two systems in terms of performance and application limits on the basis of measurement results obtained from test drives and on a hydraulic shaker with a test loader from Bosch Rexroth.

B. Hartmann

Efficiency-Optimized Hydrostatic Drives for Off-Road Vehicles

Whereas improvement of efficiencies of hydrostatic drive components comes in small increments, the combination of hydrostatic and alternative drive components offers big potential for efficiency improvements for mobile off-road machinery.

In the scope of this paper, innovative hydrostatic drive systems that go beyond "single pump & motor" arrangements are discussed, using the wheel loader as a role model machine.

C. Latour, et al.

Vergleich von aktiven und passiven Schwingungstilgungssystemen für Radlader

Mit passiven und aktiven Schwingungs-Tilgungs-Systemen für selbstfahrende ungefederte Arbeitsmaschinen (wie z.B. Radlader) können die Wirtschaftlichkeit, die Sicherheit und der Komfort erheblich verbessert werden.

Der Beitrag beschreibt den prinzipiellen Aufbau, die Funktionsweise und konstruktive Weiterentwicklung der Systeme zur passiven Schwingungstilgung in Radladern und ein Gesamtsystem zur aktiven Tilgung mit den Schwerpunkten Meß- und Regelungstechnik. Außerdem erfolgt ein erster technischer Vergleich der beiden Systeme in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Einsatzgrenzen anhand von Meßergebnissen, die in Fahrversuchen und auf einem Hydropulsstand mit einem Versuchslader der Fa. Bosch-Rexroth ermittelt worden sind.

B. Hartmann

Wirkungsgrad-optimierte hydrostatische Fahrtriebe für Off-Road-Fahrzeuge

Whereas improvement of efficiencies of hydrostatic drive components comes in small increments, the combination of hydrostatic and alternative drive components offers big potential for efficiency improvements for mobile off-road machinery.

In the scope of this paper, innovative hydrostatic drive systems that go beyond "single pump & motor" arrangements are discussed, using the wheel loader as a role model machine.

Group 6 Summaries

F. Weingarten

The Use of Computer Simulation in Pulsation Reduction for Hydraulic Piston Pumps.

Noise is a major issue in the application of hydraulic machines and systems. The paper discusses the achievements to reduce one important source of noise in hydraulic systems: the flow and pressure pulsation caused by the pump.

The physical background of pulsation in axial piston pumps is described in detail and methods to reduce it. The paper shows, how computer simulation can help to reduce pulsation and overall system noise.

D. Schwuchow

Design Tools for Modern External Gear Pumps

The operational characteristics pulsation and noise are increasingly gaining in importance in hydraulic drive systems. The design of the delivery gearing of external gear pumps has a decisive influence on these characteristics. This article describes methods of designing delivery gears with reduced vibration excitation. The results achieved in practice show that highly capable calculation and simulation programs form an indispensable basis for the development of low-pulsation, low-noise pumps.

J. Uusi-Heikkilä, et al.

The Prototype of the Pulsation Reduced One-Piston Radial Pump

In nearly all displacement type hydraulic pumps pulsations are caused by the compressibility of the pressure medium. Normally hydraulic systems will work better without these pulsations.

In this paper we introduce new kind of construction for hydraulic radial piston pump. The design of the pump is very simple and contains only one main piston and an anti-pulsation part. With this kind of constructions we can have continuous and pulsation reduced volume flow with only one work piston. We introduce also an additional pulsation reducer which will reduce remain pulsation. The simulations show clear benefit of the use of the additional pulsation reduction part.

Gruppe 6 Zusammenfassungen

F. Weingarten

Einsatz der Simulationstechnik zur Optimierung des Pulsations-Verhaltens von Axialkolbenpumpen

Lärm ist eines der größten Hindernisse bei der Anwendung hydraulischer Antriebe und Systeme. Der Beitrag diskutiert die Erfolge bei der Reduzierung einer wichtigen Geräuschquelle in hydraulischen Systemen: der Volumenstrom- und Druckpulsation verursacht von der Pumpe. Der physikalische Hintergrund der Pulsation in Axialkolbenpumpen wird ebenso im Detail beschrieben wie die Methoden, sie zu reduzieren. Der Beitrag zeigt, wie Computersimulationen helfen können, Pulsation und Gesamtgeräusch zu reduzieren.

D. Schwuchow

Auslegungswerkzeuge für moderne Außenzahnradpumpen

Die Betriebsmerkmale Pulsation und Geräusch nehmen bei hydraulischen Antriebssystemen einen immer höheren Stellenwert ein. Die Auslegung der Förderverzahnung von Außenzahnradpumpen hat hierauf einen entscheidenden Einfluß. Dieser Beitrag beschreibt Verfahren zur Auslegung von Förderverzahnungen mit reduzierter Schwingungsanregung. Die im praktischen Betrieb erzielten Resultate zeigen, daß leistungsfähige Berechnungs- und Simulationsprogramme eine unverzichtbare Basis für die Entwicklung pulsations- und geräuschoptimierter Pumpen darstellen.

J. Uusi-Heikkilä, et al.

Prototyp einer pulsationsgedämpften Einkolben-Radialpumpe

In fast allen Hydraulikpumpen, welche auf dem Verdrängerprinzip beruhen, werden Pulsationen durch die Kompressibilität des Fluids verursacht. Im allgemeinen arbeiten hydraulische Systeme besser ohne solche Pulsationen.

In diesem Beitrag stellen wir eine neuartige Konstruktion einer hydraulischen Radialkolbenpumpe vor. Die Konstruktion ist dabei sehr einfach gehalten; sie besteht im Wesentlichen aus nur einem Hauptkolben und einer Anti-Pulsations Einheit. Mit dieser Art von Design erreichen wir einen kontinuierlichen und pulsationsarmen Volumenstrom mit nur einem Arbeitskolben. Des weiteren stellen wir einen weiteren Pulsationsdämpfer vor, der die restlichen Pulsationen minimiert. Die Simulationen zeigen, dass der zusätzliche Pulsationsminimierer deutliche Systemvorteilen bewirkt.

S. Mancò, et al.

Miniature gerotor pump prototype for automotive applications

In automotive applications as ABS and Selespeed use of low noise minipumps is desirable. In the present work a miniature gerotor pump is proposed with axial and radial compensation aiming to achieve high delivery pressure (60 bar for Selespeed and about 150 bar for ABS) with low viscosity fluids. The manufactured prototype has demonstrated encouraging results up to about 50 bar, revealing, however, at higher pressure levels wear problems consequent to insufficient lubrication.

Y.M. Orlov

Some results of acoustical adjustment of high-speed plunger pumps of high outlet pressure

The results of the experimental research of suction pressure ripple and delivery pressure ripple of high-speed axial-plunger pumps of high outlet pressure are offered here. It is demonstrated that all negative phenomena – "dynamic suction cavitation" and increased delivery pressure ripple of such pumps are connected with zero distribution. As a result of acoustical adjustment of such pumps with high outlet pressure it is possible to improve their dynamic characteristics, to eliminate dynamic cavitation phenomenon and to decrease the total level of dynamic loads.

S. Berneke, U. Heisel

Dynamic Transmission Behaviour of Oil-Filled Gaps within External Gear Pumps

The transfer of the oscillations generated by the oscillatory unit of the pump via the bearings and the oil-filled gaps inside a hydraulic pump to its casing ultimately represents the main cause for the airborne noise emission of the pump. Within the scope of this paper, the different transfer paths are characterised, the possibilities for the simulative description of the existing fluid-structure interaction is illustrated and the set-up of the test stand for the experimental recordation of the oscillation transfer is presented.

S. Mancò, et al.

Miniatur Gerotor Pumpe für Automotive Anwendungen

Bei der Anwendung im Autobereich von ABS und Selespeed ist eine Minipumpe von niedrigen Geräusch erwünscht. In diesem Beitrag wird eine mini gerotor Pumpe mit axial und radial Spielausgleich vorgeschlagen um erhöhte Drücke (60 bar bei Selespeed und zirka 150 bar bei ABS) mit Flüssigkeiten von niedriger Viskosität zu erreichen. Der hergestellte Prototyp hat ermutige Resultate bis ungefähr 50 bar ergeben aber Verschleißprobleme wegen ungenügender Schmierung bei erhöhte Drücke aufgewiesen.

Y.M. Orlov

Einige Ergebnisse der akustischen Vereilungsläppen der schnelllaufenden Hochdruckplungerpumpen.

Hier sind die Ergebnisse der Vorschungsarbeiten der Druckpulsation auf der Saugseite und auf der Verdrängungsseite der schnelllaufenden Axialhochdruckplungerpumpen dargestellt. Es wurde gezeigt, daß alle Negativerscheinungen – "dynamische Kavitation" auf der Saugseite und zunehmende Pulsation auf der Verdrängungsseite – solcher Pumpen mit dem Nullverteilung verbunden sind. Aus den Vereilungsläppen der schnelllaufenden Hochdruckplungerpumpen entsteht die Möglichkeit deren dynamische Charakteristiken zu verbessern, und zwar die Erscheinung der "dynamischen Kavitation" zu beseitigen und das Gesamtniveau der dynamischen Belastung zu verringern.

S. Berneke, U. Heisel

Das dynamische Übertragungsverhalten ölgefüllter Spalte in Außenzahnradpumpen

Die Übertragung der von den inneren Pumpenbauteilen erzeugten Schwingungen über die Lagerstellen und die ölgefüllten Spalte innerhalb einer Hydraulikpumpe auf deren Gehäuse stellt letztendlich die Hauptursache für die Geräuschemission der Pumpe dar. Im Rahmen dieses Beitrags werden die verschiedenen Übertragungswege charakterisiert, die Möglichkeiten zur simulativen Beschreibung der vorliegenden Fluid-Struktur-Interaktionen erläutert sowie der Aufbau des Prüfstandes für die experimentelle Erfassung der Schwingungsübertragung dargelegt.

R. Pippes, C. Mayer

Gap-Compensated High Pressure Internal Gear Pumps

In the current article, we discuss the various internal gear pumps of the company Eckerle and compare them with external gear pumps.

The authors conclude that compared to external gear pumps internal gear pumps have significant benefits with respect to temperature and rotation speed range, pressure pulsation, noise and efficiency stability over the elapsed operating time. The two internal gear pump systems EIPS and EIPR were compared. The launch of EIPR opened new application ranges for internal gear pumps of extremely small size or in use with media like, water, brake fluid and fuel.

R. Lassar, M. Ivantysynova

Advanced Gap Design – Basis for Innovative Displacement Machines

The paper presents particular new results obtained by a simulation study into the influence of gap geometry on energy dissipation and achievable operating parameters. The potential of improvements is demonstrated for the piston cylinder assembly and an advanced slipper design for a swash plate axial piston machine. For both designs simulation results are presented and compared with measurements. For this purpose a special test device was realized to measure piston friction forces under real operating conditions on the rotating cylinder block of an axial piston machine.

R. Pippes, C. Mayer

Spalt-kompensierte Hochdruck-Innenzahnradpumpen

In diesem Artikel werden die unterschiedlichen Innenzahnradpumpen der Fa. Eckerle vorgestellt, untereinander und mit der Außenzahnradpumpe verglichen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine Innenzahnradpumpe verglichen mit einer Außenzahnradpumpe deutliche Vorteile bezüglich Temperatur- und Drehzahlbereich sowie Druckpulsation, Geräusch und Wirkungsgradstabilität über der Laufzeit bietet. Durch die Einführung der EIPR wurden den Innenzahnradpumpen neue Anwendungsgebiete bei Kleinstpumpen sowie bei Betrieb mit Medien wie Wasser Bremsflüssigkeit und Kraftstoff erschlossen.

R. Lasaar, M. Ivantysynova

Innovativer Spaltentwurf – Basis für fortschrittliche Verdrängermaschinen

Der Beitrag stellt neue Ergebnisse zu Untersuchungen zum Einfluss der Spaltmakrogeometrie auf die Energiedissipation und die erzielbaren Betriebsparameter von Verdrängermaschinen vor. Das Potential zur Reduzierung der Verluste wird am Beispiel der Kolben/Zylinderbaugruppe und der Gleitschuh/Schrägscheibenlagerung demonstriert. Hierzu werden Simulationsergebnisse mit Messergebnissen verglichen. Für die Messungen wurde ein spezieller Triboprüfstand aufgebaut, der Reibkraftmessungen direkt an der Kolben/Zylinderbaugruppe am rotierenden Zylinderblock einer Axialkolben-Schrägscheibenmaschine erlaubt.

Group 7 Summaries

P. Achten, et al.

Dedicated Design of the Hydraulic Transformer

This article describes a first dedicated design of the Innas Hydraulic Transformer focussing completely on the special demands and characteristics of the transformer for application in hydraulic cylinders. Special emphasis has been put on the reduction of the torque and flow variations by means of increasing the number of displacement volumes. A new axial piston principle has been defined. The new principle features a high number of pistons and a low friction between piston rings and cylinders.

M.Sc. R. Werndin, et al.

Dynamic Analysis of Shuttle Technique Performance - Applied on Hydraulic Transformers

This paper focuses on the shuttle technique applied on a hydraulic transformer. Using shuttles, excessive or deficient uid can be transferred between consecutive cylinders, enabling pressure peaks and thus also noise and vibrations to be reduced. Since the pressure peaks have a very high correlation to the driving shaft torque, a reduction also implies higher efficiency, rotational speed and improved low speed properties.

H.-C. Bartelt, et al.

Development of Ceramic precision Components for Fluid Power Applications

Today, components for fluid power applications are extensively optimized in terms of their tribological characteristics. In order to achieve product improvements regarding the power density or wear, other materials must be taken into consideration. For this reason, the *Institute for Mechanical Engineering Design* (Arbeitsbereich Konstruktionstechnik 1) of the *Technical University Hamburg-Harburg* develops ceramic components for fluid power applications in the context of a *BMBF-research project*. This article discusses the calculation of stresses in components of axial piston units, radial piston units and a directional poppet valve and shows the sufficient strength of selected ceramic materials for these applications on the basis of calculated short-term failure probabilities. Furthermore, a procedure for dimensioning the pressfit of ceramic bushings in cylinder blocks of axial piston units is introduced.

Gruppe 7 Zusammenfassungen

P. Achten, et al.

Anwendungsbezogener Entwurf des Hydraulischen Transformators

Dieser Beitrag beschreibt den ersten Neuentwurf des Innas Hydraulischen Transformators bezogen auf die spezielle Anforderungen und Eigenschaften des Transformators bei Anwendung in hydraulischen Zylindern. Ein besonderer Nachdruck wurde auf die Reduzierung der Moment- und Volumenstromvariation gelegt. Ein neues Axialkolbenprinzip wurde definiert. Das neue Prinzip ermöglicht eine hohe Anzahl der Kolben und eine niedrige Reibung zwischen Kolbenringen und Zylindern.

R. Werndin, et al.

Analyse des dynamischen Verhaltens der Shuttle Technik in einem hydraulischen Transformator

Dieser Beitrag behandelt das "Shuttle" Prinzip in einem hydraulischen Transformator. Mittels Shuttles wird ein Über- oder Unterschuss an Fluid zwischen aufeinanderfolgenden Zylindern transportiert, wodurch Druckspitzen gemindert werden. Auf diese Weise werden sowohl Geräusch- als auch Vibrationsprobleme effizient gemindert. Da Druckspitzen sich auch auf das auf die Antriebswelle antreibende Moment auswirken, können mittels Shuttles sowohl die Langsamlaufeigenschaften als auch der Wirkungsgrad verbessert werden.

H.-C. Bartelt, et al.

Entwicklung von keramischen Präzisionsbauteilen für die Fluidtechnik

Die Steigerung der Leistungsdichte und die Erhöhung der Umweltverträglichkeit fluidtechnischer Systeme stoßen bei Verwendung der konventionell für fluidtechnische Bauteile verwendeten Materialien an ihre Grenzen. Der *Arbeitsbereich Konstruktionstechnik 1* der *Technischen Universität Hamburg-Harburg* entwickelt daher im Rahmen eines BMBF-Verbundforschungsprojekts keramische Bauteile für die Fluidtechnik. Der Beitrag geht auf die Ermittlung der mechanischen Beanspruchung ausgewählter Bauteile von Axialkolbenmaschinen, Radialkolbenmaschinen und eines Wege-Kegelsitzventils ein und zeigt anhand der berechneten Kurzzeit-Ausfallwahrscheinlichkeiten die hinreichende Festigkeit ausgewählter keramischer Materialien für diese Bauteile. Ferner wird ein Verfahren zur Auslegung der Preßsitzverbindung von keramischen Buchsen in Zylinderblöcken von Axialkolbenmaschinen vorgestellt.

M. Salzer, et al.

Thermo-Hydraulic Free-Piston Engine with Two Piston Areas

Various FPE concepts are explored today. One possible design is the two-area FPE which offers a lot of advantages. All partial functions necessary for running can be performed with one hydraulic area.

The engineering and experimental environment has been built up at TU Dresden. Numerous calculations, simulations and experiments have been carried out. The present results are promising, further prototypes are currently being built.

K. Goebbels, et al.

Remote Control of Hydropneumatic Accumulators

Gas pressure in hydropneumatic accumulators, the so-called precharge, is important for safety, function and comfort. Instant precharge loss due to failure or creeping loss due to permeation through the elastomer barrier between gas and fluid will lead to malfunction and failure. For piston accumulators already a family of systems exists to survey the piston position and therewith the precharge. For the much higher number of bladder and diaphragm accumulators a remote precharge control system was developed. It refers to the accumulator operating cycle, pressure and temperature. It can be build up wired as well as wireless, with all state of the art tools for signal transfer and evaluation. Quite sure it is applicable to piston accumulators too.

H. Baum, W. Backé

Increasing the Load Stiffness of Hydraulic Piston Drives

For hydraulic drives their relatively low dynamic load stiffness is one of the main disadvantages compared to electro-mechanical drives. The compensation method presented in this paper shows that the dynamical load stiffness of cylinder drives can be substantially increased with the aid of fast switching valves, such as implemented in state of the art ABS braking systems. Besides the presented compensation unit, the compensation method can also be transmitted to rotative drives. Integrated into systems with considerably capacities and inductances between cylinder and valve the damping effect of the compensation unit allows

M. Salzer, et al.

Thermohydraulische Freikolbenmaschinen mit zwei Kolbenflächen

Verschiedene Bauarten der Freikolbenmaschine werden gegenwärtig untersucht. Die Freikolbenmaschine mit zwei Flächen bietet mehrere Vorteile. Alle Teilfunktionen, die für den Lauf einer Freikolbenmaschine notwendig sind, lassen sich mit nur zwei Flächen ausführen.

An der TU Dresden wurde Entwicklungs- und Versuchsausrüstung aufgebaut; viele Berechnungen, Simulationen und Versuche wurden durchgeführt. Die bisherigen Ergebnisse sind vielversprechend, weitere Prototypen sind in Vorbereitung.

K. Goebbels, et al.

Fernüberwachung hydropneumatischer Speicher

Der Gasdruck in hydropneumatischen Speichern, der sogenannte Vorfülldruck, ist wesentlich für Sicherheit, Funktion und Komfort. Plötzlicher Gasverlust durch einen Ausfall oder schleichende Gas-Permeation durch die Elastomer-Trennwand zwischen Gas und Fluid führen zu Fehlfunktion und Anlagenversagen.

Für Kolbenspeicher gibt es schon eine Reihe von Systemen, die Kolbenposition und dadurch den Vorfülldruck zu überwachen. Für die viel größere Anzahl von Blasen- und Membranspeichern wurde ein Verfahren zur ferngesteuerten Kontrolle und Beeinflussung des Vorfülldrucks entwickelt. Es basiert auf dem Speicherzyklus, dem Druck und der Temperatur. Es kann verdrahtet und auch drahtlos realisiert werden, mit allen Möglichkeiten des Einsatzes der verfügbaren Mittel für Signalübertragung und Signalauswertung. Es ist einsetzbar für alle Speichertypen.

H. Baum, W. Backé

Erhöhte Laststeifigkeit hydraulischer Zylinderantriebe

Einer der Hauptnachteile von Hydraulikantrieben ist ihre verhältnismäßig geringe dynamische Laststeifigkeit im Vergleich mit elektromechanischen Antrieben. Die Kompensationsmethode, die in diesem Beitrag vorgestellt wird, zeigt, dass die dynamische Laststeifigkeit von Zylinderantrieben mithilfe von schnellen Schaltventilen, wie sie bei ABS-Bremssystemen Stand der Technik sind, wesentlich verbessert wird. Neben der präsentierten Kompensationseinheit kann die Kompensationsmethode auch auf rotatorische Antriebe übertragen werden. Integriert in Systeme mit ausgeprägten Kapazitäten und Induktivitäten zwischen

higher possible controller gains. Thus, the possible applications of the compensation unit do exceed relatively static cases as e.g. hydraulic elevators, shifting stages or lorry loading ramps. Rather depending on the application expensive servo valve technology can be replaced by a more economical combination of a simple proportional valve and a fast compensation unit.

S. Rothhäuser
Kursk Salvage

The salvage of the Russian nuclear power driven submarine the Kursk was an outstanding engineering achievement and an example of clever applications of fluid systems. The perfect combination of mechanical, hydraulics and control technology contributed significantly to the success of the mission. This paper describes the concept of the salvage and how it was done.

J. Weingart
Efficiency of a modern Hydraulic Injection Moulding Machine

Sometimes the efficiency of hydraulic drives is assessed low for certain applications. These are for example injection moulding machines for plastic materials which are driven by electromechanical drive systems as their efficiency is considered higher. This paper presents a modern fully hydraulic machine which demonstrates a very good energetic behaviour. A concept of a software solution to calculate the energy efficiency is being presented which is designed to improve the energetic behaviour of hydraulic plants.

Zylinder und Ventil erlaubt die Dämpfungswirkung der Kompensationseinheit darüber hinaus höhere mögliche Reglerverstärkungen. Die Einsatzmöglichkeiten der Kompensationseinheit übersteigen deshalb verhältnismäßig einfache Fälle wie z. B. hydraulische Aufzüge, Arbeitsbühnen oder Lastwagenladerampen. Unter bestimmten Umständen kann teure Servoventiltechnologie von einer preisgünstigeren Kombination aus einfachem Proportionalventil und einer schnellen Kompensationseinheit ersetzt werden.

S. Rothhäuser
Die Bergung der Kursks

Die Bergung des russischen Atom U-Bootes Kursk ist eine herausragende Ingenieurleistung und ein Beispiel für den geschickten Einsatz fluidtechnischer Systeme. Das perfekte Zusammenspiel zwischen Mechanik, Hydraulik und Steuerungstechnik hat erheblich zum Erfolg der Mission beigetragen. Der Beitrag erläutert das Bergungskonzept und beschreibt die Durchführung der Aktion.

J. Weingart
Wettbewerbsfähigkeit einer modernen vollhydraulischen Kunststoffspritzgießmaschine

In verschiedenen Branchen werden hydraulische Antrieben als Lösungen mit z. T. geringen Wirkungsgraden eingestuft. Dazu gehören die Kunststoffspritzgießmaschinen, in denen elektromechanische Antriebe mit der Argumentation des besseren Wirkungsgrades eingesetzt werden. Der Beitrag zeigt eine moderne vollhydraulische Maschine mit einem sehr guten energetischen Verhalten. Zur Verbesserung des energetischen Verhaltens hydraulischer Anlagen wird eine Softwarelösung zur Berechnung des Energienutzungsgrades konzeptionell vorgestellt.

Group 8 Summaries

D. van den Bossche

The Evolution of the Airbus Flight Control Actuation Systems

The architectures of the Flight Control Systems of the most recent Airbus models have nothing to do with what the A300B was.

In the past major changes in flight control system technology were driven by significant evolutions in the flight envelope or in the weight of the aircraft: the powered flight controls of Caravelle, or the FBW of Concorde have been introduced for such reasons.

This has not been the case for Airbus, with some exception for the A380. Although the flight envelope and weights of the different models remained somewhat comparable, the technology progressively moved from basic hydromechanical to full digital Fly By Wire without mechanical back-up, and Power By Wire: The evolution of the Airbus flight control system technology has been the result of a continuous, step by step, long improvement process towards more performance, less cost, safety purposely beyond the strict certification requirements, to the satisfaction of the customers, airlines and passengers.

U. Perrin

Challenges for Hydraulic Components in Future High Lift Systems

The paper presents an overview of high lift systems as part of secondary flight controls. Typical requirements are explained for large commercial or military transport aircraft and requirement based features in the layout of drive systems are derived with a focus on hydraulic components and their controls. New challenges in actual aircraft programs are exemplified. Finally tendencies based on current research activities are explored with an attempt to evaluate their changes.

R. Case

Advancements In Hydraulic Motor Testing Through The Use Of Rapid Prototyping Software Development Tools

Modern embedded software development tools that shorten software development time and improve design documentation have enabled advances in hydraulic motor testing. Additionally, using graphical programming, the software design, code and debugging process

Gruppe 8 Zusammenfassungen

U. Perrin

Herausforderungen für hydraulische Geräte in zukünftigen Hochauftriebssystemen

Der Beitrag gibt einen Überblick über Hochauftriebssysteme als Teil der Sekundären Flugsteuerung und beschreibt typische Forderungen an Systeme in großen Zivil- oder Militär-Flugzeugen. Daraus werden die sich ergebenden Besonderheiten der Antriebssysteme abgeleitet. Es wird Bezug genommen auf hydraulische Komponenten und deren Steuerung, wobei neue Herausforderung in aktuellen Flugzeugprogrammen beispielhaft beschrieben sind. Schließlich werden neue Entwicklungstendenzen an-hand laufender Forschungsaktivitäten abgeleitet und deren Umsetzung eingeschätzt.

R. Case

Fortschritte beim Test von Hydraulischen Motoren durch Benutzung von 'Rapid Prototyping' – Software-Entwicklungstools

Entwicklungstools für moderne eingebettete Software in Prüfständen, die die Software-Entwicklungszeit verkürzen und die Entwicklungsdokumentation verbessern haben Fortschritte beim Test von hydraulischen Motoren ermöglicht. Weiterhin hat die

has become accessible to non-programmers. This paper describes the application of one such embedded software development tool to create an endurance test setup for a hydraulic motor.

O. Kunze

Development and design of an energy saving individual blade control system with displacement control for application in helicopters

Based on wind tunnel and flight test measurements of the power characteristics of blade-root control of helicopter main rotors, an individual blade control hardware has been developed which takes advantage of these characteristics and allows a simplification of the system compared to throttle-controlled hardware and a reduction of power demand. The system layout is explained. Some key aspects for the design of the system have been discussed. The subsequent testing of the prototype system will be carried out on a laboratory test stand as well as inside the gearbox. One focus is on the behavior of the adjustable cam-roller pump. The control forces for adjusting the cam rings will be determined in order to optimize the required control system. The frictional behavior and wear of the highly loaded cam-roller mechanism will be examined. The hydraulic fluid used in hydraulic systems of helicopters (MIL-H 5606) has a comparatively low viscosity because of the demands on low-temperature start-up capability and has therefore reduced lubrication qualities. Research in this field has begun in order to use a combined fluid for both the hydraulic system and the gearbox lubrication system.

I. Mugtussidis, U. Persson

First Flight Verification and Validation of the 728JET Primary Flight Control System

This paper focus on the verification and validation task of the 728JET Primary Flight Control System for First Flight. The PFCS is hydraulically actuated on all surfaces with Power Control Units (PCUs) that are commanded and sensed by electronic controllers (Fly-By-Wire). The verification task is to determine that the PFCS complies with the requirements documented in the Fairchild-Dornier System Requirements Specification. The validation task is to actually prove that the requirements were correctly specified to meet the aircraft level requirements. The test facilities used to achieve the verification and validation

Anwendung von graphischer Programmierung die Softwareentwicklung, Kodierung und Fehlerbeseitigung für Nicht-Programmierer zugänglich gemacht. Diese Arbeit beschreibt die Anwendung eines solchen Entwicklungstools für eingebettete Software zur Erzeugung eines Programmes für den Dauerbelastungstest eines hydraulischen Motors.

I. Mugtussidis, U. Persson

Verifizierung und Validierung des 728JET Primären Flugsteuerungssystems für den Erstflug

Dieses Referat konzentriert sich auf die Verifizierung und Validierung des Primären Flug-Steuerungssystems des 728JET's für den Erstflug. Das primäre Flugsteuerungssystem benutzt Power Control Units, die hydraulisch betrieben und elektronisch gesteuert werden. Während der Überprüfung wird festgestellt ob die Anforderungen von Fairchild-Dornier wie sie in der System Spezifikation dokumentiert sind auch korrekt in das Flugzeugsystem implementiert sind. Durch die Validierung wird geprüft ob die Vorgaben für das Flugsteuerungssystem auf ein sicheres

tasks are described. A brief summary of the tests performed in each facility is also provided.

C. Roberts, D. Chard

Hydraulic Actuation for Civil Aircraft – A Thing of the Past?

For many years, hydraulics have been used to provide the power to actuate loads in civil aircraft. Typically, the hydraulic systems on civil aircraft are centrally driven, providing power to applications such as flight controls and landing gear systems. The move towards the more electric and all electric aircraft is challenging the domination of the centralised approach, with configurations being considered that offer distributed hydraulic and electric power at the point of use. This paper discusses the relative merits and issues related to traditional and evolving hydraulic and electric systems in the civil aircraft arena.

M. Ivantysynova

Displacement Controlled Actuator Technology – Future for Fluid Power in Aircraft and other Applications

The paper briefly summarises the current trends and the motivation for a new actuator technology in aircraft industry, mobile machines and other fluid power applications, where energy saving, production and maintenance cost reduction concepts are requested. In this matter the advantage of the displacement controlled actuator is explained. Different examples for new system design solutions, which are based on current research work of the author, are presented for both aircraft and mobile machine application.

Flugzeugverhalten führen. Die Versuchseinrichtungen die benutzt werden, um diese Aufgaben zu bewältigen, werden hier beschrieben. Auch die Versuche die durchgeführt werden sind hier erwähnt.

C. Roberts, D. Chard

Hydraulische Betätigung für Zivilflugzeug - eine Sache der Vergangenheit?

Die Hydraulik wird seit vielen Jahren als Energiequelle zur Betätigung von Lasten in Verkehrsflugzeugen eingesetzt. Bei Verkehrsflugzeugen ist es kennzeichnend, dass die hydraulischen Systeme zentral angetrieben sind und zum Betrieb von Anwendungen wie Flugregelungs- und Fahrwerksysteme benutzt werden. Der Wechsel zu dem zunehmend und völlig elektrischen Flugzeug bedeutet eine Herausforderung an die beherrschende Rolle der zentralisierten Anordnung, wobei Konfigurationen mit hydraulischer und elektrischer Energieverteilung am Einsatzpunkt in Betracht gezogen werden. In dieser Abhandlung werden die relativen Vorteile und Fragen in Bezug auf traditionelle und herausbildende hydraulische und elektrische Systeme im Bereich von Verkehrsflugzeugen besprochen.

M. Ivantysynova

Verdrängergesteuerte Aktuatoren – Zukunft für die Fluidtechnik in der Luftfahrt und anderen Bereichen

Der Beitrag faßt die gegenwärtigen Trends und die sich daraus ergebende Motivation für die Entwicklung und den Einsatz neuer Aktuatoren im Bereich der Luftfahrt, mobiler Maschinen und anderer Anwendungen zusammen. Im Vordergrund stehen eine bessere Nutzung der Primärenergie und eine weitere Reduzierung der Produktions-, Betriebs- und Wartungskosten. Verdrängergesteuerte Antriebe haben hier eine gute Chance sich zukünftig am Markt zu etablieren. Es werden verschiedene Beispiele für neue Systemkonzepte, die auf eigenen Forschungsarbeiten der letzten Jahren basieren vorgestellt. Darunter sind sowohl Aktuatorlösungen für die Luftfahrt als auch für moderne mobile Arbeitsmaschinen.

Group 9 Summaries

D. van Bebber, H. Murrenhoff

Metal/carbon layers (ZrC_g and HfC_g) to reduce wear and friction in hydraulic components

The tribological properties of hydraulic displacement units change when mineral based pressure media is replaced by ester based fluids that do not contain additives. This needs to be compensated by improved material qualities.

For this cause PVD-coatings are being developed and tested. This report describes the outcome of the tests on ZrCg.

J. Pezdírník, J. Vizintin

Some Parameters and Properties Influencing on Friction of Spool-sliding Valves

Spool sliding valves are usually exposed to axial oscillatory movement of the spool. Under certain circumstances a transverse force acts on the spool and forces it towards the bore wall. Therefore friction occurs on the contacting sliding surfaces.

Analysis of 270 tests showed that combinations of frequencies and amplitudes of oscillatory movement have greater influence on the coefficient of friction than transverse forces in the range from 50 to 400 N, and more influence than combinations of materials, surface hardness and roughness at values which are usual for hydraulic valves.

H. Haier, W. Haas

Rotary PTFE Seals with Steel and Ceramic Counterfaces

Many hydraulic and drive engineering systems and machine tools require seals that are as compact, reliable and durable as possible to seal process fluids under pressure at rotating shafts. Numerous rotary seals for pressure have been developed for this purpose in recent years using filled PTFE (polytetrafluor ethylene) as sealing material. This paper deals with the tribological behaviour of PTFE compounds in sealing contact and presents the requirements in their applications in rotary PTFE seals with steel and ceramic counterfaces.

Gruppe 9 Zusammenfassungen

D. van Bebber, H. Murrenhoff

Metal/Carbon-Sichten zur Verringerung von Reibung und Verschleiß in hydraulischen Komponenten

Werden in hydraulischen Anlagen mineralöl-basische, additierte Druckflüssigkeiten durch unadditierte Esterflüssigkeiten ersetzt, so ist es notwendig tribologische Eigenschaften, die vorher durch das Fluid erfüllt wurden auf die eingesetzten Materialien zu übertragen. Zu diesem Zweck werden im SFB 442 angepasste PVD-Beschichtungen entwickelt und geprüft. Dieser Bericht beschreibt die neuesten Erkenntnisse zum gradierten Schichtsystem ZrCg.

J. Pezdírník, J. Vizintin

Einige Parameter und Eigenschaften die auf die Reibung der Schieberventile einwirken

Unter bestimmten Bedingungen der Einwirkung einer Querkraft auf den Schieber, der sich in Achsenrichtung innerhalb eines Schieberventils bewegt, wirkt und drückt diese gegen die Bohrungswand. Deshalb tritt die Reibung an der Gleitkontaktfläche auf.

Die Analyse der 270 Prüfungen hat gezeigt, dassß die Kombination der Frequenzen und Amplituden der oszillatorischen Bewegungen größer Einfluß an die Reibungskoeffizient als Querkraft im Bereich von 50 N bis 400 N und auch als verschiedene Kombinationen der Materialien, Flächenhärte und der Flächenrauigkeite für die Werte, die für Schieberventile üblich sind.

H. Haier, W. Haas

Druckbelastbare Radialdichtungen auf Stahl- und Keramik-Gegenflächen

In vielen Systemen der Hydraulik, der Antriebstechnik und in Werkzeugmaschinen müssen unter Druck stehende Prozessflüssigkeiten an rotierenden Wellendurchtrittsstellen mit möglichst kleinbauenden, zuverlässigen und langlebigen Dichtelementen abgedichtet werden. In den vergangenen Jahren wurde für diese Abdichtaufgabe eine Vielzahl von druckbelastbaren Radialdichtungen mit gefülltem PTFE (Polytetrafluorethylen) als Dichtungswerkstoff entwickelt. In diesem Beitrag werden Ergebnisse zum tribologischen Verhalten von PTFE-Compounds im dynamischen Dichtkontakt vorgestellt und daraus die wesentliche Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz von PTFE-Compounds in druckbelastbaren Radialdichtungen auf Stahl- oder Keramik-gegenflächen abgeleitet.

M. Kessler, D. G. Feldmann

Development of a new application-related Test Procedure for Mechanical Testing of Hydraulic Fluids.

Traditionally, various testing methods are used to determine the lubrication properties of hydraulic fluids. Some of them are standardized, moreover industry uses several non-standard 'in-house' testing methods.

This situation can not be satisfying in many respects: Since only part of the interaction between fluid and component is tested with the existing test procedures, the validity of test results is limited, especially in the case of the vane pump test. Run under the same conditions, some tests lead to results of widespread variation with a problem of reproducibility; due to the number of necessary test procedures, cost and time expense is too high.

In order to overcome this a new application-related test procedure is developed at the authors' institute. This paper describes the systematic development of the newly created procedure and shows some first experimental results with the test apparatus, where the lubricating properties of a mineral oil-based and an ester-based fluid are compared.

C. Seyfert, et al.

Sensor of On-Line Monitoring of Bio-Degradable Hydraulic Oils

The pressure transmitting Fluid is of vital importance for hydraulic systems. However, it may degrade by oil aging and contamination. Oil condition monitoring can help to optimize the use of the oil, especially for ester based fluids. Continuous and reliable oil condition monitoring at reasonable cost can only be performed by a sensor system. Some concepts and first test results will be presented.

X. Zhang, et al.

Study on the Aging Mechanism of Ester Based Lubricants at the Rotary-Bomb-Test

The Rotary-Bomb-Test (RBT) apparatus was not only used to evaluate the oxidative stability of the test oil—Trimethylolpropane-tri-Oleate (TMP-Oleate, commercial grade), but also as a sealed reactor to prepare samples with different aging extent. Some physical and chemical properties, such as acid value, viscosity, water content, peroxide value, iodine value, hydroxyl value and carbonyl value of these samples

M. Kessler, D. G. Feldmann

Entwicklung eines anwendungsnahen Testverfahrens zur mechanischen Prüfung von Hydraulikflüssigkeiten.

Dieser Aufsatz beschreibt die Entwicklung eines anwendungsnahen Prüfverfahrens zur „mechanischen Prüfung“ von Hydraulikflüssigkeiten. Die Inbetriebnahme des Prüfstands hat die Brauchbarkeit des Konzepts bestätigt. Tests verschiedener Flüssigkeiten lassen reproduzierbar Unterschiede im Verschleißverhalten erkennen; dieselben Unterschiede zeigen sich bei Einsatz der Flüssigkeiten in Maschinen der Hydrostatik im Verschleißbild tribologisch hoch beanspruchter Bauteiloberflächen.

Die wesentliche Zielstellung bei der Entwicklung eines Testverfahrens zur "mechanischen Prüfung" von Hydraulikflüssigkeiten, zeitverkürzt reproduzierbar testen zu können und gleichzeitig Bezug zur Schmierwirkung der Flüssigkeit unter (Feld-)Einsatzbedingungen herzustellen, wird nach dem derzeitigen Erkenntnisstand durch die entwickelte Apparatur erfüllt.

C. Seyfert, et al.

Sensoren für die Online Überwachung von Bio-Hydrauliköle

Die Hydraulikflüssigkeit hat entscheidenden Einfluß auf die Leistung eines Hydrauliksystems. Durch Ölalterung und Verunreinigung kann sie aber in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt werden. Ölzustandsüberwachung kann dazu beitragen eine optimale Nutzung des Öls zu gewährleisten. Dies gilt besonders für Hydrauliköle auf Esterbasis. Die kontinuierliche und zuverlässige Ölzustandsüberwachung zu angemessenen Kosten ist nur mit Sensorik möglich. Einige Konzepte und erste Testergebnisse werden vorgestellt.

X. Zhang, et al.

Untersuchung der Alterungsmechanismen von Schmierstoffen auf Esterbasis mit Hilfe des Rotary-Bomb-Testes

Der Rotary-Bomb-Tester wurde nicht nur zur Beurteilung der Oxidationsstabilität von Trimethylolpropan-tri-Oleat (TMP-Oleat) benutzt, sondern auch als hermetisch verschlossener Reaktionsapparat zur Herstellung von Proben verschiedener Alterungsgrade. Dann wurden die verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften, z. B. Neutralisationszahl,

were analyzed. Moreover, the influences of water content, acid catalyst and temperature on the aging course were investigated. In addition, some samples were analyzed by Gas Chromatography (GC) and Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS). The results demonstrate that the aging mechanism of ester based oils at the RBT is actually a free radical reaction. The unsaturated alkyl radicals are very sensitive to oxygen, which results in the formation of the peroxy radicals. Their reaction and decomposition create water, alcohol, aldehyde, ketone and acid. The radical termination leads to the combination of separated radicals and consequently the increase of viscosity. So, the RBT can well simulate aging conditions and thus help to evaluate the oxidative stability of ester based lubricants more quickly and effectively.

Viskosität, Wassergehalt, Peroxidzahl, Jodzahl, Hydroxylzahl und Carbonylzahl der Proben analysiert. Darüber hinaus wurden die Einflüsse von Wassergehalt, Säurekatalysator und Temperatur auf den Alterungsvorgang untersucht. Übrigens wurden einige Proben mit Hilfe der Gaschromatographie (GC) und Gaschromatographie-Mass spektroskopie (GC-MS) weiter analysiert.

Die Ergebnisse demonstrieren, dass die Alterungsmechanismen von Esteröl beim Rotary-Bomb-Tester eigentlich freie radikalische Reaktionen sind. Die ungesättigten Alkylradikale reagieren sehr empfindlich auf Sauerstoff. Das führt zu der Entwicklung der Peroxyradikale. Dann entstehen wegen ihrer Aufspaltung Wasser, Alkohol, Aldehyd, Keton und Säure usw.. Schließlich führen Kombinationen von Radikalen zum Kettenabbruch und zur Zunahme der Viskosität.

Deshalb kann der Rotary-Bomb-Test die Alterungsbedingungen gut simulieren und dadurch die Oxidationsstabilität der esterbasischen Schmierstoffe gut beurteilen.

Group 10 Summaries

W. Fiebig

Noise Generation and Reduction in Fluid Power Units

In the scope of this paper the noise generation mechanisms and techniques for noise reduction in the units have been described. Using the sound intensity method, the major noise sources in fluid power unit can be identified. It has been proved that components of power units with larger sound radiating surfaces such as the electric motor and the oil reservoir produce the major part the global noise radiation. The noise generation and influence of the dampening flange as well as the dampening ring on example of the vertical type of power units has been evaluated. It has been established, that the dampening rings in case of investigated power units do not have significant influence on the noise radiation.

The effectiveness of isolation of the vibrations and noise in the described transmission paths depends on how important is the noise source (which is isolated) in the ranking of all noise sources.

K. Goebbels, et al.

Primary and Secondary Measures to Reduce the Noise of Hydraulic Fluid Power Systems

Leakage and noise mostly are cited as disadvantages of hydraulic systems, stationary as well as mobile ones. Component design, mounting and sealing Technology are known as decisive parameters to bring down leakage to an acceptable level.

As far as noise is concerned the methodical approach to bring it down to an acceptable level is rather difficult, not at last due to our „subjective“ feeling of noise. The contribution presents a logic step-by-step procedure to reduce noise by taking into account a bundle of tools against the different noise origins. Design rules and examples of noise reducing measures are given for stationary and for mobile systems. They will be discussed with perspectives for further improvements.

Gruppe 10 Zusammenfassungen

W. Fiebig

Gerauscentstehung- und Minderung in hydraulischen Aggregaten

In Rahmen dieses Beitrages werden die Geräuscentstehungsmechanismen und Maßnahmen zur Geräuschreduzierung von hydraulischen Aggregaten beschrieben. Mit Hilfe der Schallintensitätsmessmethode die Hauptschallquellen in Hydraulikaggregaten werden identifiziert. Es wurde nachgewiesen, dass die Komponenten des Aggregates mit größerer Fläche wie E-Motor und Tank mehr Schallenergie abstrahlen als die Verdrängerpumpen selbst. Am Beispiel eines Hydraulikaggregates mit vertikal

eingebauten E-Motor werden die Geräuscentstehungsmechanismen und der Einflusse eines Dämpfungsflansches und Dämpfungsringes aufgezeigt. Es wurde festgestellt, dass die Dämpfungsringe in untersuchten Hydraulikaggregat mit vertikalen Motoreinbau keinen wesentlichen Einfluss ausüben.

Die Wirksamkeit der Isolierungsmaßnahmen für Schwingungsübertragung und Geräuschminderung, wie in der Übertragungswege beschrieben, hängt davon ab, welchen Anteil die betrachtete Schallquelle in der Gesamtgeräusch des Aggregats hat.

K. Goebbels, et al.

Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Senkung des Geräuschpegels hydraulischer Anlagen

Leckage und „Lärm“ werden meist als Nachteile hydraulischer Anlagen genannt. Dies gilt für stationäre sowie für mobile Systeme. Auslegung, Montage und Dichtungstechnik erlauben es, die Leckage auf akzeptable Werte zu senken. Bei Lärm beziehungsweise Geräuschen ist das eher schwierig, nicht zuletzt aufgrund unseres „subjektiven“ Geräuschempfindens. Der Beitrag präsentiert eine methodische Schritt-für-Schritt Vorgehensweise, um Lärmquellen schon an ihrem Ursprung zu bekämpfen beziehungsweise in dessen Nähe durch ein Maßnahmenbündel die Geräuschausbreitung zu verhindern. Auslegungs- und Anwendungsbeispiele werden für mobile und stationäre Anlagen dargestellt, Perspektiven von Verbesserungsmöglichkeiten diskutiert.

B. Müller

Simulation of Fluid Borne Noise in Hydraulic Systems

The paper presents new time domain pipe and hose models developed for the simulation of fluid borne noise transfer of hydraulic systems. The models are applied for the simulation of the noise transfer characteristics of a hydraulic system for mobile applications. Optimization measures are developed with the help of simulation, and measurements on the optimized system confirm the simulation results.

Y. Lu, et al.

Low Frequency Control Accuracy Problem in Random Vibration Control and its Multirate Control Solution

The multiresolution control method use different frequency resolution to control different frequency band, which meets the different demands required by different frequency bands and gives a good solution to the contradict between frequency resolution and approximating speed and so presents a satisfying solution to the control accuracy problem at low frequency, which is proved strongly by comparing experiments. After optimization, the new algorithm only costs 60% more computation resource than the old single resolution algorithm. When 8 inputs and 1 output are used, the new algorithm can control up to 9.5kHz. Under the same configuration, the highest control frequency of the old algorithm is also 9.5kHz. So it is proper to say that our new control algorithm does much better than the old algorithm, under the precondition that it costs little more computations.

J. Vad, et al.

On the Resonance Effects of Pneumatic Underloader Valves

Unloader valves (UV) are widely used in pneumatic fluid power e.g. as safety valves. In case of unfavorable system parameters, the UV may perform resonance effects. The paper presents a complex diagnostics methodology, involving pressure fluctuation and vibration measurements as well as a powerful computational simulation technique, in order to explore the causes of UV resonance behavior. On the basis of systematic simulation data, parameter maps have been established providing constructional guidelines for elimination of UV resonance.

B. Müller

Simulation des Flüssigkeitsschall-Übertragungsverhaltens in hydraulischen Systemen

Der Beitrag stellt neue Rohr- und Schlauchmodelle zur Berechnung des Flüssigkeitsschall-Übertragungsverhaltens hydraulischer Systeme vor. Die Modelle werden zur Simulation des Übertragungsverhaltens eines mobilhydraulischen Systems eingesetzt. Mit Hilfe der Simulation werden Optimierungsmaßnahmen entwickelt. Messungen am optimierten System bestätigen die Simulationsergebnisse.

J. Vad, et al.

Resonanzerscheinungen in pneumatischen Ablassventilen

Pneumatischen Ablassventile (AV) werden in pneumatischen Energieübertragung z.B. als Sicherheitsventil oft angewendet. Die ungünstigen Parameterwahl von AV kann zur Resonanzfall führen. Dieser Artikel zeigt eine komplexe diagnostische Methode für die Untersuchung der Grund der Resonanzerscheinung. Diese Methode gründet sich auf Druckfluktuations- und Schwingungsmessungen, sowie auf weitwirkenden Computersimulationstechnik. Die systematisierten Simulationsergebnisse wurden in Stabilitätskarten zusammengefasst, die als Ausgangspunkten für die Behebung der Resonanzfall des AV-s dienen können.

V. Seifert, et al.

Means of reducing noise on hydraulic powerpacks

Noise-induced deafness is one of the most frequent causes of occupational disability. Noise is therefore not only a technical problem, but also an economic one. The development of acoustically improved components, power packages and systems in hydraulics is also important for the competitiveness of hydraulic drive technology. Three different designs of hydraulic powerpacks are presented where suppression of the propagation of structure-borne sound from the pump & motor subassembly as well as the smart layout of the reservoir yielded a significant reduction in noise. In a further development step the oil reservoir was bonded instead of being welded which resulted in a better oscillation de-coupling of the reservoir walls with a simultaneous lowering of the manufacturing effort.

R. Behrendt

Low-Noise, Leak-Free Hydraulic Pumps? A Dream Becomes True!

With the rotor pump (one in an electric motor fully integrated variable displacement axial piston pump), a revolutionary solution is offered which, based on noise development, installation space and flexibility establishes an entirely new standard in the pump sector. The noise level lies between approx 10...15 dB(A) below comparable standard axial piston pumps. In addition, a 40% smaller installation space opens new application possibilities for hydraulic pumps.

V. Seifert, et al.

Möglichkeiten der Geräuschreduzierung an Hydraulikaggregaten

Lärmschwerhörigkeit ist eine der häufigsten Ursache für Berufsunfähigkeit. Lärm ist daher nicht nur ein technisches, sondern auch ein volkswirtschaftliches Problem. Die Entwicklung akustisch verbesserter Komponenten, Aggregate und Systeme in der Hydraulik ist außerdem wichtig für die Wettbewerbsfähigkeit der hydraulischen Antriebstechnik. Vorgestellt werden verschiedene Bauformen von Hydraulikaggregaten, bei denen durch konsequente Unterdrückung der Körperschallfortleitung der Pumpe-Motor-Baugruppe sowie die geschickte Anordnung des Ölbehälters die Geräuschemission deutlich gesenkt werden konnte. In einem weiteren Schritt wurde der Ölbehälter durch Kleben anstelle durch Schweißen gefertigt, was zu einer besseren Schwingungsentkopplung der Behälterwände bei gleichzeitig niedrigerem Fertigungsaufwand führt.

R. Behrendt

Geräuscharme und leckagefreie Hydraulikpumpen? Ein Wunsch wird wahr!

Mit der Rotorpumpe (eine in einem Elektromotor vollständig integrierte verstellbare Axialkolbenpumpe) wird eine revolutionäre Lösung angeboten, die bezüglich Geräuschentwicklung, Bauraum und Flexibilität auf dem Pumpensektor völlig neue Maßstäbe setzt. Das Geräuschniveau liegt um ca. 10...15dB(A) unter dem vergleichbarer, herkömmlicher Axialkolbenpumpen. Zudem bietet ein um 40% kleinerer Einbauraum neue Möglichkeiten für den Einsatz von Hydraulikpumpen.