

Renvert Peter

Zusammenfassung

Aufgrund der besonderen Problematik beim Anlauf und Langsamlauf, können die zur Motoruntersuchung im höheren Drehzahlbereich üblichen Prüfverfahren hierfür nicht eingesetzt werden.

Ziel dieser Arbeit war es, geeignete Prüfverfahren zur Untersuchung des Anlauf- und Langsamlaufverhaltens von Hydromotoren zu finden. Anhand einer Systematik und Beschreibung möglicher Prüfverfahren wurden die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale sowie die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren aufgezeigt. Unter Berücksichtigung der aus technischer und wirtschaftlicher Sicht an ein Prüfverfahren gestellten Anforderungen, wurde eine Auswahl geeigneter Prüfverfahren vorgenommen.

Zur Durchführung dieser Verfahren wurde ein universeller Prüfstand gebaut, mit dem eine Untersuchung nach den verschiedenen Prüfverfahren ohne Umbau möglich ist. Der Einsatz neu entwickelter Volumenstrommessgeräte ermöglichte eine genaue dynamische Messung auch kleinster Volumenströme.

An in der Praxis häufig eingesetzten unterschiedlichen Motorbauarten wie Radialkolben-, Zahnrad-, Flügelzellen- und Axialkolbenmotoren in Schrägscheiben- und Schrägachsenbauweise sowie einem vom Konstruktionsprinzip her neuen Zahnradplanetenmotor, sind entsprechende Untersuchungen durchgeführt worden.

Von den hergeleiteten Verfahren zur Untersuchung des Anlauf- und Langsamlaufverhaltens sind folgende zum Einsatz gekommen:

"Fest eingespannte Motorwelle"

"Freier Anlauf"

"Konstante Zwangsdrehung"

"Konstanter Volumenstrom"

Zur Ermittlung des Anlaufverhaltens erfüllt nur das Verfahren des "Freien Anlaufs" die Anforderungen nach praxisnahen Bedingungen. Nachteilig ist jedoch der hohe Zeitaufwand sowie die aufwendige Bestimmung des exakten Anlaufdrehmomentes. Um die Nachteile des "Freien Anlaufs I" zu umgehen, sind alternativ zwei Möglichkeiten gegeben:

-Messung im Stillstand und

-Messung bei konstanter Drehung.

Die "Fest eingespannte Motorwelle" liefert zu gute Ergebnisse, da sich die Verluste nicht vollständig aufbauen. Dieser Nachteil ist noch kombiniert mit einem nur unwesentlich geringeren Zeitaufwand im Vergleich zum "Freien Anlauf". Aufgrund der genannten Nachteile scheidet dieses Verfahren zur Untersuchung des Anlaufverhaltens aus.

Eine wesentlich bessere Annäherung an die Verhältnisse eines echten Anlaufs bietet das Verfahren der "Konstanten Zwangsdrehung". Bei kontinuierlicher Messung liefert

dieses Verfahren auch bei nicht zu kleinen Drehzahlen Ergebnisse, die denen des "Freien Anlaufs" weitgehend entsprechen. Eine Untersuchung ist mit minimalem Zeitaufwand und einfachem Prüf- und Messaufbau möglich. Insgesamt erfüllt dieses Verfahren die gestellten Anforderungen am besten.

Aus der Systematik der Prüfverfahren zur Untersuchung des Langsamlaufverhaltens ergeben sich nur zwei geeignete Verfahren:

"Konstante Zwangsdrehung" und
"Konstanter Volumenstrom"

Bei der "Konstanten Zwangsdrehung!" entsprechen die Prüfbedingungen nicht denen eines praktischen Einsatzes. Die drehwinkelabhängigen Verläufe von Drehmoment und Volumenströmen sowie die Ergebnisse leicht durchzuführender Parametervariationen ermöglichen jedoch eine genaue Analyse des Motorverhaltens. Mit diesen Erkenntnissen kann auf das Langsamlaufverhalten geschlossen werden.

Das Verfahren "Konstanter Volumenstrom" erlaubt eine direkte Messung des Langsamlaufverhaltens. Das ermittelte Drehzahlverhalten gilt jedoch nur für das der Prüfung zugrundeliegende Gesamtsystem, bestehend aus Motor, hydraulischer Versorgung und Last. Die hierbei somit immer vorhandenen Prüfstandseinflüsse erschweren eine Übertragbarkeit der Ergebnisse, wobei diese Einflüsse bei großen Motoren von geringerer Bedeutung sind. Angesichts dieser Problematik ist der Informationsgehalt der Messschriebe der "Konstanten Zwangsdrehung" insbesondere bei kleineren Motoren als höher einzustufen.

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass zur Untersuchung des Anlauf- und des Langsamlaufverhaltens das Verfahren "Konstante Zwangsdrehung" gleichermaßen geeignet ist.

Darüber hinaus läßt sich der zur Durchführung dieses Verfahrens notwendige Prüfstands Aufbau auch für weitere zur Beschreibung des Motorverhaltens wichtige Untersuchungen einsetzen. Als Beispiel seien die Bestimmung der drehwinkelabhängigen Volumenverdrängung und die Untersuchungen zum Reibkraftverhalten im Motor- und Pumpenbetrieb genannt.

Die mit diesem Motorprüfstand durchgeführten vergleichenden Untersuchungen haben anhand der erzielten Ergebnisse dazu beigetragen, dass das Prüfverfahren "Konstante Zwangsdrehung" aufgrund der besonderen Vorteile von der ISO als Verfahren zur Untersuchung des Langsamlaufverhaltens genormt worden ist.

Aufgrund der guten Annäherung an die Ergebnisse eines tatsächlichen Anlaufs bei gleichzeitig sehr geringem Aufwand ist das Verfahren der "Konstanten Zwangsdrehung" auch zur Untersuchung des Anlaufverhaltens geeignet und bereits der ISO zur Normung vorgeschlagen worden.

Summary

Due to the particular problems involved in starting and low speed, the testing methods usually used for motors in the higher-speed range cannot be employed here.

The objective of this dissertation was to find suitable testing methods for investigation of the starting and low-speed behaviours of hydraulic motors. By means of a systematic representation and a description of possible testing methods the essential distinguishing features as well as the advantages and disadvantages of the individual methods were pointed out. In consideration of the requirements made on a testing method from the technical and economical point of view a choice of suitable methods was made.

For carrying out these methods a universal test stand was built which makes it possible to effect examinations with the different testing methods without alteration of the test stand. The use of recent flow measuring instruments ensured an exact dynamic measurement even of minimum flows.

Corresponding examinations were carried out with different types of motor construction frequently used in practice, such as radial piston motors, gear motors, vane motors and axial piston motors of swash plate and bent axis type as well as a newly designed planet gear motor.

Out of the deducted methods for investigation of starting and low-speed behaviour the following methods were used:

- "Locked shaft test"
- "True starting test"
- "Low-speed test"
- "Constant flow test"

For determining the starting behaviour only the method of "True starting test" fulfills the requirements of conditions closely related to practice. A disadvantage, however, consists in the great time consumption as well as in the large scale determination of the exact starting torque. There are two possibilities for avoiding the disadvantages of a "True starting test":

- measuring at standstill and
- measuring at constant rotation.

The "Locked shaft test" provides results which are too high, since losses do not build up completely. This disadvantage is combined with an only negligible lower time consumption compared to the "True starting test". Due to the indicated disadvantages this method is ruled out for determining starting behaviours.

The method of the "Low-speed test" is much closer to the conditions of a real start. Besides the advantage of continuous measurements this method, even at not too low

speeds, gives results largely corresponding to those of the "True starting test". The examination is possible with a minimum time consumption and a simple testing and measuring setup. Altogether this method meets all the requirements at the best.

There are only two suitable methods resulting from the systematic representation of testing methods for determining the low-speed behaviour.

"Low-speed test" and
"Constant flow test".

In case of the "Low-speed test", testing conditions do not correspond to the conditions of practical use. The process of torque and flow depending on the angle of rotation as well as the results of parameter variations, which can be carried out easily, make it possible, however, to obtain an exact analysis of motor behaviour. From these findings conclusions can be drawn with regard to low-speed behaviour.

The "Constant flow test" allows a direct measurement of low speed behaviour. The determined speed behaviour, however, only applies to the total system the test is based on, consisting of motor, hydraulic supply and load. Thus the test stand influences always existing in these tests make it more difficult to transfer the result, these influences being of less significance concerning large motors. In view of these problems the information value of the measurement results achieved by the "Low-speed test" is to be rated higher, in particular for smaller motors.

The examinations carried out have shown that the method of "Low-speed test" is equally suitable for investigation starting as well as low-speed behaviour.

Beyond this, the test stand to be built up for carrying out this procedure can also be used for further examinations of significance for describing the motor behaviour, such as the determination of the displacement depending on the angle of rotation and examinations on behaviour of friction forces in motor and pumping operations.

On the basis of the results obtained the comparative examinations carried out with this motor test stand have contributed to the International Standard Organization standardizing the method of "Low-speed test" because of its special advantages for examining low-speed behaviour.

Due to the fact that the results obtained are very close to those of a real start and that simultaneously the expenditure is very low the method of "Low-speed test" is also suitable for examining starting behaviour and has already been proposed to the ISO for standardization.