

Mechanische Abschaltung der UL-Stufe

Um das Ankoppeln von Geräten unter Benutzung der Hydraulikanlage während der Rangierfahrt zu gewährleisten, kann man die UL-Stufe mit Hilfe einer Schalmuffe mechanisch abschalten.

Ist die mechanische Abschaltung erfolgt, so genügt ein Auskuppeln der 1. Mitnehmerscheibe, etwa halber Kupplungsweg, die Hydraulikpumpen werden dann über die 2. Mitnehmerscheibe der Doppelkupplung weiterhin angetrieben.

Außerdem ist die mechanische Abschaltung auch während des Zapfwellenbetriebes zweckmäßig, so daß die Zapfwelle bei Stillstand des Traktors weiterdrehen und die angekoppelte Maschine sich freiarbeiten kann.

Die Motorleistung von 90 PS wird im allgemeinen für die derzeit vorhandenen Landmaschinen einen Einsatz der UL-Stufe nicht erfordern, so daß die mechanische Abschaltung ohne Nachteile erfolgen kann. Zusammenfassend sei festgestellt, daß sich mit dem Vorhandensein der UL-Stufe und der gewählten 9 Vorwärtsgänge insgesamt für kurzzeitigen Betrieb 12 brauchbare Geschwindigkeitsstufen ergeben.

Getriebschmierung

Als Getriebschmierung fand die Druckumlaufschmierung Anwendung. Ihre Vorteile liegen darin, daß 1. an alle sich drehenden Teile genügend Öl gelangt, 2. die Ölfüllung im Getriebe gegenüber einer reinen Tauchschrnerung wesentlich geringer gehalten werden konnte, 3. sich daraus resultierend

wegen der geringeren Pauschverluste ein besserer Wirkungsgrad und 4. durch den Ölmlauf über ein Filter metallischer Abrieb herausgefiltert wird, was die Grenznutzungsdauer des Getriebes positiv beeinflusst.

Ausgleichgetriebesperre

Spernmuffe und Sperrnabe sind formschlüssige Schaltelemente. Ihre Mitnehmersverzahnung gestattet eine leichte Schaltbarkeit bei geringen Differenzdrehzahlen der Triebäder ohne Fahrkupplungsbetätigung im Feldeinsatz und bei mittlerer Motordrehzahl. Zur Erleichterung des Ausrückvorgangs wurde eine zusätzliche vorgespannte Feder angeordnet. Bei größeren Differenzdrehzahlen an den Triebädern ist grundsätzlich die Fahrkupplung auszukuppeln und das Gaspedal freizugeben, da sonst unsachgemäße Schaltung erfolgt.

Verschleißstellen

Einer Forderung der Landwirtschaft und der Instandsetzungsbetriebe wurde Rechnung getragen, indem an fast allen Sitzen für Radialdichtringe austauschbare Verschleißringe vorgesehen sind. Dadurch wird an hochwertigen Teilen die sogenannte „Einlaufrille“ vermieden.

An einigen Laufflächen, z. B. am Schaft der Ritzel für die Planetengetriebe, sind keine Verschleißringe vorgesehen, weil dies konstruktiv nicht möglich war. Es besteht aber die Möglichkeit, den Radialdichtring im Gehäuse zu verschieben. Damit stehen am Ritzelschaft zwei Laufflächen zur Verfügung, die ausreichende Nutzungsdauer gewährleisten. A 7151

Dipl.-Ing. W. DERDACK*

Die Unterlastschaltung von Stufengetrieben für Traktoren

Das Schalten der bei uns bekannten Traktortriebwerke (z. B. des Triebwerks vom Traktor D 4K) erfolgt, indem der Kraftfluß zwischen Motor und Getriebe durch Lösen der Fahrkupplung unterbrochen und so das Einlegen eines anderen Ganges ermöglicht wird. Diese Unterbrechung des Kraftflusses bedeutet bei hohen Zugwiderständen (z. B. beim Pflügen) ein Stehenbleiben des Systems Traktor — Landmaschine, das sich nur vermeiden läßt, wenn das Schalten ohne Unterbrechung des Kraftflusses erfolgt.

Es gibt Traktortriebwerke, in denen nur jeweils zwischen zwei Gängen ein Schalten unter Last möglich ist. Man spricht in diesem Fall von unter Last schaltbaren Stufen (ULS) oder

auch von Drehmomentverstärkern. Daneben sind auch Triebwerke bekannt, bei denen zwischen allen Gängen ein Schalten unter Last möglich ist. Hier soll nur auf die unter Last schaltbaren Stufen eingegangen werden.

1. Prinzip der Unterlastschaltung

Bei einem konventionellen Zweigangetriebe (Bild 1) geht der Kraftfluß entweder über I oder II, je nachdem welcher Gang eingelegt wurde. Beim Gangwechseln ist kurzzeitig der Kraftfluß über I und II gleichzeitig unterbrochen.

Bei einer Unterlastschaltung müssen kurzzeitig zwei Wege für den Kraftfluß gleichzeitig zur Verfügung stehen. Das ist aber nur möglich, wenn zwei Schaltelemente für die zwei Kraftflüsse vorhanden sind, die eine getrennte Regelung der Größe der Kraftflüsse zulassen. Werden als Schaltelemente Reibkupplungen verwendet, so ergibt sich das in Bild 2 festgehaltene Schema eines unter Last schaltbaren Getriebes. Die Kupplung zwischen Motor und Getriebe kann entfallen, wenn alle Gänge unter Last schaltbar sind.

1.1. Darstellung der Schaltvorgänge

Die Analyse des Schaltvorgangs führt zur Unterscheidung mehrerer Schaltformen, wobei auch zu berücksichtigen bleibt, ob es sich um ein Aufwärts- oder Rückschalten unter Voll- oder Teillast handelt. Alle Formen der Unterlastschaltung sollen hier nicht beschrieben werden; sie sind von FÖRSTER [1] untersucht worden.

Besonders interessant für ein Traktortriebwerk in Verbindung mit einem Dieselmotor ist das Aufwärts- und Rückschalten bei Vollast.

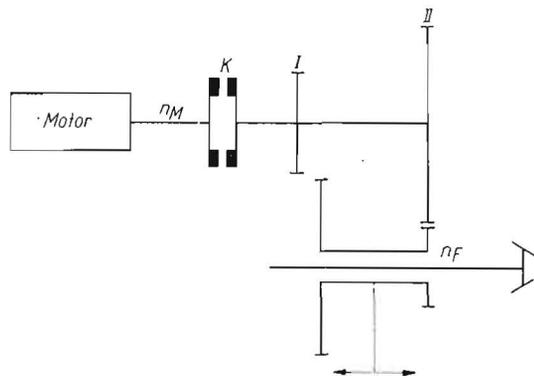


Bild 1. Schema eines Zweigangetriebes: n_M Motordrehzahl, n_F Getriebeausgangsdrehzahl, K Kupplung

Beim Aufwärtsschalten unter Vollast sind von FÜRSTER [1] in Abhängigkeit von der Kupplungsabstimmung vier Formen definiert worden:

- Aufwärtsschalten bei optimaler Abstimmung der Kupplungen. Dieser Vorgang beschreibt das ideale stoßfreie Schalten unter Last.
- Aufwärtsschalten bei Verwendung eines Freilaufs. Als Schaltelement für einen Kraftfluß wird ein Freilauf verwendet.
- Aufwärtsschalten mit negativer Überschneidung. Die Kupplung des kleineren Gangs wird abgeschaltet, bevor die Kupplung des größeren Gangs das volle Motormoment übertragen kann.
- Aufwärtsschalten mit positiver Überschneidung. Die Kupplung des kleineren Gangs wird erst abgeschaltet, wenn die Kupplung des größeren Gangs das volle Motormoment schon eine Weile überträgt.

Für das Aufwärtsschalten sind die Formen a) bis b) identisch. In Bild 3 sind die Schaltvorgänge für die vier Formen der Kupplungsabstimmung qualitativ dargestellt.

Folgende Voraussetzungen sind für die Aufstellung der Diagramme (Bild 3) angenommen worden:

- Zu Beginn des Schaltvorgangs soll weder Motor noch Fahrzeug beschleunigt werden;
- das Motormoment ist über der Motordrehzahl konstant;
- wenn eine der beiden Kupplungen rutscht, soll $M_p = M_I + M_{II}$ sein;
- die Übersetzung im oberen Gang ist 1.

Form a) und b):

Es können beim Schaltvorgang mehrere zeitliche Phasen unterschieden werden. In der 1. Phase überträgt K_I das volle Moment, K_{II} ist gelöst. Der Schaltvorgang beginnt in der zweiten Phase. Durch die wachsende Erregung E_{II} (Anpreßkraft) überträgt K_{II} ein sich stetig vergrößerndes Moment M_{II} . Nach der zweiten oben getroffenen Voraussetzung nimmt M_I im gleichen Maße ab. M_s beginnt zu fallen. Wird $M_{II} = M_p$, so wird K_I abgeschaltet. In der 3. Phase wächst E_{II} weiter, da das Gleiten erst aufhört, wenn $M_{II} > M_p$ ist. Es muß also $M_{II} = x \cdot M_p$ sein. Der Faktor x bestimmt die Härte und die Dauer des Schaltvorgangs. Je größer x ist, desto größer ist die Beschleunigung beim Schalten, und der Schaltvorgang wird schnell beendet. Wenn $M_{II} > M_p$ ist, beginnt die Motordrehzahl zu sinken, weil der Motor den fehlenden Teil des Moments seiner kinetischen Energie entnimmt. Am Ende der 4. Phase herrscht Drehzahlgleichheit an K_{II} , d. h. die Kupplung faßt. Das Sekundärmoment fällt auf den der Übersetzung zugeordneten Wert.

Form c):

Wie aus der Darstellung erkennbar ist, wird K_{II} erst nach Abschalten von K_I erregt. Damit wird bei dieser Kupplungsabstimmung der Kraftfluß unterbrochen. Die Motordrehzahl steigt während des Schaltens stark an.

Form d):

Die erste und zweite Phase dieser Form sind identisch mit den Phasen der Formen a) und b). Die anderen Phasen unterscheiden sich dadurch, daß K_I auch über den Zeitpunkt hinaus zugeschaltet bleibt, an dem K_{II} schon das volle Motormoment übertragen kann, M_I wird deshalb negativ.

Die bei diesen Schaltvorgängen entstehenden Verluste, die vom Kupplungsmoment und der Differenzdrehzahl der zu kuppelnden Teile abhängen, sind beim idealen Schaltvorgang (Form a und b) am geringsten. Bei einer Schaltung mit positiver Überschneidung sind sie entsprechend der längeren Rutschzeit von M_I etwas größer, doch garantiert diese Form ein Schalten ohne Kraftflußunterbrechung. Offensichtlich sind sie bei einer Abstimmung mit negativer Überschneidung am größten. Deshalb ist bei der Einstellung der Kupplungen darauf zu achten, daß die Überschneidung immer positiv wird.

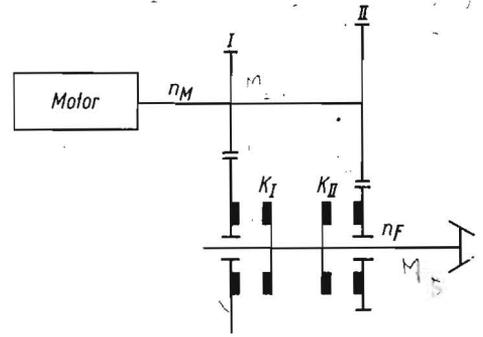
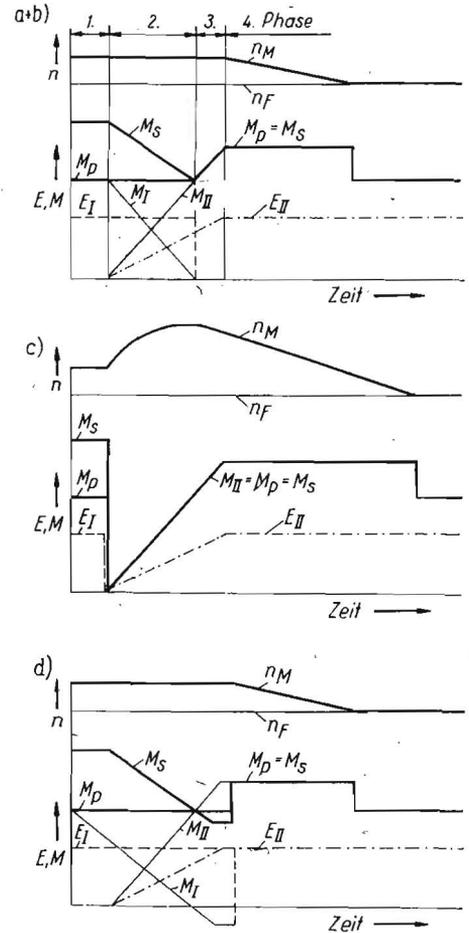


Bild 2. Schema eines unter Last schaltbaren Zweiganggetriebes

Bild 3. Qualitative Darstellung der Schaltvorgänge beim Aufwärtsschalten [1]; M_p Getriebeeingangsmoment, M_s Getriebeausgangsmoment, M_I von der Kupplung K_I übertragenes Moment, M_{II} von der Kupplung K_{II} übertragenes Moment, E_I Erregung der Kupplung K_I (Anpreßkraft), E_{II} Erregung der Kupplung K_{II}



Beim Rückschalten unter Last lassen sich ebenfalls die vier Formen der Kupplungsabstimmung unterscheiden. Hier sei nur die optimale Abstimmung beschrieben (Bild 4).

Der Kraftfluß muß beim Rückschalten kurzzeitig und ohne vollständige Unterbrechung der Zugkraft vermindert werden.

Die Schaltung beginnt in der zweiten Phase. In dieser Phase wird die Erregung von K_{II} gesenkt, so daß sich das übertragene Moment verringert. Der Motor wird entlastet und seine Drehzahl steigt. Wenn an der Kupplung K_I Drehzahlgleichheit herrscht, faßt diese, und K_{II} wird gelöst. Durch die jetzt festgelegte Übersetzung erhalten das Motormoment und das Getriebeausgangsmoment die damit verbundenen Werte.

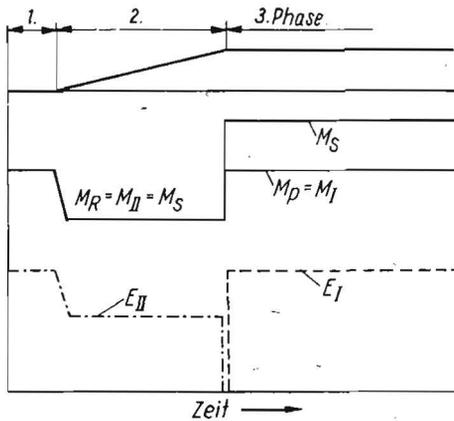


Bild 4. Qualitative Darstellung des Rückschaltens bei optimaler Abstimmung [1]

Bild 5. Unterlastschaltgetriebe

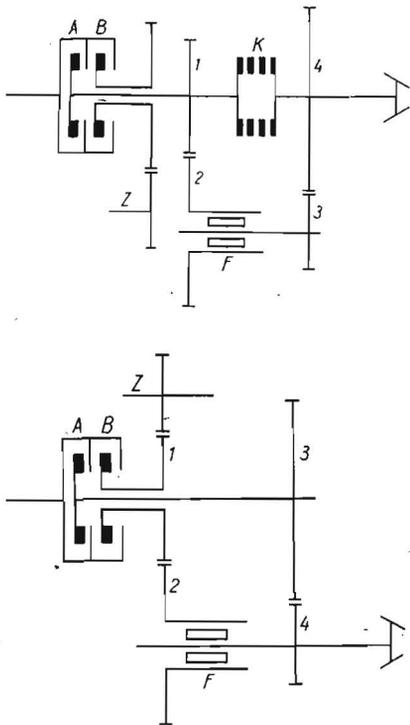


Bild 6. Unterlastschaltgetriebe mit Doppelkupplung

2. Ausführungsmöglichkeiten

Eine ULS läßt sich mit Hilfe eines Vorgeleges oder eines Planetengetriebes verwirklichen.

2.1. Vorgelege

Zwei Möglichkeiten sollen aufgeführt werden.

In Bild 5 geht der Kraftfluß im Direktgang von A nach 1 — K — 4 ins Getriebe. Der Freilauf sperrt nicht, da sich der Freilaufstern 3 schneller als der Außenring 2 dreht. Bei der Untersetzung ist K gelöst. Da 3 das Bestreben hat, stillzustehen, sperrt der Freilauf, und der Kraftfluß geht von A — 1 — 2 — F — 4 ins Getriebe.

Die Verwendung eines Freilaufs als Schaltelement hat den Vorteil, daß sich dieser selbsttätig in Abhängigkeit von den Drehzahlverhältnissen zu- oder abschaltet. Außerdem ist sein Platzbedarf geringer als der einer Kupplung. Nachteilig wirkt sich jedoch eine Drehrichtungsänderung aus. Sie tritt z. B. auf, wenn der Traktor geschoben wird.

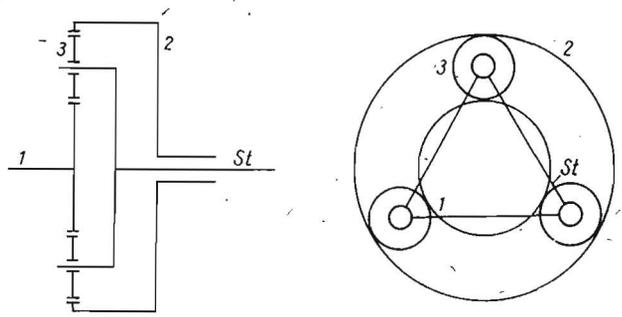


Bild 7. Schema eines Planetengetriebes

Um zu verhindern, daß dadurch die kraftschlüssige Verbindung zwischen Triebbrädern und Motor unterbrochen wird (keine Motorbremsung), wäre eine Überbrückungskupplung notwendig.

Verwendet man im Triebwerk eine Doppelkupplung, so kann diese für die Unterlastschaltung benutzt werden. Nach Bild 6 verläuft im Direktgang der Kraftfluß von A über 3 — 4 ins Getriebe. Bei der Untersetzung wird die Kupplungsscheibe A gelöst, und der Kraftfluß verläuft dann über B — 1 — 2 — F. Nachteilig für diese Ausführungsmöglichkeit ist, daß gleichzeitig Hydraulik und Zapfwelle abgeschaltet werden, wenn der Traktor mit eingelegter Untersetzung angehalten wird.

2.2. Planetengetriebe

Ein Planetengetriebe besteht aus dem Steg St, dem Sonnenrad 1, dem Hohlrad 2 und den Planetenrädern 3 (Bild 7):

Die einzelnen Elemente des Planetengetriebes können mit Kupplungen, Bremsen und Freiläufen untereinander oder mit dem feststehenden Gehäuse verbunden werden, um zu verschiedenen Getriebevarianten zu kommen.¹ Für eine ULS eignen sich zwei Bewegungszustände, wobei die zweite Möglichkeit infolge der sich damit ergebenden hohen Übersetzung für einen Traktor nicht in Frage kommt.

- Das Hohlrad hat die gleiche Drehrichtung wie der Steg; das Sonnenrad ist fest.
- Das Sonnenrad hat die gleiche Drehrichtung wie der Steg; das Hohlrad ist fest.

Im Direktgang läuft das Planetengetriebe als Ganzes um, wobei zwei Elemente zusammengekuppelt werden müssen. Es erweist sich als günstig, das Sonnenrad mit dem Steg oder mit dem Hohlrad zu kuppeln, da in diesen Fällen die Kupplung nur einen Bruchteil des Eingangsmoments zu übertragen braucht.

Es lassen sich mit einem Planetengetriebe eine Vielzahl von Lösungen entwickeln. Ein Beispiel soll hier genügen (Bild 8).

Im Direktgang ist die Kupplung K geschlossen. Damit ist das Planetengetriebe blockiert und läuft als Ganzes um. Beim Wechseln der Übersetzung wird K gelöst und die Bandbremse B, die mit dem Getriebegehäuse in Verbindung steht, angezogen. Dadurch bleibt das Sonnenrad stehen, und die Drehzahl wird vom Hohlrad zum Steg untersetzt (s. Drehzahlplan).

Die Planetengetriebe haben gegenüber den Vorgelegen bestimmte Vor- und Nachteile.

Vorteile:

- Die Kupplung braucht nicht das volle Drehmoment zu übertragen.
- Im Direktgang sind keine Wälzverluste vorhanden.
- In radialer Richtung ist eine gedrängtere Bauweise möglich.

¹ s. a. S. 165

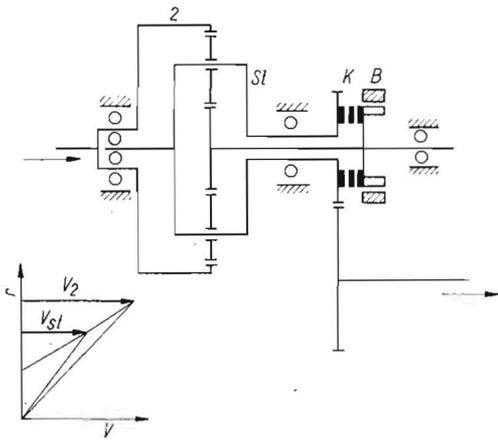


Bild 8. Unter Last schaltbares Planetengetriebe mit Drehzahlplan

Bild 9. ULS am Traktor ZT 300

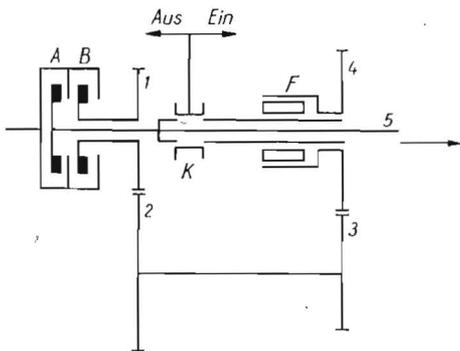


Bild 11
Schema des Drehmoment-
verstärkers im Traktor MTS 50

Bild 12
Multi-Power-Getriebe

Nachteile:

- Es lassen sich nicht alle Übersetzungen bei niedrigstem Raumbedarf herstellen.
- Es sind komplizierte Lagerungen notwendig.
- Bei der Verzahnung ergibt sich ein erhöhter Aufwand.

3. Bekannte Traktortriebwerke mit einer ULS

3.1. ULS des ZT 300

Das Triebwerk des ZT 300 besitzt eine ULS, die über die Doppelkupplung und einen Freilauf geschaltet wird (Bild 9).

Im Direktgang verläuft der Kraftfluß von A direkt ins Getriebe. Die Untersetzung kann erst eingelegt werden, nachdem durch die Kupplung K der Freilaufstern mit der Welle 5 verbunden worden ist. Wird jetzt die erste Stufe der Doppelkupplung durchgetreten, so verläuft der Kraftfluß über das Vorgelege. Da die Welle 5 das Bestreben hat, stillzustehen, sperrt der Freilauf und überträgt die Leistung.

3.2. IHC-Drehmomentverstärker

Im Direktgang läuft das Getriebe (Bild 10) als Ganzes um. Bei der Untersetzung ist die Kupplung geöffnet. Ein Rückdrehen des Gehäuses verhindert der Freilauf.

3.3. ULS am Radtraktor MTS-50

Im Direktgang ist die Kupplung geschlossen, und das Getriebe (Bild 11) läuft als Ganzes um. Wird die Kupplung gelöst, so hindert der Freilauf das Gehäuse am Rückdrehen. Die Untersetzung, in diesem Fall von 1,25, erfolgt über das rotierende Vorgelege.

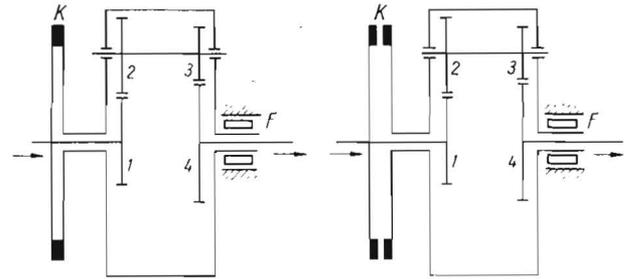
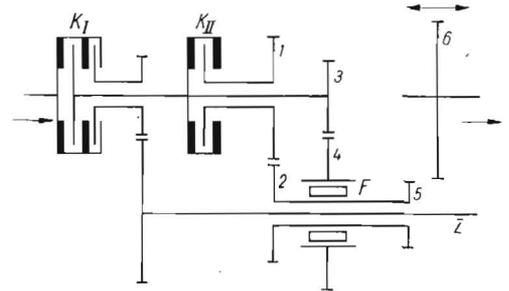
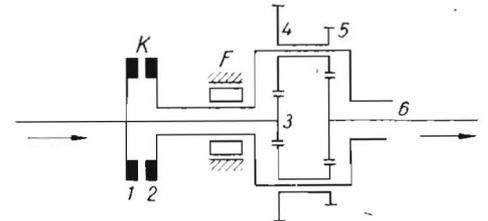


Bild 10. Schema des IHC-Drehmomentverstärkers



3.4. Multi-Power-Getriebe von Massey-Ferguson

Dieser Drehmomentverstärker (Bild 12) wird, im Gegensatz zu den vorherigen, ölhdraulisch (K_{II}) geschaltet.

4. Vorteile der Traktortriebwerke mit einer ULS

Durch eine ULS ist eine höhere Arbeitsproduktivität zu erreichen, deren Größe von den vorhandenen Bedingungen, z. B. Bodenart und Gelände, abhängt. Eine ULS gewinnt besonders dort an Bedeutung, wo sich die Zugwiderstände so stark in entsprechenden Frequenzen ändern, daß die Drehmomentreserve des Motors zu ihrer Überwindung nicht ausreicht und die Wahl eines anderen Ganges notwendig wird. Vorteile bietet eine ULS auch bei Zapfwellenarbeiten. Bei Verstopfungen kann durch Einschalten der Untersetzung die Fahrgeschwindigkeit bei voller Motordrehzahl herabgesetzt werden, wodurch ein Freiarbeiten erfolgt.

5. Zusammenfassung

Es wurden die Grundlagen der Unterlastschaltung beschrieben. Aus der Vielzahl von Möglichkeiten, unter Last schaltbare Stufen aus Vorgelegen und Planetengetrieben zu verwirklichen, wurden einige herausgegriffen. Mehrere erprobte ULS wurden angeführt.

Literatur

- [1] FÜRSTER, H.-J.: Das kraftschlüssige Schalten von Übersetzungsstufen in Fahrzeuggetrieben. VDI-Z. 99 (1957) Nr. 27, S. 1319 bis 1331

A 7042