

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**Studijní program: B4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.**

Bakalářská práce

**Regulační hydraulika traktorů a její praktické
využití**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Frolík, CSc.
Konzultant bakalářské práce: Ing. Josef Frolík, CSc.
Autor bakalářské práce: Jan Doležal

České Budějovice, 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan DOLEŽAL**
Osobní číslo: **Z12172**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Regulační hydraulika traktorů a její praktické využití**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je v provozních podmínkách ověřit praktické využití regulační hydrauliky traktoru.

1. Konstrukce tříbodových závěsů.
2. Varianta regulačních systémů.
3. Vliv regulačních systémů na využití a přenos výkonu.
4. Metodika sledování práce regulační hydrauliky.
5. Časové snímky využití regulační hydrauliky.
6. Vyhodnocení získaných výsledků a doporučení pro praktický provoz.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

RIV/62156489:43210/09:00150603 - Využití potenciálu regulační hydrauliky traktoru (2009);

Bauer, F. a kolektiv.: Traktory. Profi Press, vyd.1., Praha, 2006. 190 s.

ISBN80-8672-15-0;

Jan, Z.: Elektrotechnika motorových vozidel. Avid, 2.vyd., Brno, 2006. 155 s.

ISBN 80-903671-2-7.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Frolík, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2015**

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice** ①

doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 26. března 2014

Prohlášení autora, souhlas s uveřejněním práce

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s využitím informací z literatury, jejíž seznam je součástí této práce a je uveden v kapitole Seznam citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Jan Doležal

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Josefu Frolíkovi, CSc. za cenné rady, připomínky, metodické vedení práce a za čas, který mi při zpracování práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Oldřichu Chalupovi za informace, které mi poskytnul a za čas, který mi věnoval.

Abstrakt

Práce se zabývá Regulační hydraulikou u traktorů a jejím praktickým využitím. Teoretická část obsahuje konstrukci třibodových závěsů, varianty regulačních systémů a vliv regulačních systémů na využití a přenos výkonu. Praktická část se zabývá využitím regulační hydrauliky v praktickém provozu.

Klíčová slova

Regulační hydraulika, elektrohydraulický regulační systém, třibodový závěs, regulace, prokluz, ramena zvedacího ústrojí.

Abstract

The work deals with the regulation hydraulics for tractors and its practical use. The theoretical part includes the construction of three-point hinges, variants of regulatory systems and the impact of regulatory systems on the use and transfer of power. The practical part deals with the use of hydraulic control in practical operation.

Keywords

Regulatory hydraulics, electro-hydraulic control system, hitch, regulation, slip, shoulders lifting mechanism.

OBSAH

ABSTRAKT	5
ABSTRACT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
KEYWORDS	5
1. ÚVOD	6
2. KONSTRUKCE TŘÍBODOVÝCH ZÁVĚSŮ	7
2.1 HISTORIE TŘÍBODOVÉHO ZÁVĚSU	7
2.2 TŘÍBODOVÝ ZÁVĚS	8
3. VARIANTY REGULAČNÍCH SYSTÉMŮ	12
3.1 MECHANICKÝ ZPŮSOB SNÍMÁNÍ A PŘENOSU IMPULSŮ	16
3.2 ELEKTROHYDRAULICKÉ REGULAČNÍ SYSTÉMY (EHR)	18
3.2.1 Polohová regulace	20
3.2.2 Silová regulace	22
3.2.3 Smíšená regulace	24
3.2.4 Regulace na mezní prokluz.....	25
3.2.5 Tlaková regulace	27
3.2.6 Tlumení kmitů.....	28
3.2.7 Neutrální (volná) poloha	29
3.3 ŘÍZENÝ TRAKČNÍ POSILOVAČ.....	29
4. VLIV REGULAČNÍCH SYSTÉMŮ NA VYUŽITÍ A PŘENOS VÝKONU BAUER	31
5. METODIKA SLEDOVÁNÍ PRÁCE REGULAČNÍ HYDRAULIKY	34
5.1 VÝSLEDKY MĚŘENÍ VE FIRMĚ ZEMAS AG, A. S.	35
5.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V PODNIKU ZP OSTROV, A. S.	36
5.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V PODNIKU HOSPODÁŘSKÉ OBCHODNÍ DRUŽSTVO BŘEZEJC.....	37
6. VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ PRO PRAKTICKÝ PROVOZ	38
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	39
8. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A VZORCŮ	40

1. Úvod

Požadavky na výkonnost, přesnost, spolehlivost a stupeň automatizace traktorů se soustavně zvyšují. Jejich splnění předpokládá zásadní změnu v konstrukci, která s sebou přináší zavádění elektrohydraulických systémů traktorů. Používání nových konstrukčních uzlů pro ovládání jednotlivých funkčních skupin traktorů a zemědělských strojů je na stálém vzestupu. EHS zaujímají významné místo v konstrukci jednotlivých funkčních skupin traktorů. Hydraulické systémy traktorů nižších výkonových tříd zpravidla pracují s mechanickou vazbou. Traktory středních a vyšších výkonových tříd jsou vybavovány elektrohydraulickými systémy. Tyto systémy jsou v současné době nejrozšířenějším prostředkem pro ovládání tříbodových závěsů a vnějších okruhů hydrauliky traktorů. V hydraulice traktorů se v převážné míře používají regulační pístové hydrogenerátory, které dosahují maximálních průtoků kolem $150 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, při maximálním zatížení je tlak kolem 22 MPa. U některých typů traktorů vyšších výkonových tříd jsou průtoky hydrogenerátorů ještě vyšší. [1]

Cílem této práce je v provozních podmínkách ověřit praktické využití regulační hydrauliky traktoru. Pomocí této práce jsem chtěl zjistit, jak je na tom s vědomostmi o práci regulační hydrauliky a s technikou orby obsluha traktorů v různých zemědělských podnicích v okolí mého bydliště.

2. Konstrukce tříbodových závěsů

2.1 Historie tříbodového závěsu

Harry Ferguson si patentoval tříbodový závěs pro zemědělské traktory v Británii roku 1926. Jeho zásluha nicméně není v samotném vynálezu tohoto zařízení, ale v uvědomění si nutnosti pevného spojení pluhu (respektive jakéhokoliv zemědělského nářadí) s traktorem. Možná nejdůležitějším přínosem v té době bylo fyzické zabránění nehodám, kdy se tehdy velmi lehké traktory vlivem nárazu pluhu (či jiného nářadí) na překážku mnohdy otočily takzvaně “na záda”. Tříbodový závěs rotaci okolo osy hnacích kol traktoru zabránil. Rukopis Herryho Fergusona nalézáme i na několika pozdějších inovacích tohoto zařízení, jako například hydraulické zvedání, které ze tříbodového závěsu udělalo funkční, efektivní a žádaný systém na všech masově vyráběných traktorech. Systém hydraulicky ovládaného tříbodového závěsu umožnil jednoduchou regulaci pracovní výšky neseného nářadí, dotížení traktoru a tím i regulaci trakčních sil, které byl traktor schopen přenášet.

Před čtyřicátými lety 20. století, využíval každý výrobce svůj vlastní systém zavěšení pracovních nástrojů. Velmi používaný byl systém dvoubodový, který ale nemohl být využit k efektivnímu zvedání nářadí. Nicméně tato taktika každého majitele traktoru nutila k nákupu pouze techniky vybavené stejným systémem upínání. Totiž stejným, jako měl jejich traktor. V případě, že potřeboval farmář vybavení jiného druhu, byla zde pomoc pouze pro domácké a ne vždy bezpečné úpravy, přechodky a různé mezikusy, které ne vždy byly funkční natož bezpečné.

V 60. letech 20. století se nicméně většina výrobců traktorového nářadí shodla na tom, že tříbodový systém zavěšení bude využíván jako standardní systém pro všechny vyráběné traktory. V okamžiku, kdy vypršely patenty na tuto technologii k tříbodovému závěsu každý z výrobců přidal svá vlastní zlepšení a modifikace. V současné době téměř všichni výrobci adaptovali některé ze standardizovaných forem tříbodového zavěšení jako základní systém nabízený s jejich produkty.

Kategorie TBZ - v současné době existuje pět různých velikostních kategorií tříbodových závěsů. Vyšší kategorie závěsů mají pevnější ramena a větší čepy. Je zde určité rozpětí výkonnostních kategorií traktorů a některé z nich se překrývají. [2]

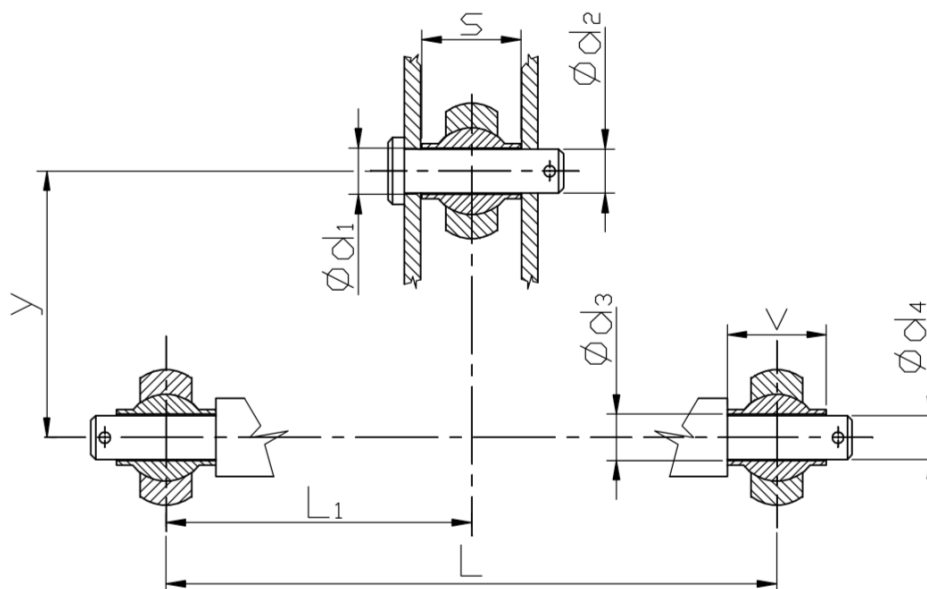
2.2 Třibodový závěs

Třibodový závěs traktorů je určen pro připojování nesených a návěsných strojů. Traktory různé výkonové třídy (tab. č. 2.1) jsou vybaveny závěsy různých kategorií, které se od sebe liší rozměry.

Tab. 1.1 Kategorie třibodových závěsů podle výkonů motorů

Kategorie závěsu	Výkon motoru měřený přes vývodový hřídel podle ISO 789-1 [kW]
1	do 48
2	do 92
3	80 až 185
4	150 až 350

Hlavní rozměry třibodových závěsů jsou normalizovány, výrobci traktorů a zemědělských strojů v rámci unifikace připojování strojů různých výrobců musí respektovat mezinárodní normu ISO 789-1, která určuje hlavní rozměry připojovacích bodů traktorů a zemědělských strojů (tab. č. 2.2 a obr. č. 2.1)



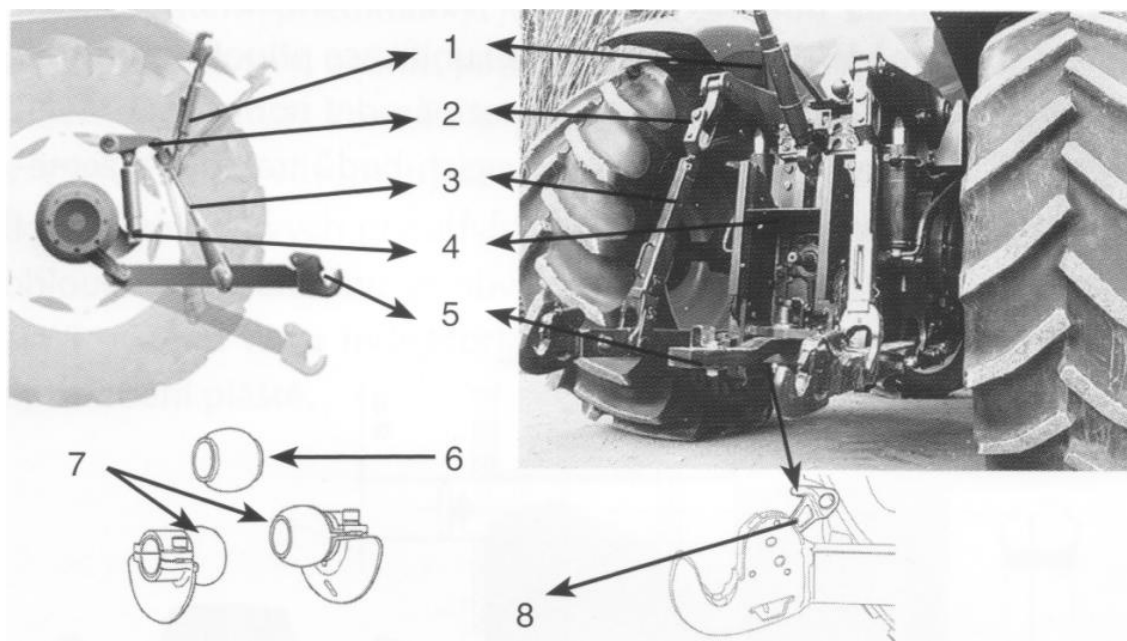
obr. č. 2.1 – Hlavní rozměry třibodového závěsu

Tab. 2.2 Normalizované rozměry tříbodového závěsu traktoru ISO 730-1:1994(E) v mm

Označení	Popis	Kategorie				
		1	2	3	4L	4H
d ₁	průměr otvoru koule horního táhla	^{+0,2} 19,3 0	^{+0,2} 25,7 0	^{+0,2} 32 0	^{+0,25} 45,2 0	^{+0,3} 45,2 0
d ₂	průměr čepu horního táhla	0 19 -0,08	0 25,5 -0,13	0 31,75 -0,2	0 45 -0,8	0 45 -0,8
d ₃	průměr otvoru koule dolních táhel	^{+0,25} 22,4 0	^{+0,3} 28,7 0	^{+0,35} 37,4 0	^{+0,5} 51 0	^{+0,5} 51 0
d ₄	průměr čepu lišty	0 22 -0,08	0 28 -0,2	^{+0,2} 36,6 0	0 50,8 -1,1	0 50,8 -1,1
S	šířka koule horního táhla (maximální)	44	51	51	64	64
V	šířka koule dolních táhel	35	45	45	57,5	57,5
L ₁	rozteč středu koulí od osy traktoru	359	435	505	610-612	610-612
Y	výška stojánku (pluhu)	460	610	685	685	1100
L	vzdálenost středů koulí	718	870	1010	1220-1224	1220-1224

Tříbodové závěsy traktorů jsou rozříděny do čtyř hlavních kategorií. Čtvrtá kategorie je rozdělena na dvě skupiny 4L a 4H (tab. č. 3.2). Tříbodový závěs (obr. č. 2.1) je tvořen horním táhlem (1), rameny zvedacího ústrojí (2), zvedacími táhly (3), přímočarými hydromotory (4) a dolními táhly (5). Dolní táhla a horní táhlo (1) mají závěsné automatické háky umožňující rychlé připojování a odpojování nářadí bez opuštění kabiny. Do závěsných háků se umísťují koule. Koule s přečnávajícími osazeními (pozice 6 na obr. č. 3.2) se montuje na horní čep závěsu nářadí. Dvě koule bez osazení (pozice 7) jsou pro snadnější připojení opatřeny vodítky a montují se na

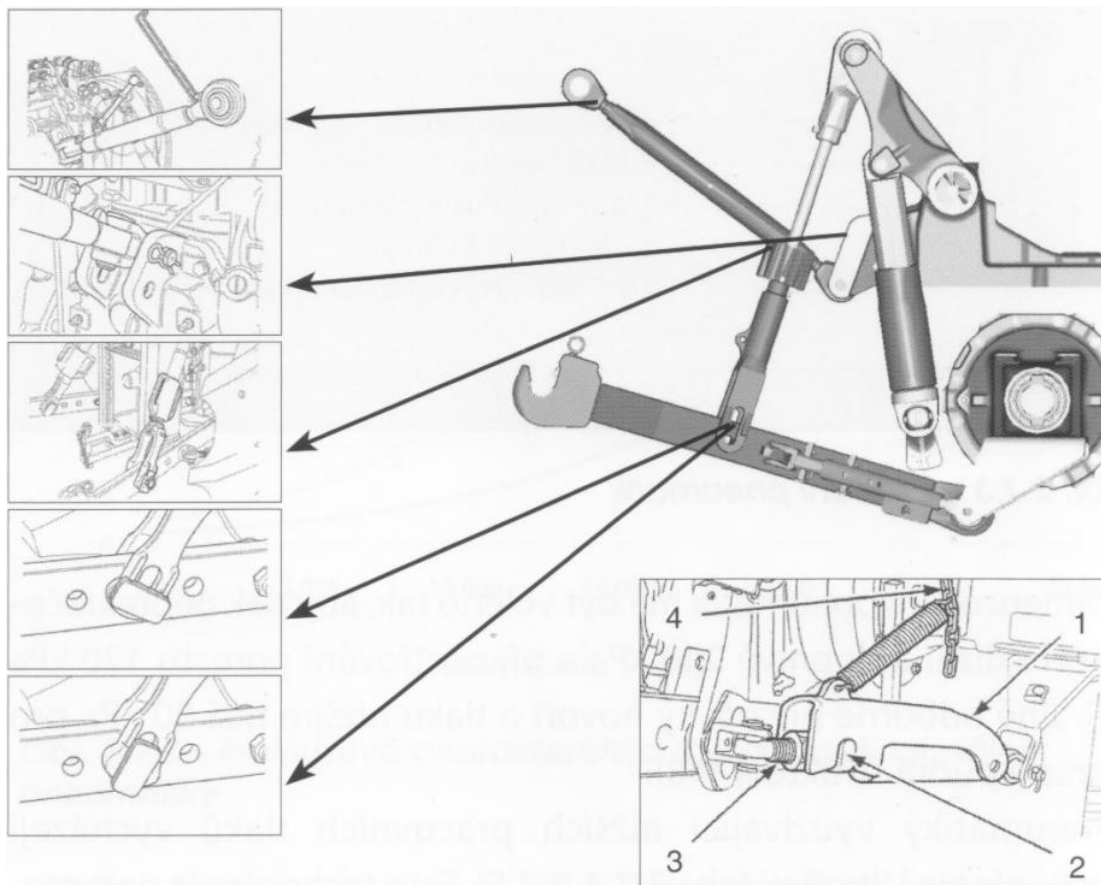
čepy závěsu nářadí. Závěsné automatické háky jsou vybaveny samozajišťovacími západkami (pozice 8) pro zajištění závěsu traktoru na nářadí. Hlavní rozměry čepů a koulí jsou normalizovány (tab. č. 2.2). Horní táhlo (obr. č. 2.3) má závitovou střední sekci, jejímž otáčením se prodlouží nebo zkrátí na požadovanou délku. Měnitelná délka horního táhla umožňuje podélné seřízení neseného stroje.



obr. č. 2.2 – Třibodový závěs traktorů

1 – horní táhlo, 2 – ramena zvedacího ústrojí, 3 – zvedací táhla, 4 – přímočarý hydromotor, 5 – dolní táhla, 6 – koule horního čepu nářadí, 7 – koule dolních čepů s vodítky, 8 – samozajišťovací západka [3]

V konzole (obr. č. 2.3) na zadním mostu traktorů může být několik otvorů pro připojení horního táhla. Konstrukční řešení konzoly umožňuje připojit horní táhlo do některého z otvorů, tím se mění výška zvedaného nářadí a zahlubovací moment u nesených pluhů.



obr. č. 2.3 – Seřizovací prvky třibodového závěsu

1 – sklopný kryt, 2 – výstupek v teleskopické části, 3 – tyč se závitem, 4 – řetěz s pružinou [3]

Zvedací táhla jsou konstrukčně řešena tak, že se jejich délka dá měnit pomocí stavěcího mechanismu. V každém dolním táhle jsou otvory pro připojení zvedacích táhel. Různým zavěšením zvedacích táhel do otvorů můžeme měnit zdvih nářadí a zvedací sílu v dolních táhlech třibodového závěsu. V levém i pravém zvedacím táhle je podélný otvor umožňující volnou polohu dolních táhel. Pro běžné práce je obdélníková deska zajišťovacího čepu umístěna tak, aby zvedací táhla zůstávala vzhledem k dolnímu táhlu ve stejné poloze. Otočíte-li zajišťovací čep v dolním táhle o 90° (detail uchycení zvedacích táhel v dolním táhle obr. č. 2.3), je umožněn výkyv nářadí v příčné rovině. Teleskopické stabilizátory umožňují boční výkyv dolních táhel třibodového závěsu traktoru nebo mu zcela zamezují. Teleskopické stabilizátory, které se dnes používají na traktorech, jsou různé konstrukce. Jejich funkce je velmi důležitá, některé stroje vyžadují volnost pohybu v horizontální rovině, např. nesené pluhy, zatímco návěsné pluhy obvykle vyžadují dolní táhla stabilizovaná. Stabilizátor (detail na obr. č. 2.3) je tvořen sestavou teleskopické

trubice s vnitřním závitem na zadním konci. Sestava trubice je připojena k montážnímu držáku přišroubovanému k vnějším koncům skříně zadní nápravy. K dolním táhlům tříbodového závěsu se připojuje tyč (3) s vnějším závitem. Závitová tyč je zašroubována do sestavy trubice a celková délka sestavy je dána mírou vyšroubování nebo zašroubování tyče. Jeden konec stavitelného řetězu (4) je připojen na zadní most traktoru a druhý konec přes pružinu ke sklopnému krytu (1) na teleskopické části stabilizátoru. Výstupek (2) teleskopické části zapadá do drážky krytu. Je-li řetěz správně nastavený, při zvednutí dolních táhel a z pracovní polohy se uvolní a umožní, aby se kryt spustil dolů a zapadl na výstupek stabilizátoru. Při spuštění krytu je zajištěna předvolená délka stabilizátoru. Dolní táhla jsou držena v nastavené vzdálenosti a nemohou se bočně pohybovat. Jestliže však spustíme tříbodový závěs do pracovní polohy, řetěz se napne, zvedne kryt (1) ze stabilizátoru a umožní mu volné zasouvání a vysouvání. Stabilizátory umožní připojenému stroji v pracovní poloze boční posuv a v přepravní poloze nářadí bočně stabilizují. [3]

3. Varianty regulačních systémů

Je třeba si uvědomit, že cílem regulační hydrauliky není vyhlubovat či zahlubovat nářadí, ale regulovaně dotěžovat traktor tak, aby síla, která působí na hnacích kolech, byla s maximální možností přenesena na podložku. Regulovaným dotěžováním docílíme zmenšení prokluzu, a tím i současně dojde ke zvýšení tahové účinnosti traktoru. [3]

Snižování námahy a zvyšování výkonnosti byly jedny z prvních impulsů pro zvyšování mechanizace při zpracování půdy. Důležitou roli zde sehrálo spojování nářadí s traktorem, jeho ovládání a regulace při práci. Spojování traktoru s nářadím bylo originální u každého výrobce, včetně ovládání tříbodového závěsu a případně jeho regulace, zpočátku založené na udržování konstantní hloubky. Výrobci používali pro udržení konstantní hloubky regulační systémy s impulsem:

- Síly v horním táhle
- Hnacího momentu na zadní nápravě
- Pracovní hloubky pluhu (kopírovací kolo)
- Tlaku v pracovním válci hydrauliky

Z uvedených variant se prosadil do dnešní doby systém regulace třibodového závěsu (TBZ), nejprve s impulsem od horního táhla a později od dolních táhel, který se používá dodnes. Cílem bylo udržet konstantní hloubku při orbě a jako druhotný efekt se dosáhlo snižování prokluzu dotěžováním zadní nápravy traktoru. Systém „Draft Control“ byl založen na principu působení tlaku v horním táhle při jehož změně docházelo k regulaci třibodového závěsu. Tomuto řešení předcházela další vynález Harryho Fergusona a Williho Sanda s názvem „Duplex Hitch“. Ten tvořil dvoubodový závěs se spojovacími táhly v různé výšce. Dolní táhlo bylo namáháno na tah a horní na tlak, což přispívalo k dotěžování přední nápravy a zlepšování řízení. Velkým pokrokem bylo také ovládnutí TBZ pomocí hydrauliky, která přinášela velkou úsporu námahy a času při orbě. Na počátku musel řidič na konci souvratě vystoupit, zvednout pluh pomocí kladek, otočit se a opět vystoupit, aby spustil pluh do pracovní polohy. Vynález třibodového závěsu a silové regulace přispíval také ke zvyšování bezpečnosti práce, neboť se snižovalo riziko překlopení traktoru při jízdě do kopce, když se pluh zachytil za pevnou překážku. V řadě případů taková situace vedla až k smrtelným úrazům.

Systém „Draft Control“ se rozšířil hlavně až po druhé světové válce. V USA využíval po několik let jiné řešení regulace hloubky např. Ford pod názvem „Load Monitor“. Jeho řešení bylo založeno na měření točivého momentu v převodovce, který byl vstupním impulsem pro regulaci TBZ. Problémy nastaly zejména při jízdě z kopce a do kopce, kdy se zvyšuje potřeba točivého momentu nezávisle na hloubce orby.

Regulační hydrauliku tvoří regulační okruh, který se skládá z měřicí, regulační a nastavovací části. Měřicí část zajišťuje vstup informací do systému jako např. odpor nářadí, poloha třibodového závěsu, prokluz, tlak oleje atd. Nastavovací část slouží k vložení informace do regulační části. Jejím nositelem je obsluha, která tak nepřímo nastavuje sílu, polohu, prokluz, tlak nebo jejich kombinaci. Regulační část přijímá aktuální informace z měřicí a nastavovací části a impulsem do stavěcího mechanismu mění polohu třibodového závěsu. Regulační část je v činnosti tehdy, když se liší měřená veličina od nastavené. Doba zásahu trvá tak dlouho, dokud není odstraněn rozdíl. Signál z měřicí části může být také zesilován, to znamená, že např. při malé odchylce síly od nastavené hodnoty bude regulační část reagovat jako na velkou odchylku, což se projeví rychlejší reakcí např. vyhloubením nářadí. Tento

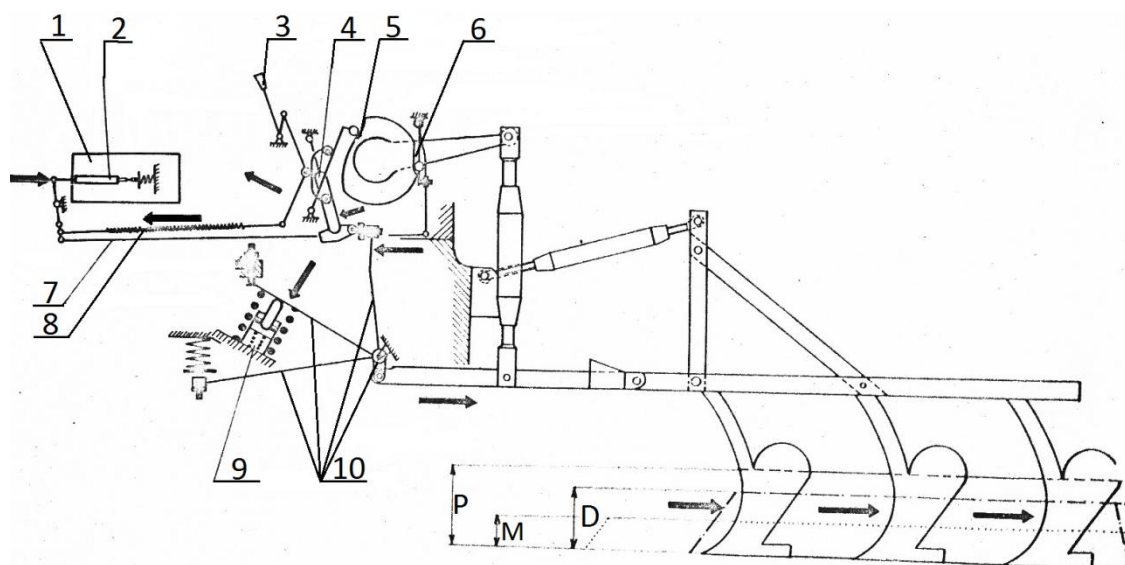
prvek pro změnu intenzity signálu se označuje jako citlivost. Z počátku se uplatňovaly především prvky pro změnu rychlosti spouštění nářadí, která se řešila škrcením průtoku oleje z hydraulického válce např. Ferguson FE 35 disponoval pákou s pozicemi pro rychlé a pomalé spouštění. Jiným řešením bylo měnit předpětí regulační pružiny, které využíval např. John Deere 520 viz obr.2. Změna předpětí byla realizována spojením horního táhla s jedním ze čtyř otvorů ve stojánku traktoru. Pokud se horní táhlo umístilo do vrchního otvoru, snížilo se rameno na kterém působí síla a tím se do soustavy přeneslo menší natočení hřídele. Pokud se naopak táhlo spojilo v dolním otvoru a velikost síly byla stejná, pak se do soustavy přenesl větší impuls a došlo např. k většímu vyhloubení nářadí než v předchozím případě.

Uzavřená regulační smyčka se používala u prvních regulačních hydraulik, zejména pak s mechanickým provedením, u kterých se změna např. tlakové síly v horním táhle přenesla přímo do regulačního mechanismu soustavou pák a táhel. U dnešních moderních regulačních hydraulik lze systém označit za otevřený, neboť vstupní informace od řidiče a od měřící části jsou vedeny do řídicí jednotky ECU (Electronic Control Unit). Řídicí jednotka na jejich základě ovládá elektrohydraulicky řízený rozvaděč třibodového závěsu. V další části textu jsou uvedeny příklady prvních řešení regulační hydrauliky. [4]

Regulační hydraulika je určena pro ovládání a regulaci třibodového závěsu. V roce 1950 vyrobila firma Massey Ferguson první traktor s třibodovým závěsem ovládaný hydraulikou, doplněný o automatickou regulaci polohy, regulaci síly a smíšenou regulaci. Dnešní výbava třibodového závěsu plní nejenom funkci zvedání a spouštění strojů, ale regulovaně ovládá pracovní činnost připojených strojů. Regulační hydraulika významným způsobem ovlivňuje tahové vlastnosti traktorů. Téměř všechny traktory jsou vybaveny základními regulačními systémy třibodového závěsu polohovým, silovým a smíšeným.

Správné použití základních regulačních systémů společně s nastavením dalších regulačních prvků podstatně ovlivňuje spotřebu nafty, výkonnost a kvalitu provedené práce. Traktory nižších výkonových tříd zpravidla bývají vybaveny mechanickými regulačními systémy, které snímají změnu síly nebo změnu polohy jako vstupní hodnotu pro regulaci třibodového závěsu. Pomocí pákového převodu je ovládán šoupátkový rozvaděč vnitřního okruhu, jenž řídí zvedání nebo spouštění ramen zvedacího ústrojí třibodového závěsu traktoru. Traktory vyšších výkonových

tříd využívají jako vstupní hodnotu pro silový regulační systém změnu sil z dolních táhel, viz. obr. č. 3.1, zatímco u traktorů nižších výkonových tříd je to zpravidla změna síly v horním táhle třibodového závěsu viz. obr. č. 3.1.



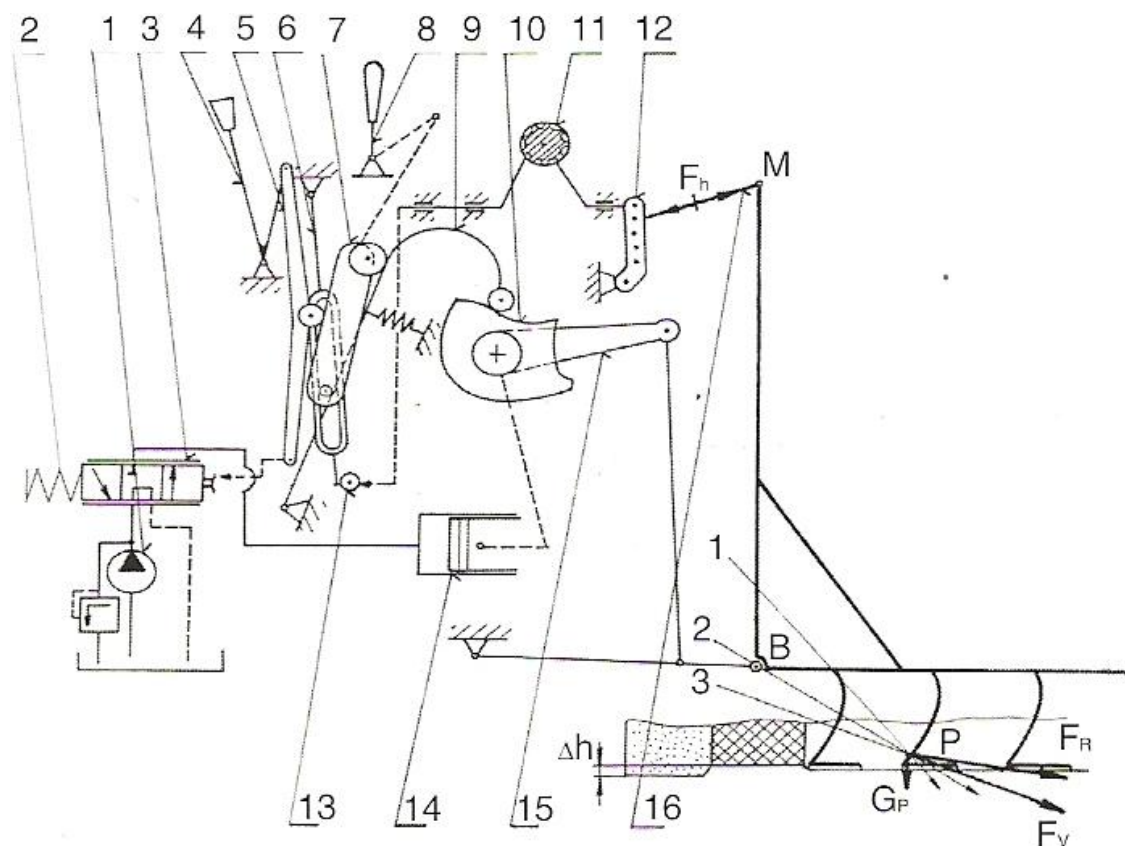
obr. č. 3.1 - Přenos odporu půdy u hydrauliky traktorů těžké řady (UŘ II) změna sil v solních táhlech třibodového závěsu

1 – rozvaděč, 2 – šoupátko, 3 – ovládací páka vnitřního okruhu, 4 – porovnávač impulzů, 5 – vačka polohové regulace, 6 – vačka omezovací, 7 – táhlo omezovací, 8 – táhlo teleskopické, 9 – hydraulický tlumič, 10 – měřič impulzů [5]

Z obr. č. 3.1 je patrné, že změna síly v dolních táhlech se pomocí pákového převodu přenáší na rozvaděč vnitřního okruhu, který řídí zvedání nebo spouštění třibodového závěsu. Při silové regulaci je ovládán rozvaděč vnitřního okruhu pouze změnou sil v dolních táhlech. Při zvolení systému polohové regulace je rozvaděč ovládán pákovým systémem, jenž reaguje na změnu polohy ramen zvedacího ústrojí. Při zvolení systému smíšené regulace je rozvaděč vnitřního okruhu ovládán změnou síly v dolních táhlech a zvedání nebo spouštění je korigováno změnou polohy ramen zvedacího ústrojí. Z uvedeného příkladu mechanického regulačního systému vyplývá, že o kvalitě regulace rozhoduje přenos změny síly a polohy na rozvaděč vnitřního okruhu, který řídí zvedání nebo spouštění ramen zvedacího ústrojí. Funkci regulační hydrauliky podstatným způsobem ovlivňuje správné seřízení stavitelných prvků na třibodovém závěsu a stojánku nářadí, např. pluhu. Jedná se především o správné umístění horního táhla do otvorů na stojánku pluhu, nebo správné seřízení jeho délky. Pokud stavitelné prvky nejsou správně nastaveny, může dojít k nesprávné činnosti regulační hydrauliky. [3]

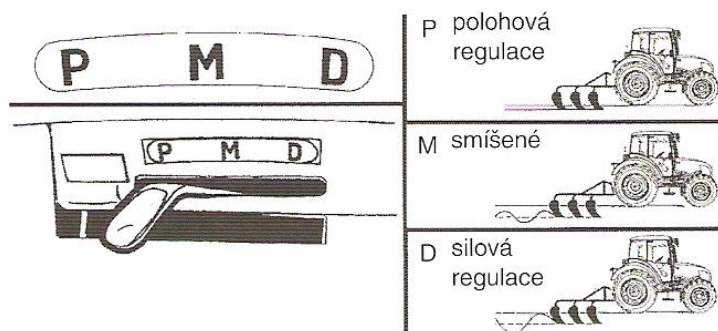
3.1 Mechanický způsob snímání a přenosu impulsů

Například regulace Zetormatic u traktorů nižších výkonnostních tříd bývají vybaveny mechanickými regulačními systémy (obr. č. 3.2), které snímají změnu síly nebo změnu polohy jako vstupní hodnotu pro regulaci třibodového závěsu. Pomocí pákového převodu je ovládán šoupátkový rozvaděč vnitřního okruhu, který řídí zvedání nebo spouštění ramen zvedacího ústrojí třibodového závěsu. Traktory vyšších výkonových tříd využívají jako vstupní hodnotu pro silový regulační systém změnu sil z dolních táhel, zatímco u traktorů nižších výkonových tříd je to zpravidla změna síly v horním táhle třibodového závěsu. Snímání sil z táhel třibodového závěsu traktorů se projevuje změnou síly, ale i změnou polohy, jedná se o smíšený regulační systém.



obr. č. 3.2 – Schéma mechanického regulačního systému Zetormatic UŘ I – smíšená regulace (měření sil v horním táhle třibodového závěsu)

1 – zubový hydrogenerátor, 2 – pružina, 3 – šoupátko vnitřního okruhu, 4 – hlavní ovládací páka, 5 – páka s kladkou, 6 – páka silové regulace, 7 – volič impulsů, 8 – volicí páka systému regulace, 9 – páka polohové regulace, 10 – polohová vačka, 11 – torzní pružina, 12 – konzola pro připojení horního táhla, 13 – kladka páky silové regulace, 14 – pracovní válec, 15 – ramena zvedacího ústrojí, 16 – horní táhlo třibodového závěsu



obr. č. 3.3 – Nastavení regulační hydrauliky systému Zetomatic

[6]

Pro názornost je uveden příklad mechanického systému Zetomatic (obr. č. 3.2). Ze schématu je patrné, že změna síly F_h v horním táhle působí na torzní pružinu (11) a přes pákový mechanismus je změna polohy přenesena na kladku (13), která působí na páku silové regulace (6). Současně se změnou síly je snímána i změna polohy ramen zvedacího ústrojí. Páka polohové regulace (9) je v kontaktu s vačkou ramen zvedacího ústrojí. Změna polohy ramen zvedacího ústrojí způsobí posun páky polohové regulace a přes volič impulzů (7) je pohyb přenesen až na šoupátko vnitřního okruhu (3), které řídí zvedání nebo spouštění závěsu.

Při orbě pracuje smíšený regulační systém tak, že dostane-li se pluh do hutnější půdy (vyšrafovaná plocha), dojde ke změně sil v horním táhle, změna síly způsobí, že šoupátko (3) se z neutrální polohy přestaví na zvedání a pluh je vyhlubován. Při čistě silové regulaci by byl pluh vyhlubován a torzní pružina by se vrátila do původní polohy, což by způsobilo vrácení šoupátka (3) do neutrální polohy. V našem případě, kdy je v činnosti i polohová regulace, dojde při vyhlubování pluhu k vrácení šoupátka (3) do neutrální polohy dříve, než by tomu bylo u čistě silové regulace. Pluh se tedy vyhloubí o nižší hodnotu, jako by tomu bylo u plné silové regulace. [6]

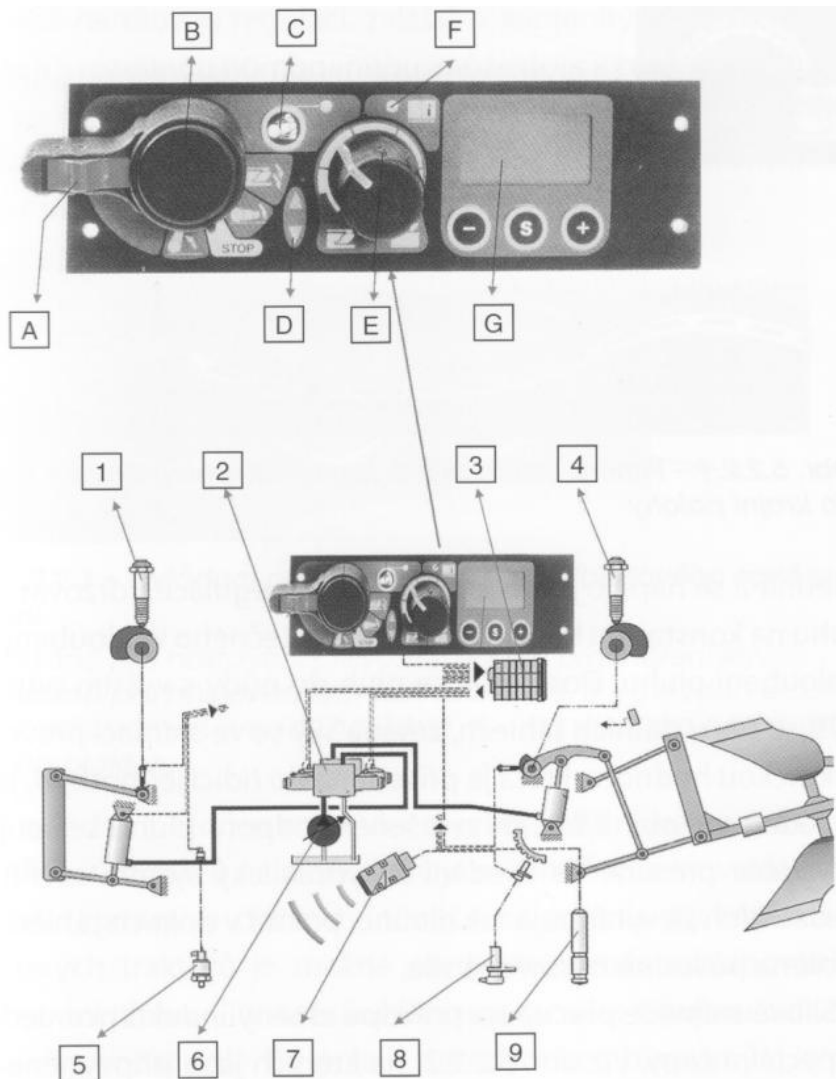
Z uvedeného příkladu mechanického regulačního systému vyplývá, že o kvalitě regulace rozhoduje přenos změny síly a polohy na šoupátko vnitřního okruhu, které řídí zvedání nebo spouštění ramen zvedacího ústrojí. Funkci regulační hydrauliky podstatným způsobem ovlivňuje správné seřízení stavitelných prvků na třibodovém závěsu a na pluhu. Pokud stavitelné prvky nejsou správně nastaveny, může dojít k nesprávné činnosti regulační hydrauliky. [7]

3.2 Elektrohydraulické regulační systémy (EHR)

Elektrohydraulická regulace přinesla zásadní změnu do klasické regulační hydrauliky traktorů. První generace elektrohydraulického analogového systému byla uvedena firmou BOSCH pod označením EHR 2 (Elektro Hydraulic Regulation) v roce 1979. Od té doby došlo v oblasti regulačních systémů určených k ovládání tříbodového závěsu ke značnému zdokonalení. Dnešní elektrohydraulické ovládání tříbodového závěsu dokáže regulovaně dotěžovat hnací kola traktoru, aniž by negativně ovlivnilo agrotechnické požadavky kladené na práci zemědělského stroje, který je připojen k traktoru. Účinnost přenosu hnacích sil na kolech traktoru záleží na adhezním zatížení. Činnost jednotlivých regulačních systémů podstatným způsobem ovlivňuje velikost dotížení, a tím i tahové vlastnosti. Měla by platit zásada, že čím větší výkon traktoru, tím by měla být věnována větší pozornost jednotlivým regulačním systémům tříbodového závěsu traktoru, poněvadž každý kilowatt ztráty výkonu prokluzem nás stojí značné finanční prostředky. Obr. č. 3.4 ukazuje možnosti snímání provozních veličin, které se mohou buď samostatně, nebo v různých kombinacích použít pro regulaci tříbodového závěsu traktoru.

Systém EHR umožňuje nastavit následující regulační systémy:

- Polohová regulace – udržuje konstantní polohu nářadí.
- Silová regulace – cílem silové regulace je dosáhnout konstantní síly mezi traktorem a připojeným strojem (například pluhem) za cenu částečného vyhloubení.
- Smíšená regulace – současně je v činnosti silová i polohová regulace.
- Regulace na mezní prokluz – při překročení nastavené meze prokluzu dojde k přizvednutí nářadí.
- Tlaková regulace – ve zvedacích válcích ramen zvedacího ústrojí je udržován obsluhou nastavený tlak, což prakticky znamená, že nářadí je trvale nadlehčováno konstantní silou.



obr. č. 3.4 – Elektrohydraulické schéma třibodového závěsu

A – ovladač sloužící k uzamčení polohy třibodového závěsu traktoru, B – hlavní ovládací páka, má čtyři polohy: první poloha zleva – zvednuto, druhá poloha – STOP – nářadí zafixováno v nastavené poloze, třetí – nářadí spuštěno, čtvrtá – rychlé zahloubení, C – D – kontrolní diody – zvedání a spouštění, E – plynulá volba regulačního systému, F – informace – diagnostika, G – digitální nastavení polohy ramen zvedacího ústrojí, rychlosti spouštění; 1,4 – snímač polohy, 2 – elektrohydraulický rozvaděč, 3 – řídicí jednotka, 5 – tlakový snímač, 6 – regulační hydrogenerátor, 7 – snímač rychlosti, 8 – snímač otáček, 9 – snímač síly [3]

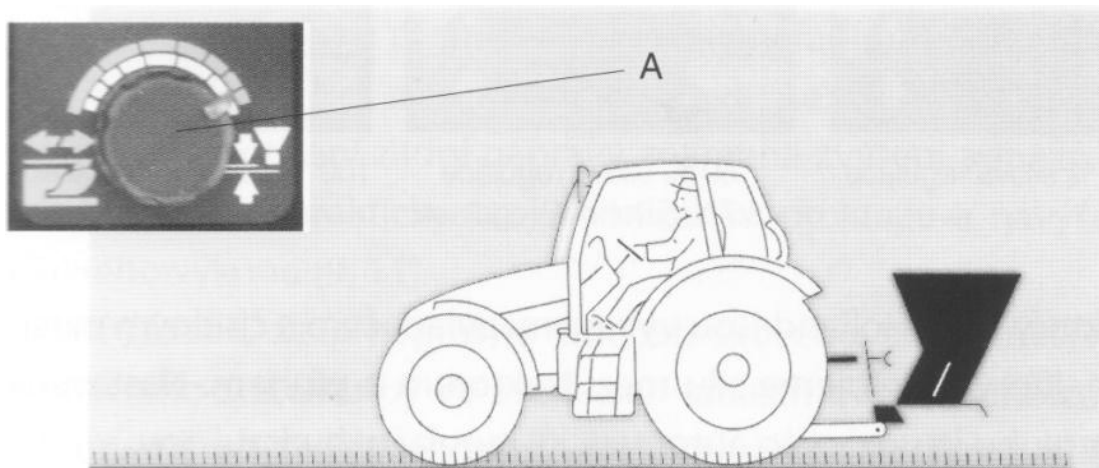
Nastavení jednotlivých regulačních systémů, nebo jejich vzájemnou kombinaci je možné provést na ovládacím panelu umístěném zpravidla na pravé straně v kabině traktoru.

U každého traktoru se označení jednotlivých funkcí ovládání regulační hydrauliky liší, ale principy funkce jednotlivých regulačních systémů jsou stejné. Na obr. č. 3.4 je uvedeno jedno z nejpoužívanějších ovládaní elektrohydraulické regulace třibodového závěsu traktoru. Pomocí ovladače G je možné digitálně zvolit pracovní výšku nářadí, u pluhů například hloubku orby, dále si obsluha může nastavit maximální výšku zvednutí nářadí. Při zvedání nářadí na úvrati obsluha otočí ovladačem B zcela vpravo a nářadí se zvedne pouze do výšky, kterou obsluha nastavila. Při otáčení soupravy na úvrati otočí obsluha ovladačem B do polohy zahloubení a nářadí se zahloubí na hodnotu, která je nastavena na ovladači G, kde se dá také nastavit rychlost spouštění nářadí. Ovladač E slouží pro volbu regulačního systému. Je-li ovladač otočen zcela vlevo – proti směru hodinových ručiček, je ve funkci plná silová regulace. Je-li ovladač otočen zcela vpravo – po směru hodinových ručiček, jedná se o nastavení plné polohové regulace. Mezi jednotlivými krajními polohami se zmenšuje nebo zvětšuje podíl polohové nebo silové regulace. Pootočí-li obsluha ovladačem E přesně do poloviny, je nastavena smíšená regulace tedy v poměru 50 % polohové a 50 % silové regulace.

Jak již bylo uvedeno, jednotlivé regulační systémy se mohou navzájem plynule mísit a u jednotlivých typů traktorů se liší zobrazení, avšak princip je vesměs stejný. [3]

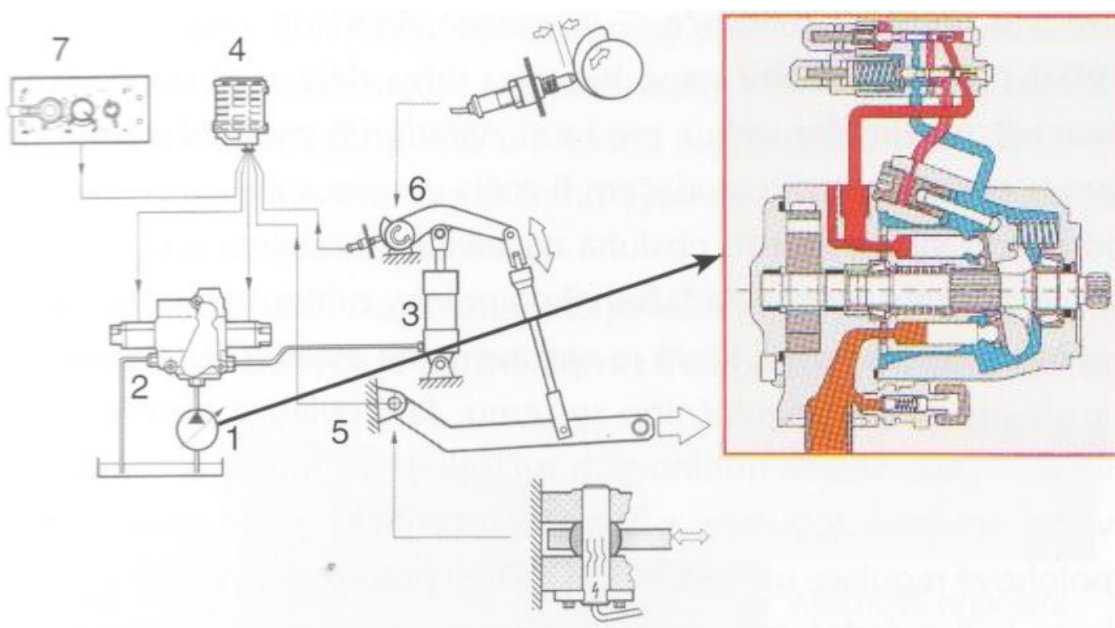
3.2.1 Polohová regulace

Princip práce polohové regulace je patrný z obr. č. 3.5. Otočením ovladače A na tomto obrázku do krajní polohy po směru hodinových ručiček je uveden do činnosti polohový regulační systém. Je aktivován snímač 6, viz obr. 3.6. Snímač 6 snímá polohu ramen zvedacího ústrojí. Snímač síly 5 je vypnut a nezasahuje do regulačního procesu. Dojde-li k poklesu ramen zvedacího ústrojí, informace je zaslána do řídicí jednotky 4, která řídí elektronicky ovládaný rozvaděč 2. Hydrogenerátor 1 dopraví potřebné množství oleje do zvedacího válce 3, jenž zvedne nářadí do polohy nastavené obsluhou.



obr. č. 3.5 – polohová regulace automaticky udržuje nastavenou polohu stroje [3]

Polohová regulace je v podstatě automatické dodržování obsluhou nastavené výšky neseného stroje nad zemí. Je-li k traktoru připojeno například rozmetadlo průmyslových hnojiv, je automaticky udržovaná poloha ramen zvedacího ústrojí třibodového závěsu tak, jak ji nastavila obsluha. Dojde-li z jakýchkoliv příčin k poklesu stroje, je automaticky přizvednut do polohy původní.

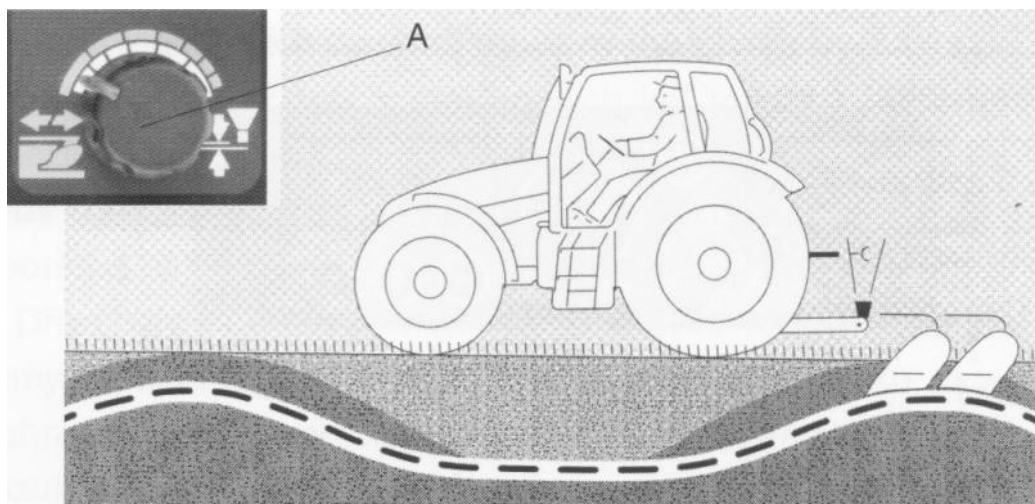


obr. č. 3.6 – Schematické uspořádání jednotlivých prvků EHR

1 – axiální regulační pístový hydrogenerátor, 2 – elektronicky řízený rozvaděč, 3 – pracovní válec hydrauliky, 4 – řídicí jednotka, 5 – snímač síly, 6 – snímač polohy, 7 – ovládací panel [3]

3.2.2 Silová regulace

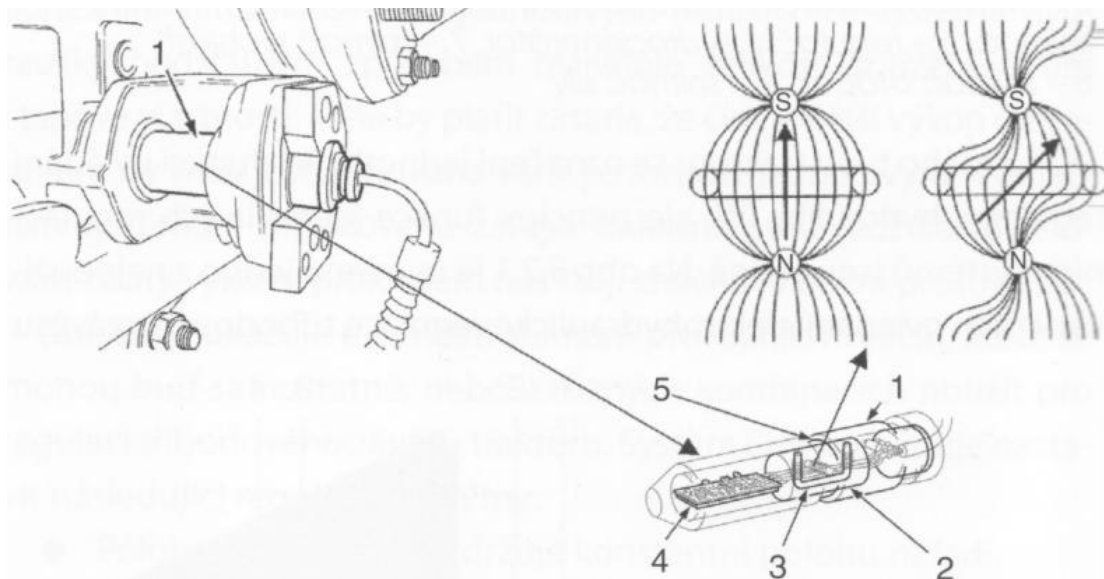
Silovou regulaci uvede obsluha do činnosti tak, že otočí ovladačem A na ovládacím panelu, viz obr. č. 3.7, zcela vlevo proti směru hodinových ručiček a tím uvede do činnosti snímač 5 pro měření síly, viz obr. č. 3.6. Polohový snímač 6 je vypnut a nezasahuje do regulačního procesu. Princip práce silové regulace je patrný z obr. č. 3.7. Silová regulace je regulace na konstantní tažnou sílu.



obr. č. 3.7 – Princip práce silové regulace, potenciometr otočen do krajní polohy [3]

Jedná-li se například o pluh, je snaha silové regulace udržovat odpor pluhu na konstantní hodnotě za cenu částečného vyhloubení, nebo zahloubení pluhu. Dostane-li se pluh do půdy s vyšším odporem, zvýší se síla v dolních táhlech, změna síly se ve snímači převede na elektrickou hodnotu, která je přivedena do řídicí jednotky 4, jež řídí rozvaděč, viz obr. č. 3.4. Při zvětšeném odporu pluhu se šoupátko rozvaděče přesune na zvedání a hydraulický systém začne pluh zvedat. Pluh se vyhlubuje tak dlouho, dokud v dolních táhlech není docílena původně nastavená síla.

Silové snímače pracují na principu induktivní reaktance (zdánlivý odpor součástky s indukčností cívky proti průchodu střídavého proudu) [8]. Jedná se o speciální čepy s tenzometrickými snímači viz obr. č. 3.8, na kterých jsou připevněna táhla tříbodového závěsu traktoru. Uvnitř čepů je umístěno elektronické zařízení. Utěsnění je zajištěno zalitím spojů plastickou hmotou. Princip snímání síly je založen na základě změny magnetického toku v závislosti na změně siločar v namáhaném čepu. Primární cívka vytváří pulzující pole magnetické pole, které snímá sekundární cívka.

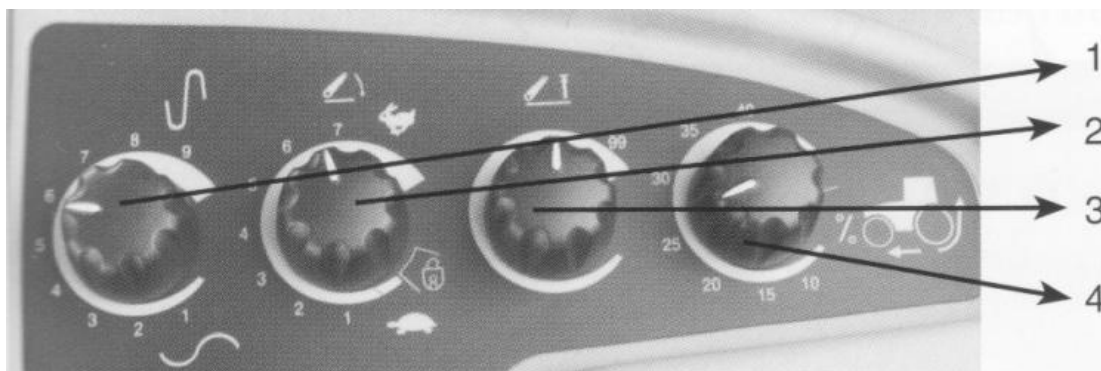


obr. č. 3.8 – Siloměrný čep dolních táhel tříbodového závěsu

1 – čep, 2 – měřicí snímač, 3 – primární a sekundární cívka, 4 – elektronické zařízení, 5 – měřicí zóna [3]

Indukované napětí sekundární cívky podléhá změnám způsobeným silovými účinky v táhlech závěsu. Pokud je čep zatížen konstantní silou, je v něm symetrické magnetické pole, nebo naopak, nesymetrické, viz obr. č. 3.8. Měřicí zóna je v rovině kolmé k ose čepu uloženého v konzole dolních táhel. Díky zanedbatelným deformacím jádra snímače v měřicí zóně je hystereze minimální což zvyšuje citlivost.

Při orbě na silovou regulaci, zvláště na kamenitých půdách, nebo v půdách s rozdílnou homogenitou, může dojít k částečnému vyhlubování nebo zahlubování pluhu. V půdách s měnící se homogenitou je třeba pomocí ovladače, viz pozice 1 obr. č. 3.9, nastavit menší citlivost silových snímačů.



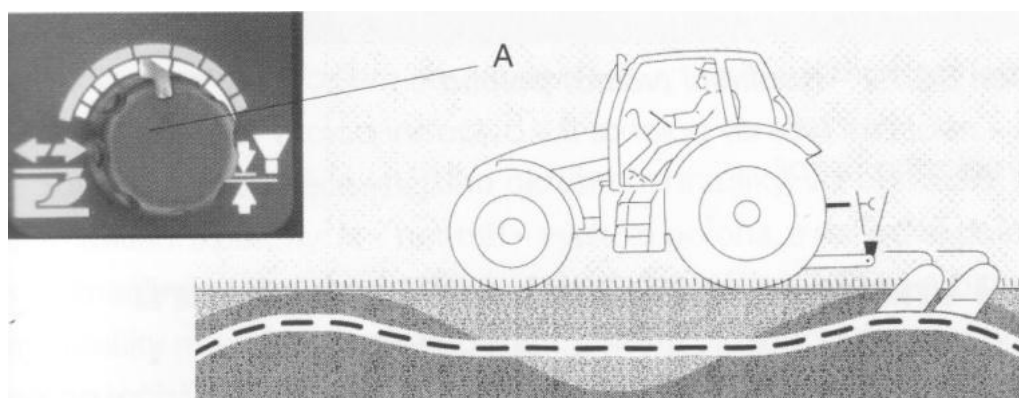
obr. č. 4.9 – Ovládací prvky pro nastavení tříbodového závěsu traktoru

1 – ovladač pro nastavení citlivosti snímačů pro měření síly, 2 – ovladač pro nastavení rychlosti spouštění, 3 – ovladač určující výšku zdvihu ramen zvedacího ústrojí, 4 – ovladač pro nastavení mezního prokluzu [3]

Je-li ovladač 1 otočen zcela vlevo proti směru hodinových ručiček, citlivost snímačů na změnu síly je minimální a je-li ovladač naopak otočen zcela vpravo je citlivost snímače na změnu síly maximální. U některých traktorů je možné předvolit rozsah zahlubování či vyhlubování pluhu. Činnost silového regulačního systému ovlivňuje také nerovnost pole. Při práci s neseným kombinovaným kypřičem se vlivem nerovností, zvláště při pracovních rychlostech nad $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, projeví vertikální kolísání celé soupravy, které negativně ovlivňuje dodržení nastavené hloubky kypření. V uvedeném případě můžeme silovým regulačním systémem docílit poměrně dobrého dodržení nastavené hloubky kypření. [3]

3.2.3 Smíšená regulace

Princip práce smíšené regulace je patrný z obr. č. 3.10. Je to regulace kde společně fungují dva systémy, regulace polohová a regulace silová. Například jedná-li se o orbu a dostane-li se pluh do hutnější půdy, zvětší se síla v impulzních táhlech. Silová regulace začne pluh vyhlubovat, ale její činnost koriguje polohová regulace. Výsledkem smíšené regulace je skutečnost, že se pluh vyhloubí o menší hodnotu. Obdobná situace jako u orby bude v případě, ocitne-li se pluh v půdě s menším odporem, nedojde k takovému zahloubení jako u silové regulace.



obr. č. 5.10 – Princip činnosti smíšené regulace [3]

V případech, kdy podmínky nedovolí používat silovou regulaci, můžeme ovladačem A, obr. č. 3.10, navolit libovolné poměrové zastoupení silové nebo polohové regulace. Pootočíme-li ovladačem A přesně na polovinu rozsahu stupnice, máme 50 % regulace polohové a 50 % regulace silové. V tomto případě budou aktivovány jak snímače síly 5, tak také snímač polohy nářadí, viz obr. č. 3.6. Dostane-li se orební souprava do půdy s větším odporem, silová regulace začne pluh vyhlubovat, pohyb ramen zvedacího ústrojí, na němž je umístěna polohová vačka, způsobí zasunutí snímače 6, který přes řídicí jednotku 4 ukončí vyhlubování pluhu. Rovněž i zde, podobně jako u silové regulace, můžeme nastavit citlivost siloměrných čepů pomocí ovladače, viz obr. č. 3.9, pozice 1. [3]

3.2.4 Regulace na mezní prokluz

Prokluz je ztráta tření mezi pneumatikou a vozovkou. Je to rozdíl mezi rychlostí vozidla a obvodovou rychlostí pneumatiky, což znamená, že se kolo vozidla se otáčí vyšší rychlostí, než by odpovídala rychlosti pohybu obvodu pneumatiky při dané rychlosti a dynamickém poloměru kola (tj. kolmá vzdálenost středu kola od opěrné plochy, který má kolo při jízdě vozidla). Prokluz kol nastává při překonání součinitele tření mezi pneumatikou a vozovkou.

Prokluz se stanoví z rychlosti vozidla a otáček kol. V dnešní době u moderních traktorů se obsluze traktoru zobrazí prokluz kol na palubní desce, prokluz je počítán řídicí jednotkou. Vzorec pro výpočet prokluzu kol je obecně dán vztahem (3.1).

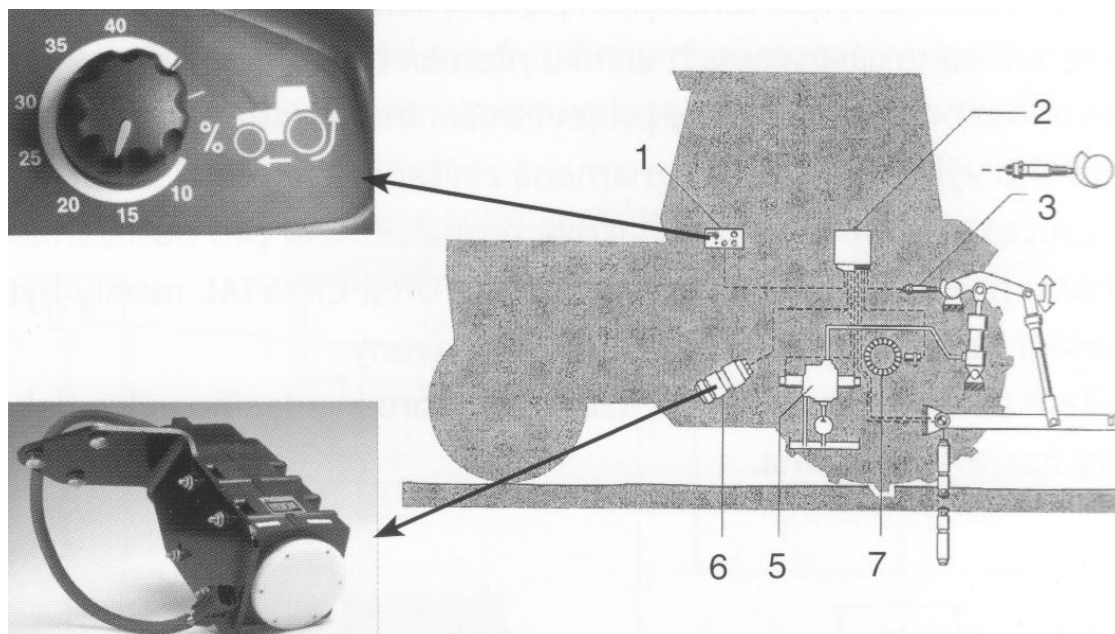
$$\delta = \frac{v_k - v_v}{v_k} \cdot 100 [\%] \quad (3.1)$$

δ ... prokluz kol

v_k ... obvodová rychlost kola [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

v_v ... rychlost vozidla [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

Při práci traktorové soupravy na poli může dojít například vlivem mokrých míst ke zvýšenému prokluzu hnacích kol a přitom se síla mezi traktorem a pluhem musí měnit. V uvedeném případě silová regulace nebude reagovat, traktor bude ztrácet rychlost a v mezním případě může i zastavit.



obr. č. 3.11 – Funkční schéma elektrohydraulické regulace na mezní prokluz

1 – ovládací panel, 2 – řídicí jednotka, 3 – snímač polohy, 4 – elektricky řízený rozvaděč, 5 – elektricky řízený rozvaděč, 6 – snímač skutečné rychlosti (radar), 7 – snímač otáček [3]

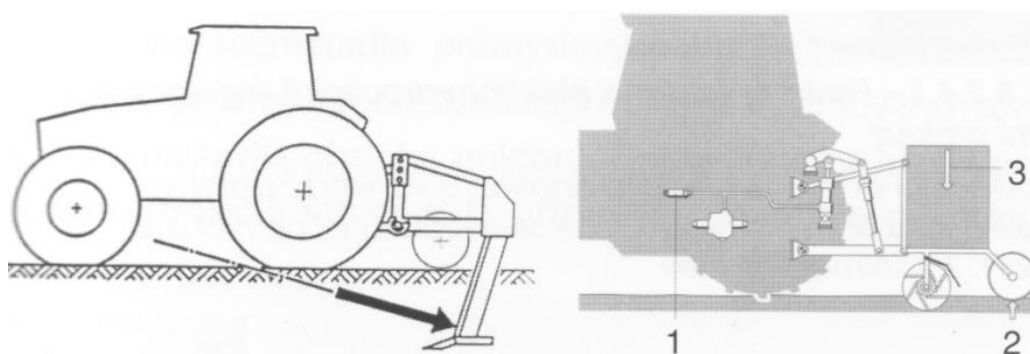
Regulace na mezní prokluz, viz obr. č. 3.11, reaguje na změnu rychlosti soupravy. Skutečná rychlost soupravy se měří pomocí radarového snímače – pozice 6 na obr. č. 3.11. Teoretická rychlost soupravy je měřena snímačem pozice 7, který měří otáčky hnacích kol traktoru. Z obou signálů lze vypočítat prokluz. Princip činnosti regulace na mezní prokluz je následující: Nastaví-li obsluha na ovládacím panelu (pozice 1, viz obr. č. 3.11) v našem případě mezní hodnotu prokluzu 16 % a dojde-li ke ztrátě rychlosti v důsledku zvětšení prokluzu, která znamená překročení mezní hodnoty nastavené na ovládacím panelu, dojde k přizvednutí pluhu. Přizvednutí pluhu způsobí dotížení hnacích kol traktoru, což prakticky znamená snížení prokluzu, nedochází ke ztrátě rychlosti, a tím ani ke ztrátám tahového výkonu.

Výhodou elektrohydraulických systémů je možnost regulaci na mezní prokluz kombinovat s ostatními regulačními systémy jako například silovým nebo smíšeným. [3]

3.2.5 Tlaková regulace

V zemědělské praxi existuje celá řada strojů, která používá při práci opěrná kola viz obr. č. 3.12. Příkladem může být hloubkový kypřič, jenž je zavěšen na traktor pomocí tříbodového závěsu. Poněvadž je stroj vybaven opěrnými koly, je při hlubokém kypření nastavena volná poloha tříbodového závěsu. Pohyb závěsu je ovlivňován opěrnými koly, která jsou zatížena hmotností stroje včetně vertikální složky odporu půdy.

Tažná síla traktoru je limitována jeho tíhou, částí síly stroje a konkrétním stavem půdy, který se vyjadřuje tzv. součinitelem záběru. Tlaková regulace má svoje opodstatnění u strojů s opěrnými koly. Opěrná kola připojeného stroje zachycují vertikální síly, které vytvářejí valivý odpor, jenž musí traktor překonávat. Tím, že jsou vertikální síly přeneseny na opěrná kola stroje, nemohou být využity k dotížení hnacích kol traktoru a tahová síla je dána pouze tíhou traktoru, částí tíhy stroje a stavem půdy. V praxi, v důsledku malých dešťových srážek, navlhne vrchní vrstva půdy, a proto dojde k poklesu součinitele záběru. V tomto případě je tahový výkon limitován stavem půdy a traktor není schopen výkon motoru efektivně převést na výkon tahový. Při použití tlakové regulace dokážeme regulovaně část silových účinků přenést na traktor, a tím zvýšit jeho adhezi, což se prakticky projeví snížením prokluzu a zvýšením tahového výkonu. V praxi to znamená zvýšení výkonnosti soupravy při současné úspoře paliva. Tlaková regulace není pro naši zemědělskou praxi nic nového, traktory jako například Zetor UŘ II CRYSTAL mohly být na přání zákazníka tlakovou regulací vybaveny.



obr. č. 3.12 – Funkční schéma tlakové regulace

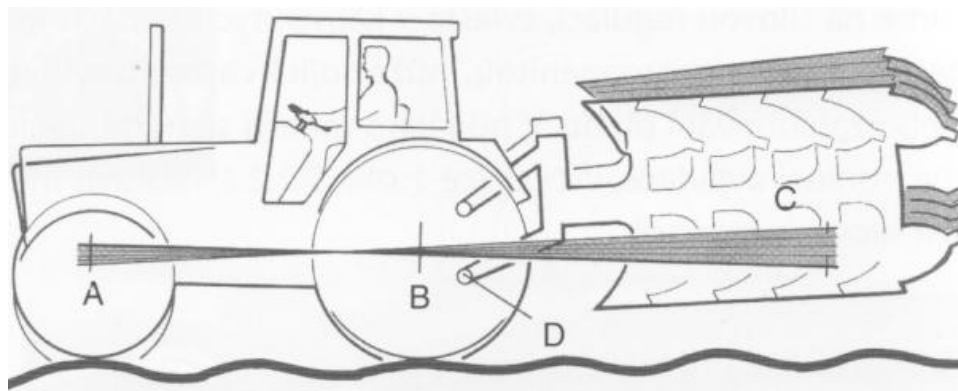
1 – snímač tlaku, 2 – opěrné kolo, 3 – stroj zavěšený v tříbodovém závěsu [3]

Cílem tlakové regulace je udržet v prostoru zvedacího válce tlak, který nastavila obsluha. Tlak ve zvedacím válci je měřen snímačem 1, viz obr. č. 3.12, změna tlaku

je vedena do řídicí jednotky, která ovládá nadlehčování stroje. Regulaci zatížení opěrných kol stroje je možno u EHR-D použít i u předního tříbodového závěsu. U dvojčinného pracovního válce na předním tříbodovém závěsu traktoru je možné tlakovou regulaci použít i k přitlačení například pěchovacích válců. [3]

3.2.6 Tlumení kmitů

Nerovnosti na cestách mohou způsobovat u zemědělských traktorů s těžkými nesenými stroji při transportu kmity. Důsledkem toho jsou velké dynamické výkyvy na přední nápravě, dochází k odlehčování nápravy a je omezena řiditelnost soupravy. Cílem regulace je nářadí udržet v určité výšce a přitom tlumit kmity na přední nápravu traktoru viz obr. č. 3.13.



obr. č. 3.13 – Systém tlumení kmitů

A – střed přední nápravy, B – střed zadní nápravy, C – nesený pluh, D – snímač síly v dolních táhlech [3]

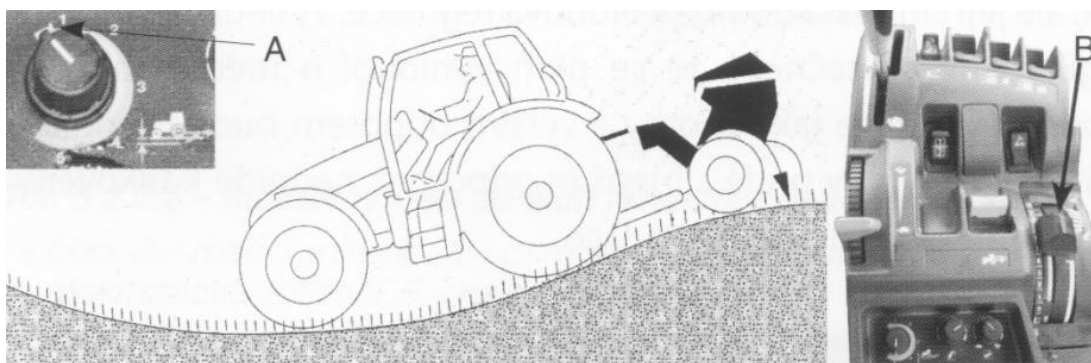
K aktivnímu tlumení je možno použít elektrohydraulickou regulaci, která nabízí volbu k ovládní tlumení. Při zapnutém kompenzátoru kmitů se ramena hydrauliky po přestavení tříbodového závěsu traktoru do transportní polohy zastaví před horní polohou. Za jízdy kolem této polohy hydraulický mechanismus regulovaně přizvedává a pouští nesený stroj. V tomto regulačním systému pracuje aktivní ovladač tlumení kmitů. Kmitání vede k dynamickému napětí na čepech snímajících sílu v táhlech tříbodového závěsu. Signály z čepů snímajících sílu jsou vyhodnocovány. Ovládací okruh řídí rozvaděč, a tím i polohu tříbodového závěsu traktoru. Při této funkci není poloha tříbodového závěsu fixní, ale je ovládána tak, aby docházelo ke stabilizaci celé soupravy.

Výhody aktivního tlumení jsou následující:

- vyšší bezpečnost jízdy,
- může být zvětšena pojezdová rychlost,
- vyšší jízdní komfort,
- nižší dynamické namáhání celého traktoru,
- stabilizace absolutní výšky nářadí nad zemí během jízdy.

3.2.7 Neutrální (volná) poloha

Tříbodový závěs je v celém rozsahu volný a opěrná kola zemědělského stroje mohou kopírovat terén, viz obr. č. 3.14. Při volné poloze je třeba ovladač A přesunout do levé krajní polohy. Páka B ovládá polohu ramen zvedacího ústrojí, určuje výšku dolních táhel nad zemí. Abychom umožnili tříbodovému závěsu v celém jeho zdvihu volný pohyb, musíme přesunout páku B ovládající polohu ramen zvedacího ústrojí do krajní polohy, která znamená úplné spuštění. V tomto případě je vertikální pohyb ramen zvedacího ústrojí v celém rozsahu zdvihu volný. [3]



obr. č. 3.14 – Neutrální (volná) poloha

A – neutrální volná poloha, B – ovládání polohy ramen zvedacího ústrojí [3]

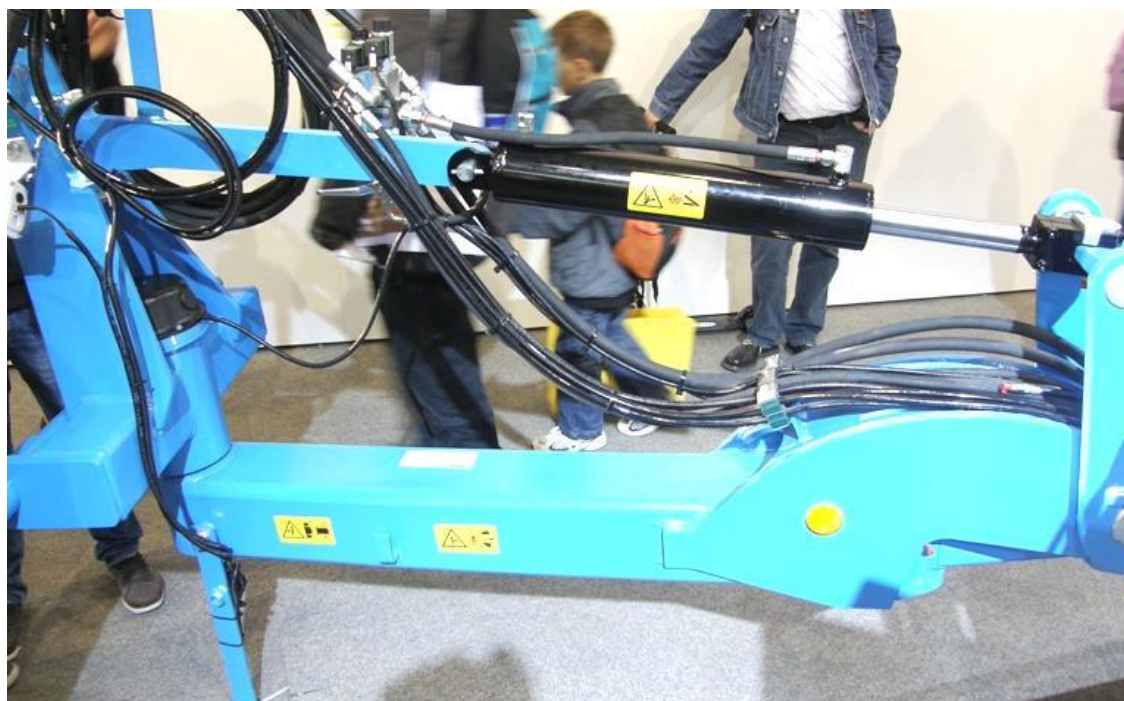
3.3 Řízený trakční posilovač

Snížení prokluzu bez nadměrného dotěžování. Novinkou u polonesených pluhů Lemken Diamant 12 je řízený trakční posilovač, podobný systému u radličkových kypřičů Karat (pluhy řady Diamant 11 mají známé provedení posilovače). Pístnice

mezi rámem a stojánkem pluhu po zvýšení tlaku „přitahuje“ pluh k traktoru a tím jeho zadní nápravu dotěžuje. Na zadní kola se přenáší hmotnost od pluhu a od přední nápravy silou, jejíž výši určí řidič pomocí ovládacího pultu v kabině. Doporučuje se traktor vybavit vhodně dimenzovaným čelním závažím, zato závaží do zadních kol již nemusí být zapotřebí (jako doposud běžná výbava orebních traktorů).

Trakční posilovač má smysl u všech verzí pluhu. Představu o jeho významu může dát celkový záběr například devítiradličné verze pluhu, který dosahuje téměř 5 m. Traktor by pracoval s nižším prokluzem kol, nižší spotřebou a při vyšší pojzdové rychlosti.

Řízený trakční posilovač je napojen na LoadSensing hydrauliku traktoru. Je vybaven specifickým souvratovým managementem s názvem „TurnControl“, který zajišťuje, aby systém byl účinný tehdy, pokud je zapotřebí, tzn. za jízdy traktoru v brázdě. Ve chvíli, kdy obsluha traktoru zvedne pluh na opěrném kole (což signalizuje senzor polohy), tlak v posilovači klesne na nastavenou hodnotu (např. 5 MPa). V průběhu otáčení soupravy na souvrati měří senzor v připojovacím čepu úhel natočení traktoru a tlak v pístnici automaticky reguluje tak, aby stabilita traktoru nebyla negativně ovlivněna. I pro přejezdy je možné tlak snížit.



obr. č. 3. 15 – Řízený trakční posilovač

[9]

4. Poznatky z využití vlivu regulačních systémů

Cílem této kapitoly je poukázat na možnosti úspory nafty při současném zachování solidní výkonnosti orebních souprav. V této kapitole jsou převzaty výstupy z měření, které provedl prof. František Bauer a doc. Pavel Sedlák a publikovali je v knize Traktory a jejich využití 2013.

Zásadou práce traktoru v orbě je, že motor traktoru s plnou dodávkou paliva musíme využít pluhem tak, aby se motor dostal do ekonomického režimu, přičemž rychlost orby musí odpovídat rychlosti doporučené výrobcem pluhu. Z toho hlediska jsou velmi výhodné pluhy s hydraulicky měnitelným záběrem, tzv. vario. Systémy vario umožní v rozdílných půdních podmínkách nastavit záběr tak, že volbou vhodného regulačního systému tříbodového závěsu traktoru a správným řazením převodových stupňů zatíží obsluha motor tak, že pracuje v ekonomické oblasti. Výsledkem je nízká spotřeba nafty společně s dobrou výkonností orební soupravy. [3]

Uvedené tvrzení si lze ověřit naměřenými výsledky, kterých bylo dosaženo orební soupravou tvořenou traktorem John Deere 6920S s poloneseným otočným pluhem Lemken Vari Diamant.

Měření bylo prováděno na těžké jílovitohlinité půdě s hmotnostní vlhkostí 17 %. Pro objektivní porovnání výsledků měření u zvolených regulačních systémů byla vybrána měření se stejnou průměrnou hloubkou orby 28 cm. Motor pracoval s plnou dávkou paliva. Otáčky motoru se u všech měření pohybovaly v rozsahu 1800-2000 ot·min⁻¹. Měření byla prováděna na dva regulační systémy. Měření na zvolený regulační systém bylo pětkrát opakováno a byly vypočteny průměrné hodnoty.

Tab. 3.1 – Vypočítané průměrné hodnoty z měření

Vliv nastavení regulačního systému TBZ	80 % silová a 20 % polohová regulace	80 % polohová a 20 % silová regulace
Na spotřebu nafty [$l \cdot ha^{-1}$]	25,81	27,4
Na efektivní výkonnost [$ha \cdot h^{-1}$]	1,2	1,06
Na prokluz kol [%]	23,34	27,53
Na kolísání otáček motoru [%]	5,64	9,66

Na základě realizovaného měření můžeme konstatovat, že u série měření, kde byl regulační systém nastaven na 80 % silové a 20 % polohové regulace, došlo k úspoře nafty o 6,2 % ve srovnání s nastaveným regulačním systémem na 80 % polohové a 20 % silové. Z naměřených hodnot u efektivní výkonnosti došlo ke zvýšení výkonnosti orební soupravy o 13,2 %. [9,10]

Na základě naměřených hodnot můžeme dokumentovat ekonomickou výkonnost práce orební soupravy s regulačním systémem, kde rozhodující podíl měla silová regulace. V podstatě se jedná o lepší využití motoru. Tím, že při práci traktoru, kde je větší podíl silové regulace, je část hmotnosti pluhu přenášena na traktor, dochází ke snížení prokluzu, rychlost soupravy neklesá a souprava dosahuje vyšší výkonnosti. Přenášením hmotnosti pluhu na traktor se děje regulovaně, (proto také název regulační hydraulika), v okamžiku kdy dojde ke zvětšení odporu pluhu. Pro dosažení optimální tahové účinnosti orební soupravy je důležité vybavit traktor závažím tak, aby bylo větší zatížení na přední nápravě, například 55 % zatížení přední nápravy a 45 % zatížení zadní nápravy. Dojde-li ke zvětšení odporu půdy v impulzních táhlech (u traktorů vyšších výkonnostních tříd jsou to zpravidla dolní táhla), dojde ke zvýšení tahové síly. Změna síly se převádí na elektrickou veličinu, která pomocí počítače řídí ovladač hydrauliky, jenž ovládá pluh. Celý proces je zcela automatizován a o kolik a jak rychle se přizvedne pluh, záleží na obsluze, jak nastaví jednotlivé regulační prvky na panelu. Regulační systém by měl být nastaven tak, aby nedocházelo k nadměrnému zvedání pluhu, význam má přenesení pouze části hmotnosti pluhu na traktor. Větší podíl silové regulace přispívá k menšímu kolísání otáček motoru, což je pozitivní, poněvadž obsluha při změně odporu pluhu nemusí tak často řadit jako v případě většího podílu polohové regulace. Podobným

způsobem může být ovládán pluh například při regulaci na konstantní prokluz s tím rozdílem, že vstupní impuls nebude změna síly, ale změna prokluzu. Jednotlivé regulační systémy, silový, smíšený, regulace na konstantní prokluz, se dají vzájemně kombinovat a proporcionálně měnit jejich zastoupení.

Nelze ovšem tvrdit, že silový regulační systém je vždy výhodný. Proto má obsluha možnost si pro konkrétní podmínky daného pole zvolit regulaci, která splňuje agrotechnické požadavky na orbu a přitom šetří naftu. Například při orbě s neseným pluhem a nerovným povrchem pole dochází při polohové regulaci k přenosu nerovnosti pole na celou soupravu. To se prakticky projeví nežádoucím kolísáním hloubky orby. Silová nebo smíšená regulace dokáže na zmíněné nerovnosti reagovat a hloubku orby vyrovnává. Naopak orba na plnou silovou regulaci v nehomogenní půdě způsobuje problémy tím, že dochází k častému vyhlubování pluhu. Proto jsou systémy regulační hydrauliky vybaveny potenciometry, které umožní kombinovat více regulačních systémů, nebo změnit citlivost siloměrných čepů.

Zavedením elektrohydraulické regulace tříbodového závěsu traktoru se obsluze otevírají široké možnosti zvolit takovou kombinaci regulačních systémů, která umožní regulovaně dotěžovat hnací kola traktoru, a tím lépe využívat výkon motoru. Přenášení hmotnosti pluhu by nemělo být spojeno s velkými výkyvy v hloubce orby. Dnešní elektrohydraulické ovládání tříbodového závěsu traktoru dokáže regulovaně dotěžovat hnací kola traktoru, aniž by negativně ovlivnilo agrotechnické požadavky na práci zemědělského stroje, který je připojen k traktoru. Účinnost přenosu hnacích sil z kol traktoru na podložku záleží hlavně na adhezním zatížení. Činnost jednotlivých regulačních systémů hydrauliky podstatným způsobem, jak bylo ukázáno, ovlivňuje prokluz a tahové vlastnosti traktoru. Měla by platit zásada, že čím větší výkon traktoru, tím by měla být věnována větší pozornost jednotlivým regulačním systémům tříbodového závěsu traktoru. Uvedený příklad, kde je dokumentován pozitivní vliv regulační hydrauliky na energetické a výkonnostní parametry orební soupravy, platí i pro ostatní stroje, například kombinované kypřiče nebo talířové brány. [3]

Z hlediska konkurenceschopnosti našeho zemědělství je důležité snižování nákladů. Výrobci traktorů se snaží o neustálou vysokou technickou úroveň vybavení, která při správném využití dává reálné možnosti snižovat náklady v rostlinné

výrobě. Motory traktorů dosahují nízké měrné spotřeby paliva. Převodovky řazené při zatížení mohou být řízeny počítačem, který dokáže řadit tak, aby motor pracoval v ekonomické oblasti úplné charakteristiky. Požadavky na sestavování traktorových souprav jsou stále náročnější. Hydraulika traktorů zaznamenala velký pokrok spočívající v elektronice a v nárůstu zvedacích sil v tříbodovém závěsu. Elektrohydraulické regulační systémy dnešních traktorů významným způsobem ovlivňují tahové vlastnosti, a tím ekonomiku provozu traktorových souprav. [12]

5. Metodika sledování práce regulační hydrauliky

Práci regulační hydrauliky jsem sledoval osobně. Ve společnosti Agrocentrum ZS s.r.o., která se zabývá prodejem a servisem traktorů, sklízecích mlátiček, lisů Massey Ferguson a traktorů Valtra, jsem požádal o kontakty na družstva v okolí mého bydliště, kde by mi byli ochotní věnovat chvíli času a kde bych mohl tuto danou problematiku sledovat. Následně jsem objížděl několik družstev a několik desítek pracovníků, co prováděli těžké polní práce, někteří čas měli a někteří ne. Ve třech družstvech mi byli ochotní poradit s danou problematikou a věnovali mi čas potřebný pro zjištění údajů, které jsem potřeboval zjistit. Dále jsem se pokoušel zkontaktovat i několik soukromníků, ale neuspěl jsem.

V každém z jednotlivých podniků jsem byl poslán za obsluhou traktoru na pole. Nastoupil jsem do traktoru a ptal jsem se na využití regulační hydrauliky, následně mi traktorista popisoval a názorně předváděl, jak regulační hydraulika funguje, jak s ní pracují a jaké nastavení používají pro danou operaci. Z těchto informací jsem zjistil, jak je regulační hydraulika využívána a jaké znalosti má obsluha traktoru o práci s ní. Pozoroval jsem mnoho různých traktorů a souprav při těžkých operacích jako je třeba podmítka, ale hlavně při orbě. Zjišťoval jsem, zda má vůbec obsluha alespoň ponětí o tom, jak regulační hydraulika funguje a zda-li ví, jak ji správně využívat.

Sledování regulační hydrauliky jsem musel provádět formou dotazování přímo u traktoristů, nepodařilo se mi totiž sehnat traktor, obsluhu a ani pozemek, kde bych mohl tuto danou problematiku sledovat.

5.1 Výsledky měření ve firmě Zemas AG, a. s.

Firma Zemas AG,a.s. hospodaří na celkové výměře 3590 ha zemědělské půdy v bramborářské výrobní oblasti, z toho je 2755 orné půdy a zbylých 835 hektarů je vedeno jako trvale travní porosty (z části pastviny). Rostlinná výroba se zaměřuje na tradiční plodiny z Kraje Vysočina, jako jsou pšenice, ječmen, žito, řepka, brambory, kukuřice a mák.

Firma vlastní 46 traktorů a z toho těchto 5 traktorů vykonává těžké polní práce:

- Massey Ferguson 8680
- Massey Ferguson 8680
- Lamborghini R8 230
- Massey Ferguson 7615
- Same iron 210

V kombinaci s těmito stroji:

- Kverneland RB 8
- Kverneland PB 4+1
- Lemken Diamant 11 6+1
- Köckerling Allrounder 600
- Pöttinger Terradisc 3501
- Pöttinger Terradisc 4001
- Farmet K600

Všechny služby traktorů z tohoto podniku se shodly na tom, že nastavení regulační hydrauliky nemění. Je nastaveno tak, aby se konkrétně u poloneseného pluhu držela stále stejná hloubka orby, protože když regulační hydraulika pluh částečně vyhloubí tak, že některé radlice nejsou skoro vůbec v záběru, a dochází tím tak k nerovnoměrné orbě. Proto si pluh až v krajním případě vždy vyhloubí ručně. Plně využívat regulační hydrauliky by se podle nich dalo u nesených pluhů, kdy je částečné vyhloubení rovnoměrnější než u pluhu poloneseného. Pokud je ale polonesený pluh vybaven trakčním posilovačem viz. obr. č. 3. 15, tak se nedostatky s nerovnoměrným vyhloubením dají eliminovat.

5.2 Výsledky měření v podniku ZP Ostrov, a. s.

Tento podnik hospodaří na výměře 1176 ha zemědělské půdy, z toho je 907 ha orné půdy a 269 ha luk a trvale travních porostů. Provozuje zemědělskou prvovýrobu, která je hlavní činností a podniká ve službách a ve výrobě polotovarů pro potravinářský průmysl. Společně s akciovou společností ZERAS, a.s., Radostín nad Oslavou vlastní bramborárnu. Rostlinná výroba je zaměřena na výrobu obilovin, brambor a krmných plodin pro živočišnou výrobu. Živočišná výroba je zaměřená na výrobu mléka.

Podnik vykonává zpracování půdy s těmito traktory:

- Zetor maxterra 180 (prototyp)
- Massey Ferguson 7495
- Massey Ferguson 7624
- Same iron 210

V kombinaci s těmito stroji:

- Lemken Diamant 11 5+1
- Pöttinger SERVO 6.50
- Horsch Terrano 4 FX
- Pöttinger TERRADISC 5001 T
- Kverneland Qualidisc 5000

Při měření v tomto podniku mi bylo obsluhou traktoru řečeno, že regulační hydrauliku nepoužívají. Ale při důkladnějším dotazování jsem zjistil, že regulační hydrauliku používají, a to následujícím způsobem:

Nastaví si polohovou regulační hydrauliku, tlakovou regulaci, výšku zvednutí pluhu, hloubku orby na 16 cm, rychlost spouštění a zvedání. Když traktor dosáhne moc velkého prokluzu, pluh si vyhloubí ručně. U staršího pluhu Lemken využívají regulační hydrauliku více, ale u pluhu Pöttinger se využívá hlavně trakční posilovač, který dotěžuje traktor. V tomto podniku mají doporučeno držet hloubku orby okolo 16 cm.

5.3 Výsledky měření v podniku Hospodářské obchodní družstvo Březejc

Tento podnik hospodaří na 697 ha zemědělské půdy, z toho je 148 ha trvale travních porostů. Na orné půdě pěstují zpravidla obiloviny, které slouží jak k zabezpečení vlastní krmivové základny pro živočišnou výrobu, tak k prodeji jako osiva pro Oseva, Agro Brno. Dále pěstuje na 12 ha trávy na semeno.

Podnik vykonává zpracování půdy s těmito traktory:

- CASE IH CVX 1195
- CASE JX 90
- CASE 7120

V kombinaci s těmito stroji:

- Lemken Diamant 11 6+1
- Gregore Besson XRVP 4,8
- Kuhn Master 183 T 6

Při měření v tomto podniku jsem zjistil, že jedna obsluha traktoru nemá dostatečné vědomosti pro provádění orby a neví o regulační hydraulice skoro nic. Následkem toho jejich obhospodařovaná pole docela dost trpí. Druhá obsluha traktoru na tom ohledně vědomostí o regulační hydraulice byla podstatně lépe a i kvalita orby byla tím pádem lepší. Regulační hydrauliku samozřejmě částečně využívali, avšak tento podnik dopadl nejhůř. Jak mi bylo řečeno, panel na regulační hydrauliku je zaprášený a jen minimálně se s ním nějak pracuje.

6. Vyhodnocení získaných výsledků a doporučení pro praktický provoz

Při měření jsem zjistil, že obsluha traktorů nemá ve většině případů ani ponětí jak regulační hydraulika funguje. Nastavení ovládacích prvků tříbodového závěsu používají málo. Od některé obsluhy jsem také slyšel, že mají nařízeno neměnit nastavení tříbodového závěsu, kvůli stálé hloubce podmítky nebo orby. Také mi bylo řečeno, že regulační hydrauliku používají co nejméně, protože by se v traktoru jinak moc nudili. Ve většině případů se obsluhy traktorů shodly na tom, že u nesených pluhů se dá regulační hydraulika využívat více než u pluhů polonesených, avšak pokud je polonesený pluh vybaven trakčním posilovačem, dá se využívat více.

Dále jsem zjistil, že například v naší oblasti nemá obsluha traktoru dostatečné vědomosti pro správné provádění těžkých polních operací. Setkal jsem se s tím, že obsluha prováděla orbu po vrstevnici směrem dolů. Následkem toho se začínají vytvářet kamenité ostrůvky na poli a čím dál častěji se objevují velké kameny, nehledě na to, že traktor provádějící orbu po vrstevnici dolů má nižší trakční schopnosti, tím pádem větší prokluz, horší ovladatelnost a ekonomiku jízdy. Proto bych doporučil povinné školení pro obsluhu provádějící těžké polní práce.

V menším měřítku obhospodařované půdy se bez elektrohydraulických regulačních systémů neobejdeme z toho důvodu, že máme k dispozici jen několik traktorů pro všechny operace. Ale pro velké podniky by se vyplatilo mít elektrohydraulické regulační systémy jen v traktorech, které vykonávají těžké polní práce. Je tím myšleno, že například u zmíněných traktorů pro těžké operace by elektrohydraulické regulační systémy byly a u traktorů na jiné operace by byly tyto systémy zbytečné. Dále bych doporučil, aby traktory pro těžké polní práce byly vybaveny pásy, kvůli utužení půdy.

7. Seznam použité literatury

- [1] Bauer F. Vliv regulační hydrauliky na spotřebu paliva a na výkonnost orebních agregátů. Zeměd. techn. 1988. 34, 4, 193-201. ISSN 0044 3883.
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Massey_Ferguson#T.C5.99.C3.ADbodov.C3.BDz.C3.A1v.C4.9Bs (zjištěno dne 3.12.2015)
- [3] Bauer F. a kol. Traktory a jejich využití. Praha, Profi Press 2013, 224 s. ISBN 978-80-86726-52-6.
- [4] Firemní literatura Mendleu.
- [5] Firemní literatura Zetor Brno
- [6] Bauer F. a kol. Traktory a jejich využití. Praha, Profi Press 2006, 191 s. 80-86726-15-0.
- [7] Bauer F. a Sedlák P. Dokonalé zvládnutí technického vybavení traktorových souprav cesta ke snížení nákladů. Zlín, Academia centrum. 2002. ISBN 80-92411-8-2.
- [8] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Induktance> (zjištěno dne 9.12.2015)
- [9] <http://www.lemken.cz/se-ctyrmi-medailemi-do-nove-sezony-cast-2> (zjištěno dne 28. 3. 2015).
- [10] Bauer, F., Sedlák, P.: Attached plows linkage influence on the load of traktor driving wheels. Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis. 2003, 3, s. 193-204.
- [11] Bauer F. Orba neseným pluhem z hlediska vybraných parametrů traktoru. Zeměd. techn. 1998.
- [12] <http://mechanizaceweb.cz/dokonale-zvladnuti-technickeho-vybaveni-stroju-cesta-ke-snizeni-nakladu> (zjištěno dne 17.12.2014).

8. Seznam obrázků a tabulek

obr. č. 2.1 – Hlavní rozměry tříbodového závěsu	8
obr. č. 2.2 – Tříbodový závěs traktorů	10
obr. č. 2.3 – Seřizovací prvky tříbodového závěsu	11
obr. č. 3.1 - Přenos odporu půdy u hydrauliky traktorů těžké řady (UŘ II) změna sil v dolních táhlech tříbodového závěsu	15
obr. č. 3.2 – Schéma mechanického regulačního systému Zetormatic UŘ I – smíšená regulace (měření sil v horním táhle tříbodového závěsu)	16
obr. č. 3.3 – Nastavení regulační hydrauliky systému Zetormatic.....	17
obr. č. 3.4 – Elektrohydraulické schéma tříbodového závěsu.....	19
obr. č. 3.5 – Polohová regulace automaticky udržuje nastavenou polohu stroje	21
obr. č. 3.6 – Schematické uspořádání jednotlivých prvků EHR	21
obr. č. 3.7 – Princip práce silové regulace, potenciometr otočen do krajní polohy ..	22
obr. č. 3.8 – Siloměrný čep dolních táhel tříbodového závěsu	22
obr. č. 3.9 – Ovládací prvky pro nastavení tříbodového závěsu traktoru.....	23
obr. č. 3.10 – Princip činnosti smíšené regulace	24
obr. č. 3.11 – Funkční schéma elektrohydraulické regulace na mezní prokluz	26
obr. č. 3.12 – Funkční schéma tlakové regulace	27
obr. č. 3.13 – Systém tlumení kmitů	28
obr. č. 3.14 – Neutrální (volná) poloha	29
obr. č. 3.15 – Řízený trakční posilovač	30
Tab. 2.1 Kategorie tříbodových závěsů podle výkonů motorů	8
Tab. 2.2 Normalizované rozměry tříbodového závěsu traktoru ISO 730-1:1994(E) v mm	9
Tab. 3.1 – Vypočtené průměrné hodnoty z měření	32