



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Lukáš Plocek

Výukový program údržby Hydraulického systému
vrtulníku Eurocopter EC 135

Diplomová práce

2016



K621..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Lukáš Plocek

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Výukový program údržby Hydraulického systému vrtulníku Eurocopter EC 135**

Název tématu (anglicky): Maintenance Training Program of the Hydraulic System for Helicopter EC 135

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Základní informace o vrtulníku Eurocopter EC 135
- Hydraulický systém - všeobecné informace, charakteristika hydraulického systému vrtulníku Eurocopter EC 135
- Zpracování dokumentace pro typový kurz do výukového programu
- Návrh výukové osnovy pro Hydraulický systém vrtulníku Eurocopter EC 135
- Vytvoření časového harmonogramu pro výukový program
- Vyhodnocení výukového programu účastníků typového kurzu

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce



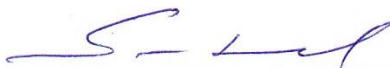
Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Doc.Ing. Miloslav Petrásek,CSc. a kolektiv:Vrtulníky, Brno, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2011
Tůma Jiří: Letadla pro učební a studijní obory na SOU, Praha, SNTL, 1981
Doc.Ing. Karel Draxler,CSc. a kolektiv: Aerodynamika. konstrukce a systémy Letounů, Brno, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Novák, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. července 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **1. června 2016**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA  
vedoucí prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
Ústavu letecké dopravy děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Bc. Lukáš Plocek
jméno a podpis studenta

V Praze dne30. července 2015

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Novákovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce a cenné rady, které mi poskytl. Panu Ing. Pavlu Buchtovi, který mi umožnil spolupráci s firmou DSA a.s., především za jeho ochotu a nadšení pomoci mi s tvorbou této práce, věnoval mi nemálo svého drahocenného času a poskytl mi materiály a cenné rady. Dík patří i ostatním zaměstnancům výše uvedené firmy, kteří se podílí na údržbě vrtulníků, a kteří byli také velmi ochotní se mnou spolupracovat a zasvětili mě do detailů údržby.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 1. června 2016



.....

Abstrakt

Autor: Bc. Lukáš Plocek

Název: Výukový program údržby Hydraulického systému vrtulníku Eurocopter EC 135

Škola: České vysoké učení technické v Praze

Fakulta: Fakulta dopravní

Rok vydání: 2016

Počet stran: 85

Klíčová slova: Vrtulník, hydraulický systém, nádrž, čerpadlo, ventil

Tato diplomová práce vznikala ve spolupráci s firmou DSA a.s, která v České republice mimo jiné provozuje leteckou záchrannou službu a používá vrtulníky Eurocopter EC 135. Mým hlavním úkolem je vytvoření výukových materiálů, které budou sloužit při výuce hydraulické soustavy v této společnosti. Samostatná práce je rozdělena na několik hlavních částí, podstatná část se zabývá hydraulickou soustavou. Nejdříve jsou rozebrány základní typy a komponenty této soustavy a poté hydraulická soustava, kterou nalezneme na výše zmíněném vrtulníku. Další částí je zpracování informací do výukového programu, návrh výukové osnovy a vytvoření časového harmonogramu pro výukovou osnovu. Poslední bod této práce se zabývá hodnocením celého výukového programu, jeho účastníky a má sloužit jako zpětná vazba, aby bylo možné celý program vylepšit a zkvalitnit.

Abstract

Author: Bc. Lukáš Plocek

Title: Maintenance training program of the Hydraulic system for helicopter EC 135

University: Czech Technical University in Prague

Faculty: Faculty of Transportation Sciences

Year of publication: 2016

Number of pages: 85

Keywords: Helicopter, hydraulic system, reservoir, pump, valve

Following master's thesis was created in collaboration with DSA a.s, which in the Czech Republic among other activities operates the air rescue service and uses the helicopters Eurocopter EC 135. The main task of this thesis is to create teaching materials that will be used to teach hydraulics. This work is divided into several main sections where, a substantial portion deals with the hydraulic system. First discussed are the basic types and components of the system and then hydraulics, that can be found on the above mentioned helicopter. Another parts deal with processing the information into the tutorial, draft curriculum and creation of timetable for curricula. The last section of this thesis deals with the evaluation of the entire educational program, its participants and serve as a feedback to enable the entire program to upgrade and improve.

Obsah

Úvod	7
1 Základní informace o vrtulníku Eurocopter EC 135	9
2 Hydraulický systém - všeobecné informace, charakteristika hydraulického systému vrtulníku Eurocopter EC 135	11
<i>Obr. 1 Základní schéma hydraulické soustavy [6]</i>	11
2.1 Typy hydraulických soustav:	12
2.1.1 Soustava s otevřeným okruhem.....	12
2.1.2 Soustava s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem	13
2.1.3 Soustava s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnou dodávkou	13
2.1.4 Soustava s uzavřeným okruhem	14
2.1.5 Více okruhové soustavy s několika hlavními okruhy	15
2.1.6 Nouzové okruhy	15
<i>Obr. 5 Schéma nouzového hydraulického okruhu [6]</i>	16
2.2 Konstrukční provedení hlavních částí	17
2.2.1 Hydraulické nádrže.....	17
2.2.2 Čerpadla	18
2.2.3 Filtry	20
2.2.4 Hydraulické akumulátory	21
2.3 Regulace, rozvod tlaku a pracovní prvky soustavy	22
2.3.1 Ventily	22
2.3.2 Hydraulické zámky	26
2.3.3 Tlumič hydraulických rázů	27
2.3.4 Hydraulické rozvaděče	27
2.3.5 Pracovní válce	29
2.3.6 Posilovače (boostr).....	30
2.3.7 Hydraulické potrubí a těsnění spojů	31
2.3.8 Hydraulické kapaliny	34
2.3.9 Indikační a výstražné systémy hydraulické soustavy	35
2.3.10 Vazby hydraulické soustavy s ostatními systémy.....	36
2.4 Charakteristika hydraulického systému vrtulníku Eurocopter EC 135	36
2.4.1 Základní popis hydraulického systému	36
2.4.2 Funkce systému pro dodávku tlaku.....	39
2.4.3 Umístění systému pro dodávku tlaku.....	43
2.4.4 Indikační a testovací systém.....	45
2.4.5 Umístění indikačního a testovacího systému.....	48
2.4.6 Funkce hydraulických pohonů.....	50
2.4.7 Výměna hydraulické kapaliny a ochrana systému před korozí	56
3 Zpracování dokumentace pro typový kurz do výukového programu	61
3.1 Hydraulická soustava 1 – Typy hydraulických soustav	62
3.2 Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí	62

3.3	Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina	63
3.4	Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135.....	63
3.5	Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135.....	63
4	Návrh výukové osnovy pro Hydraulický systém vrtulníku Eurocopter EC 135	64
4.1	Výklad jako zvolená metoda výuky.....	64
4.2	Výuková osnova pro studium hydraulického systému.....	65
5	Vytvoření časového harmonogramu pro výukový program	69
5.1	Časová dotace pro prezentaci 1 - Typy hydraulických soustav.....	71
5.2	Časová dotace pro prezentaci 2 – Konstrukční provedení hlavních částí	72
5.3	Časová dotace pro prezentaci 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina	73
5.4	Časová dotace pro prezentaci 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135.....	75
5.5	Časová dotace pro prezentaci 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135.....	76
6	Vyhodnocení výukového programu účastníky typového kurzu	78
	Závěr	82
	Seznam obrázků	83
	Seznam použité a související literatury.....	85

Úvod

Při hledání tématu pro moji diplomovou práci mě velice zaujala možnost spolupráce s firmou DSA a.s., kde jsem dostal příležitost věnovat se tomu, o co mám zájem a co mě skutečně naplňuje. Letectví je fascinující obor, o který se zajímám od útlého věku a šanci pracovat v blízkosti letadel a vrtulníků jsem velmi rád přijal.

Společnost DSA a.s. byla založena v roce 1991 a o rok později začala působit na leteckém trhu, kdy začala provozovat aerotaxi, letecké filmování a repatriační lety. Od roku 1993 zahájila provoz letecké záchranné služby LZS na stanicích Liberec, Ústí nad Labem a Ostrava, později přibyla ještě stanice v Hradci Králové. Od té doby se stala letecká činnost ve zdravotním systému ČR jejím hlavním programem. LZS je organizačně začleněna do deseti středisek záchranné služby ČR: Praha, Brno, České Budějovice, Plzeň, Olomouc, Ostrava, Jihlava, Ústí nad Labem, Liberec a Hradec Králové. Jednotlivá střediska celoplošně pokrývají území celého státu a každé má akční rádius cca 70 km. Ročně nalétají piloti pro LZS zhruba 1700 letových hodin, což odpovídá zhruba 4300 zásahů. K tomu využívá vrtulníky Eurocopter EC 135.

Součástí společnosti je i letecká škola, která patří k největším v České republice. Provádí výcvik profesionálních pilotů na letadlech i vrtulnicích, včetně kvalifikace dopravního pilota. Flotila letadel, kterou letecká škola disponuje, umožňuje absolvování všech druhů výcviku. Patří mezi ně například letadla Cessna 150, Cessna 162 Skycatcher, Cessna 172, Zlín Z-142, Zlín Z-226MS, Piper PA-34 Seneca, Beechcraft C90, Cessna Citation Jet 525 a vrtulníky Schweizer S269C, EC 120, EC 135 T, AS 350B3e, AS 355 N, Enstrom 480 B a Enstrom 280 FX.

Společnost DSA a.s. disponuje také vlastním střediskem údržby, kde zajišťuje servis veškeré své letecké techniky. Zároveň provádí údržbu i pro jiné letecké provozovatele a majitele letecké techniky v ČR a EU. Provádí kompletní údržbu, opravy, vážení letadel a renovace interiéru i exteriéru dle požadavků zákazníka. V současné době má k dispozici dvě plně vybavené servisní střediska. Jedno se nachází na letišti v Hradci Králové a druhé na letišti Praha-Kbely. Servis DSA a.s. podléhá přísným kontrolám a je držitelem oprávnění pro údržbu a opravy, které bylo vydáno Úřadem pro civilní letectví ČR v roce 1994. V srpnu roku 1998 obdržel servis DSA a.s. oprávnění pro údržbu a opravy podle předpisu JAR 145, nyní EASA PART 145. Toto oprávnění splňuje podmínky dané mezinárodními předpisy a je schválené mezinárodní organizací EASA a Úřadem pro civilní letectví ČR. CAMO oddělení řídí zachování letové způsobilosti letadel, rozsah je dán oprávněním vydaným Úřadem pro civilní letectví. Provozovateli

letadla je poskytována všestranná péče od plánování údržby, sledování dílů s limitovanou životností, sledování Servisních Bulletinů, EASA AD, přes provedení údržby a vydání ARC. [2]

Mým úkolem je vytvoření materiálů, které budou sloužit pro výcvik techniků ve společnosti DSA a.s. Jak z názvu vyplývá, zaměřil jsem se na hydraulickou soustavu vrtulníku Eurocopter EC 135. Smyslem této práce je usnadnění a zrychlení výcviku techniků. Součástí je základní popis hydraulické soustavy, včetně jednotlivých prků hydraulické soustavy, následuje popis konkrétní hydraulické soustavy vrtulníku Eurocopter EC 135. Všechny tyto informace následně zpracuji do výukového programu, pro potřeby společnosti DSA a.s. V dalších bodech této práce se zabývám vytvořením výukové osnovy a časového harmonogramu pro výukový program. Posledním bodem je hodnocení výukového programu účastníky typového kurzu.

1 Základní informace o vrtulníku Eurocopter EC 135

Vrtulník EC 135 je výsledkem programu, který byl spuštěn v polovině osmdesátých let dvacátého století, jehož cíl byl vývoj technologicky vyspělého vrtulníku. V roce 1991 výrobce oznámil, že vrtulník BO 108 bude použit jako základ stroje, který nahradí typ BO 105. Ve srovnání s lehkou užitkovou verzí vrtulníku BO 105 má uspořit 25 procent nákladů na provoz oproti původnímu modelu. Vrtulník BO 108 poprvé vzlétl v roce 1988 a byl osazen turbohřídelovými motory Allison 250-C20R. Měl čtyřlístý rotor, který byl odvozen od rotoru modelu BO 105 a měl konvenční ocasní rotor, který byl v roce 1990 nahrazen celokompozitním ocasním rotorem bezložiskové konstrukce. Poté, co došlo k propojení společností Aérospatiale a MMB, byl vrtulník přeznačen na Eurocopter Deutschland EC 135, což reflektovalo sjednocení společností pod novou společností Eurocopter.

Plnohodnotný prototyp, který poprvé vzlétl v červnu 1991, byl osazen dvěma turbohřídelovými motory Turboméca TM319-1B Arrius. Hlavní změny, které byly během vývoje provedeny jsou navýšení kapacity na přepravu až sedmi osob a nahrazení klasického ocasního rotoru za typ fenstron. Následovala výroba celkem třech předprodukčních prototypů, které podstoupily hlavní část vývojového programu. Prototypy byly osazeny motory Arrius 2B o výkonu 435kW nebo motory Pratt & Whitney Canada PW206B, důvodem byla nabídka různých alternativ zákazníkům. V roce 1996 byl dodán první produkční vrtulník a základními modely této verze byly EC 135P1 s motory PW206B a EC 135T1 s motory Turboméca. [1]

V lednu roku 2014 pro společnost Eurocopter začala nová éra, nyní je známá jako Airbus Helicopters. Vrtulník EC 135 je nyní produkován pod novým obchodním označením H 135. Spadá do kategorie víceúčelových lehkých vrtulníků. Stroj má pevný ližinový podvozek a kabina je velmi prostorná s výborným výhledem. Je osazen moderními a výkonnějšími pohonnými jednotkami Turboméca Arrius 2B2plus nebo motory Pratt & Whitney PW206B3, které pohání čtyřlístý hlavní rotor a ocasní rotor typu Fenestron. Maximální vzletová hmotnost činí 2 980kg, užitečný náklad 1498kg . Kapacita s jedním pilotem je 6 až 7 cestujících, se dvěma piloty 5 až 6 cestujících, maximální rychlost je 252 km/h. Maximální dolet činí 810 km a výdrž je na hodnotě 4 hodin 36 minut. Rozměry vrtulníku jsou následující: průměr hlavového rotoru 10,2 m, délka trupu 12,16 m, výška 3,62 m a kruhová plocha hlavního rotoru činí 81,71 m [4]

O tom, že se jedná o moderní, vyspělý a velice spolehlivý stroj, není pochyb. Svědčí o tom i fakt, že pro jeho služby se rozhodla řada zemí. Ministerstvo vnitra vypsalo v roce

2003 konkurs na nový lehký vrtulník. Toho se zúčastnily tři firmy nabízející vrtulníky Agusta A-109, McDonell Douglas MD-902 a Eurocopter EC-135, jenž nakonec výběrové řízení vyhrál a rozhodlo se o nákupu vrtulníků ve verzi T2 s motory Turboméca. Pro své policejní letky ho vybrala i řada ostatních zemí, například Velká Británie, Švédsko, Německo, Chile, Irsko, Španělsko a Japonsko. Stejně tak ho využívá řada provozovatelů LZS například v Německu, Velké Británii, Francii, Jihoafrické republice a Rakousku. [3]

Úžasný úspěch, který vrtulník měl na komerčním poli, motivoval firmu Eurocopter k modifikování EC 135ky i pro vojenský trh. Přeměnou prvního předprodukčního prototypu vznikla vojenská maketa, která byla představena v roce 1998 a vznikl tak nový typ označený jako EC 635. O tento typ měly zájem jihoafrické letecké síly, ale nakonec tento obchod neslavil úspěch. Portugalsko v roce 1999 objednalo pro svoje armádní síly celkem devět strojů, ale tato objednávka byla později zrušena. V březnu 2003 jordánské královské letectvo potvrdilo kontrakt na celkem šestnáct strojů EC 635. [4]

2 Hydraulický systém - všeobecné informace, charakteristika hydraulického systému vrtulníku Eurocopter EC 135

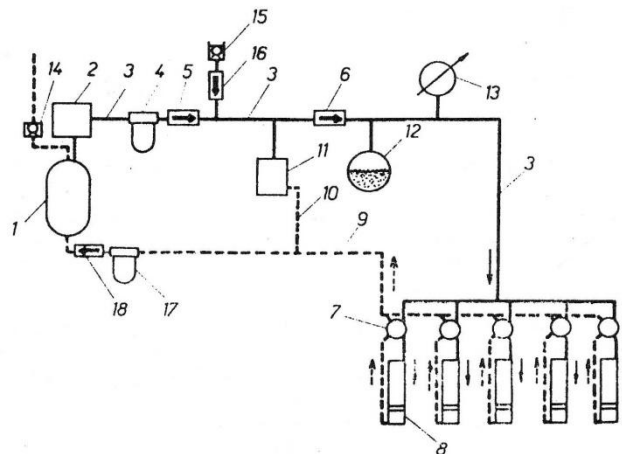
Hydraulická soustava:

Hydraulické systémy letadel a vrtulníků jsou základní energetické systémy středních a velkých letadel i vrtulníků. Pomocí čerpadel, která jsou poháněna od pohonných jednotek, je vytvářena tlaková energie pracovní kapaliny, ta je pomocí tlakového potrubí rozvedena k řídicím prvkům, kde je následně tlaková energie kapaliny přeměněna na energii pohybovou. Pro nouzové stavy se využívá elektropohonu nebo pneumatického pohonu, u menších letadel je často jako záložní zdroj použit ruční pohon. [5]

Hydraulická soustava je využívána k ovládání primárních řídicích ploch, tj. výškového kormidla, směrového kormidla a křidélek. Dále ovládají sekundární řídicí plochy, což zahrnuje vztlakovou mechanizaci na náběžné i odtokové hraně křídla, spoilery a aerodynamické brzy. Slouží také k ovládání ostatních provozních systémů, například podvozku, nákladových dveří, ale i k otevírání například schodů pro cestující, atd. U vrtulníků je hydraulický systém využit především k ovládání hlavního a ocasního rotoru, případně podvozku či nákladových dveří u velkých transportních vrtulníků. [6]

Základní schéma zobrazující činnost hydraulické soustavy

Jedná se o schéma, které slouží k demonstraci základní činnosti této soustavy a kde jsou schematicky znázorněny základní prvky hydraulické soustavy. [5]



Obr. 1 Základní schéma hydraulické soustavy [6]

Pozn.: hydraulická nádrž (1), čerpadlo (2), výtlačné potrubí (3), filtr (4,17), jednosměrný ventil (5,6,16,18), rozdělovací kohouty (7), pracovní válce (8), zpětné potrubí (9), zpětné potrubí za pojistným ventilem (10), pojistný ventil (11), hydraulický akumulátor (12), tlakoměr (13), plnicí přípojka (14), přípojka pro pozemní zdroj (15).

Hydraulická kapalina je nasávána čerpadlem (2) z nádrže (1) a přes filtr (4) je vedena potrubím (3) jednosměrnými ventily (5,6) k rozváděcím kohoutům (7). Odtud jde do pracovních válců (8) jednotlivých ovládaných soustav. V případě, že by v přívodní větvi došlo k nárůstu tlaku nad povolenou hodnotu je výtlačné potrubí (3) propojeno se zpětnou větví (9) pomocí pojistného ventilu (11) a potrubí (10), tím je systém chráněn proti přetížení. Akumulátor (12) jednak tlumí v soustavě hydraulické rázy a jeho dalším podstatným úkolem je pokrýt odběrové špičky, aby nedošlo v soustavě k poklesu tlaku. Zpětným potrubím (9) je hydraulická kapalina odváděna přes čistič (17) a jednosměrný ventil (18) zpět do nádrže (1). Na základě funkce tohoto ukázkového hydraulického okruhu tedy lze rozdělit soustavu na elementární části a to na tlakový okruh, který začíná nádrží a končí rozdělovacími kohouty. Od rozdělovacích kohoutů k pracovním válcům následuje pracovní okruh, kde se tlaková energie kapaliny znovu mění v mechanickou energii a od pracovních válců zpět do nádrže vede zpětný okruh. [6]

2.1 Typy hydraulických soustav:

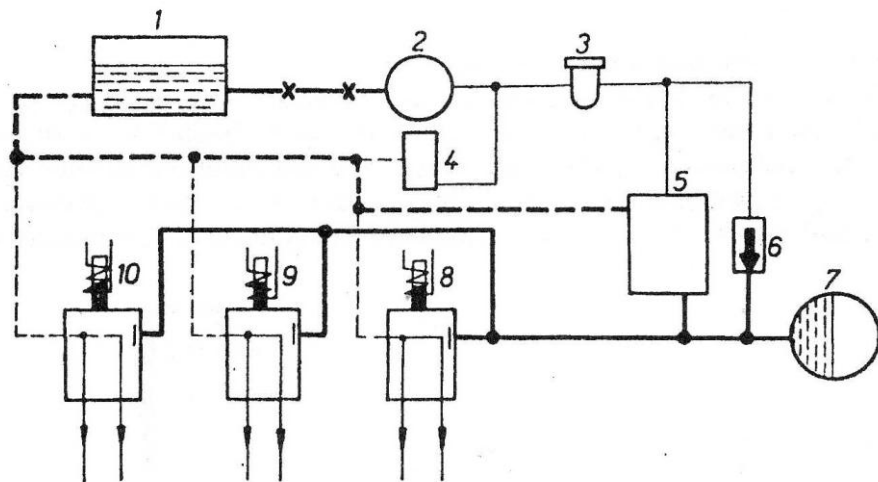
Hydraulické soustavy se většinou skládají z několika pracovních okruhů, to vždy závisí na počtu ovládaných prvků na letadle. Podle typu hlavního okruhu lze hydraulické soustavy rozdělit na čtyři základní typy. [5]

2.1.1 Soustava s otevřeným okruhem

Hlavní okruh u soustavy s otevřeným okruhem je pod tlakem pouze v okamžiku provádění některé hydraulické funkce. Hydraulická kapalina je neustále dopravována čerpadlem z nádrže přes filtr a ovládací prvky pracovních okruhů zpět do nádrže. V případě ovládní některého systému letadla dojde k přepnutí elektrohydraulického přepínače a stoupne tak tlak v soustavě na potřebnou hodnotu. Ta je ale omezena pojistným přepouštěcím ventilem, který přebytečnou hydraulickou kapalinu přepustí od čerpadla, které dodává konstantní množství zpět do nádrže. Po ukončení hydraulické funkce tlak v soustavě opět poklesne a pracovní okruhy se vrátí do neutrální polohy. [5]

2.1.2 Soustava s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem

Tato soustava se někdy nazývá jako soustava s konstantním průtokem, kde odlehčovací automat udržuje v hlavním okruhu konstantní tlak v rozmezí hodnot, na které je seřízen. Tyto soustavy se používají tam, kde je potřeba ovládat několik pracovních okruhů najednou nebo v jakémkoli sledu nezávisle na sobě. Počet systémů, které je možné ovládat je libovolný a v případech, kdy je to třeba, je lze udržovat pod tlakem po celou dobu letu. Nevýhodou tohoto uspořádání jsou hydraulické rázy, které vznikají při přepínání odlehčovacího automatu. [5]



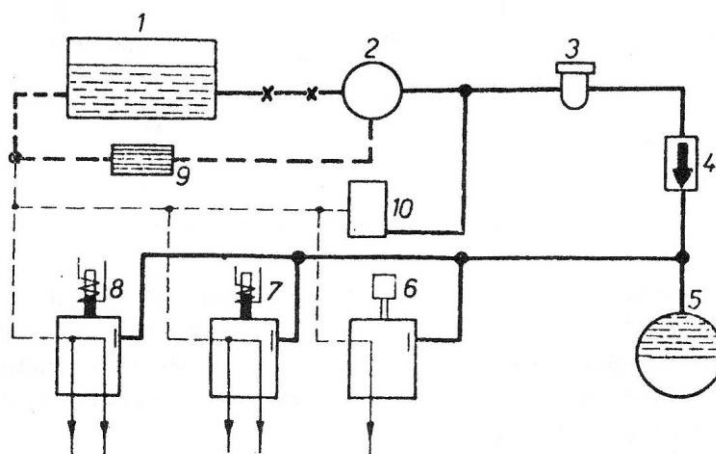
Obr. 2 Schéma hydraulické soustavy s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem [6]

Pozn.: hydraulická nádrž (1), čerpadlo (2), filtr (3), pojistný ventil (4), odlehčovací automat (5), zpětný ventil (6), hydraulický akumulátor (7), ovládací kohouty pracovních okruhů (8, 9, 10).

2.1.3 Soustava s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnou dodávkou

Tato soustava je podobná soustavě s konstantním průtokem s tím rozdílem, že místo odlehčovacího automatu je zde čerpadlo s proměnnou dodávkou s automatickou regulací tlaku. Čerpadlo dopravuje tlakovou kapalinu z nádrže do té doby, než protitlak stoupne na určitou hodnotu, pak se začne dodávka kapaliny od čerpadla zmenšovat až do dosažení maximálního provozního tlaku, při němž je dodávka nulová a čerpadlo běží naprázdno. Aby bylo zajištěno

mazání a chlazení čerpadla, dopravuje neustále 5 až 10 % maximálního dodávaného množství přes chladič do nádrže. [5]

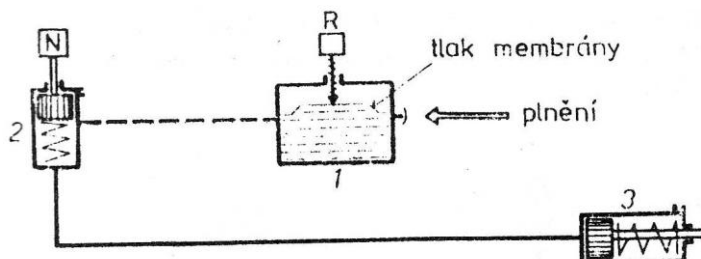


Obr. 3 Schéma hydraulické soustavy s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnnou dodávkou [6]

Pozn.: hydraulická nádrž (1), čerpadlo (2), filtr (3), zpětný ventil (4), hydraulický akumulátor (5), ovládací kohouty pracovních okruhů (6, 7, 8), chladič (9), pojistný ventil (10).

2.1.4 Soustava s uzavřeným okruhem

Její konstrukce je velmi jednoduchá. Skládá se z vyrovnávací nádržky (1), která je opatřena membránou s ruční regulací a dvou pracovních válců (2,3), kdy jeden plní funkci čerpadla a druhý pracuje jako hydraulický motor. Používá se převážně jen u podvozkových brzd s menšími pracovními tlaky.



Obr. 4 Schéma hydraulické soustavy s uzavřeným okruhem [5]

Pozn.: hydraulická nádrž (1), hydraulický válec (2,3).

Tyto silové soustavy lze však rozlišovat i podle některých dalších hledisek než je typ hlavního okruhu. [5]

Dělení z hlediska použitého druhu pracovního prostředí.

- 1) Výlučně s hydraulickou kapalinou
- 2) Kombinované (například hydraulicko-dusíkové)

Dělení z hlediska vykonané funkce v letadle.

- 1) Výkonné: například soustavy vysouvání a zasouvání podvozku
- 2) Řídící: hydraulické servořízení

Dělení z hlediska charakteru funkce v letadle.

- 1) Hlavní soustavy (okruhy)
- 2) Nouzové (záložní) soustavy

Další rozdělení hydraulické soustavy.

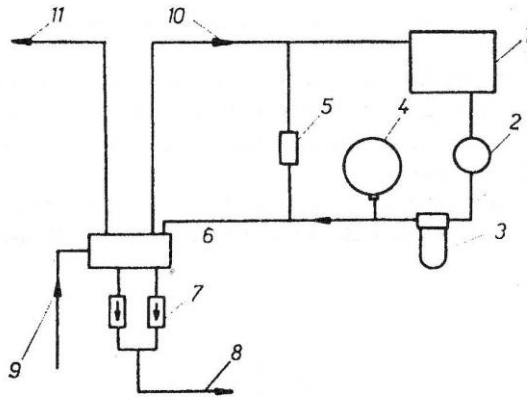
- 1) Hlavní tlakový okruh (od nádrže k rozvaděčům)
- 2) Vedlejší tlakový okruh (od rozvaděčů k pracovním válcům) [5]

2.1.5 Více okruhové soustavy s několika hlavními okruhy

S rostoucími rychlostmi, hmotnostmi a stále narůstající kapacitou letadel se zvýšily i nároky na množství ovládaných prvků a síly, které jsou k jejich ovládnutí potřeba. Stejně tak se kladou vysoké nároky i na spolehlivost celého systému. Z těchto důvodů narůstají i výkonové požadavky na hydraulickou soustavu. U velkých letadel již není možné efektivně zajistit tyto požadavky pouze jedním hlavním okruhem, proto je třeba využít více hlavních okruhů, které se navzájem i zálohují. [6]

2.1.6 Nouzové okruhy

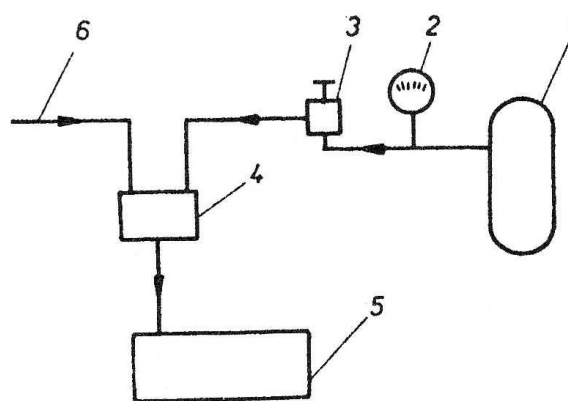
Hlavní hydraulické okruhy jsou zálohovány pomocí nouzových okruhů za účelem zvýšení provozní spolehlivosti. Nouzový okruh musí splnit požadovaný úkon (vysunutí podvozku, vztlačových klapek,...) při poškození hlavní soustavy. Z toho důvodu je třeba zajistit nezávislost těchto okruhů. Nádrž a potrubí nouzových systémů je třeba řešit odděleně od hlavní soustavy. Je-li jako záložní okruh používána hydraulická soustava (především pro soustavy, která ovládají kormidla) je provedena jako samostatný hydraulický okruh s vlastním čerpadlem a nádrží. [5]



Obr. 5 Schéma nouzového hydraulického okruhu [6]

Pozn.: hydraulická nádrž (1), čerpadlo (2), filtr (3), hydraulický akumulátor (4), pojistný ventil (5), šoupátkový přepínač (6), jednosměrný ventil (7), směr toku k pracovnímu válci (8), směr toku od hlavního hydraulického okruhu (9), Zpětná větev hlavního hydraulického okruhu (10), zpětná větev nouzového okruhu (11).

Dalším způsobem jak lze realizovat nouzový okruh, je použití jiné soustavy, například pneumatické či elektromechanické. V pneumatické soustavě se jako zdroj tlaku se používá tlaková láhev, vysoký tlak v láhvi, se zmenšuje na požadovanou hodnotu pomocí redukčního ventilu. U elektromechanického ovládní je jako záložní zdroj použit elektromotor, jehož otáčivý pohyb se následně v převodovém mechanismu mění na pohyb přímočarý. [5]



Obr. 6 Schéma nouzového pneumatického okruhu[5]

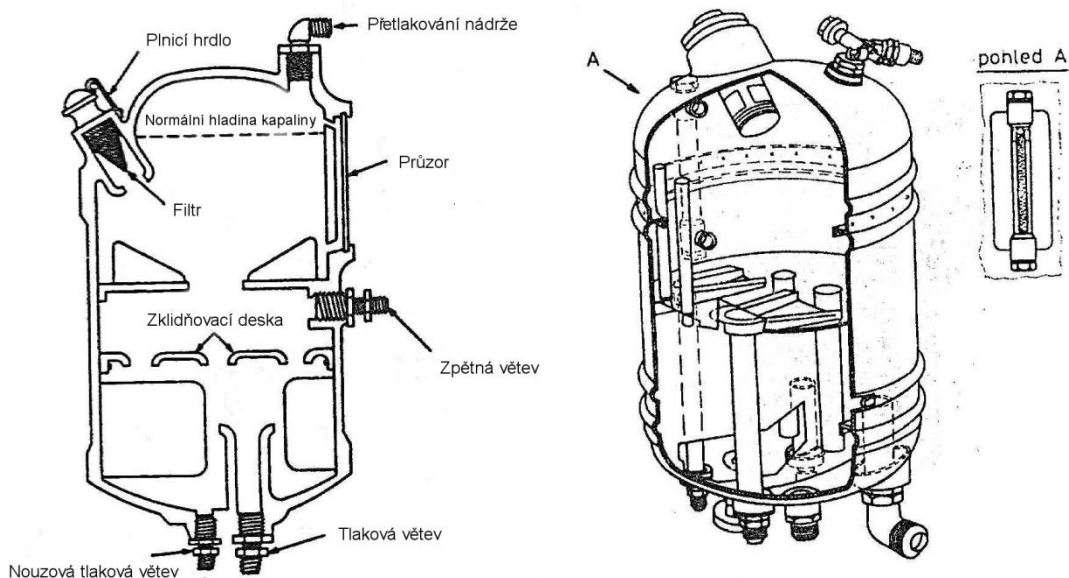
Pozn.: tlaková láhev (1), manometr (2), uzavírací kohout (3), rozdělovací kohout (4), pracovní válec (5), potrubí od hydraulické soustavy (6).

2.2 Konstrukční provedení hlavních částí

Následující odstavce vysvětlí principiální funkci a konstrukci jednotlivých prvků hydraulické soustavy, od nádrže, přes čerpadlo, filtry a ventily do pracovních prvků soustavy včetně hydraulických akumulátorů a potrubí, které se v soustavě používají. [5]

2.2.1 Hydraulické nádrže

Hydraulická nádrž slouží v hydraulické soustavě jako zásobník pro pracovní kapalinu a plní i několik dalších funkcí. Přispívá k zachování čistoty hydraulické kapaliny, díky sedimentaci nečistot a kalů na dně nádrže. V nádrži také dochází ke zklidnění proudící kapaliny, aby mohly uniknout vzduchové bubliny, a v neposlední řadě slouží k ochlazení hydraulické kapaliny. Existují dva konstrukční typy nádrží a to nádrže beztlakové a nádrže přetlakové. [5]



Obr. 7 Přetlaková nádrž hydraulické kapaliny [6]

1) Beztlakové nádrže

Tento typ nádrží se používá pouze ve spojení s čerpadly s nízkým sacím účinkem pro lety s maximálním dostupem 5000 m. Jsou odzdušňovány do okolní atmosféry, což znamená, že s rostoucí výškou letu klesá tlak na hladinu provozní kapaliny. To s sebou přináší problém zvaný kavitace, jelikož čerpadla mají předepsaný tlak v sacím potrubí, aby nedocházelo k přerušování dodávky kapaliny. [5]

2) Přetlakové nádrže

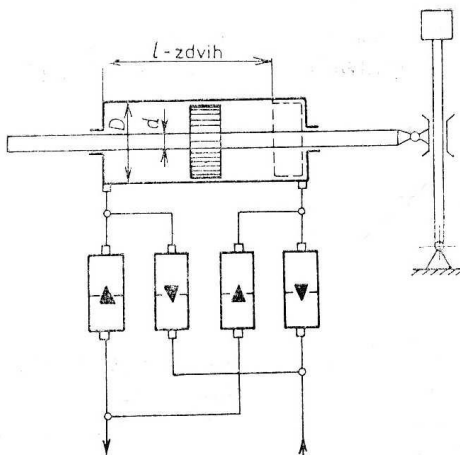
Zde na hladinu kapaliny působí přetlak vzduchu, který se nejčastěji odebírá z kompresoru turbínového motoru. S vnější atmosférou je nádrž propojena pouze pojistným ventilem, který má vyšší otevírací tlak než je provozní přetlak v nádrži. Nádrže jsou také opatřeny přepážkami, které zamezují pohybu kapaliny a tím se omezí směšování s tlakovým vzduchem. [6]

2.2.2 Čerpadla

Úkolem čerpadla je dodávat tlakovou kapalinu, jejíž energie se v hydraulických motorech mění v pohybovou energii řízeného objektu. Čerpadla jsou poháněna mechanicky od motoru, případně ručně, hlavně u záložních zdrojů nebo elektricky pomocí elektromotoru. V dnešní době se používají tlaky okolo 3000 psi (například B737), setkáme se ale i s tlaky vyššími okolo 5000psi. Čerpadla však musí kromě dodávky potřebného tlaku hydraulické kapaliny zajistit i potřebné množství kapaliny, přičemž musí být dodávka kapaliny rovnoměrná. Na hydraulická čerpadla je ovšem kladena i řada dalších nároků, například minimální ztráty netěsnostmi a třením, vysoká provozní spolehlivost a životnost s co nejmenší hmotností čerpadla a nízkou pořizovací cenou. [5]

1) Ruční pístové čerpadlo

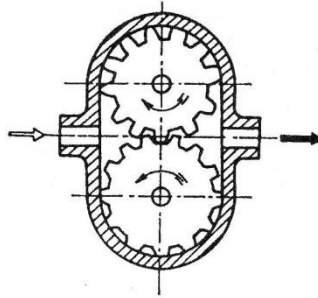
Toto čerpadlo se používá v menších letadlech jako záložní zdroj, například pro vysunutí podvozku, také se používá u pozemních hydraulických vozíků. Jedná se o dvojčinné pístové ruční čerpadlo s velmi dobrou účinností. [5]



Obr. 8 Ruční pístové čerpadlo [5]

2) Zubové čerpadlo

Jedná se o nejjednodušší rotační čerpadlo, jako náhon se nejčastěji používá letecký motor. Skládá se z páru ozubených kol, která jsou těsně uzavřena ve skříni čerpadla. Kapalina je hnána v mezerách zubů po obvodě čerpadla do hydraulické soustavy. Kromě jednoduchosti patří mezi přednosti tohoto typu také vysoká provozní spolehlivost, malá hmotnost a nízká cena. Nevýhodou je menší účinnost a vysoká hlučnost. [5]

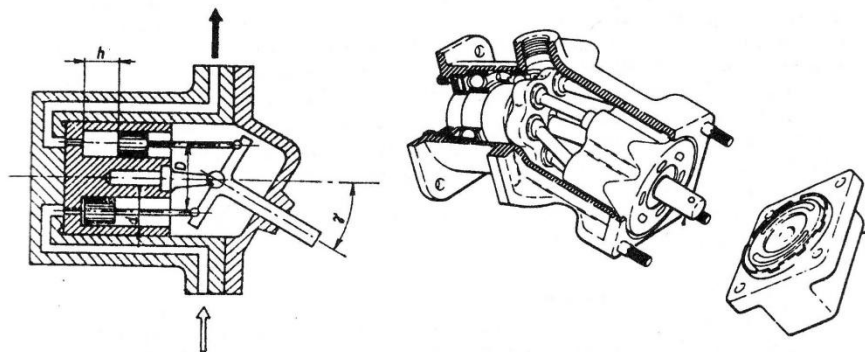


Obr. 9 Zubové čerpadlo [5]

3) Rotační pístové čerpadlo

a) Se stálou dodávkou

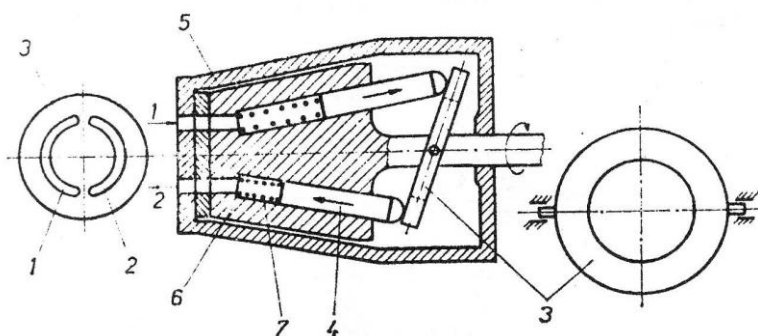
Skládá se řady pístů, které jsou umístěny po vnitřním obvodu tělesa čerpadla, počet pístů je vždy lichý z důvodu zajištění rovnoměrnosti chodu čerpadla a je jich vždy minimálně 5. Posuvný pohyb pístu je zajištěn kloubovým uchycením pístnic k rotující šikmé desce. Výhodou těchto čerpadel je poměrně malá hmotnost a vysoká účinnost. Nevýhodou je složitost konstrukce, tudíž vysoká cena a choulostivost na nečistoty. Dalšími nevýhodami jsou hlučnost a vibrace přenášené na tlakové potrubí, což je dáno počtem pístů čerpadla. [5]



Obr. 10 Rotační pístové čerpadlo se stálou dodávkou [6]

b) S proměnnou dodávkou

Podobně jako čerpadlo se stálou dodávkou se skládá z tělesa a řady pístů, které čerpají kapalinu. Součástí tohoto typu je však ještě rotující naklápěcí deska, která posouvá pístky. Velkou předností tohoto typu je možnost měnit dodávku při stálých otáčkách náhonu čerpadla. To je dosaženo změnou úhlu vychýlení naklápěcí desky, na němž závisí zdvih pístů. Při nulové vychylce desky se písty přestanou pohybovat a dodávka čerpadla tak klesne na nulu, tato změna vychýlení desky může být ruční nebo automatická. [5]



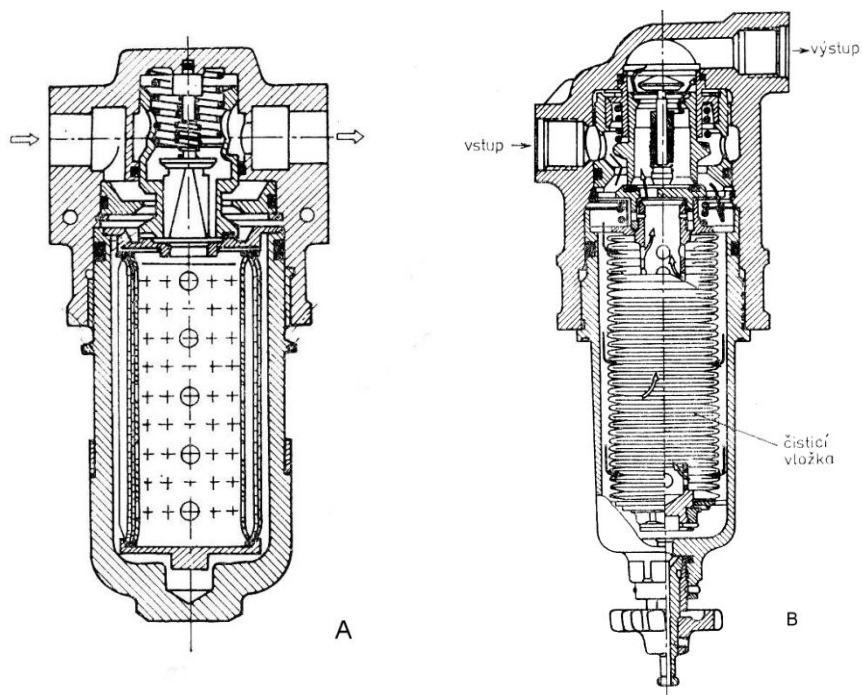
Obr. 11 Rotační pístové čerpadlo s proměnnou dodávkou [5]

Pozn.: Sání (1), výtlak (2), náklonná deska (3), píst (4), těleso čerpadla (5), rotační část čerpadla (6), pružina (7).

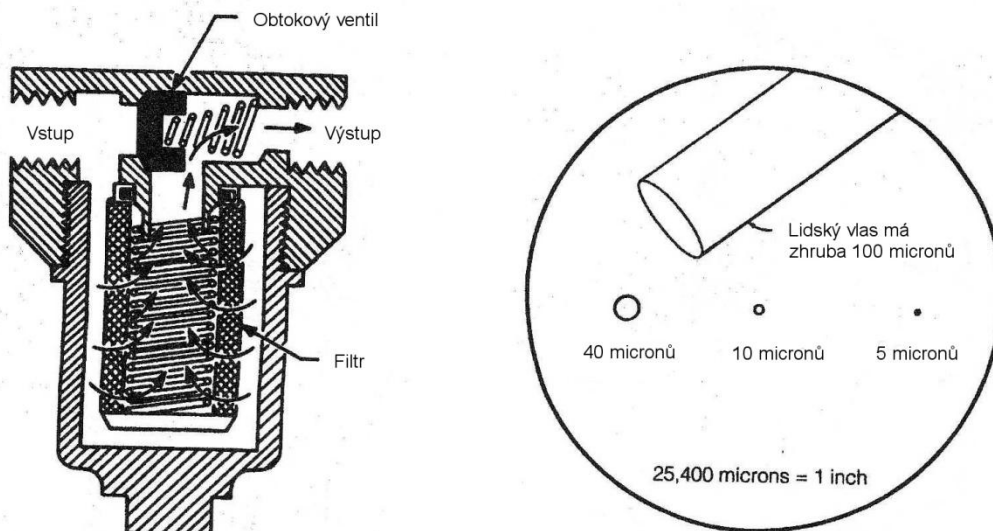
2.2.3 Filtry

Z důvodu zajištění správné činnosti hydraulické soustavy je třeba hydraulickou kapalinu čistit a odstraňovat z ní nečistoty jako je prach, který se do ní může dostat přetlakovou soustavou, tak i nečistoty z pístnic hydraulických válců. Nečistoty mohou způsobit různé komplikace v hydraulické soustavě, opotřebovávají těsnící kroužky, ucpávají kalibrované otvory, zadírají šoupátka a ventily, zhoršují tím těsnost celé soustavy a zvyšují tak pravděpodobnost selhání celé hydraulické soustavy. Filtry se vkládají do výtláčného potrubí za čerpadlo z toho důvodu, že v sacím potrubí před čerpadlem by zvyšovaly odpor sacího potrubí a tím zhoršovaly pracovní podmínky čerpadla. Každý filtr je opatřen obtokovým ventilem, který zajistí průchod kapaliny

v případě, že by došlo k ucpaní filtru a jsou schopné zadržet částice větší než 20 mikronů. [5]



Obr. 12 Sítkový filtr (A), Lamelový filtr (B) [5]

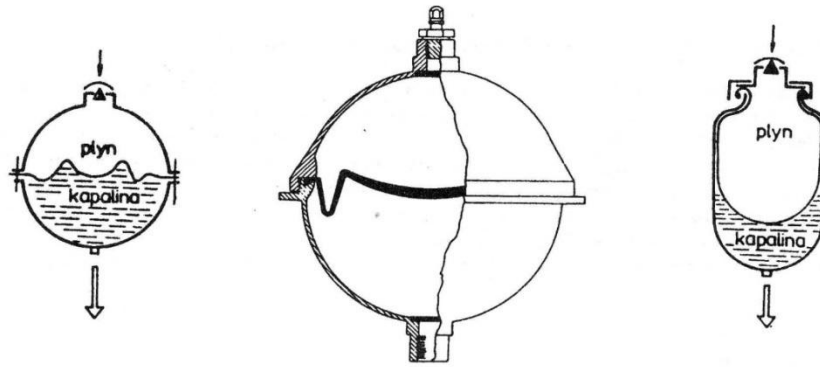


Obr. 13 Mikronový filtr [5]

2.2.4 Hydraulické akumulátory

Hydraulický akumulátor je objemová tlaková nádoba, která v sobě hromadí energii pomocí stlačeného plynu, u leteckých hydraulických akumulátorů se nejčastěji používá vzduch nebo dusík. Místo plynného média lze použít pružiny, ty se využívají především u menších letadel. Takto uložená energie v případě potřeby působí přes membránu na

kapalinu. Kromě akumulace energie má hydraulický akumulátor řadu dalších důležitých funkcí, tlumí rázy v hydraulickém systému, eliminuje pulzace tlaku způsobené nerovnoměrnou dodávkou čerpadla, pokrývá tlakové špičky při aktivaci několika pracovních okruhů najednou a slouží jako nouzový zdroj energie při výpadku motorů. [5]



Obr. 14 Hydraulické akumulátory [5]

2.3 Regulace, rozvod tlaku a pracovní prvky soustavy

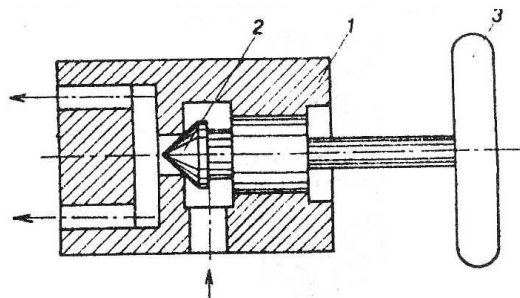
Regulace tlaku je v hydraulické soustavě zajištěna ventily, kromě regulace tlaku mají ventily i další funkce, řídí průtočné množství hydraulické kapaliny, určují směr proudění a chrání hydraulickou soustavu před přetížením. [6]

2.3.1 Ventily

Ventily lze rozdělit podle funkce, kterou v hydraulické soustavě zastávají. Jedná se o uzavírací, jednosměrné, škrťací, pojistné, redukční a odlehčovací ventily.

1) Uzavírací ventily

Jedná se o nejjednodušší typ ventilů, který se často používá jako rozdělovací zařízení. V tělese ventilu (1) je umístěn kužel nebo kulička (2), která uzavírá průtokové kanály.



Obr. 15 Uzavírací ventil [6]

Pozn.: těleso ventilu (1), uzavírací kužel (2), kolečko pro ovládání (3).

Ventil je řízen kolečkem (3), které je možné ovládat ručně či elektricky. Mezi nevýhody těchto ventilů patří pomalá činnost, k otevření nebo uzavření ventilu je zapotřebí několik otáček kolečkem (3). Z tohoto důvodu se používají jako pomocné rozvaděče nebo jako plnicí zařízení. [5]

2) Jednosměrné (zpětné) ventily

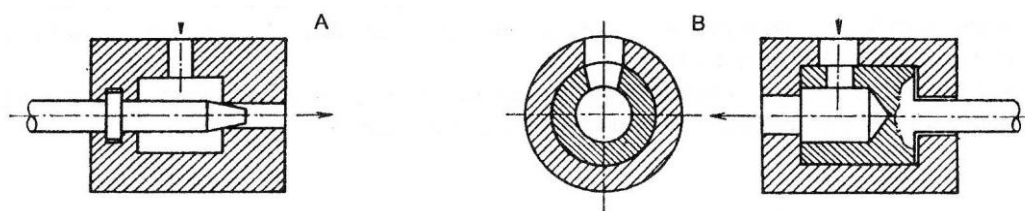
Jak již z názvu vyplývá, tyto ventily se do soustavy zařazují tam, kde je potřeba zabránit kapalině, aby proudila nazpět. Musí zajistit proudění pouze v jednom směru a zabránit proudění v opačném směru. Ve směru proudění hydraulické kapaliny je požadován minimální odpor ventilu, v opačném směru pak zajištění absolutní těsnosti. Podle konstrukčního provedení mohou být ventily **kuželové** nebo **kuličkové**, správné dosednutí do sedla ventilu zajišťuje slabá pružina. [5]



Obr. 16 Jednosměrný kuličkový a kuželkový ventil [6]

3) Škrťací ventily

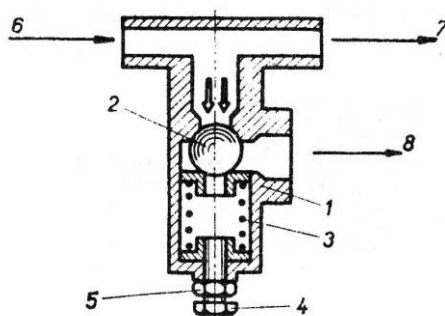
K regulaci průtočného množství slouží škrťací ventil, v podstatě se jedná o polohovací uzavírací ventil, který se vloží do potrubí a zajišťuje určitý odpor. Nejjednodušším konstrukčním provedením škrťacích ventilů je **kohout** a **jehlový ventil**. Výhodou jehlového ventilu je plynulá regulace, protože k plnému otevření nebo uzavření je zapotřebí několik otáček. Nevýhodou škrťacích ventilů je nárůst hydraulického odporu soustavy a větší riziko ucpání soustavy zejména při malých průřezech kanálu. [5]



Obr. 17 Škrťací jehlový ventil (A), škrťací kohout (B) [6]

4) Pojistné ventily

Pojistné ventily se zařazují pro ochranu hydraulické soustavy proti přetížení. V případě nárůstu tlaku ve vstupní větvi (6) nad povolenou hodnotu působí kulička (2) na pružinu (3), jejíž předpětí je nastaveno tak, že odpovídá maximálnímu tlaku v soustavě a lze ho regulovat šroubem (4) s maticí (5). Po stlačení pružiny je část tlakové kapaliny (8) odvedena do zpětného potrubí a vrací se zpět do nádrže, tím poklesne tlak na výstupu (7). V tomto případě se jedná o kuličkový pojistný ventil, dalším konstrukčním řešením je pojistný ventil s válcovým tělesem. [6]

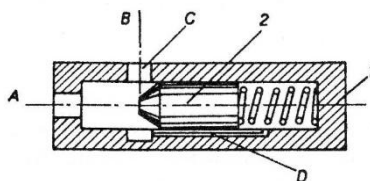


Obr. 18 Kuličkový pojistný ventil [6]

Pozn.: těleso ventilu (1), kulička (2), pružina (3), seřizovací šroub (4), matice (5), tlaková hydraulická kapalina od čerpadla (6), tlaková hydraulická kapalina do systému (7), hydraulická kapalina vracející se do nádrže (8).

5) Redukční ventily

Tyto ventily slouží k regulaci průtoku tlakové kapaliny. Od škrtících ventilů se liší tím, že se zde mění průtočný průřez, u škrtících ventilů není průtočný průřez závislý na tlaku kapaliny, ale je pevně nastavena poloha kužele. V tělese ventilu (1) je uzavírací pístek s pružinou (2), který mění průtokový průřez. Poloha pístku (2) je závislá na tlaku vstupní kapaliny v (A), při nárůstu tlaku se odkrývá hrana (C) a tlaková kapalina odchází prostorem (B). Kanálek (D) slouží k tlumení chvění ventilu. [5]

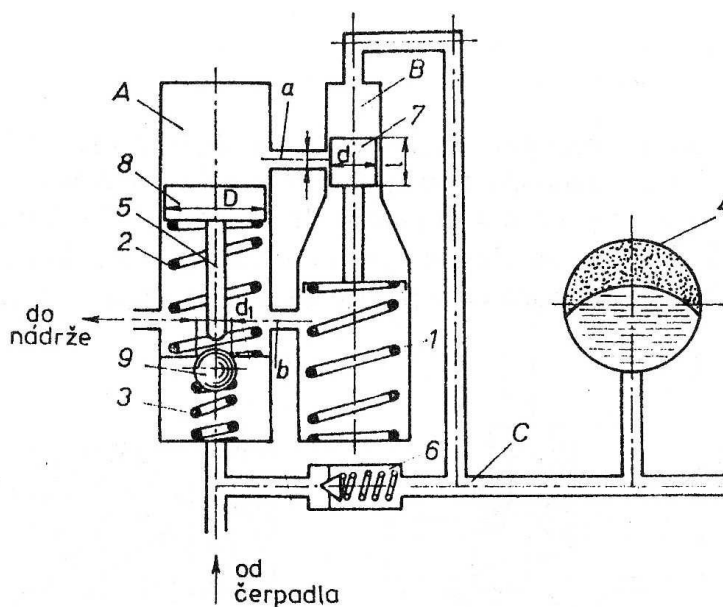


Obr. 19 Pístový redukční ventil [6]

Pozn.: Těleso ventilu (1), pístek (2).

6) Odlehčovací ventily

Slouží k regulaci pracovního tlaku, můžeme se také setkat s názvem odlehčovací automat. V případě, že jsou uzavřeny rozdělovací kohouty, dodává čerpadlo kapalinu do hydraulického akumulátoru (4) do té doby, kdy bude dosaženo ve vstupní větvi (C) maximální přípustný tlak. Tento tlak bude působit na píst (7), dojde k jeho stlačení a otevře se tak cesta z prostoru (B) do prostoru (A) kanálem (a), tím začne tlak působit i na píst (8). Vlivem tlaku je píst (8) stlačen a přes pístnici (5) otevře kuličkový ventil (9), který otevře cestu do zpětné větve k nádrži. Tím dojde k odlehčení čerpadla, které běží na volnoběh a tlaková kapalina od čerpadla prochází otevřeným kuličkovým ventilem (9). Ve větvi (C) je za jednosměrným ventilem (6) udržován provozní tlak, v případě poklesu tlaku se píst (7) vrací do původní polohy, čímž dojde k zakrývání kanálku (a). V prostoru (A) je udržována tlaková kapalina do té doby než pístek (7) druhou hranou odkryje kanálek (a), což nastane při minimálním provozním tlaku. Tím může tlaková kapalina přejít spojovacím kanálkem (b) do zpětné větve k nádrži. Po úniku tlakové kapaliny z prostoru (A) pružina (2) působí na píst (8) a vrátí ho do původní polohy. Dojde k uzavření kuličkového ventilu (9) a čerpadlo opět dodává tlakovou kapalinu do větve (C) až do dosažení maximálního provozního tlaku, kdy se začne celý proces opakovat. [5]



Obr. 20 Odlehčovací ventil [6]

Pozn.: pružina (1, 2, 3), hydraulický akumulátor (4), pístnice (5), jednosměrný ventil (6), píst (7, 8), kuličkový ventil (9).

2.3.2 Hydraulické zámky

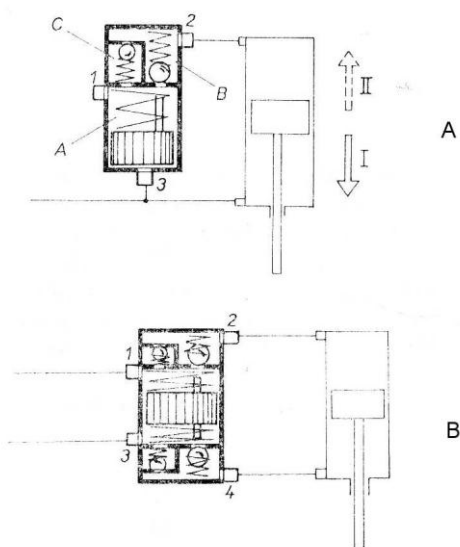
Hydraulické zámky zabraňují nežádoucímu pohybu pístu pracovního válce v jednom nebo obou směrech po přerušení dodávky tlakové kapaliny.

1) Jednostranný hydraulický zámeček

Uzavíracím orgánem je zde kulička, která je tlačena do sedla pružinou a odděluje tak komoru (A) od komory (B). Tlaková kapalina je přivedena do hrdla (1) a protéká z komory (A) do komory (B), zde je kuličkový ventil otevřen hydraulickým tlakem a píst pracovního válce se posouvá směrem (I). Po dojetí do krajní polohy a přerušení dodávky tlakové kapaliny dojde k uzavření ventilu a je znemožněn pohyb pístu ve směru (II). K zasunutí pístu pracovního válce ve směru (II) je nutné nejprve přivést tlakovou kapalinu hrdlem (3). Píst v zámečku je opatřen trnem, který posune kuličku a tím dojde k propojení komor a odtoku zpětné kapaliny hrdly (1) a (2). V krajní poloze je v zámečku uzavřené malé množství hydraulické kapaliny, která se může zahřívat. Z toho důvodu je v zámečku ještě prostor (C) s pojistným ventilem, který se nazývá dilatační a chrání systém před poškozením. [5]

2) Dvoustranný hydraulický zámeček

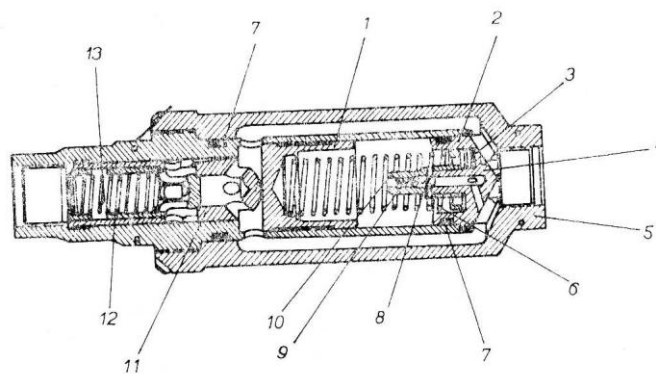
Pracuje na stejném principu jako zámeček jednostranný. Po přerušení dodávky tlakové kapaliny v hrdlech (1) a (2) je píst pracovního válce bezpečně zajištěn. [5]



Obr. 21 Jednostranný hydraulický zámeček (A), Dvoustranný hydraulický zámeček (B) [5]

2.3.3 Tlumič hydraulických rázů

Při spojení prostorů s různými tlaky by docházelo k hydraulickým rázům, proto se do systému zařazuje tlumič hydraulických rázů, který má za úkol prodloužit dobu vyrovnávání tlaků a rázy eliminovat. Když pracovní kapalina přichází do tlumiče, začne se šoupátko (11) vlivem rozdílu tlaků přesouvat. Tak dochází ke spojení části před a za tlumičem rázů přes štěrbinu, jejíž plocha se posuvem šoupátka zvětšuje. Rychlost posouvání šoupátka se snižuje pomocí tlumiče, jehož píst přes malý škrťací otvor vytlačuje kapalinu. Rychlost posunu šoupátka (11) je dána rozdílem tlaků na šoupátku a tlumiči, průměrem škrťacího otvoru a silou vratné pružiny. V okamžiku dosažení tlaku odpovídající síle vratné pružiny (6) se pohyb šoupátka zastaví. [5]



Obr. 22 Tlumič hydraulických rázů [5]

Pozn.: píst (1), čep (2), filtr (3), sedlo (4), těleso tlumiče (5), vratná pružina (6), těsnící kroužek (7), kulička (8), pružina (9, 13), opěra (10), šoupátko (11), ventil (12).

2.3.4 Hydraulické rozvaděče

Jsou to rozvodná zařízení, která slouží k řízení směru průtoku v hydraulické soustavě. Řídí směr toku kapaliny od čerpadla v tlakovém okruhu k jednotlivým větvím pracovního okruhu a zároveň odvádějí hydraulickou kapalinu z nečinných prostorů zpět do nádrže. Hydraulické rozvaděče lze rozdělit dle několika kritérií. [5]

Podle počtu výstupních vývodů:

- 1) Dvoucestné
- 2) Trojcestné
- 3) Čtyřcestné

4) Vícecestné

Podle počtu poloh možných propojení výstupních vývodů:

- 1) Dvoupolohové
- 2) Třípolohové
- 3) Vícepolohové

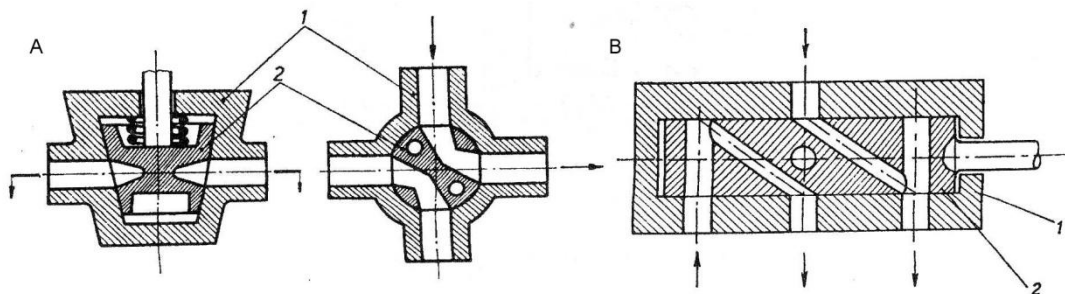
Rozdělení dle typu ovládání

- 1) Ruční
- 2) Mechanické
- 3) Hydraulické
- 4) Elektrické

Podle principu činnosti:

1) Kohoutová rozvodná zařízení

U kohoutových rozvodů koná ovládací prvek pouze otáčivý pohyb. Konstrukční provedení je buď **s kuželem** nebo **s válcem**. Hlavní výhodou, kterou přináší kuželové provedení je realizace snadného utěsnění, jelikož kužel dobře odstraňuje vůli mezi styčnými plochami. To je docíleno pružinou, které nepřetržitě na kužel vyvíjí tlak, případně tlakovou kapalinou, která se přivádí na širší část kužele. Nevýhodou pružin je obtížné nastavení síly pružiny, která musí odolávat tlaku kapaliny a nevyváženost tlakových sil kapaliny, působících na kužel. Tyto nedostatky odpadají při použití válcových kohoutů. Z toho důvodu jsou používány velice často, i když je obtížné dosáhnout požadované těsnosti na válcových plochách. [5]

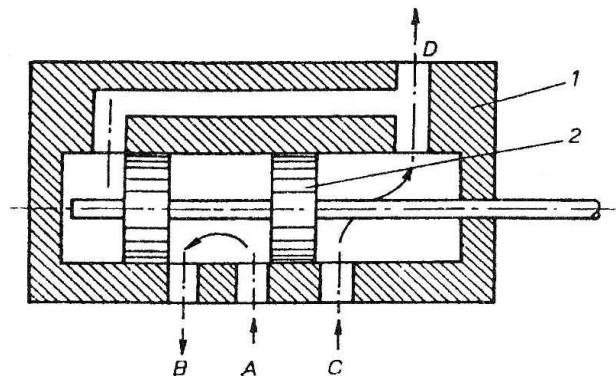


Obr. 23 Kuželový kohoutový rozvod (A), válcový kohoutový rozvod [6]

Pozn.: těleso kohoutu (1), kužel (2-A), válec (2-B).

2) Šoupátkový rozvod

U tohoto provedení koná šoupátko axiální posun, tento typ rozvaděčů má oproti kohoutovým rozvaděčům řadu výhod. Jejich hlavní výhodou je možnost nastavit šoupátko do různých poloh a jejich výroba je poměrně jednoduchá. Kapalina je od čerpadla přiváděna do kanálu (A) a z něho v závislosti na poloze šoupátka proudí buď do kanálu (B) nebo (C), které jsou propojeny s příslušnými prostory pracovních válců. Nečinný prostor válce je rovněž spojen s kanálem (D), který vede zpět do nádrže. [5]



Obr. 24 Šoupátkový rozvod [6]

Pozn.: Těleso šoupátka (1), šoupátko (2).

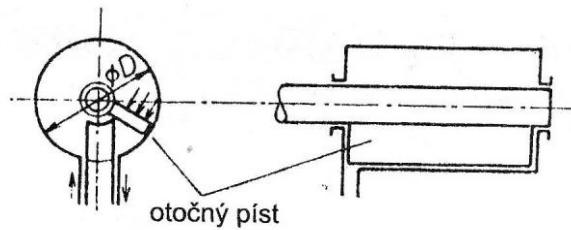
2.3.5 Pracovní válce

Hydraulické motory jsou koncové stupně pracovních okruhů, v kterých se energie kapaliny přeměňuje na mechanickou práci pístu. Pracovní válec je tedy hydraulický motor s přímočarým vratným pohybem pístu. Lze je rozdělit na **jednočinné** a **dvojčinné**, podle toho přivádí-li se kapalina na jednu či obě strany pístu.



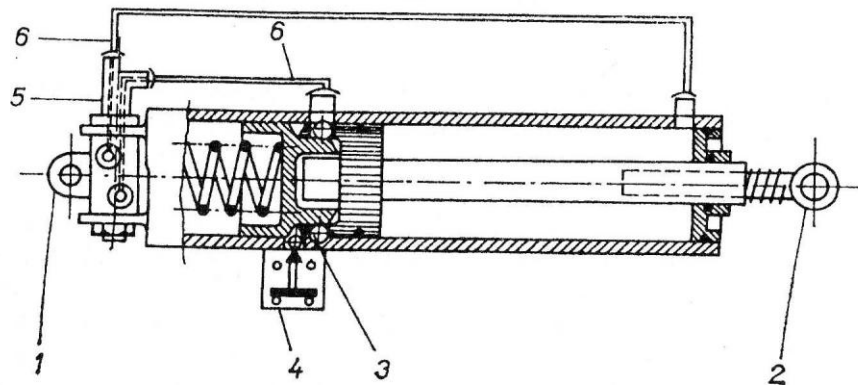
Obr. 25 Schéma jednočinného (A) a dvojčinného (B) pracovního válce s přímočarým pohybem [6]

Dalším konstrukčním provedením je pracovní válec s rotačním pohybem vnitřního ústrojí, ty se ale využívají podstatně méně z toho důvodu, že přímočarý pohyb je obvyklejší a konstrukční řešení je jednodušší, hospodárnější a tím i spolehlivější. [5]



Obr. 26 Pracovní válec s rotačním pohybem [6]

Pracovní válec je na obou koncích opatřen závěsným okem s kloubovým ložiskem nebo závěsnou vidlicí (1) a stavitelným okem s kloubovým ložiskem nebo závěsnou vidlicí (2). Polohu pístu lze v jedné, druhé či obou polohách uzamknout pomocí mechanického kuličkového zámku (3), uzamčení je signalizováno koncovým spínačem (4). Dále je opatřen pružinou, která vrací píst do výchozí polohy v okamžiku poklesu provozního tlaku. V hydraulických soustavách, kde se nepoužívají hadice je zabudován otočný spoj (5), spojený potrubím (6) se vstupními hrdly. [5]



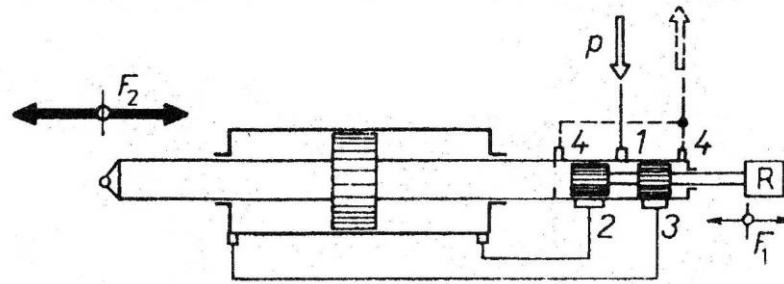
Obr. 27 Schéma jednočinného pracovního válce [6]

Pozn.: závěsná vidlice (1), stavitelná vidlice (2), zámek (3), komorový přepínač (3), otočný spoj (5), potrubí (6).

2.3.6 Posilovače (boostr)

Jedná se o hydraulické motory s přímočarým pohybem, které jsou mechanicky spojeny s ručními rozvaděči (šoupátky). Jsou určeny k posílení řízení u mechanismů, u kterých

by bylo přímé ovládání nemožné z důvodu vysokého zatížení a značných sil. Používají se například pro ovládání ocasních ploch, křidélek, klapek a podvozku. [5]



Obr. 28 Schéma posilovače řízení [6]

Hydraulická kapalina s provozním tlakem (p) je přivedena do řídicího šoupátka kanálkem (1). V klidové poloze je šoupátkový rozvod uzavřen a hrdla (2) a (3) jsou zakryty písty šoupátka. Začne-li na šoupátko působit pilot silou (F_1) dojde k posunu šoupátka a otevření hrdla (2) nebo (3), tím začne tlaková kapalina působit na pracovní válec a vytvoří na píst potřebnou sílu. Zpětná kapalina z opačné strany pístu proudí přes šoupátko hrdlem (4) zpět do nádrže. Ruční páka je spojena s pístnicí pracovního válce a pohybuje se spolu s ní. V okamžiku, kdy pilot přestane na řídicí páku působit silou (F_1) se šoupátko zastaví. Těleso šoupátka, které je pevně spojeno s pístnicí se nastaví hrdly (2) a (3) proti stojícímu šoupátku a tím se uzavře vstup tlakové kapaliny do válce. Pístnice se zastaví a celý proces se nadále opakuje. [5]

2.3.7 Hydraulické potrubí a těsnění spojů

Jednotlivé části hydraulické soustavy jsou vzájemně propojeny potrubím, které přivádí a odvádí tlakovou kapalinu k jednotlivým prvkům hydraulické soustavy. Potrubí je propojeno pomocí šroubení, kterým se i připojuje k jednotlivým členům soustavy. Navrhuje se tak, aby odolalo tlakovým špičkám, zajistilo dostatečný průtok, vytvářelo minimální hydraulické ztráty, zbytečně nezvyšovalo hmotnost soustavy a ve spojích bylo dostatečně těsné, aby nedocházelo k únikům kapaliny. [5]

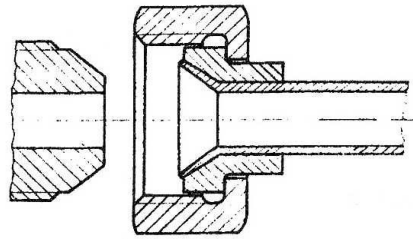
Potrubí lze rozdělit podle provozní deformace na:

1) Pevné potrubí

Nepohyblivá potrubí se používají pro spojování částí hydraulické soustavy, které jsou pevně uchyceny. Skládá se z trubek, které jsou zohýbané do potřebných tvarů a na koncích jsou opatřeny maticemi s nátrubky, do nichž jsou okraje trubky zaválcovány.

2) Pružná potrubí

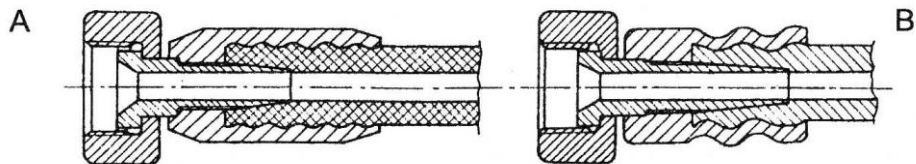
Jsou určena do míst s malými pohyby jako je například výkyv pracovních válců.



Obr. 29 Koncovka hydraulických potrubí [5]

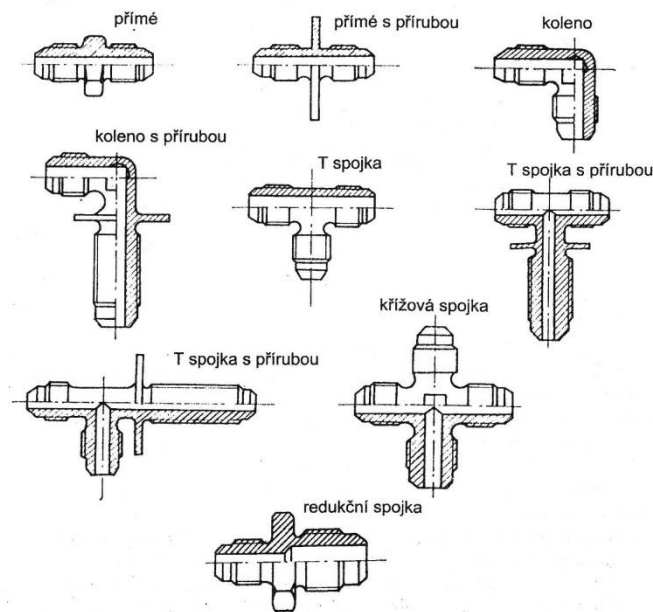
3) Hadice

Těmi se přivádí tlaková kapalina do pohyblivých částí s velkým výkyvem. Hadice se skládá z duše, ta je vyrobena z odolné pryže a z několika textilních pogumovaných vrstev, nejčastěji se používají tři nebo čtyři tyto vrstvy. Na obou koncích jsou hadice opatřeny převlečnými maticemi s nátrubky. Rozdělují se na **nízkotlaké hadice**, u kterých se používá méně opletů proložených ocelovou spirálou a **vysokotlaké hadice** s vnitřním kovovým opletem.



Obr. 30 Hadicová šroubovaná (A) a zalisovaná (B) koncovka [6]

Spojování potrubí je možné řešit několika variantami, v první řadě rozdělujeme spoje na **pevné** a **otočné**. Otočné spoje slouží ke spojení pohyblivých letadlových celků a mohou být součástí pracovních válců, nebo samostatně vloženy do potrubí. Šroubením se spojují dvě nebo několik potrubí mezi sebou nebo se s ním potrubí připojuje k letadlovým celkům. Ke spojení dvou potrubí o stejné světlosti se používá rovná spojka, případně rovná spojka s přírubou, když potrubí prochází stěnou nebo koleno s přírubou. Při spojování třech potrubí se používá T-spojka nebo T-spojka s přírubou, u čtyř potrubí se používá křížová spojka. V případech, kdy je potřeba spojit potrubí o rozdílné světlosti se využívá redukčních spojek. [5]



Obr. 31 Šroubení hydraulických potrubí [6]

Aby se zamezilo úniku tlakové kapaliny je třeba všechny spoje utěsnit. Druh použitého těsnění závisí na řadě faktorů, například na konstrukci spojovaných celků, na pracovních podmínkách a na velikosti utěšňovaného tlaku. [5]

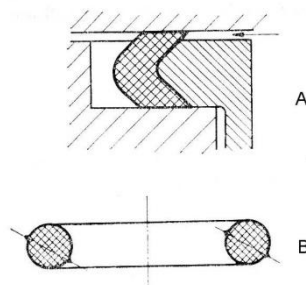
1) Těsnění nepohyblivých spojů

U těchto spojů je dosaženo těsnosti likvidací vůle mezi těsněnými plochami. Spoj je vyroben s přesahem a smontován dohromady, mezi něj se vloží pružná těsnící podložka.

2) Těsnění pohyblivých spojů

a) Těsnění, kde je vůle vymezena pomocí těsnících prvků

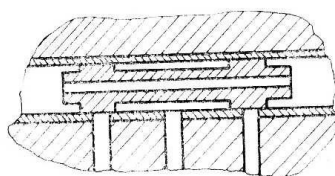
Tyto těsnící prvky mají tvar **manžet** nebo **kroužků** a k těsnícím plochám jsou přitlačovány pomocí utěšňovaného tlaku nebo přesahem.



Obr. 32 Manžetové těsnění (A) a těsnící kroužek (B) [5]

b) Těsnění, bez použití přidaných těsnících prvků.

V tomto případě je mezi těsněnými plochami malá vůle a těsnícího protitlaku je dosaženo zabroušením nebo zalapováním těsněných ploch. Další možností je vytvoření několika po sobě jdoucích expanzních komůrek. Tento druh těsnění se používá například u šoupátkových rozvaděčů a všude tam, kde je nezbytné zajistit minimální třecí síly. [5]



Obr. 33 Utěsnění bez těsnících prvků [5]

2.3.8 Hydraulické kapaliny

Přenáší tlakovou energii od zdroje, kterým je čerpadlo k výkonným členům. Hydraulické kapaliny musí pracovat i za extrémních podmínek a jsou na ně kladeny vysoké požadavky jak z hlediska fyzikálně-chemických tak i mechanických.

Požadavky na hydraulické kapaliny:

- a) Dobrá viskozita v rozsahu pracovních teplot (-60 až +90°C).
- b) Dobré antikoroziční vlastnosti a dobré mazací vlastnosti.
- c) Chemická neutralita vůči materiálům používaných v soustavě.
- d) Nesmí být toxické a musí mít homogenní složení.
- e) Malé hydraulické odpory, odolnost vůči mechanickému namáhání (přenášejí tlaky 3000 psi a více).
- f) Nemají mít sklon k pěnovitosti a je požadován vysoký bod vzplanutí.

Hydraulické kapaliny mohou být produkty na bázi rostlinné, minerální nebo syntetické.

1) Rostlinné kapaliny

V dnešní době se používají pouze výjimečně. Jejich nevýhodou je nutnost použití těsnění z přírodní gummy a především nízký bod vzplanutí. Tento druh kapalin mívá modré zbarvení a jako příklad lze uvést kapalinu MIL-H-7644.

2) Minerální kapaliny

Mají červenou barvu, vyznačují se malou změnou viskozity v závislosti na teplotě. V dnešní době se jedná o nejrozšířenější typ, nevýhodou hydraulických kapalin na minerální bázi je poměrně nízký bod vzplanutí cca 130°C. Patří sem například kapaliny pod označením MIL-H-5606 (USA), DTD 858 (GB), AIR 320 (Francie) nebo H 515 používaná v NATO.

3) Syntetické kapaliny

Mají purpurovou barvu, k jejich vývoji vedly především požadavky na zvýšení bodu vzplanutí, který u tohoto typu kapalin dosahuje hodnoty cca 200°C. Patří sem například kapalina MIL-H-83282 nebo Skydrol, vyrobený na bázi fosfát-esterové.

Přítomnost par a vody zhoršují vlastnosti kapaliny, dochází ke zvýšení opotřebení těsnících prvků, zadírání šoupátek a ventilů, z tohoto důvodu je třeba provádět intenzivní čištění hydraulické kapaliny. [6]

2.3.9 Indikační a výstražné systémy hydraulické soustavy

Počet informací je závislý na stavu hydraulické soustavy a na jejím typu a složitosti. Informace, které v hydraulické soustavě sledujeme, se dají rozdělit podle četnosti snímání na:

1) Trvale přenášené informace

Kontinuálně podávají informace o stavu soustavy, v jakém se momentálně nachází.

2) Výstražné informace

O těch je pilot informován při dosažení krajních hodnot možných rozsahů nebo při výskytu poruchy.

Informace mohou být buď jedno parametrické nebo dvou parametrické (dvou parametrické jsou propojeny se spínačem určité činnosti ON/OFF).

V hydraulické soustavě sledujeme:

- Čerpadla: Nízký tlak dodávané kapaliny, přehřátí (elektrická čerpadla), stav uzavíracích ventilů, u PTU sledujeme stav uzavíracího ventilu.
- Teploty: Výstraha vysoké teploty v nádrži.
- Množství: Kapaliny ve všech nádržích a v nádrži pro nouzový okruh, indikace nízké hladiny kapaliny v nádržích.
- Tlaky: Tlaky v jednotlivých nádržích a indikace nízkého stavu, tlaky v pracovních okruzích (brzdy), tlak nouzového systému a indikace nízkého tlaku. [6]

2.3.10 Vazby hydraulické soustavy s ostatními systémy

Hydraulická soustava je úzce propojena s elektrickou soustavou, například v souvislosti s pohonem čerpadel, ovládáním ventilů, ovládání zbytku soustavy a pro přenos informací. Dále je propojena s pneumatickou soustavou, která zajišťuje přetlakování nádrží, nouzový pohon čerpadel a činnost nouzových okruhů. Elektrické a mechanické systémy slouží jako záložní zdroje hydraulické soustavy. Hydraulická soustava může nouzově pohánět elektrické zdroje, palivová čerpadla a jejich tepelná kapacita se používá pro ohřev paliva. Zálohování činnosti jednotlivých okruhů je řešeno kombinací hydraulické soustavy s mechanickým nebo elektrickým zálohováním. [6]

2.4 Charakteristika hydraulického systému vrtulníku Eurocopter EC 135

V této části se budu zabývat hydraulickou soustavou vrtulníku EC 135 a budu zde rozebírat a popisovat celou soustavu.

2.4.1 Základní popis hydraulického systému

Hydraulický systém generuje tlakovou energii, která se využívá pro řízení hlavního a zadního rotoru (Fenestronu). Hydraulické vedení rozvádí hydraulickou kapalinu k servomotorům. [7]

Komponenty

Součástí hydraulického systému jsou dva systémy pro dodávku tlaku, indikační a testovací systém.

Systém pro dodávku tlaku

Systém pro dodávku tlaku je zdvojený. Jsou to dva identické tlakové systémy, systém 1 a systém 2, které pracují nezávisle. Za normálního provozu pracují oba systémy zároveň a generují tlak pro řízení hlavního rotoru. Systém 2 zároveň generuje tlak pro řízení zadního rotoru. V případě, že jeden ze systémů selže, zbývající systém stále dodává tlak k servomotorům hlavního rotoru. Pouze v případě, že selže systém 2, pracuje ocasní rotor bez tlaku. Selhání systému 1 nemá žádný vliv na ocasní rotor. [7]

Počet systémů pro dodávku tlaku	2
Operační tlak systémů	10300 kPa (103 bar, 1500 psi)
Tlak ve zpětné větvi	140-174 kPa (1,4 -1,75 bar, 20-25 psi)
Max. tok systémem	8,1 l/min
Hydraulická kapalina	Specifikace MIL - H - 5606
Maximální kapacita hydraulické kapaliny v systému 1 včetně výkonné jednotky	Cca 1,0 l
Maximální kapacita hydraulické kapaliny v systému 2 včetně výkonné jednotky	Cca 1,2 l

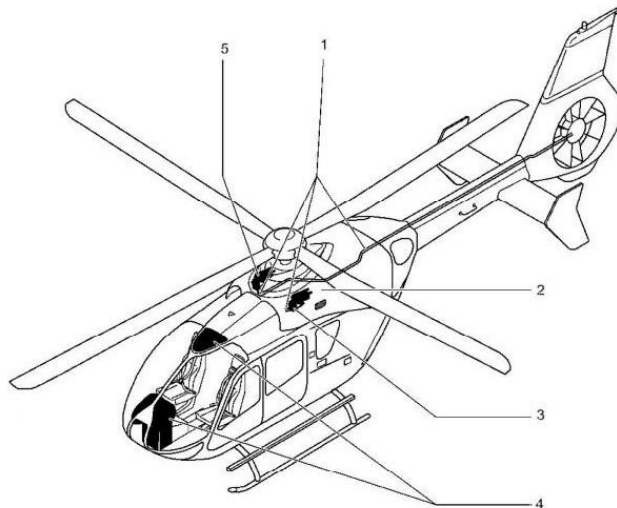
Tab. 1 Základní parametry hydraulické soustavy vrtulníku EC 135 [7]

Indikační a testovací systém

Indikační a testovací systém se používá k monitorování systémů pro dodávku tlaku. Indikační systém monitoruje provozní tlak a varuje pilota v případě, kdy není provozní tlak dostatečný. Varování o selhání systému se zobrazí na CDS nebo CAD. Testovací systém slouží k testování správné funkce indikačního systému. [7]

Umístění

Komponenty hydraulického systému jsou umístěny na přední straně hlavní transmisní soustavy a v kokpitu. Dva systémy dodávky tlaku (3,5) jsou umístěny na vrchu rotorové převodovky. Rotorová převodovka je připojena v přední části na levé a pravé straně k hlavní transmisní soustavě (2). Servomotor hlavního rotoru je umístěn ve středu na přední straně hlavní transmisní soustavy. Hydraulické potrubí (1) spojuje systém dodávky tlaku se servomotorem hlavního rotoru a servomotorem ocasního rotoru. [7]



Obr. 34 Umístění jednotlivých systémů vrtulníku EC 135 [7]

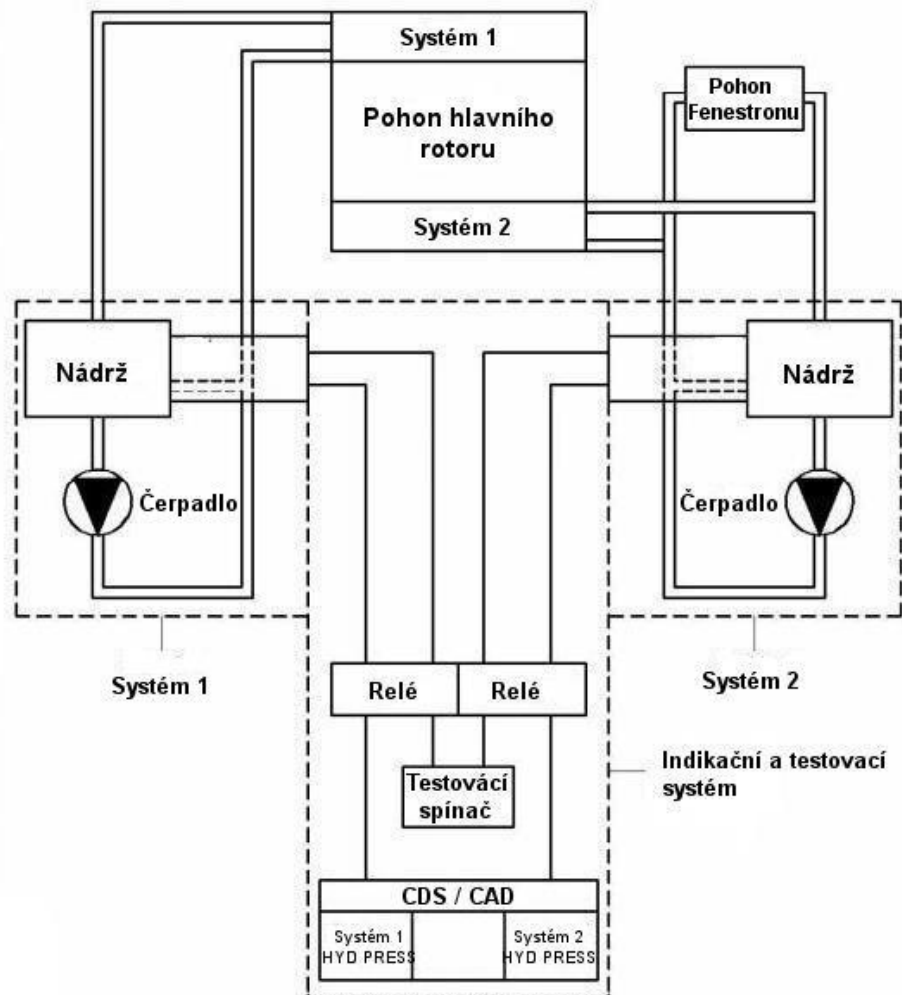
Pozn.: Hydraulické potrubí (1), hlavní převodovka (2), hydraulický systém 1 (3), indikační a testovací systém (4), hydraulický systém 2 (5).

Funkce

V hydraulickém systému je mechanická energie přeměněna v hydraulickou energii k posílení řízení rotoru. Tato přeměna se uskutečňuje ve dvou systémech pro dodávku tlaku. Indikační a testovací systém se používá k monitorování funkce systémů pro dodávku tlaku. Systémy 1 a 2 jsou identické. Oba dodávají provozní tlakovou energii servomotorům k řízení rotorů. Systém 2 také dodává tlak k řízení servomotoru ocasního rotoru. Hlavní transmisní soustava pohání hydraulická čerpadla, která jsou poháněna připojenou hnací hřídelí. Čerpadlo dodává hydraulickou kapalinu z příslušné nádrže přes ventily v bloku ventilů do tlakového potrubí. Hydraulická kapalina se vrací zpět do nádrže pomocí zpětného potrubí s nízkým tlakem.

V indikačním systému je hydraulický tlak přeměněn na elektrický signál. Při poklesu provozního tlaku pod 6 900kPa (69 bar, 1 000 psi) se uzavře tlakový spínač a příslušné

relé ztratí energii. Jako výsledek je zobrazeno varování na CDS nebo CAD. Při testování funkce indikačního systému je testován pokles tlaku v systému. V provozu se test realizuje pomocí spínače test. Pokud systém pracuje správně, je výsledný pokles tlaku zobrazen na monitoru s varováním. [7]



Obr. 35 Schéma hydraulického systému vrtulníku EC 135 [7]

2.4.2 Funkce systému pro dodávku tlaku

Systém pro dodávku tlaku se skládá ze dvou identických systémů 1 a 2. Ty jsou na sobě nezávislé, skladují a dodávají hydraulickou kapalinu s provozním tlakem hydraulickým pohonům. Systém se skládá z hydraulických čerpadel, nádrží, bloku ventilů a hydraulického potrubí. [7]

Systém dodávky tlaku

Systém dodávky tlaku vytváří tlak hydraulické kapaliny, který je nezbytný k pohonu servomotorů. Hydraulická čerpadla (5) čerpají hydraulickou kapalinu z nádrží přes sací

otvor (S) a dodávají ji do tlakového potrubí přes vstup tlaku (PI). Čerpadla zvyšují tlak hydraulické kapaliny na provozní tlak. [7]

Hydraulická čerpadla

V systému se používají čerpadla s proměnnou dodávkou. Dodávají konstantní provozní tlak s použitím naklápěcí desky. Naklápěcí deska umožňuje úpravu dodávaného množství hydraulické kapaliny podle potřeby systému. Pro chlazení a mazání je použit kontinuální průtok hydraulické kapaliny přes odtokové pouzdro (CD) a potrubí zpětné větve. V případě úniku je hydraulická kapalina odvedena přes vypouštěcí uzávěr (SD). [7]

Otáčky čerpadla	5145 RPM
Směr otáčení čerpadla	Proti směru hodinových ručiček
Váha čerpadla	1,1 kg (2,4 lb)

Tab. 2 Charakteristika hydraulických čerpadel vrtulníku EC 135 [7]



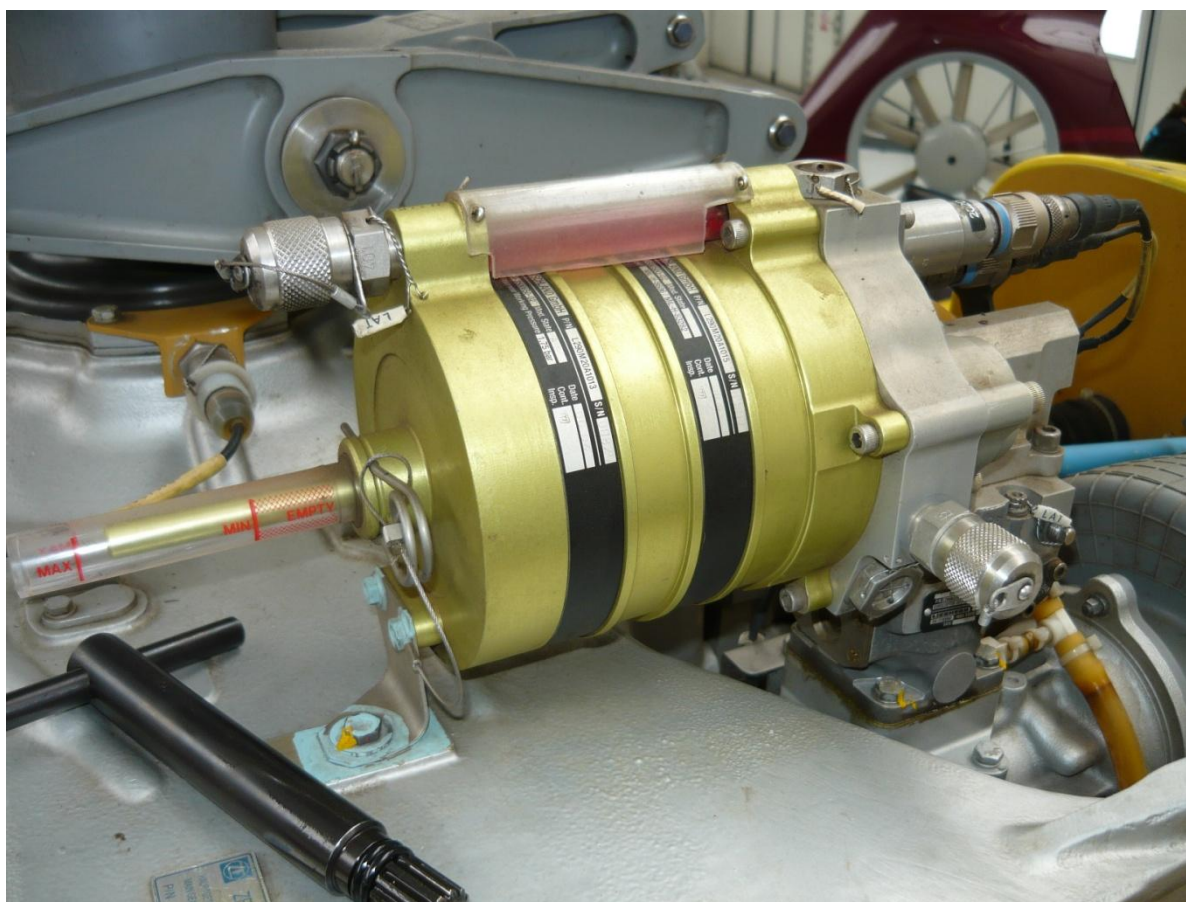
Obr. 36 Hydraulické čerpadlo s hydraulickým agregátem

Hydraulické nádrže

V nádržích je uložena hydraulická kapalina. Je nezbytné přetlakování nádrže, které je řízené dvojicí pístů v nádrži. Provozní tlak působí na menší plochu pístu a větší plocha pístu přetlakuje nádrž. Zpětný přetlakový ventil (4) zabraňuje přetížení nádrže. Otevře se při 750 kPa (7,5 bar, 109 psi) a umožní tak průchod hydraulické kapaliny přes vypouštěcí uzávěr (SD). Průzorem (8) na vrchní části nádrže lze zkontrolovat, zda v systému není vzduch. Odvzdušňovací ventil (7) se používá pro odvzdušnění systému. [7]

Přetlakování nádrže	140-175 kPa (1,4-1,75 bar, 20-25 psi)
Kapacita nádrže	cca 0,8 l
Váha nádrže včetně bloku ventilů	2,5 kg

Tab. 3 Charakteristika nádrží hydraulické soustavy vrtulníku EC 135 [7]



Obr. 37 Hydraulická nádrž

Blok ventilů

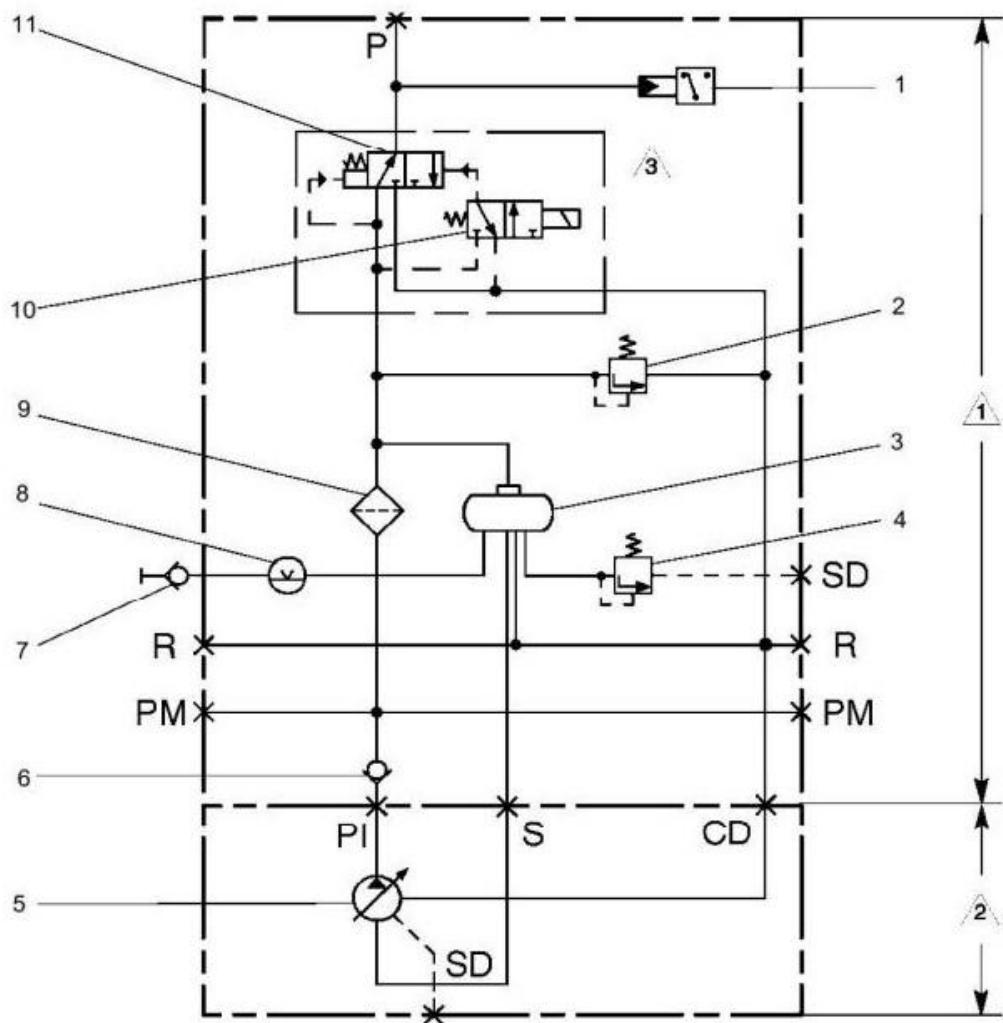
Ventily pro systém dodávky tlaku a související řízení vedení kapaliny jsou součástí bloku ventilů. Zpětný ventil (6) je připojený na zadní straně hydraulického čerpadla a zabraňuje zpětnému průtoku. Filtr (9) zabraňuje kontaminaci. Pojistný ventil (2) zabraňuje přetížení systému. Otevře se při 12 200 kPa (122 bar, 1 800psi) a umožní pokles tlaku přes zpětnou větev. Elektromagnetický ventil (10), uzavírací ventil (11) a tlakový spínač (1) jsou součástí indikačního a testovacího systému. Dodání energie elektromagnetickému ventilu způsobí uzavření uzavíracího ventilu a přeruší dodávku tlaku do servomotorů. Výsledný pokles tlaku působí na tlakový spínač. [7]

Hydraulické potrubí

Tlaková větev potrubí vede do servomotorů a z nich pak vede zpětná větev. Provozní tlak je dodáván k servomotorům přes výstup tlaku (P). Hydraulická tekutina se vrací zpátky do nádrže přes zpětný bod (R). [7]



Obr. 38 Hydraulické potrubí



Obr. 39 Schéma hydraulického systému vrtulníku EC 135 [7]

Pozn.: Tlakový spínač (1), vysokotlaký pojistný ventil (2), nádrž (3), pojistný ventil (4), hydraulické čerpadlo (5), zpětný ventil (6), od vzdušňovací ventil (7), průzor (8), filtr (9), elektromagnetický ventil (10), uzavírací ventil (11), výstup tlaku (P), zpětný bod (R), snímání tlaku (PM), přívod tlaku (PI), sací otvor (S), odtokové pouzdro (CD), vypouštěcí uzávěr (SD).

2.4.3 Umístění systému pro dodávku tlaku

Systém dodávky tlaku

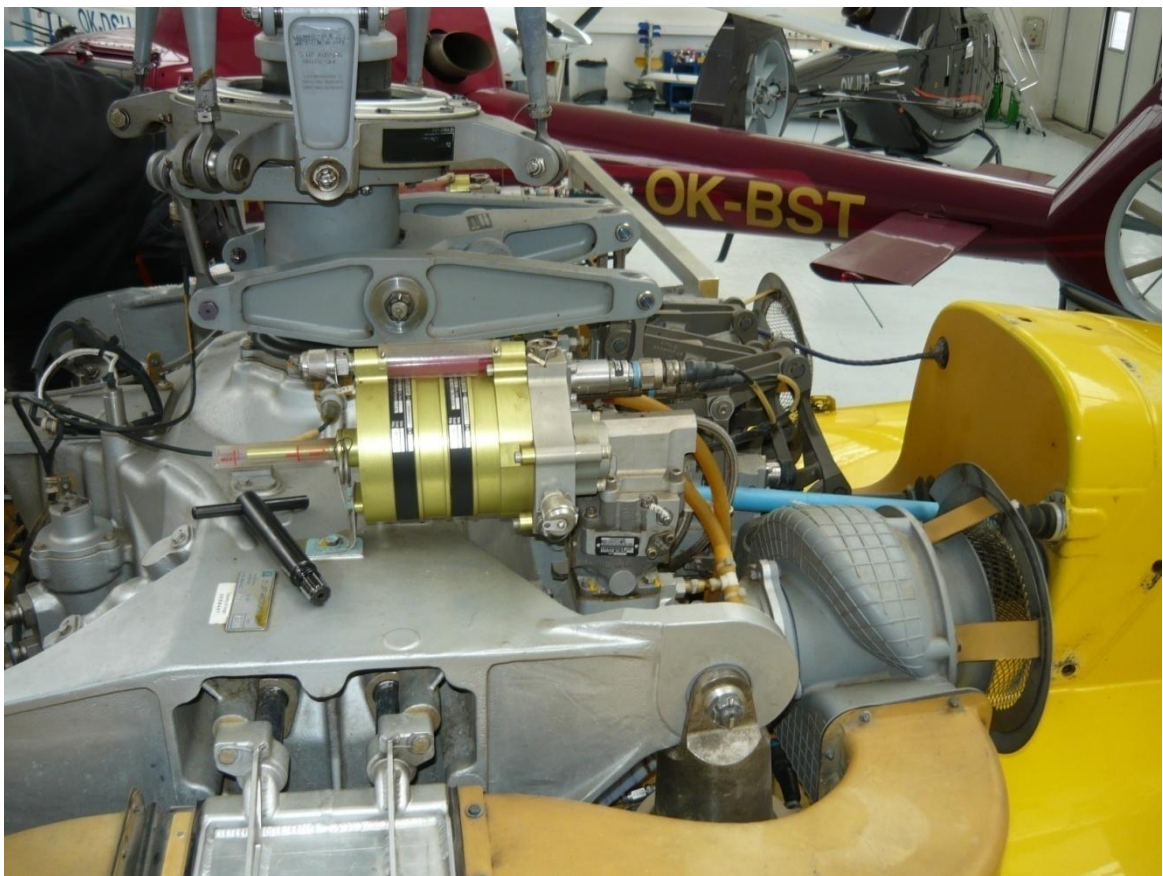
Systém 1 je umístěn na levé přední straně, systém 2 je umístěn na pravé přední straně hlavní převodovky (1). [7]

Hydraulická čerpadla

Obě hydraulická čerpadla (8) jsou spojena s převodovými skříněmi rotorů (10). Tyto převodové skříně jsou propojeny s náhony hydraulických čerpadel (9). Převodové skříně rotorů jsou umístěny na levé a pravé straně v přední části hlavní převodovky. [7]

Nádrže a blok ventilů

Dvě nádrže (6) s bloky ventilů (3) jsou připojeny zepředu na jejich hydraulická čerpadla. Podpěra je také připojena k hlavní převodovce. Na vrchu nádrže je průzor (4), indikace hladiny (5) je umístěn na zadní straně nádrže. [7]

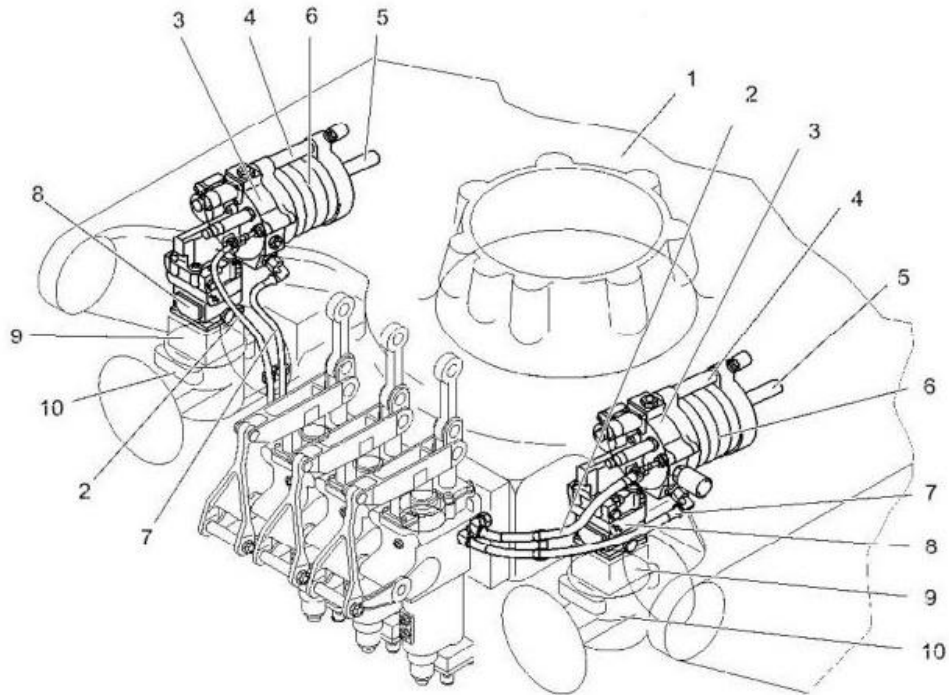


Obr. 40 Hydraulický agregát

Hydraulické potrubí

Tlakové větve (2) systémů 1 a 2 vedou z tlakového výstupu na čelní straně bloku ventilů do hlavního rotoru servomotoru. Další tlaková větev systému 2 vede do zadního servomotoru k prstencovému ocasnímu rotoru. Zpětné větve (7) systémů 1 a 2 vedou od hlavního rotoru servomotoru do zpětného bodu na dolní straně bloku ventilů. Další

zpětná větev systému 2 vede od servomotoru prstencového ocasního rotoru ke zpětnému bodu. [7]



Obr. 41 Umístění komponentů hydraulické soustavy vrtulníku EC 135 [7]

Pozn.: hlavní převodovka (1), hydraulické potrubí (2), blok ventilů (3), průzor (4), indikátor hladiny kapaliny (5), nádrž (6), zpětná větev (7), hydraulické čerpadlo (8), pohon hydraulického čerpadla (9), převodovka rotoru (10).

2.4.4 Indikační a testovací systém

Indikace

Indikační systém varuje piloty v případě, že poklesne tlak v jednom ze systémů pro dodávku tlaku pod 6900kPa (69 bar, 1000psi). Zobrazí se varovné hlášení HYD PRESS na levém displeji pro systém 1 nebo na pravém displeji pro systém 2. [7]

Komponenty

Součásti testovacího a indikačního systému jsou: tlakový spínač 1 (103DH), tlakový spínač 2 (203DH), elektromagnetický ventil pro systém 1 (102DH), elektromagnetický ventil pro systém 2 (202DH), uzavírací ventil pro systém 1, uzavírací ventil pro systém 2, testovací spínač HHYD TEST (1DH), jistič HYD-P SYS 1 (100DH), jistič HYD-P SYS

2 (200DH), relé pro systém 1 (101DH), relé pro systém 2 (201DH), displeji CDS (15VE) nebo CAD (25VE). [7]

Systém indikace a testování

Indikační systém převádí hydraulický tlak v obou systémech do indikace. V případě poklesu tlaku elektrický signál tlakového spínače aktivuje na displeji varování o chybě v systému. Při testování indikačního systému se sníží tlak v okruhu přes uzavírací ventil. V případě, že systém pracuje správně, vyše signál o poklesu tlaku. Při testu přepneme ovládací přepínač HYD TEST do pozice SYS 2 a výsledné varování HYD PRESS je zobrazeno na displeji systému 1. [7]

Ovládání tlakového spínače	
Otevře se, při nárůstu tlaku na	max. 8270 kPa (82,7 bar, 1200 psi)
Uzavře se, při poklesu tlaku na	6900 +/- 340 kPa (690+/- 3,4 bar, 1000+/- 50psi)
Napájení	28 V DC

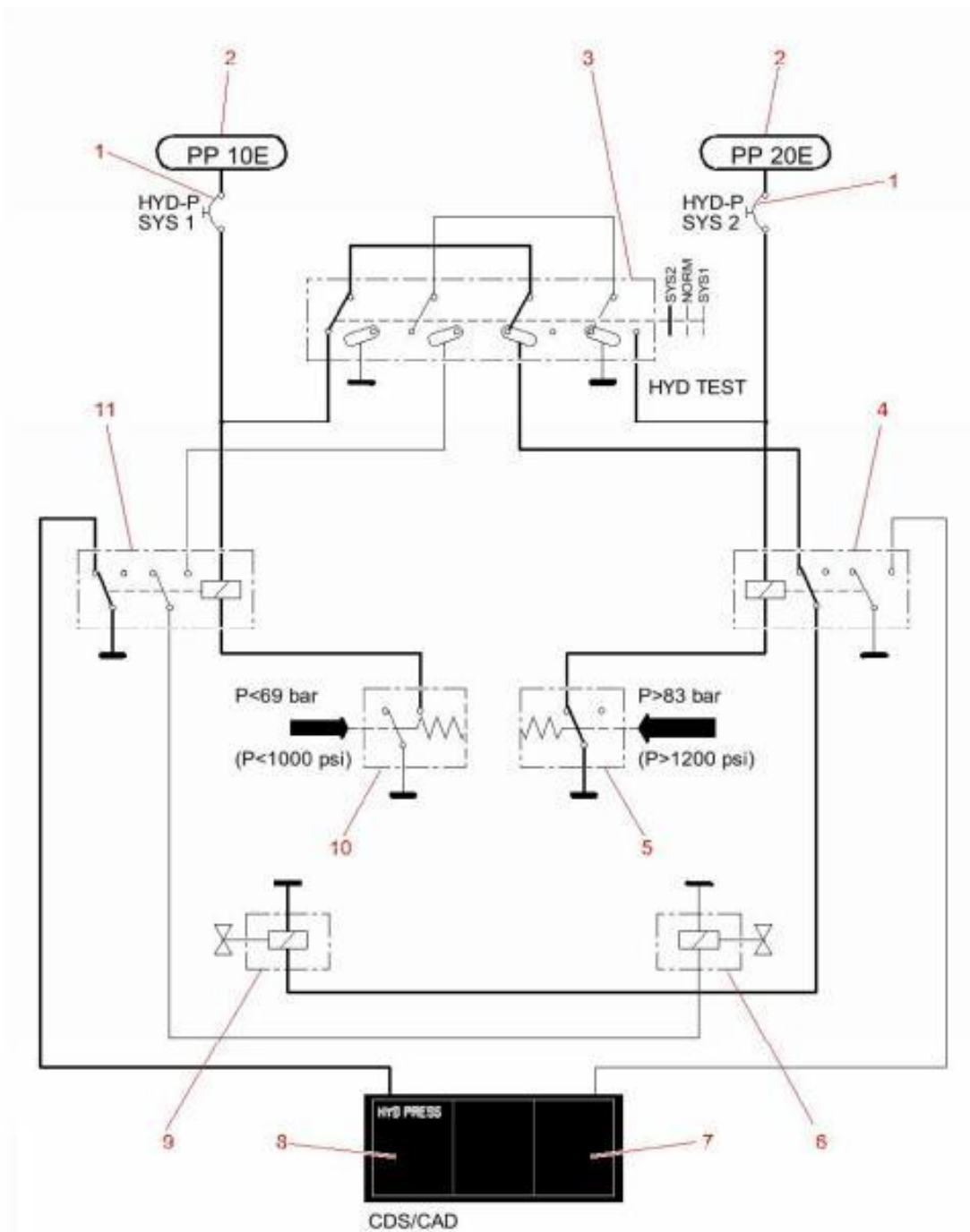
Tab. 4 Systém indikace a testování u vrtulníku EC 135 [7]

Systém indikace

Každý systém má svůj tlakový spínač (5,10) a je monitorován tlak v obou systémech. Energie je dodávána přes sběrnici PP 10E respektive PP 20E (2) a obvod je chráněn jističi (1). Při zvýšení tlaku v systému na 8 300kPa (83 bar, 1 200 psi) tlakový spínač (5,10) uzavře příslušné relé (4,11) a bude pod napětím. Není zde varovné hlášení. Když tlak opět poklesne pod 6 900kPa (69 bar, 1 000 psi) otevřou se tlakové spínače (5,10) a energie k relé (4,10) není dodávána. Varování indikuje na displeji hlášení HYD PRESS příslušného systému, pro systém 1 (8), pro systém 2 (7). [7]

Testovací systém

Testovací spínač má tři pozice: NORM (střední pozice, při klasické funkci systému), SYS 1 a SYS 2 (obě pozice snímače jsou jistěny jisticí pružinou a používány pouze při testování systému).



Obr. 42 Schéma indikačního a testovacího systému vrtulníku EC 135 [7]

Pozn.: Jistič (1), sběrnice (2), testovací spínač (3), relé (4,11), tlakový spínač (5,10), elektromagnetický ventil (6,9), display pro systém 2 (7), display pro systém 1 (8).

Následující popis ukáže postupy při testování systému 1. Přepneme testovací spínač (3) z pozice NORM do pozice SYS 2 napájeného elektromagnetickým ventilem (9)

v systému 1. To může nastat pouze v případě, když relé (4) systému 2 dodává energii, protože byl uzavřen tlakový spínač (5) a nepoklesl tlak v systému 2. Elektromagnetický ventil (9) ovládá uzavírací ventil. Uzavírací ventil uzavře tlakovou větev systému 1, která je propojena s elektromotory. Výsledné snížení tlaku působí na tlakový spínač (10). Tento výpadek v napájení relé (11) v systému 1 zapříčiní varovné hlášení HYD PRESS, to se objeví na displeji pro systém 1 (8). Přepnutí testovacího snímače z pozice NORM do pozice SYS 1 tedy zapříčiní varovné hlášení HYD PRESS na displeji pro systém 2 (7) a naopak přepnutí z pozice NORM do pozice SYS 2 zapříčiní varovné hlášení HYD PRESS na displeji pro systém 1 (8). [7]

2.4.5 Umístění indikačního a testovacího systému

Toto část je zaměřena na umístění jednotlivých komponentů indikačního a testovacího systému vrtulníku Eurocopter EC 135.

Kompletní systém

Komponenty indikačního a testovacího systému jsou umístěny na obou systémech dodávky tlaku, nacházejí se na přední straně hlavní převodovky a v kokpitu.

Tlakový spínač

Tlakový spínač (4) je umístěn na bloku ventilů (2), který je připojený na přední straně nádrže (3). Oba systémy mají tlakový spínač.

Elektromagnetický ventil

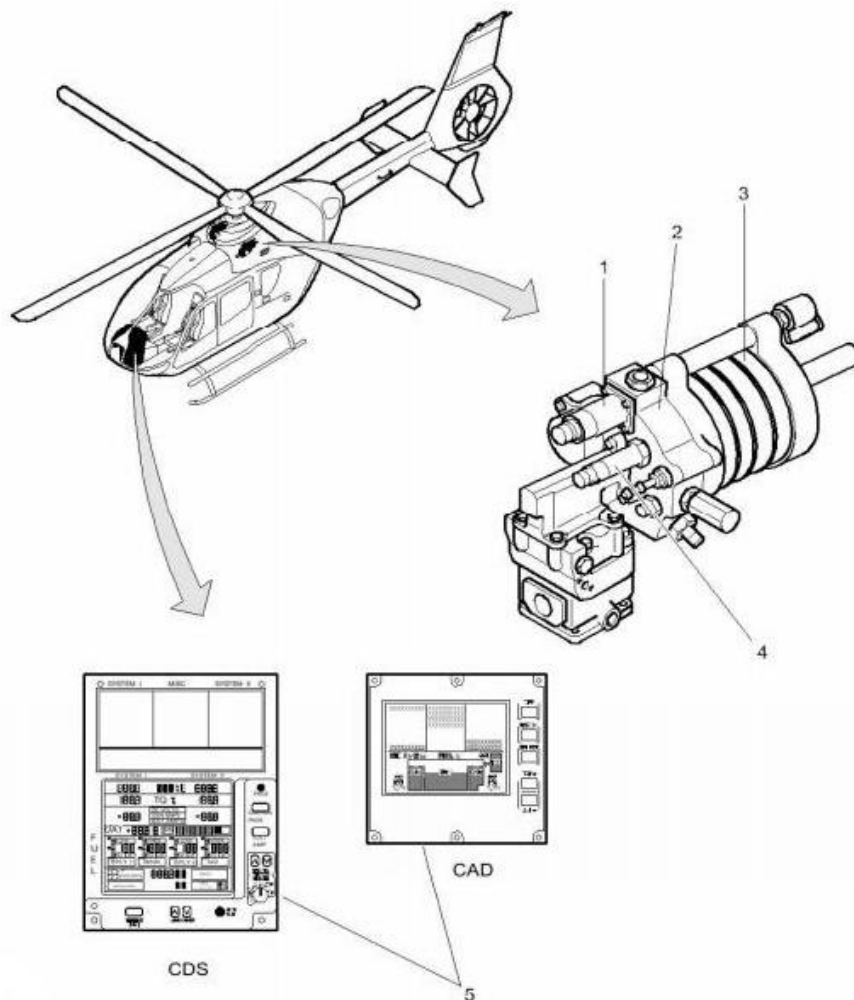
Elektromagnetický ventil (1) je umístěn na horní straně bloku ventilů (2). Oba systémy mají elektromagnetický ventil.

Uzavírací ventil

Uzavírací ventil je součástí bloku ventilů (2).

Displeje systému

Displeje systému (5) jsou umístěny ve středu palubní desky na přístrojové desce.



Obr. 43 Umístění indikačního a testovacího systému vrtulníku EC 135 [7]

Pozn.: Elektromagnetický ventil (1), blok ventilů (2), nádrž hydraulické kapaliny (3), tlakový spínač (4), display (5).

Testovací spínač

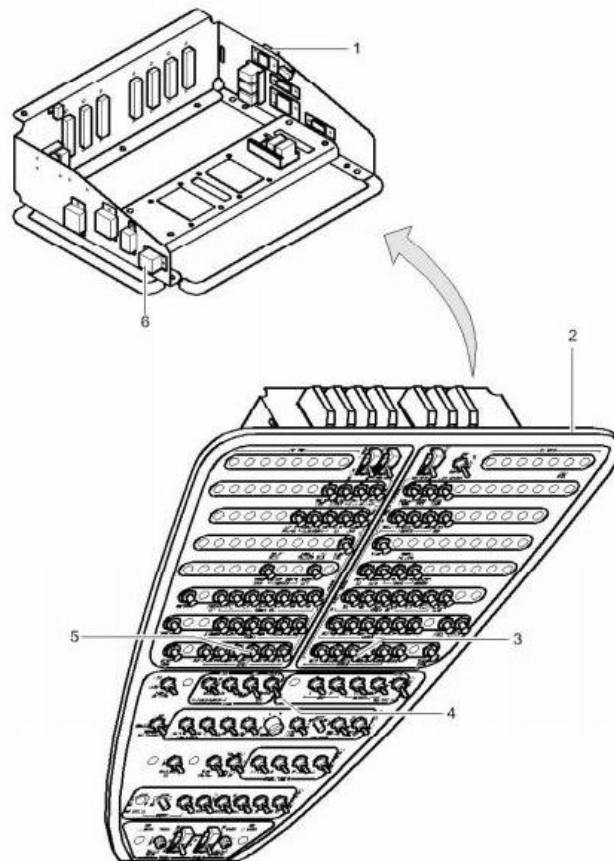
Testovací spínač HYD TEST (4) je umístěn na stropním panelu v kokpitu.

Jistič

Jističe HYD-P SYS 1 (5) pro systém 1 a jističe HYD-P SYS 2 (3) pro systém 2 jsou umístěny na stropním panelu.

Relé

Relé pro systém 1 (1) je umístěno vzadu na horní levé části stropního panelu a relé pro systém 2 (6) je umístěno vzadu na horní pravé části stropního panelu. [7]



Obr. 44 Umístění komponentů indikačního a testovacího systému [7]

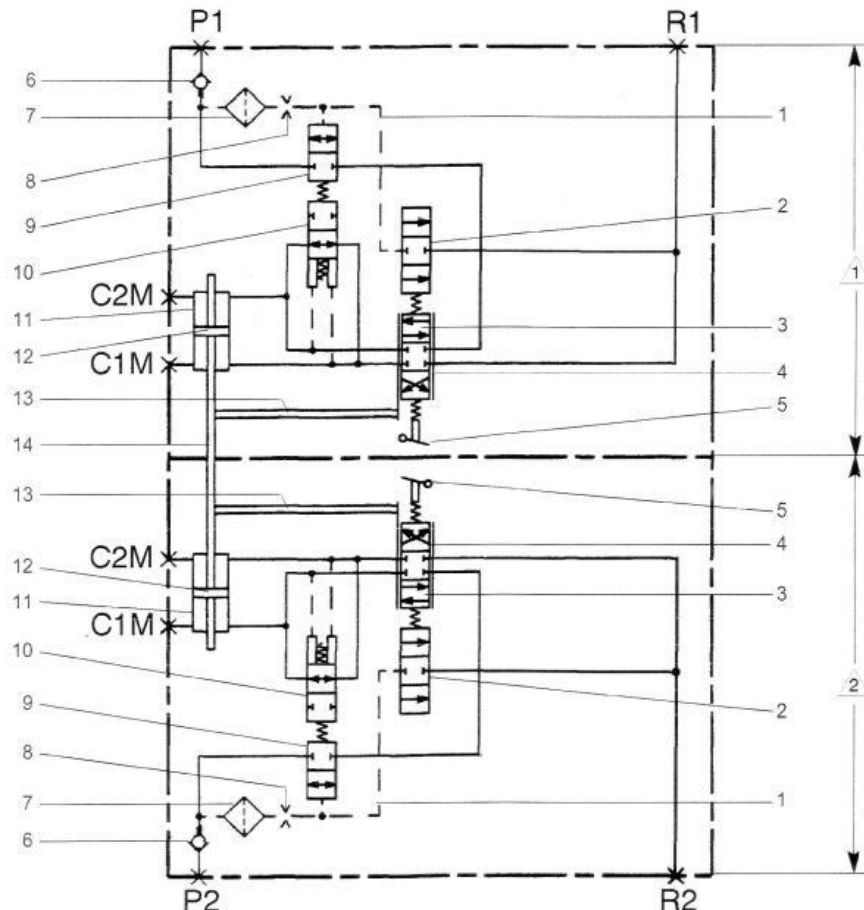
Pozn.: Relé systému 1 (1), stropní panel (2), jistič pro systém 2 (3), testovací spínač (4), jistič pro systém 1 (5), relé systému 2 (6).

2.4.6 Funkce hydraulických pohonů

Pohon hlavního rotoru

Činnost pohonu hlavního rotoru kombinuje jednotlivé funkční činnosti nezávislých mechanicko-hydraulických pohonů MHA. MHA sestává ze dvou nezávislých systémů s totožnými funkcemi. Systémy jsou propojeny následovně, vstupní ovládací páky (5) jsou ovládány společně a hlavní pracovní píсты (12) jsou propojeny společnou pístnicí (14). Pracovní tlak je dodáván tlakovými vstupy (P1 nebo P2) a přes zpětné ventily (6) je veden do řídicí (1) a tlakové větve. Filtr (7) zachycuje hrubé nečistoty, škrtecí klapka (8) redukuje průtok uvnitř ovládací větve. Uzavírací ventil (9) je aktivován tlakem v ovládací větvi, tím se obtokový ventil (10) postupně uzavírá a tlak je veden k ovládacímu šoupátku (3) servoventilu (4). Po signálu z ovládací páky usměrní servoventil pracovní tlak nebo zpětnou větev k posilovači (11). Podle směru vstupu

pohybuje pracovní tlak pístem v posilovači. Odváděná hydraulická kapalina je vedena přes výstupy (R1 nebo R2) zpět do hydraulického systému s odpovídajícím tlakem. Vstupní ovládací páka servoventilu je propojena s pístnicí pracovního pístu pomocí ovládacího táhla (13). Při pohybu pracovního pístu se přesouvá příslušná ovládací část servoventilu ve stejném směru. Výsledkem je, že se servoventil uzavře jakmile pracovní píst dosáhne požadované pozice. Pohyb pracovního pístu se zastaví a zůstane ve své pozici dokud nedostane nový řídicí vstupní impuls. [7]



Obr. 45 Schéma mechanicko-hydraulického pohonu systému [7]

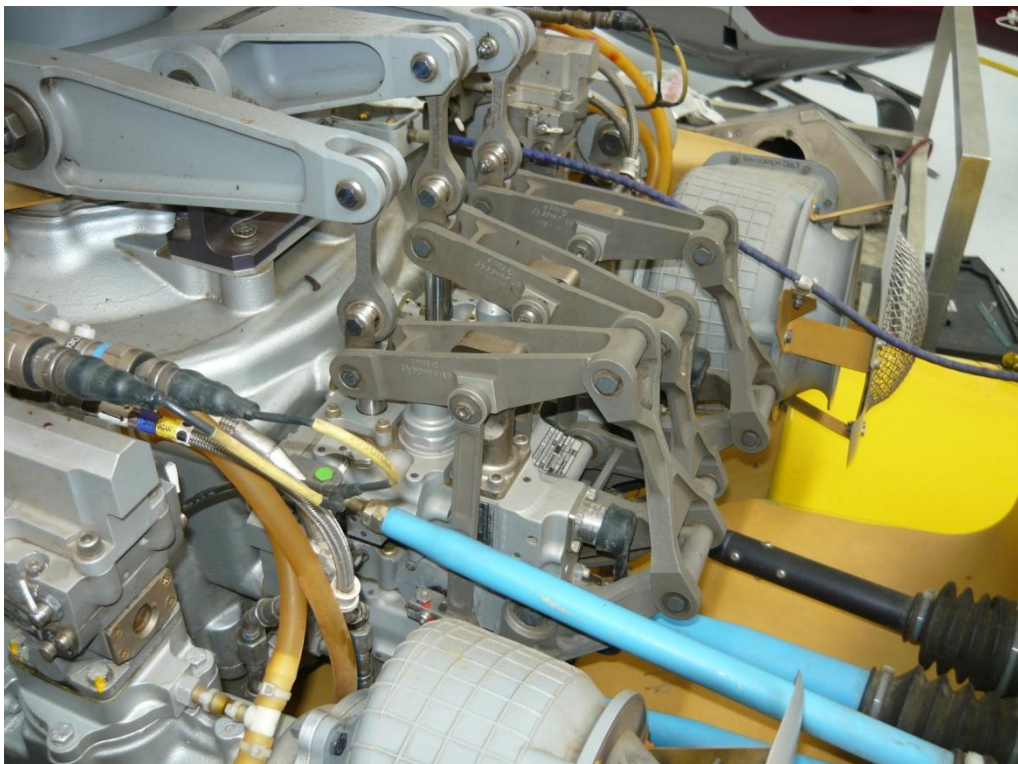
Pozn.: Řídící větev (1), pružinový rozvaděč (2), šoupátko (3), servoventil (4), ovládací páka (5), zpětný ventil (6), filtr (7), škrticí klapka (8), uzavírací ventil (9), obtokový ventil (10), posilovač (11), pracovní píst (12), táhlo (13), pístnice (14), tlakový vstup systému 1 (P1), tlakový výstup systému 1 (R1), tlakový vstup systému 2 (P2), tlakový výstup systému 2 (R2), měření tlaku v systému (C1M, C2M).

Pokud v systému poklesne tlak, uzavře se uzavírací ventil a současně se aktivuje obtokový ventil. V důsledku toho se propojí obě pístní komory pracovního válce. Tímto způsobem může pracovní píst druhého funkčního systému pohybovat pístem

nefunkčního systému. Pružinový rozvaděč (2) je součástí ovládacích částí servoventilu. Pokud se tato ovládací část zablokuje, rozvaděč se posune proti síle pružiny. Tím se ovládací větve přímo propojí se zpětnou. Jestliže poklesne tlak v ovládací větvi, otevře se uzavírací ventil a obtokový ventil z obou stran pracovního válce.

Jestliže je systém vybaven i 3-osým stabilizačním systémem (SAS, volitelné vybavení), který kontroluje podélné a cyklické pohyby, je vedle MHA systému 1 navíc kontrolováno mechanické ovládání vstupů elektro-hydraulického systému EHA. Vzhledem ke společné kontrole vstupních ovládacích pák MHA jsou kontrolní systémy EHA přenášeny i do MHA.

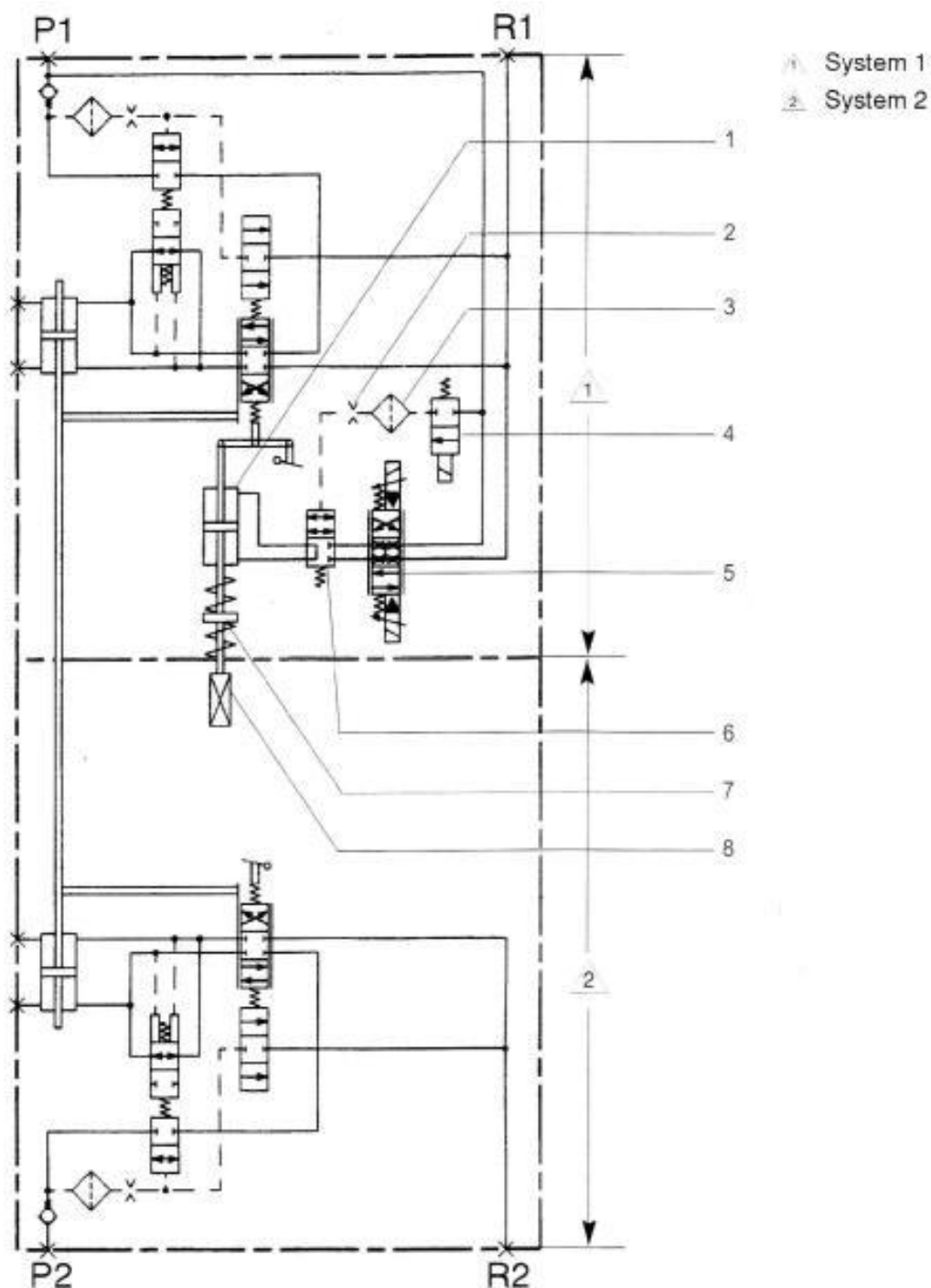
Hlavní funkce MHA je shodná s funkcí v základní verzi. Navíc k základní verzi je ovládání servoventilu v systému 1 účinnější díky kontrole vstupů SAS pomocí hydraulicky ovládaného válce (1). Pracovní tlak dodávaný systémem 1 je rozveden do ovládací větve a tlakové větve EHA přes tlakový vstup (P1) a elektromagnetický ventil (4). Filtr (3) zachycuje hrubé nečistoty a škrticí klapka (2) upravuje průtok uvnitř ovládací větve. Tlak v ovládací větvi určuje polohu obtokového ventilu (6). Pokud je obtokový ventil otevřen, elektro-servoventil (5) ovládá pohyb pístu pracovním tlakem.



Obr. 46 Pohonný mechanismus rotoru

V případě, kdy je SAS vypnut nebo se objeví pokles tlaku v systému 1, uzavře se obtokový ventil. Přes obtokový ventil jsou propojeny obě komory v ovládacím válci. Pístnice ovládacího válce je vybavena pružinou (7) pro vystředění. Pokud je SAS

neaktivní nebo dojde k poklesu tlaku, je pístnice zafixovaná v neutrální poloze. V tomto případě mohou být vykonány ovládací pokyny pouze pomocí mechanické řídicí páky. Čas, než je pístnice zcela vystředěna pružinou, je brzděn škrťícím ventilem v ovládací větvi. Výstup ovládacího pístu se projeví na ovládací cívce vstupu servoventilu přes ovládací páku. Řídicí signál a pilotovy signály mohou být přijaty nezávisle jeden na druhém, společně nebo jednotlivě. Konečný ovládací výstup je vytvořen z obou těchto vstupních signálů. [7]



Obr. 47 Schéma mechanicky-hydraulického pohonu s EHA [7]

Pozn.: Ovládací válec (1), škrťící klapka (2), filtr (3), elektromagnetický ventil (4), elektro-servoventil (5), obtokový ventil (6), středící pružina (7), senzor pozice (8), tlakový vstup systému 1 (P1), tlakový výstup systému 1 (R1), tlakový vstup systému 2 (P2), tlakový výstup systému 2 (R2).

V porovnání se základní verzí MHA, je systém 2 větší a zabere více prostoru. Indukční snímač pozice (8) je integrovaný a přenáší pozici ovládacího pístu jako elektrický zpětnovazební signál do SAS počítače. [7]

Pohon Fenestronu

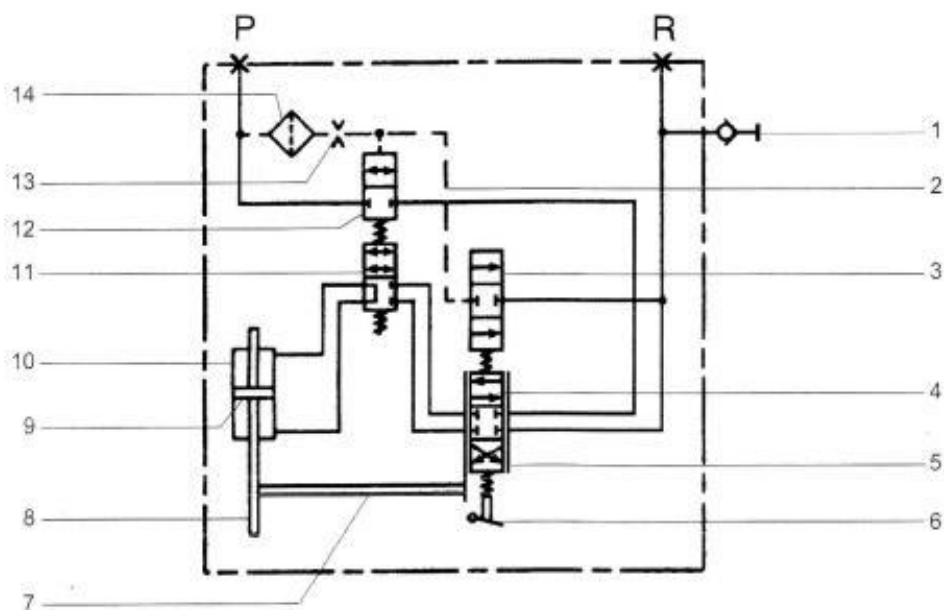
Pohon Fenestronu je mechanicko-hydraulický pohon MHA, s elektromechanickým vstupem spojeným se systémem sledování výchylek.



Obr. 48 Pohon Fenestronu

Vlastní zařízení pro kontrolu výchylek je umístěno na vstupní ovládací páky (6). Pracovní tlak získaný z přívodní větve tlakového systému 2 je přiveden do ovládací větve 2 a tlakové větve přes tlakový vstup (P). Filtr (14) zachycuje hrubé nečistoty, škrťící klapka (13) omezuje průtok uvnitř ovládací větve. Tlak v ovládací větvi aktivuje uzavírací ventil (12). Současně se otevře obtokový ventil (11) a pracovní tlak se rovněž

dostane do ovládací komory (4) servoventilu (5). Jestliže je ovládací vstup vyvolán hlavní řídicí pákou, servoventil nasměruje pracovní tlak nebo zpětný tok kapaliny do vstupů hlavního pracovního válce (10). Vlivem pracovního tlaku se píst (9) pohybuje uvnitř pracovního válce (10) podle směru vstupu. Odváděná hydraulická kapalina se vrací přes výstup (R) do tlakového systému 2. Systém se dá odvzdušnit pomocí odvzdušňovacího ventilu (1). Hlavní ovládací páka servoventilu je spojena s pístnicí (8) pístu přes ovládací páku (7). Pohyb pracovního pístu přestavuje komory servoventilu ve stejném směru. Výsledkem je uzavření servoventilu, jakmile je dosaženo požadované pozice pístu. Pohyb pístu se zastaví a je v této pozici držen dokud není proveden nový ovládací vstup. Pokud klesne tlak v systému 2, dojde k uzavření uzavíracího ventilu a současně se aktivuje obtokový ventil. Obtokový ventil propojí obě komory hlavního pracovního válce. V tomto případě lze pohyb pístu ovládat pouze mechanicky. Komora ventilu je opatřena pružinou a je součástí ovládací komory. Jestliže je tato komora zablokována, může být posunuta proti síle pružiny. Tím se docílí přímého propojení ovládací větve a zpětné větve. Jestliže poklesne tlak v ovládací větvi, otevře se uzavírací ventil a obtokový ventil z obou stran pracovního válce. [7]



Obr. 49 Schéma pohonu Fenestronu [7]

Pozn.: Odvzdušňovací ventil (1), řídicí větve (2), pružinový rozvaděč (3), ovládací komora (4), servoventil (5), ovládací páka (6), řídicí páka (7), pístnice (8), pracovní píst (9), posilovač (10), obtokový ventil (11), uzavírací ventil (12), škrťací klapka (13), filtr (14), vstup tlaku (P), výstup tlaku (R).



Obr. 50 Fenestron vrtulníku Eurocopter EC 135

2.4.7 Výměna hydraulické kapaliny a ochrana systému před korozí

Pracovní postup pro výměnu hydraulické kapaliny a ochrana hydraulického systému před vznikem koroze. [7]

Speciální nářadí

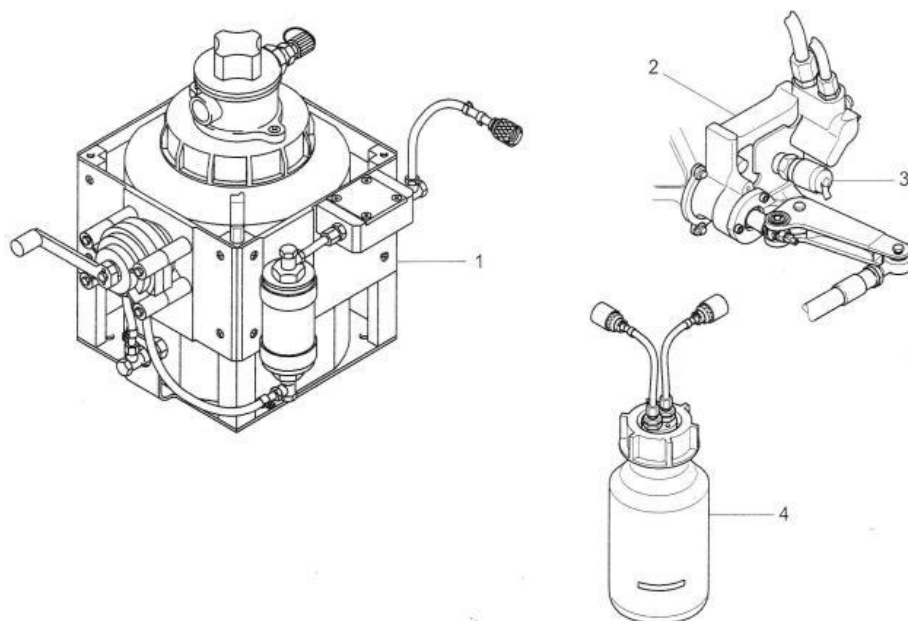
L135M2902101 Plnicí jednotka

L135M2903101 Odsávací jednotka

Postup

1. Odpojení elektrického systému.
2. Demontáž kapotáže.
3. Doplnění tlakového systému pro dodávku tlaku 1:
 - a. Sledujte plnicí množství.
 - b. Připojte plnicí jednotku (1) do RF1 (6) na hlavním pohonném mechanizmu rotoru (5).
 - c. Připojte odsávací jednotku (4) na odsávací místo (7), které se nachází na nádrži systému 1 (9).

- d. Otáčením klikou po směru hodinových ručiček na plnící jednotce doplňte kapalinu do systému 1, dokud nebude hydraulická kapalina CM 110 unikat z nádrže (9) bez bublin.
- e. Připojte odsávací jednotku (4) na odsávací místo (7) na nádrži systému 1 (9).
- f. Pomocí plnící jednotky (1) doplňujte dokud nebude na indikátoru hladiny (8) indikován maximální stav. Pokud do nádrže naplníte více tekutiny než je maximální možné množství, vyčerpejte přebytek vypouštěcím vedením.
- g. Odpojte plnící jednotku (1) od RF1 (6) na hlavním pohonu rotoru.
- h. Vypuštění přebytečné hydraulické kapaliny systému 1:
 - 1) Připojte odsávací jednotku (4) do odsávacího místa (7) na nádrži (9).
 - 2) Odstraňte průzor na indikátoru hladiny (8).
 - 3) Opatrně zatlačte pístek hladinoměru (8) přibližně o 5 mm (0,20 in) do nádrže (9), abyste odstranili přebývající kapalinu ze systému.
 - 4) Po zatlačení pístku se ujistěte, že není vyosený.
 - 5) Znovu namontujte průzor.
 - 6) Odpojte odsávací jednotku (4) od vypouštěcího místa (7) na nádrži (9) systému 1.



Obr. 51 Systém pro výměnu hydraulické kapaliny [7]

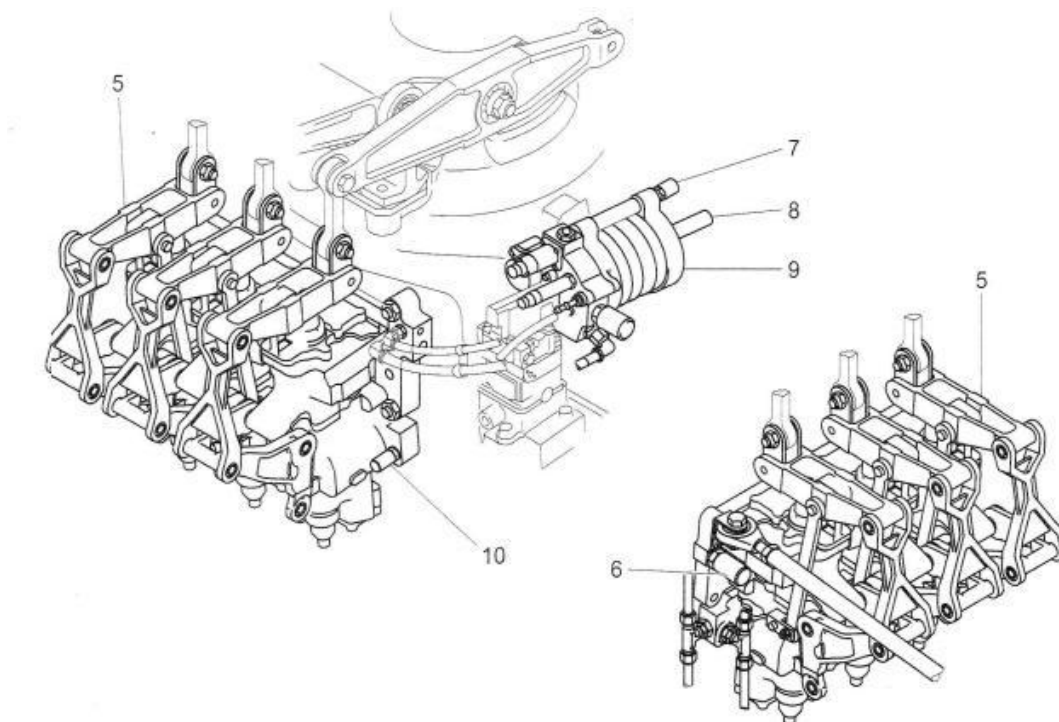
Pozn.: Plnicí jednotka (1), odsávací bod (2), pohon Fenestronu (3), odsávací jednotka (4).

4. Doplnění tlakového systému 2:

- a. Pokud je nainstalován kryt převodovky pro Fenestron, demontujte jej.
- b. Připojte plnicí jednotku (1) k RF 2 na pohonu hlavního rotoru.
- c. Připojte odsávací jednotku (4) do odsávacího místa (2) na pohonu Fenestronu (3).
- d. Doplněte systém 2 pootočením spojky plnicí jednotky (1) ve směru hodinových ručiček, dokud nezačne hydraulická kapalina unikat z pohonu Fenestronu, aby se systém odvzdušnil.
- e. Odpojte odsávací jednotku (4) od odsávacího místa (3) na pohonu Fenestronu.
- f. Připojte odsávací jednotku (4) k odsávacímu místu (7) na nádrži (9) systému 2.
- g. Doplněte systém 2 pootočením spojky plnicí jednotky (1) ve směru hodinových ručiček, dokud nezačne hydraulická kapalina unikat z nádrže (9), aby se systém odvzdušnil.
- h. Připojte odsávací jednotku (4) k odsávacímu místu (7) na nádrži systému 2.
- i. Doplněte kapalinu plnicí jednotkou (1), dokud nebude hladinoměr indikovat MAX množství. Pokud při plnění překročíte maximální množství hydraulické kapaliny, bude přebytečná kapalina odvedena odváděcím potrubím.
- j. Odpojte plnicí jednotku (1) od RF 2 (10) na hlavním pohonu rotoru (5).
- k. *Upozornění:* Jestliže je hydraulický systém přeplněn, je veškerá přebytečná hydraulická kapalina odvedena odváděcím potrubím. Přebytečnou hydraulickou kapalinu je také možné vypustit, dle předešlých kroků, kde je popsáno vypouštění hydraulické kapaliny.

5. Nainstalujte kapotáž

6. Pokud byl odstraněn kryt převodovky Fenestronu, nainstalujte jej zpět. [7]



Obr. 52 Systém pro výměnu hydraulické kapaliny [7]

Pozn.: Pohonný mechanismus rotoru (5), vstup RF1 (6), odsávací bod (7), indikátor hladiny hydraulické kapaliny (8), nádrž hydraulické kapaliny (9), vstup RF2 (10).

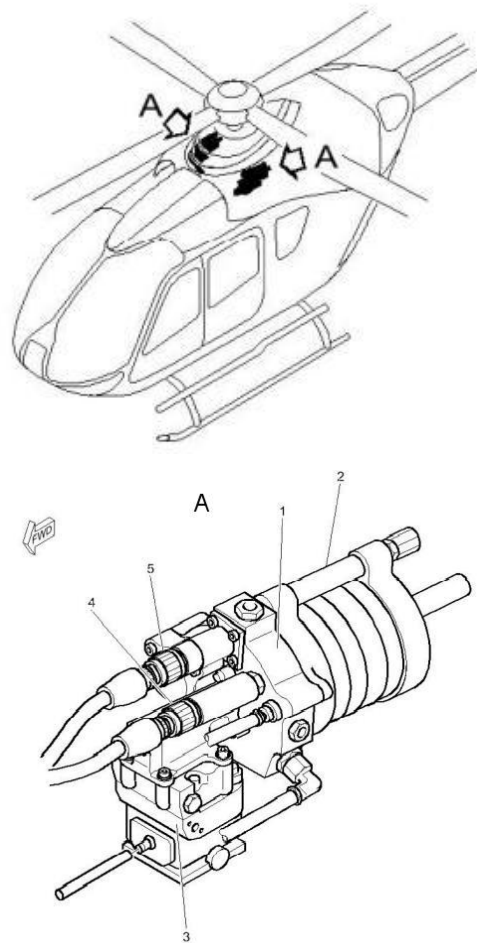
Ochrana hydraulického systému před korozí

Před zahájením údržbových prací je nutné demontovat levý i pravý ochranný kryt, postup je uveden v části 71-11-00,4-4.

Postup

1. Očistěte hydraulické čerpadlo (3), blok ventilů (1) a elektrické konektory (4,5) pomocí acetonu CM 203, je nezbytné nechat ho uschnout.
2. Aplikujte ochrannou směs CM 530 na hydraulické čerpadlo (3), blok ventilů (1) a elektrické konektory (4,5). Ochranná směs se nesmí aplikovat na průzor (2). Poté se ujistěte, že je celý povrch dokonale pokryt ochrannou směsí CM 530. Ochrannou směs je nutné nechat schnout alespoň jednu hodinu při minimální teplotě 15°C.

3. Nainstalujte ochranné kryty. [7]



Obr. 53 Ochrana hydraulického systému před korozí [7]

Pozn.: Blok ventilů (1), průzor (2), hydraulické čerpadlo (3), elektrické konektory (4,5).

3 Zpracování dokumentace pro typový kurz do výukového programu

Při tvorbě materiálů, které budou sloužit pro výuku, jsem se zaměřil na cílovou skupinu, pro kterou jsou tyto materiály určeny. Tedy na techniky v údržbě, kteří budou provádět technické práce a ostatního personál, který se bude touto problematikou zabývat. Mým hlavním úkolem je předložit cílové skupině co nejužitečnější text. Z toho důvodu jsem se zaměřil na vystihnutí základních principů funkčnosti jednotlivých systémů a snažil jsem se je zpracovat v nejužitečnější a nejsrozumitelnější podobě. Při tvorbě výukových programů jsem vycházel z publikací, které se touto problematikou zabývají. Charakter textu vychází z formy a typu studia, pro který je určen.

Při tvorbě těchto materiálů jsem dodržoval obecné zásady, které se vztahují na tvorbu učebních textů. Zaměřil jsem se zejména na dodržování tematické návaznosti, srozumitelnost a volbu správných výrazů dle cílové skupiny. Další zásadou, kterou jsem se řídil, je nezabíhat příliš do detailů, pokud to není nezbytně nutné. Tím jsem se snažil zajistit jednoznačné pochopení prezentované problematiky a zajistit tak, aby nedocházelo k prezentování zavádějících informací, který by mohly vést k nepochopení vysvětlované problematiky či vlastní interpretaci. Ze stylistického hlediska jsem kladl důraz na slohovou čistotu, jednotnou terminologii v celé práci a domestikované cizojazyčné termíny jsem nepřekládal.

Před tím, než jsem zahájil tvorbu výukových materiálů, bylo třeba projít dostupnou literaturu, která byla k této problematice publikována. Považoval jsem za zásadní, zmapovat oblast vybrané problematiky a vytvořit si přehled vydaných knih. Tím jsem byl schopen vybrat vhodné publikace a zpracovat tak materiály v co nejvyšší kvalitě. Při studiu těchto publikací jsem si začal vytvářet základní osnovu, to považuji také za velmi důležité, neboť mi to pomohlo udržet vnitřní spojitost textu, což je velmi důležité pro snadnější pochopení dané problematiky. Tvorbou obsahu jsem chtěl zajistit rozvržení látky v logicky srozumitelný celek, abych vystihl podstatu prezentovaného tématu, a zároveň jsem se vyvaroval přílišného zabíhání do podrobností, které by mohly být zavádějící či matoucí.

Text jsem strukturoval na základě obsahově významové hierarchie, a to na jednotlivé kapitoly, podkapitoly, oddíly a odstavce. Z těch jsem pak vycházel při tvorbě výukových prezentací. Informace jsem prezentoval dle didaktických zásad, tedy od obecných ke konkrétním a od komplexních k jednotlivým. Smyslem těchto materiálů je porozumět danému tématu a získané informace později aplikovat přímo v praxi. [8]

Informace, které jsem shromáždil, byly použity k tvorbě předchozí kapitoly. V té jsem se zabíral problematikou hydraulických soustav. Jak již vyplývá z názvu předchozí kapitoly, v první části jsem se zabýval všeobecným popisem hydraulických soustav a v druhé části jsem se zaměřil na hydraulickou soustavu u vrtulníku EC 135. Smyslem této práce bylo vytvoření výukových materiálů, které budou sloužit k vysvětlení problematiky hydraulických okruhů technikům, kteří s ní přijdou do styku.

Pro tvorbu těchto materiálů jsem si zvolil program PowerPoint. Důvodů bylo hned několik, v první řadě je to všeobecně známý program, který je využíván k mnoha účelům, ale především k účelům vzdělávacím. Další výhodou všeobecné známosti tohoto programu je fakt, že nebude problém jej spustit na většině počítačů a je přístupný off-line, tedy bez nutného připojení k internetu. Tento program neklade vysoké nároky na hardware ani software počítače a pořizovací náklady jsou ve srovnání s jinými programy nenáročné. Ovládání a práce při prezentacích výukových materiálů je nenáročná a naprostá většina uživatelů je schopna s ním bez problému pracovat.

Při tvorbě výukových materiálů jsem se rozhodl rozdělit veškerou probíranou tematiku do pěti prezentací. Podstatným důvodem byla přehlednost prezentací, zejména pro přednášejícího, rozdělením veškeré probírané látky do pěti prezentací jsem docílil zkrácení prezentací a tím větší přehlednosti.

Obsah prezentací je rozdělen následovně:

3.1 Hydraulická soustava 1 – Typy hydraulických soustav

Tato úvodní prezentace má za úkol seznámit posluchače se základními principy a jednotlivými typy hydraulických soustav, se kterými je možné setkat se v dnešní době na moderních letadlech a vrtulnících. Obsahuje animaci, která znázorňuje základní funkce hydraulické soustavy a slouží k usnadnění pochopení její činnosti.

3.2 Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Druhá prezentace vysvětluje jednotlivá konstrukční provedení agregátů, které se v hydraulické soustavě nachází. Například hydraulické nádrže, hydraulická čerpadla, hydraulické akumulátory, hydraulické zámky, tlumič hydraulických rázů, atd.

3.3 Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

Poslední prezentace, která se zabývá všeobecnými údaji a prvky hydraulické soustavy. Obsahem této prezentace jsou například druhy hydraulických ventilů, které se v soustavách objevují, hydraulické rozvaděče a hydraulické potrubí. Tato prezentace také obsahuje kapitolu o hydraulických kapalinách a v neposlední řadě se zabývá vazbami hydraulických soustav s ostatními systémy.

3.4 Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

V této prezentaci jsme se dostali k popisu hydraulické soustavy, kterou nalezneme u vrtulníku EC 135, je zde její základní popis, parametry a schéma. Součástí jsou i fotografie, které jsou na konci prezentace a zobrazují základní prvky této soustavy.

3.5 Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Poslední prezentace obsahuje informace o indikačním a testovacím systému hydraulické soustavy. Dále je zde popsán popis výměny hydraulické kapaliny a ochrana celého systému před korozí.

Všechny prezentace, které byly vytvořeny, jsou součástí přílohy.

4 Návrh výukové osnovy pro Hydraulický systém vrtulníku Eurocopter EC 135

Po zpracování výukových materiálů jsem se zaměřil na tvorbu výukové osnovy, ta je nedílnou součástí této práce. Cílem této práce je, aby si účastníci kurzu osvojili poznatky a získali informace o hydraulických systémech. Tyto cíle je třeba stanovovat a dosahovat v sedmi hierarchicky uspořádaných stupních dle náročnosti od nejjednoduššího po nejsložitější. Uspořádání je následovné: zapamatování, porozumění, aplikace, analýza, syntéza, hodnotící posouzení a kreativní činnost.

4.1 Výklad jako zvolená metoda výuky

K vytvořeným prezentacím je zapotřebí podat kvalitní výklad, jedná se o nejpoužívanější a nejstarší metodu výuky. Podstatou výkladu je promyšlený slovní projev, který vysvětluje danou problematiku.

Tento typ výuky jsem zvolil z jednoduchého důvodu, a to protože je nejjednodušším doplňkem k vytvořeným prezentacím. Kvalitní výklad má řadu výhod, je veden na úrovni odpovídající znalostem posluchačů, může nadchnout pro věc, je-li poutavý, zajímavý a emotivní. To však zdaleka nejsou jediné výhody kvalitního výkladu, další velkou výhodou je fakt, že se jedná o poměrně rychlou a efektivní metodu, která nevyžaduje mnoho příprav ani pomůcek. Nevýhodou výkladu je jeho tempo, které je stejné pro všechny a neexistuje zde dokonalá zpětná vazba. Nevýhodou je i fakt, že posluchači nejsou aktivní a mohou se nudit, zejména v případě, kdy je výklad podáván špatně a nemá potřebné kvality.

Při výkladu je nutné mluvit jednoduše a přitom vysvětlovat a učit nové a složité termíny a principy. Při výkladu je nutné respektovat fakt, že i dospělí posluchači udrží pozornost jen po omezenou dobu. Je velice pravděpodobné, že během desetiminutového výkladu se každý z posluchačů přestane alespoň na chvíli soustředit. Problém nastává ve chvíli, když se někdo přestane soustředit v klíčovém momentu výkladu. Proto je nutné se ve výkladu vracet a shrnovat již řečené podstatné informace a to tak, aby se ti, kteří poslouchali, nezačali během výkladu nudit.

Kvalitu výkladu lze ovlivnit několika faktory, jedním z nich je použití obrázkových materiálů, s tímto účelem byly vytvořené prezentace. To však není zdaleka jediný prostředek jak kvalitu výkladu zlepšit, při výkladu je nutné klást otázky, které posluchače donutí být aktivní. Je žádoucí výklad systematizovat, užívat krátké a

výstižné věty a formulace. Během výkladu je dobré udržovat zrakový kontakt, pohybovat se a problematiku shrnovat do bodů. Výklad negativně ovlivní čtení z textu, nezáživnost, monotónnost projevu, zdlouhavost a nepřiměřené tempo. Z těchto důvodů by měl výklad podávat člověk, který s tím má zkušenosti a má dostatečnou slovní zásobu. Při slovním projevu je třeba zvolit přiměřenou hlasitost řeči v závislosti na velikosti prostoru, počtu studentů a závažnosti sdělení. Všechny tyto faktory podstatně ovlivňují celkový dojem posluchačů a ovlivňují výsledek, co si posluchači z výkladu odnesou. [8]

Osnova pro výuku byla vytvořena ještě před tvorbou samotných prezentací, ty byly vytvořeny na základu této osnovy. Při tvorbě prezentací bylo třeba dodržovat určitou hierarchii. Cílem bylo vytvoření materiálů, které budou seřazeny chronologicky podle toho, jak se budou posluchačům prezentovat. Veškerá probíraná látka, která je obsažena v prezentacích, dodržovala následující osnovu výuky.

4.2 Výuková osnova pro studium hydraulického systému.

1) K čemu hydraulická soustava slouží

V prvním bodu je zapotřebí posluchačům objasnit, proč se vůbec hydraulickou soustavou budou zabývat, kde ji mohou najít a co vše je hydraulickou soustavou ovládáno.

2) Základní funkce hydraulické soustavy

Nyní je zapotřebí vysvětlit základní principy fungování každé hydraulické soustavy. Pro tento účel byla vytvořena animace, ze které jsou tyto principy zřejmé, součástí je i slovní popis funkce jednotlivých prvků hydraulické soustavy.

3) Typy hydraulických soustav

Existuje několik různých druhů hydraulických soustav, základní principy funkce těchto okruhů jsou popsány v této části.

4) Další rozdělení hydraulických soustav

Je několik kritérií, podle kterých lze hydraulické soustavy rozdělovat, těmi základními se zabývá tato kapitola.

5) Nouzové okruhy

V letectví je vyžadována vysoká spolehlivost, i přes to však dochází čas od času k poruchám a všechny systémy je třeba zálohovat, za tímto účelem byly vytvořeny nouzové okruhy.

6) Konstrukční provedení hlavních částí

Hydraulické soustavy jsou složité systémy a skládají se z řady prvků. Tato část se zabývá následujícími členy hydraulických soustav.

- a) Hydraulické nádrže – beztlaké, přetlakové
- b) Hydraulická čerpadla – ruční pístové čerpadlo, zubové čerpadlo, rotační pístové čerpadlo se stálou dodávkou, rotační pístové čerpadlo s proměnnou dodávkou
- c) Hydraulické filtry – mikrotenový filtr, sítkový filtr, lamelový filtr
- d) Hydraulické akumulátory – kulové akumulátory, válcové akumulátory
- e) Hydraulické zámky – jednostranný, dvoustranný hydraulický zámek
- f) Tlumič hydraulických rázů
- g) Pracovní válce – jednočinné, dvojčinné pracovní válce, pracovní válce s přímočarým a rotačním pohybem
- h) Hydraulické posilovače

7) Ventily v hydraulické soustavě

V každé hydraulické soustavě je zapotřebí regulovat tlak, chránit hydraulickou soustavu před přetížením a zajistit další úkoly, to vše zastávají následující ventily: uzavírací, jednosměrné, škrťací, pojistné, redukční a odlehčovací

8) Hydraulické rozvaděče

Dalším důležitým prvkem jsou rozvaděče, zajišťující směr průtoku. Základními typy jsou kohoutové a šoupátkové rozvaděče popsané v této kapitole.

9) Hydraulické potrubí

Hydraulickou kapalinu je třeba dopravovat. Jakým způsobem je tento problém vyřešen, vysvětluje tato část. Potrubí může být pevné, pružné, nebo hydraulickou kapalinu vedeme pomocí hadic.

10) Spojování hydraulického potrubí

Vzhledem k několika faktorům nemůže být potrubí zhotoveno z jednoho kusu a jednotlivé úseky potrubí je třeba propojit.

11) Těsnění spojů

Aby se zabránilo úniku hydraulické kapaliny, musí být celá soustava utěsněna. Jak se toho docílí je vysvětleno v této části.

12) Hydraulické kapaliny

Nyní je potřeba vyřešit a vysvětlit problém hydraulických kapalin, jaké druhy se používají a jaké mají vlastnosti.

13) Indikační a výstražné systémy hydraulické soustavy

V každé hydraulické soustavě je zapotřebí sledovat několik údajů, aby byla zřejmé, zda hydraulická soustava pracuje správně a nedošlo k přetížení. Zde jsou popsány parametry, které se sledují.

14) Vazby hydraulické soustavy s ostatními systémy

Hydraulické soustavy jsou úzce propojené s ostatními soustavami, s jakými a proč, popisuje tato část.

15) Základní informace o hydraulickém systému vrtulníku EC 135

Po všeobecné části je třeba přejít ke konkrétnímu řešení hydraulického systému u vrtulníku EC 135 a informovat posluchače o hlavních parametrech systému.

16) Základní informace o indikačním a testovacím systému

Důležitý systém k zajištění správného fungování tlakového systému, co je monitorováno a kam se informace přenáší.

17) Umístění komponentů hydraulické soustavy a jejich funkce

V tuto dobu je čas zaměřit se na jednotlivé komponenty hydraulické soustavy a informovat posluchače, kde se nachází.

18) Celkový pohled na hydraulickou soustavu a její funkci

Součástí prezentace je i schéma hydraulické soustavy, k názornosti ukázky a slovní popis funkce.

19) Indikační a testovací systém

Podrobné informace o tomto systému. Při jakých tlacích se spouští varovné hlášení, jak vypadá a jak pracuje testovací systém.

20) Pohon hlavního rotoru

Jak pracuje ovládání hlavního rotoru a z jakých komponentů se skládá.

21) Pohon Fenestronu

Jak pracuje ovládání Fenestronu a z jakých komponentů se skládá.

22) Výměna hydraulické kapaliny

Jak se hydraulická kapalina vyměňuje, jaké je k tomu potřeba náradí a jaké přípravky. Popis vypouštění a plnění hydraulické kapaliny.

23) Ochrana hydraulického systému před korozí

Jak správně postupovat, kam se ochranný nátěr aplikuje.

Osnova výuky je pro konečný efekt naprosto zásadní, proto jsem při jejím zpracování kladl vysoké nároky na fakt, že je potřeba dodržovat předem daný postup. Témata probírané látky jsem seřadil tak, aby začínala všeobecnými informacemi, a postupem času jsem se dostával k jednotlivým konstrukčním řešením všech prvků hydraulické soustavy. Tento postup jsem dodržoval jak v části všeobecné, kde jsem řešil základní principy funkce hydraulické soustavy a všech komponentů, tak v části zaměřené na hydraulický systém vrtulníku EC 135.

5 Vytvoření časového harmonogramu pro výukový program

Časový harmonogram pro výukový program je úzce spojen s osnovou výuky a s její náročností. Dalším důležitým faktorem je zakončení kurzu, vzhledem k tomu, že výukový program bude sloužit pro vnitřní potřeby společnosti DSA a.s. je i časový harmonogram přizpůsoben těmto faktům.

Před tím, než jsem začal vypracovávat časový harmonogram, jsem nejdříve prošel Nařízením Komise (EU) 1324/2014. Zaměřil jsem se na hodnocení typového výcviku a úroveň zkoušky. Po absolvování teoretické části typového výcviku je nutné složit zkoušku, která musí splňovat řadu požadavků. Jedná se o písemnou zkoušku, ke každé otázce jsou tři možné odpovědi, ale jen jedna je vždy správná. Délka zkoušky je dána celkovým počtem otázek, na zodpovězení každé otázky je v průměru 90 sekund. Špatné odpovědi musí osobě, která s daným tématem není obeznámena připadat stejně reálné, stejně tak musí odpovědi obsahovat podobnou slovní zásobu, gramatickou stavbu a délku. Během zkoušky je zakázáno nahlížet do knih nebo jiných studijních materiálů. K úspěšnému složení zkoušky je zapotřebí zodpovědět správně minimálně 75% otázek a za nesprávně zodpovězené otázky se neudělují žádné trestné body.

Typové zkoušky musí být prováděny organizacemi, které jsou schválené podle Části-147 nebo příslušným úřadem. Pro zkoušky platí následující pravidla, po prvním neúspěšném pokusu je vyžadována čekací lhůta 30 dnů, po druhém neúspěšném pokusu 60 dnů. V případě, že žadatel zkoušku nesplní v těchto třech pokusech, je vyžadována čekací lhůta jeden rok, poté má žadatel další tři pokusy. U zkoušky je vyžadována přítomnost alespoň jednoho examinatora, který se nepodílel na výcviku žadatele. Examinátor poté vyhodnotí zkoušku a odůvodní její výsledek v písemné zprávě, zda žadatel uspěl či nikoliv.

V dodatku IV jsou uvedeny požadavky na praxi pro rozšíření průkazu způsobilosti k údržbě letadel podle Části-66. Tato praxe musí mít formu praktických zkušeností v údržbě letadel v odpovídající podkategorii, o kterou bylo zažádáno. Požadavek na praxi je možné snížit o 50% v případě, že žadatel absolvoval schválený kurz podle Části-147 v odpovídající podkategorii.

Organizace, která požaduje provádět výcvik a zkoušky, musí splňovat určité požadavky, jak je stanoveno v příloze III (Části-66). Tato organizace, nebo její část musí být zapsaná jako právní subjekt. Velikost a uspořádání provozních prostorů musí

zajistit ochranu před počasím. Na výuku teorie a na provádění zkoušek musí být k dispozici plně uzavřené, vhodné prostory. Maximální počet žáků, kteří mohou absolvovat výuku teoretických znalostí, nesmí během žádného výcvikového dne překročit počet 28. Prostory ve kterých se bude konat zkouška, musí být dostatečně velké. Žádný žák nesmí během zkoušky ze svého místa vidět na písemnou práci či monitor jiného zkoušeného žáka. Každá místnost určená pro teoretický výcvik musí být řádně vybavená, z každého místa musí být dobře vidět na prezentovaný text, obrázek či animace. Všem žákům musí být poskytnut studijní materiál obsahující osnovu základních znalostí stanovenou v příloze III (Části-66) pro dotyčnou kategorii nebo podkategorii průkazu způsobilosti technika údržby letadel. Dále musí mít žáci přístup k dokumentaci údržby a technickým informacím v knihovně.

Každý schválený kurz základního výcviku se musí skládat z výuky teoretických znalostí a patřičné zkoušky těchto znalostí, dále musí obsahovat praktický výcvik a hodnocení praktických dovedností. Teoretická výuka musí pokrývat předměty obsažené v dané kategorii nebo podkategorii průkazu způsobilosti k údržbě letadel. Zkoušky teoretických znalostí musí obsahovat reprezentativní průřez předmětu. Při praktickém výcviku je třeba, aby si každý osvojil práci s používaným nářadím a vybavením, zúčastnil se demontáží a montáží letadlových součástí a účastnil se typických údržbových činností, které spadají do daného tematického modulu podle Části-66.

Organizace pro výcvik údržby musí být oprávněna k provádění, případně typového zácviku na letadlo za předpokladu, že vyhověla stanovené úrovni v bodě 66.A.45. Organizace oprávněná ve smyslu bodu 147.A.300 k poskytování typového výcviku na letadlo, provádí typové zkoušky nebo hodnocení výcviku na letadle za předpokladu, že vyhověla stanovené úrovni v bodě 66.A.45.

Délka trvání základního výcviku je dána v hodinách a záleží o jaký základní kurz se jedná, například pro kurz A1 je minimální délka trvání 800 hodin a poměr výuky teoretických znalostí je 30-35%. Pro základní kurz B1 a B2 je minimální délka trvání 2400 hodin, s výjimkou kurzu B1.2, tam je minimální požadovaná délka trvání stanovena na 2000 hodin a poměr výuky teoretických znalostí je 50-60%. [11]

Hlavním účelem systému jakosti je organizaci pro výcvik umožnit, aby se přesvědčila, že je schopna poskytovat řádně připravené žáky a že trvale plní požadavky Části-147. K běžným namátkovým kontrolám slouží audity, které mají zjistit, zda je organizace stále schopna provádět veškerý výcvik a zkoušky na požadované úrovni. Z každého auditu je vytvořena zpráva, kde je uvedeno, co bylo kontrolováno a zda bylo vše

v pořádku. V případě zjištění nějakých nedostatků je organizace povinna tyto nedostatky odstranit a informovat o tom oddělení jakosti. [10]

Časový harmonogram byl vytvořen v souladu se známými informacemi a je postaven tak, aby účastníci, kteří projdou kurzem neměli problém s otázkami, které se budou týkat hydraulické soustavy.

5.1 Časová dotace pro prezentaci 1 - Typy hydraulických soustav

Číslo a název kapitoly	Popis kapitoly	Časová dotace [h]
1) K čemu hydraulická soustava slouží	V prvním bodu je zapotřebí posluchačům objasnit, proč se vůbec hydraulickou soustavou budou zabývat. Kde ji mohou najít a co vše je hydraulickou soustavou ovládáno.	0,5
2) Základní funkce hydraulické soustavy	Nyní je zapotřebí vysvětlit základní principy fungování každé hydraulické soustavy. Pro tento účel byla vytvořena animace, ze které jsou tyto principy zřejmé, součástí je i slovní popis funkce jednotlivých prvků hydraulické soustavy.	0,5
3) Typy hydraulických soustav	Existuje několik různých druhů hydraulických soustav, základní principy funkce těchto okruhů jsou popsány v této části. Tato kapitola pojednává o následujících typech hydraulických soustav: Soustava s otevřeným okruhem, Soustava s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem, Soustava s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnou dodávkou, Soustava s uzavřeným okruhem.	0,75
4) Další rozdělení hydraulických soustav	Je několik kritérií, podle kterých lze hydraulické soustavy rozdělovat. Tato kapitola popisuje následující rozdělení: dělení z hlediska použitého druhu pracovního prostředí, dělení	0,25

	z hlediska vykonané funkce v letadle, Dělení z hlediska charakteru funkce v letadle, další rozdělení hydraulické soustavy.	
5) Nouzové okruhy	V letectví je vyžadována vysoká spolehlivost, i přes to však dochází čas od času k poruchám a všechny systémy je třeba zálohovat, za tímto účelem byly vytvořeny nouzové okruhy.	0,25
Časová dotace celkem:		2,25

Tab. 5 Časová dotace pro prezentaci 1 – Typy hydraulických soustav

Pro první prezentaci, která se zabývá typy hydraulických soustav, je zapotřebí celkové časové dotace 2,25 hodin.

5.2 Časová dotace pro prezentaci 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Číslo a název kapitoly	Popis kapitoly	Časová dotace [h]
1) Konstrukční provedení hlavních částí	Hydraulické soustavy jsou složité systémy a skládají se z řady prvků. Vysvětlení, z kterých a jaké je jejich konstrukční řešení.	0,25
a) Hydraulické nádrže	Vysvětlení rozdílů mezi beztlakými a přetlakovými nádržemi. Výhody a nevýhody těchto typů nádrží.	0,25
b) Hydraulická čerpadla	Seznámení se základními typy hydraulických čerpadel: ruční pístové čerpadlo, zubové čerpadlo, rotační pístové čerpadlo se stálou dodávkou, rotační pístové čerpadlo s proměnnou dodávkou. Výhody a nevýhody konstrukčních řešení.	0,5
c) Hydraulické filtry	K čemu v hydraulické soustavě jsou, ukázka různých konstrukčních řešení: mikrotenový filtr,	0,25

	sítkový filtr, lamelový filtr.	
d) Hydraulické akumulátory	Na jakém principu fungují, ukázka možného konstrukčního provedení: kulové akumulátory, válcové akumulátory.	0,25
e) Hydraulické zámky	K čemu slouží, rozdíl mezi jednostranným a dvoustranným hydraulickým zámkem	0,25
f) Tlumič hydraulických rázů	Proč ho do hydraulické soustavy zařazujeme a jak je konstrukčně proveden	0,25
g) Pracovní válce	Koncové stupně pracovních okruhů, možné provedení: jednočinné, dvojčinné pracovní válce, pracovní válce s přímočarým a rotačním pohybem.	0,5
h) Hydraulické posilovače	Kde se hydraulické posilovače používají a z jakého důvodu jsou zařazeny do hydraulických okruhů.	0,25
Časová dotace celkem:		2,75

Tab. 6 Časová dotace pro prezentaci 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Pro druhou prezentaci, která se zabývá konstrukčním provedením hlavních částí hydraulické soustavy, je zapotřebí celkové časové dotace 2,75 hodin.

5.3 Časová dotace pro prezentaci 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

Číslo a název kapitoly	Popis kapitoly	Časová dotace [h]
1) Ventily v hydraulické soustavě	V každé hydraulické soustavě je zapotřebí regulovat tlak, chránit hydraulickou soustavu před přetížením a zajistit další úkoly, to vše zastávají následující ventily: uzavírací, jednosměrné, škrťací, pojistné, redukční a	1

	odlehčovací. Jejich funkce je zcela zásadní pro správné fungování celé hydraulické soustavy a je potřeba vědět, co má který ventil za úkol a jak funguje.	
2) Hydraulické rozvaděče	Dalším důležitým prvkem jsou rozvaděče, zajišťující směr průtoku. Základními typy jsou kohoutové a šoupátkové rozvaděče.	0,5
3) Hydraulické potrubí	Hydraulickou kapalinu je třeba dopravovat, jakým způsobem je tento problém vyřešen, vysvětluje tato část. Potrubí může být pevné, pružné, nebo hydraulickou kapalinu vedeme pomocí hadic.	0,5
4) Spojování hydraulického potrubí	Hydraulické potrubí nemůže být zhotoveno z jednoho kusu a jednotlivé úseky potrubí je třeba propojit.	0,25
5) Těsnění spojů	Aby se zabránilo úniku hydraulické kapaliny, musí být celá soustava utěsněna.	0,25
6) Hydraulické kapaliny	Nyní je potřeba vyřešit a vysvětlit problém hydraulických kapalin, jaké druhy se používají a jaké mají vlastnosti.	0,25
7) Indikační a výstražné systémy hydraulické soustavy	V každé hydraulické soustavě je zapotřebí sledovat několik údajů, aby byla zřejmé, zda hydraulická soustava pracuje správně a nedošlo k přetížení.	0,25
8) Vazby hydraulického soustavy s ostatními systémy	Hydraulické soustavy jsou úzce propojené s ostatními soustavami, s jakými systémy jsou propojeny a jaké jsou k tomu důvody.	0,5
Časová dotace celkem:		3,5

Tab. 7 Časová dotace pro prezentaci 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

Pro třetí prezentaci, která se zabývá regulací, rozvodem tlaku a hydraulickou kapalinou, je zapotřebí celkové časové dotace 3,5 hodin.

5.4 Časová dotace pro prezentaci 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Číslo a název kapitoly	Popis kapitoly	Časová dotace [h]
1) Základní informace o hydraulickém systému vrtulníku EC 135	Čtvrtá prezentace se nezabývá všeobecnými informacemi o hydraulických soustavách, ale řeší konkrétní systém, který je použit u vrtulníku EC 135. V této části jsou uvedeny hlavní parametry hydraulického systému.	0,25
2) Základní informace o indikačním a výstražném systému	Důležitý systém k zajištění správného fungování tlakového systému, tato část se zabývá informacemi o tom, co je monitorováno a kam se informace přenáší.	0,25
3) Umístění komponentů hydraulické soustavy a jejich funkce	V této části prezentace se zaměříme na jednotlivé komponenty hydraulické soustavy a na to, kde se nachází.	0,5
4) Celkový pohled na hydraulickou soustavu a její funkci	Součástí prezentace je schéma hydraulické soustavy, to slouží k názornosti ukázky a k usnadnění popisu hydraulické soustavy jako celku.	0,5
Časová dotace celkem:		1,5

Tab. 8 Časová dotace pro prezentaci 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Pro čtvrtou prezentaci, která se zabývá konkrétní hydraulickou soustavou vrtulníku EC 135, je zapotřebí celkové časové dotace 1,5 hodiny.

5.5 Časová dotace pro prezentaci 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

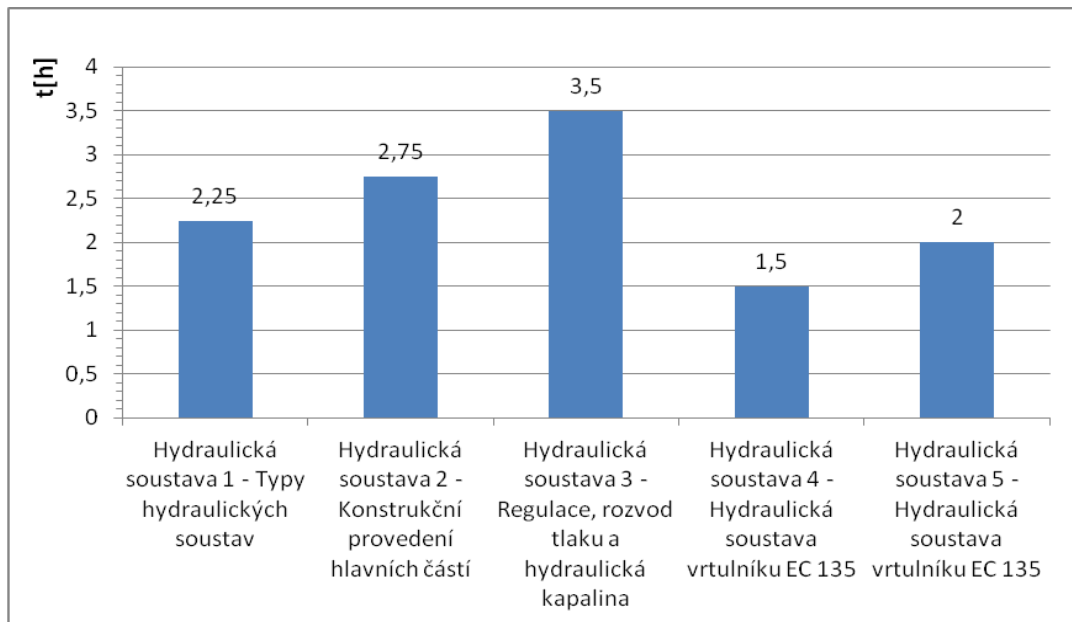
Číslo a název kapitoly	Popis kapitoly	Časová dotace [h]
1) Indikační a testovací systém	Podrobné informace o tomto systému. Při jakých tlacích se spouští varovné hlášení, jak vypadá a jak pracuje testovací systém.	0,5
2) Pohon hlavního rotoru	Jak pracuje ovládání hlavního rotoru a z jakých komponentů se skládá.	0,5
3) Pohon Fenestronu	Jak pracuje ovládání Fenestronu a z jakých komponentů se skládá.	0,25
4) Výměna hydraulické kapaliny	Jak se hydraulická kapalina vyměňuje, jaké je k tomu potřeba náradí a jaké přípravky. Popis vypouštění a plnění hydraulické kapaliny.	0,5
5) Ochrana hydraulického systému před korozí	Jak správně postupovat, jaké roztoky se používají a kam se má ochranný nátěr aplikovat.	0,25
Časová dotace celkem:		2

Tab. 9 Časová dotace pro prezentaci 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Pro pátou a poslední prezentaci, která se zabývá konkrétní hydraulickou soustavou vrtulníku EC 135, je zapotřebí celkové časové dotace 2 hodiny.

Časový harmonogram pro studium hydraulického systému byl vytvořen pro výukovou osnovu navrženou v předchozí kapitole. Časový harmonogram je spojen s prezentacemi, které byly vytvořeny jako studijní pomůcka pro přednášející. Každému bodu osnovy byla přidělena časová dotace, dle jeho náročnosti a byl stanoven čas, který bude nezbytný pro vysvětlení dané problematiky. Pro odpřednášení všech pěti prezentací je tedy celkem zapotřebí 12 hodin.

Časové dotace pro jednotlivé prezentace jsou patrné z následujícího grafu.



Graf 1. Časová dotace pro odprezentování jednotlivých kapitol

Jak je z grafu patrné, první tři prezentace jsou časově poměrně náročné, dohromady je na jejich odpřednášení potřeba 8,5 hodiny. Zbylým dvěma prezentacím, které se zabývají hydraulickou soustavou vrtulníku EC 135, byla přidělena časová dotace v celkové výši 3,5 hodiny. To je dáno tím, že hydraulická soustava je poměrně složitý systém a je nutné nejprve pochopit principiální funkci všech jejích členů. Až poté je možné se zabývat řešením hydraulické soustavy u daného vrtulníku a větší časová dotace pro tento konkrétní systém není zapotřebí.

6 Vyhodnocení výukového programu účastníky typového kurzu

Zpětná vazba je důležitá vždy, proto se i já ve své práci tímto tématem budu zabývat. Jde o to zjistit, jak kvalitní a efektivní byl proces vzdělávání. Smyslem je, aby výsledky z této zpětné vazby posloužily pro korekci, inovaci a následný zpětný rozvoj vzdělávacích programů. Také jde o to, aby i vedení organizace a přednášející měli přehled o kvalitě vzdělávacího procesu.

Do základní úrovně, na které se analyzuje vzdělávací proces, patří studenti. Nejběžnější nástroje, které se k tomuto účelu používají, jsou dotazníky a rozhovory, o kvalitě výuky jasně hovoří i výsledky při zkouškách.

Dotazníky student vypracuje vždy na konci výuky dané části studia, případně na konci části studia, kde končí jeden vyučující. V dotazníku jsou sekce, vyjadřující se k obsahu předmětu a ke způsobu vedení vyučování. Ke stejným účelům poslouží i rozhovor. Jde o to, aby se chyby, které se během výuky vyskytly, podařilo časem odstranit. Zkoušky jsou významnou zpětnou vazbou, která poskytuje informace o dosažené úrovni vědomostí a dovedností.

Dotazníky je možné zadávat buď klasicky v tištěné podobě, nebo ve formě elektronické. Obě tyto metody mají své výhody a nevýhody. Výhodou tištěného dotazníku je zajištění standardních podmínek u všech respondentů a především je zajištěna 100% návratnost. Při vyplňování dotazníků přes internet nejsou zajištěny stejné podmínky pro studenty. Student u počítače může být různě emočně naladěn a výsledky by tak mohly být zkreslující. Stejně tak se nedá počítat se 100% návratností dotazníků, je nepravděpodobné, že by všichni studenti dotazník opravdu vyplnili.

Nesprávné posouzení výsledků vzdělávání může být nejen demotivujícím prvkem pro studenta, ale může mít významný dopad i na jeho život, může znamenat i odchod ze zaměstnání a životní reorientaci. Z těchto důvodů je diagnostika ve vyučování velice významná. Tato diagnostika je metodická praxe zjišťování, rozpoznávání, posuzování a hodnocení úrovně vědomostí studenta a rozvoje jeho osobnosti.

Výsledkem vzdělávání jsou vědomosti, dovednosti a určité postoje studentů. Za vědomost je považována učením osvojená a zapamatovaná soustava pojmů, faktů, definic, principů, představ, zákonitostí, vzorců, schémat a vztahů. Jejich zjištění je nejstarší, proto se prověřují nejčastěji. Přitom vypovídají jen nepatrně o tom, jak je student schopen využít nabyté vědomosti v jiných, zvláště praktických souvislostech.

Dovednosti jsou nácvikem osvojené činnosti různého druhu. Jedná se o dovednosti manuální, které jsou pro techniky v údržbě letadlové techniky zcela zásadní. Ale rozlišujeme i další druhy dovedností, například sensorické, které nám pomáhají v rozpoznávání a určování všech věcí okolo nás a motorické dovednosti, které jsou také velmi důležité. Postoj je vnitřní postavení se k určitým problémům či situacím, je to přesvědčení, které se projevuje specifickým jednáním. [9]

Ze všech výše uvedených faktů je jasné, že zpětná vazba je velice důležitá a její podceňování by se nemuselo v dlouhodobé perspektivě vyplatit. Proto jsem se rozhodl vytvořit dotazník, který se studentům bude předkládat po skončení kurzu. Dotazník bude v tištěné podobě, hlavním důvodem je zaručená 100% návratnost všech dotazníků a je pravděpodobné, že studenti neopomenou zmínit žádný z podstatných faktorů při hodnocení výuky. Určitě by bylo dobré, kdyby studenti dotazník vyplnili znovu s určitým časovým odstupem, například jednoho roku. Poté totiž budou schopni zhodnotit přínos kurzu pro jejich praxi a zjistí, zda jim ve výkladu nechyběly některé důležité informace.

Dotazník pro zpětnou vazbu ze školení					
V případě, že chcete zachovat svoji anonymitu, nevyplňujte prosím vaše jméno a příjmení.					
Jméno a Příjmení:					
Název kurzu:					
Termín a místo konání:					
A) Přínos kurzu					
Škála hodnocení: 1 – ano, 2 – spíše ano, 3 – průměrně, 4 – spíše ne, 5 – vůbec ne					
1) Splnil kurz vaše očekávání:	1	2	3	4	5
2) Přínos pro Váš odborný růst:	1	2	3	4	5
3) Přínos pro Váš osobní růst:	1	2	3	4	5

B) Úroveň kurzu					
Škála hodnocení: 1 – ano, 2 – spíše ano, 3 – průměrně, 4 – spíše ne, 5 – vůbec ne					
4) Celkové hodnocení lektorské práce:	1	2	3	4	5
5) Srozumitelnost výkladu:	1	2	3	4	5
6) Tempo výkladu:	1	2	3	4	5
7) Odborná úroveň výkladu:	1	2	3	4	5
8) Zajímavost výkladu:	1	2	3	4	5
9) Úroveň organizace kurzu:	1	2	3	4	5
C) Preference a návrhy					
Co se vám líbilo nejvíce?					
Co se vám líbilo nejméně?					
Co byste v kurzu uvítali?					
Jak vám vyhovovala forma výuky?					

Tab. 10 Dotazník pro zpětnou vazbu ze školení

Tento dotazník, který má sloužit pro zjištění zpětné vazby ze školení, byl sestaven z otázek, které mají za úkol zjistit, jak byl kurz pro účastníky přínosný. Skládá se ze třech hlavních částí. Část A hodnotí přínos kurzu pro účastníka, má zjistit, zda kurz naplnil jeho očekávání, jestli bude mít přínos pro jeho praxi a odborný i osobní růst. Škála hodnocení je postavena od jedničky do pětky, kdy jedna je ano a pět znamená vůbec ne. Část B hodnotí odbornou úroveň kurzu, práci lektora, zajímavost, srozumitelnost, tempo a odbornou úroveň výkladu. Škála hodnocení je stejná jako pro část A. Třetí část C se zabývá preferencemi účastníka kurzu, zda se mu kurz líbil či nikoliv, co mu případně v kurzu chybělo a jestli mu vyhovovala forma výuky.

Závěr

Důvodem, proč jsem si toto téma zvolil, byla možnost spolupráce s firmou DSA a.s., která v České republice provozuje mimo jiné i leteckou záchrannou službu a využívá moderní vrtulníky Eurocopter EC 135. Pro potřeby této firmy jsem vytvořil výukové materiály, které se zabývají problematikou hydraulických soustav. Hlavním cílem této práce byla tvorba výukových materiálů, které jsem zpracoval pomocí PowerPointu a které budou sloužit pro výuku této látky.

Samostatná práce je rozdělena do několika kapitol, jedna kapitola se zabývá hydraulickými soustavami. V této kapitole je vysvětlen princip činnosti hydraulických soustav, základní typy těchto soustav a jsou zde popsány agregáty, které se v hydraulických soustavách používají. Dále jsem se zabýval hydraulickou soustavou, kterou nalezneme na vrtulníku Eurocopter EC 135. Všechny tyto informace byly následně zpracovány do výukového programu. Celkem jsem vytvořil pět prezentací, jejich součástí je i animace zobrazující základní funkci hydraulické soustavy a fotografie pořízené při údržbě vrtulníku, kde jsou vyobrazeny komponenty této soustavy.

V dalších kapitolách jsem se zabýval problematikou výuky této látky a vytvořil jsem výukovou osnovu, podle které jsem zpracoval prezentace. Výuková osnova je zcela zásadní, aby bylo pochopení celé problematiky co nejsrozumitelnější. Proto je nejdříve vysvětlen a rozebrán hydraulický systém ve všeobecné perspektivě a následně pak konkrétní hydraulický systém vrtulníku Eurocopter EC 135.

Pro výukovou osnovu, byl v následující kapitole sestaven časový harmonogram, ve kterém jsem každé části výukového programu přiřadil časovou dotaci, nezbytnou pro pochopení dané problematiky. Jak je patrné z časového harmonogramu, nejnáročnější je část, která se zabývá všeobecnými informacemi o hydraulických soustavách. Pochopení základních principů funkce všech agregátů je velice důležité, bez toho není možné se zabývat konkrétní hydraulickou soustavou.

V poslední kapitole jsem sestavil dotazník, který se bude předkládat účastníkům těchto kurzů. Ten má za úkol zajistit zpětnou vazbu a zjistit, do jaké míry byly účastníci spokojeni, případně nespokojeni s úrovní a kvalitou výuky. Na základě těchto dotazníků bude možné dále pracovat s výukovými materiály a celou výuku nadále zkvalitňovat.

Seznam obrázků

Obr. 1 Základní schéma hydraulické soustavy [6]	11
Obr. 2 Schéma hydraulické soustavy s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem [6].....	13
Obr. 3 Schéma hydraulické soustavy s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnnou dodávkou [6].....	14
Obr. 4 Schéma hydraulické soustavy s uzavřeným okruhem [5].....	14
Obr. 5 Schéma nouzového hydraulického okruhu [6]	16
Obr. 6 Schéma nouzového pneumatického okruhu[5]	16
Obr. 7 Přetlaková nádrž hydraulické kapaliny [6].....	17
Obr. 8 Ruční pístové čerpadlo [5].....	18
Obr. 9 Zubové čerpadlo [5].....	19
Obr. 10 Rotační pístové čerpadlo se stálou dodávkou [6].....	19
Obr. 11 Rotační pístové čerpadlo s proměnnou dodávkou [5]	20
Obr. 12 Sítkový filtr (A), Lamelový filtr (B) [5].....	21
Obr. 13 Mikronový filtr [5]	21
Obr. 14 Hydraulické akumulátory [5]	22
Obr. 15 Uzavírací ventil [6]	22
Obr. 16 Jednosměrný kuličkový a kuželkový ventil [6].....	23
Obr. 17 Škrťící jehlový ventil (A), škrťící kohout (B) [6].....	23
Obr. 18 Kuličkový pojistný ventil [6]	24
Obr. 19 Pístový redukční ventil [6].....	24
Obr. 20 Odlehčovací ventil [6]	25
Obr. 21 Jednostranný hydraulický zámek (A), Dvoustranný hydraulický zámek (B) [5]	26
Obr. 22 Tlumič hydraulických rázů [5].....	27
Obr. 23 Kuželový kohoutový rozvod (A), válcový kohoutový rozvod [6]	28
Obr. 24 Šoupátkový rozvod [6]	29
Obr. 25 Schéma jednočinného (A) a dvojčinného (B) pracovního válce s přímočarým pohybem [6]	29

Obr. 26 Pracovní válec s rotačním pohybem [6]	30
Obr. 27 Schéma jednočinného pracovního válce [6].....	30
Obr. 28 Schéma posilovače řízení [6].....	31
Obr. 29 Koncovka hydraulických potrubí [5]	32
Obr. 30 Hadicová šroubovaná (A) a zalisovaná (B) koncovka [6]	32
Obr. 31 Šroubení hydraulických potrubí [6]	33
Obr. 32 Manžetové těsnění (A) a těsnící kroužek (B) [5]	33
Obr. 33 Utěsnění bez těsnících prvků [5].....	34
Obr. 34 Umístění jednotlivých systémů vrtulníku EC 135 [7]	38
Obr. 35 Schéma hydraulického systému vrtulníku EC 135 [7]	39
Obr. 36 Hydraulické čerpadlo s hydraulickým agregátem	40
Obr. 37 Hydraulická nádrž.....	41
Obr. 38 Hydraulické potrubí.....	42
Obr. 39 Schéma hydraulického systému vrtulníku EC 135 [7]	43
Obr. 40 Hydraulický agregát.....	44
Obr. 41 Umístění komponentů hydraulické soustavy vrtulníku EC 135 [7].....	45
Obr. 42 Schéma indikačního a testovacího systému vrtulníku EC 135 [7]	47
Obr. 43 Umístění indikačního a testovacího systému vrtulníku EC 135 [7]	49
Obr. 44 Umístění komponentů indikačního a testovacího systému [7].....	50
Obr. 45 Schéma mechanicko-hydraulického pohonu systému [7].....	51
Obr. 46 Pohonný mechanismus rotoru	52
Obr. 47 Schéma mechanicky-hydraulického pohonu s EHA [7].....	53
Obr. 48 Pohon Fenestronu	54
Obr. 49 Schéma pohonu Fenestronu [7].....	55
Obr. 50 Fenestron vrtulníku Eurocopter EC 135.....	56
Obr. 51 Systém pro výměnu hydraulické kapaliny [7]	57
Obr. 52 Systém pro výměnu hydraulické kapaliny [7]	59
Obr. 53 Ochrana hydraulického systému před korozí [7]	60

Seznam použité a související literatury

- 1) JACKSON, Robert (ed.). *Vrtulníky: civilní a vojenské vrtulníky současnosti*. Praha: Deus, 2008. ISBN 978-80-87087-25-1
- 2) DSA a.s. (2014) [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.dsa.cz/>
- 3) POHL, Rudolf, Jindřich KOCÁB a Jan ŠESTÁK. *Dopravní prostředky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03160-8.
- 4) Airbus Helicopters, Inc. (2013): EC 135 [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.airbushelicopters.com/website/en/ref/home.html>
- 5) TŮMA, Jiří. *Letadla pro učební a studijní obory na SOU: učební text pro studijní obor 02-43-4 letecký mechanik*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.
- 6) DRAXLER, Karel a kolektiv. *Aerodynamika, konstrukce a systémy letounů: studijní modul 11*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005-. Učební texty pro teoretickou přípravu osvědčujícího personálu údržby letadel dle předpisu JAR-66. ISBN 80-7204-367-6.
- 7) *System Description Section (SDS) EC 135*. Airbus Helicopters, 2001.
- 8) PODLAHOVÁ, Libuše. *Didaktika pro vysokoškolské učitele: [vybrané kapitoly]*. Praha: Grada, 2012. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-4217-5.
- 9) SLAVÍK, Milan. *Vysokoškolská pedagogika*. Praha: Grada, 2012. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-4054-6.
- 10) *Konsolidované znění AMC a GM k Částem M, 145, 66, 147: Přijatelné způsoby průkazu a poradenský materiál k nařízení Komise (ES) č. 2042/2003 ze dne 20. listopadu 2003 pro zachování letové způsobilosti letadel a leteckých výrobků, letadlových částí a zařízení a schvalování organizací a personálu zapojených do těchto úkolů*. [online]. [cit. 2016-05-15]. In: . Evropská agentura pro bezpečnost letectví. Dostupné z: <http://www.caa.cz/file/5879>
- 11) *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1321/2014: ze dne 26. listopadu 2014 o zachování letové způsobilosti letadel a leteckých výrobků, letadlových částí a zařízení a schvalování organizací a personálu zapojených do těchto úkolů*, 2014. [online]. [cit. 2016-05-15]. In: Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1321&from=CS>

Seznam příloh:

Příloha 1: Hydraulická soustava 1 – Typy hydraulických soustav.....	2
Příloha 2: Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí.....	7
Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina...	14
Příloha 4: Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135.....	22
Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135.....	28

Příloha 1: Hydraulická soustava 1 – Typy hydraulických soustav



DSA a.s.

ČVUTFD, Ústav letecké dopravy

Hydraulická soustava

Typy hydraulických soustav

Poslední aktualizace: 14.5.2016
Verze: 1.0

© Použití pouze se svolením autora.

Hydraulická soustava

Schéma zobrazující základní funkce hydraulické soustavy

- Hydraulická soustava s otevřeným okruhem
- Hydraulická soustava s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem
- Hydraulická soustava s čerpadlem s proměnnou dávkou
- Hydraulická soustava s uzavřeným okruhem
- Další rozdělení hydraulických soustav
- Více okruhové soustavy s několika hlavními okruhy
- Nouzové okruhy

Hydraulická soustava

- Hydraulické systémy letadel a vrtulníků jsou základní energetické systémy středních a velkých letadel i vrtulníků.
- Čerpadla:
 - Generují tlakovou energii v pracovní kapalině.
 - Jsou poháněna od pohonných jednotek.
- Pomocí tlakového potrubí je tlaková energie rozvedena k řídicím prvkům.
 - Tam je následně tlaková energie kapaliny přeměněna na energii pohybovou.

Hydraulická soustava

- Pro nouzové stavy se využívá:
 - elektropohonu
 - pneumatického pohonu
 - u menších letadel je často použit ruční pohon

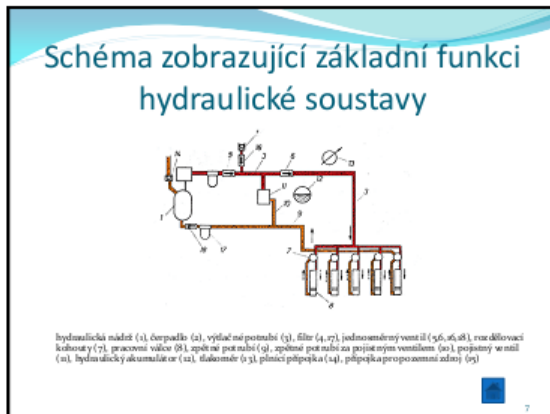
Hydraulická soustava

- Hydraulická soustava je využívána k ovládní primárních řídicích ploch:
 - výškového kormidla
 - směrového kormidla
 - křídélka
- Dále ovládají sekundární řídicí plochy:
 - vztlakovou mechanizaci na náběžné křídla
 - vztlakovou mechanizaci na odtokové hraně křídla
 - spoilery
 - aerodynamické brzy

Hydraulická soustava

- Slouží také k ovládní ostatních provozních systémů:
 - podvozku
 - nákladových dveří
 - otevírání schodů pro cestující
- U vrtulníků je hydraulický systém využit především k:
 - ovládání hlavního a ocasního rotoru
 - podvozku
 - nákladových dveří u velkých transportních vrtulníků

Příloha 1: Hydraulická soustava 1 – Typy hydraulických soustav



Typy hydraulických soustav

- Hydraulické soustavy se většinou skládají z několika pracovních okruhů, na čem jejich počet závisí?
- Podle typu hlavního okruhu lze hydraulické soustavy rozdělit na čtyři základní typy.
 - Soustava s otevřeným okruhem.
 - Soustava s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem.
 - Soustava s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnou dodávkou.
 - Soustava s uzavřeným okruhem.

Soustava s otevřeným okruhem

- Hlavní okruh u soustavy s otevřeným okruhem je pod tlakem pouze v okamžiku provádění některé hydraulické funkce.
- Hydraulická kapalina je neustále dopravována čerpadlem z nádrže přes filtr a ovládací prvky pracovních okruhů zpět do nádrže.
- V případě ovládní některého systému letadla dojde k přepnutí elektrohydraulického přepínače a postupně tak tlak v soustavě na potřebnou hodnotu.

Soustava s otevřeným okruhem

- Tlak je omezen pojistným přepouštěcím ventilem.
 - Ten přebytečnou hydraulickou kapalinu přepustí od čerpadla, které dodává konstantní množství zpět do nádrže.
- Po ukončení hydraulické funkce tlak v soustavě opět poklesne a pracovní okruhy se vrátí do neutrální polohy.

Soustava s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem

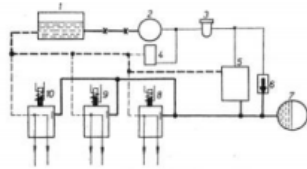
- Tato soustava se někdy nazývá jako soustava s konstantním průtokem.
 - odlehčovací automat zde udržuje v hlavním okruhu konstantní tlak v rozmezí hodnot, na které je seřízen.
- Tyto soustavy se používají:
 - Když je potřeba ovládat několik pracovních okruhů najednou.
 - Nebo v jakémkoli sledu nezávisle na sobě.

Soustava s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem

- Počet systémů, které je možné ovládat je libovolný.
- V případech kdy je to třeba lze udržovat pod tlakem po celou dobu letu.
- Nevýhodou tohoto uspořádání jsou:
 - hydraulické rázy
- Hydraulické rázy vznikají při přepínání odlehčovacího automatu.

Příloha 1: Hydraulická soustava 1 – Typy hydraulických soustav

Soustava s konstantním tlakem a odlehčovacím automatem



hydraulická nádrž (1), čerpadlo (2), filtr (3), pojistný ventil (4), odlehčovací automat (5), zpětný ventil (6), hydraulický akumulátor (7), ovládací kohouty pracovních okruhů (8, 9, 10)



13

Soustava s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnou dodávkou

- Tato soustava je podobná soustavě s konstantním průtokem.
- Místo odlehčovacího automatu je zde:
 - Čerpadlo s proměnou dodávkou s automatickou regulací tlaku.
- Čerpadlo dopravuje tlakovou kapalinu z nádrže do té doby, než protitlak stoupne na určitou hodnotu.



14

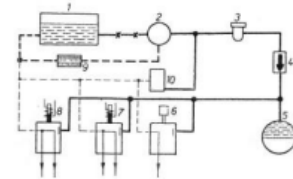
Soustava s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnou dodávkou

- Poté se začne dodávka kapaliny od čerpadla zmenšovat až do dosažení maximálního provozního tlaku.
- Jak si myslíte, že je zajištěno mazání a chlazení čerpadla?



15

Soustava s konstantním tlakem a čerpadlem s proměnou dodávkou



hydraulická nádrž (1), čerpadlo (2), filtr (3), zpětný ventil (4), hydraulický akumulátor (5), ovládací kohouty pracovních okruhů (6, 7, 8), chladič (9), pojistný ventil (10)



16

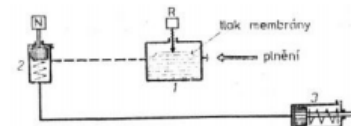
Soustava s uzavřeným okruhem

- Její konstrukce je velmi jednoduchá.
- Skládá se z:
 - vyrovnávací nádržky s membránou
 - dvou pracovních válců
- Jeden pracovní válec plní funkci čerpadla a druhý pracuje jako hydraulický motor.
- Používá se převážně jen u podvozkových brzd s menšími pracovními tlaky.



17

Soustava s uzavřeným okruhem



hydraulická nádrž (1), hydraulický válec (2, 3)



18

Příloha 1: Hydraulická soustava 1 – Typy hydraulických soustav

Další rozdělení hydraulických soustav

- **Dělení z hlediska použitého druhu pracovního prostředí.**
 - výlučně s hydraulickou kapalinou
 - kombinované (například hydraulicko-dusíkové)
- **Dělení z hlediska vykonané funkce v letadle.**
 - výkonné: například soustavy vysouvání a zasouvání podvozku
 - řídicí: hydraulické servořízení



19

Další rozdělení hydraulických soustav

- **Dělení z hlediska charakteru funkce v letadle.**
 - hlavní soustavy (okruhy)
 - nouzové (záložní) soustavy
- **Další rozdělení hydraulické soustavy.**
 - hlavní tlakový okruh (od nádrže k rozvaděčům)
 - vedlejší tlakový okruh (od rozvaděčů k pracovním válcům)



20

Více okruhové soustavy s několika hlavními okruhy

- S rostoucími rychlostmi, hmotnostmi a stále narůstající kapacitou letadel se zvyšily:
 - Nároky na množství ovládaných prvků a síly, které jsou k jejich ovládní potřeba.
- Stejně tak se kladou vysoké nároky i na spolehlivost celého systému. Z těchto důvodů narůstají i výkonové požadavky na hydraulickou soustavu.
- U velkých letadel již není možné efektivně zajistit tyto požadavky pouze jedním hlavním okruhem.
- Proto je třeba využít více hlavních okruhů, které se navzájem i zálohuji.



21

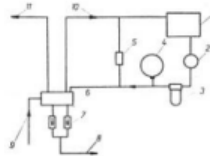
Nouzové okruhy

- Hlavní hydraulické okruhy jsou zálohovány pomocí:
 - Nouzových okruhů za účelem zvýšení provozní spolehlivosti.
- Je třeba zajistit nezávislost těchto okruhů.
- Nádrž a potrubí nouzových systému je třeba řešit odděleně od hlavní soustavy.
- Je-li jako záložní okruh používána hydraulická soustava (především pro soustavy, která ovládají kormidla) je provedena jako samostatný hydraulický okruh s vlastním čerpadlem a nádrží.
- Co a kdy tedy musí nouzový okruh zajistit?



22

Nouzové okruhy



hydraulická nádrž (1), čerpadlo (2), filtr (3), hydraulický akumulátor (4), pojistný ventil (5), soustředěný přepínací (6), jednosměrný ventil (7), směr toku k pracovnímu válci (8), směr toku od hlavního hydraulického okruhu (9), zpětná větev hlavního hydraulického okruhu (10), zpětná větev nouzového okruhu (11)



23

Nouzové okruhy

- Dalším způsobem jak lze realizovat nouzový okruh, je použití jiné soustavy.
 - pneumatické
 - elektromechanické
- V pneumatické soustavě se jako zdroj tlaku se používá:
 - Tlaková láhev. Vysoký tlak v láhvi, se zmenšuje na požadovanou hodnotu pomocí redukčního ventilu.
- U elektromechanického ovládní je jako záložní zdroj použit:
 - Elektromotor, jehož otáčivý pohyb se následně v převodovém mechanismu mění na pohyb přímočarý.



24

Příloha 1: Hydraulická soustava 1 – Typy hydraulických soustav



Příloha 2: Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

**DSA a.s.**
CVUT FD, Ústav letecké dopravy

Hydraulická soustava

Konstrukční provedení hlavních částí

Poslední aktualizace: 15.5.2016
Verze: 1.0
© Použití pouze se svolením autora.

Hydraulická soustava

Hydraulické nádrže
Hydraulická čerpadla
Hydraulické filtry
Hydraulické akumulátory
Hydraulické zámky
Tluměče hydraulických rázů
Pracovní válce
Hydraulické posilovače

Hydraulické nádrže

- Hydraulická nádrž slouží v hydraulické soustavě jako zásobník pro pracovní kapalinu.
- Kromě toho plní i další funkce:
 - Přispívá k zachování čistoty hydraulické kapaliny, díky sedimentaci nečistot a kalů na dně nádrže.
 - V nádrži také dochází ke zklidnění proudící kapaliny, aby mohly unikát vzduchové bubliny.
 - Slouží také k ochlazení hydraulické kapaliny.
- Existují dva konstrukční typy nádrží a to nádrže **beztlakové** a nádrže **přetlakové**.

Hydraulické nádrže



Hydraulické nádrže - beztlakové

- Tento typ nádrží se používá:
 - Pouze ve spojení s čerpadly s nízkým sacím účinkem pro lety s maximálním dostupem 5000 m.
- Jsou odvězdušňovány do okolní atmosféry.
 - To znamená, že s rostoucí výškou letu klesá tlak na hladinu provozní kapaliny.
- To s sebou přináší problém zvaný kavitace.
 - Čerpadla mají předepsaný tlak v sacím potrubí, aby nedocházelo k přerušování dávky kapaliny.

Hydraulické nádrže - přetlakové

- Zde na hladinu kapaliny působí:
 - Přetlak vzduchu, který se nejčastěji odebírá z kompresoru turbínového motoru.
- S vnější atmosférou je nádrž propojena pouze pojistným ventilem.
 - Ten má vyšší otevírací tlak než je provozní přetlak v nádrži.
- Nádrže jsou také opatřeny přepážkami.
 - Ty zamezují pohybu kapaliny a tím se omezí směšování s tlakovým vzduchem.

Příloha 2: Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Hydraulická čerpadla

- Úkolem čerpadla je:
 - Dodávat tlakovou kapalinu, jejíž energie se v hydraulických motorech mění v pohybovou energii řízeného objektu.
- Možné způsoby pohonu čerpadel:
 - mechanicky od motoru
 - ručně - hlavně u záložních zdrojů
 - elektricky pomocí elektromotoru



Hydraulická čerpadla

- Jaký tlak se dnes v hydraulických soustavách používá?
- Čerpadla však musí kromě dodávky potřebného tlaku hydraulické kapaliny zajistit:
 - Potřebné množství kapaliny, přičemž musí být dodávka kapaliny rovnoměrná.
- Na hydraulická čerpadla je kladena i řada dalších nároků:
 - minimální ztráty netěsnostmi a třením
 - vysoká provozní spolehlivost a životnost
 - co nejmenší hmotnost čerpadla
 - nízkou pořizovací cenu



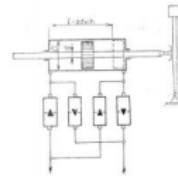
Ruční pístové čerpadlo

- Toto čerpadlo se používá především u:
 - menších letadel
- Jako záložní zdroj, například pro vysunutí podvozku.
- Také se používá u pozemních hydraulických vozíků.



Ruční pístové čerpadlo

- Jedná se o dvojitě pístové ruční čerpadlo s velmi dobrou účinností.



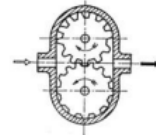
Zubové čerpadlo

- Jedná se o nejjednodušší rotační čerpadlo, jako náhon se nejčastěji používá letecký motor.
- Výhody zubového čerpadla:
 - jednoduchost
 - vysoká provozní spolehlivost
 - malá hmotnost
 - nízká cena
- Nevýhody:
 - menší účinnost
 - vysoká hlučnost



Zubové čerpadlo

- Skládá se z páru ozubených kol, která jsou těsně uzavřena ve skříní čerpadla.
- Kudy hydraulická kapalina proudí?



Příloha 2: Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Rotační pístové čerpadlo se stálou dodávkou

- Skládá se z:
 - Řady pístů, které jsou umístěny po vnitřním obvodu tělesa čerpadla.
- Počet pístů je vždy lichý z důvodu zajištění rovnoměrnosti chodu čerpadla.
 - Je jich vždy minimálně 5.
- Posuvný pohyb pístu je zajištěn kloubovým uchycením pístnic k rotující šikmé desce.

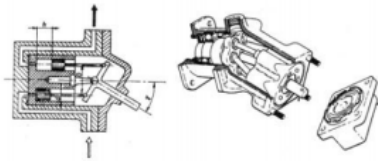


Rotační pístové čerpadlo se stálou dodávkou

- Výhody těchto čerpadel:
 - poměrně malá hmotnost
 - vysoká účinnost
- Nevýhody:
 - složitost konstrukce
 - vysoká cena
 - choulostivost na nečistoty.
 - hlučnost a vibrace přenášené na tlakové potrubí
- Čím je poslední nevýhoda způsobena?



Rotační pístové čerpadlo se stálou dodávkou



Rotační pístové čerpadlo s proměnnou dodávkou

- Podobně jako čerpadlo se stálou dodávkou se skládá z:
 - Tělesa a řady pístků, které čerpají kapalinu.
- Součástí tohoto typu je však ještě:
 - Rotující naklápěcí deska, která posouvá pístky.
- Velkou předností tohoto typu je:
 - Možnost měnit dodávku při stálých otáčkách náhonu čerpadla. Jak je této změny docíleno?

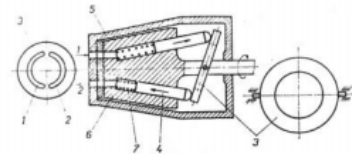


Rotační pístové čerpadlo s proměnnou dodávkou

- To je dosaženo:
 - Změnou úhlu vychýlení naklápěcí desky, na němž závisí zdvih pístů.
- Při nulové vychýlce desky se:
 - Písty přestanou pohybovat a dodávka čerpadla tak klesne na nulu.
- Tato změna vychýlení desky může být:
 - ruční
 - automatická



Rotační pístové čerpadlo s proměnnou dodávkou



sání (1), výtlač (2), naklápná deska (3), píst (4), těleso čerpadla (5), rotační část čerpadla (6), pružina (7)



Příloha 2: Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Hydraulické filtry

- Z důvodu zajištění správné činnosti hydraulické soustavy je třeba:
 - Hydraulickou kapalinu **čistit a odstraňovat z ní nečistoty**.
- Jaké nečistoty filtry odstraňují:
 - Prach, který se do ní může dostat přetlakovou soustavou.
 - Nečistoty z pístnic hydraulických válců.



Hydraulické filtry

- Nečistoty mohou způsobit různé komplikace v hydraulické soustavě:
 - opotřebovávají těsnící kroužky
 - ucpávají kalibrované otvory
 - zadírají šoupátka a ventily
 - zhoršují těsnost celé soustavy
- Nečistoty tak zvyšují pravděpodobnost selhání celé hydraulické soustavy.

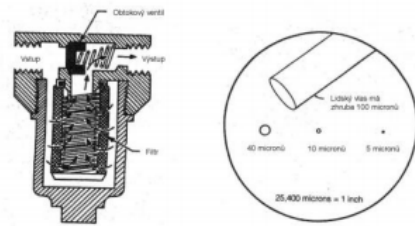


Hydraulické filtry

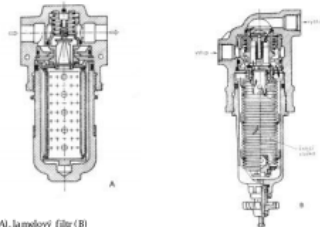
- Filtry se vkládají do:
 - výtlačného potrubí za čerpadlo
- Proč nejsou filtry před čerpadlem, aby ho také mohly chránit před nečistotami?
- Každý filtr je opatřen obtokovým ventilem.
 - Ten zajistí průchod kapaliny v případě, že by došlo k ucpání filtru.
- Filtry jsou schopné zadržet částice větší než 20 mikronů



Hydraulické filtry



Hydraulické filtry



sítový filtr (A), lamelový filtr (B)



Hydraulické akumulátory

- Hydraulický akumulátor je:
 - Objemová tlaková nádoba, která v sobě hromadí energii pomocí stlačeného plynu.
- U leteckých hydraulických akumulátorů se nejčastěji používá:
 - vzduch
 - dusík
- Místo plynného média lze použít pružiny, ty se využívají především u menších letadel.



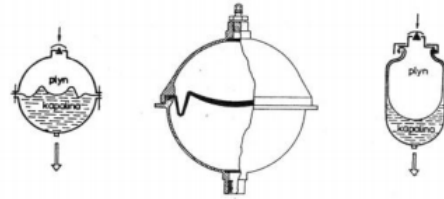
Příloha 2: Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Hydraulické akumulátory

- Takt oložená energie v případě potřeby působí přes membránu na kapalinu.
- Kromě akumulace energie má hydraulický akumulátor řadu dalších důležitých funkcí:
 - > Tlumí rázy v hydraulickém systému.
 - > Eliminuje pulzace tlaku způsobené nerovnoměrnou dodávkou čerpadla.
 - > Pokrývá tlakové špičky při aktivaci několika pracovních okruhů najednou.
 - > Slouží jako nouzový zdroj energie při výpadku motorů.



Hydraulické akumulátory

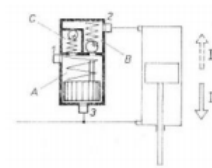


Hydraulické zámky

- Hydraulické zámky:
 - > Zabraňují nežádoucímu pohybu pístu pracovního válce v jednom nebo obou směrech po přerušení dodávky tlakové kapaliny.
- Hydraulické zámky můžeme rozdělit na:
 - > jednostranný hydraulický zámeček
 - > dvoustranný hydraulický zámeček

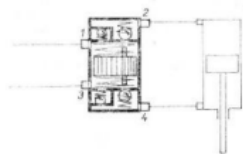


Jednostranný hydraulický zámeček



Dvoustranný hydraulický zámeček

- Pracuje na stejném principu jako zámeček jednostranný.



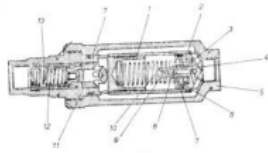
Tlumič hydraulických rázů

- Při spojení prostorů s různými tlaky dochází k:
 - > hydraulickým rázům
- Tomu musí zabránit:
 - > Tlumič hydraulických rázů, který má za úkol:
 - prodloužit dobu vyrovnávání tlaků
 - eliminovat rázy



Příloha 2: Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Tlumič hydraulických rázů



píst (1), čep (2), filtr (3), sedlo (4), těleso tlumiče (5), vratná pružina (6), těsnící kroužek (7), kulička (8), pružina (9, 13), opěra (10), šoupátko (11), ventil (12)



Pracovní válec

- Hydraulické motory jsou:
 - koncové stupně pracovních okruhů
- Energie kapaliny se zde přeměňuje na:
 - mechanickou práci pístu
- Pracovní válec je tedy:
 - Hydraulický motor s přímočarým vratným pohybem pístu.



Pracovní válec

- Lze je rozdělit na:
 - jednočinné
 - dvojitinné
- Podle toho přivádí-li se kapalina na jednu či obě strany pístu.

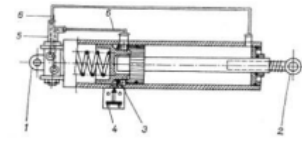


Schéma jednočinného (A) a dvojitinného (B) pracovního válce s přímočarým pohybem.



Pracovní válec

- Jednočinný pracovní válec

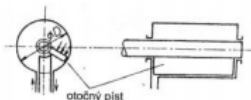


záložná vídlice (1), stavitelná vídlice (2), símek (3), komorový přepínač (5), otočný spoj (6), potrubí (6)



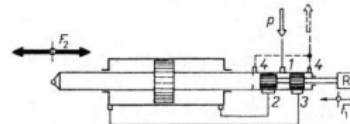
Pracovní válec

- Dalším konstrukčním provedením je pracovní válec s rotačním pohybem vnitřního ústrojí.
- Ty se ale využívají podstatně méně z důvodu, že je:
 - Přímý pohyb obvyklejší a konstrukční řešení je jednodušší, hospodárnější a tím i spolehlivější.



Hydraulické posilovače


- Jedná se o hydraulické motory s přímočarým pohybem, které jsou mechanicky spojeny s ručními rozvaděči (šoupátky).
- Jsou určeny k posílení řízení u mechanismů, u kterých:
 - Je přímé ovládání nemožné z důvodu vysokého zatížení a značných sil.



Příloha 2: Hydraulická soustava 2 – Konstrukční provedení hlavních částí

Hydraulické posilovače

- Používají se například pro ovládání:
 - ocasních ploch
 - křidélek
 - klapek
 - podvozku



Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina


DSA a.s.
 CVUT FD, Ústav letecké dopravy

Hydraulická soustava

Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

Poslední aktualizace: 16.5.2016
Verze: 1.0
© Použití pouze se svolením autora.

Hydraulická soustava

Ventily v hydraulické soustavě

Uzavírací ventily	Jednosměrné (zpětné) ventily	Škrťací ventily
Pojistné ventily	Redukční ventily	Odlehčovací ventily

Hydraulické rozvaděče
Hydraulické potrubí
Těsnění spojí
Hydraulické kapaliny
Indikační a výstražné systémy hydraulické soustavy
Vazby hydraulické soustavy s ostatními systémy

Ventily v hydraulické soustavě

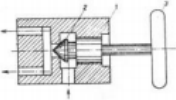
- Regulace tlaku je v hydraulické soustavě zajištěna:
 - ventily
- Kromě regulace tlaku mají ventily i další funkce:
 - Řídí průtočné množství hydraulické kapaliny.
 - Určují směr proudění hydraulické kapaliny.
 - Chrání hydraulickou soustavu před přetížením.

Ventily v hydraulické soustavě

- Ventily lze rozdělit podle funkce, kterou v hydraulické soustavě zastávají.
 - Jedná se o:
 - uzavírací ventily
 - jednosměrné ventily
 - škrťací ventily
 - pojistné ventily
 - redukční ventily
 - odlehčovací ventily

Uzavírací ventily

- Jedná se o nejjednodušší typ ventilů, který se často používá jako:
 - rozdělovací zařízení
- Mezi nevýhody těchto ventilů patří:
 - Pomalá činnost, z toho důvodu se používají jako pomocné rozvaděče, nebo jako plnicí zařízení.



těleso ventilu (1), uzavírací kužel (2), kolečko pro ovládání (3)


Jednosměrné (zpětné) ventily

- Pak již z názvu vyplývá, tyto ventily se do soustavy zařazují tam, kde je:
 - Potřeba zabránit kapalině, aby proudila nazpět.
- Musí zajistit proudění:
 - Pouze v jednom směru a zabránit proudění v opačném směru.
- Ve směru proudění hydraulické kapaliny je požadován:
 - minimální odpor ventilu
 - v opačném směru pak zajištění absolutní těsnosti

Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

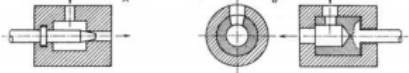
Jednosměrné (zpětné) ventily

- Podle konstrukčního provedení mohou být ventily:
 - kuželové
 - kuličkové
- Správné dosednutí do sedla ventilu zajišťuje slabá pružina.



Škrticí ventily

- Slouží k regulaci:
 - průtočného množství
- V podstatě se jedná o polohovací uzavírací ventil, který se vloží do potrubí a zajišťuje určitý odpor.



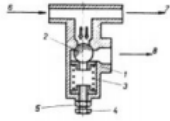
Škrticí jehlový ventil (A), škrticí ložiskov (B)

Škrticí ventily

- Nejjednodušším konstrukčním provedením škrticích ventilů je:
 - kohout
 - jehlový ventil
- Výhodou jehlového ventilu je:
 - Plynulá regulace, protože k plnému otevření nebo uzavření je zapotřebí několik otáček.
- Nevýhodou škrticích ventilů je:
 - Nárůst hydraulického odporu soustavy a větší riziko ucpání soustavy zejména při malých průřezech kanálů.

Pojistné ventily

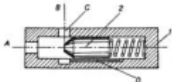
- Pojistné ventily se zařazují pro ochranu hydraulické soustavy proti přetížení.
- V tomto případě se jedná o kuličkový pojistný ventil, dalším konstrukčním řešením je pojistný ventil s válčovým tělesem.



tlaková hydraulická kapalina od čerpadla (6), tlaková hydraulická kapalina do systému (7), hydraulická kapalina vracející se do nádrže

Redukční ventily

- Tyto ventily slouží k regulaci průtoku tlakové kapaliny.
- Od škrticích ventilů se liší tím:
 - že se zde mění průtočný průřez
- U škrticích ventilů není průtočný průřez závislý na tlaku kapaliny, ale je pevně nastavena poloha kužele.



tlakový ventil (1), přístroj (2)

Odlehčovací ventily

- Slouží k regulaci pracovního tlaku, můžeme se také setkat s názvem odlehčovací automat.



pružina (1), hydraulický akumulátor (2), přístroj (3), jednosměrný ventil (4), píst (5), kuličkový ventil (6)

Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

Hydraulické rozvaděče

- Jsou to rozvodná zařízení.
- Slouží k řízení směru průtoku v hydraulické soustavě.
- Řídí směr toku kapaliny.
- Od čerpadla v tlakovém okruhu k jednotlivým větvím pracovního okruhu a zároveň odvádějí hydraulickou kapalinu z nečinných prostorů zpět do nádrže.
- Hydraulické rozvaděče lze rozdělit dle několika kritérií.



Hydraulické rozvaděče

- Podle počtu výstupních vývodů:
 - dvoucestné
 - trojcestné
 - čtyřcestné
 - vícecestné
- Podle počtu poloh možných propojení výstupních vývodů:
 - dvoupolohové
 - třípolohové
 - vícepolohové



Hydraulické rozvaděče

- Rozdělení dle typu ovládání
 - ruční
 - mechanické
 - hydraulické
 - elektrické
- Podle principu činnosti je můžeme dále rozdělit na:
 - kohoutové
 - šoupátkové



Hydraulické rozvaděče – kohoutová rozvodná zařízení

- U kohoutových rozvodů koná ovládací prvek:
 - pouze otáčivý pohyb
- Konstrukční provedení:
 - s kuželem
 - s válcem



Hydraulické rozvaděče – kohoutová rozvodná zařízení

- Hlavní výhodou, kterou přináší kuželové provedení je:
 - Realizace snadného utěsnění, jelikož kužel dobře odstraňuje vůli mezi styčnými plochami.
- To je docíleno pružinou.
 - Která na kužel nepřetržitě vyvíjí tlak.
 - Případně tlakovou kapalinou, která se přivádí na širší část kužele.



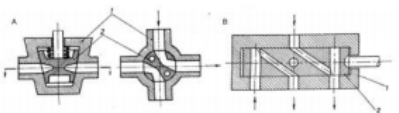
Hydraulické rozvaděče – kohoutová rozvodná zařízení

- Nevýhodou pružin je:
 - Obtížné nastavení síly pružiny, která musí odolávat tlaku kapaliny.
 - Nevyváženost tlakových sil kapaliny, působících na kužel.
- Tyto nedostatky odpadají při použití válcových kohoutů.
 - Z toho důvodu jsou používány velice často, i když je obtížné dosáhnout požadované těsnosti na válcových plochách.



Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

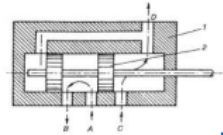
Hydraulické rozvaděče – kohoutová rozvodná zařízení



kuželový kohoutový rozvod (A), válcový kohoutový rozvod

Hydraulické rozvaděče – šoupátkový rozvod

- U tohoto provedení koná šoupátko axiální posun.
- Jejich hlavní výhodou je:
 - možnost nastavit šoupátko do různých poloh
 - poměrně jednoduchá výroba
- Jak rozvaděč pracuje?



třísno-šoupátko (1), šoupátko (2)

Hydraulické potrubí

- Jednotlivé části hydraulické soustavy jsou vzájemně propojeny:
 - potrubím
- Potrubí přivádí a odvádí tlakovou kapalinu k jednotlivým prvkům hydraulické soustavy.
- Je propojeno pomocí šroubení, kterým se i připojuje k jednotlivým členům soustavy.

Hydraulické potrubí

- Navrhuje se tak:
 - Aby odolalo tlakovým špičkám.
 - Zajistilo dostatečný průtok.
 - Vytvářelo minimální hydraulické ztráty.
 - Zbytečně nezvyšovalo hmotnost soustavy.
 - Ve spojích bylo dostatečně těsné, aby nedocházelo k únikům kapaliny.

Hydraulické potrubí

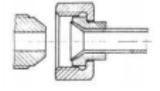
1) **Pevné potrubí**

- Nepohyblivá potrubí se používají pro:
 - Spojování částí hydraulické soustavy, které jsou pevně uchyceny.
- Skládá se z:
 - Trubek, které jsou zohýbané do potřebných tvarů a na koncích jsou opatřeny maticemi s nátrubky, do nichž jsou okraje trubky zaválcovány.

Hydraulické potrubí

2) **Pružná potrubí**

- Jsou určena do míst s malými pohyby jako je například výkyv pracovních válců.



koncovka potrubí

Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

Hydraulické potrubí

3) Hadice

- Těmi se přivádí tlaková kapalina do:
 - pohyblivých částí s velkým výkyvem
- Hadice se skládá z:
 - Duše, ta je vyrobena z odolné pryže.
 - Z několika textilních pogumovaných vrstev, nejčastěji se používají tři nebo čtyři tyto vrstvy.



Hydraulické potrubí

3) Hadice

- Na obou koncích jsou hadice opatřeny přeplečnými maticemi s nátrubky.
- Rozdělují se na:
 - Nizkotlaké hadice, u kterých se používá méně opletů proložených ocelovou spirálou.
 - Vysokotlaké hadice s vnitřním kovovým opletem.



Hadicová šroubovaná (A) a zalisovaná (B) koncovka.



Hydraulické potrubí - spoje

- Spojování potrubí je možné řešit několika variantami, v první řadě rozdělujeme spoje na:
 - pevné
 - otočné
- Otočné spoje slouží ke spojení pohyblivých letadlových celků a mohou být součástí:
 - pracovních válců
 - nebo jsou samostatně vloženy do potrubí



Hydraulické potrubí - spoje

- Šroubením se spojují dvě nebo několik potrubí mezi sebou nebo se s ním potrubí připojuje k letadlovým celkům.
- Ke spojení dvou potrubí o stejné světlosti se používá:
 - rovná spojka
 - rovná spojka s přírubou (když potrubí prochází stěnou)
 - koleno s přírubou

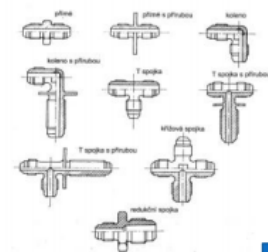


Hydraulické potrubí - spoje

- Při spojování třech potrubí se používá:
 - T-spojka
 - T-spojka s přírubou
 - u čtyř potrubí se používá křížová spojka.
- V případech, kdy je potřeba spojit potrubí o rozdílné světlosti se využívá:
 - redukčních spojek



Hydraulické potrubí - spoje



šroubování hydraulických potrubí



Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

Těsnění spojů

- Aby se zamezilo úniku tlakové kapaliny je třeba:
 - všechny spoje utěsnit
- Druh použitého těsnění závisí na řadě faktorů, například na:
 - konstrukci spojovaných celků
 - na pracovních podmínkách
 - na velikosti utěšňovaného tlaku



Těsnění spojů

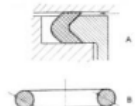
- 1) Těsnění nepohyblivých spojů
- U těchto spojů je dosaženo těsnosti:
 - likvidací vůle mezi těsněnými plochami
 - Spoj je vyroben s přesahem a smontován dohromady, mezi něj se vloží pružná těsnicí podložka.



Těsnění spojů

- 2) Těsnění pohyblivých spojů
- a) Těsnění, kde je vůle vymezena pomocí těsnících prvků
- Tyto těsnící prvky mohou mít tvar:
 - manžet
 - kroužků
 - K těsnícím plochám jsou přitlačovány pomocí utěšňovaného tlaku nebo přesahem.

Manžetové těsnění (A) a těsnící kroužek (B).



Těsnění spojů

- b) Těsnění, bez použití přidaných těsnících prvků
- V tomto případě je mezi těsněnými plochami malá vůle a těsnícího protitlaku je dosaženo:
 - zabroušením těsnících ploch
 - zalapáním těsněných ploch
 - Další možností je vytvoření několika po sobě jdoucích expanzních komůrek.



Těsnění spojů

- b) Těsnění, bez použití přidaných těsnících prvků
- Tento druh těsnění se používá například u:
 - šoupátkových rozvaděčů.
 - Tam, kde je nezbytné zajistit minimální třecí síly.

Utěsnění bez těsnících prvků.



Hydraulické kapaliny

- Přenáší tlakovou energii od zdroje, kterým je čerpadlo k výkonným členům.
- Hydraulické kapaliny musí pracovat i za extrémních podmínek.
- Jsou na ně kladeny vysoké požadavky z hledisek:
 - fyzikálně-chemických
 - mechanických
- Jaké si myslíte že jsou konkrétní požadavky na hydraulické kapaliny?



Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina

Hydraulické kapaliny

- Požadavky na hydraulické kapaliny:
 - Dobrá viskozita v rozsahu pracovních teplot (-60 až +90°C).
 - Dobré antikoroziní vlastnosti a dobré mazací vlastnosti.
 - Chemická neutralita vůči materiálům používaných v soustavě.
 - Nesmí být toxické a musí mít homogenní složení.
 - Malé hydraulické odpory, odolnost vůči mechanickému namáhání (přenáší tlaky 3000 psi a více).
 - Nemají mít sklon k pěnovitosti a je požadován vysoký bod vzplanutí.



Hydraulické kapaliny

- Hydraulické kapaliny mohou být produkty na bázi rostlinné, minerální nebo syntetické.

1) Rostlinné kapaliny

- V dnešní době se používají pouze výjimečně.
- Jejich nevýhodou je nutnost použití těsnění z přírodní gumy a především nízký bod vzplanutí.
- Tento druh kapalin mívá modré zbarvení a jako příklad lze uvést kapalinu MIL-H-7644.



Hydraulické kapaliny

- 2) **Minerální kapaliny**
 - Mají červenou barvu, vyznačují se malou změnou viskozity v závislosti na teplotě.
 - V dnešní době se jedná o **nejrozšířenější typ**.
 - Nevýhodou hydraulických kapalin na minerální bázi je:
 - Poměrně nízký bod vzplanutí cca 130°C.
- Patří sem například kapaliny pod označením MIL-H-5606 (USA), DTD 858 (GB), AIR 320 (Francie) nebo H 515 používaná v NATO.



Hydraulické kapaliny

3) Syntetické kapaliny

- Mají purpurovou barvu, k jejich vývoji vedly především požadavky na:
 - zvýšení bodu vzplanutí, který u tohoto typu kapalin dosahuje hodnoty cca 200°C.
- Patří sem například kapalina MIL-H-83282 nebo Skydrol, vyrobený na bázi fosfáto-esterové.
- Přítomnost par a vody zhoršují vlastnosti kapaliny, dochází k zvýšení opotřebení těsnících prvků, zadírání šoupátek a ventilů, z tohoto důvodu je třeba provádět intenzivní čištění hydraulické kapaliny.



Indikační a výstražné systémy hydraulické soustavy

- Počet informací je závislý na stavu hydraulické soustavy a na jejím typu a složitosti.
- Informace, které v hydraulické soustavě sledujeme, se dají rozdělit podle četnosti snímání na:
 - 1) **Trvale přenášené informace**
 - Kontinuálně podávají informace o stavu soustavy, v jakém se momentálně nachází.
 - 2) **Výstražné informace**
 - O těch je pilot informován při dosažení krajních hodnot možných rozsahů nebo při výskytu poruchy.



Indikační a výstražné systémy hydraulické soustavy


- V hydraulické soustavě sledujeme:
 - **Čerpadla:** Nízký tlak dodávané kapaliny, přehřátí (elektrická čerpadla), stav uzavíracích ventilů, u PTU sledujeme stav uzavíracího ventilu.
 - **Teploty:** Výstraha vysoké teploty v nádrži.
 - **Množství:** Kapaliny ve všech nádržích a v nádrži pro nouzový okruh, indikace nízké hladiny kapaliny v nádržích.
 - **Tlaky:** V jednotlivých nádržích a indikace nízkého stavu, tlaky v pracovních okruzích (brzdy), tlak nouzového systému a indikace nízkého tlaku.



Příloha 3: Hydraulická soustava 3 – Regulace, rozvod tlaku a hydraulická kapalina


Vazby hydraulické soustavy s ostatními systémy

- Hydraulická soustava je úzce propojena s **elektrickou soustavou**.
 - Například v souvislosti s:
 - pohonem čerpadel
 - ovládáním ventilů
 - ovládání zbytku soustavy
 - pro přenos informací
 - Dále je propojena s **pneumatickou soustavou**, která zajišťuje:
 - přetlakování nádrží
 - nouzový pohon čerpadel
 - činnost nouzových okruhů.



Vazby hydraulické soustavy s ostatními systémy

- Elektrické a mechanické systémy slouží jako záložní zdroje hydraulické soustavy.
 - Hydraulická soustava může nouzově pohánět:
 - elektrické zdroje
 - palivová čerpadla
 - jejich tepelná kapacita se používá pro ohřev paliva
 - Zálohování činnosti jednotlivých okruhů je řešeno kombinací hydraulické soustavy s:
 - mechanickým zálohováním
 - elektrickým zálohováním



Příloha 4: Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135



DSA a.s.
ČVUT FD, Ústav letecké dopravy

Hydraulická soustava

Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Poslední aktualizace: 17.5.2016
Verze: 1.0
© Použití pouze se svolením autora.

Hydraulický systém vrtulníku EC 135

- Základní popis hydraulického systému.
- Parametry hydraulického systému.
- Indikační a testovací systém
- Umístění komponentů hydraulické soustavy
- Hydraulická čerpadla
- Hydraulické nádrže
- Blok ventilů
- Hydraulické potrubí
- Schéma hydraulické soustavy

Základní popis hydraulického systému

- Hydraulický systém generuje tlakovou energii, která se je využívá pro řízení:
 - hlavního rotoru
 - zadního rotoru (Fenestronu)
- Hydraulické vedení rozvádí hydraulickou kapalinu k servomotorům.
- Součástí hydraulického systému jsou:
 - dva systémy pro dodávku tlaku
 - indikační a testovací systém

Popis hydraulického systému

- Systém pro dodávku tlaku je zdvojený.
- Jsou to dva identické tlakové systémy:
 - systém 1
 - systém 2
- Tyto systémy pracují nezávisle na sobě.
- Za normálního provozu pracují oba systémy zároveň a generují tlak pro řízení hlavního rotoru.

Popis hydraulického systému

- Systém 2 zároveň generuje tlak pro řízení zadního rotoru.
- V případě, že jeden ze systémů selže, zbývající systém stále dodává tlak k servomotorům hlavního rotoru.
- Pouze v případě, že selže systém 2, pracuje ocasní rotor bez tlaku.
- Selhání systému 1 nemá žádný vliv na ocasní rotor.

Parametry hydraulického systému

Počet systémů pro dodávku tlaku	2
Operační tlak systému	10300 kPa (103 bar, 1500 psi)
Tlak ve zpětné větvi	140-174 kPa (1,4 -1,75 bar, 20-25 psi)
Max. tok systémem	8,1 l/min
Hydraulická kapalina	Specifikace MIL - H - 5606
Maximální kapacita hydraulické kapaliny v systému 1 včetně výkonné jednotky	Cca 1,0 l
Maximální kapacita hydraulické kapaliny v systému 2 včetně výkonné jednotky	Cca 1,2 l

Příloha 4: Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Indikační a testovací systém

- Indikační a testovací systém se používá k monitorování systémů pro dodávku tlaku.
- Indikační systém:
 - monitoruje provozní tlak
 - varuje pilota (V případě, kdy není provozní tlak dostatečný.)
- Varování o selhání systému se zobrazí na CDS nebo CAD.
- Testovací systém slouží k testování správné funkce indikačního systému.
- V indikačním systému je hydraulický tlak přeměněn na elektrický signál.



Funkce indikačního a testovacího systému

- Při poklesu provozního tlaku pod 6 900kPa (69 bar, 1 000 psi) se uzavře tlakový spínač.
- Jako výsledek je zobrazeno varování na CDS nebo CAD.
- Při testování funkce indikačního systému je testován pokles tlaku v systému.
- V provozu se test realizuje pomocí spínače test.
- Pokud systém pracuje správně, je výsledný pokles tlaku zobrazen na monitoru s varováním.



Umístění komponentů hydraulické soustavy

- Komponenty hydraulického systému jsou umístěny na:
 - přední straně hlavní transmisní soustavy
 - v kokpitu
- Dva systémy dodávky tlaku jsou umístěny na vrchu rotorové převodovky.
- Rotorová převodovka je připojena:
 - V přední části na levé straně k hlavní transmisní soustavě.
 - V přední části na pravé straně k hlavní transmisní soustavě.

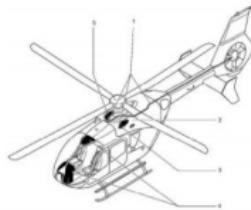


Umístění komponentů hydraulické soustavy

- Servomotor hlavního rotoru je umístěn:
 - Ve středu na přední straně hlavní transmisní soustavy.
- Hydraulické potrubí spojuje:
 - Systém dodávky tlaku se servomotorem hlavního rotoru a servomotorem ocasního rotoru.



Umístění komponentů hydraulické soustavy



hydraulické pumpy (1), hlavní převodovka (2), hydraulický systém (3), indikační a testovací systém (4), hydraulický systém (5)



Umístění komponentů hydraulické soustavy

- Systém 1 je umístěn na levé přední straně, systém 2 je umístěn na pravé přední straně hlavní převodovky.
- Obě hydraulická čerpadla jsou spojena s převodovými skříněmi rotorů.
- Převodové skříně jsou propojeny s náhony hydraulických čerpadel.
- Převodové skříně rotorů jsou umístěny na levé a pravé straně v přední části hlavní převodovky.



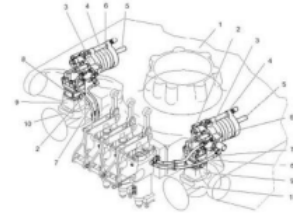
Příloha 4: Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Umístění komponentů hydraulické soustavy

- Dvě nádrže s bloky ventilů jsou připojeny zepředu na jejich hydraulická čerpadla.
- Podpěra je také připojena k hlavní převodovce.
- Na vrchu nádrže je:
 - průzor
 - indikace hladiny (ta je umístěn na zadní straně nádrže)



Umístění komponentů hydraulické soustavy



hlavní převodovka (1), hydraulické potrubí (2), blok ventilů (3), průzor (4), indikace hladiny kapaliny (5), nádrž (6), zpětná větev (7), hydraulické čerpadlo (8), pohon hydraulického čerpadla (9), převodovka rotoru (10)



Funkce hydraulického systému

- V hydraulickém systému je mechanická energie přeměněna v hydraulickou energii k posílení řízení rotoru.
- Tato přeměna se uskutečňuje ve dvou systémech pro dodávku tlaku.
- Indikační a testovací systém se používá k monitorování funkce systémů pro dodávku tlaku.
- Systémy 1 a 2 jsou identické, oba dodávají provozní tlakovou energii servomotorům k řízení rotorů.

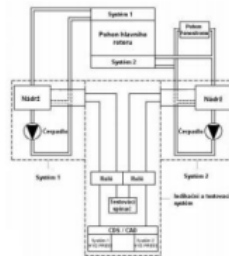


Funkce hydraulického systému

- Systém 2 také dodává tlak k řízení servomotoru ocasního rotoru.
- Hlavní transmisní soustava pohání hydraulická čerpadla, která jsou poháněná připojenou hnací hřídelí.
- Čerpadlo dodává hydraulickou kapalinu z příslušné nádrže přes ventily v bloku ventilů do tlakového potrubí.
- Hydraulická kapalina se vrací zpět do nádrže pomocí zpětného potrubí s nízkým tlakem.



Základní schéma hydraulického systému



Systém dodávky tlaku

- Systém pro dodávku tlaku se skládá ze dvou identických systémů 1 a 2.
- Ty jsou na sobě nezávislé, skladují a dodávají hydraulickou kapalinu s provozním tlakem hydraulickým pohonům.
- Systém se skládá z:
 - hydraulických čerpadel
 - nádrží
 - bloku ventilů
 - hydraulického potrubí



Příloha 4: Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

System dodávky tlaku

- System dodávky tlaku vytváří tlak hydraulické kapaliny, který je nezbytný k pohonu servomotorů.
- Hydraulická čerpadla čerpají hydraulickou kapalinu z nádrží přes sací otvor a dodávají ji do tlakového potrubí přes vstup tlaku.
- Čerpadla zvyšují tlak hydraulické kapaliny na provozní tlak.

Hydraulická čerpadla

- V systému se používají čerpadla s proměnnou dodávkou.
- Dodávají konstantní provozní tlak s použitím naklápěcí desky.
- Naklápěcí deska umožňuje úpravu dodávaného množství hydraulické kapaliny podle potřeby systému.
- Pro chlazení a mazání je použit kontinuální průtok hydraulické kapaliny přes odtokové pouzdro a potrubí zpětné větve.
- V případě úniku je hydraulická kapalina odvedena přes vypouštěcí uzávěr.

Hydraulická čerpadla

- Poznáte na obrázku hydraulické čerpadlo?



Hydraulická čerpadla

Otáčky čerpadla	5145 RPM
Směr otáčení čerpadla	Proti směru hodinových ručiček
Váha čerpadla	1,1 kg (2,4 lb)

Hydraulické nádrže

- V nádržích je uložena hydraulická kapalina.
- Je nezbytné přetlakování nádrže, které je řízené dvojicí pístů v nádrži.
- Provozní tlak působí na menší plochu pístu a větší plocha pístu přetlakuje nádrž.
- Zpětný přetlakový ventil zabraňuje přetížení nádrže.

Hydraulické nádrže

- Zpětný přetlakový ventil se otevře se při:
 - 750 kPa (7,5 bar, 109 psi)
- Umožní tak průchod hydraulické kapaliny přes vypouštěcí uzávěr.
- Průřezem na vrchní části nádrže lze zkontrolovat, zda v systému není vzduch.
- Odvzdušňovací ventil se používá pro odvzdušnění systému.

Příloha 4: Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Hydraulické nádrže

- Kde se na obrázku nachází hydraulická nádrž?



Hydraulické nádrže

Přetlakování nádrže	140-175 kPa (1,4-1,75 bar, 20-25 psi)
Kapacita nádrže	cca 0,8 l
Váha nádrže včetně bloku ventilů	2,5 kg

Blok ventilů

- Ventily pro systém dodávky tlaku a související řízení vedení kapaliny jsou součástí bloku ventilů.
- Zpětný ventil je připojený na zadní straně hydraulického čerpadla a zabraňuje zpětnému průtoku.
- Filtr zabraňuje kontaminaci
- Pojistný ventil zabraňuje přetížení systému, otevře se při:
 - 12 200 kPa (122 bar, 1 800psi) (Způsobí tak pokles tlaku přes zpětnou větev.)

Blok ventilů

- Součástí indikačního a testovacího systému je:
 - elektromagnetický ventil
 - uzavírací ventil
 - tlakový spínač
- Dodání energie elektromagnetickému ventilu způsobí uzavření uzavíracího ventilu a přeruší dodávku tlaku do servomotorů.
- Výsledný pokles tlaku působí na tlakový spínač.

Blok ventilů

- Poznáte na obrázku blok ventilů?



Hydraulické potrubí

- Tlakové větve systémů 1 a 2 vedou z tlakového výstupu na čelní straně bloku ventilů do hlavního rotoru servomotoru.
- Další tlaková větev systému 2 vede do zadního servomotoru k prstencovému ocasnímu rotoru.
- Zpětné větve systémů 1 a 2 vedou od hlavního rotoru servomotoru do zpětného bodu na dolní straně bloku ventilů.
- Další zpětná větev systému 2 vede od servomotoru prstencového ocasního rotoru ke zpětnému bodu.

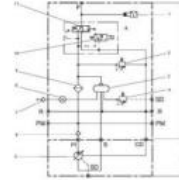
Příloha 4: Hydraulická soustava 4 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Hydraulické potrubí

- Hydraulické potrubí vedoucí k/od Fenestronu.



Schéma hydraulické soustavy



tlakový spínač (1), vysokotlaký pojistný ventil (2), nádrž (3), pojistný ventil (4), hydraulické čerpadlo (5), zpětný ventil (6), odvzdušňovací ventil (7), perforátor (8), filtr (9), elektromagnetický ventil (10), uzavírací ventil (11), výstup tlaku (P1), zpětný bod (R), snímač tlaku (PM), přívod tlaku (PI), sací otvor (S), odlehčovací posuvník (CD), vypouštěcí uzávěť (SD)

Hydraulický agregát



Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135



DSA a.s.

ČVUTFD, Ústav letecké dopravy

Hydraulická soustava

Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Poslední aktualizace: 17.5.2016
Verze: 1.0

© Použití pouze se svolením autora.

Hydraulický systém vrtulníku EC 135

- Indikační a testovací systém.
- Schéma indikačního a testovacího systému.
- Umístění indikačního a testovacího systému.
- Pohon hlavního rotoru.
- Pohon Fenestronu.
- Výměna hydraulické kapaliny.
- Ochrana hydraulického systému před korozi.

Indikační a testovací systém

- Indikační systém varuje piloty v případě, že poklesne tlak v jednom ze systémů pro dodávku tlaku pod:
 - 6900kPa (69 bar, 1000psi).
- Zobrazí se varovné hlášení:
 - HYD PRESS (Na levém displeji pro systém 1 nebo na pravém displeji pro systém 2.)

Indikační a testovací systém

- Součásti testovacího a indikačního systému jsou:
 - tlakový spínač 1 (103DH)
 - tlakový spínač 2 (203DH)
 - elektromagnetický ventil pro systém 1 (102DH)
 - elektromagnetický ventil pro systém 2 (202DH)
 - uzavírací ventil pro systém 1
 - uzavírací ventil pro systém 2
 - testovací spínač HHYD TEST (1DH)
 - jistič HYD-P SYS 1 (100DH)
 - jistič HYD-P SYS 2 (200DH)
 - relé pro systém 1 (101DH)
 - relé pro systém 2 (201DH)
 - displeji CDS (15VE) nebo CAD (25VE).

Indikační a testovací systém

- Indikační systém převádí hydraulický tlak v obou systémech do indikace.
- V případě poklesu tlaku elektrický signál tlakového spínače aktivuje na displeji varování o chybě v systému.
- Při testování indikačního systému se sníží tlak v okruhu přes uzavírací ventil.
- V případě, že systém pracuje správně, vyšle signál o poklesu tlaku.
- Při testu přepneme ovládací přepínač HYD TEST do pozice SYS 2 a výsledné varování:
 - HYD PRESS je zobrazeno na displeji systému 1

Indikační a testovací systém

Ovládání tlakového spínače	
Otevře se, při nárůstu tlaku na	max. 8270 kPa (82,7 bar, 1200 psi)
Uzavře se, při poklesu tlaku na	6900 +/- 340 kPa (690 +/- 3,4 bar, 1000 +/- 50psi)
Napájení	28 V DC

Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Indikační systém

- Každý systém má svůj tlakový spínač a je monitorován tlak v obou systémech.
- Energie je dodávána přes sběrnici PP 10E respektive PP 20E a obvod je chráněn jističí.
- Při zvýšení tlaku v systému na:
 - 8 300 kPa (83 bar, 1 200 psi) tlakový spínač uzavře příslušné relé a bude pod napětím.
- Zde není varovné hlášení.

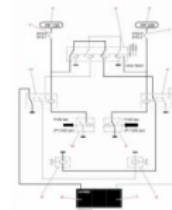
Indikační systém

- Když tlak opět poklesne pod:
 - 6 900 kPa (69 bar, 1 000 psi) otevřou se tlakové spínače a energie k relé není dodávána.
- Varování indikuje na displeji hlášení
 - HYD PRESS příslušného systému, pro systém 1 nebo systém 2.

Testovací systém

- Testovací spínač má tři pozice:
 - NORM (střední pozice, při klasické funkci systému)
 - SYS 1
 - SYS 2
- Pozice SYS 1 a SYS 2 jsou jistěny jisticí pružinou a používány pouze při testování systému.

Schéma indikačního a testovacího systému



jistič (1), sběrnice (2), testovací spínač (3), relé (4,5), tlakový spínač (5,6), elektromagnetický ventil (6,7), displej pro systém 1 (7), displej pro systém 2 (8)

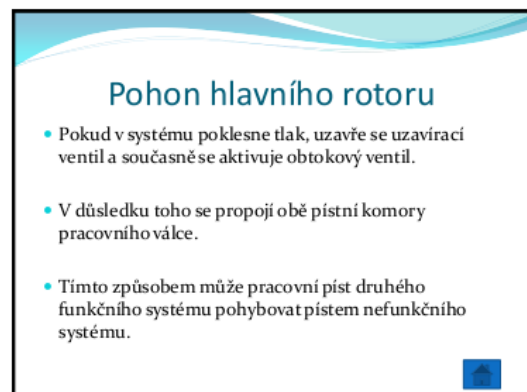
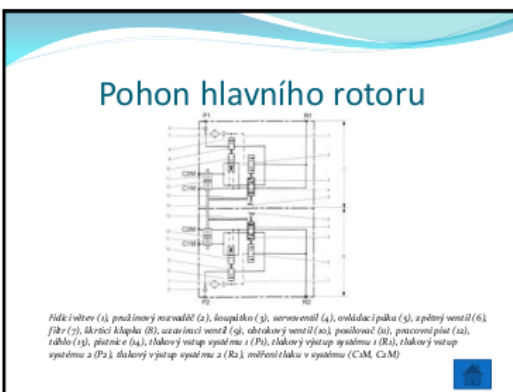
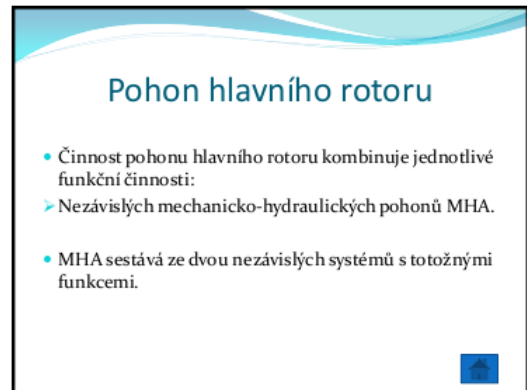
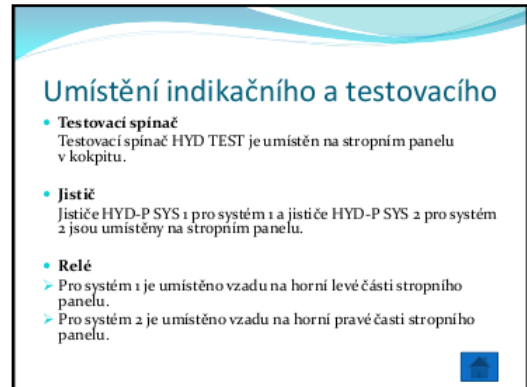
Umístění indikačního a testovacího systému

- Komponenty indikačního a testovacího systému jsou umístěny na obou systémech dodávky tlaku, nacházejí se:
 - na přední straně hlavní převodovky
 - v kokpitu
- **Tlakový spínač**
Tlakový spínač je umístěn na bloku ventilů, který je připojený na přední straně nádrže.
 - Oba systémy mají tlakový spínač.

Umístění indikačního a testovacího systému

- **Elektromagnetický ventil**
Elektromagnetický ventil je umístěn na horní straně bloku ventilů. Oba systémy mají elektromagnetický ventil.
- **Uzavírací ventil**
Uzavírací ventil je součástí bloku ventilů.
- **Displeje systému**
Displeje systému jsou umístěny ve středu palubní desky na přístrojové desce.

Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135



Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Pohon hlavního rotoru

- Pružinový rozvaděč je součástí ovládacích částí servoventilu.
- Pokud se tato ovládací část zablokuje, rozvaděč se posune proti síle pružiny.
- Tím se ovládací větev přímo propojí se zpětnou.
- Jestliže poklesne tlak v ovládací větvi, otevře se uzavírací ventil a obtokový ventil z obou stran pracovního válce.



Pohon hlavního rotoru

- Systém je možné doplnit o 3-osý stabilizačním systémem:
 - SAS - volitelné vybavení
- Ten kontroluje podélné a cyklické pohyby, je vedle MHA systému 1 navíc kontrolováno mechanické ovládání vstupů elektro-hydraulického systému EHA.
- Vzhledem ke společné kontrole vstupních ovládacích pák MHA jsou kontrolní systémy EHA přenášeny i do MHA.



Pohon hlavního rotoru

- Hlavní funkce MHA je shodná s funkcí v základní verzi.
- Navíc k základní verzi je ovládání servoventilu v systému 1 účinnější díky kontrole vstupů SAS pomocí hydraulicky ovládaného válce.
- Pracovní tlak dodávaný systémem 1 je rozveden přes tlakový vstup a elektromagnetický ventil do:
 - ovládací větve
 - tlakové větve



Pohon hlavního rotoru

- Filtr zachycuje hrubé nečistoty a škrtková klapka upravuje průtok uvnitř ovládací větve.
- Tlak v ovládací větvi určuje polohu obtokového ventilu.
- Pokud je obtokový ventil otevřen:
 - Elektro-servoventil ovládá pohyb pístu pracovním tlakem.



Pohon hlavního rotoru

- Pohonný mechanismus rotoru.



Pohon hlavního rotoru

- V případě, kdy je SAS vypnut nebo se objeví pokles tlaku v systému 1:
 - uzavře se obtokový ventil
- Přes obtokový ventil jsou propojeny obě komory v ovládacím válci.
- Pístnice ovládacího válce je vybavena pružinou pro vystředění.
- Pokud je SAS neaktivní nebo dojde k poklesu tlaku, je pístnice zafixovaná v neutrální poloze.



Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Pohon hlavního rotoru

- V tomto případě mohou být vykonány ovládací pokyny pouze pomocí mechanické řídicí páky.
- Čas, než je pístnice zcela vystředěna pružinou, je brzděn:
 - škrtícím ventilem v ovládací větvi.
- Výstup ovládacího pístu se projeví na ovládací cívice vstupu servoventilu přes ovládací páku.
- Řídicí signál a pilotovy signály mohou být přijaty nezávisle:
 - společně
 - jednotlivě

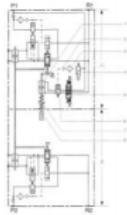


Pohon hlavního rotoru

- Konečný ovládací výstup je vytvořen:
 - z obou těchto vstupních signálů
- V porovnání se základní verzí MHA, je systém 2 větší a zabere více prostoru.
- Indukční snímač pozice je integrován a přenáší pozici ovládacího pístu jako elektrický zpětnovazební signál do SAS počítače.



Pohon hlavního rotoru



ovládací válec (1), škrtící klapka (2), filtr (3), elektromagnetický ventil (4), elektro-servoventil (5), obtokový ventil (6), síťovací pístnice (7), senzor pozice (8), tlakový vstup systému (P1), tlakový výstup systému (R1), tlakový vstup systému 2 (P2), tlakový výstup systému 2 (R2)



Pohon Fenestronu

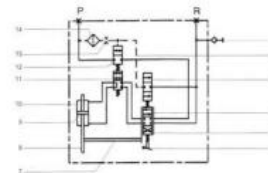
- Pohon Fenestronu je:
 - mechanicko-hydraulický pohon MHA
- S elektromechanickým vstupem spojeným se systémem sledování výchylek.
- Vlastní zařízení pro kontrolu výchylek je umístěno na vstupní ovládací páce.



Pohon Fenestronu



Pohon Fenestronu



odvzdušňovací ventil (1), řídicí válec (2), pružinový uzavírač (3), ovládací komora (4), servoventil (5), ovládací páka (6), řídicí páka (7), pístnice (8), pracovní píst (9), posilovač (10), obtokový ventil (11), uzavírací ventil (12), škrtící klapka (13), filtr (14), vstup tlaku (P), výstup tlaku (R)



Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135



Výměna hydraulické kapaliny

- **Speciální nářadí**
 - L135M2902101 Plnicí jednotka
 - L135M2903101 Odsávací jednotka
- **Postup**
 - 1) Odpojení elektrického systému.
 - 2) Demontáž kapotáže.
 - 3) Doplnění tlakového systému pro dodávku tlaku 1:
 - a) Sledujte plnicí množství.

Výměna hydraulické kapaliny

- a) Připojte plnicí jednotku do RF1 na hlavním pohonném mechanismu rotoru.
- b) Připojte odsávací jednotku na odsávací místo, které se nachází na nádrži systému 1.
- c) Otáčením klikou po směru hodinových ručiček na plnicí jednotce doplňte kapalinu do systému 1, dokud nebude hydraulická kapalina CM 110 unikat z nádrže bez bublin.
- d) Připojte odsávací jednotku na odsávací místo na nádrži systému 1.

Výměna hydraulické kapaliny

- e) Pomocí plnicí jednotky doplňujte dokud nebude na indikátoru hladiny indikován maximální stav.
 - Pokud do nádrže naplníte více tekutiny než je maximální možné množství, vyčerpajte přebytek vypouštěcím potrubím.
- f) Odpojte plnicí jednotku od RF1 na hlavním pohonu rotoru.
- g) Vypuštění přebytečné hydraulické kapaliny systému 1:
 - 1) Připojte odsávací jednotku do odsávacího místa na nádrži.

Výměna hydraulické kapaliny

- 2) Odstaňte průzor na indikátoru hladiny.
- 3) Opatrně zatlačte pístek hladinoměru přibližně o 5mm (0,20 in) do nádrže, abyste odstranili přebývající kapalinu ze systému.
- 4) Po zatlačení pístku se ujistěte, že není vyosený.
- 5) Znovu namontujte průzor.
- 6) Odpojte odsávací jednotku od vypouštěcího místa na nádrži systému 1.

Výměna hydraulické kapaliny

Diagram illustrating the hydraulic system components and their connection points. The diagram shows a rotor hub (1), a filling unit (2), a suction unit (3), and a suction unit (4).

plnicí jednotka (1), odsávací bod (2), pohon Fenestronu (3), odsávací jednotka (4)

Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Výměna hydraulické kapaliny

4) Doplnění tlakového systému 2:

- a) Pokud je nainstalován kryt převodovky pro Fenestron, demontujte jej.
- b) Připojte plnicí jednotku k RF 2 na pohonu hlavního rotoru.
- c) Připojte odsávací jednotku do odsávacího místa na pohonu Fenestronu.
- d) Doplněte systém 2 pootočením spojky plnicí jednotky ve směru hodinových ručiček, dokud nezačne hydraulická kapalina unikat z pohonu Fenestronu, aby se systém odvzdušnil.



Výměna hydraulické kapaliny

e) Odpojte odsávací jednotku od odsávacího místa na pohonu Fenestronu.

f) Připojte odsávací jednotku k odsávacímu místu na nádrži systému 2.

g) Doplněte systém 2 pootočením spojky plnicí jednotky ve směru hodinových ručiček, dokud nezačne hydraulická kapalina unikat z nádrže, aby se systém odvzdušnil.

h) Připojte odsávací jednotku k odsávacímu místu na nádrži systému 2.



Výměna hydraulické kapaliny

- i) Doplněte kapalinu plnicí jednotkou, dokud nebude hladinoměr indikovat :
 - MAX množství.
- Pokud při plnění překročíte maximální množství hydraulické kapaliny, bude přebytečná kapalina odvedena odváděcím potrubím.
- j) Odpojte plnicí jednotku od RF 2 na hlavním pohonu rotoru .



Výměna hydraulické kapaliny

k) Upozornění:

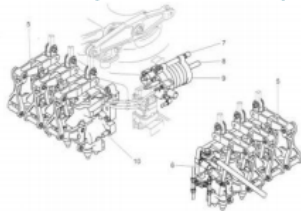
- Jestliže je hydraulický systém přeplněn, je veškerá přebytečná hydraulická kapalina odvedena odváděcím potrubím. Přebytečnou hydraulickou kapalinu je také možné vypustit, dle předšlých kroků, kde je popsáno vypouštění hydraulické kapaliny.

5) Nainstalujte kapotáž.

6) Pokud byl odstraněn kryt převodovky Fenestronu, nainstalujte jej zpět.



Výměna hydraulické kapaliny



pohonný mechanismus rotoru (1), vstup RF (6), odsávací bod (7), indikátor hladiny hydraulické kapaliny (8), nádrž hydraulické kapaliny (9), vstup RF (10)



Ochrana hydraulického systému před korozí

- Před zahájením údržbových prací je nutné demontovat levý i pravý ochranný kryt.
- postup je uveden v části 71-11-00, 4-4.
- Postup
- 1) **Očistěte:**
 - hydraulické čerpadlo
 - blok ventilů
 - elektrické konektory
- Pomocí acetonu CM 203, je nezbytné nechat ho uschnout.



Příloha 5: Hydraulická soustava 5 – Hydraulická soustava vrtulníku EC 135

Ochrana hydraulického systému před korozí

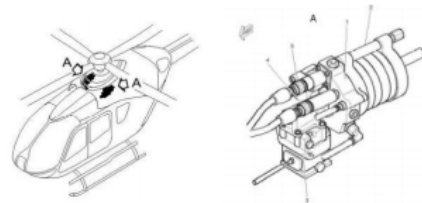
2) Aplikujte ochrannou směs:

- CM 530 na hydraulické čerpadlo, blok ventilů a elektrické konektory.
- Ochranná směs se nesmí aplikovat na průzor.
- Poté se ujistěte, že je celý povrch dokonale pokryt ochrannou směsí CM 530.
- Ochrannou směs je nutné nechat schnout alespoň **jednu hodinu** při minimální teplotě 15°C.

3) Nainstalujte ochranné kryty.



Ochrana hydraulického systému před korozí



blok ventilů (1), průzor (2), hydraulické čerpadlo (3), elektrické konektory (4)

