



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

RYCHLOKOVACÍ VENTIL U KOVACÍCH LISŮ

Antonín Bubák*

Antonín Bubák ml.**

Abstrakt:

Příspěvek se týká návrhu, realizace a výsledků měření rychlokovacího ventilu použitého u nového systému řízení hydraulických lisů určených zejména pro technologii volného kování. Systém spočívá v řízení hlavního pohybu lisu v průběhu kování jen jedním tzv. rychlokovacím ventilem za trvalého připojení zpětných válců k akumulátorům a konstantní dodávky pracovní kapaliny neodlehčovanými hlavními hydrogenerátory. Výsledným efektem je plynulý, bezrázový pohyb lisu s přibližně sinusovým průběhem. V příspěvku jsou dále uvedeny výsledky simulace rychlokovacího ventilu řízeného rychlým proporciálním rozváděčem s využitím simulačního programu DYNAST jakožto výsledky simulace pracovního cyklu lisu při hlazení. Tyto výsledky byly verifikovány výsledky měření provedených na skutečném zařízení v provozních podmínkách.

1. Úvod

U hydraulických lisů, zejména lisů určených pro technologii volného kování, se s výhodou používá moderní systém založený na principu řízení odpadu z lisovních válců při trvalém připojení zpětných válců na akumulátory. Předností tohoto systému je skutečnost, že lis je řízen jen jedním - odpadním rychlokovacím ventilem, přičemž do lisovních válců je trvale dodáváno neodlehčovaným chodem konstantních čerpadel dané množství kapaliny. Systému se využívá zejména pro dokončovací operace rozkovávání a hlazením s frekvencí kovacích zdvihů $2 \div 3$ Hz ($120 \div 180$ zdv./min). Nejdůležitějším hydraulickým prvkem, na kterém je tento systém založen, je právě rychlokovací ventil. Princip řešení ventilu, jeho velikost a statické i dynamické vlastnosti jsou rozhodující pro rychloběžnost celého lisu.

* Ing. Antonín Bubák, ŽĐAS, a.s., Strojírenská 6, 591 71 Žďár nad Sázavou; tel. +420 616 64 3290, email: a_bubak@zdas.cz

** Ing. Antonín Bubák, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, Horská 3, 128 03 Praha 2; tel. +420 2 2199 0919, email: a.bubak@rcmt.cvut.cz

V článku je naznačen postup vývoje ventilu, výsledky měření jeho vlastností v laboratorních podmínkách i měření provedených na skutečném zařízení v provozních podmínkách a jejich porovnání s výsledky simulace v programovém prostředí DYNASTu.

2. Návrh a výpočet ventilu

Jako představitel řady rychlokovacích ventilů byl zvolen ventil světlosti DN 80 určený pro řízení lisu CKW 630 s pracovním tlakem PN 320. Průtok ventilem byl dán praktickými zkušenostmi, které omezují max. tvářecí rychlost $v_T = 120 \text{ mm/s}$ a běžně používanou max. zpětnou rychlost $v_Z = 250 \text{ mm/s}$. Uvážíme-li, že pro hlazení je ideální křivkou závislosti dráhy lisu na čase sinusoida, pak by měla být ve shodě tvářecí a zpětná rychlost. Při zpětném pohybu musí tedy odpadní (rychlokovací) ventil umožnit průtok pracovní kapaliny z lisovního válce odpovídající dodávce čerpadel pro tvářecí rychlost a navíc dodávce odpovídající zpětné rychlosti, tj. průtok $Q = 2v_T S_{Lv}$ (S_{Lv} je plocha lisovního válce). V konkrétním případě CKW 630 je $S_{Lv} = 19,63 \text{ dm}^2$ a $Q = 3000 \text{ l/min}$.

Druhým požadavkem je min. tlaková ztráta na ventilu při tomto průtoku, která přes poměr ploch zatěžuje zpětné válce a snižuje dynamiku chodu lisu. Praktická hodnota $\Delta p_{max} = 0,3 \div 0,4 \text{ MPa}$.

Třetím kritériem návrhu byl požadavek na co možná nejmenší řídicí plochu ventilu, která by umožnila řízení rychlým proporcionálním rozváděčem s lineárním motorem typu PRL1-16 (výrobce HYTOS Vrchlabí). Výhodou tohoto rozváděče je vysoká spolehlivost a životnost, nízké nároky na čistotu oleje (třída 16/13 dle ISO 4406) a oproti klasickým proporcionálním ventilům a servoventilům jeho nízká pořizovací cena. Nevýhodou je omezení jeho velikosti na světlost DN 6 a max. průtok $Q = 38 \text{ l/min}$.

Čtvrtým kritériem byla projektovaná rychloběžnost lisu při hlazení okolo 180 zdv./min , tj. frekvence zdvihu ventilu $f_{min} = 3 \div 3,5 \text{ Hz}$.

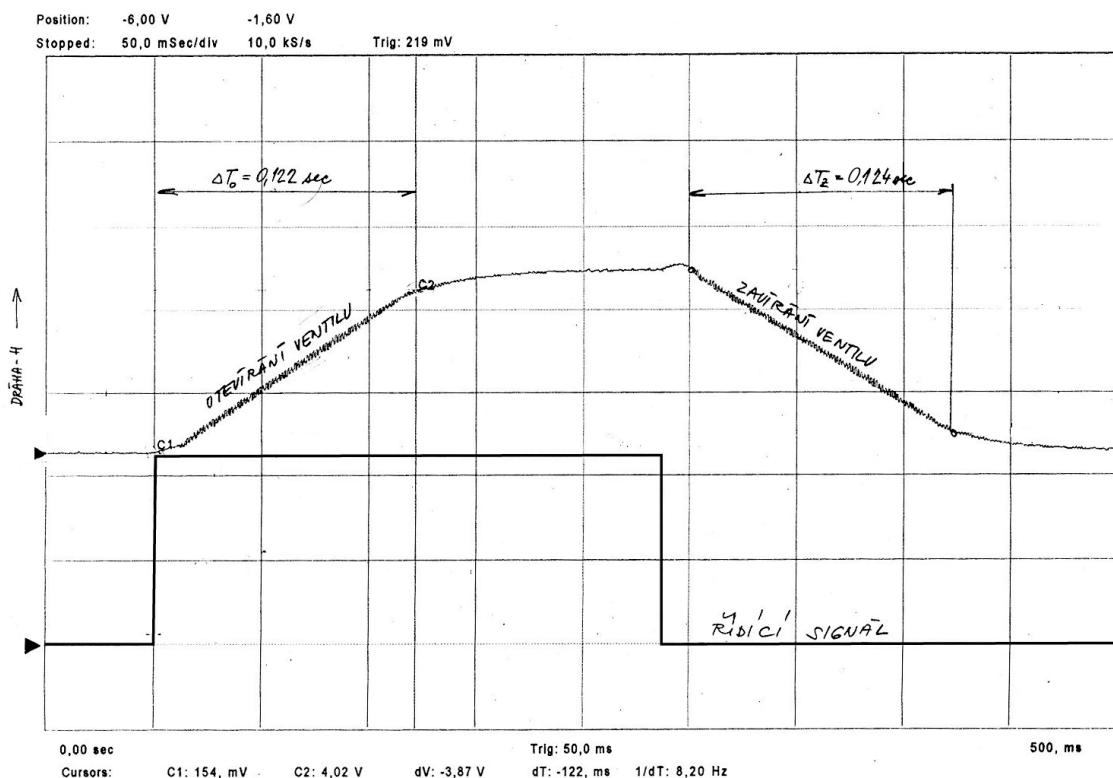
Za základní princip konstrukčního návrhu ventilu byl použit princip trubky se symetricky řízeným mezikružím (obr. 3), který uvedeným kritériím nejlépe vyhovoval. Poté byl ventil vyroben, zkompletován a funkčně odzkoušen na zkušebně ŽĐAS a.s.

3. Měření rychlokovacího ventilu

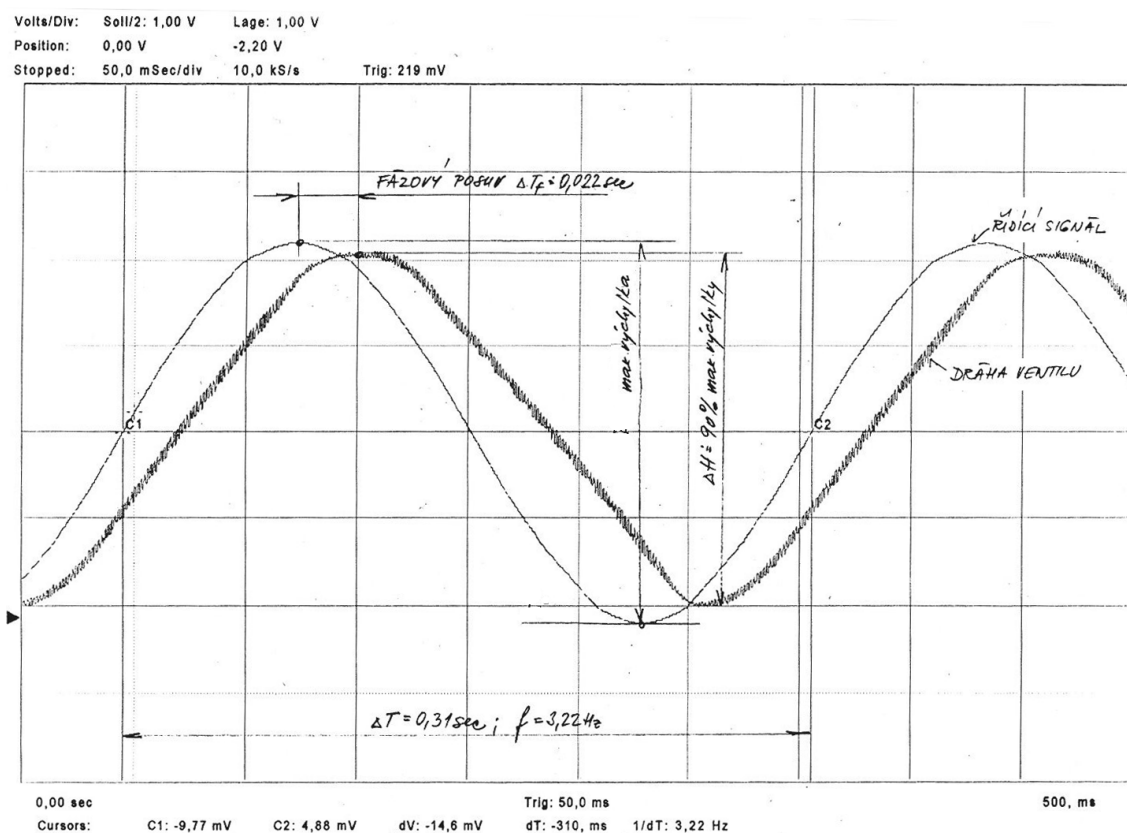
Vlastní měření proběhlo na zkušebně ve firmě HYTOS Vrchlabí. Pro řízení pohybu ventilu byl použit proporcionální rozváděč PRL1-16 s průtokem $Q = 28 \text{ l/min}$ při 250 bar ovládaný polohovou smyčkou s P-regulátorem o zesílení $K_P = 1500 \text{ V/m}$.

Měřením byla získána:

- přechodová charakteristika (odezva ventilu na skokovou změnu žádané polohy) obr. 1
- útlum amplitudy při max. pracovní frekvenci pohybu ventilu $f_{min} = 3 \text{ Hz}$: 1 dB (90% max. zdvihu), viz obr. 2
- vlastní frekvence polohové regulační smyčky ventilu (fázové zpoždění 90°): 8 Hz .



Obr.1: Přechodová charakteristika řídicí polohové regulační smyčky kovacího ventilu DN 80.



Obr.2: Odezva na harmonický průběh žádané polohy s frekvencí 3,22 Hz. (útlum amplitudy činí -1 dB, fázové zpoždění 25°)

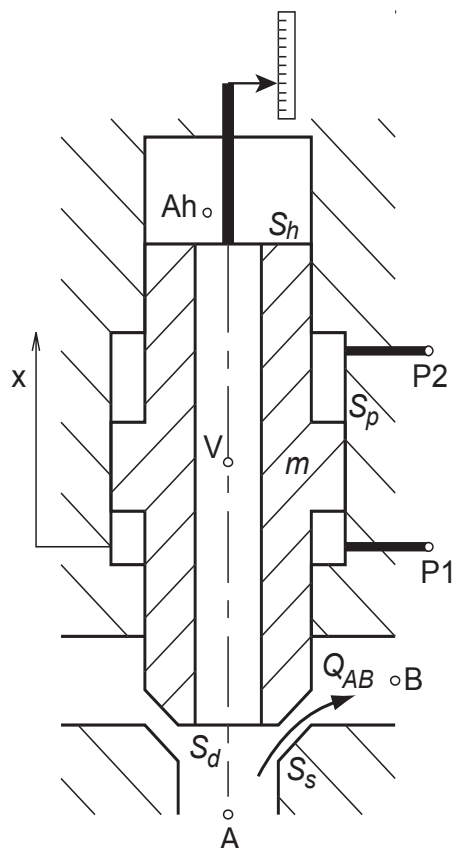
Zkoušky ukázaly, že doba otevírání ventilu činí přibližně 125 ms , což odpovídá rychlosti pohybu ventilu asi $2,4\text{ m/s}$. Další zvýšení rychlosti je možné použitím šoupátka PRL1–20 se zvětšeným průtokem 38 l/min při 250 bar .

Nastavené, poměrně malé, zesílení regulátoru se později při oživování lisu ukázalo jako nedostatečné a bylo zvýšeno na hodnotu $K_P=8000\text{ V/m}$, čímž došlo k výraznému zvýšení propustného pásma ventilu a zrychlení přechodových dějů.

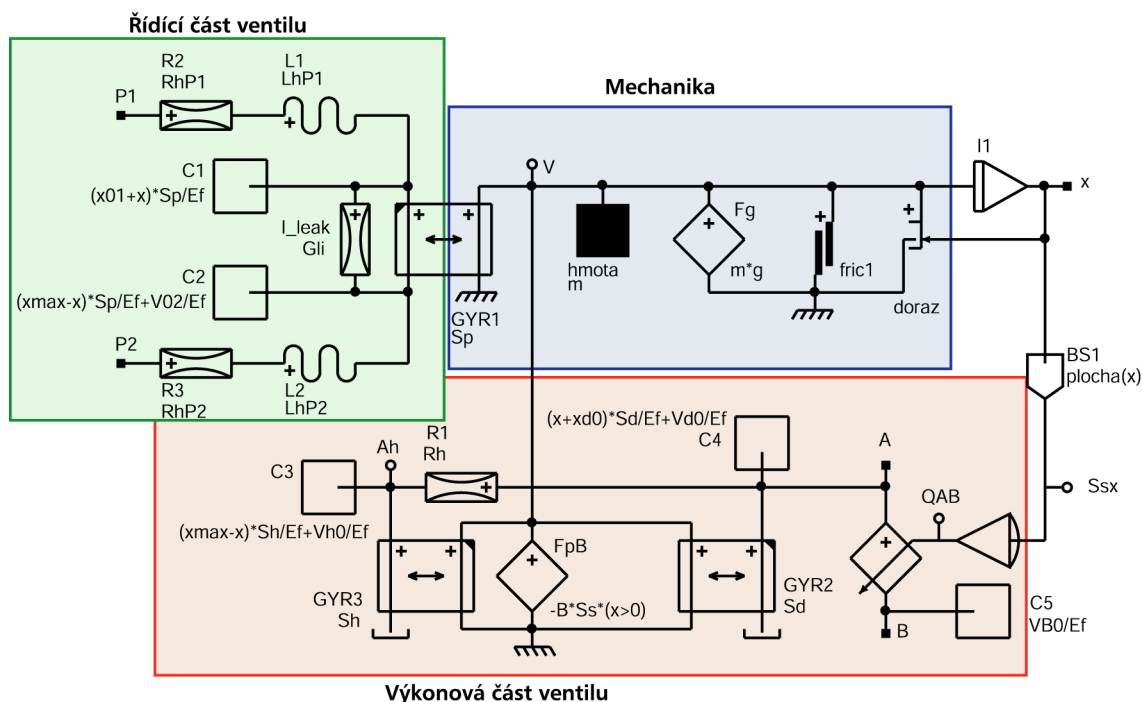
4. Simulace

Pro vytvoření simulačního modelu byl použit program DYNAST, se kterým máme v našem podniku ŽDAS a.s. dlouhodobé zkušenosti. K velkým devízám patří postupně vyvíjená knihovna submodelů hydraulických prvků, které jsou neustále zpřesňovány měřením prováděným na realizovaných hydraulických lisech.

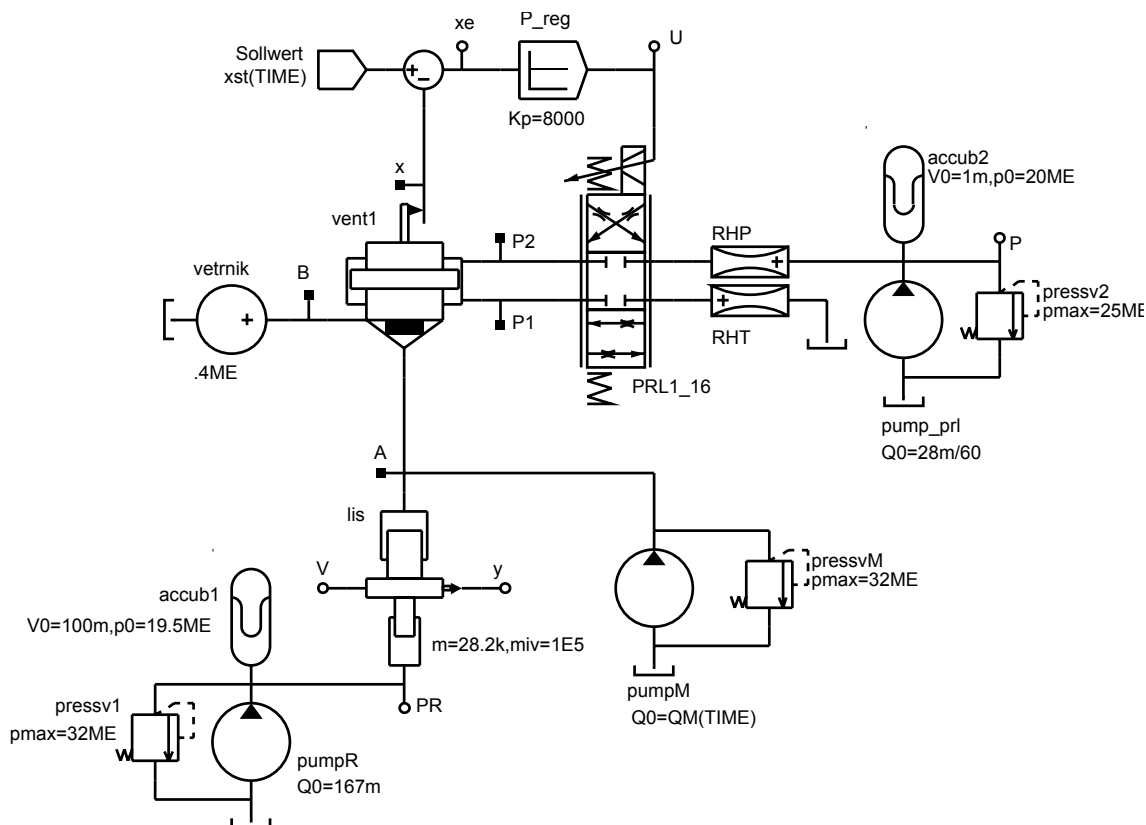
K sestavení podrobného simulačního modelu pohonu lisu bylo přikročeno až po fázi konstrukce ventilu a lisu. Důvodem k sestavení simulačního modelu bylo jeho důkladné odladění, na základě provedených měření, aby mohl být s výhodou využíván při realizacích dalších podobných zakázek a návrhu typové řady kovacíh ventilů.



Obr.3: Funkční schéma rychlokovacího ventilu.



Obr. 4: Simulační model kovacího ventilu v programu DYNAST vytvořený užitím kombinace mnohapólového a blokového modelování.



Obr. 5: Simulační schéma pohonu kovacího lisu CKW 630 v režimu hlazení.

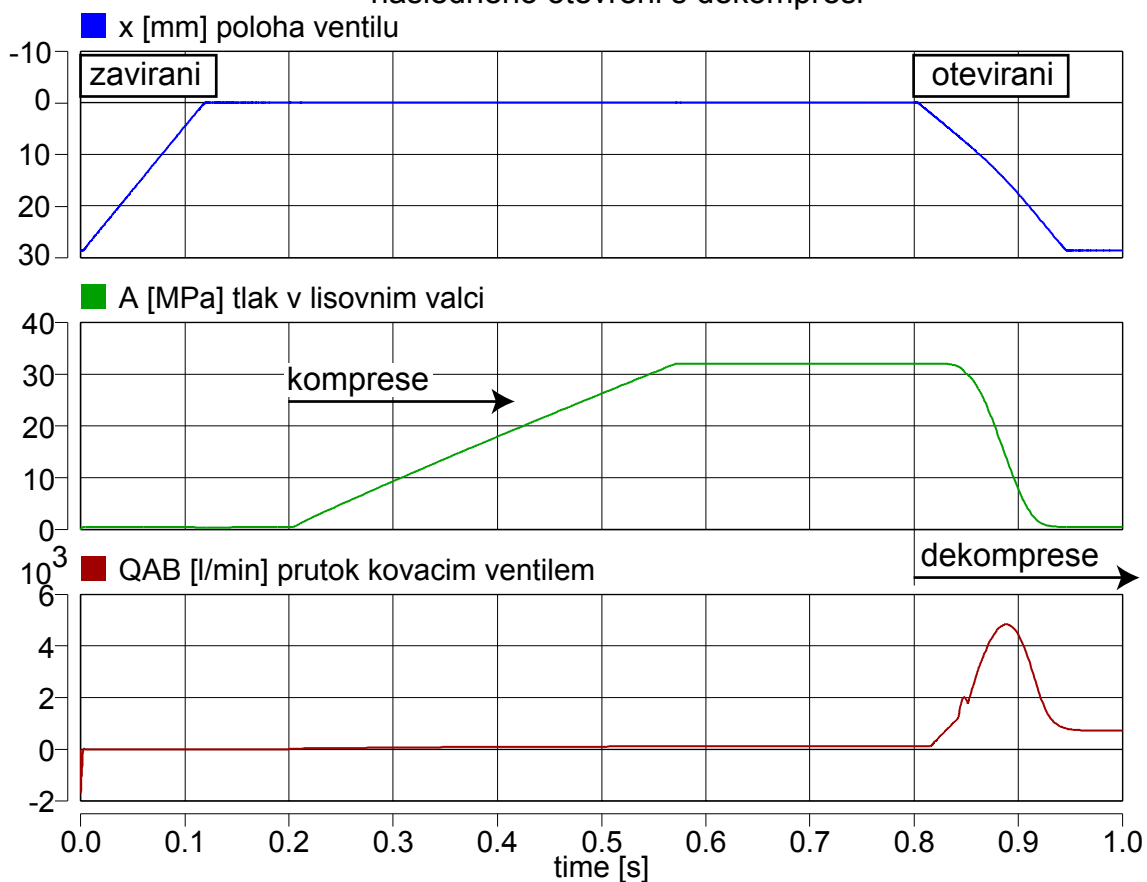
Model rychlokovacího ventilu (obr. 4 a 3) se skládá z řídicí části, ve které se uvažuje s proměnnou hodnotou hydraulické kapacity kapaliny (C_1 , C_2) a odporem (R_2 , R_3) i indukci (L_1 , L_2) v přívodních kanálech (P_1 , P_2). Mechanická část, tj. pohyb kuželky ventilu je charakterizován její hmotností, tíhou, třením a omezením zdvihu. Výkonová část sestává z výpočtu průtočné plochy (BS_1) a následně průtoku sedlem ventilu (Q_{AB}). Ten je počítán z obvyklého vztahu pro místní tlakovou ztrátu ovšem s proměnným výtokovým součinitelem závislým na zdvihu ventilu, neboť konstrukce sedla je taková, že v první fázi otevírání ventilu lze předpokládat laminární proudění. V další fázi pak postupný přechod k proudění turbulentnímu. Průběh výtokového součinitele byl identifikován na základě porovnání výsledků simulace s měřením průběhu tlaku při dekompresi. Dále se opět předpokládá se zdvihem proměnná hydraulická kapacita (C_3 , C_4) v prostoru A i Ah a působení tlaku na sedlo ventilu při jeho otevření (F_{pB}).

Simulační model celého pohonu lisu v režimu hlazení sestavený v programu DYNAST (obr. 5) se skládá z modelu kovacího ventilu (vent1) řízeného rychlým proporciálním rozváděčem (PRL1_16) s polohovou zpětnou vazbou (P_reg). Modely hlavního a zpětných válců, pohyblivá hmota lisu a tíha jsou obsaženy v submodelu lisu (lis), ke kterému je připojeno hlavní čerpadlo (pumpM) a akumulátor obvodu zpětných válců (accub1).

Celý simulační model pohonu lisu sestává z 54 algebro-diferenciálních rovnic. Výpočet simulace kování lisu (obr. 9) trval na počítači s procesorem Intel Pentium III o frekvenci 1,13 GHz 11,43 vteřiny.

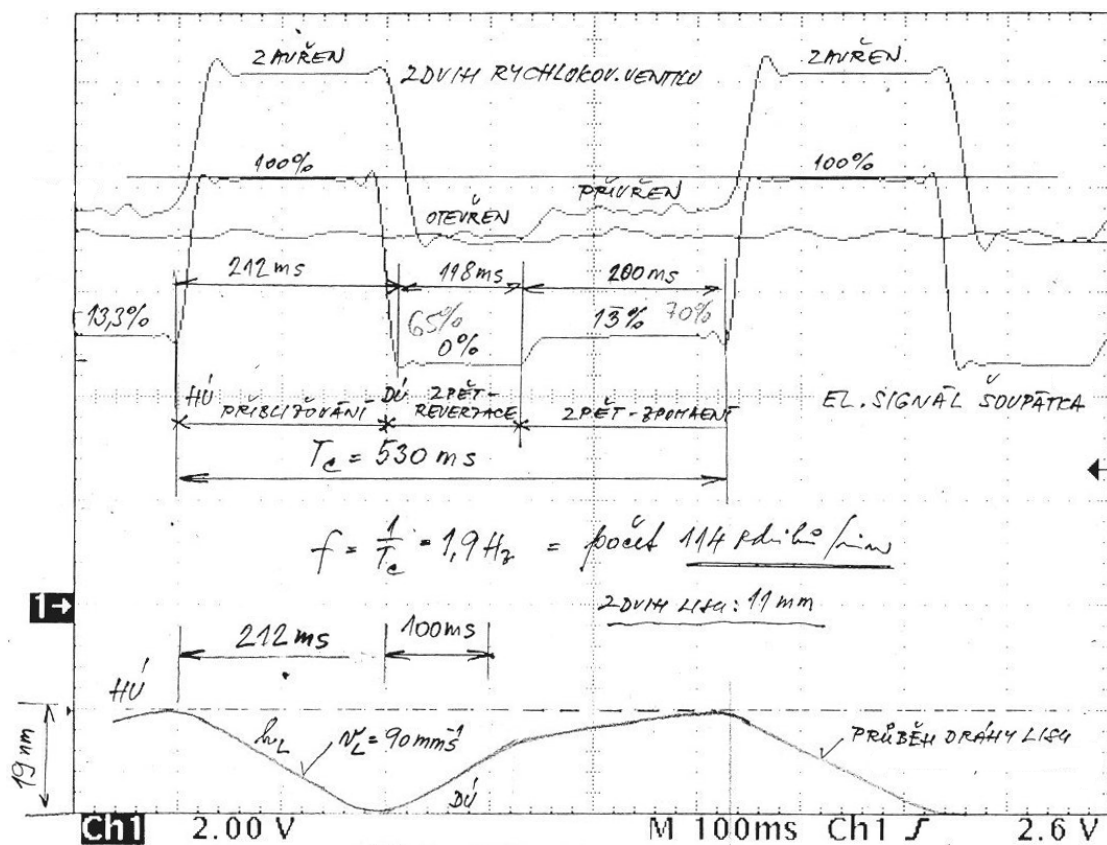
[illegible]

Simulace zavírání rychlokovacího ventilu s kompresí a následného otevření s dekompresí

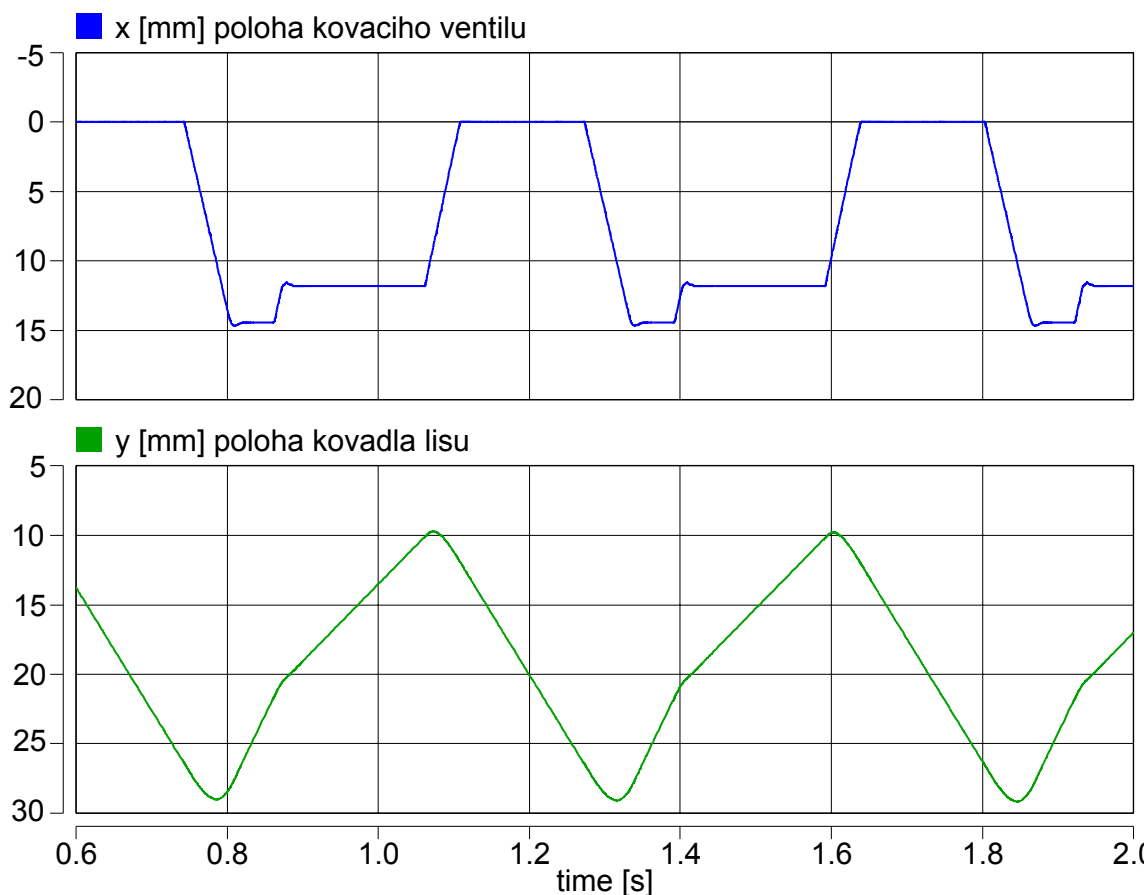


Obr. 7: Výsledky simulace zavírání rychlokovacího ventilu s kompresí a následného otevření s dekompresí

Porovnání výsledků měření časové závislosti zdvihu ventilu a následně zdvihu lisu při režimu hlazení se simulací je na obr. 8 a 9. Během hlazení bylo naměřeno 114 zdv./min , při tvářecí rychlosti 90 mm/s (což je rychlost odpovídající max. dodávce hlavních čerpadel). Z obr. 8 je patrné, že doba trvání dekomprese a následného zpětného pohybu činí $t=118+200=318 \text{ ms}$. Pozdější úpravou časového průběhu zdvihu kovacího ventilu bylo dosaženo frekvence 130 zdv./min . Při tvářecí rychlosti 120 mm/s by se při stejném zdvihu zkrátil tvářecí čas z 212 ms na 158 ms , což dává reálně dosažitelný počet zdvihů větší jak 160 zdv./min .



obr.8: Režim hlazení – výsledky měření (lis CKW 630).



Obr. 9: Režim hlazení - výsledky simulace při kování frekvencí 114 zdv./min.

5. Závěr

V příspěvku je naznačen postup návrhu a realizace pohonu hydraulického lisu na volné kování typu CKW založeném na moderním principu řízení odpadu z lisovních válců rychlokovacím ventilem. Jsou zde uvedeny výsledky měření dynamických vlastností rychlokovacího ventilu a měření při pracovním cyklu kovacího lisu v režimu hlazení. Na základě těchto měření byl odladěn simulační model pohonu sestavený v programu DYNAST, který lze nyní s výhodou využít při návrhu typové řady rychlokovacích ventilů a realizaci dalších zakázek. .

6. Použitá literatura

- [1] Bubák A., Bubák A. ml.: *Simulace obvodů hydraulických pohonů lisů pro volné kování*. 17.mezinárodní konference Hydraulika a pneumatika 2001, Ostrava
- [2] Jílek L., Bubák A.: *Hydraulické pohony kovacích lisů*. Kovárenství 2001