

Ing. Pavel J a n o u š e k , CSc., VÚHU

Ing. František V e v e r k a , VÚHU

Přímé snímání napínací síly na vratné stanice

1.0. Úvod

Pro bezpečný přenos obvodové síly z poháněcího bubnu do dopravního pásu je nutné zabezpečit odpovídající velikost tahu v nabíhající i sbíhající větvi dopravního pásu ve všech provozních i přechodových režimech pásového dopravníku. Nutný tah ve sbíhající větvi pásového dopravníku zajišťuje napínací zařízení. Přesné změření hodnoty napínací síly je měřítkem kvality celého napínacího zařízení. Nepřesné měření má za následek buď nižší hodnotu s následným nebezpečím prokluzu dopravního pásu na poháněcím bubnu, nebo vyšší hodnotu s nebezpečím destrukce strojních prvků pásového dopravníku. V současné době je známá řada systémů snímání velikosti napínací síly. Nejpresnější výsledky dává tak zvané "přímé snímání napínací síly". Dosud nejběžnějším způsobem je přímé snímání napínací síly přímo na napínacím bubnu. Výhodou tohoto způsobu je fakt, že známe velikost hodnoty tahu v dopravním páse v bezprostřední blízkosti poháněcího bubnu. Nevýhodou tohoto způsobu je nutnost přenášet signál z pohyblivého napínacího vozíku po dráze několika metrů.

Způsob přímého snímání napínací síly z vratného bubnu pásového dopravníku odstraňuje nevýhodu výše uvedeného způsobu při zabezpečení dostatečně přesného změření hodnoty tahu v dopravním páse a odvozeně i hodnoty napínací síly.

2.0. Výpočet velikosti napínací síly

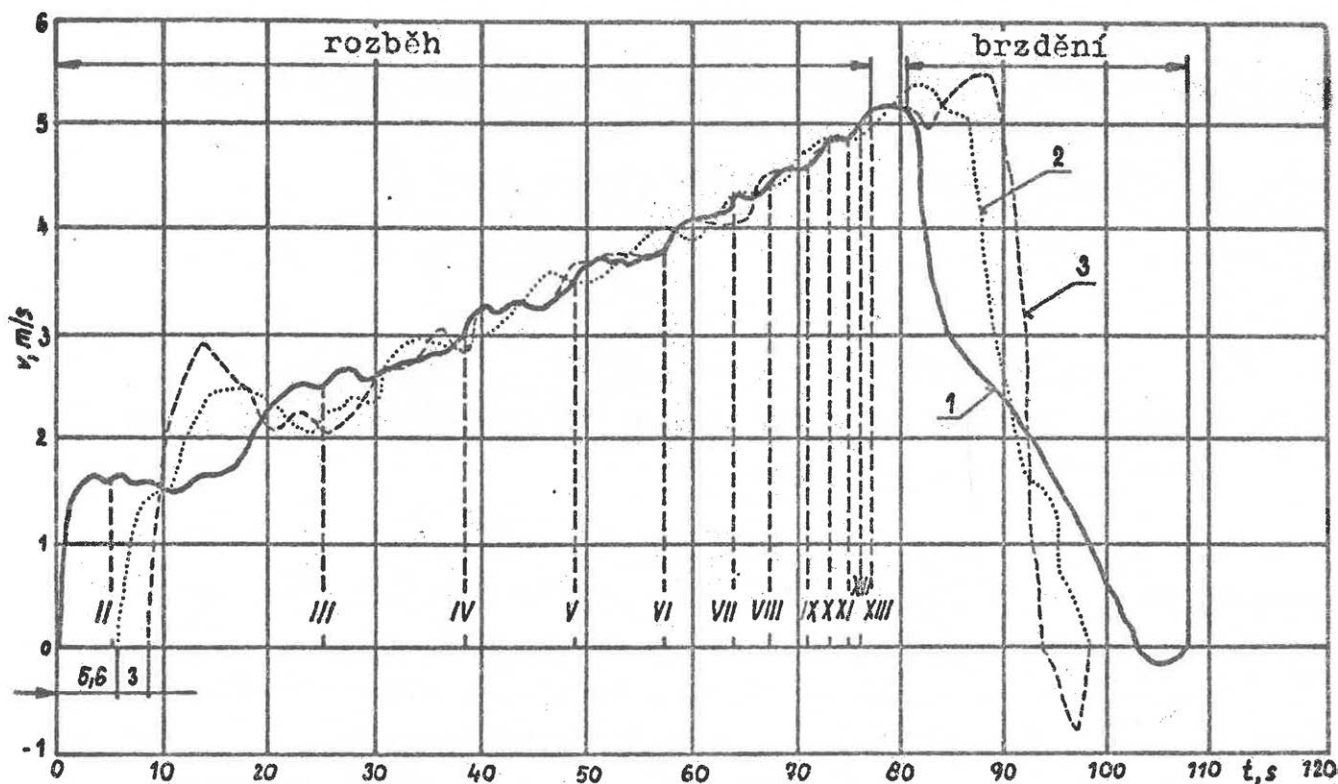
Stávající pásové dopravníky pracují s režimem napínání v automatické, nebo s režimem v debloku. Pásové dopravníky, osazené ocelolankovým dopravním pásem, pracují výhradně s režimem napínání v debloku. Pásové dopravníky s dopravním pásem s textilní kostrou pracují s oběma režimy napínání.

Na obr. 1 je průběh rychlosti dopravního pásu snímáný na poháněcím, vratném a napínacím bubnu v přechodových režimech. Z grafického záznamu je patrný strmý nárůst rychlosti v prvních deseti s rozběhu, ve druhé fázi rozběhu je nárůst relativně rovnoměrný. Z uvedeného průběhu vyplývá, že pro výpočet rychlosti šíření napěťové vlny dopravním pásem můžeme s dostatečnou přesností uvažovat konstantní zrychlení dopravního pásu v druhé fázi rozběhu. Odlišnou hodnotu zrychlení dopravního pásu v první fázi rozběhu (~ 10 s) lze eliminovat předepnutím úměrné velikosti rozdílů obou hodnot zrychlení. Doba oběhu napěťové vlny dopravníkem činila 8,6 s. Odpovídá délce pásového dopravníku ~ 700 m.

2.1. Výpočet velikosti napínací síly v režimu "deblok"

Dopravník, pracující s tímto režimem napínání je předepnut za klidu dopravníku a v dalším průběhu rozběhu i ustáleného chodu nedojde ke změně polohy napínacího vozíku na napínací dráze. Velikost napínací síly musí tudíž zajistit bezpečný přenos obvodových sil z poháněcích bubnů do dopravního pásu při rozběhu. Při ustáleném chodu bude proto dopravní pás předepnut na vyšší hodnotu, než je nutné pro přenos obvodových sil, potřebných pro ustálený chod dopravníku. Velikost napínací síly bude závislá na:

1. maximálním výkonu pohonné jednotky
2. délce dopravníku.



Obr. 1

Rychlost dopravního pásu v místě náběhu na :

- 1 — poháněcí buben
- 2 vratný buben
- 3 ----- napínací buben

V tab. 1 je zpracován výpočet pásového dopravníku, osazeného ocelolankovým pásem kvality St 3150 s osazením pohonů 2 x 630 kW na dolním poháněcím bubnu a 2 x 630 kW na horním poháněcím bubnu. Jmenovitá obvodová síla je $\sum F_{N4} \sim 436$ kN. Pro přehlednost jsou vypočtené hodnoty celkového pohybového odporu uvedeny v jedné tabulce pro různé přepravní výšky. Silně orámovaná část vymezuje hranici možných kombinací délky dopravníku a přepravní výšky.

Ve výpočtu není uvažováno s relaxací napětí v dopravním pá-

se v závislosti na stáří dopravního pásu a klimatických podmínkách. Dále je nutné uvažovat s určitou délkou napínání, potřebnou na základní dopnutí dopravního pásu po montáži.

2.2. Výpočet napínací síly pro dopravník parametrů TC 2 s napínáním pracujícím v automaticce

Stávající poháněcí stanice 1800 PA jsou vybaveny napínáním pomocí lanového vrátku, umožňujícím rychlost pojezdu napínacího vozíku $0,29 \text{ m.s}^{-1}$. Délka napínací dráhy je 16,5 m.

Vzhledem k tomu, že ve výpočtu rychlosti šíření napěťové vlny dopravníkem uvažujeme konstantní hodnotu zrychlení, je nutné provést předepnutí dopravního pásu před rozběhem na hodnotu, která nám eliminuje vliv rozdílné hodnoty zrychlení v prvních 10 s. Ve výpočtu byla zvolena hodnota předepnutí úměrná dráze, kterou napínací vozík ujede za $\sim 5 \text{ s}$, tj. $\sim 1,5 \text{ m}$, což představuje předepnutí o 3 m dopravního pásu. O tuto hodnotu bylo zvětšeno základní předepnutí, zabezpečující bezpečný přenos obvodových sil z poháněcích bubnů do dopravního pásu.

V tab. 2 je proveden výpočet pro pásový dopravník s osazením PS 1800 pohony $4 \times 500 \text{ kW}$. Ve výpočtu uvažovaný dopravní pás typu P 2000, PA 700, 4 vl. má dovolený tah při provozu 360 kN, při rozběhu 597,6 kN. Při použití pohonů $4 \times 500 \text{ kW}$ dojde k překročení dovoleného tahu v dopravním páse v případě, že realizovaný výkon se blíží jmenovité hodnotě. Nominální bezpečnost proti přetržení je při provozu 14, při rozběhu 8,44. Při plně využitých tahových schopnostech pohonů bude při provozu bezpečnost 12,7 a při rozběhu v závislosti na délce dopravníku bude:

L (m)	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
$s_R (-)$	7,97	8	8,03	8,05	8,07	8,1	8,1	8,12

Po rozběhu lze snížit napínací sílu na hodnotu, zajišťující tah $T_2^P \sim 95$ kN pro 2 x 500 kW na dolním poháněcím bubnu, resp. 47,6 kN pro 1 x 500 kW.

2.3. Výpočet tahů v dopravním páse na vratném bubnu

Přímé snímání tahu v dopravním páse v místě vratného bubnu má některé výhody oproti měření tahu v místě napínacího bubnu. Hlavní výhodou je, že vratný buben se při měření pohybuje $\sim 0,32$ m, napínací buben po dráze $\sim 10 - 16$ m a tím odpadá problém s přenosem měřených dat. Další podstatnou výhodou je fakt, že po rozběhu lze vratný buben vrátit do původní polohy a tím snížit tahy v dopravním páse. Posuv 0,32 m vratného bubnu představuje 0,64 m délky dopravního pásu a při délce dopravníku $L \sim 1000$ m, při použití dopravního pásu St 3150 to znamená možnost snížení tahu při provozu o 71,7 kN. Při délce dopravníku $L \sim 1000$ m je nutné zvětšit základní předepnutí o hodnotu $\Delta T \sim 121$ kN. Při provozu postačuje pro přenos obvodových sil z poháněcího bubnu do dopravního pásu zajistit tah $T_2^P \sim 60$ kN (1 x 630 kW dol. poh. buben). Při funkci napínacího zařízení v režimu deblok, je tah $T_2^P = T_2^R = 197,3$ kN. Zpětný posun vratného bubnu po rozběhu nám umožní snížit tah v dopravním páse při provozu o 36 %.

Vypočtené hodnoty tahů T_3^R jsou uvedeny v tabulkách 3 ÷ 6.

Konkrétní provedení předpokládá použití dvou hydraulických válců, upevněných na konstrukci vratné stanice. Kostka, kterou je osa vratného bubnu připevněna k nosníku, se připevní na saně posuvu, uloženého na nosníku vratné stanice. K saním je připojeno oko pístnice a oko válce je připevněno k nosníku vratné stanice. Hydraulické schéma je na obr. 2.

Tabulka 1

L /m/	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Q /th ⁻¹ /	10 000												
T ₂ ^R /kN/	152,6 (2 x 630 kW na dolním poh. bubnu)												
T + T ₂ ^R /kN/	250,6	262,1	273,6	286	297,3	308,5	319,8	331,1	342,3	353,5	364,8	376	387,2
Δ ₂ ¹ /m/	1,79	2,1	2,44	2,81	3,18	3,58	4	4,43	4,89	5,37	5,86	6,38	6,91
(H ~ 10 m) O _c /kN/	222,4	240,4	258,5	276,6	294,6	306,3	330,6	349	366,9	385,1	403,1	421,1	439,1
(H ~ 15 m) O _c /kN/	248,6	266,6	284,7	302,8	320,8	332,5	356,8	375,2	393,1	411,3	429,3	447,3	494,1
(H ~ 20 m) O _c /kN/	274,8	292,8	310,9	392	347	358,7	383	401,4	419,3	437,5	455,5	473,5	491,5
(H ~ 25 m) O _c /kN/	301	319	337,1	355,2	373,2	384,9	409,2	427,6	445,5	463,7	481,7	499,7	517,7

kde: L délka dopravníku /m/

Δ₂¹ změna délky dopravního pásu úměrná předepnutí před rozběhem /m/

O_c celkový pohybový odpor dopravníku /N/

Q dopravní množství /th⁻¹/

ΔT změna tahu v dopravním pásu za dobu oběhu napěťové vlny dopravníkem /kN/

T₂^R tah v dopravním pásu při rozběhu /kN/

Tabulka 2

L (m)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
Q (th ⁻¹)	10 000												
T ₂ ^R (kN)	121,1 (2x500 kW dolní poh. buben)												
ΔT ₅ (kN)	54	45	38,6	33,8	30	27	24,6	22,5	20,8	19,3	18	16,9	15,9
T ₂ ^R + ΔT ₅ (kN)	175,1	166,1	159,7	154,9	151,1	148,1	145,7	143,6	141,9	140,4	139,1	138	137
(H _{0c} ~ 5 m) (kN)	143,5	160,5	177,5	194,5	211,5	228,6	245,6	262,6	279,5	296,6	313,7	330,7	347,8
(H _{0c} ~ 10m) (kN)	169,7	186,7	203,7	220,7	237,7	254,8	271,8	288,8	305,7	322,8	339,9	356,8	374
(H _{0c} ~ 15m) (kN)	195,9	212,9	229,9	246,9	263,9	281	298	315	331,9	349	366,1	383	400,2
(H _{0c} ~ 20m) (kN)	222,1	239,1	256,1	273,1	290,1	307,2	324,2	341,2	358,1	375,2	392,3	409,2	426,4
(H _{0c} ~ 25m) (kN)	248,3	265,3	282,3	299,3	316,3	333,4	350,4	367,4	384,3	401,4	418,5	435,4	452,6
(H _{0c} ~ 30m) (kN)	274,5	291,5	308,5	325,5	342,5	359,6	376,6	393,6	410,5	427,6	447,7	461,6	478,8
(H _{0c} ~ 35m) (kN)	300,7	317,7	333,7	351,7	368,7	385,8	402,8	419,8	436,7	453,8	473,9	487,8	505

AUTOMATIKA													
4 x 500 kW; $Q \sim 10\,000\text{ th}^{-1}$; P 2000; PA 700; 4. v1.													
L (m)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
T_3^R (kN)	185,3	178	173,2	170,1	168	166,8	166,1	165,7	165,8	165,9	166,3	167	167,7

Tabulka 3

DEBLOK													
3 x 500 kW; $Q \sim 10\,000\text{ th}^{-1}$; P 2000; PA 700; 4. v1.													
T_3^R (kN)	125,2	117,9	113,1	110	107,9	106,7	106	105,6	105,7	105,8	106,2	106,9	107,6

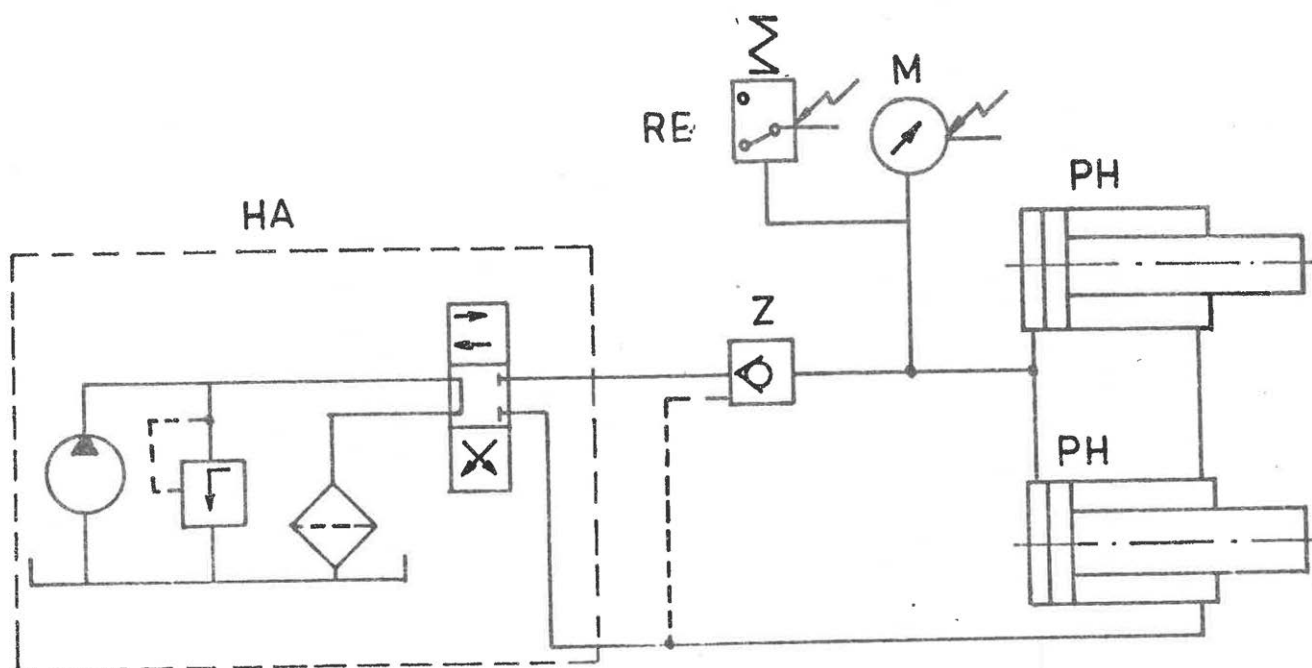
Tabulka 4

	D E B L O K												
	3 x 630 kW; $Q \sim 10\,000\text{ th}^{-1}$; St 3150												
L (m)	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
T_3^R (kN)	195,3	209	222,7	237,4	250,9	263,5	277,8	291,4	304,8	318,3	331,8	345,2	358,6

Tabulka 5

	D E B L O K												
	4 x 630 kW; $Q \sim 10\,000\text{ th}^{-1}$; St 3150												
T_3^R (kN)	271,6	285,3	299	313,7	323,2	339,8	354,1	367,7	381,1	394,6	408,1	421,5	434,9

Tabulka 6



Obr. 2

LEGENDA:

- HA Hydraulický agregát SA3 - 40 - 00 - 30 - 6.271
 PH Přímočarý hydromotor
 Provedení: PA : HV 160/80/250
 St : HV 200/100/320
 Z Hydraulický zámek VJH 1M1
 RE Tlakové relé TR1-10B-1
 M Převodník přetlaku z elektrickým výstupem
 JK 405 114 490 114

3.0 Závěr

Problematika měření napínací síly je předmětem řady prací. Navrhovaný způsob snímání napínací síly co do způsobu snímání je znám a používán u krátkých dopravníků. Umístění hydraulické aparatury na vratnou stanici nám umožňuje využít výhodu relativně přesného stanovení hodnot tlaku v hydraulickém obvodu a odvozeně stanovit tah v dopravním pásu. Navržený způsob výpočtů tahů v dopravním pásu v závislosti na délce dopravníku, typu použitého dopravního pásu, velikosti a počtu instalovaných pohonných jednotek předpokládá znalost rychlosti šíření napěťové vlny dopravníkem ve fázi rozběhu.

Použitý způsob výpočtu rychlosti šíření napěťové vlny plně respektuje vliv rozdílné tahové tuhosti dopravního pásu, vliv rozdílného naložení dopravníku těživem.

Při rozběhu se počítá s konstantním zrychlením dopravního pásu. Odlišná hodnota zrychlení v první fázi rozběhu je eliminována příslušným předepnutím před rozběhem. Hodnota tahu v dopravním pásu v místě vratného bubnu je rozdílná o hodnotu pohybového odporu dolní větve pásového dopravníku oproti tahu na napínacím bubnu. Při snímání tahové síly v dopravním pásu na vratném bubnu nám naměřená hodnota tahu slouží jako cejch pro stávající vyhodnocovací aparaturu VT020/8, ostatní funkce napínacího zařízení zůstávají beze změny. Při provozu napínacího zařízení v režimu "deblok" u dopravníků s ocelolankovým dopravním pásem lze opětovným posunem vratného bubnu snížit tahy po rozběhu na hodnoty tahů, blízkých se provozním hodnotám pro ustálený chod.

S h r n u t í

V článku je předkládáno řešení přímého snímání napínací síly na vratné stanici, respektující používané režimy napínání ve vztahu k velikosti výkonů hlavních pohonů, typům dopravních pásů a rychlosti šíření napěťové vlny dopravníku. Toto řešení např. umožňuje cejchování stávajících vyhodnocovacích aparatur VT 020/8 a snížení trvalého předpětí u St pásů za ustáleného chodu v režimu "deblok".