

Ing. Rudolf S v o b o d a, VÚHU

Pohon pásové dopravy asynchronním motorem s kotvou kroužkovou a indukč-
ním spouštěčem

Výsledky prvních provozních zkoušek nového druhu pohonu pásové dopravy na Velkodole M. Gorkij, SHR v Bílině.

1. Úvod

K pohonu pásových dopravníků dálkové pásové dopravy uhlí a skrývkové zeminy povrchových dolů v severočeském hnědouhelném revíru se v současné době používá skoro výhradně trojfázových asynchronních motorů s kotvou nakrátko spolu s rozběhovými hydraulickými spojkami.

Přesto, že hydraulické spojky byly postupně zdokonalovány, nepodařilo se doposud odstranit všechny jejich nedostatky. Provozní spolehlivost hydraulických spojek stále ještě neuspokojuje všechny náročné provozní požadavky, zejména při extrémních výkyvech venkovní teploty. Při větších mrazech vadí vysoká viskozita oleje, zatím co v letních měsících se olej snadno přehřívá a znehodnotí, není-li zajištěno jeho účinné chlazení. Mnoho provozních poruch vzniká různými netěsnostmi a nečistotami v hydraulickém systému. Údržba tohoto zařízení je poměrně pracná a nákladná, zejména při větším počtu pohonných jednotek a vícebubnových poháněcích stanic. Tento typ pohonu je rovněž méně vhodný pro zvládnutí v automatizaci pásových dopravníků. Pro přesné stanovení poměrů v pohonu je účelnější pevné spojení motoru s poháněcím bubnem. Toho je možno dosáhnout použitím indukčních motorů s kotvou kroužkovou a rotorovým spouštěčem. V zahraničí, například v PLR, NDR a NSR se již po delší dobu používají v obdobných provozních podmínkách trojfázové asynchronní motory s kotvou kroužkovou a rotorovými rozběhovými odpory. Tento druh pohonu se provozně osvědčil.

V ČSSR se pracuje v současné době na prvozně jednodušší a prog-

resivnější koncepci, a to na pohonu s kroužkovým motorem a indukčním spouštěčem v rotorovém obvodu (obdobný pohon je používán i v PLR). Tento typ spouštěče nahradí z převážné části rozměrné a těžké rozběhové odpory, včetně potřebných spínacích přístrojů.

Na základě předběžných propočtů, provedených nár. pod. ČKD Praha a EZ Praha byly vyrobeny dvě kompletní pohonné jednotky s motory o výkonu 500 kW. Tyto jednotky byly pak koncem roku 1971 namontovány za účelem vyzkoušení a proměření na poháněcí stanici nově postaveného pásového dopravníku č. 156, umístěného v prostoru výsypky Radovesice VMG.

2. Vývoj zařízení a jeho technická data

Jako podklad pro výrobu uvedených pohonných jednotek sloužily výsledky teoretických výpočtů pro zadaný pásový dopravník o šíři 1600 mm, délky 702 m, s rychlostí pásu 5 m/s. Výpočty byly částečně kontrolovány měřeními výkonové souhlasných hnacích motorů pásových dopravníků šíře 1600 a 2000 mm. K původnímu návrhu technického řešení byly připomínky k vysokému proudu nakrátko (I_k) motoru u vypočteného pohonu, který při spouštění měl dosáhnout 7,6 násobku jmenovitého proudu (I_n) motoru a trvat prakticky na této výši po celou dobu rozběhu motoru. S tímto byl spojen vysoký úbytek napětí ($\Delta U = 13\%$) stávající napájecí soustavy. Připomínky byly projednány s konstruktéry motorů (MEZ Brno - závod Drásov) a spouštěčů (ČKD Praha). Bylo rozhodnuto, že parametry spouštěcí tlumivky nebudou měněny a bude upraven kroužkový motor. Konstruktér motoru MEZ Drásov musel při návrhu uvažovat s podmínkami pro jeho provoz na pásovém dopravníku. Aby bylo možné použít stávající síť s podružnými transformovny 35/6 KV a transformátorem o výkonu 4 MVA, bylo nutno snížit vlastní proud nakrátko motoru na hodnotu maximálně 5,5 násobek jmenovitého proudu. Při návrhu sběrného ústrojí (kroužků a kartáčové soupravy) se muselo počítat se zvětšeným spouštěcím proudem, daným indukčním spouštěčem (paralelně spojeným odporem a reaktorem).

Uvažovalo se s většími dynamickými účinky proudu při spouštění motoru a předpokládalo časté spouštění s délkou rozběhu až 60 s. Při tom musely být zachovány původní rozměry motoru s ohledem na konstrukci

rámu pohonu pásového dopravníku.

S ohledem na výše uvedené podmínky a připomínky byly navrženy na motoru následující úpravy:

- a) pro snížení původního proudu nakrátko ze 7,6 na 5,5 násobek jmenovitého statorového proudu I_n byl snížen počet drážek statoru a zvětšena jejich hloubka. Zvětšila se tím drážková reaktance a reaktance diferenčního rozptylu. Podobná úprava se provedla i na rotoru motoru. Zmenšením počtu drážek rotoru se částečně zvýšil rotorový proud z původních 355 A na 440 A;
- b) pro větší spouštěcí proud bylo navrženo svařovat rotorové vodiče ve spojkách na tvrdo. Sběrací ústrojí osadit větším počtem nových druhů kartáčů jakosti O - 67 (první motor) a C G 75 (druhý motor). Těmto druhům kartáčů nevádí krátkodobé proudové přetížení při rozběhu motoru.
- c) pro zamezení nepříznivých účinků dynamických sil déletrvajícího většího spouštěcího proudu bylo statorové i rotorové vinutí zpevněno vázáním, bandážováním a vícenásobnou impregnací.

Pro pohon pásového dopravníku č. 156 byly dodány 2 kroužkové motory typově označené KT 243-4 speciál, upravené pro rozběh tlumivkou s následujícími daty:

výkon motoru	500 kW
jmenovité napětí	6000 V, 50 Hz
jmenovité otáčky	1486 ot/min
jmenovitý proud statoru	$I_n = 58,5$ A
proud naprázdno	$I_o = 15$ A
proud nakrátko	$I_k = 314$ A
(bez spouštění tlumivky)	
jmenovitý skluz	$s_n = 0,9$ %
skluz při M_{max}	$s_{max} = 4$ %

jmenovitý moment	$M_n = 327 \text{ kpm}$
maximální moment	$M_{\max} = 2,5 M_n$
záběhový moment $M_z = M_k = 0,5 M_n$ (bez spouštění tlumivky)	
rotorové napětí	$U_2 = 725 \text{ V}$
rotorový proud	$I_2 = 440 \text{ A}$
účinník	$\cos \varphi = 0,89$
účinnost	$\eta = 92,5 \%$

$$G D^2 = 250 \text{ kpm}^2$$

Každému motoru příslušel vlastní spouštěcí reaktor, třífázový, vzduchový, se dvěma odbočkami $\pm 10 \%$ a hliníkovým vinutím.

Technické údaje reaktoru:

reaktance fázová	$0,09 - 0,1 - 0,11 \Omega$
proud trvalý	350 A
proud spouštěcí	$(60 \text{ s}) 2500 \text{ A}$
isolační napětí	$6000 \text{ V}, 50 \text{ Hz}$

K reaktoru byl paralelně připojen třífázový přidavný odpor $0,6 \Omega$ s odbočkami $0,08 - 0,1 - 0,12 - 0,4 - 0,5 - 0,6 \Omega$. V části $0 - 0,12 \Omega$ je dimensován pro trvalý proud 100 A a 1400 A po dobu 60 s , v části $0,12 - 0,6 \Omega$ je dimensován pro trvalý proud 50 A a 350 A po dobu 60 s .

Odbočky na reaktoru a přidavném odporu sloužily pro možnost volby vhodného průběhu momentové charakteristiky motoru během provozních zkoušek. Pro změnu průběhu charakteristiky jsou k dispozici tři způsoby:

- změna odporu při stejné reaktanci
- změna reaktance při stejném odporu
- změna reaktance i odporu

3. Zkoušky pohonů a provedená měření

Poslední dodávky pro kompletaci pohonů byly uskutečněny v roce 1971 a jejich montáž na pásový dopravník č. 156 dokončili montéři TRH Chrudim koncem roku 1971. Původní 3 pohonné jednotky s motory o výkonu 400 kW s kotvou nakrátko byly dočasně demontovány a nahrazeny pro účel zkoušek dvěma pokusnými jednotkami o výkonu po 500 kW. Provozní zkoušky pohonů byly zahájeny 13.1.1972. Hlavní části zkoušek ve dnech 17. a 18.1.1972 se zúčastnili zástupci vedení dolu M. Gorkij, n.p. Transporta Chrudim, EZ Praha, Báňských projektů a VÚHU Most.

Uvedený pásový dopravník, nově postavený, nebyl ještě před zkouškami zařazen do provozní linky.

Provozní zkoušky pohonů se konaly za poměrně nepříznivých povětrnostních podmínek - venkovní teplota se pohybovala okolo -10°C . Pásový dopravník délky 655 m, šíře pásu 1600 mm byl po tříletém klidu spouštěn bez materiálu. Před tím byly též měřeny jednotlivé motory (M1, M2) odpojené od strojního zařízení. Při hlavní části zkoušek ve dnech 17. a 18.1.1972 měřili pracovníci n.p. EZ Praha následující veličiny:

- a) proudy motorů horního pohonu M1 a dolního pohonu M2
- b) průběh otáček motorů M1, M2
- c) úbytek napětí na přívodním kabelu 6 kV.

Během provozních zkoušek pohonů bylo nutno zvýšit záběrový moment motorů přepnutím odboček rotorových odporů, aby vlastní rozběh dopravníku byl plynulejší a kratší. U motoru M1 byl snížen rotorový odpor z původní hodnoty $0,6\Omega$ na $0,1\Omega$; u motoru M2 vyhovoval nejlépe odpor $0,08\Omega$. U rotorových tlumivek obou motorů byla ponechána při všech měřeních hodnota reaktance $0,10\Omega$. Po uvedených úpravách v rotorových obvodech motorů se doba rozběhu prázdného dopravníku snížila a pohybovala v rozmezí 15 - 20 s.

Měření provedená pracovníky n.p. EZ Praha byla doplněna dalším měřením, provedeným VÚHU Most, protože pokusné poháněcí jednotky měly být vzápětí po zkouškách demontovány, aby pásový dopravník byl včas u-

veden do původního stavu a mohlo být uskutečněno předací řízení mezi TRA a investorem. Při komplexním měření ve dnech 25. a 26.1.1972 se uskutečnilo dalších 9 pokusných rozběhů dopravníku, při čemž se registrovaly následující veličiny:

- a) proudy motorů M1, M2 (A)
- b) příkony motorů M1, M2 (kW)
- c) otáčky motorů M1, M2 (ot/min)
- d) rychlosti pásu na poháněcí stanici u horního a dolního pohonu (m/s)
- e) rychlost pásu na vratné stanici (m/s)
- f) napínací síla na poháněcí stanici.

4. Výsledky měření

Pásový dopravník č. 156 neměl návaznost na linku pásových dopravníků a neměl ani možnost založit materiál skřívky. Byl proto uskutečněn pouze provoz naprázdno a měřením pohonů potvrzen výpočet TRA Chrudim, že 2 motory po 500 kW zkušebních pohonů výkonově nepostačí pro provoz zatíženého dopravníku s materiálem. Pro provoz pásového dopravníku naprázdno bylo zapotřebí výkonu 480 až 520 kW.

U všech provedených spouštění pohonů nepřesáhl záběrový proud 3,5 násobek jmenovitého proudu a pozvolna klesal, případně byl konstantní během rozběhu. Průběh proudového zatížení motorů M1 a M2 byl poměrně vyrovnaný (téměř shodný). Menší rozdíly byly patrné jen během rozběhové špičky, a to maximálně 15 A (viz příl. č. 1).

Činné příkony motorů dosahovaly během pokusných rozběhů u motoru M1 - 880 kW, u motoru M2 - 840 kW, při čemž byla naměřena dvě maxima. Prvé bylo bezprostředně po zapnutí motorů, shodné s proudovou špičkou, druhé pak těsně před dosažením jmenovité rychlosti motorů, kdy proud počal rychleji klesat. Lze předpokládat, že toto druhé maximum příkonu vzniklo vzrůstem účinníku motoru, resp. že souvisí s momentem zvratu motoru. Tento předpoklad je nutno ověřit při dalších zkouškách pohonným měřením jalového příkonu nebo měřením i průběhu momentu na zkušebně.

Průběh rychlosti dopravníku a vliv napínací síly

Mimo rozběhů, které byly provedeny při nedostatečné napínací síle a kdy se vyskytovaly prokluzu u dolní pohonné jednotky, byly ostatní rozběhy plynulé. Při malé napínací síle se projevovaly na pohonech účinky podélných kmitů, tj. přibrzdování a urychlování hnacích bubnů daleko výrazněji, než při silách vyšších. Nejpriznivější průběhy zrychlení byly naměřeny při počáteční napínací síle okolo 10 Mp. V počáteční fázi, kdy motor rozbíhá pás a v konečné fázi rozběhu, kdy motor dosahuje maximální hodnoty momentu (moment zvratu) jsou patrna v záznamu otáčkové charakteristiky největší zrychlení. Toto je zřejmě důsledkem momentové charakteristiky zkoušených pohonů, které mají zatím pevně nastavené hodnoty indukčnosti a odporů. V dohledné době se proto uvažuje použít u pohonů s indukčním spouštěčem řízené tlumivky se železným jádrem, tzv. transduktory, které budou moci plnit i náročnější požadavky kladené na pohony v rámci automatizace, tj. hlavně řízení rozběhu a vzájemně rovnoměrného zatížení pohonných jednotek.

Pro názornost jsou v přílohách č. 1 a 2 uvedeny záznamy měřených veličin u jednoho rozběhu pásového dopravníku. Podrobné výsledky všech provedených měření jsou uvedeny ve zprávách uvedených v seznamu literatury na konci článku.

5. Závěr

První zkoušky elektrických pohonů s indukčním spouštěčem naznačují správnost nastoupené cesty k novému progresivnímu druhu pohonu u dálkové pásové dopravy na povrchových dolech. Tento pohon je poměrně jednoduchého provedení, nevyžaduje velké obsluhy a dává proto předpoklad velmi nízké poruchovosti. V porovnání s dosavadním druhem pohonu - motory s kotvou nakrátko a hydraulickými rozběhovými spojkami - je při rozběhu nižší proudová špička, zhruba jen 3,5 násobek jmenovitého proudu motorů. Proto lze spínat i několik motorů současně, čímž vznikne časová úspora při rozběhu jednoho dopravníku pro případ dvou pohonných jednotek cca 30 vteřin, u čtyř pohonných jednotek již okolo 55 vteřin.

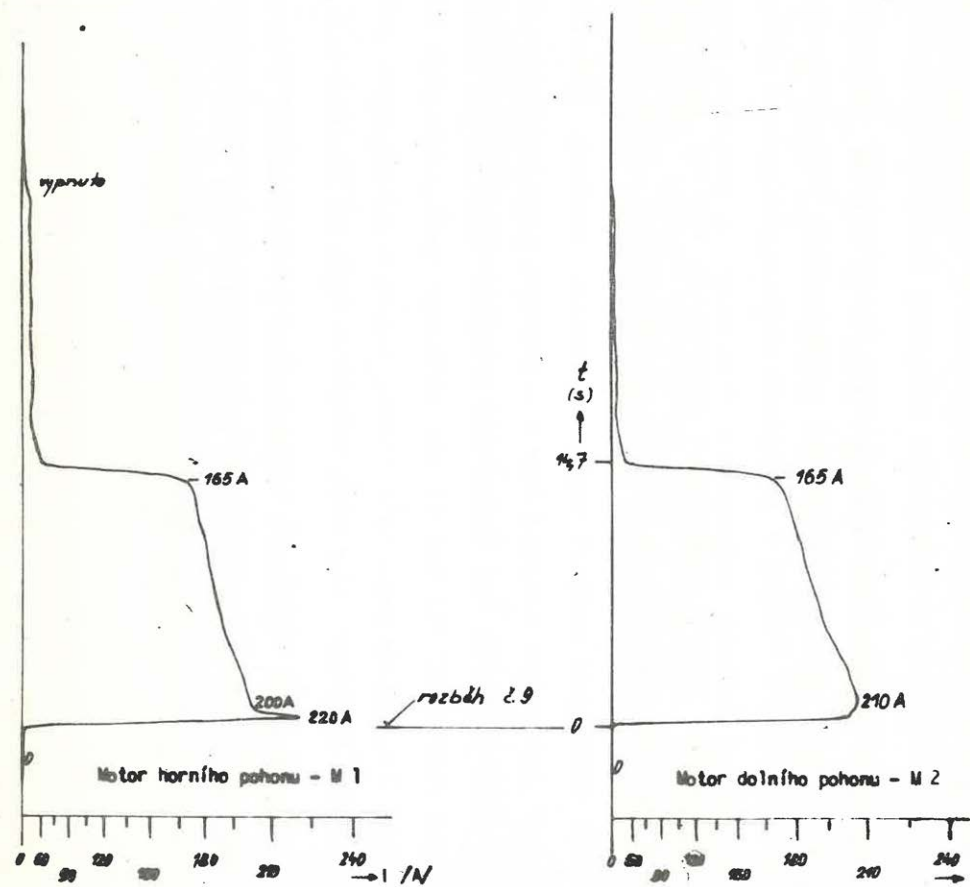
Na základě prvních úspěšně provedených zkoušek se připravuje dlouhodobé provozní odzkoušení těchto pohonných jednotek na vhodném pásovém dopravníku v provozní lince dopravy skryvkového materiálu na dole Maxim Gorkij v Bílině.

Literatura:

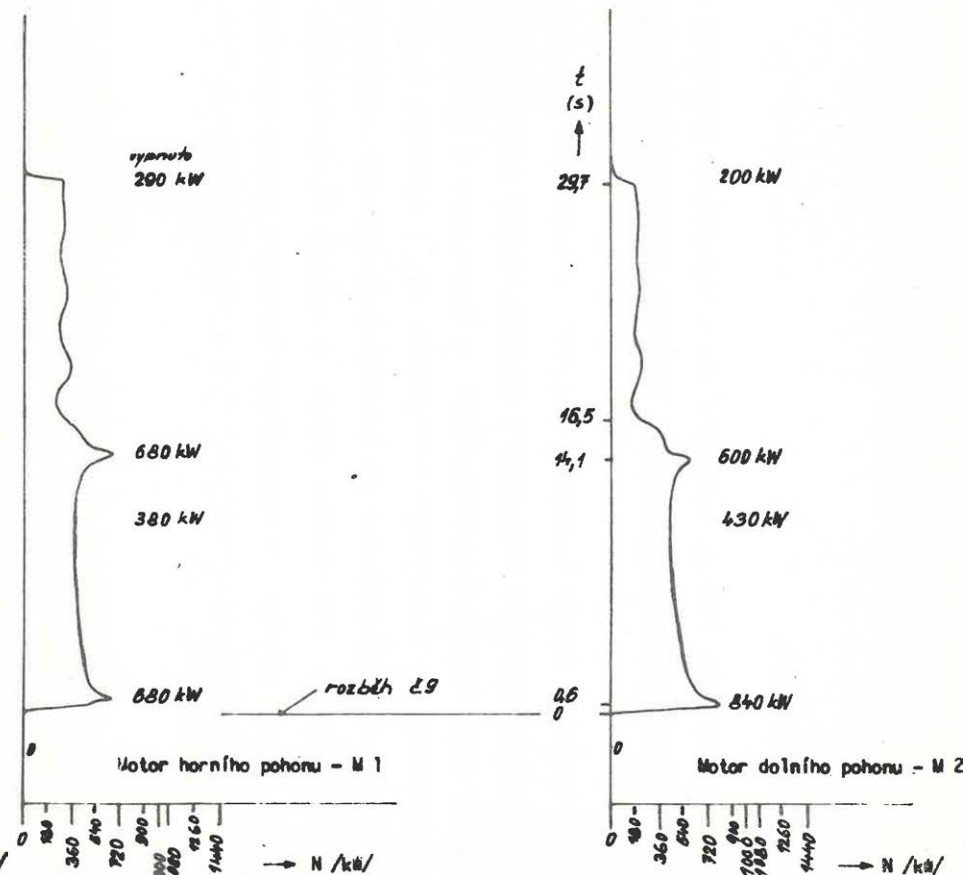
1. Zpráva EZ Praha č. 7123 "Pohon pásové dopravy kroužkovým motorem s indukčním spouštěčem" ze dne 30.12.1969 (technické řešení nasazení pohonu)
2. Zpráva EZ Praha č. 7152 "Pohon pásové dopravy kroužkovým motorem s indukčním spouštěčem" ze dne 31.3.1972 (měření, vyhodnocení a závěrečná zpráva)
3. Zpráva VÚHU Most "Výsledky prvních provozních měření na trojfázových asynchronních motorech s kotvou kroužkovou a rozběhovou tlumivkou, zasazených pokusně na poháněcí stanici pásového dopravníku čís. 156 na Velkodole Maxim Gorkij, SHR v Bílině" z března 1972.

WIFI: VUHU Most

Posuv registrační pásky: $12.000 \text{ mm/h} = 3,33 \text{ mm/s}$



Proudy
K = 300



Příkony
K = 3600

Měření na pásovém dopravníku P 156 velkodu Maxim Gorkij - SRR

Pohon dvěma kroužkovými motory s indukčním spouštěčem - rozběhovou tlumivkou

Datum měření: 26. 1. 1972

Měřil: VÚHU Most

