

Měření výkonů motorů pomocí mobilního dynamometru AW NEB 400

Mnoho uživatelů zemědělských traktorů má pochybnosti o výkonu jejich motoru. Často mají pocit, že motor má nedostatečný výkon nebo že vykazuje příliš vysokou spotřebu paliva. Jednou z možností, jak ověřit skutečný technický stav motoru, je změření jeho výkonu a spotřeby paliva pomocí výkonového dynamometru.

Hodnocení technického stavu traktorového motoru měřením jeho výkonu a spotřeby

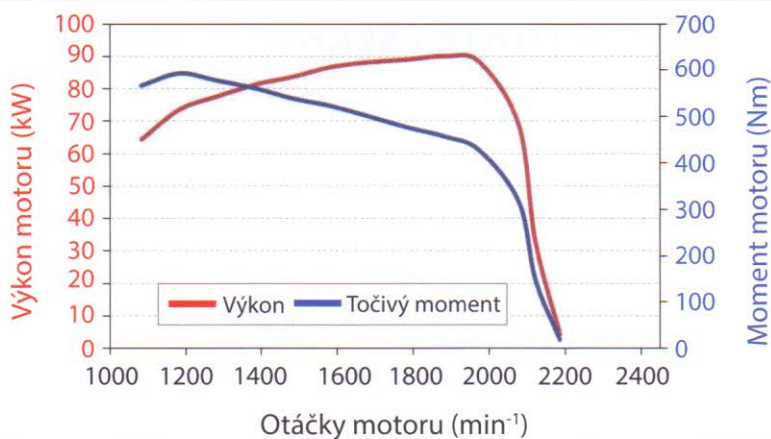
Výkon motoru, jeho točivý moment a spotřeba paliva patří mezi nejsledovanější parametry každého motoru a podávají souhrnnou informaci o jeho technickém stavu. Většina závad spalovacího motoru se projeví snížením výkonu motoru nebo zvýšením jeho spotřeby paliva. Měření výkonu a spotřeby paliva pouze při jmenovitých otáčkách je nedostatečné, protože motor, který dosahuje při jmenovi-

tých otáčkách výkonu deklarovaného výrobcem, může mít, např. vlivem netěsnosti spalovacího prostoru z důvodu opotřebení, nedostatečný výkon v oblasti nižších otáček. Proto je nutné měřit výkon motoru a jeho spotřebu v celém rozsahu jeho pracovních otáček. Pro rychlé ověření technického stavu traktorového motoru má největší význam tzv. jmenovitá otáčková charakteristika. Tato charakteristika (viz obr. 1 a obr. 2) zobrazuje závislost točivého momentu motoru, výkonu motoru a měrné spotřeby paliva na otáčkách motoru při nastavení plné dodávky paliva. Charakteristika se zís-

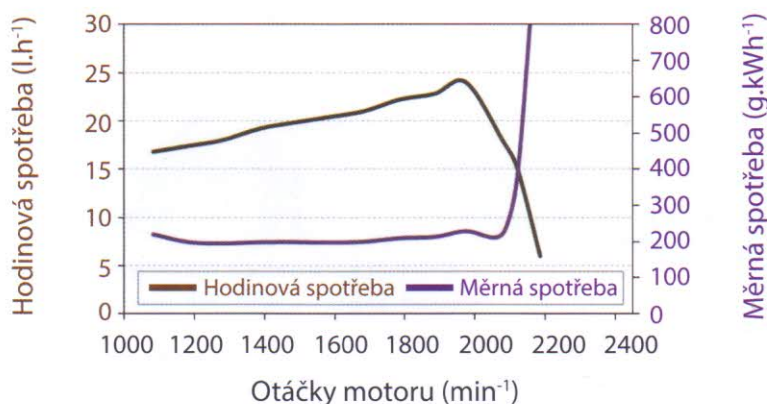
ká nastavením ovládací páky dodávky paliva (např. tzv. ruční akcelerátor) na maximální dodávku a následným zatěžováním motoru pomocí příslušného dynamometru. V průběhu zatěžování motoru se měří jeho točivý moment a spotřeba v cca dvaceti nebo i více různých bodech v celém rozsahu pracovních otáček motoru. Z naměřených hodnot je následně zpracována jmenovitá otáčková charakteristika daného motoru. Porovnáním naměřené charakteristiky s charakteristikou udávanou pro nový motor daného traktoru lze určit případný pokles výkonu (momentu) motoru nebo nárůst spotřeby paliva v některé oblasti otáček a z těchto rozdílů vyhodnotit aktuální technický stav spalovacího motoru. Je také možno stanovit vliv různých úprav motoru na jeho výkon a spotřebu např. při navyšování výkonu motoru (obr. 3).

Měření výkonu a spotřeby traktorového motoru

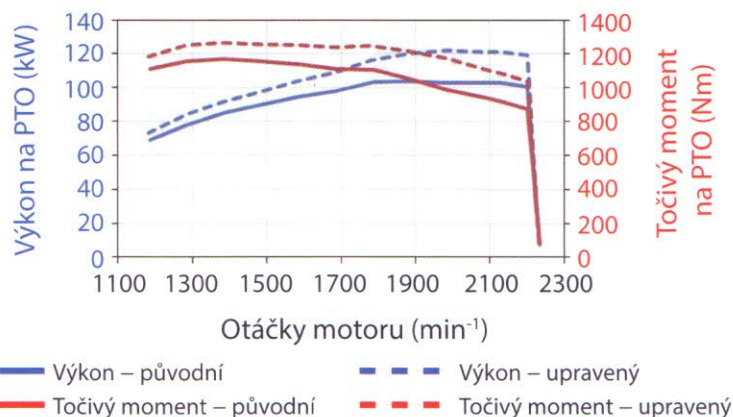
Výkon traktorového motoru lze měřit různými způsoby. Nejpřesnějších výsledků lze dosáhnout měřením výkonu samostatného demontovaného motoru v laboratorní zkušebně. Tato měření jsou však pro běžnou praxi nepoužitelná vzhledem k jejich vysoké finanční i časové náročnosti, proto nacházejí uplatnění především v oblasti vývoje a zkoušení nových motorů. Měření výkonu traktorového motoru pomocí válcové zkušebny také není pro ověření technického stavu motoru příliš výhodné. Mezi hlavní nevýhody tohoto způsobu měření patří kromě vysoké ceny měření také nutnost dopravit měřený traktor do příslušné zkušebny. Dalším nedo-



Obr. 1: Jmenovitá otáčková charakteristika traktoru Fendt Farmer 412 Vario (moment a výkon)



Obr. 2: Jmenovitá otáčková charakteristika traktoru Fendt Farmer 412 Vario (spotřeba paliva)



Obr. 3: Srovnání jmenovitých otáčkových charakteristik traktoru s běžným nastavením motoru a s nastavením vyššího výkonu (traktor Massey Ferguson 6465 Dyna-6)

statkem měření na válcové zkušební je fakt, že naměřené hodnoty výkonu jsou ovlivněny účinností převodového ústrojí a prokluzem mezi hnacími koly a dynamometrickými válci. Tento způsob měření je tedy vhodný především k měření tahového výkonu a tahové charakteristiky daného traktoru.

Značně větší perspektivu využití v běžné praxi má měření charakteristik traktorového motoru na vývodovém hřídeli (VH), kterým je každý traktor vybaven. Měření výkonu na VH je také součástí povinných homologačních zkoušek, které musí každý model traktoru absolvovat před uvedením na trh. V rámci tohoto měření je motor zatěžován dynamometrem, který je připojen na VH traktoru. Hlavní předností tohoto způsobu měření je skutečnost, že pro provedení měření není potřeba provádět demontáž motoru. Při hodnocení charakteristik motoru zjištěných na VH je vždy nutno brát v úvahu, že naměřený výkon je nižší než skutečný výkon motoru a to o ztráty v převodovém ústrojí vývodového hřídele a dále o výkon potřebný k pohonu zařízení trvale připojených k motoru jako je např. čerpadlo hydrauliky apod. Rozdíl mezi výkonem motoru na setravníku a na vývodovém hřídeli je cca 10 %.

Vzhledem k rozdílné konstrukci jednotlivých traktorů a jejich převodových ústrojí nelze proto přímo porovnávat výkony motorů (příp. spotřebu paliva) různých traktorů pomocí charakteristik změřených na VH. Toto

však není pro běžnou praxi příliš na závadu, protože z hlediska uživatele i práce traktorové soupravy je podstatný především výkon motoru, který lze odebrat z vývodového hřídele (resp. z pojezdového ústrojí). Z tohoto hlediska jsou charakteristiky naměřené na VH pro různé traktory zcela srovnatelné (pokud probíhá měření za shodných podmínek).

Pro ověřování výkonových parametrů zemědělských traktorů v provozu se ukazuje jako nejvýhodnější měření výkonu na vývodovém hřídeli pomocí mobilního dynamometru. Mezi hlavní přednosti tohoto způsobu měření patří především mobilita dynamometru, který lze snadno dopravit do příslušného zemědělského podniku, a také rychlost vlastního měření. Doba měření jmenovité otáčkové charakteristiky včetně spotřeby paliva je cca dvě hodiny včetně přípravy měření. V pří-

padě měření více traktorů v jednom podniku je doba potřebná na změření jednoho traktoru i kratší. To umožňuje minimalizovat prostoje traktorů, které vznikají z důvodu měření jejich výkonu. VÚZT, v.v.i. disponuje mobilním hydraulickým dynamometrem AW NEB 400 (viz obr. 4), jehož popis je uveden níže, a nabízí zemědělským podnikům možnost vyhodnocení technického stavu motorů jejich traktorů pomocí měření jejich jmenovité otáčkové charakteristiky.

Měření výkonu motoru pomocí mobilního dynamometru AW NEB 400

Mobilní hydraulický dynamometr AW NEB 400 je zařízení, které slouží k měření výkonů traktorových motorů na vývodovém hřídeli a to až do výkonu 298 kW. Ovládání dynamometru se provádí pomocí řídicího software na přenosném počítači. Hlavní parametry tohoto dynamometru jsou uvedeny v tab. 1. Hlavní součástí dynamometru je brzdový buben, který je spojen pomocí hlavního hřídele s VH traktoru. Při činnosti dynamometru je k tomuto bubnu hydraulicky přitlačováno brzdové obložení, čímž je vyvozen potřebný brzdový moment, který je přenášen na tenzometrický snímač pomocí pohyblivého ramene. Tlakový olej dodává čerpadlo, které je součástí dynamometru. Jeho pohon je zajištěn řetězovým pohonem od hlavního hřídele. Velikost hydraulického tlaku, který zabezpečuje přitlačování



Obr. 4: Mobilní dynamometr NEB 400 při měření výkonu motoru traktoru

Tab. 1: Parametry mobilního dynamometru NEB 400

| Popis | Hodnota | Jednotky |
|---|---------|-------------------|
| Maximální točivý moment | 2850 | Nm |
| Rozsah otáček na vývodovém hřídeli | 0-3200 | min ⁻¹ |
| Brzdové bubny | 2 | ks |
| Chyba měření | 2 | % |
| Max výkon motoru při otáčkách na vývodovém hřídeli: | | |
| 1000 min ⁻¹ | 298 | kW |
| 540 min ⁻¹ | 172 | kW |

Tab. 2: Parametry palivoměru Macnaught MSeries FlowMeter M2ASP-1R

| Popis | Hodnota |
|------------------------|---------|
| Maximální průtok [l/h] | 500 |
| Rozlišení [puls/l] | 400 |
| Chyba měření [%] | 1 |

brzdového obložení k bubnu, je ovládána elektronicky řízeným ventilem. Tím je zajištěna regulace brzděného účinku dynamometru. Brzdový buben je uložen ve vodní nádrži (o objemu 370 l), kterou protéká chladicí voda. Potřebný průtok chladicí vody je určen velikostí brzděného výkonu a teplotou vody vstupující do chladicího systému dynamometru. Např. při trvalém brzdění výkonu 100 kW a teplotě chladicí vody 21 °C je zapotřebí průtok vody cca 40 l · min⁻¹. Otáčky vývodového hřídele jsou zjišťovány pomocí impulsního snímače, který je instalovaný na měřícím zařízení a pomocí převodového poměru mezi motorem a vývodovým hřídelem jsou přepočteny na otáčky motoru. Pomocí piezo-elektrického čidla, které se umísťuje na vstřikovací potrubí před jednu z vstřikovacích trysek motoru, se kontroluje správnost nastaveného převodového poměru mezi otáčkami motoru a otáčkami vývodového hřídele.

Při měření jmenovité otáčkové charakteristiky, tedy průběhu točivého momentu a spotřeby v závislosti na otáčkách motoru, je nejprve připojen dynamometr na vývodový hřídel. V případě požadavku na měření spotřeby paliva je do palivové soustavy před vstřikovací čerpadlo namontován průtokoměr paliva (palivoměr) Macnaught MSeries FlowMeter M2ASP-1R, který umožňuje měřit aktuální hodinovou spotřebu

paliva. Parametry tohoto průtokoměru jsou uvedeny v tab. 2. Následně je po zapnutí vývodového hřídele nastavena plná dodávka paliva ručním akcelerátorem, která je ponechána po celou dobu měření. Vzhledem k tomu, že dynamometr v tento okamžik ještě nevyvozuje žádný brzdý moment, pohybují se otáčky motoru v oblasti jeho maximálních otáček. Po zahájení vlastního měření začne dynamometr pomocí hydraulické brzdy zvyšovat zatížení motoru, což se projevuje poklesem otáček motoru v souladu s nastavením jeho regulátoru a jeho aktuálním technickým stavem. Velikost točivého momentu a spotřeba paliva je zjišťována v pravidelných intervalech po poklesu otáček o určitou hodnotu (v závislosti na nastavení ovládacího software, např. při poklesu otáček o 50 min⁻¹). Měření je ukončeno při poklesu otáček na cca 1100 min⁻¹.

Z naměřených hodnot točivého momentu, otáček motoru a spotřeby paliva je následně vypočten výkon motoru a měrná spotřeba paliva v jednotlivých měřících bodech. Z těchto hodnot je pak graficky zobrazena jmenovitá otáčková charakteristika motoru. V souhrnném vytištěném protokolu jsou výsledky zobrazeny tabulkově (jednotlivé měřené body – točivý moment, výkon motoru a měrná spotřeba při daných otáčkách motoru) a graficky (jmenovitá otáčková charakteristika motoru včetně hodinové a měrné spotřeby paliva).

Hlavní důvody pro měření výkonu motoru pomocí dynamometru:

- zjištění skutečného průběhu točivého momentu, výkonu a spotřeby

- paliva pro daný motor – jmenovitá otáčková charakteristika motoru,
- porovnání naměřeného výkonu s údaji deklarovanými výrobcem,
- rozšíření znalostí obsluhy traktoru z pohledu výkonnostních parametrů motoru traktoru,
- zjištění maximálního výkonu motoru při daných otáčkách,
- zjištění maximálního točivého momentu motoru při daných otáčkách,
- zjištění otáček, při kterých motor vykazuje nejnižší měrnou spotřebu paliva,
- předvedení nového stroje.

Hlavní výhody využití mobilního dynamometru AW NEB 400:

- možnost dopravy do libovolného zemědělského podniku,
- rychlá příprava měřícího zařízení a provedení samotného měření minimalizuje prostoje měřených traktorů,
- velká variabilita – široký výkonový rozsah umožňuje měřit motory až do výkonu 298 kW,
- příznivé finanční náklady na provedení měření jmenovité otáčkové charakteristiky traktorového motoru.

Ukázkové případy pro měření mobilním dynamometrem:

- zjištění zda zakoupený energetický prostředek vykazuje udávaný výkon,
- ověření výkonu motoru po jeho opravě,
- zjištění reálného zvýšení výkonu motoru po jeho úpravě (chiptuning),
- zjištění opotřebení a úbytku výkonu vlivem doby provozu. □

Autor: Ing. Radek Pražan, Ph.D.

Fotografie: Archiv autora

Kontakt:

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha
tel.: +420 233 022 111
e-mail: vuzt@vuzt.cz
www.vuzt.cz