

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
TRIFOSERVIS s.r.o., Čelákovice
Asociace technických diagnostiků ČR, z.s., Ostrava



TRIBOTECHNIKA

V PROVOZU A ÚDRŽBĚ 2025

KOLEKTIV AUTORŮ

KNIHA PŘEDNÁŠEK
MEZINÁRODNÍ KONFERENCE 2025



SNĚŽNÉ - MILOVY, 2025

Organizátoři :

- **Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava**
- **TRIFOSERVIS s.r.o.**, Čelákovice
- **Asociace technických diagnostiků ČR, z.s.**, Ostrava - Poruba

Hlavní partner :

- **OMA CZ, a.s.**, Stráž pod Ralskem



Mediální partner :

- **Trade Media International s.r.o.**, Brno
- **Autopress, s.r.o.**, Praha



Editor :

- **Ing. Ladislav HRABEC, Ph.D.**, VŠB - Technická univerzita Ostrava, FS

Nakladatel : VŠB - Technická univerzita Ostrava, FS

Počet výtisků : on-line

Vydáno : listopad 2025

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.

Za obsah jednotlivých článků plně zodpovídají uvedení autoři.

ISBN 978-80-248-4834-1 (on-line)

OBSAH

1. ÚVODNÍ SLOVO.....	4
2. TRESNER Marek : TAJNÉ TECHNIKY HACKERŮ: LEKCE, KTERÉ ZACHRÁNÍ TAKÉ VAŠI FIRMU	6
3. HENYCH Vít : AUTOMATIZOVANÁ ANALÝZA KAPALIN	7
4. KESNER František, DVOŘÁKOVÁ Lenka, ŠEC Karel : INFRAČERVENÁ SPEKTROSKOPIE: OD MANUÁLNÍ ANALÝZY K PROCESNÍ AUTOMATIZACI	11
5. PUŠOVÁ Lucie : ANALÝZA MINERÁLNÍCH OLEJŮ V PRAXI CELNÍ SPRÁVY	20
6. STRAKA Václav, ZÍTEK Pavel : MONITORING ROZPUŠTĚNÝCH PLYNŮ V OBLASTI DIELEKTRICKÝCH OLEJŮ VČETNĚ DYNAMIKY VLHKOSTI V TĚCHTO SYSTÉMECH.....	21
7. GAMBA Josef : APLIKOVANÉ HYBRIDNÍ TECHNOLOGIE V SOUČASNÝCH VOZECH	36
8. GRUNT Jakub : PREVENCE MÍSTO KATASTROFY: TRIBOTECHNIKA ROZHODUJÍCÍ O BEZPEČNOSTI	42
9. RŮŽIČKA Pavel : MAZIVA A AI ANEB LZE FORMULOVAT MAZIVA POMOCÍ UMĚLÉ INTELIGENCE?	47
10. TURAN Tomáš : ZAPOJENÍ UMĚLÉ INTELIGENCE DO ANALÝZY OLEJŮ A FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY	52
11. MAXA Daniel : STANOVENÍ NEFOSILNÍCH SLOŽEK V PALIVECH I JINÝCH MATERIÁLECH.....	56
12. LUHAN Miloš : VZDUCHOMEMBRÁNOVÁ ČERPADLA, TECHNICKÉ NOVINKY A CHYBY PŘI INSTALACI.....	63
13. UNIVERSAL Pavel : PAPÍR SNESE VŠE, ANEB CO VLASTNĚ MOTOROVÝ OLEJ (NE)MŮŽE SPLNIT	73
14. KLAPKA Jiří : FORMULACE MAZACÍHO OLEJE V ČASE A JEJÍ OBRAZ V TRIBODIAGNOSTICE	74
15. POZNÁMKY :	76

ÚVODNÍ SLOVO

Vážení přátelé,

dovolte nám, abychom vás všechny přivítali na tradiční konferenci **Tribotechnika v provozu a údržbě**. Takto společně se setkáváme již po dvaadvacáté a je skvělé, že zájem o problematiku tribotechniky je v odborné veřejnosti stále silnější.

Jsme rádi, že se opět setkáváme v takto velkém počtu, který umožňuje pestrou a fundovanou diskusi na odborné téma technické diagnostiky. Záměrně neříkáme pouze tribotechnické diagnostiky, protože v rámci ATD ČR, z.s., se snažíme zajistit průnik diagnostických oblastí. Tribotechnická diagnostika má ale samozřejmě v rámci naší konference první a neochvějnou pozici.

Snažili jsme se složit program konference s ohledem na moderní trendy a problematiku, která je pro tribotechnickou veřejnost aktuální. Konference není pouze místem příjmu informací ze zajímavých přednášek, ale zejména prostorem pro výměnu informací a diskusi z problematiky tribodiagnostiky.

Doufáme, že zde nasbíráte řadu užitečných informací a konference bude pro všechny ve spoustě aspektů přínosná.

TRIFOSERVIS s.r.o.

Výtěžek tomboly bude opět věnován na konto organizace **Bolíto**.



Bolíto je nezisková organizace, ve formě Spolku, založená v roce 2003. Smyslem práce mnoha dobrovolníků je pomoci dětem s popáleninami překonávat jejich těžký životní úděl.

Popáleniny patří k nejtragičtějším a nejtěžším úrazům v každém věku, u dětí ale téměř vždy znamenají bezprostřední ohrožení života. Nezměrné duševní i tělesné utrpení, kterým je tento úraz provázen, je často nad dětské síly.

Každý takový úraz je spojen s dlouhodobým pobytem dítěte v nemocnici a mnoha náročnými a bolestivými operacemi. Ani následná, zdlouhavá rehabilitační péče není snadná.

Péče o pacienta s následky popáleninového úrazu prakticky nikdy nekončí. Po návratu do kolektivů dítě znovu navazuje kontakty s vrstevníky a všechny čeká každodenní, tvrdý boj s následky úrazu. Ten bohužel trvá dlouho, v podstatě celý život. Pomoci dětem v návratu do společnosti a usnadnit jim náročnou poúrazovou rehabilitaci není vůbec lehký úkol. My ale umíme ukázat dětem a rodičům, že péče neskončila propuštěním z nemocnice, že nejsou osamoceni ve svých starostech, a že společnými silami je možné všechno zvládnout.

K naší práci patří také prevence popáleninových úrazů. V přednáškách, brožurách nebo v komiksu se snažíme předejít tomu, aby se úraz stal. Cílovou skupinou preventivních programů jsou děti, adolescenti, ale i rodiče nebo pedagogové.

Třetím závazkem pro **Bolíto** je zpříjemnění pobytu pacientů i jejich doprovodu v nemocnici. Snažíme se pomocí získaných prostředků rekonstruovat a vybavovat jednotlivá oddělení popáleninové kliniky.

Zdroj: webové stránky bolito.cz

TAJNÉ TECHNIKY HACKERŮ: LEKCE, KTERÉ ZACHRÁNÍ TAKÉ VAŠI FIRMU

Marek TRESNER, TandemSec s.r.o., Brno ¹

Anotace

Téma zahrnuje prvky operativního výzkumu a citlivé technické postupy. Příspěvek proto není ve sborníku záměrně publikován a zazní výhradně v rámci živého vystoupení autora.

¹ Marek Tresner, CTD
TandemSec s.r.o.
Lidická 700/19, 602 00 Brno - Veveří
e-mail: info@tandemsec.com, <https://www.tandemsec.com>

AUTOMATIZOVANÁ ANALÝZA KAPALIN

Vít HENYCH, CLASSIC OIL s.r.o., Buštěhrad ²

1 Důvody analýzy

Chladicí kapalina (resp. nemrznoucí směs) pro účely tohoto textu tyto pojmy užívám ve smyslu teplosměnné kapaliny je jednou z významných kapalin v automotive, průmyslu i oblasti TZB. Aby byl systém spolehlivý a provozuschopný, je potřeba kapalinu podrobovat pravidelným analýzám a podle zjištěného stavu obnovovat její aditivaci, případně kapalinu včas vyměnit. Analýzou za jednotky tisíc korun tak můžeme udržovat v dobrém stavu kapalinu za stovky tisíc korun.

2 Přejít k automatizované analýze

Zhruba před dvěma lety nám začal narůstat počet analyzovaných vzorků chladicích kapalin. Zároveň jsme zjistili, že je čím dál tím obtížnější shánět kvalifikované zaměstnance na měření vzorků. Navíc se jeden významný zákazník rozhodl, že k nám nebude posílat vzorky jen z České republiky, ale rovnou z celé Evropy. V kombinaci s omezeným místem v laboratoři jak pro více přístrojů, tak pro lidské zdroje jsme začali zvažovat investice do lepšího přístrojového vybavení tak, aby měření vyžadovalo nižší množství lidské práce, ale zachovalo si kvalitu.

3 Problémy automatické analýzy

Nemrznoucí směsi a chladicí kapaliny mohou mít různé typy bází. Každá báze může mít různé měřené parametry a různé rozsahy hodnot. Např. glykolovou kapalinu a vodu je nutné testovat na přítomnost mikrobiální kontaminace. V solance a lihové kapalině tato kontaminace nehrozí. U vody je zbytečné stanovovat bod tuhnutí. Naopak se zde stanovuje tvrdost. U lihové kapaliny se stanovuje bod vzplanutí. Elektrická vodivost solanek je řádově vyšší než ostatních typů kapalin. Stanovení obsahu složek pomocí plynové chromatografie lze provést u glykolových a lihových kapalin. U každé z nich je potřeba zvolit jiný teplotní program. Solankové kapaliny mohou poškodit kolonu.

Nicméně i kapaliny se stejnou bází mohou mít odlišné požadavky na základě různých provozních podmínek. Např. voda používaná ke chlazení by neměla mít nulovou tvrdost, protože je korozivnější. Jde-li však o vodu používanou v topném systému s přeměnou fáze, je sebemenší tvrdost nežádoucí. Kapaliny používané v potravinářství mívají kolují zpravidla v korozivzdorné oceli a vyžadují nižší obsah inhibitorů koroze, které by mohly kontaminovat potraviny.

Každý zákazník dále funguje jiným způsobem. Někdo si nechává analyzovat kapalinu, až když je nějaký problém. Jiný ve chvíli, kdy v rozpočtu získá peníze na výměnu a potřebuje přesvědčit šéfa. Někdo dělá analýzu pravidelně. Někdo chce analýzu v češtině, jiný v angličtině.

² Ing. Vít Henych, CTD

CLASSIC OIL s.r.o.

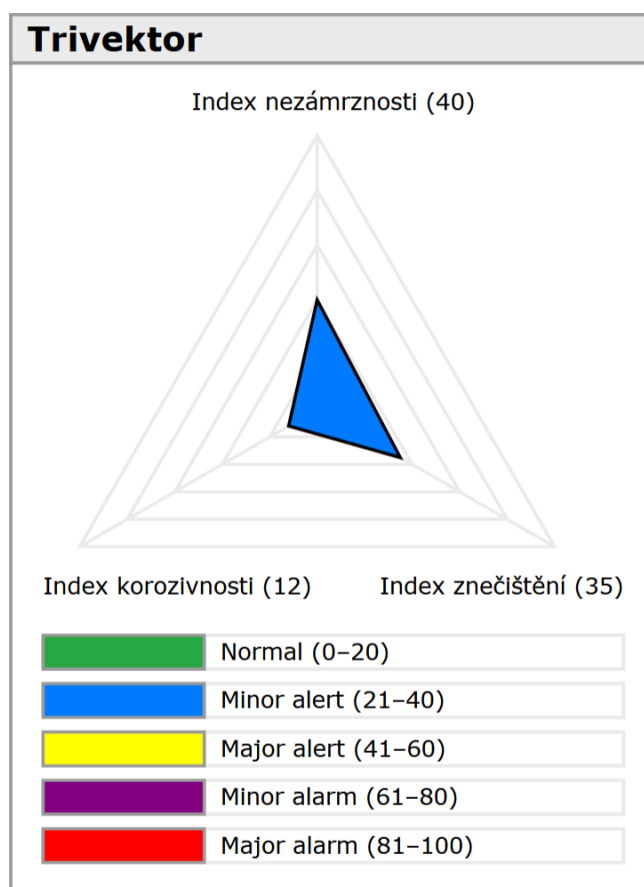
Třinecká 1124, 273 43 Buštěhrad

mobil: +420 739 203 712, e-mail: vhenych@classic-oil.cz, <https://www.classic-oil.cz/>

4 Náš databázový systém

V rámci spolupráce s jedním naším zákazníkem jsme identifikovali podstatné informace pro analýzu a navrhli a vytvořili databázový systém, který vyzve zákazníka k vyplnění maxima známých údajů. Zákazník následně spáruje okruh se vzorkovnicí, do které nám odebere vzorek. Vzorkovnice má na sobě uveden čárový kód, který po cestě načítáme, aby bylo jasné, kde se vzorek právě nachází a nedošlo k záměně výsledků. Při obdržení vzorku víme předpokládanou nemrznoucí složku kapaliny a základní informace o systému (materiálové složení, objem, informace z předchozích analýz, režim provozu okruhu, požadovaný bod tuhnutí atp.) na základě dat poskytnutých zákazníkem. Dále eviduje kontaktní informace na příslušného obchodního zástupce a adresáta protokolu.

Systém automaticky vyhodnotí, jaké parametry se mají u vzorků testovat a zadá pokyny laboratorním pracovníkům. Po naměření parametrů se protokoly přesunou k vyhodnocení. Maximum informací je v protokolu předvyplněno. Jelikož se nechceme při vyhodnocení spoléhat na žádnou umělou inteligenci, posudek stále píše člověk. Vyvinuli jsme nicméně exaktní výpočty rychlých ukazatelů stavu okruhu (obr.1), které ukážou, jak vážný je stav kapaliny v oblastech znečištění, mrazuvzdornosti, korozivnosti a mikrobiálního znečištění. Na protokol zároveň uvádí výsledky několika minulých analýz. Systém tak vede hodnotitele k tomu, aby si všímal nejpodstatnějších problémů.



Obr.1 Rychlý ukazatel stavu okruhu

Po dokončení protokolu a jeho kontrole se protokol automaticky odešle zadavateli a příslušnému obchodnímu zástupci, který mu v případě zájmu předloží nabídku k servisnímu zásahu.

5 Přístrojové vybavení

Aby bylo možné systém automaticky využívat, bylo potřeba investovat do některého laboratorního vybavení. Prvním krokem bylo nahradit šestimístný automatický podavač vzorků pro plynový chromatograf za sto padesátimístný. Vzorky je tedy nyní možné měřit i přes noc. Z obdobných důvodů byl do laboratoře pořízen robotický titrátor OMNIS od firmy Metrohm (obr.2), který postupně stanoví několik parametrů naráz. Jeho výhodou je modularita a možnost postupně napojovat další přístroje, které do laboratoře pořídíme. V současné době například řešíme možnost připojení dalšího přístroje, který by automatizoval i měření hustoty. V současné době jsme v testovacím režimu analyzovali okolo 500 vzorků za dva roky. Momentální kapacita je však výrazně vyšší. Do systému se postupně zapojují další státy.



Obr.2 Automatický titrátor

6 Závěr

Vytvořili jsme systém, který snižuje množství lidské práce při analyzování vzorků. Zároveň zachovává individuální přístup k jednotlivým vzorkům. Systém umožňuje sledovat změnu hodnot v okruhu v čase, snižuje riziko záměny vzorku a automatizuje tvorbu protokolů. Zároveň umožňuje postupný rozvoj dalším směrem.

INFRAČERVENÁ SPEKTROSKOPIE: OD MANUÁLNÍ ANALÝZY K PROCESNÍ AUTOMATIZACI

František KESNER, Nicolet CZ s.r.o., Praha ³

Lenka DVOŘÁKOVÁ

Karel ŠEC

Anotace

Článek mapuje vývoj molekulové spektroskopie od laboratorního využití analytických systémů k plně automatizovaným procesním zařízením. Zaměřuje se na aplikace infračervené a Ramanovy spektroskopie v petrochemickém průmyslu, zejména při analýze paliv, maziv a alternativních energetických zdrojů. Popisuje čtyři základní typy vzorkování (off-line, at-line, on-line, in-line) a jejich integraci do výrobních procesů. Detailněji je rozebrána role chemometrie (PLS metody) při zpracování spektroskopických dat a automatizace analýz. Dále se v článku můžeme najít srovnání výkonnosti Ramanovy a infračervené spektroskopie pro analýzu plynů a kapalin, včetně praktických aplikací jako je stanovení oktanového a cetanového čísla, analýzy zemního plynu a bioplynu, nebo detekce methanu ve zkapalněném zemním plynu. Zvláštní důraz je kladen na ekonomickou návratnost automatizovaných systémů (1 ÷ 3 roky) a jejich výhody oproti tradičním laboratorním metodám - rychlost analýzy (sekundy místo hodin), minimální nároky na obsluhu a kontinuální monitoring kvality v reálném čase.

1 Úvod

Molekulová spektroskopie (zvláště pak infračervená a Ramanova spektroskopie) patří mezi klíčové analytické metody moderního průmyslu. Zatímco v minulosti byla vyhrazena výhradně laboratořím s kvalifikovanými chemiky, dnešní technologie umožňují její nasazení přímo ve výrobních procesech s minimálními nároky na obsluhu. Tento článek mapuje cestu od tradičních manuálních metod k plně automatizovaným procesním systémům, se zaměřením na současné možnosti molekulové spektroskopie v oblasti analýzy paliv, maziv a alternativních energetických zdrojů.

Základními principy infračervené a Ramanovy spektroskopie se v tomto článku zabývat nebudeme, stačí si pouze připomenout, že se jedná o komplementární (doplňkové) techniky, je možné s nimi analyzovat vzorky v pevném, kapalném i plynném skupenství a že z nich můžeme získávat jak kvalitativní, tak kvantitativní výsledky.

V rámci analýzy existují čtyři základní typy vzorkování, a lze rozdělit do několika kategorií podle míry integrace do výrobního procesu:

- **Off-line analýza** představuje tradiční přístup – manuální odběr vzorku a jeho transport do laboratoře. Výsledek je k dispozici za hodiny až dny. Tato metoda je stále relevantní pro komplexní analýzy vyžadující speciální přípravu vzorku nebo validaci výsledků.

³ RNDr. František Kesner, Ph.D.

Nicolet CZ s.r.o.

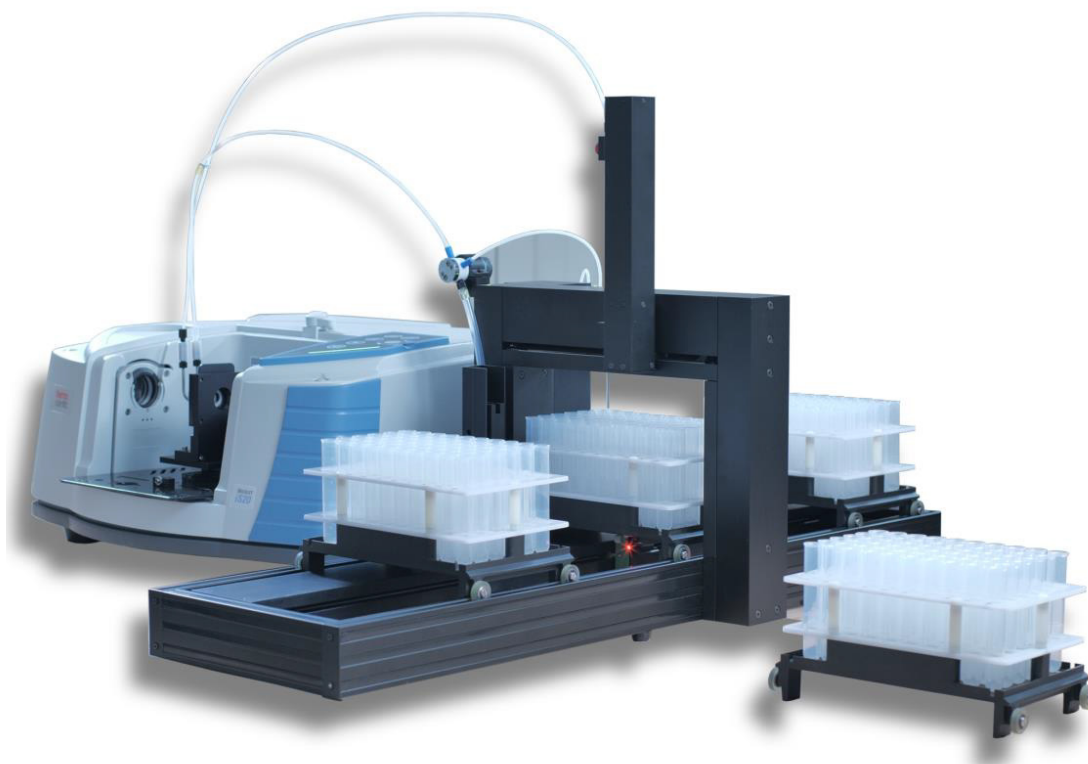
Křelovická 970/6, 104 00 Praha 10

mobil: +420 603 554 788, e-mail: kesner@nicoletcz.cz, <https://nicoletcz.cz/>

- **At-line analýza** znamená umístění analyzátoru v bezprostřední blízkosti výrobního procesu. Vzorek se stále odebírá manuálně, ale výsledek je k dispozici během minut. Tento přístup výrazně zkracuje reakční dobu na kvalitativní změny.
- **On-line analýza** využívá automatický odběr vzorku prostřednictvím by-passu nebo smyčky. Analyzátor pracuje autonomně a poskytuje výsledky v pravidelných intervalech bez zásahu operátora. Toto řešení je vhodné pro procesy s extrémními parametry (vysoká teplota, tlak), kde není možná přímá instalace sondy (měřicího čidla).
- **In-line analýza** představuje nejvyšší stupeň integrace - sonda (čidlo) je instalována přímo v potrubí nebo reaktoru a měří se kontinuálně v reálném čase. Tento přístup umožňuje okamžitou reakci řídicího systému na změny kvality produktu.

2 Automatizace v laboratoři

V případě, že máme velké množství vzorků a využíváme k analýze vzorků laboratoř (Off-line nebo At-line), pak automatizace laboratorní analýzy představuje významný krok ke zvýšení množství analyzovaných vzorků v laboratoři a reprodukovatelnosti výsledků. Moderním a dobrým řešením je autosampler Salsa (obr.1), který je schopen zpracovat ve standardním uspořádání až 180 vzorků (3 × 60 pozic) možností doplňování vzorků během měření. Sofistikovaný syringový systém automaticky upravuje rychlost plnění podle odhadované viskozity vzorku. Automatická čistící stanice zajišťuje eliminaci křížové kontaminace mezi vzorky.



Obr.1 FTIR spektrometr Nicolet s autosamplrem Salsa

Typickou aplikací je analýza olejů, která umožňuje získat současně výsledky několika parametrů z jednoho spektra např. produkty oxidace, nitrace a sulfatace, kontaminace palivem, vodou nebo chladicí kapalinou, obsah sazí a úbytek aditiv. Celá analýza jednoho vzorku trvá přibližně 5 minut, což umožňuje zpracovat stovky vzorků během jedné směny.

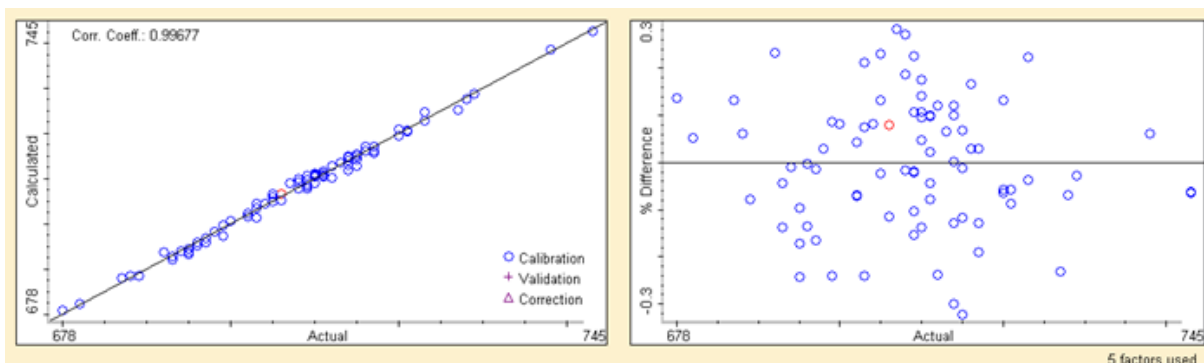
3 Procesní analýza - kapaliny

Velkým trendem současnosti je procesní analýza, tzn. umístění analytického čidla přímo do výrobního procesu (On-line a In-line) s možností v reálném čase řídit a tím i ovlivňovat výrobní proces. Z pohledu molekulové spektroskopie připadají v současnosti úvahu pro analýzu kapalných vzorků buď infračervená spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIR) nebo Ramanova spektroskopie (obr.2). Typickými analyty v petrochemickém průmyslu jsou v současnosti jak klasická fosilní paliva, tak syntetická paliva např. letecká (SAF). Mezi klíčové parametry, které můžeme sledovat, patří např. oktanové číslo (MON, RON), cetanové číslo, bod vzplanutí, hustota, destilační teplota při které predestiluje 10, 20, 30 ... 90 obj. % objemu paliva, TAN, TBN, ... atd. Na obrázku 3 je možné vidět PLS (Partial Least Squares - metoda částečných nejmenších čtverců) kalibrační křivku hustoty primárního benzínu. Rychlost analýzy je závislá na způsobu měření a vyhodnocování, ale v krajních případech se pohybuje v řádu sekund. Poté se data ihned automaticky odesílají do laboratorního informačního systému např. LIMS (Laboratory Information Management System). Tato rychlost může být zásadní pro monitorování a kontrolu přechodů produktů v potrubí.

Ramanova spektroskopie dokáže také stanovit fyzikální vlastnosti paliva včetně obsahu aromatických a polyaromatických uhlovodíků, které jsou limitovány specifikacemi pro letecká paliva.



Obr.2 FT-NIR spektrometr Antaris a MarqMetrix All-in-One



Obr.3 PLS kalibrační křivka hustoty primárního benzínu.
Mez přesnosti stanovení je $0,9 \text{ kg.m}^{-3}$

4 Využití Ramanovy spektroskopie pro analýzu methanu ve zkvalněném zemním plynu (NGL)

Během zpracování přírodního plynu v kryogenních věžích vzniká směs uhlovodíků $\text{C}_2 - \text{C}_6^+$ a reziduální plyn (převážně methan). Malé množství methanu zůstává ve zkvalněné fázi směsi uhlovodíků a jeho přesná kontrola je zásadní pro:

- kvalitu produktu (typický limit 0,5% nebo $1,5 \times$ koncentrace ethanu),
- efektivitu následného frakcionování,
- bezpečnost transportu (prevence odplyňování).

Ramanova spektroskopie dosahuje detekčního limitu až 100 ppm methanu v NGL, což je srovnatelné s plynovou chromatografií, ale s měřicím cyklem pouze 5 sekund oproti $5 \div 20$ minutám u plynové chromatografie (GC). Tato rychlost umožňuje operátorům okamžitě reagovat na změny v kryogenní věži a optimalizovat poměr C_1/C_2 uhlovodíků.

Procesní analýza často probíhá v prostředí klasifikovaném jako nebezpečné (výbušná atmosféra). Systémy musí splňovat příslušné certifikace:

- **ATEX** (Evropa): Zone 0/1/2 pro plyny, Zone 20/21/22 pro prach,
- **IECEX** (mezinárodní): harmonizovaný systém ekvivalentní ATEX,
- **NEC/CEC** (Severní Amerika): Class I/II/III, Division 1/2.

Také průtoková kyveta (čidlo) musí splňovat určitou specifikaci a je vhodné, aby umožňovala měření při tlaku až 2500 psi a teplotách od kryogenních hodnot do 350 K.

5 Procesní analýza - plyny

Jestliže je analyzovaným vzorkem plyn lze využít infračervenou spektroskopii ve střední oblasti (MIR) nebo opět Ramanovu spektroskopii. Typickým zástupcem takové instrumentace je dedikovaný analyzátor plynů MAX-iR FTIR Gas Analyzer od americké společnosti Thermo Fisher Scientific. Příkladem metod může být analýza složení zemního plynu a bioplynu, detekce stop kontaminantů (H_2O , H_2S , merkaptá-

ny) nebo emisní monitoring. Jak vyplývá z tabulky 1, každý typ instrumentace je vhodný pro odlišný typ analýz.



Obr.4 MAX-iR FTIR Gas Analyzer

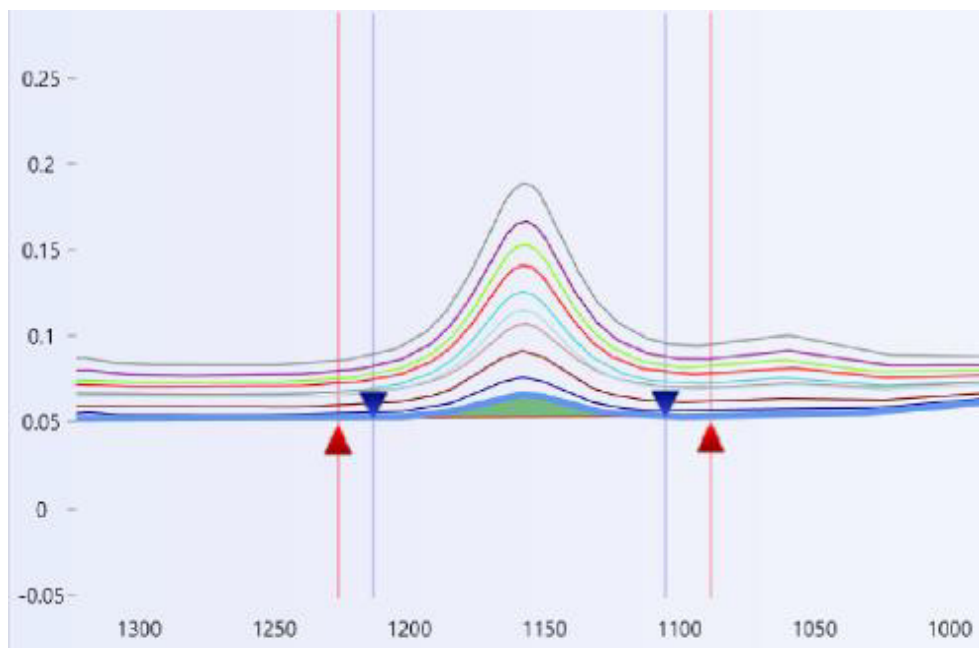
Tab.1 Porovnání Ramanovy spektroskopie a infračervené spektroskopie pro analýzu plynů

parametr	Ramanova spektroskopie	infračervená spektroskopie
měřicí čas	5 ÷ 10 s	30 ÷ 60 s
citlivost na H ₂ O a CO ₂	nízká (výhoda)	vysoká (nevýhoda)
symetrické molekuly (H ₂ , N ₂ , O ₂)	měřitelné	neměřitelné
citlivost versus optická dráha	mm (nižší citlivost)	mm (vyšší citlivost)
příprava vzorku	žádná	odstranění kondenzátu
vhodnost pro on-line	vynikající	velmi dobrá

6 Chemometrie: klíč k plné automatizaci

Moderní spektroskopické metody produkují obrovské množství dat - jedno IR spektrum může obsahovat tisíce datových bodů. Chemometrické metody umožňují extrakci relevantní informace a vyhodnocení komplexních vztahů.

Jednobodové metody (Lambert-Beerův zákon) jsou vhodné pro jednoduché systémy, kde se měří izolovaný absorpční pás příslušející pouze analyzované složce. Typická aplikace zahrnuje stanovení FAME (bionafty) v naftě nebo AdBlue (močovina v roztoku). Například pro stanovení AdBlue při koncentraci 32,5 hm.% podle ISO 22241-2, viz. obr.5.



Obr.5 Příklad kalibrace AdBlue (močovina 32,5% podle ISO 22241-2) - Lineární závislost korigované plochy pásu na koncentraci s chybou $\pm 0,5$ hm. %

Multivariační (chemometrické) metody (PLS, PCR) jsou nezbytné pro složité matrice, kde se absorpční pásy překrývají nebo kde se stanovují "nechemické" parametry jako viskozita, oktanové číslo nebo destilační charakteristiky. Tyto metody využívají celé spektrum nebo jeho vybrané oblasti a pomocí regresních modelů umožňují predikci požadovaných parametrů. Kvalita chemometrických modelů závisí především na reprezentativnosti kalibračních standardů. Pro robustní model je typicky nutných desítky až stovky vzorků pokrývajících celý rozsah variability analyzovaného materiálu.

Kritické faktory úspěchu chemometrických modelů:

- kvalita referenčních dat - primární metody musí být přesné,
- reprezentativnost vzorků - pokrytí všech variací výroby,
- spektrální kvalita - dostatečné rozlišení a poměr signálu k šumu,
- výběr spektrálních regionů - minimalizace interference,
- validace - nezávislé testovací vzorky, cross-validace,
- údržba modelu - pravidelná aktualizace novými vzorky.

7 Závěr

Vývoj infračervené a Ramanovy spektroskopie představuje reprezentativní příklad evoluce analytických metod od laboratoře k procesní aplikaci. Klíčové faktory úspěšné implementace zahrnují:

- robustnost instrumentace - moderní systémy jsou ve výrobním závodě kalibrovány a vyžadují minimální údržbu,

- jednoduchost obsluhy - software s intuitivním rozhraním umožňuje obsluhu ne-technickým personálem,
- rychlost analýzy - výsledky v řádu sekund až minut místo hodin,
- univerzálnost - jeden přístroj pro desítky parametrů,
- integrace - automatické odesílání dat do řídicích systémů a LIMS.

Tab.2 Srovnání výkonu laboratorních a procesních systémů

parametr	tradiční laboratoř	automatizovaný systém	procesní systém
vzorků/směna	20 ÷ 50	400 ÷ 500	kontinuální
čas analýzy	5 ÷ 15 minut	méně než 5 minut	3 ÷ 15 sekund
obsluha	vyškolený chemik	technický operátor	žádná (autonomní)
příprava vzorku	často nutná	minimální	žádná
umístění	laboratoř	At-line	In-line/on-line
reakční doba	hodiny	minuty	sekundy
provozní náklady	vysoké (personál, chemikálie)	střední	nízké

Kombinace pokročilého hardware, chemometrie a automatizace transformuje spektroskopii z expertní laboratorní techniky na univerzální nástroj procesní kontroly kvality. Budoucnost patří systémům schopným autonomního rozhodování a prediktivní údržby na základě spektroskopických dat v reálném čase.

Ekonomická návratnost investice:

Implementace automatizovaných spektroskopických systémů se typicky vrací během 1 ÷ 3 let díky:

- eliminaci mzdových nákladů na rutinní analýzy,
- snížení spotřeby chemikálií a spotřebního materiálu,
- minimalizaci vadné produkce díky rychlé detekci problémů,
- optimalizaci procesních parametrů v reálném čase,
- snížení ztrát při přechodech mezi produkty,
- nižší dopad na životní prostředí.

Při přípravě tohoto rukopisu byl použit AI nástroj Claude pro jazykové korekce a organizaci struktury textu. Autoři ověřili a nesou plnou odpovědnost za veškerý obsah.

Literatura

- [1] A Smarter Approach to Fuel Testing Using Solid-State Raman Spectroscopy 2025 (www.thermofisher.com).
- [2] Raman Technology for Faster Methane Detection in NGL Production 2025 (www.thermofisher.com).
- [3] Improving Natural Gas Analysis with In-Situ Raman Spectroscopy (www.thermofisher.com).
- [4] Key Considerations for Raman Analysis in Hazardous Zones (www.thermofisher.com).
- [5] <https://marqmetrix.com/>
- [6] Salvador Alvarado-Olivo, Leveraging Spectroscopy for Advancements in Energy Production, Thermo Scientific, 2024 (www.thermofisher.com).
- [7] Accelerating the analysis of refined fuel properties using a novel solid state Raman analyzer, Thermo Scientific, 2023 (www.thermofisher.com).
- [8] www.nicoletcz.cz
- [9] ASTM E2412-10 (2018): Standard Practice for Condition Monitoring of Used Lubricants by Trend Analysis Using FTIR Spectrometry
- [10] ASTM D7418-12: Standard Practice for Set-Up and Operation of FTIR Spectrometers for In-Service Oil Condition Monitoring
- [11] ASTM D5845-01: Determination of Oxygenates in Gasoline by Infrared Spectroscopy
- [12] ČSN EN 14078:2014: Determination of FAME in Middle Distillates
- [13] ISO 22241-2: AdBlue Specification



Rozbory paliv a maziv.

Tribotechnická diagnostika olejů a stavu strojního zařízení.

Konzultace a poradenská činnost v oblasti maziv a jejich aplikace.

Filtrace použitých olejů za provozu strojů.

Organizace školení v oblasti TTD údržby pro strojírenské podniky dle jejich požadavků.

Organizace veřejných specializovaných seminářů a konferencí.

Firma vznikla v roce 1990 jako samostatný tribotechnický servis. Společnost navázala na dlouholeté odborné znalosti pracovníků, kteří řešili řadu významných úkolů v oblasti vývoje nových ekologických maziv, filtrace olejů, speciálních maziv a tribotechnické diagnostiky. V rámci vývoje zde vznikla řada nových maziv. Úzce spolupracujeme s výrobcí maziv a jejich uživateli.

Firma TRIFOSERVIS s.r.o. je školicím pracovištěm pro tribodiagnostiku v rámci Asociace technických diagnostiků ČR.

Společnost je držitelem certifikátu ČSN EN ISO 9001:2016

Nová provozovna!!!



Sokolovská 1644

Čelákovice

www.trifoservis.cz

info@trifoservis.cz

tel: 603 265 565



**TRIFOSERVIS s.r.o.
Hybešova 626/1
250 88 Čelákovice**



ANALÝZA MINERÁLNÍCH OLEJŮ V PRAXI CELNÍ SPRÁVY

Lucie PUŠOVÁ, Generální ředitelství cel, Praha ⁴

Anotace

Celní správa České republiky má k dispozici mimo celně technických laboratoří (tzv. kamenných laboratoří) také jednu laboratoř mobilní, se kterou již od roku 2016 analyzuje vzorky po celé České republice.

Za tu dobu se její posádka setkala, mimo jiné, také s nejrůznějšími druhy minerálních olejů, které byly přepravovány v cisternách, byly v nádržích čerpacích stanic nebo také v nádržích kontrolovaných automobilů. Je zřejmé, že některé analýzy olejů provedené mobilní laboratoří vyšly v pořádku a u některých byla naopak odhalena pochybení, jak bude autorkou v průběhu přednášky prezentováno.

⁴ por. Mgr. Lucie Pušová
Referent mobilní laboratoře
Oddělení GŘC 333 - Koordinace a řízení kontrolních dohledových činností
Generální ředitelství cel
Budějovická 1387/7, 140 00 Praha 4
mobil: +420 725 979 752, e-mail: lucie.pusova@celnisprava.gov.cz, [https:// www.celnisprava.cz](https://www.celnisprava.cz)

MONITORING ROZPUŠTĚNÝCH PLYNŮ V OBLASTI DIELEKTRICKÝCH OLEJŮ VČETNĚ DYNAMIKY VLHKOSTI V TĚCHTO SYSTÉMECH

Václav STRAKA, „TMV SS“ spol. s r.o., Praha ⁵

Pavel ZÍTEK, „TMV SS“ spol. s r.o., Praha ⁶

Abstract

By one of the most important components of transmission, distribution and industry plants is power transformer, whose function is change voltage to require levels for transmission or supply of electrical power. The task of operators is performing cost effective maintenance, manage and extend transformer life and load transformer for maximum economical efficiency. On the other hand is necessary reducing unscheduled outages and equipment failures, so detect first sing of failure conditions.

Monitoring of power transformers nowadays isn't only data collection about current shape of the transformer, but provides on-line models to calculate and present useful information to the prediction of behavior this machine in depending on different working and requiring conditions as well. The monitoring system would be compact and maintenance free device, which provides to the operators information to the better manage operation of the transformer and extended transformer life without unscheduled outages.

Special interest is aimed on humidity migration inside insulation systems of power transformers including description its geometrical distribution. Together with mentioned behavior are described parameters influences by moisture presence in different parts of insulation systems.

1 Význam vlhkosti pro životní cykly transformátoru

Dříve než se budeme věnovat popisu vlhkosti je nutno zmínit jeden zcela zásadní fakt týkající se významu papírové izolace pro životnost transformátoru. Papírová izolace je prvkem, který není možno ekonomicky v transformátoru nahradit a je tedy klíčovým prvkem z hlediska životnosti celého transformátoru. Vlhkost současně přímo ovlivňuje maximální provozní teploty transformátoru. Dále je nutno uvést, že papírová izolace bude v transformátoru stárnout bez ohledu na to, zda-li jej budeme provozovat, nebo ne. Papírová izolace má nevratnou životní charakteristiku a není možno ji regenerovat. Jaké jsou faktory ovlivňující stárnutí izolace v běžném provozu:

- teplota,
- oxidace,
- vlhkost.

⁵ Ing. Václav Straka, CTD

"TMV SS" spol. s r.o.

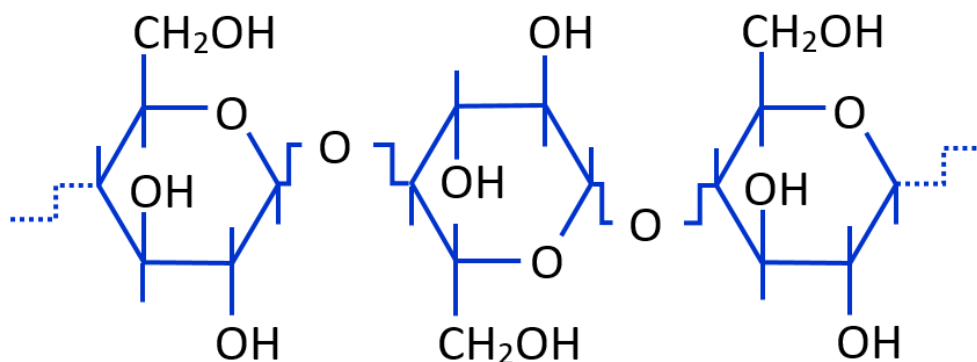
Studánková 395, 149 00 Praha 4 - Újezd

tel.: +420 272 942 720, e-mail: vaclav.straka@tmvss.cz, <http://www.tmvss.cz>

⁶ Pavel Zítek, CTD

tel.: +420 272 942 720, e-mail: pavel.zitek@tmvss.cz

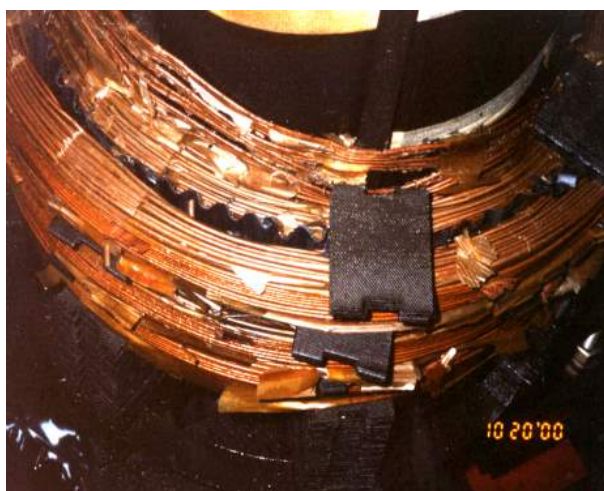
Prvé dva faktory lze ovlivnit provozem, s vlhkostí je to již složitější. Vlhkost (cca 0,5%) je obsažena již v izolaci nového transformátoru, přičemž hodnota 4% bývá považována za limitní. Hranice mezi mokřým a suchým transformátorem je obvykle uváděna jako 2%. Zvýšená vlhkost přímo ovlivňuje kapacitu oleje, ale hlavně při provozu maximální provozní teplotu transformátoru (v případě teplot mluvíme o nejteplejším bodě vinutí - nikoliv o povrchové teplotě oleje!)



Obr.1 Celulózový řetězec složený z jednotlivých molekul glukózy

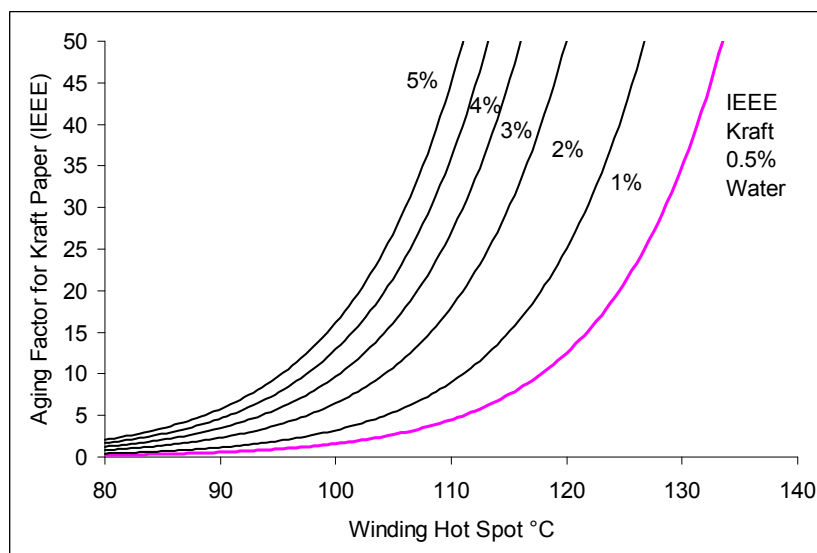
Druhým parametrem papírové izolace je stupeň polymerizace (DPV), což je průměrný počet molekul glukózy v jednom řetězci celulózy, z nichž je složena papírová izolace (viz obr.1).

V novém transformátoru má index DPV obvykle hodnotu $800 \div 1000$, přičemž pokles na hodnotu 200 bývá považován za limitní. Stupeň polymerizace ovlivňuje mechanickou pevnost izolace a tím její schopnost odolávat mechanickému namáhání a pnutí, například v případě zkratu. Ztráta pevnosti izolace vinutí vede ke zvýšenému riziku posunu vinutí a jeho zhroucení, které je uvedeno například na obrázku 2.



Obr.2 Ukázka zhroucení vinutí

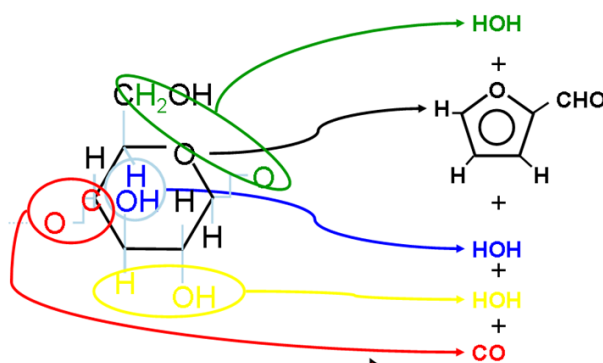
Vlhkost přímo ovlivňuje rychlost stárnutí izolace - s nárůstem vlhkosti exponenciálně narůstá rychlost degradace papírové izolace a tím i stárnutí nejen jí, ale stroje jako celku. Tento vliv je definován jak ve standardech, IEC, tak IEEE a v obou má exponenciální charakteristiku. Definice rozlišuje i jednotlivé druhy papíru, přičemž pouze Aramidový papír je zcela imunní z hlediska teplotní závislosti, avšak tato nesporná výhoda je vykoupena výrazným zvýšením pořizovacích nákladů v porovnání s konvenční variantou. Příkladem obvyklé závislosti je obrázek 3.



Obr.3 Vliv teploty a vlhkosti papírové izolace na rychlost stárnutí papírové izolace

Je tedy možno konstatovat, že voda je nejhorším nepřítelem transformátoru.

Nutno zmínit ještě jednu zákonitost vody - její množství v transformátoru v průběhu provozu neustále narůstá. Není to způsobeno pouze netěsnostmi nádoby (i když vtékání např. špatným těsněním okolo průchodek není nijak výjimečné), ale degradace papírové izolace je sama zdrojem nárůstu množství vody. Princip je popsán na následujícím obrázku 4.



Obr.4 Rozklad nestabilní molekuly glukózy

Pokud dojde k narušení celulóзовého řetězce (a tím i snížení indexu DPV), samotná molekula glukózy není stabilní a dochází k jejímu dalšímu rozkladu. Výsledkem je jedna molekula CO (plyn dříve uvedený jako klíčový z hlediska monitoringu degradace papírové izolace), jedna molekula furanu (dále reaguje na jednotlivé kogenery - občas se využívá pro měření rychlosti stárnutí) a tři molekuly vody. To je důvodem, proč izolace stárne exponenciálně a ne lineárně, jak by se dalo předpokládat, a proč množství vygenerované vody narůstá. Standardy zohledňují i skutečnost, zda je transformátor hermetizován, nebo ne. Obecně platí, že volný styk atmosféry s transformátorovým olejem zvyšuje stupeň kyselosti a to má přímý vliv na rychlost degradace papírové izolace. Tepelně vlhkostní závislost je dle standardů násobena koeficientem 2,5 v případě nehermetizovaných strojů, v případě hermetizovaných je koeficient ponechán beze změny.

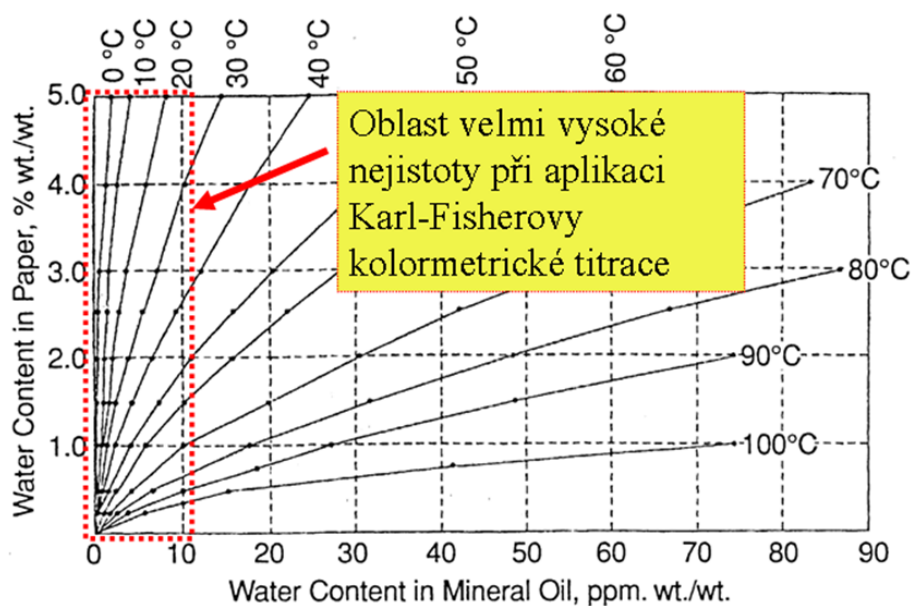
2 Měření vlhkosti

Voda v transformátorovém oleji je poměrně snadno měřitelná - ale složitě interpretovatelná! Příčinou jsou dva základní důvody:

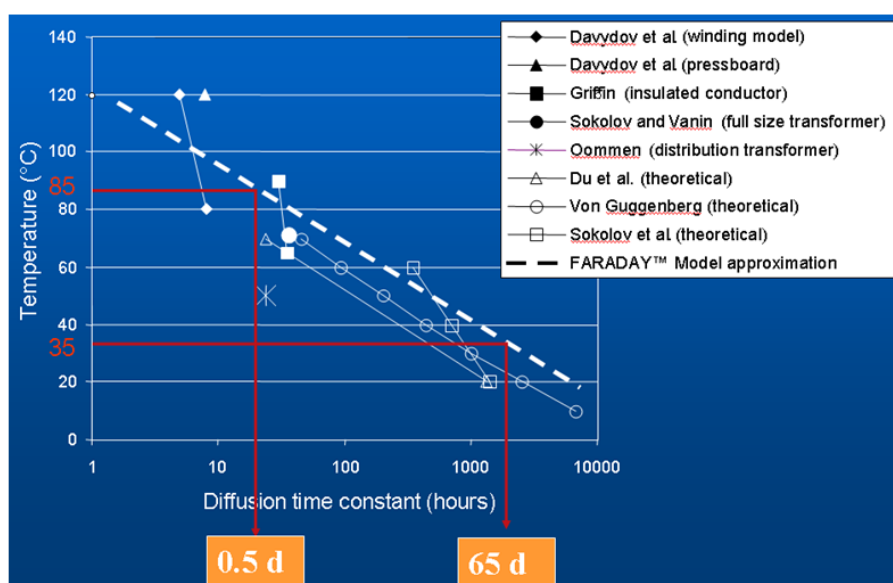
- 98,5 - 99,8% vody se bez ohledu na teplotu nalézá v papírové izolaci, nikoliv v oleji,
- poměrně dlouhé časové konstanty přesunu vlhkosti mezi papírem a olejem.

Nejprve uveďme, jaké jsou základní způsoby měření vlhkosti:

- Karl-Fisherova kolorimetrická titrace (KFT) ze vzorku oleje - základní podmínkou je odběr dostatečně teplého vzorku oleje - jinak přepočet naměřené vlhkosti (uváděné jako %RH - relativní vlhkosti, nebo obsah vody v ppm) na procentuální vlhkost papíru,
 - v případě nižších teplot míra nejistot vysoce překračuje požadovaný rozsah hodnot - viz obr.5,
 - časová konstanta přesunu vlhkosti mezi papírem a olejem - nutno provozovat transformátor dlouhodobě před odběrem za konstantních tepelných podmínek; grafická závislost nastolení rovnovážného stavu v závislosti na provozních teplotách je uvedena na obr.6,
- fyzický odběr vzorku z papírové izolace - problematickým se jeví nejenom vstup do vnitřní části nádoby, ale i výběr místa pro odběr vzorku papírové izolace.



Obr.5 Nejistá oblast aplikace Karl-Fisherovy kolorimetrické titrace



Obr.6 Časová závislost nastolení rovnovážného stavu přesunu vlhkosti mezi papírem a olejem jako funkce teploty

Z hlediska měření vlhkosti tedy lze konstatovat, že pravděpodobně nejoptimálnější metodou je on-line monitoring, který umožňuje naměřené hodnoty spolehlivě interpretovat na základě jejich korelace s provozními charakteristikami stroje. Časové konstanty jsou vysoce časově závislé. Pokud bychom odebírali vzorek oleje pro KFT při teplotě oleje 65°C, měl by být stroj na této teplotě nejméně 12 hodin. Pokud by však byl vzorek odebírán při teplotě 35°C, je podmínkou nutnou pro spolehlivou aplikaci KFT teplotní stabilita na této teplotě po dobu nejméně 65 dní. Nutno poznamenat, že poměrně značná část transformátorů je provozována na teplotách blízkých

této teplotě, avšak jejich dlouhodobou teplotní stabilitu je prakticky nemožné dosáhnout

3 Detekovatelné jevy v souvislosti s vlhkostí

On-line monitoring vlhkosti umožňuje velmi přesně definovat obsah vlhkosti nejen v závislosti na aktuálních teplotách a časových konstantách, ale i v závislosti na jednotlivých jevech a částech stroje.

3.1 Kondenzace vlhkosti v oleji

K tomuto jevu dochází u velmi vlhkých transformátorů za velmi chladných podmínek. Vlhkost již není schopna se chemicky navázat na transformátorový olej a kondenzuje ve formě kapek. Vzhledem k nízké měrné hmotnosti oleje kapky klesají ke dnu nádoby. Často je možno v transformátorech na dně nádoby nalézt vrstvu vody. Nebezpečná není ani tak vrstva samotná, ale klesání zkondenzované vody, která může způsobit zkrat. Jev je také někdy nazýván přšením v transformátoru. Parametr je označován jako teplota kondenzace.

3.2 Teplota formace bublin

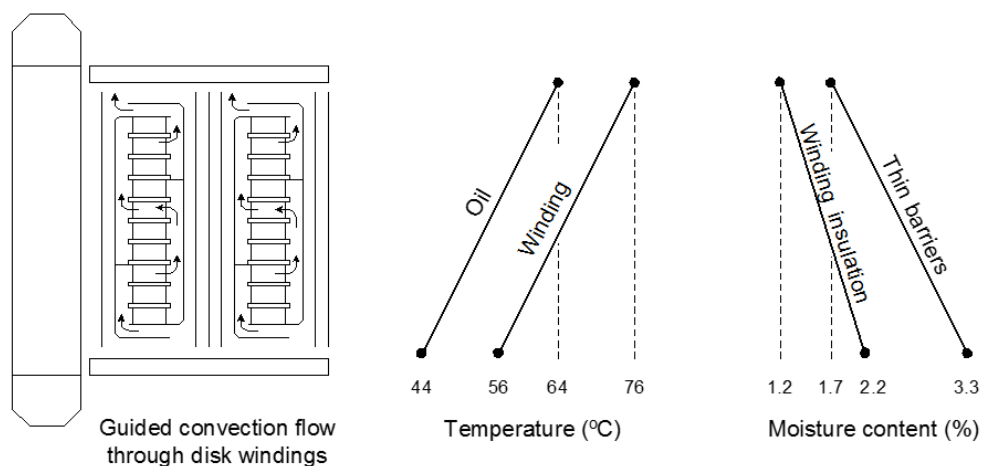
Tento jev je oproti předchozímu spojen s vysokými provozními teplotami. Voda se opět nedokáže chemicky navazovat, nevytváří kapky, ale bubliny. Tato vlhkost je spojena s vlhkostí izolačního papíru a nedokáže dostatečně rychle přestupovat do oleje a stoupá ve formě páry vzhůru. V tomto okamžiku však může dojít k zachycení bublin například v diskovém vinutí. To má za následek zkrácení izolačních vzdáleností a tím i vysoké nebezpečí mezizávitového zkratu. Jedná se o vysoce nebezpečný jev, jehož kvantifikace je nazývána teplotou formace bublin. Ukázka tohoto jevu je na obrázku 7.



Obr.7 Bubliny zachycené v diskovém vinutí transformátoru

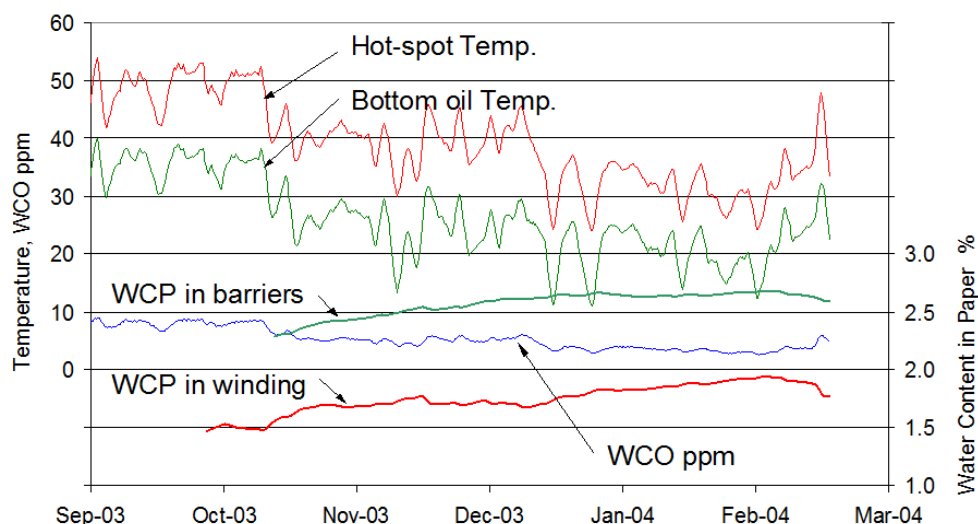
3.3 Rozložení vlhkosti v různých částech transformátoru

V dřívějších částech tohoto materiálu jsme poukázali na zcela jednoznačnou závislost mezi obsahem vody a teplotou. Současně je nutno zmínit zcela jednoznačnou souvislost materiálovou. Pokud jsme mluvili až doposud o obsahu vlhkosti, nerozlišovali jsme tyto faktory.



Obr.8 Teplotní a vlhkostní rozložení v transformátoru, systém chlazení ONAN

Na obrázku 8 je ukázán v jedné části teplotní posun mezi teplotami oleje a teplotami vinutí. V druhé je zobrazeno i vertikální rozložení vlhkosti, zvláště pro izolaci a zvláště pro bariéry mezi vinutími. V každé části stroje má vlhkost svůj specifický význam. Vlhkost je vysoce specifická v jednotlivých částech, avšak je nutno ji posuzovat při plném respektování časových rovnovážných konstant. Jejich závislost a použití na reálném stroji je viditelné na obrázku 9.



Obr.9 Obsah vlhkosti v různých částech transformátoru

Na tomto grafickém záznamu je možno si všimnout vícero skutečností:

- teplotní průběhy nejteplejšího bodu vinutí,
- teplotní průběhy teploty spodní vrstvy oleje,
- obsah vody v oleji v ppm,
- obsah vody v izolaci vinutí,
- obsah vody v bariérách.

Kromě pozdějšího počátku výpočtu obsahu vody v bariérách (závislost na časových konstantách) je možno si povšimnout i velmi rozdílného obsahu vody v jednotlivých částech transformátoru. Zatímco obsah vody v izolaci vinutí byl přibližně 1,8% (stroj je tedy možno hodnotit jako suchý), bariéry vykazují obsah vody cca 2,7% (stroj je tedy hodnocen jako mokrá). Kromě nejednoznačnosti hodnocení obsahu vlhkosti přichází v potaz i vliv této vlhkosti na jednotlivé provozní charakteristiky stroje.

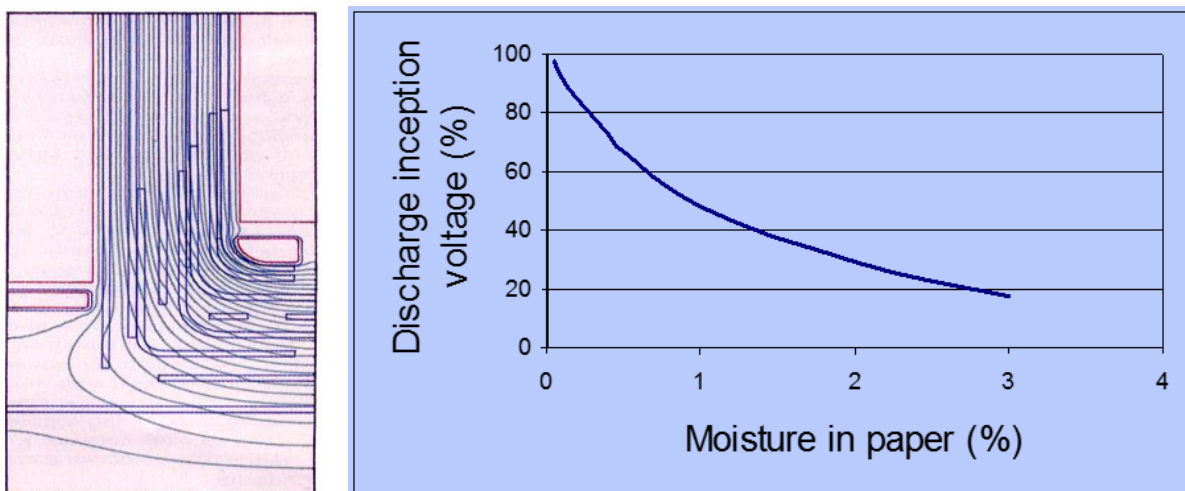
3.4 Vlhkost a rychlost stárnutí

Vlhkost výrazně společně s teplotou ovlivňuje rychlost stárnutí. Pokud zohledníme oba jevy, je jejich kombinace nejsilnější v oblasti nejteplejšího bodu vinutí. Modelování a výpočty tohoto parametru byly popsány a validovány ve vícero materiálech včetně metodiky IEC a IEEE. Kvantifikace vlhkosti v místě nejteplejšího bodu vinutí má tedy vliv na rychlost stárnutí a v tomto bodě papírová izolace stárne nejrychleji. Pokud tedy chceme definovat odebranou životnost, je nutno uvedené parametry měřit. Jejich grafická závislost je uvedena na obrázku 3.

3.5 Vlhkost obsažená v bariérách

Zatímco vlhkost obsažená v izolaci vinutí má vliv na rychlost stárnutí jako takové, vlhkost v bariérách se projevuje naprosto v jiné oblasti. Je nutno si uvědomit, že materiál bariér je výrazně odlišný od materiálu izolace vinutí a má výrazně vyšší schopnost vázat vlhkost, což společně s nižšími teplotami zapříčiňuje její výrazně vyšší vlhkost. Bariéry jsou výrazně namáhány zejména elektrickým polem v místě jejich zahnutí podél vinutí. Grafické znázornění rozložení intenzity elektrického pole je znázorněno na obrázku 10. Společně s tím je zobrazena i závislost mezi obsahem vlhkosti a % poklesem zápalného napětí výbojové aktivity.

Je možno zkonstatovat, že vlhkost v bariérách o hodnotě 2% má za následek snížení úrovně zápalného napětí na cca 30% původní hodnoty.



Obr.10 Intenzita elektrického pole v bariérách a závislost zápalného napětí na obsahu vlhkosti

4 On-line monitoring transformátorových olejů

Při popisu monitoringu je nutno si nejprve provést zhodnocení jeho přínosu a očekávání v něj kladená. Pokud je cílem náhrada diagnostiky a chránění, tak tento přístup nelze hodnotit jako vhodný. Monitoring v současnosti doplňuje diagnostiku a chránění, avšak odstraňuje jejich nedostatky. V případě chránění je to okamžité odstavení stroje z provozu na základě dlouhodobě se rozvíjející se poruchy a možnost přípravy operativních opatření s předstihem. V případě diagnostiky je to odstranění časového kritéria z hlediska nasazení (periodicita stanovená provozovatelem) a snížení nákladů na opravy či náklady spojené s neprovozováním stroje, včetně ušlého zisku z nevýroby či nedostupnosti stroje.

Účelem monitoringu oleje není informace o zcela přesných hodnotách plynu rozpuštěného v oleji, ale informace uživateli o změně plynování a dynamice nárůstu. Proto lze říci, že důležitá není absolutní hodnota, ale její trend, ať krátkodobý nebo dlouhodobý.

4.1 Proč transformátorový olej?

Transformátorový olej má v transformátoru tři základní funkce, přičemž první dvě bývají naprosto jasně známy a definovány. Jedná se o následující funkce:

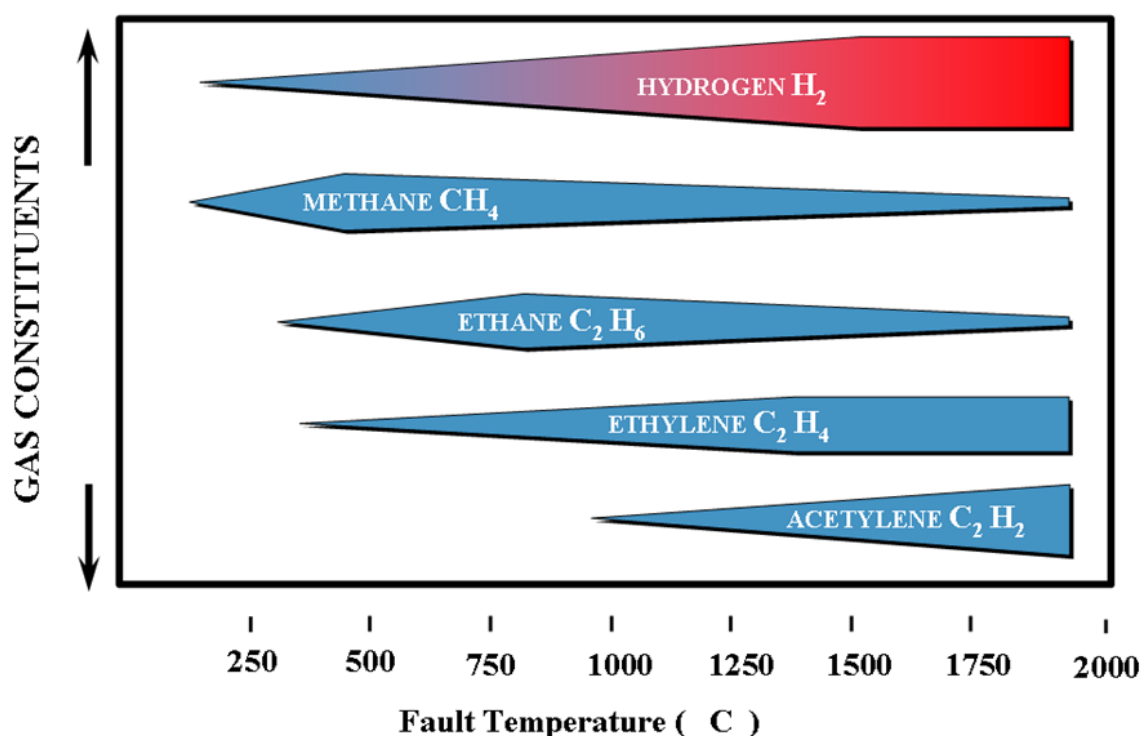
- tepelný transfer - chlazení stroje,
- dielektrický izolant,
- transportní prostředek.

Funkce transformátorového oleje jako transportního prostředku nebývá zdůrazňována, ač je používána při plynové chromatografii olejů. Olej v tomto případě funguje jako nosné médium informace (plynů) k místo odběru, bez ohledu na to, zda-li je v daném místě instalován odběrný kohout nebo nasazen monitoring. Pomocí oleje transformátor komunikuje s vnějším prostředím a dává nám o sobě poměrně značné množství informací, zejména pak o svém izolačním systému.

Izolační systém lze rozdělit na dvě základní části, a to vlastní olej a papírovou izolaci (pokud je v transformátoru použita - v současnosti používá papír naprostá většina výkonových transformátorů o napěťové úrovni 110 kV a více). Každý z těchto prvků produkuje vlastní spektrum plynů, na základě jejichž množství a poměrů lze usoudit druh a závažnost poruchy, v případě papíru i na rychlost stárnutí a omezení provozních parametrů.

4.2 Plyny produkované degradací transformátorového oleje

V případě plynů generovaných namáháním oleje lze mluvit o základním spektru pěti plynů, a to o vodíku, metanu, etanu, etylénu a acetylénu, viz obrázek 11.



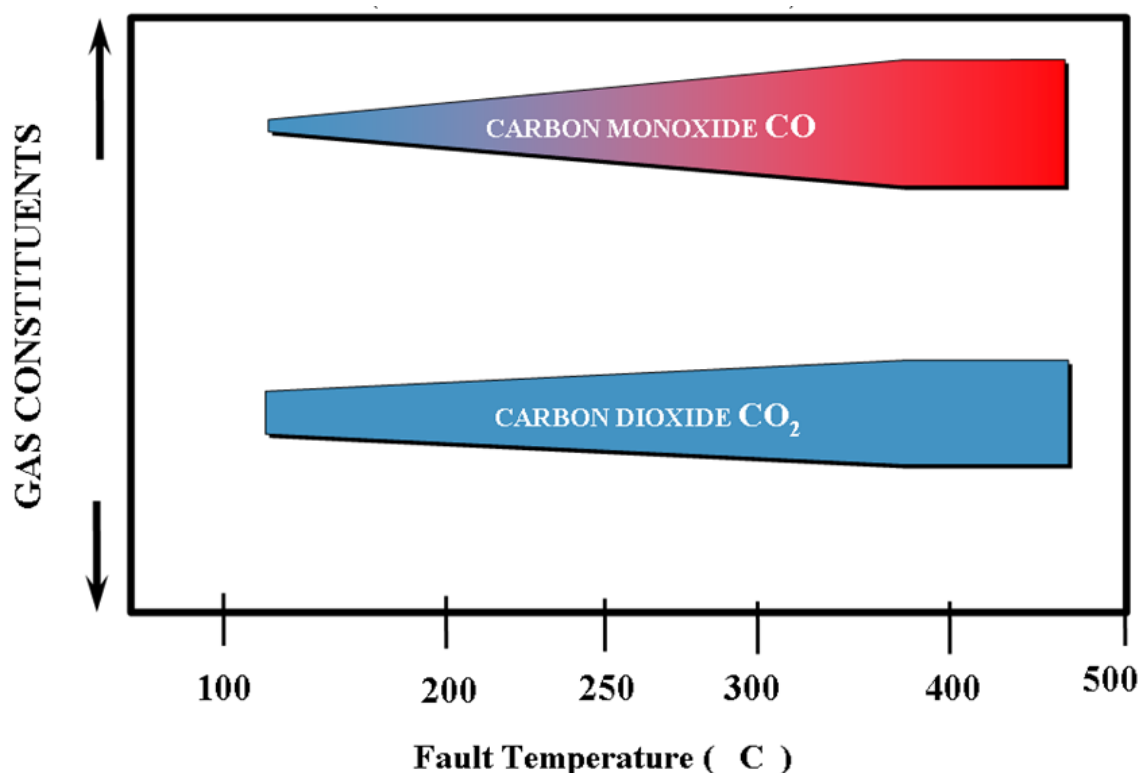
Obr.11 Struktura plynů generovaných degradací transformátorového oleje

Na tomto obrázku je možno vidět, že prvním plynem generovaným při degradaci oleje je vodík, a to od teploty cca 75 °C, přičemž posledním je acetylén, který je možno vygenerovat až při teplotách nad 750 °C. Vodík je tedy prvním vyvíjeným plynem a za jeho „přednost“ lze označit fakt, že jeho množství proporcionálně narůstá s teplotou poruchy, tudíž se jeví z hlediska monitoringu jako klíčovým. **Při monitoringu vodíku je možno s velmi vysokou pravděpodobností předpokládat, že jakákoliv porucha mající za následek degradaci oleje se projeví okamžitým nárůstem množství vodíku.** Za druhý klíčový plyn lze považovat acetylén, neboť jeho přítomnost nás informuje o velmi závažném problému, a to (vzhledem k teplotě vzniku) buď na přítomnost částečných výbojů nebo elektrického oblouku. Samotnou poruchu lze definovat na základě poměrů jednotlivých plynů, v tomto případě obvykle poměrem množství acetylénu vůči vodíku (i když různé interpretační metodiky používají i poměry vůči jiným plynům). Jasnou identifikaci problému může stěžovat výskyt

většího množství poruch, což je však úkol hlavně pro dostatečně kvalifikovanou chromatografickou laboratoř. Dle doporučení IEC by 95% „zdravých“ transformátorů nemělo obsahovat více než 150 ppm H₂. **Je tedy možno konstatovat, že monitoring H₂ je zcela nezbytný pro monitoring degradace oleje a jeho namáhání.**

4.3 Plyny produkované degradací papírové izolace

Při degradaci papírové izolace vznikají dva základní plyny - CO a CO₂, viz obrázek 12.



Obr.12 Struktura plynů generovaných degradací papírové izolace

Oba plyny lze hodnotit z hlediska teploty vzniku jako ekvivalentní. CO je z hlediska monitoring výhodnější, neboť jeho množství se zvyšující se teplotou poruchy výrazněji narůstá (samozřejmě pouze do okamžiku celkového „vyhoření“ izolace v místě poruchy. Dle doporučení IEC by 95% „zdravých“ transformátorů nemělo obsahovat více než 750 ppm CO. **Je tedy možno konstatovat, že monitoring CO je zcela nezbytný pro monitoring papírové izolace.**

5 Požadavky na vybavení pro on-line monitoring

V předcházejících kapitolách byly popsány klíčové plyny, jež je možno monitorovat v transformátorovém oleji, jednalo se o:

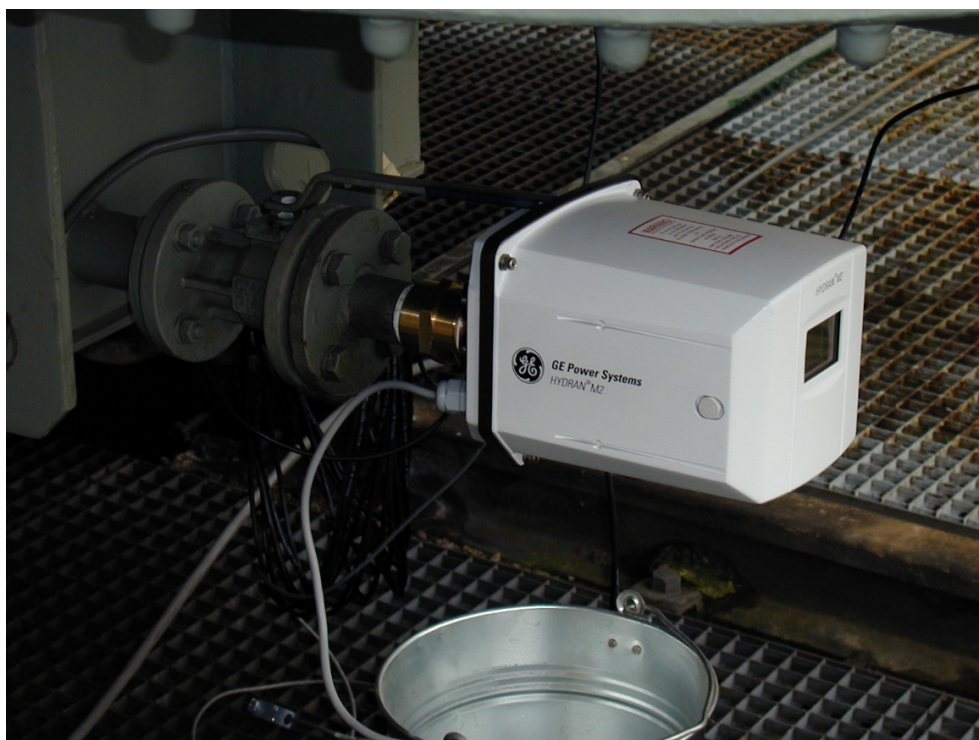
- vodík - základní plyn generovaný degradací transformátorového oleje,
- CO - základní plyn generovaný degradací papírové izolace,

- H_2O - voda výrazně ovlivňuje rychlost stárnutí izolace a současně maximální provozní teploty transformátoru a tím i jeho zátěž a využitelnost v provozu.

Základním požadavkem na monitoring transformátorového oleje by tedy měla **být schopnost detekovat všechny výše uvedené veličiny (H_2 , CO , H_2O)**. Současně s tím by měl být kladen důraz na opakovatelnost hodnot - nikoliv jejich absolutní přesnost (vyjma vody), neboť jak bylo vysvětleno výše, pro provoz je důležitý trend (změna) měřených parametrů za provozu. Pro zcela přesnou kvantifikaci slouží chromatografie, která je obvykle aplikována v okamžiku výrazných odchylek od běžného provozního stavu.

Monitoring by měl vykazovat i velmi vysokou spolehlivost včetně širokého spektra provozních teplot, odolnosti proti vibracím a vysoký stupeň krytí (IP 66). Z tohoto důvodu lze doporučit systémy, jež nemají žádnou pohyblivou část jako například oběhové čerpadlo nebo solenoidový ventil, jež mohou být častým zdrojem poruch.

Nedílnou součástí by měl být i zcela bezúdržbový provoz nevyžadující kalibrace nebo fyzické zásahy. Současně by měla být možnost nainstalovat monitoring na stávající ventily bez nutnosti zásahů do transformátorů např. tvorbou nových vstupů či otvorů pro vzorkovací příruby a vývody. Montáž by tedy měla být zjednodušena pouze na připojení pomocí stávajícího ventilu (např. vypustný, jako na obrázku 13).



Obr.13 Příklad instalace na stávající vypustný ventil

Monitoring by měl mít možnost dodatečných analogových vstupů pro integraci dalších parametrů, jako je teplota, zátěž a další, které systému umožní autonomně

vypočítávat parametry jako je teplota formace bublin, aktuální rychlost stárnutí, kumulativní rychlost stárnutí a další.

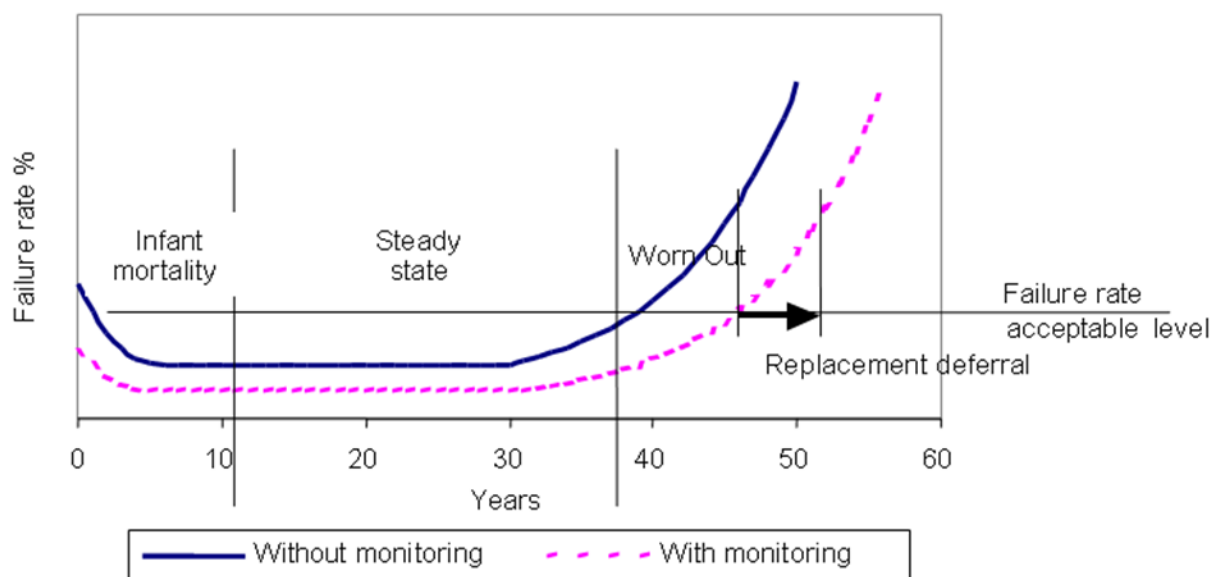
Všechny tyto parametry by systém měl dokázat vyhodnocovat dle uživatelsky nastavitelných kritérií s možností binárních výstupů do nadřazených systémů (tzv. „hlášky“ přes reléové výstupy). Ty by měly umožňovat varovat nejen při dosažení určitých absolutních hodnot, ale i při definovaných rychlostech nárůstu plynování.

Samozřejmostí by měla být možnost kompletní vzdálené parametrizace a vyčítání zabudovaných pamětí, a to ať již lokálně, nebo vzdáleně pomocí modemu či přes LAN (například protokolem TCP/IP).

Celkově shrnuto, monitoring by měl být vysoce spolehlivým prvkem v provozu výkonového transformátoru a prvkem včasného varování o rozvíjející se poruše dříve, než skončí výpadkem nebo rozsáhlejším poškozením stroje.

5.1 Závěr a shrnutí

On-line monitoring výkonových transformátorů je dnes již nedílnou součástí moderního provozu výkonových transformátorů, tedy nikoliv pouze transformátorů nových nebo kritických z hlediska své nezastupitelnosti. Jedná se o prvek výrazně prodlužující životnost a spolehlivost transformátoru (viz obrázek 14 - četnost poruch výkonových transformátorů dle CIGRE - WG 12.20)



Obr.14 Porovnání četnosti poruch transformátorů s nasazením monitoringu a bez jeho nasazení dle CIGRE

Dle této statistiky **se nasazením monitoringu na transformátory snižuje četnost poruch o 50% a životnost prodlužuje o 20%**. Jedná se tedy o přístup vhodný pro všechny provozované transformátory. Na otázku, zda je vhodné nasazení na konkrétním transformátoru, si odpovídá provozovatel vždy sám. Klíčovým kritériem není výkon ani napěťová hladina, ale otázka: „Mohu si dovolit bez následků výpadek tohoto transformátoru?“.

6 Závěr

Plynování transformátorů a jejich vlhkost je natolik komplexní veličinou, že ji není možno za běžných podmínek kvantifikovat v jednotlivých částech stroje pouze na základě statických odběrů pro určení obsahu vlhkosti. Vlhkost ovlivňuje jak provozní, tak životnostní charakteristiky stroje a z toho důvodu je vhodné ji monitorovat, nejlépe společně s on-line výpočty zmíněných parametrů.

Cílem tohoto materiálu nebyl detailní popis všech možností a způsobů monitoringu výkonových transformátorů. Cílem bylo popsat základní možnosti on-line monitoringu transformátorových olejů včetně popisu klíčových parametrů a shrnutí požadavků, jež by na monitoringy měly být kladeny.

Popisu komplexních systémů včetně možnosti řízení stárnutí bude v budoucnu věnován zcela samostatný materiál.

Literatura

- [1] Straka, V. Vybrané způsoby diagnostiky elektrických strojů, přístrojů a prvků - dielektrická spektroskopie ve frekvenční doméně. CIRED 2003
- [2] Duval, M. Electra, 133, 40 (1990)
- [3] Oommen, T.V. Gas Generation in Power Transformers
- [4] CIGRE WG 12.20 Economics of Transformer Management
- [5] Griffin, P.J., Bruce, C.M. and J.D. Christie. Comparison of Water Equilibrium in Silicone and Mineral Oil Transformers. Minutes of the Fifty-Fifty Annual Conference of Double Clients, Sec. 10-9.1, 1988
- [6] Canadian Electricity Association (CEA). CEA Project No. 485T1049 On-line Condition Monitoring of Substation Power Equipment - Utility Needs", January 1997
- [7] IEEE Draft (9) document. Guide for the Application of On-Line Monitoring to Liquid-Immersed Transformers

DODÁVÁME

Automobilové a průmyslové oleje
Plastická a speciální maziva
Obráběcí kapaliny
Autochemie
Průmyslová chemie

POSKYTUJEME

Tribotechnické poradenství
Tribotechnické rozborů maziv
Filtrace olejů
Likvidace použitých olejů



oma  **cz**



www.omacz.cz

omacz@omacz.cz
tel: 487 851 016

APLIKOVANÉ HYBRIDNÍ TECHNOLOGIE V SOUČASNÝCH VOZECH

Josef GAMBÁ, P Automobil Import s.r.o., Emil Frey Group CZ, Praha ⁷

1 Úvod

Hybridní pohon automobilu není novinkou posledního desetiletí. Jeho první použití je připisováno Ferdinandu Porsche již na začátku 20. století, kdy poprvé byl představen funkční „hybrid“ Automobil kombinoval spalovací motor Daimler s dynamem, bateriemi a 4 motory přímo v nábojích kol. Vzhledem k vysoké hmotnosti a složitosti se vývoj kombinovaných pohonů téměř zastavil. Novodobé automobilky pokračovali pouze se spalovacími motory. Konstrukteři automobilů se ke kombinaci pohonu spalovací motor a elektromotor vrací až koncem 90. let 20. století.

Cílem mého příspěvku není sumarizovat veškeré typy hybridů. Soustředíme se na současnou problematiku a připravované aplikace v budoucích moderních automobilech. Příspěvek je věnován osobním automobilům a okrajově se dotýká i lehkých užitkových vozidel.

2 Legislativa EU

(zdroj, <https://www.consilium.europa.eu> , <https://www.eea.europa.eu/>)

Současné plánované změny v moderních pohonů jasně vedou ke kompletní dekarbonizaci v silniční dopravě. Snižování spotřeby klasických uhlovodíkových paliv v dopravě přímo úměrně snižuje jak uhlíkovou stopu, tak i emise škodlivin.

2.1 CO₂

Určitá opatření přináší balíček *Fit for 55*. Jedná se o soubor opatření Evropské unie s cílem ušetřit emise skleníkových plynů z provozu osobních aut a dodávek o -55% do roku 2030. Evropská komise si od tohoto kroku slibuje, že automobilky na starém kontinentu urychleně přistoupí k inovativním řešením a zodpovědně budou investovat jen do takových technologií, které jsou udržitelné a konkurenceschopné zejména vůči asijským automobilkám. Potenciální nepřipravenost evropského autoprůmyslu může ohrozit může využít zejména Čína, která je v současnosti největším producentem aut na světě.

Kontext: Poslední průzkumy ukazují, že osobní auta (12%) a dodávky (2,5%) tvoří téměř 15% celkových emisí oxidu uhličitého v Evropě.

Fit for 55 je velmi ambiciózní plán a zřejmě se dotkne nejen výrobců, ale také spotřebitelů.

⁷ Josef Gamba, CTD

technický poradce DTR, Environmentální řízení

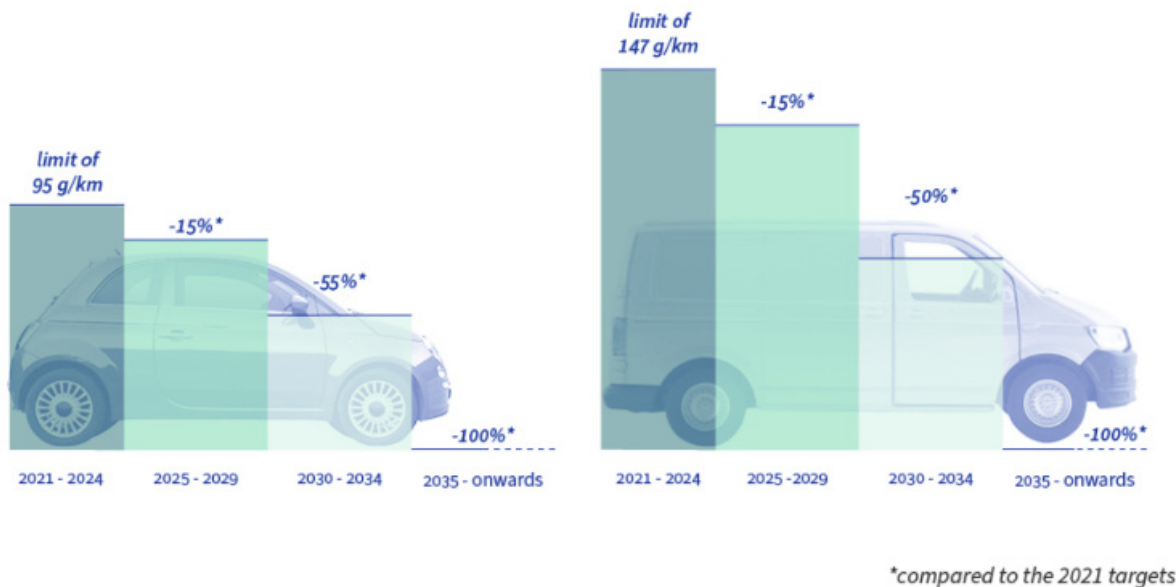
P Automobil Import s.r.o., Emil Frey Group CZ

Kolbenova 3, 190 00 Praha 9

mobil: +420 724 009 707, e-mail: josef.gamba@p-automobil-import.cz

Platná legislativa

- **pro období 2020 ÷ 2024** je cíl 95 g CO₂/km (NEDC), což odpovídá přibližně 115,1 g CO₂/km (WLTP),
- **od roku 2025** budou platit přísnější cíle pro nově homologované vozy v celé EU: 93,6 g/km. do roku 2029, 49,5 g/km od roku 2030 do roku 2034 a 0 g/km od roku 2035; toto je znázorněno na obrázku 1,
- **27. května 2025** přijala Rada EU změnu nařízení o normách CO₂ pro nově homologované osobní automobily a dodávky; milníkem stále zůstává rok 2035 = 0 g CO₂/km.



Obr.1 Cíle pro nově homologované vozy v celé EU

2.2 Euro 7

Normy „Euro 1 ÷ 6“ limitují emise škodlivin ve výfukových plynech. Původní návrh normy Euro 7 přinášel některá jen těžce realizovatelná technická řešení aplikovatelná ve výrobě. Pokud by se přijala její původní koncepce, zřejmě by došlo ještě k vyššímu zatížení evropských výrobců aut a tím i snížení konkurenceschopnosti evropských automobilek. Velkou zásluhu na zmírnění normy nese i české ministerstvo dopravy spolu s SAP, kterým se podařilo spolu s ostatními stejně smýšlejícími státy normu dostat do stavu „technické realizovatelnosti“.

Norma Euro 7 prakticky neupravuje samotné emise škodlivin a hodnoty se od předchozí Euro 6 nemění. Samotná úprava spočívá v zcela nových oblastech, jakými jsou limity pro emise částic z opotřebených brzd a pneumatik. Tím se navíc dotýká nově elektromobilů. Pro elektromobily dále stanovuje povinnosti ohledně životnosti baterií. Zavádí minimální požadavky na SOH baterií takto:

- 80% 5 let od začátku životnosti nebo 100 tis. km
- 72% 8 let od začátku životnosti nebo 160 tis. km

Za zmínku stojí snížení limitu pro odpařených uhlovodíků mimo výfuk (nádřž a soustava). Norma snižuje limit z původních 2 g na zkoušku na 1,5 g. To platí pouze pro benzínová auta.

Od roku 2027 je pro všechna osobní auta stanovena jejich životnost. Po dobu 8 let nebo 160 tis. km je povinností výrobce zaručit udržitelnost automobilu ve smyslu původní kvality (dostupnost servisu, náhradní díly)

3 Účel hybridu

Primární účel hybridních aut je snížení spotřeby klasických fosilních paliv. Principem je **kombinace spalovacího motoru většinou s elektromotorem**. Hybrid velmi pozitivně působí na majitele aut s klasickým motorem, kteří například čistě elektrická auta odmítají.

Jako spalovací motor se jeví lepší ten benzínový, neboť spalováním benzínu ve stechiometrické směsi se tvoří méně CO_2 než u nafty. **Benzín** = 3 366 g CO_2 /l a **Nafta** = 3 616 g CO_2 /l paliva. V praxi se ukazuje, že díky lepší účinnosti dieselového motoru má diesel menší spotřebu paliva než benzínový motor. Obecně platí, že spalováním nafty šetříme asi 13,5%/l paliva oproti spalování benzínu. Tento rozdíl zvýhodňuje vznětové motory, tak proč se nepoužívají pro hybridní technologie? Důvod je prostý. Optimálním spalováním nafty dochází k vysokému nárůstu oxidů dusíku (NO_x). Ty se velmi špatně a komplikovaně redukují zpět na dusík. Dnes pro redukcii NO_x ve výfuku používá metoda selektivní redukce za pomoci činidla AdBlue a katalyzátoru Denox. Technologie je sice velmi účinná, ale prodražuje vstupní náklady a náklady na údržbu. Poslední verze moderních dieselů mají spotřebu AdBlue i přes 3 l/1000 km. Zvýšením spotřeby AdBlue vznikají sekundární emise CO_2 , neboť výroba činidla je poměrně uhlíkově náročná. Dá se tedy předpokládat, že v budoucnosti se s dieselem spíše nepočítá.

V souvislosti s tématem paliv nesmíme opomenout modernizaci samotných paliv. Diskutuje se budoucí výroba alternativních paliv, která by z podstaty snižovala CO_2 . Současná směrnice AFI uznává šest typů alternativních paliv: vodík, biopaliva, syntetická a parafinická paliva, zemní plyn včetně biometanu v plynné formě CNG, zkapalněný zemní plyn LNG, zkapalněný ropný plyn LPG.

Elektromotory současných hybridů pracují na společném principu třífázových synchronních motorů s permanentními magnety.

4 Technická řešení hybridních pohonů

Hybridy obecně dělíme do dvou kategorií. Zaprvé ty, co se dají externě nabíjet, mají větší baterii (nad 10 kWh) a za druhé na ty, které tuto možnost nemají. Ty, které můžeme nabíjet z veřejné sítě, označujeme jako plug-in hybrid. Dnes jsou také brány jako nízkoemisní vozy s možností vjezdu do bezemisních zón. Jejich autonomie dojezdu bývá přes 50 km, čistě na elektrický pohon. Hybridy bez možnosti dobíjení jsou zařazeny také do kategorie nízkoemisních vozů, nicméně díky malým kapacitám baterie (okolo 0,5 kWh) se mohou „bezemisně“ pohybovat na vzdálenosti jednotek kilometrů. Nesmíme opomenout ani hybridní variantu Range extender, kde spalovací motor není propojen s převodovkou a pohonem náprav. Spalovací motor pohání výkonný generátor, který dobíjí baterii.

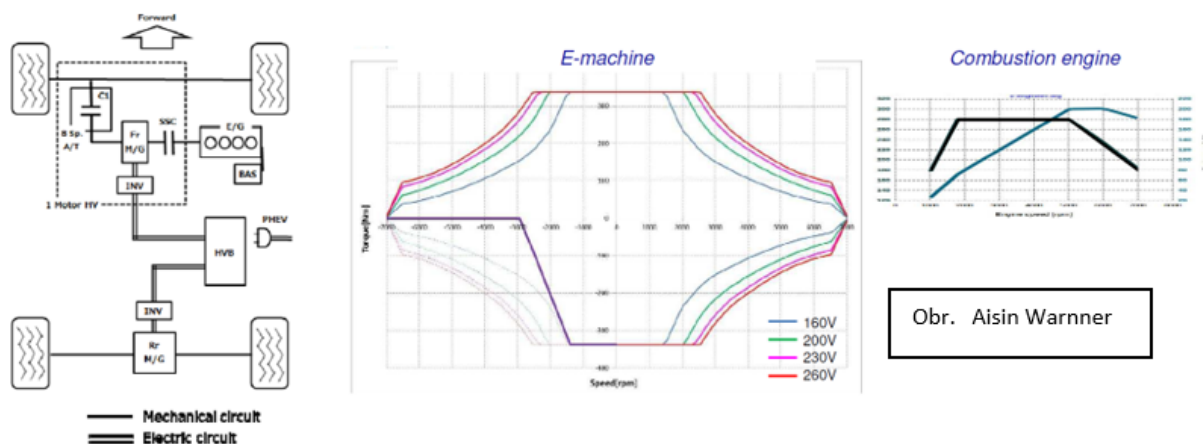
4.1 Plug-in hybrid PHEV

PHEV je kombinací jak klasického motoru (ICE), tak také plného elektromobilu s možností dojezdu >50 km v plně elektrickém režimu. Základem pohonu je spalovací motor, většinou zážehový. Paralelně vedle něj je umístěn elektrický motor, který je propojen s převodovkou stejně jako ten spalovací. Přepínání pohonů nebo zpětná rekuperace je řešena pomocí třecích spojek (většinou mokrých). Dále je nutné propojit spalovací motor s elektromotorem. Důvodů je hned více. Elektrický motor plní jednak funkci startéru pro spalovací motor, simultánně se připojuje ke spalovacímu a pomáhá mu vykryvat jeho neefektivní oblasti výkonu. Jako poslední funkcí je plné propojení ICE a elektromotoru s cílem dobít trakční baterii se stejnou efektivitou, jakou ji dobýváme ze sítě. PHEV disponují vysokonapěťovým obvodem 400 V. Propojení s nápravou je pomocí některého z typů samočinných převodovek.

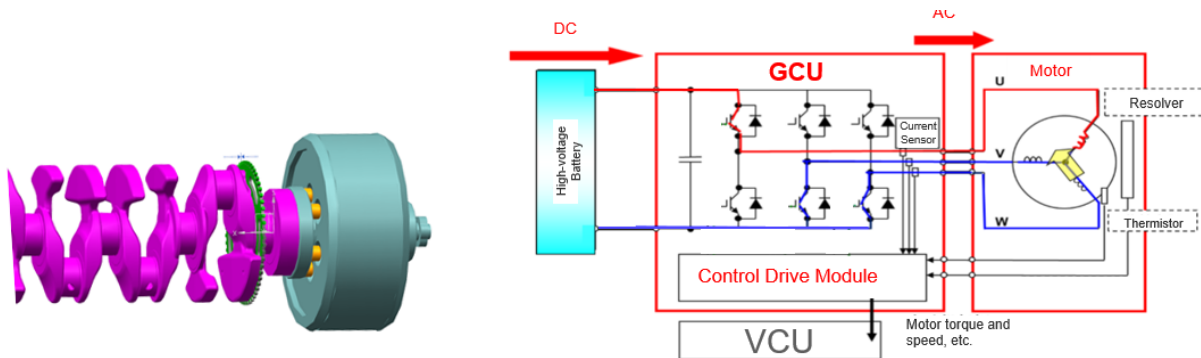
PHEV je technologicky velmi složitý. Obsahuje stejný počet součástí jako klasický automobil s ICE, navíc to samé jako elektromobil BEV, tj. palubní nabíječka, trakční baterie Li-ion, inverter DC/AC a inverter DC/DC pro nabíjení 12 V baterie, vysokonapěťové kabely, oběhová čerpadla pro chlazení, konektor dobíjení typ 2/CCS, elektrický posilovač brzd, infotainment. Nově se zavádí rychlodobíjení DC 400 V.

Nesmíme opomenout poměrně složitý systém uzavřené palivové nádrže (EVAP). U vozidel PHEV není možné zachovat klasické trvalé propojení palivové nádrže přes filtr s aktivním uhlím, který se při každé jízdě regeneruje vrácením par do sání motoru. Abychom zabránili úniku uhlovodíkových par do ovzduší, když auto jede v elektrickém režimu, je třeba nechat palivovou nádrž trvale uzavřenou a propojení přes aktivní uhlí používat jen, když je aktivní spalovací motor. V palivové nádrži je tlak.

Pokud je osazena elektromotorem i zadní náprava, rekuperace a pohon je získáván také z té zadní. Navíc je vozidlo bráno jako plnohodnotné 4x4. PHEV se zadním pohonem elektro a předním prostřednictvím ICE, bez vzájemného mechanického propojení, jsou spíše ojedinělé konstrukce některých značek.



Obr.2 Plug-in hybrid PHEV



Obr.4 Range extender

5 Údržba

Je předepsána vždy výrobcem. V podstatě pravidelně servisovaným prvkem v trakční soustavě zůstává jen spalovací motor a jeho příslušenství. Některé konstrukce hybridních pohonů mají předepsány i pravidelné výměny olejů v reduktorech. Někdy se reduktor nachází v jednom obalu s elektrickým motorem, který je zároveň chlazen identickým olejem. Soustava má svůj nucený oběh oleje a někdy i vyměnitelný filtr. Plug-in hybridy a Range extendery mají předepsanou kontrolu systému EVAP, někdy i s pravidelnou výměnou některých součástí okruhu.

Motorové oleje pro ICE mohou být kompatibilní s paralelně vyráběnými klasickými vozy, nicméně všechny jsou lehkoběžné. Na oleje pro reduktory nebo kompresory klimatizací je kladen důraz ohledně jejich nízké vodivosti. Chladicí soustavy jsou většinou naplněny běžnými směsmi na bázi OAT nebo lobrid.

PREVENCE MÍSTO KATASTROFY: TRIBOTECHNIKA ROZHODUJÍCÍ O BEZPEČNOSTI

Jakub GRUNT, TotalEnergies Marketing ČR s.r.o., Praha ⁸

Anotace

Tribotechnika je dnes integrální součástí prediktivní údržby i řízení bezpečnosti. Správné vykonávané mazání a včasné analýzy olejů dokážou odhalit nastávající poruchy ještě před samotným selháním. Právě u mechanismů, kde ztráta mazacího filmu přímo modifikuje dynamiku soustavy, je „správně, včas a čistě“ rovnocenné s „bezpečně“. Článek demonstruje tuto tezi na havárii Alaska Airlines Flight 261, kde nedostatečné mazání závitového šroubového zvedáku horizontálního stabilizátoru vedlo k fatální ztrátě řízení.

1 Tribotechnika jako bezpečnostní funkce d

V prostředích s vysokým rizikem nelze spoléhat na intervaly kontrol a mazání bez odezvy na reálný stav. Tribodiagnostika prodlužuje tzv. P-F interval (Interval mezi okamžikem, kdy je porucha poprvé detekovatelná - Potential Failure a okamžikem funkčního selhání - Functional Failure) a poskytuje včasné „nápovědy“.

Jedná se tedy o datovou disciplínu s přímým dopadem na funkční bezpečnost. Tam, kde selže mazání, se mění tuhost, tlumení a tření v uzlech - tedy parametry, které rozhodují o stabilitě i kontrole. Predikce (analýza olejů/maziv, online senzory) a prevence (čistota, správná aplikace, správné intervaly) patří do řízení rizik, nikoli jen do údržby.

Prakticky: správné mazivo + správné množství + správné místo + správný čas + správná data. Selže-li kterýkoli prvek, z proaktivní údržby se stává reaktivní riziko.

2 Alaska Airlines Flight 261

Alaska Airlines Flight 261 měl 31. ledna 2000 letět z Puerto Vallarta-Gustavo D. Ordaz (PVR) do San Francisco International (SFO), ale zmizel z radarů asi 4,5 km severně od ostrova Anacapa v Kalifornii. Havarovaný stroj byl McDonnell Douglas DC-9-83 (MD-83), poprvé letěl v roce 1992 a v době nehody měl 26 584 letových hodin a 14 315 cyklů.

Letecká společnost musela v tu dobu snižovat náklady a začala napříč všemi oblastmi bez výjimky. Dokonce i oddělení citlivá na bezpečnost, jako je údržba, znamenala škrtý ve financování.

Každý velký proudový letoun má stavitelný vodorovný stabilizátor řízený stavěcím šroubem: klíčovými díly jsou dlouhý šroub, ACME matice a dva elektromotory. Stavěcí šroub je z tvrdší oceli než matice, která byla zamýšleným „opotřebovatelným“ dílem z praktických i ekonomických důvodů. Celek však musí být dostatečně mazaný, aby se zabránilo kontaktu kov - kov. Při nedostatečném mazání se závit matice

⁸ Ing. Jakub Grunt, CTD
TotalEnergies Marketing ČR s.r.o.
Rohanské nábřeží 678/29, 186 00 Praha 8 - Karlín
mobil: +420 724 506 571, e-mail: jakub.grunt@totalenergies.com, <https://totalenergies.com/>

rychle opotřebují a celý stabilizátor může selhat. McDonnell Douglas vyhodnotil životnost matice na 30 000 hodin, vyžadoval promazání každých 500 h (cca 4 h práce) a kontrolu „end-play“ (měření axiálního pohybu tam a zpět) do 7 200 hodin.

Kvalita údržby u Alaska Airlines však kvůli škrtům výrazně polevila. Aby se zkrátily odstávky, byly intervaly prodlouženy - end-play zhruba z 26 na 30 měsíců $\approx$ 9 550 h a mazání z 500 na 2 250 h. V důsledku toho se matice opotřebovávala až 12x rychleji. Oddělení údržby bylo poddimenzované, technici nedostatečně vyškolení a poslední mazání provedl mechanik za jednu hodinu místo plánovaných čtyř. Úřad pro bezpečnost dopravy konstatoval, že úkon nebyl proveden adekvátně a navíc, že některé úkony byly opakovaně vynechány.

V den nehody ve výšce nad 7 km se závity vytrhly z matice a navinuly na šroub, čímž se ocas letounu zasekl a naklonil mírně „na nos“. Po konzultaci s údržbou se posádka pokusila stabilizátor rozpohybovat, což vedlo k uvolnění zbylých závitů a prudkému přechodu do klesání. I když piloti pád nejdříve na krátkou chvíli vybrali, stabilizátor už držel pouze mechanický doraz, který nebyl dimenzován na vzniklé síly. Ten nakonec povolil a letoun přešel do nekontrolovaného střemhlavého pádu. Posádka se ještě pokusila stroj udržet vzhůru nohama, ale letadlo nakonec dopadlo do moře.

3 Diagnostické signály, které by poruchu odhalily včas

1) Rostoucí točivý moment a odběr proudu elektromotoru

Při stejném aerodynamickém zatížení a podobných podmínkách (rychlost, teplota) se dlouhodobě zvyšuje potřebný moment i proud, což ukazuje na rostoucí tření ve stavěcím šroubu a matici. Sledování a dlouhodobý vývoj hodnot s vyhodnocením odchylky od referenční křivky by ihned upozornilo na nutnost zásahu.

2) Zvětšující se axiální vůle v závitovém spoji šroub - matice

Měření axiálního pohybu v ose v rámci údržby. Nárůst vůle svědčí o opotřebení závitů a ztrátě kontaktní plochy; překročení mezní hodnoty by bylo důvodem k odstavení a výměně.

3) Částice opotřebení v plastickém mazivu

Analýza plastického maziva na množství a velikost kovových částic. Důležitý je především trend. Hrubé, ostré částice a jejich nárůst signalizují adhezivní opotřebení a počínající zadíráání.

4) Změna teplotního profilu pouzder a vedení při delším chodu

Sledování teploty kontaktně nebo termokamerou. Lokální přehřívání proti referenci ukazuje na zhoršené mazání, vyšší tření a možné deformace v okolí závitového páru.

5) Akustické a vibrační projevy při změnách směru pohybu

Při rozběhu a reverzaci se objevují nízkofrekvenční složky, „škubání“ či nepravidelnosti. Průběžné vibrační a akustické měření pomůže zachytit změny tuhosti a tření ještě před funkčním selháním.

6) Vizuální kontrola závitů endoskopem při plánovaných prohlídkách

Dokumentace otláčení, rýh, zabarvení, stop zadírání a porovnání s předchozími záznamy.

4 Získaná poučení

- Kritické funkční uzly musí mít monitorovatelné parametry a limity k odstavení.
 - Limity (moment, proud, vůle, teplota, částice) mají být uvedeny v provozní dokumentaci a jejich překročení musí automaticky spustit rozhodnutí o zastavení provozu a opravě.
- Interval mazání a kontroly musí být validovány reálnými daty (P–F okno poruchy je delší než letový cyklus).
 - Trendování hodnot, pravidelné vyhodnocování a průběžná úprava period podle dat.
- Tribodiagnostika není volitelná * Tribodiagnostika je součást bezpečnostních opatření, nikoli doplněk.
 - Odpovědnosti musí být jasně přiřazeny; při překročení limitů je povinný zásah (ne „doporučení“).
- Každý mazací zásah musí být zaznamenán: kdo, co, kolik, čím, kde, kdy + ideálně i přiložený vzorek oleje/maziva.

5 Shrnutí

Případ AA261 ukazuje, že i robustní konstrukce selže, když je mazání řízeno kalendářem místo skutečným stavem a chybí systematická tribodiagnostika. Prodloužené intervaly a zkrácené postupy zkrátily interval od rozpoznatelné poruchy po selhání (P-F), zatímco sledované signály (nárůst momentu/odběru motoru stavěcího šroubu, zvětšující se axiální vůle - end-play, částice opotřebení v mazivu, teplotní odchylky a akusticko-vibrační jevy) by při průběžném vyhodnocování a s jasně stanovenými hranicemi pro pokračování provozu či odstavení vedly k včasnému zásahu. Projevilo se, jak klíčové je propojit diagnostiku s rozhodováním - mít pevné limity, úplnou evidenci zásahů, kvalifikovaný personál a pravidelnou prověrku řízení mazání. Tam, kde se to dodržuje, se mazací uzly stávají bezpečnostní bariérou místo zdroje rizika.

6 Závěr

Tribotechnika není nadstandard, ale bezpečnostní funkce. U kritických uzlů musí být stanoveny měřitelné cíle čistoty a kontaminace, zavedeno průběžné i laboratorní sledování stavu a intervaly údržby odvozené od skutečného opotřebení. Výše představený příklad potvrzuje, že „správně, včas a čistě = bezpečně“. Bez správných údajů a dodržování stanovených kroků se proaktivní údržba mění v reaktivní riziko. Je vhodné proto stanovit pevné limity pro odstavení, sledování trendů klíčových sig-

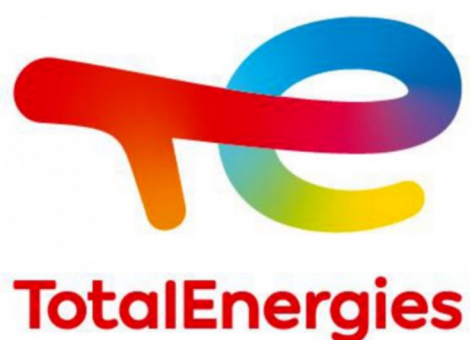
nálů, důslednou dokumentaci a pravidelné prověrky. Nejlevnější bezpečnostní prvek je totiž ten, který udrží mazací film naživu.

Literatura

- [1] National Transportation Safety Board. Loss of Control and Impact with Pacific Ocean, Alaska Airlines Flight 261, McDonnell Douglas MD-83, N963AS, About 2.7 Miles North of Anacapa Island, California, January 31, 2000 (Aircraft Accident Report NTSB/AAR-02/01). Washington, DC: NTSB, 2003. [online]. [cit. 26. 9. 2025]. Dostupné z:
<https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR0201.pdf>
- [2] Federal Aviation Administration. McDonnell Douglas MD-83 - Alaska Airlines Flight 261, N963AS (Lessons Learned). [online]. Bez data. [cit. 26. 9. 2025]. Dostupné z:
https://www.faa.gov/lessons_learned/transport_airplane/accidents/N963AS
- [3] National Transportation Safety Board. Docket — Alaska Airlines Flight 261 (DCA00MA023). [online]. Bez data. [cit. 26. 9. 2025]. Dostupné z:
<https://data.nts.gov/Docket/?NTSBNumber=DCA00MA023>
- [4] Admiral Cloudberg. The Price of an Hour: The crash of Alaska Airlines flight 261. Medium, 3. 7. 2021. [online]. [cit. 26. 9. 2025]. Dostupné z:
<https://admiralcloudberg.medium.com/the-price-of-an-hour-the-crash-of-alaska-airlines-flight-261-c797a7c3d90d>
- [5] Simple Flying. Alaska Airlines Flight 261: 5 Shocking Facts About The Tragedy Over The Pacific Ocean. 3. 4. 2024. [online]. [cit. 26. 9. 2025]. Dostupné z:
<https://simpleflying.com/alaska-airlines-flight-261-shocking-facts-list/>



MOTOROVÉ OLEJE



www.totalenergies.cz

MAZIVA A AI ANEB LZE FORMULOVAT MAZIVA POMOCÍ UMĚLÉ INTELIGENCE?

Pavel RŮŽIČKA, Technické a odborné poradenství TechPor, Milovice ⁹

1 Úvod

Je zřejmé, že současný vývoj technologií směřuje k intenzivnímu rozvoji sofistikovaných technických zařízení v širokém spektru průmyslových odvětví, jejichž základním cílem je nabídnout náročným spotřebitelům technicky stále dokonalejší výrobky.

V důsledku toho jsou vyvíjeny moderní technologie, jejichž základem jsou strojní zařízení a celky vyžadující kvalitní maziva. Tato maziva musí splňovat technicky velmi náročné a často protichůdně kladené požadavky na provozní parametry. Z tohoto hlediska je tedy již ve fázi projekce a konstrukce velmi efektivní systematická spolupráce odborníků z oblasti maziv a mazání (tribotechniků) s konstruktéry příslušných strojních celků. Vznikají tak stále častěji přímo na zakázku speciální typy maziv, jež svojí funkcí zajišťují dlouhodobý a bezporuchový provoz strojů a zařízení. Jedná se v převážné míře o aplikace s mazivy ve formě mazacích olejů a plastických maziv (obr.1)



Obr.1 Obecná struktura mazacích olejů a plastických maziv

2 Vývoj v oblasti mazacích olejů a plastických maziv pomocí „lidské inteligence“

Vývoj moderních typů maziv probíhá dlouhodobě ve výzkumně vývojových centrech na základě dlouhodobých extrémních provozních testů. Jedná se o výzkumná centra (obr.2), jež jsou průběžně vybavována dokonalejšími technickými zkušebními zařízeními jak pro laboratorní testy, tak pro testy simulující skutečné provozní podmínky. Vývojové práce jsou plánovány a realizovány špičkovými odborníky, lze tak konstatovat, že proces probíhá na základě „lidské inteligence“.

⁹ Ing. Pavel Růžička, Ph.D., CTD
Technické a odborné poradenství TechPor
Armádní 891, 289 24 Milovice
mobil: +420 604 294 073, e-mail: ruzicka-pavel@seznam.cz



Obr.2 Výzkumně vývojové centrum maziv a paliv ve francouzském Solaize

Specifickým trendem ve vývoji maziv je snižování nároků mazaných zařízení na spotřebu energie. Tomu je tak např. v oblasti automobilových a průmyslových aplikací, kde vznikají požadavky na nové typy mazacích olejů a plastických maziv, jež v důsledku minimalizace zejména třecích ztrát v tribologických uzlech výrazně redukuje energetické nároky. Pro mazání spalovacích motorů mobilní techniky jsou tak vyvíjeny ultra nízkoviskózní syntetické oleje s mutigrádními viskozitními rozsahy SAE 0W-20, 0W-16 a dokonce i nejnověji 0W-8. Takovéto formulace snižují spotřebu paliva až o 3% ve srovnání s konvenčními formulacemi. Také u převodových olejů nabývá na stále větším významu ekonomičnost provozu, což zaručují moderní syntetické nízkoviskózní formulace olejů viskozitního rozsahu SAE 75W s velmi účinnými komplexními soubory aditiv.

Podobně v průmyslové oblasti jsou např. vyvíjeny ekonomicky dostupné hydrokrakové formulace hydraulických olejů s extra vysokými viskozitními indexy přesahujícími hodnoty > 185 , jež umožňují použít oleje s nižším ISO VG viskozitním rozsahem. To má opět za následek výrazné snížení třecích ztrát a nároků na spotřebu energie.

3 Možnost zapojení „AI - Umělé inteligence“ do vývoje formulací maziv

S rozvojem aplikací tzv „**AI (Artificial Intelligence)** - umělé inteligence“ se logicky nabízí, zda je možno AI zapojit do vývoje formulací nových typů maziv.

Podíváme-li se na názorové spektrum, které se týká pojmu umělé inteligence, lze se setkat na jedné straně s konstatováním, že AI postupně nahradí inteligenci lidskou a vyřeší všechny úkoly a problémy a na druhé straně s názorem na AI moc nespolehat, dělá chybná rozhodnutí, „vymýšlí si“ apod. Jak tedy zapojit či nezapojit AI do problematiky vývoje formulací maziv ? Předně je zřejmě užitečné podívat se na pojmy lidská a umělá inteligence a jaký je mezi těmito pojmy významový rozdíl.

3.1 „Lidská“ Intelligence

Lidskou inteligenci lze charakterizovat u lidí jako schopnost učit se, poznávat, myslet a vymýšlet, řešit problémy na základě získaných zkušeností, plánovat, vytvá-

řet „nové“. Souvisí se strukturou centrální nervové soustavy, strukturou lidského mozku a zejména obrovským počtem nervových buněk a synapsí (počet propojení nervových buněk). Je zřejmé, že právě složitostí zmíněné nervové soustavy se člověk liší od zvířat. Projevem lidské inteligence bývá činnost „algoritmického systému“, jenž je charakteristický pro lidský mozek.

3.2 „Umělá“ Intelligence - AI

Pojem AI, mimochodem vytvořený lidskou inteligencí, lze charakterizovat jako inteligenci přiřazenou ke strojům, zejména k výkonným počítačovým systémům, které jsou vybaveny složitými algoritmy (zde je analogie AI s lidskou inteligencí, kde lidský mozek je v souvislosti se strukturou strojového systému) a počítačovými programy. Pomocí nich jsou řešeny složité úlohy, jako jsou např. rozpoznávání obrazů, překladače apod. Specifickou oblastí AI představuje tzv. NAI (Narrow Artificial Intelligence), kde se počítačové systémy používají k řešení specificky „úzce“ definovaných úloh a problémů.

3.3 Jak využít AI pro vývoj formulací maziv ?

Z výše uvedeného vyplývá, že se jedná o specificky definovanou problematiku představující charakteristické vlastnosti NAI.

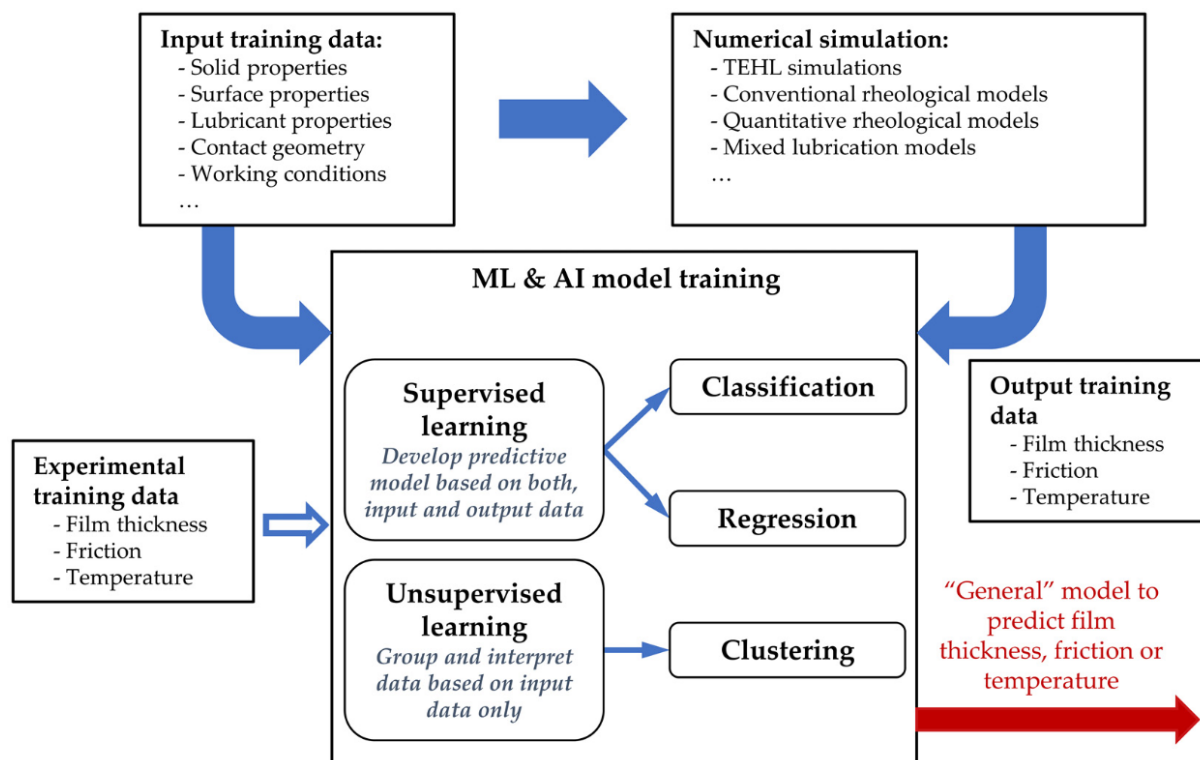
3.3.1 Aplikace vhodně zvoleného maziva

Základní funkcí „mazání tribologických uzlů“ je jednak minimalizace třecích účinků mezi pohybujícími se povrchy součástí (snižování nároků mazaných zařízení na spotřebu energie), a jednak minimalizace opotřebení mazaných součástí, tedy zajištění maximální životnosti a provozní spolehlivosti.

Rozhodnutí jaké mazivo použít může často představovat z důvodu složitějších formulací a počtu maziv složitý problém. Schopnost maziv splnit výše uvedené závisí samozřejmě na použitém základovém oleji (zejména jeho kinematická viskozita) a použitých přísadách. Volba kinematické viskozity závisící na provozním tlaku, teplotě a pevném mazacím filmu s požadovanou mírou smykového napětí může rovněž představovat náročnou úlohu. Problém je pak velmi složitý, pokud se vezme v úvahu funkce a výkon přísad v mezním a smíšeném mazacím režimu. A právě proto zde je možnost pro vývojáře maziv využití NAI, kdy je možno se soustředit na efektivní vývoj maziv s požadovanými vlastnostmi pro konkrétní a velmi často složité provozní podmínky. NAI při použití složitých strojních algoritmických modelů využitím tzv. umělých neuronových sítí ANN (Artificial Neuron Networks) poskytuje hledané řešení zpětnou analýzou dat výkonnostních parametrů maziv [1], [2].

3.3.2 Využití umělé inteligence AI/NAI a strojového učení ML (Machine Learning)

Umělá inteligence používaná v oblasti maziv se samozřejmě vyvíjí pomocí lidské inteligence a je založena na stále složitějších výpočetních modelech a schopnostech strojového učení. Takový model znázorňuje např. obr.3. [1], [2], Model znázorňuje blok vstupních dat (vlastnosti mazaných součástí, povrch, kontaktní geometrie, provozní podmínky...), blok numerické simulace, blok experimentálních dat, blok numerické simulace atd.



Obr.3 Hlavní činnosti a parametry spojené s procesem vývoje, učení a „trénování“ a učení“ modelů (ML(AI) pro stanovení spolehlivého mazání na základě experimentálních a simulačních datových souborů

Vstupní data:	vlastnosti součástí, povrchu, mazací vlastnosti, kontaktní geometrie, provozní podmínky
Numerická simulace:	▪ Termo-Elasto-Hydrodynamické mazání ▪ klasické reologické modely ▪ kvantitativní reologické modely ▪ smíšené modely mazání
Experimentální data:	tloušťka mazacího filmu, teplota, tření
Výstupní data:	tloušťka mazacího filmu, teplota, tření
Model strojového učení ML a AI:	▪ „učení pod dohledem a bez dohledu“ ▪ klasifikace, regrese, shromažďování ...

„Výsledný“ model stanovující tloušťku mazacího filmu, teploty...

4 Závěr

Propojení strojového učení ML a AI v tribologii umožňuje vývoj dokonalejších formulací maziv, dokonalejší modely mazání, volbu optimálních maziv a průběžné zdokonalování tribologických modelů pomocí umělé inteligence na základě zpětné vazby z reálného světa, což umožňuje zajistit v provozních podmínkách dlouhodobé spolehlivé mazání a prodloužit životnost provozovaných zařízení.

Literatura

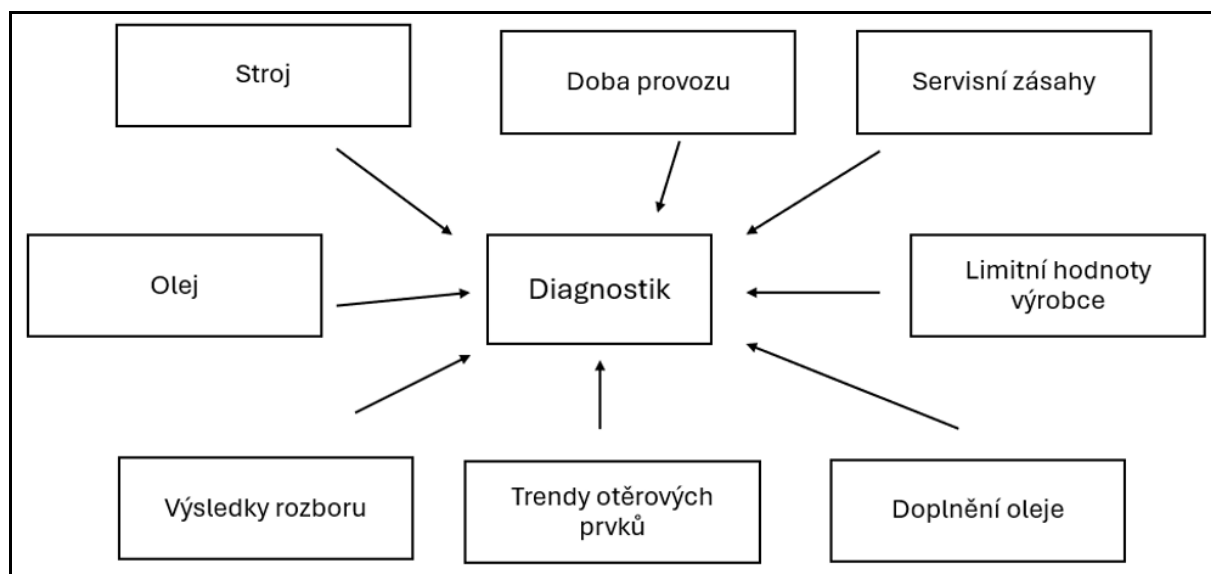
- [1] Shah, R., Jaramillo, R., Thomas, G., Rayhan, T., Hossain, N., Kchaou, M., Profito, F.J. and A. Rosenkranz. Artificial Intelligence and Machine Learning in Tribology: Selected Case Studies and Overall Potential. *In Advanced Engineering Materials*, 2025, 2401944
- [2] Rosenkranz, A., Marian, M., Profito, F.J., Aragon, N. and R. Shah. The use of artificial intelligence in tribology - A perspective. *In Lubricants*, 2020, 9.1: 2

ZAPOJENÍ UMĚLÉ INTELIGENCE DO ANALÝZY OLEJŮ A FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY

Tomáš TURAN, ALS Czech Republic, s.r.o., Oil&Lubricants, Praha ¹⁰

Umělá inteligence - pojem, který je v dnešní době velmi často zmiňován v souvislosti s používáním v různých oborech od her, přes zdravotnictví až po rozpoznávání věcí, a dokonce i lidských obličejů. Bylo by ale mylné se domnívat, že používání umělé inteligence je doménou jen posledních let. Počátky zájmu lidí o používání strojové inteligence sahají už do období před 2.světovou válkou. Od té doby se technika výrazně vylepšila, a i lidstvo začalo počítače využívat v čím dál větší míře. Stačí uvést příklad z našeho oboru. Před 20 lety se standardně k měření hodnoty čísla kyselosti používali tužka, papír a lidský zrak (bylo to v době, kdy se během týdne provedl rozbor zhruba 50 vzorků). Pomocí toho se zaznamenávaly hodnoty napětí a v bodě, který vykazoval největší změnu napětí, se odečetl objem titračního roztoku. Tato hodnota se použila pro výpočet čísla kyselosti. V dnešní době, kdy je počet vzorků až dvacetkrát vyšší, je tato ruční práce nahrazena automatickým systémem a softwarem, který je několikanásobně efektivnější než člověk, tužka a papír.

V oblasti diagnostiky výsledků je vývoj velmi podobný a vlastně je zcela logické, že kopíruje cestu automatizace jako u samotných analýz. K tomu, aby diagnostik mohl vynést správný závěr, je nutné mít k dispozici dostatečné množství informací (viz obrázek 1).



Obr.1 Zdroje informací důležité k vytvoření správného závěru a doporučení

¹⁰ Ing. Tomáš Turan, CTD
ALS Czech Republic, s.r.o.
Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9
tel.: +420 284 081 575, e-mail: tomas.turan@alsglobal.com, <https://www.alsglobal.cz/>

Bez informace, o jaký typ zařízení se jedná, jaký typ a viskozita oleje se používá, jak dlouho je olej v systému nebo zda došlo během provozu k doplnění oleje, případně jaký problém se u stroje objevuje, bez toho všeho jsou závěry diagnostika pouze odhady a jeho vyhodnocení nemusí být zcela přesné. S tím samozřejmě souvisí i možné doporučení, co s takovým olejem ve stroji udělat, protože většinou je na výběr více možností co doporučit a diagnostik uvádí to, které by mělo být nejefektivnější. Nakonec ale koncový uživatel stroje provede opatření, které mu může více vyhovovat z hlediska šetření nákladů nebo času. Ve chvíli, kdy jsou všechny informace k dispozici, je možné tato data použít k vytvoření algoritmů a vět, které mohou usnadnit práci diagnostika a vytvořit hodnocení a doporučení, které diagnostik pak už jen kontroluje a případně může upravit nebo také odmítnout, protože se ukáže, že pro správné vyhodnocení chybí jedna důležitá informace.

Tab.1 Limitní hodnoty pro určitý typ převodu

	Normální		Pozor		Abnormální		Závažné		Zvláštní	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Al	0	10	11	15	16	20	21	1000		
Ni	0	5	6	10	11	15	16	1000		
Cr	0	5	6	10	11	15	16	1000		
Fe	0	60	61	100	101	150	151	5000		
Cu	0	10	11	15	16	20	21	1000		
Pb	0	10	11	15	16	20	21	1000		
Sn	0	5	6	10	11	15	16	1000		
Si	0	20	21	25	26	30	31	1000		
Na	0	25	26	30	31	50	51	1000		
K	0	100	101	9999						
Mo										
B										
Mg										
Ca										
Zn										
Pb										
voda	0	0.1	0.11	0.5	0.6	1.0	1.1	100		
V40										
V100										
TAN										
PQ index	0	45	46	50	51	55	56	10000		
oxidace										
Ba	0	0							1	9999
Mn	0	3							1	9999
Ti										
V	0	5							1	9999
Ag	0	5							1	9999
Li	0	3							1	9999

Aby však mohly být věty a algoritmy sestaveny, je nutné mít širokou databázi strojů, jejich limitních hodnot, výsledků a i doporučení, které se budou generovat. Kde takové informace získat? K vytvoření databáze strojů často slouží podklady zákazníka podle toho, jaké typy stroje používá. Limitní hodnoty jsou buď dodány výrobcem strojů, nebo si je vytvoří zákazník na základě historických výsledků, případně

mohou být dodány i samotnou laboratoří, která má dostatečné množství výsledků pro daný typ stroje a dokáže podle toho nastavit limitní hodnoty. Jak takové limitní hodnoty mohou vypadat je možné se podívat v tabulce 1, kde jsou uvedeny limitní obsahy otěrových prvků pro určitý typ převodu. Je zde také patrné, jakým způsobem se označují jednotlivé úrovně závažnosti i s variantou „zvláštní“, která se objevuje v případech neobvyklých obsahů některých prvků. V tabulce 1 je také vidět, že zdaleka ne všechny parametry, které se sledují, mají limitní hodnoty. Některé parametry jsou závislé na používaném typu oleje. Jelikož není možné tímto způsobem podchytit jednoduše všechny typy olejů, které se v takovém převodu mohou používat, nejsou tyto parametry zahrnuty do vyhodnocení zařízení systémem, ale zůstává pak na diagnostikovi, aby posoudil, zda nevyhodnocené parametry odpovídají použitému typu oleje (viskozita, obsah aditivních prvků apod.).

Také v případě olejů je ale možné vytvořit parametry, které se budou používat pro vyhodnocení (příklad v tabulce 2). Pro získání parametrů oleje je nutná analýza nového oleje, alespoň, co se týká obsahu prvků nebo hodnoty TAN. Některé parametry je možné získat z technického listu produktu, ale ne vždy jsou tyto hodnoty dostatečné a je lepší, například v případě čísla kyselosti nebo viskozity, naměřit aktuální hodnotu, ze které je možné pak nastavit limitní hodnoty.

Tab.2 Charakteristické hodnoty pro určitý typ oleje

Na	K	Mo	B	Mg	Ca	Zn	P	V40
<1	<1	<1	<1	<1	5	2	193	320
TAN	Ba	Mn	Ti	V	Ag	Li		
0.3	<1	1	<1	<1	<1	1		

Takže pokud máme k dispozici limity pro převod a nový převodový olej, můžeme tyto informace použít k vyhodnocení analýz oleje i stavu stroje. Umělá inteligence označí zelenou barvou všechny parametry, které odpovídají limitním hodnotám stroje i oleje a pak příslušné nevyhovující hodnoty označí příslušnou barvou podle toho, jak moc jsou mimo standardní hodnoty. V případě, že všechny parametry mají limitní hodnotu, která je vyhovující, doplní systém věty, které jsou nastaveny pro případ, že je vše v pořádku a může odeslat výsledky zákazníkovi nebo je před odesláním ještě zkontroluje diagnostik. Pokud se objeví parametr, který je mimo standardní hodnotu, systém ho označí příslušnou barvou závažnosti a ponechá ho diagnostikovi k posouzení, zda je tento parametr opravdu mimo limit, nebo existuje nějaká příčina, která umožňuje označený parametr vrátit do normálního hodnocení. Takovým případem může být, pokud zákazník chybně označí název oleje, a tedy některé aditivní prvky, jsou potom označeny například žlutou barvou, protože jejich obsah nevyhovuje standardním hodnotám. Diagnostik tedy posoudí, jestli jde skutečně o jiný olej nebo změnu aditivace a je na jeho posouzení, zda označí parametry jako vyhovující nebo varovné s doplněním, že se jedná o jinou aditivaci. Jiným příkladem může být varovné označení otěrových prvků, kde systém může doplnit i příslušné věty, které navrhuje, co v takovém případě udělat. Systém opět ponechá vzorek s výsledky k posouzení diagnostika, který buď navrhované doporučení schválí nebo doplní o svoje další vyhodnocení a doporučení.

S příchodem stále dokonalejší techniky a narůstajícím množstvím vzorkům se používání umělé inteligence jeví jako velmi užitečný nástroj pro zrychlení a zjednodušení práce v laboratoři. Je nutné připomenout, že je důležité používat k vytvoření algoritmů a limitních hodnot jen opravdu ověřené hodnoty. Umělá inteligence může být užitečná jen v případě, že dodané podklady jsou založeny na pravdivých hodnotách, a nikoli na hodnotách vymyšlených. Pokud se podaří vyplnit bílá místa, která dotvoří celkových obrázků o parametrech stroje a oleje, pak takový nástroj umožní spolehlivě nahradit práci diagnostika v případech, které jsou jednoduché a umožní mu věnovat se případům, které vyžadují více času na vyhodnocení.

STANOVENÍ NEFOSILNÍCH SLOŽEK V PALIVECH I JINÝCH MATERIÁLECH

Daniel MAXA, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze ¹¹

1 Úvod

V kontextu globální snahy o dekarbonizaci, zmírnění dopadů klimatické změny a přechodu k udržitelné ekonomice se do popředí dostává využívání surovin nefosilního původu, a to nejen v dopravě a energetice, ale také v chemickém průmyslu. Suroviny nefosilního původu slouží nejen k výrobě paliv, která jsou přímým zdrojem nárůstu koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, ale i mnoha dalších výrobků organické chemie, například plastů. Produkce plastů z obnovitelných zdrojů a zvýšení cirkularity představuje jednu z cest, jak dlouhodobě omezit množství plastového odpadu v životním prostředí nebo množství fosilního oxidu uhličitého uvolňovaného při energetickém využití odpadních plastů. Některé polymery jako PLA jsou „přirozeně“ biologického původu z důvodu výhradního využití biomasy k jejich výrobě, jiné, jako např. PE nebo PET, mohou obsahovat nefosilní uhlík, pokud by při jejich výrobě byly (alespoň z části) využity suroviny nefosilního původu.

Přidávání složek z obnovitelných zdrojů do motorových paliv je klíčové pro snižování emisí uhlíku, což je řízeno i legislativou Evropské unie, jako je směrnice RED II (Renewable Energy Directive) a její revize RED III. V ČR je tento rámec implementován např. zákonem o ochraně ovzduší (zákon 201/2012 Sb.) a vyhláškami provádějícími mechanismus ověřování uhlíkové bilance paliv. Obdobně jsou však zaměřeny i legislativní aktivity mimo Evropskou unii, např. Low Carbon Fuels Standard (LCFS, Kalifornie) nebo cíl dosažení podílu nefosilních zdrojů v celkové spotřebě energie kolem 20% do roku 2025 (Čína). Výroba nebo spotřeba biosložek nebo obecně výrobků obsahujících nefosilní uhlík lze na globální úrovni provádět na základě bilance zdrojů - výroby a importu, nebo distribuce - obchodu). Způsob prokazování obsahu či energetického podílu biopaliv, resp. obnovitelných paliv, upravuje směrnice RED III - 2023/2413 (EU). Problematika této legislativy je však díky své složitosti nad rámec tohoto příspěvku a nebude o ní dále pojednáváno.

V případě, že je třeba kvantifikovat podíl nefosilních složek v konkrétním výrobku, přicházejí ke slovu analytické metody, které musí rozlišit látky fosilního a nefosilního původu na základě vhodného analytického přístupu. Způsob kvantifikace obsahu závisí na chemické povaze bio- (resp. nefosilní) složky a možnostech jejího odlišení od fosilní matrice.

2 Biosložky 1. generace v autobenzínech a jejich stanovení

Mezi biosložky první generace patří bioetanol a ETBE (pro benzín) a FAME (Fatty Acid Methyl Esters, pro motorovou naftu). Jejich podíly v motorových palivech ve výrobě a v distribuci jsou striktně stanoveny evropskými a národními normami.

¹¹ Ing. Daniel Maxa, Ph.D.

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav udržitelných paliv a zelené chemie
Technická 5, 166 28 Praha 6 - Dejvice
tel.: +420 220 444 254, e-mail: daniel.maxa@vscht.cz, <https://www.vscht.cz/>

Požadavky pro automobilové benzíny upravuje norma ČSN EN 228. Ta ve skutečnosti neřeší přímo obsah bio-, resp. nefosilní složky, ale zahrnuje specifikaci parametrů, které s ním souvisí. Jedná se o obsah kyslíku, obsah alkoholů a jiných kyslíkatých látek.

Tab.1 Příklad technických požadavků a metod zkoušení u normy ČSN EN 228, vztahujících se k obsahu (potenciálně) nefosilních složek

parametr (složka)	O < 3,7% hm.	O < 2,7% hm.	metody
kyslík (% hm.) ¹	3,7	2,7	EN 1601
methanol (% obj.)	3,0	3,0	EN 13132
ethanol (% obj.) ²	10,0	5,0	EN ISO 22854
isopropylalkohol (% obj.)	12,0	-	
isobutylalkohol (% obj.) ²	15,0	-	
terc-butylalkohol (% obj.) ³	15,0	-	
ethery s 5 nebo více C atomů (% obj.) ⁴	22,0	-	
jiné kyslíkaté látky (% obj.)	15,0	-	

- Legenda:
- ¹ nepřímý ukazatel nefosilních složek
 - ² biosložka, výroba fermentací z biomasy
 - ³ možný biogenní původ
 - ⁴ částečně biogenní (ethanol pro syntézu)

Norma ČSN EN 1601 definuje metodu stanovení organických kyslíkatých sloučenin a celkového obsahu organicky vázaného kyslíku plynovou chromatografií s detekcí modifikovaným plameno-ionizačním detektorem (O-FID). Je to varianta klasického FID, určená pro selektivní detekci kyslíkatých organických látek - tedy zejména alkoholů, etherů, esterů a dalších biosložek v palivech. Zatímco klasický FID měří ionizační proud vzniklý při spalování uhlíkatých sloučenin ve vodíko-vzduchovém plameni a de facto tak měří celkový obsah uhlíku ve složkách analytu, v O-FID je do systému zařazen speciální reaktor, který mění princip měření tak, aby výsledný signál odpovídal obsahu kyslíku. Ten se převádí na CO a dále na methan, který je dále detekován FID detektorem. Stanovení je většinou prováděno tak, že dva paralelní FID detektory měří celkový obsah uhlíku a současně methan po selektivní konverzi organického kyslíku. Rozdílem signálů se určí množství kyslíkatých sloučenin.

Norma ČSN EN 13132 popisuje stanovení organických kyslíkatých sloučenin a celkového obsahu organicky vázaného kyslíku plynovou chromatografií s přepínáním kolon. Zásadní rozdíl oproti běžné GC spočívá v tom, že se používají dvě (nebo více) chromatografické kolony, mezi nimiž se automaticky přepíná tok eluátu. Vzorek se vstřikuje na nepolární kolonu, která účinně separuje lehké uhlovodíky (C₁ - C₆), část kyslíkatých sloučenin, a zbytek obsahující těžší složky se v přesně definovaném čase přesměruje do druhé kolony. Tím se zajišťuje dělení vzorku podle dvou parametrů - bodu varu (těkavosti) a podle polarit (obsahu kyslíkatých skupin). Detekce slo-

žek odcházejících z kolon se děje pomocí FID detektoru, který reaguje na všechny organické sloučeniny (uhlíkaté i kyslíkaté).

Metoda popsaná normou EN ISO 22854 je rozšířením normy ČSN EN 13132 a umožňuje stanovení většího počtu složek a vyšší přesnost. Tato norma je také předepsaná pro stanovení obsahu ethanolu a vyšších alkoholů v palivu E85. Specifikace a metody zkoušení paliva E85 předepisuje norma ČSN EN 15293.

3 Biosložky 1. generace v motorových naftách a jejich stanovení

Biosložkou 1. generace v motorové naftě jsou metylestery mastných kyselin (FAME). Norma ČSN EN 590 stanovuje technické požadavky pro motorovou naftu, která smí obsahovat až 7,0% (V/V) methylesterů mastných kyselin (FAME), ale také TME (tallow methyl esters - metylestery z odpadních živočišných tuků), které se sice mezi biopaliva 1. generace neřadí, protože k výrobě nepoužívají potravinářskou surovinu, ale mají stejnou chemickou povahu). Předepsanou metodou pro stanovení obsahu FAME je ČSN EN 14078 založená na infračervené spektrometrii. Sleduje se absorbance pásu 1745 cm^{-1} odpovídajícího C=O vazbám esterových skupin FAME. FTIR umožňuje stanovení obsahu FAME v rozsahu 0,05 ÷ 50% obj. (s ředěním). Různé suroviny FAME (např. z palmového, řepkového, sójového oleje nebo použitého tuku) neovlivňují významně IR signál a absorbanci nebo polohu uvedeného pásu C=O skupin.

Referenční metodou pro infračervené stanovení je ČSN EN 14331, která definuje metodu stanovení methylesterů mastných kyselin ve středních destilátech kapalinovou nebo plynovou chromatografií.

Norma ČSN EN 14103 (GC-FID) se používá ke stanovení obsahu esterů (jednotlivých i celkových) a pro ověření, že minimální obsah FAME v čisté bionaftě (např. dle EN 14214) je předepsaných min. 96,5%. Plynová chromatografie separuje estery především na základě délky uhlíkového řetězce a počtu nenasycených vazeb.

Existují další možnosti využití instrumentálních metod pro stanovení FAME ve vzorcích paliv, jako je NMR apod., ale tyto metody neposkytují dostatečně přesné, resp. reprodukovatelné výsledky při dostatečně krátké době stanovení a únosných nákladech na pořízení přístroje nebo provedení analýzy.

4 Uhlovodíkové pokročilé kapalně biosložky a biopaliva

Výše uvedené metody jsou založené na stanovení konkrétních molekul (ethanol) nebo skupin molekul (estery), typických pro daný typ biosložky. Tento přístup není možné uplatnit tehdy, pokud má nefosilní složka paliv nebo jiného produktu stejné složení - obsahuje takové struktury molekul, které jsou běžné i pro fosilní verze výrobku. Typickým příkladem je HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) a většina variant udržitelných leteckých paliv (SAF - Sustainable Aviation Fuel). Jedná se o vysoce kvalitní "drop-in" alternativy fosilních paliv čistě uhlovodíkového složení, vzniklé hlubokým hydrogenačním zpracováním organické suroviny jako v případě HVO (HEFA-SPK - Hydrotreated Esters and Fatty Acids Synthetic Paraffinic Kerosene) nebo, v případě některých variant udržitelných leteckých paliv, syntézou z plynných složek nebo jiných surovin biologického původu (FT-SPK - Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene, ATJ-SPK - Alcohol-To-Jet Synthetic Paraffinic Kerosene). Tyto složky mohou dosahovat 50%, 70% či dokonce 100% podílu v konečné směsi podle certifikačních schválení (např. ASTM D7566). K certifikaci je nezbytné prokázat nejen

operační parametry (výhřevnost, chování při nízkých teplotách, stabilita), ale i podíl uhlíku nefosilního původu pro účely emisních úlev, marketingu či uhlíkové bilance.

Uhlovodíky získané hydrogenačním zpracováním mastných kyselin nebo jejich esterů a syntetické uhlovodíky ve výše uvedených udržitelných leteckých palivech se strukturou neliší od těch, které lze nalézt v hydrogenačně rafinovaných ropných destilátech. Navíc lze tyto druhy paliv vyrábět i tzv. „co processingem“, kdy je organická část suroviny zpracovávána současně s ropnou během jediného rafinačního procesu. Tímto způsobem tedy dochází k mísení obnovitelné a neobnovitelné složky suroviny ještě před klíčovým technologickým krokem výroby paliva. V těchto případech je analytické stanovení složky paliv nefosilního původu klasickými metodami prakticky nemožné.

5 Nefosilní složky plyných paliv

V oblasti plyných uhlovodíkových paliv hraje klíčovou roli biometan. Je definován jako vyčištěný bioplyn, který má složení identické se zemním plynem, avšak vzniká z odpadní biomasy na bioplynových stanicích nebo čistírnách odpadních vod. Musí obsahovat alespoň 95% methanu. Je považován za obnovitelný zdroj pro dekarbonizaci energetiky a dopravy a vykazuje nejnižší emise skleníkových plynů v rámci biopaliv. V České republice jsou již v provozu výroby biometanu, které dodávají plyn do plynárenské sítě. Metan získaný anaerobní digestí v bioplynových stanicích je chemicky neodlišitelný od metanu z fosilních zdrojů (zemního plynu). Také v tomto případě tedy nelze běžnými analytickými metodami stanovit jejich vzájemný poměr ve směsi.

6 Stanovení nefosilních složek na bázi zjištění obsahu uhlíku ^{14}C

Zjištění podílu uhlíku z obnovitelných zdrojů v palivech a jiných materiálech či výrobcích zejména tam, kde běžné analytické metody selhávají, je možné pomocí stanovení obsahu radioaktivního izotopu uhlíku ^{14}C . V přírodě se vyskytují tři izotopy uhlíku - dva stabilní, ^{12}C a ^{13}C , a jeden radioaktivní - ^{14}C . Ten se tvoří v horních vrstvách atmosféry z dusíku ^{14}N po zásahu neutronem. Vzniklé atomy ^{14}C se rychle oxidují reakcí kyslíkem na CO_2 a stanou se součástí celkového obsahu CO_2 v atmosféře. Ten se pak zúčastňuje cyklu fotosyntézy, absorpce v oceánských vodách a dalších procesů, které vedou k tvorbě biomasy. Uhlík ^{14}C postupně podléhá přeměně zpět na dusík beta rozpadem za produkce elektronu. Tento rozpad je relativně pomalý, s poločasem 5 730 let.

Proces tvorby ^{14}C na jedné straně a jeho radioaktivního rozpadu na straně druhé dosáhl na Zemi rovnováhy, což vedlo k ustálení koncentrace ^{14}C v atmosféře a biosféře. Uhlík o izotopovém složení odpovídajícím tomu, který je obsažen v atmosféře (a obecně v cyklu zahrnujícím zachyt z atmosféry a zpětné uvolňování procesy fotosyntézy, rozkladu, spalování, absorpce v oceánech apod.) je označován jako „moderní“ (v protikladu k „fosilnímu“ uhlíku obsaženém v zemním plynu, uhlí, ropě apod.). Materiál z organismů, které přestaly absorbovat „moderní“ uhlík z atmosféry biologickými procesy, postupně ztrácí izotop ^{14}C výše uvedeným radioaktivním rozpadem, což je využíváno k uhlíkovému datování. Princip stanovení poměru biogenního uhlíku v palivech a dalších produktech je pak založen na skutečnosti, že úbytek ^{14}C oproti „modernímu“ uhlíku je způsoben nikoli pomalým rozpadem, ale příměsí

uhlíku fosilního, který izotop ^{14}C již neobsahuje díky rozpadu za dobu, po kterou byly fosilní suroviny zachyceny v podzemních ložiscích.

Měřením podílu ^{14}C ve vzorku a jeho vztažením k obsahu v „moderním“ uhlíku je tak možné přímo stanovit podíl biogenního uhlíku v daném výrobku. Způsob stanovení obsahu uhlíku obnovitelného původu pomocí měření ^{14}C je standardizován normou ČSN EN 16640, ale i ekvivalenty jako ASTM D6866 nebo DIN 51637. Zahrnují různé varianty metod stanovení ^{14}C .

7 LSC (Liquid Scintillation-Counter - kapalinová scintilační spektrometrie)

Kapalinová scintilační metoda je jednou z konvenčních metod radiouhlíkového datování, která je založena na detekci β záření uvolněného při radioaktivním rozpadu ^{14}C . LSC měří množství ^{14}C nepřímo. Využívá emisi β částic, které předávají svou energii scintilačnímu roztoku. Molekuly tohoto roztoku následně uvolňují fotony (scintilace), a četnost vzniklých záblesků je úměrná četnosti β částic. Světlo je pak detekováno a využito ke kvantifikaci.

Účelem scintilačního roztoku („scintilačního koktejlu“, scintilátu, měřicí kapaliny) je převádět energii beta-částic emitovaných radioaktivním rozpadem izotopu ^{14}C na světelné pulsy (fotony). Po detekci těchto světelných pulsů fotonásobiči je možné kvantifikovat aktivitu ^{14}C ve vzorku. Scintilační koktejl se skládá minimálně ze dvou hlavních složek - rozpouštědla a scintilátoru. Rozpouštědlo je látka (nebo směs látek), fungující jako nosič pro rozpuštění vzorku i scintilátoru. Zároveň se jedná o místo počátečního přenosu kinetické energie z produktů rozpadu na scintilátor. Jako vhodné aromatické rozpouštědlo obvykle používá benzen nebo toluen. Scintilátor je látka, která absorbuje energii rozpadu přenesenou z rozpouštědla a emituje světlo (fotony), jehož intenzita je úměrná absorbované energii. Běžně používané scintilační látky zahrnují butyl-PBD (2-(4-bifenylyl)-5-(4-terc-butylfenyl)-1,3,4-oxadiazol) nebo PPO (2,5-difenyloxazol), které se vyznačují velkou schopností fluorescence. Způsob mísení vzorku s koktejlem závisí na použité variantě LSC:

- přímá metoda (Direct LSC) - kapalný vzorek se přímo smísí se scintilačním koktejlem bez předchozí chemické konverze. Tato metoda je cenově nejvýhodnější a nejrychlejší pro rafinérské laboratoře. Nevýhodou je citlivost na tlumení (quenching) fluorescenčního záření, které vede k podhodnocení obsahu ^{14}C . To může být způsobeno přítomností barevných látek ve vzorku (tmavé produkty) nebo látek, způsobujících útlum chemickým působením na koktejl. Tyto problémy lze řešit použitím vhodných postupů, např. vhodnými kalibračními metodami, využívajícími tzv. Spectral Quench Parameter (SQP), kvantifikující úroveň útlumu. Pro vysoce barevné kapaliny se používají metody odbarvení (decolorization).
- konverze na benzen (Metoda C / LSC-B). Vyžaduje chemickou konverzi vzorku (syntézou přes spalování, vznik karbidu lithného, acetylen a jeho trimerizaci) na benzen. Benzen se pak mísí se scintilačním koktejlem. Tato metoda je považována za nej přesnější variantu LSC.
- LSC- CO_2 (karbonátová metoda / LSC-A) - oxid uhličitý získaný spálením vzorku je absorbován alkalickým roztokem nebo karbamátovým roztokem, který je poté smíchán se scintilačním koktejlem. Tato metoda je méně náročná než benzenová syntéza, ale má horší přesnost a citlivost.

Metoda LSC je omezena možnostmi radiometrické detekce fluorescencí a pro vzorky s malou koncentrací ^{14}C vyžaduje buď velké množství materiálu, nebo dlouhé doby měření.

8 AMS (Accelerator Mass Spectrometry - hmotnostní spektrometrie s urychlovačem)

AMS je velmi citlivá metoda pro stanovení ^{14}C . Na rozdíl od LSC nepočítá AMS radioaktivní rozpady prostřednictvím detekce beta záření, ale přímo atomy izotopu ^{14}C . AMS se stala hlavní metodou nejen pro radiouhlíkové datování, ale také právě také pro ověření podílu uhlíku z obnovitelných zdrojů v palivech. Hlavní výhodou je, že vyžaduje velmi malé množství vzorku (od 20 mg), je rychlejší (měření trvá méně než 24 hodin) a například při datování dokáže jít hlouběji do minulosti (až 55 000 let) - obdobně pak umožňuje práci se vzorky s velmi malým podílem uhlíku biologického původu. AMS nabízí vynikající přesnost (relativní směrodatná odchylka $0,1 \div 0,5\%$) a nejnižší detekční limit.

Kapalný vzorek musí být před měřením převeden na pevný uhlík (grafit). Typicky se vzorek spálí na CO_2 , který je následně redukován na grafit na železném katalyzátoru. Atomy uhlíku ve vzorku je následně třeba převést do formy svazku iontů. To se děje ionizací materiálu grafitového terče připraveného ze vzorku. Vzniklé ionty jsou urychleny v elektrostatickém poli o vysokém potenciálu (v urychlovači částic). Vysoký elektrostatický potenciál slouží nejen k urychlení iontů, ale také k tomu, aby do spektrometru prošly pouze vybrané ionty. Ty dále vstupují do magnetického pole spektrometru, kde jsou separovány v závislosti na jejich hmotnosti a náboji. Separované ionty se po průletu hmotnostním spektrometrem detekují a výsledek je vyhodnocen jako poměr izotopů $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ a $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Tento poměr je měřen s přesností až $1:10^{15}$.

AMS je považována za nejuniverzálnější metodu pro širokou škálu typů paliv a zdrojů. Její přesnost je vysoká, relativní chyba se pohybuje mezi $0,1 \div 0,5\%$. Přestože je AMS velmi přesná, její hlavní nevýhodou jsou vysoké náklady na zařízení (až ~2 500 000 USD) a poměrně vysoké náklady na jednu analýzu ($300 \div 500$ USD za vzorek), což ji činí nevhodnou pro rutinní laboratorní použití např. v rafinériích apod. Zařízení jsou rozměrná a typicky umístěná ve velkých výzkumných centrech.

9 Závěr

Stanovení nefosilních složek v palivech a materiálech je zásadní pro sledování cílů dekarbonizace a environmentální udržitelnosti. U biosložek 1. generace se uplatňují klasické chromatografické a spektrální metody podložené evropskými a národními normami. Ty většinou upravují maximální podíl biosložek a jsou založeny na stanovení konkrétních látek, které mají jinou povahu či strukturu než fosilní složky paliv.

Pro jiný účel - ověření skutečného nefosilního původu napříč palivy a dalšími produkty - jsou klíčové metody využívající analýzu radioaktivního uhlíku ^{14}C . Ty z principu neberou v úvahu chemické složení vzorků, ale zaměřují se pouze na přítomnost jednotlivých izotopů uhlíku. Z metod radiouhlíkové analýzy představuje AMS (hmotnostní spektrometrie s urychlovačem) "zlatý standard" díky své vysoké citlivosti a vynikající přesnosti (až $0,2 \div 0,5\%$ relativní směrodatné odchylky). AMS je také vhodná pro validaci a vzorky s nízkým bio-obsahem. Nicméně kvůli extrémním poři-

zovacím nákladům na přístroj, složité přípravě vzorku a vysoké ceně jednotlivé analýzy je pro rutinní průmyslovou praxi nevhodná. Jako kompromisní řešení se proto prosadilo přímé stanovení LSC. I když je LSC cenově výrazně dostupnější a rychlejší, vyžaduje například důsledné řešení problému s útlumem fluorescence způsobeným barvou nebo některými chemickými látkami.

V prostředí produkce paliv nejen mísením fosilních a obnovitelných složek, ale také „co processingu“ ropné a biogenní suroviny je nezbytné kombinovat přístup založený na materiálové bilanci zdrojů (s omezenou přesností kvůli zjednodušujícím předpokladům, jako je rovnoměrná alokace biouhlíku do všech produktů) s pravidelným monitorováním pomocí analýz založených na výše uvedených metodách. Ty se musí potýkat s konfliktem mezi požadavkem na maximální přesnost a potřebou rychlosti a ekonomické dostupnosti rutinních stanovení.

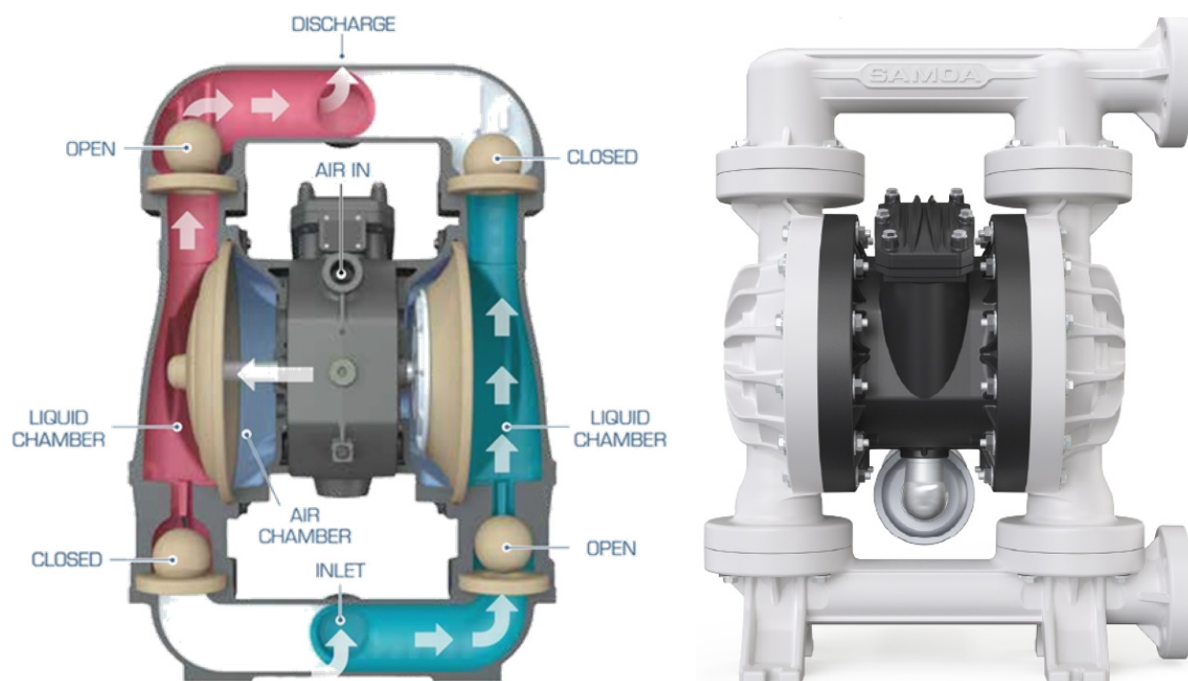
VZDUCHOMEMBRÁNOVÁ ČERPADLA, TECHNICKÉ NOVINKY A CHYBY PŘI INSTALACI

Miloš LUHAN, BJPW Technology s.r.o., Zeleneč ¹²

(text příspěvku zpracován na základě autorem zaslané powerpointové prezentace)

1 Co je vzduchomembránové čerpadlo ?

- čerpadlo, které používá flexibilní membrány k přepravě kapaliny,
- může pracovat se širokou škálou kapalin,
- je schopno čerpat kapaliny, obsahující i pevné částice,
- je považováno za "univerzální" čerpadlo pro více aplikací.



Obr.1

2 Proč zvolit vzduchomembránové čerpadlo?

- schopnost chodu nasucho,
- je samonasávací,
- může čerpat čisté kapaliny nebo kapaliny s pevnými látkami v suspenzi,
- nejlepší čerpadlo pro abrazivní, korozivní a další látky,

¹² Miloš Luhan, CTD

BJPW Technology s.r.o.

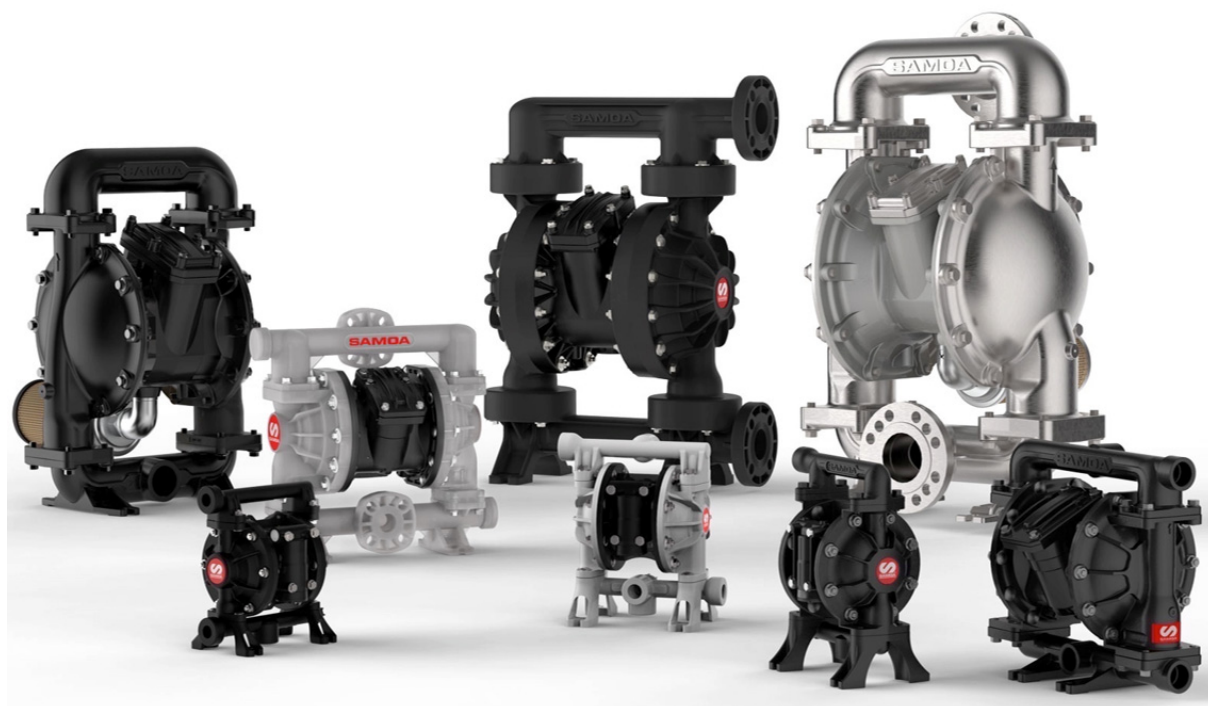
Krylova 565, 250 91 Zeleneč

mobil: +420 601 532 507, e-mail: milosluhan@bjpwt.eu, <https://www.bjpwt.eu/>

- vzduchem poháněné čerpadlo, není potřeba elektřina, tedy velice bezpečné,
- může být zcela ponořeno bez problémů s výkonem nebo bezpečností,
- čerpadlo se zastaví, když se uzavře výstup kapaliny a automaticky se spustí, když se otevře výstup kapaliny,
- nastavitelný průtok a výstupní tlak pouze pomocí regulátoru tlaku vzduchu,
- žádné dynamické a mechanické ucpávky.

3 Vzduchomembránová čerpadla - parametry

- výkon max. = $1000 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$,
- tlak vzduchu max. = 8 bar,
- převodový poměr : 1:1,
- pevné částice max. : 12,7 mm (3" čerpadlo),
- velikosti čerpadel : 3/8", 1/2", 1", 1-1/2", 2" a 3",
- materiál smáčených částí : PP, PVDF, C-Acetal (Ex), C-PP (Ex), Hliník (Ex), Litina (Ex), Nerez ocel AISI 316 (Ex),
- vzduchový ventil : cartridge s **PIVOT ventilem s 3S Actuatorem a rozběhem již při 0,5 bar.**



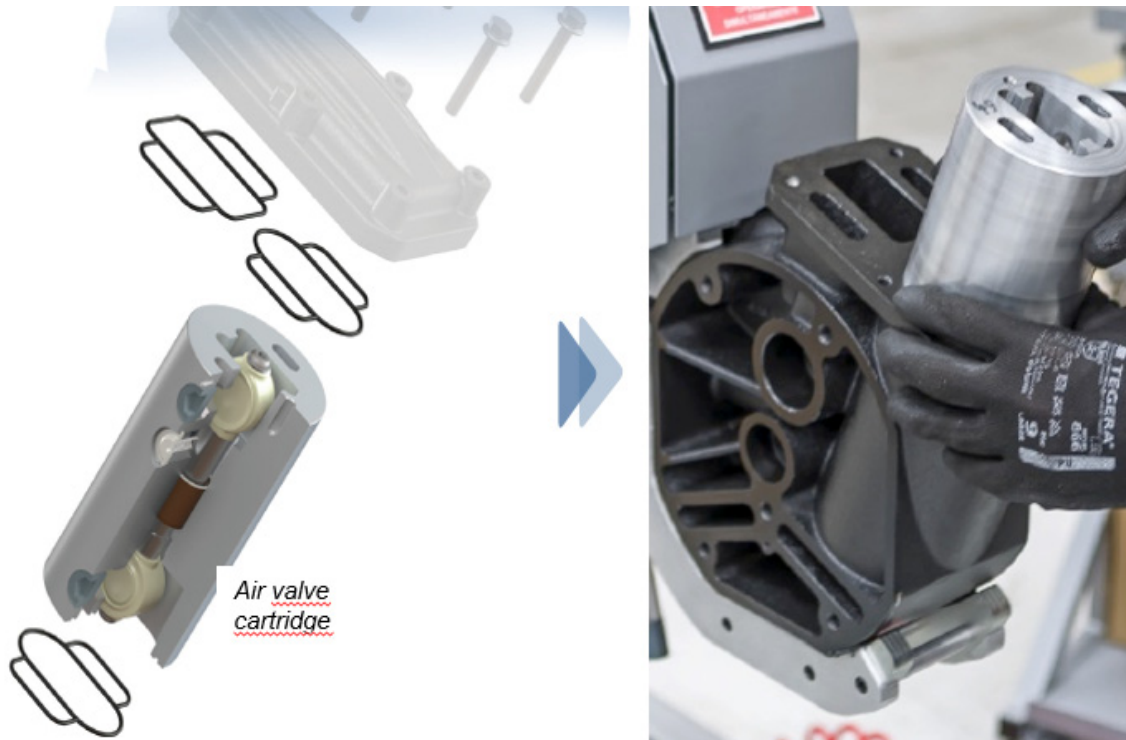
Obr.2

4 Díly čerpadla - kartuše vzduchového ventilu, systém distribuce vzduchu

4.1 Patentovaný pivot ventil

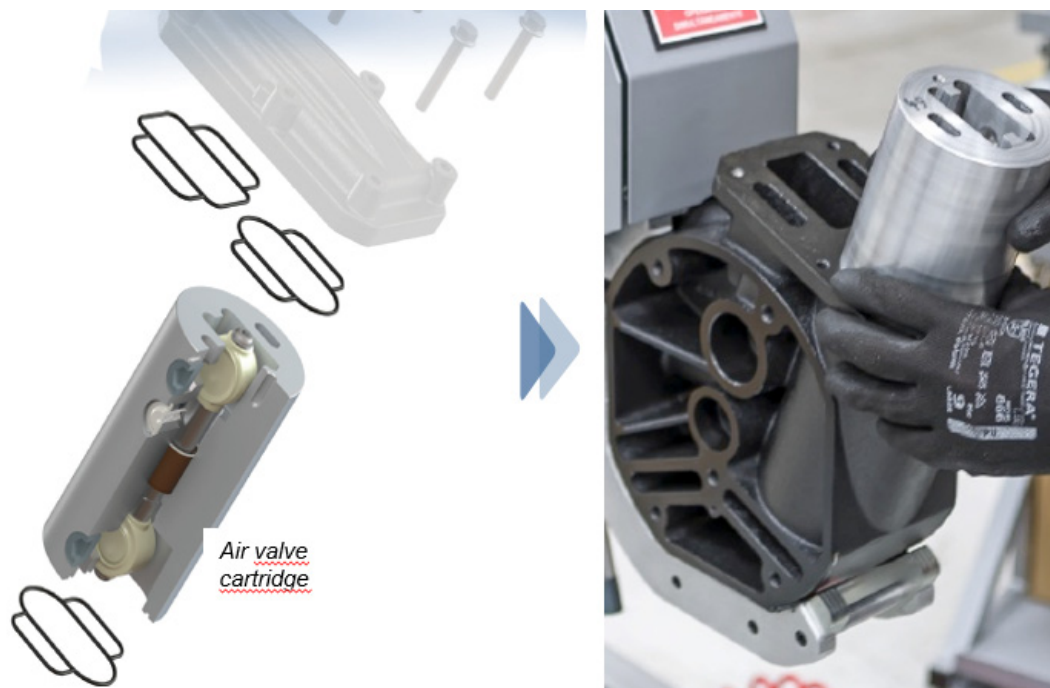
Tato jedinečná patentovaná součást čerpadla vytváří vratný pohyb potřebný k distribuci tlakového vzduchu a k pohybu membrán:

- pracuje s vlhkým nebo nefiltrovaným vzduchem,
- provoz bez mazání,
- čerpadlo nezamrzá,
- dlouhá životnost, žádné opotřebení,
- vyjímatelná a vyměnitelná kartuš,
- **snadnější údržba - max. 60 vteřin na výměnu !!!**

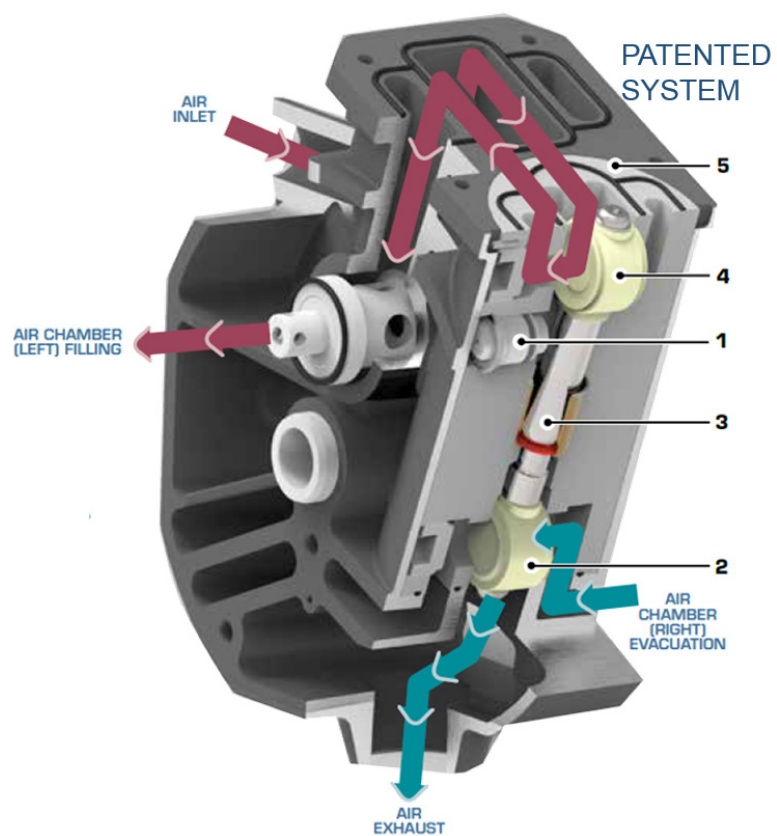


Obr.3

- pivot ventil řídí průtok vzduchu do komor,
- pilotní senzory mění polohu Pivot ventilu,
- minimální vibrace a pulzace,
- spuštění i za tlaku vzduchu 0,5 bar,
- nižší spotřeba vzduchu než u jiných čerpadel až o 30%.



Obr.4



Obr.5

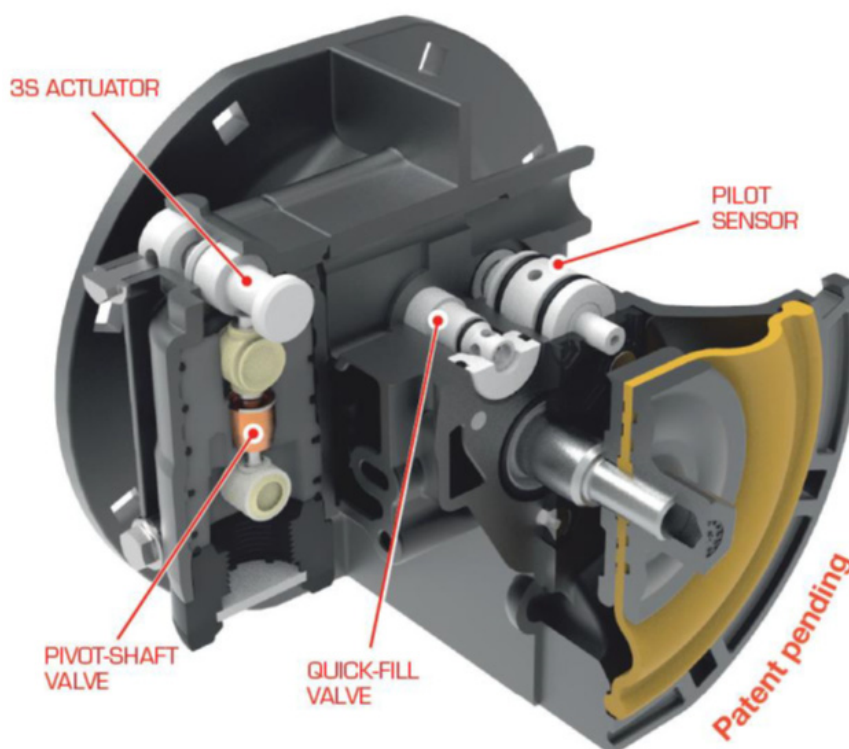
Důvody, proč si vybrat čerpadlo s pivot ventilem:

- **vyšší účinnost** - maximální průtok kapaliny se sníženou spotřebou vzduchu ve srovnání s jinými čerpadly,
- **zvýšená spolehlivost** - žádné zastavení čerpání, žádná námraza a poskytuje spolehlivé spuštění i při nižším tlaku vzduchu,
- **minimální vibrace a pulzace**,
- **šroubovaná konstrukce** - zabraňuje netěsnostem čerpadla; šrouby stejné velikosti v bočních krytech a potrubí na sání i výtlaku pro snadnější údržbu,
- **snadnější údržba** - snížením počtu dílů ve srovnání s jinými čerpadly,
- **univerzální pumpa** - odpovídá relativním rozměrům jiných značek; přímá náhrada za stávající instalovaná čerpadla,
- **vynikající odolnost proti oděru** - optimalizovaná konstrukce sání, výtlaku a dráhy kapaliny snižují rychlost kapaliny a minimalizují opotřebení způsobené abrazí.

4.2 Patentovaný ventil rychlého plnění

Čerpadla velikosti 1" a 1-1/2", jsou nyní vybavena vysoce výkonným ventilem Quick-Fill, který plní vzduchové komory, takže pilotní senzory posílají pouze signály do Pivot ventilu.

Tento nový ventil Quick-Fill zajišťuje přesné plnění vzduchové komory, což výrazně snižuje spotřebu vzduchu a zlepšuje celkový výkon a účinnost čerpadla.



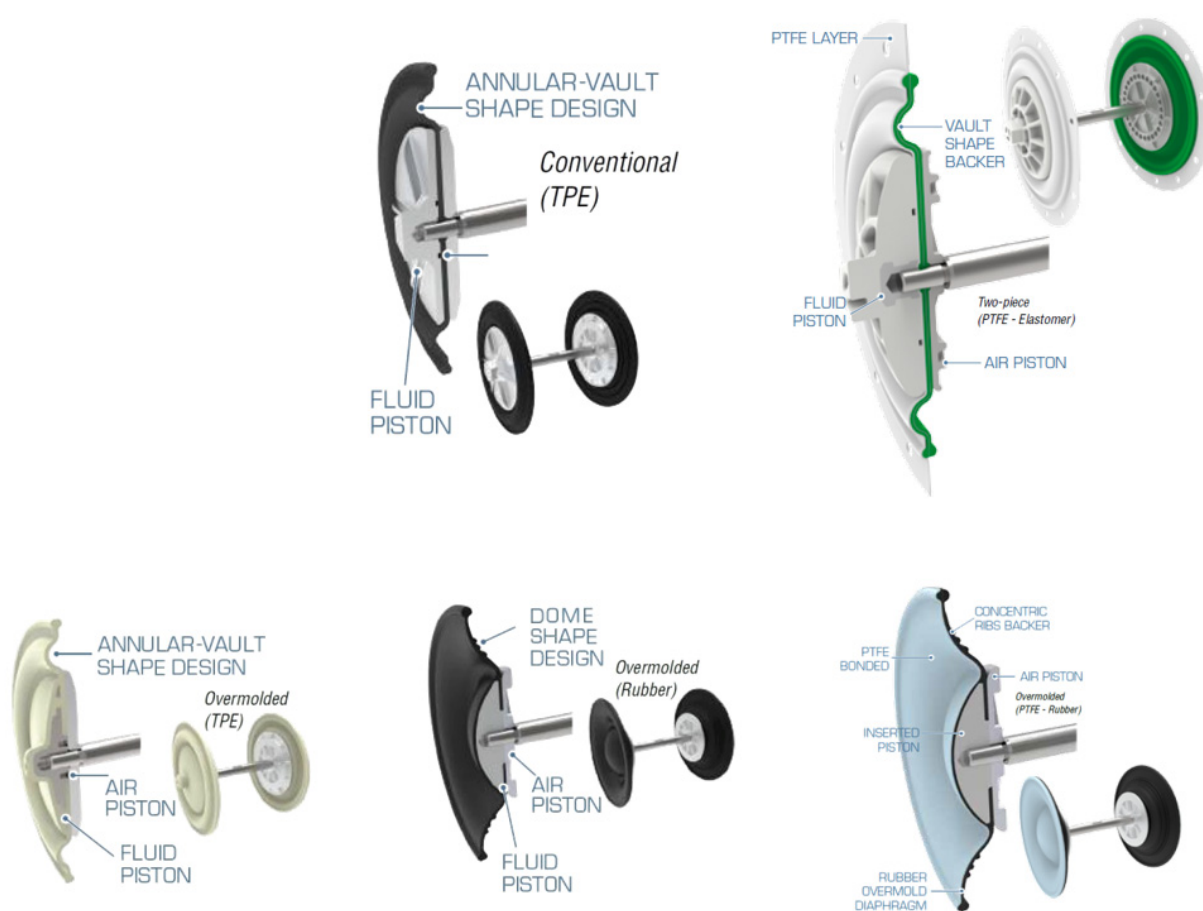
Obr.6

5 Součásti kapalinových komor a rozvodů - membrány

Dvoudílné, běžně používané typy membrán mají odkrytou hřídel a jsou smáčené čerpanou kapalinou. U zalisovaných membrán, tzv. **overmolded**, je hřídel vložena do membrány.

Výhody:

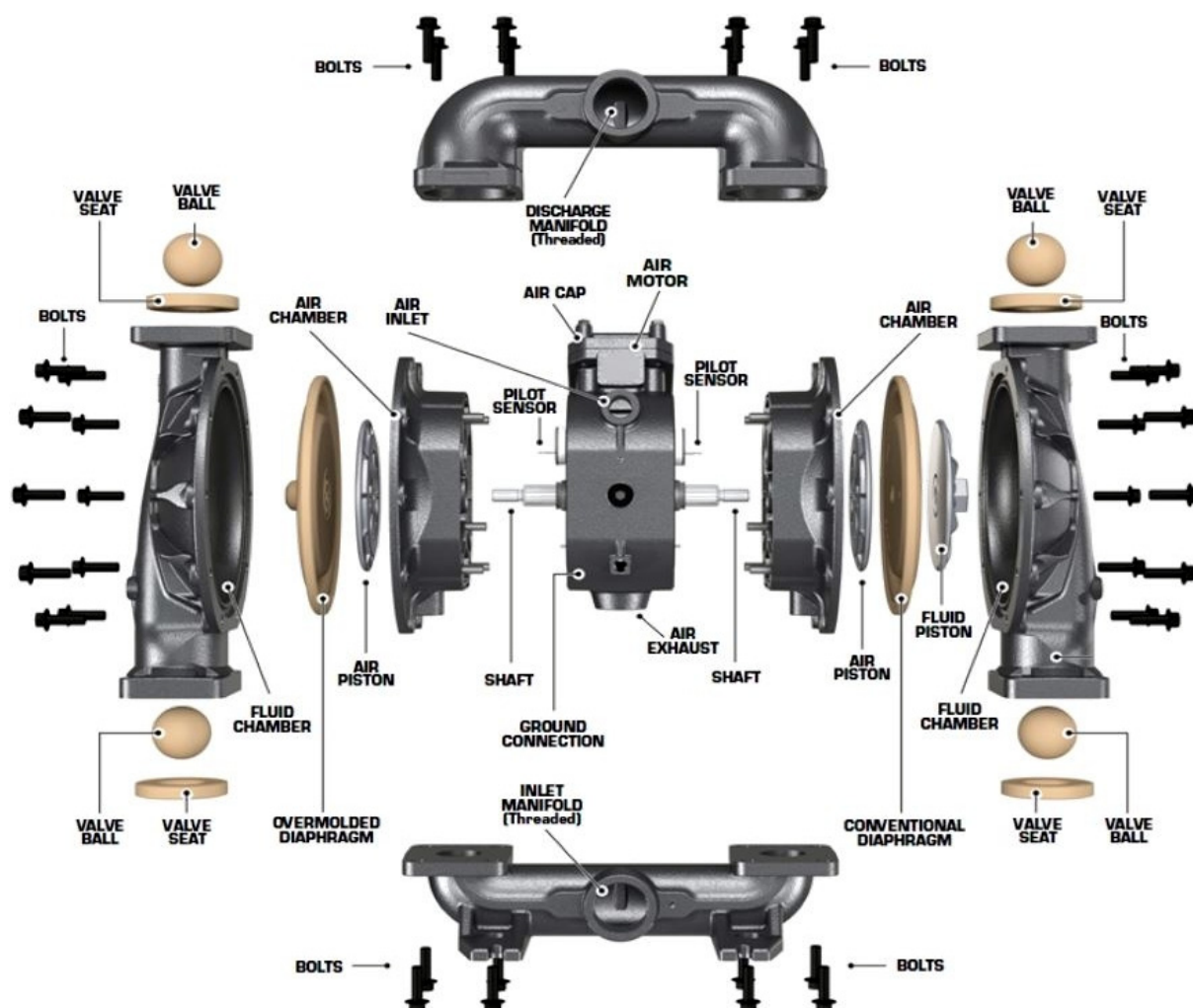
- neprochází do prostoru kapaliny,
- konstrukce membrány ve tvaru klenby prodlužuje životnost membrány,
- stačí nízký rozběhový tlak,
- zvýšená odolnost proti opotřebení a znečištění,
- čistý povrch - hladké kontury,
- žádný středový otvor; bez úniku kapaliny,
- snadná výměna.



Obr.7

6 Čerpadlo - rozložený pohled

Menší počet dílů ve srovnání s jinými čerpadly.



Obr.8

7 Průmyslová odvětví



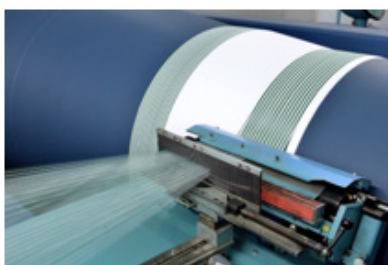
CHEMICKÝ PRŮMYSL



FARMACIE



DOLY, LOMY



TEXTILNÍ PRŮMYSL



VÝROBA VŠEOBECNĚ



TĚŽBA ROPY A PLYNU



NÁMOŘNÍ TECHNIKA



ÚPRAVA VODY



KERAMIKA

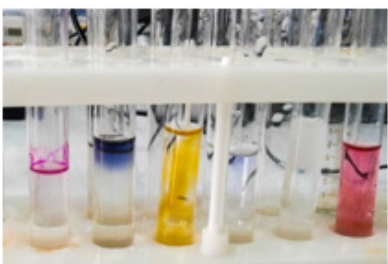


BARVY/INKOUST



BUNIČINA & PAPÍR

8 Čerpané kapaliny



KYSELINY



ZÁSADY



ALKOHOLY



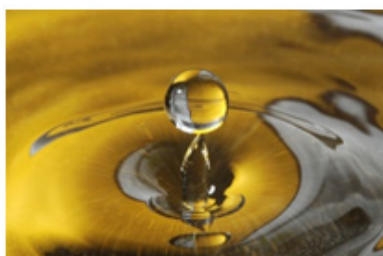
ROZPOUŠTĚDLA



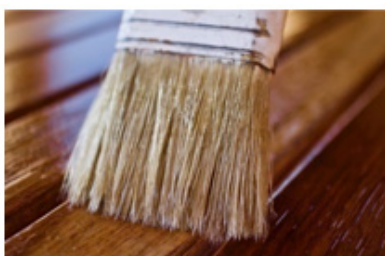
KAPALINY NA VODNÍ BÁZI



CHEMIKÁLIE



PALIVA & OLEJE



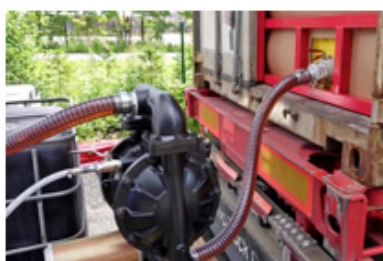
INKOUSTY,
BARVY A LAKY



ADITIVA

Abrazivní, korozivní, nebezpečné, hořlavé, pevné částice v suspensi, střední viskozita.

9 Hlavní aplikace



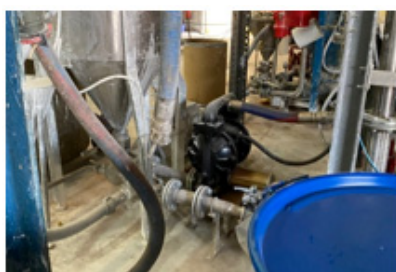
DISTRIBUCE KAPALIN



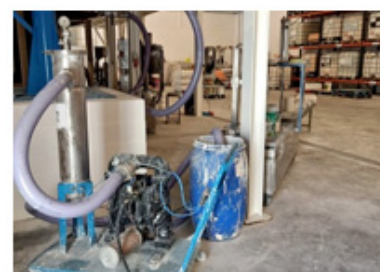
DÁVKOVÁNÍ SAPONÁTŮ A
MÝDEL



LIKVIDACE POUŽITÝCH
KAPALIN



CHEMICKÝ PRŮMYSL



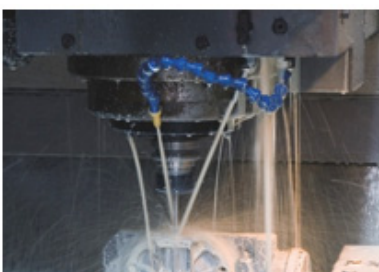
DÁVKOVÁNÍ PŘÍRAD DO
BAREV



DÁVKOVÁNÍ
CEMENTOVÝCH ADITIV



KOŽEDĚLNÝ PRŮMYSL



PŘENOS ŘEZNÉHO OLEJE



NÁSTŘIK LAKU NA
DŘEVO



DÁVKOVÁNÍ
FLEXOGRAFICKÉHO
INKOUSTU



DÁVKOVÁNÍ
ROZPOUŠTĚDEL

10 Nejčastější chyby při instalaci vzduchomembránových čerpadel

- zúžené či dlouhé sání čerpadla - kavitace, tlakové ztráty,
- chybějící manometr či průtokoměr - nelze regulovat,
- zúžené potrubí přívodu vzduchu - snižuje výkon,
- jemný filtr na sání - není potřeba - omezuje sání,
- vysoký přetlak na sání čerpadla - zastaví čerpání,
- přetlak v uzavřeném potrubí na výtlaku - nebezpečí havárie a úniku kapaliny (řeší pojistný ventil),
- nutné pružné spoje čerpadla s potrubím - sníží přenos vibrací z čerpadla,
- **existuje univerzální čerpadlo ???**

PAPÍR SNESE VŠE, ANEB CO VLASTNĚ MOTOROVÝ OLEJ (NE)MŮŽE SPLNIT

Pavel UNIVERSAL, TotalEnergies Marketing Česká republika s.r.o., Praha ¹³

Anotace

Náplní příspěvku je snaha na příkladech z praxe ukázat, jak jsou někteří obchodníci schopni na technické listy doplnit další specifikace a normy, které konkrétní olej nemůže splnit, a jak jsou také někteří výrobci olejů schopni uvést na technický list mylné specifikace výrobců vozidel, které daný výrobek zcela jistě nesplňuje.

¹³ Pavel Universal, CTD
TotalEnergies Marketing Česká republika s.r.o.
Rohanské nábřeží 678/29, 186 00 Praha 8 - Karlín
tel.: +420 224 890 511, mobil: +420 604 294 079, e-mail: pavel.universal@totalenergies.com
<https://totalenergies.cz/>

FORMULACE MAZACÍHO OLEJE V ČASE A JEJÍ OBRAZ V TRIBODIAGNOSTICE

Jiří KLAPKA, KLAPKA TECHNIK, Jablonec nad Nisou ¹⁴

(text příspěvku nebyl autorem do termínu uzávěrky sborníků konference zaslán)

Prostor pro Vaše poznámky k přednesené přednášce.

¹⁴ Jiří Klapka, CTD
KLAPKA TECHNIK
Na Úbočí 4333/23, 466 05 Jablonec nad Nisou - Rýnovice
mobil: +420 739 550 935, e-mail: klapka.technik@gmail.com



DIAGO® 2026

Asociace technických diagnostiků ČR, z.s.
Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

43. mezinárodní vědecká konference
43rd International Scientific Conference



DIAGO® 2026



TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA STROJŮ A VÝROBNÍCH ZAŘÍZENÍ
Technical Diagnostics of Machines and Manufacturing Equipment

konference se koná pod patronací
prof. Ing. Igora Ivana, Ph.D., rektora VŠB-TUO
dr.h.c. prof. Ing. Roberta Čepa, Ph.D., FEng., děkana Fakulty strojní

27. - 28. leden 2026
27 - 28 January 2026

Hotel Flora *, Olomouc**
 Další informace a registrace na www.atdcr.cz











Autor:	Kolektiv autorů
Katedra, institut:	340 - Katedra konstruování
Název:	TRIBOTECHNIKA V PROVOZU A ÚDRŽBĚ 2025 kniha přednášek mezinárodní konference 2025
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2025
Počet stran:	77
Vydala:	Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava 17. listopadu 2172/15 708 00 Ostrava - Poruba
Tisk:	online
Náklad:	online
	neprodejné

ISBN 978-80-248-4834-1 (on-line)