

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Мобилни уређај за on-line анализу уља“

Аутори техничког решења

- *мр Иван Мачужић, асистент*
- *др Бранислав Јеремић, ред. професор*
- *др Мирослав Бабић, ред. професор*
- *др Петар Тодоровић, доцент*
- *Марко Ђапан, истраживач-сарадник*
- *Урош Просо, истраживач-сарадник*
- *Александар Брковић, истраживач-сарадник*

Наручилац техничког решења

- ЕНЕРГЕТИКА д.о.о. Крагујевац

Корисник техничког решења

- ЕНЕРГЕТИКА д.о.о. Крагујевац

Година када је техничко решење урађено

- 2010.

Област технике на коју се техничко решење односи

- Одржавање техничких система, техничка дијагностика

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Анализа уља, представља познату процедуру која се већ дуги низ година примењује у оквиру стандардних метода за одржавање техничких система са основним циљем да се правовремено одреди оптимални термин замене уља или мазива. Такође је генерално била опште прихваћена теза да је спровођење ове активности везано, пре свега, за специјализоване лабораторије обзиром на сложеност опреме и потребну стручност особља које спроводи анализу и тумачи резултате испитивања. Практична искуства говоре да је у нашој земљи овај класичан концепт анализе уља у индустрији и техници, базиран на коришћењу услуга специјализованих лабораторија, имао релативно ограничену примену (најчешће само код специјалних и веома одговорних система) и да није заживео као широко прихваћена пракса.

Појава концепта проактивног одржавања, пре око 20 година, довела је до значајних промена у начину на који се посматра и примењује анализа уља у савременој индустрији и техници. Уместо праћења раних сигнала и симптома отказа као што је то случај у превентивном одржавању, проактивно одржавање ставља акценат на узрочнике отказа. Иако је број потенцијалних узрочника отказа веома велики, начелно је прихваћено да је само 10% свих узрока одговорно за преко 90% отказа. Јасним дијагностификовањем узрочника отказа отвара се могућност да се услови који доводе до отказа елиминишу или минимализују. Резултат се огледа у продуженом експлоатационом веку техничког система и значајном смањењу трошкова одржавања. У том смислу се и свака активност усмерена на одређивање узрочника отказа сматра проактивном.

Постоји веома мали број техничких система који не захтевају било какво подмазивање. Велики број спроведених истраживања и студија уз илустративне доказе у лабораторијским и теренским условима имају јединствени закључак да је деградација контактних површина представља узрок отказа техничких система у готово 70% случајева. Овакви резултати су потпуног редефинисања положаја анализе уља у савременој индустријској пракси и дали јој централно место у оквиру концепта проактивног одржавања техничких система обзиром да представља један од основних алата како за праћење појаве, интензитета и развоја триболошких процеса унутар сложених техничких система тако и за дијагностику и праћење различитих облика контаминације индустријских уља и мазива који представљају иницијаторе поремећаја трибо-механичке равнотеже, покретаче ланца негативних триболошких процеса и феномена и у суштини представљају основни узрочник бројних типова отказа. Последњих 10 – 15 година карактеристични су у светској индустрији по иницирању бројних пројеката и програма усмерених ка дефинисању, остваривању и одржавању што нижих нивоа контаминације индустријских уља и мазива који су као резултат имали импресивне уштеде постигнуте кроз смањење застоја,

продужење века компоненти и система и значајно смањење потрошње уља и мазива.

Поједностављено гледано анализа уља се своди на праћење контаминације уља и мазива, испитивање промене физичко-хемијских карактеристика и испитивање продуката хабања. Иза ове основне поделе, међитим, налази се више стотина различитих развијених, дефинисаних и стандардизованих тестова и метода испитивања, са преко хиљаду параметара који могу бити праћени и анализирани. Ово је годинама представљало основни проблем за људе из праксе који су морали у великом броју података да траже праве показатеље и информације и сигурно један од основних разлога релативно ограничене примене анализе уља у свакодневној индустријској пракси.

Детаљна спроведена истраживања и студије показала су да се међу бројним параметрима стања уља и мазива, који припадају анализи уља у најширем смислу речи, може издвојити десетак фундаменталних чије је праћење од суштинске важности за највећи број различитих техничких система. У делу који се односи на праћење контаминације уља два кључна параметра представљају **контаминација уља чврстим честицама** и **контаминација водом**. Чврсте честице у уљу, без обзира на њихову структуру и порекло, представљају с једне стране основни узрочник развоја деградационих триболошких процеса, а са друге стране и веома јасан показатељ интензитета и карактеристика тих триболошких процеса. Вода у уљу представља основни узрочник развоја корозивних процеса на контактним површинама а осим тога има и веома негативан утицај на основне физичко хемијске карактеристике уља. Код одређених типова индустријских уља (изолаторско - трансформаторско уље) вода представља основни и најштетнији облик контаминације.

Веома дуго је анализа уља била заснована на коришћењу услуга комерцијалних лабораторија. Појава првих мобилних инструмената за **on-site** (на лицу места) и **on-line** (на самом техничком систему) анализу уља представљало је значајан напредак који је донео бројне предности међу којима се издвајају:

- тренутни резултати спроведених процедура анализе уља,
- могућност понављања мерења по потреби,
- мерења и анализе спроводе људи који добро познају опрему и машине,
- значајно смањење трошкова везаних за лабораторијске услуге, узорковање и слање узорака,
- смањивање могућности за настајање грешака и контаминацију узорака
- могућност улазне контроле уља и
- значајно краће време између спровођења анализе уља и спровођења одговарајућих корективних активности

Коришћење преносних инструмената за анализу уља представља велики помак у правцу интеграције индустријске трибологије у свакодневну техничку

праксу и незаобилазни алат за спровођење савремених метода одржавања техничких система а првенствено концепта проактивног одржавања.

Полазећи од претходно дефинисаних приоритета и значаја дијагностичких параметара оправданост увођења **on-line** и **on-site** испитивања односи се, пре свега, на испитивање контаминације уља чврстим честицама и водом а затим и на анализу вискозности и промену диелектричних карактеристика уља.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Претходних 15 година, од појаве првих преносних инструмената за анализу претходно дефинисаних параметара стања уља, карактерише интензиван развој уређаја и сензора који се креће у правцу минијатуризације, аутоматизације рада, подизања перформанси и постизања интегрисаних и мултифункционалних дијагностичких система. Треба такође нагласити да водећи произвођачи инструмената и опреме имају лидерску позицију не само у практичном већ и у теоријском и научном делу обзиром да њихови истраживачко - развојни тимови свакодневно померају достигнуте границе и праве значајна унапређења и побољшања. Податак да су основни стандарди и прописи из ове области мењани и допуњавани веома фреквентно представља довољан доказ о динамичности промена и постојању значајног простора за даља научна истраживања и усавршавања.

За највећи број потенцијалних корисника аутоматски бројачи честица (АПЦ), за одређивање контаминације уља чврстим честицама, представљају примарни избор у погледу опреме за on-site анализу уља. Ови уређаји раде на принципу фото осетљивог сензора кога заклањају честице из узорка уља који пролази кроз инструмент. Свака честица која прође кроз сензор се на тај начин квантификује по величини и пребројава. Резултат мерења се приказују у ISO 4406 коду чистоће као и преко просечног броја честица у свакој од класа.

Развијени су такође и различити облици сензора и инструмената за on-site и on-line контролу концентрације воде у уљу. Принцип рада ових инструмената је базиран на одређивању тачке zasiћења уља (у релативној скали од 0% – нема воде у уљу до 100% – уље засићено водом). За разлику од стандардних лабораторијских метода мерења (одређивање садржаја воде у процентима или ppm), овај начин праћења концентрације воде не зависи од типа уља и има значајне компаративне предности које репрезентује тзв. индекс активности воде који на веома јасан и једноставан начин дефинише угроженост одређеног техничког система водом у уљу, без обзира на карактеристике система и његову релативну осетљивост на запремински садржај воде.

3. Суштина техничког решења

Основна идеја развоја уређаја за on-line анализу контаминације индустријских уља, у основи је базирана је на коришћењу комерцијалних сензорских

елемената за одређивање концентрације чврстих честица и воде у уљима, као најзначајнијих дијагностичких параметара. У циљу пројектовања интегрисаног, вишенаменског дијагностичког уређаја било је потребно укомпоновати и следеће елементе и системе:

- Компактни механички склоп за интеграцију сензора за чврсте честице и воду у уљу у јединствени сензорски модул.
- Систем за узорковање и рецикулацију уља кроз сензорски модул који омогућава коришћење уређаја у системима у којима се уље не налази под притиском па је за његову циркулацију неопходна екстерна пумпа.
- Систем за аквизицију и обраду резултата који интегрише информације са оба сензорска елемента у циљу њиховог интегралног приказивања и меморисања.
- Интеграцију претходног система са рачунаром у смислу пројектовања и израде хардверско софтверског интерфејса за пребацивање података о измереним вредностима на рачунар.
- Софтверски пакет за прикупљање и приказивање резултата мерење, прилагођен за рад у Windows окружењу који представља логично заокружење система. Примена овог пакета је посебно значајна у условима сложенијих и дуготрајнијих испитивања у лабораторијским и индустријским условима
- Одговарајуће преносно кућиште - кофер са системом за напајање и одговарајућим прикључним елементима које има за задатак да интегрише претходно описане сензоре, система и елементе у јединствени мобилни уређај, одговарајуће заштићен од спољашњих утицаја.

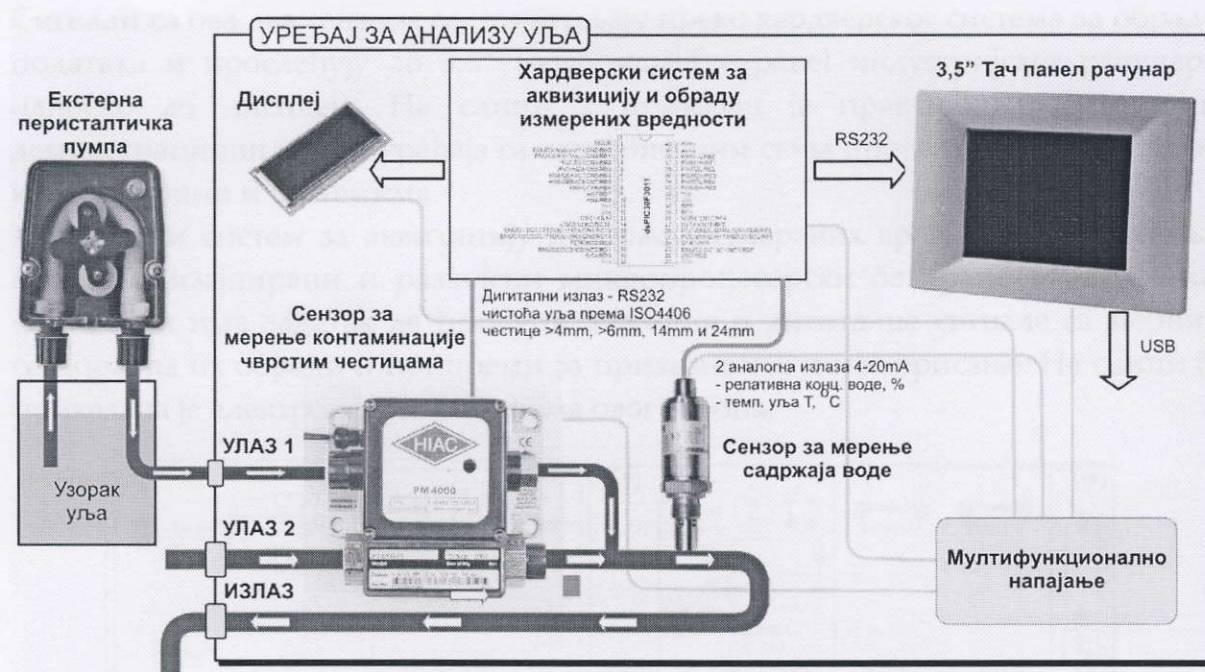
Резултат реализованих активности представља прототип **интегрисаног домаћег мобилног уређаја за контролу контаминације минералних уља** који задовољава постављене опште и специфичне техничко технолошких захтеве и има низ напредних карактеристика:

- праћење нивоа контаминације уља чврстим честицама у складу са захтевима стандарда ISO 4406,
- праћење нивоа контаминације уља водом и дефинисање садржаја воде у % и фактора активности воде у уљу,
- компактан дизајн прилагођен раду на терену,
- могућност рада уређаја у on-line режиму директно прикључен на инсталације са минералним уљима нижих и средњих притисака,
- могућност рада у off-line режиму са претходно узетим узорцима уља,
- интегрисано приказивање свих резултата на алфанумеричком панел дисплеју,
- приказивање измерених вредности у облику дијаграма промене вредности параметара у току времена на графичком дисплеју,

- могућност меморисања резултата мерења уз коришћење интерне меморије уређаја,
- могућност комуникације са рачунаром и трансфер резултата мерења,
- могућност даље надоградње и интеграције додатних сензора.

4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

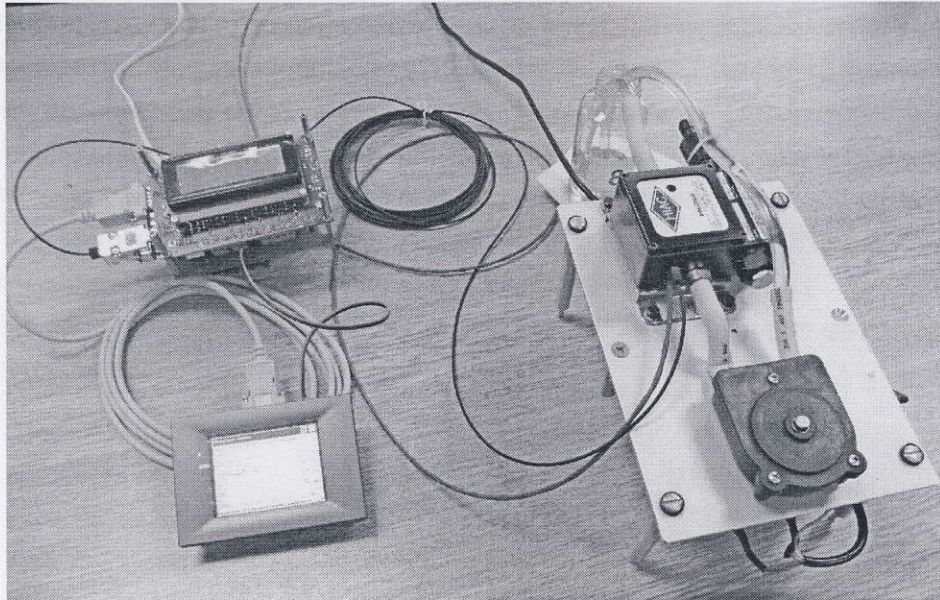
Идејно решење мобилног уређаја за анализу уља приказано је на слици 1. На слици се могу видети основни модули уређаја као и њихове међусобне везе. Уколико се уређај користи за on-line анализу, директно на реалном хидрауличком систему, прикључује се на Улаз 2 преко црева са брзим спојкама на хидрауличке водове у којима је притисак до максимално 50 бар-а и проток до 40 л/мин. На исти начин се уређај прикључује и на мобилне системе за филтрирање уља.



Слика 1.

Уколико се уређај користи у режиму рада са претходно узетим узорцима уља, проток уља кроз уређај (од 150 до 200 мл/мин) се обезбеђује преко екстерне перисталтичке пумпе на Улазу 1. Перисталтичке пумпе имају такав принцип рада који обезбеђује нулту интерну генерацију честица чиме се постиже заштита узорка од додатне контаминације у току испитивања.

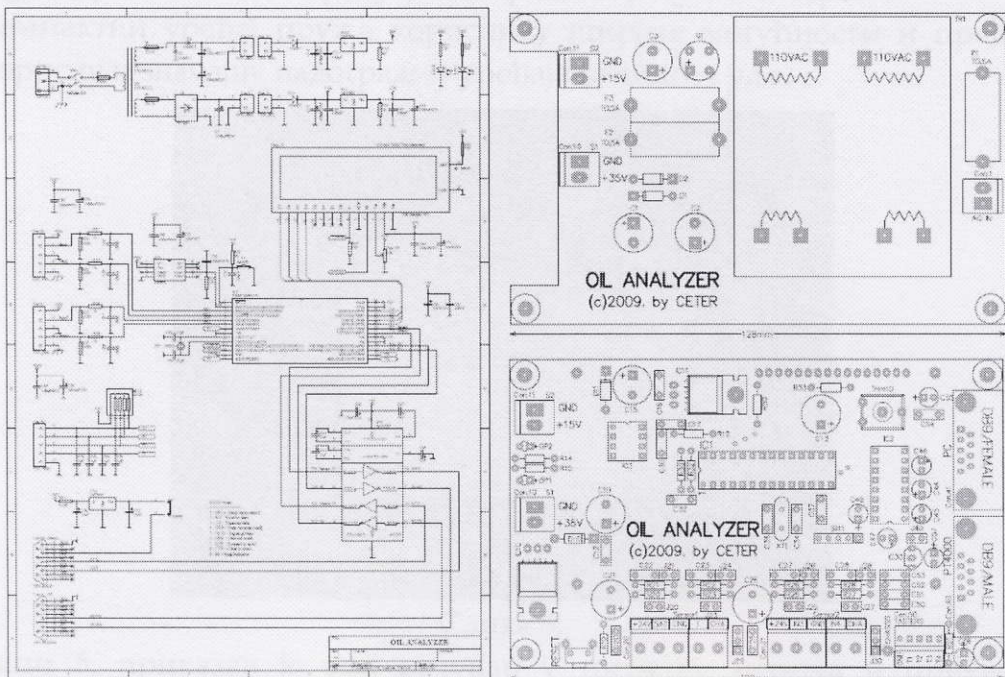
Уље у уређају пролази кроз сензорски блок са сензорима за одређивање броја чврстих честица у уљу и концентрације воде у уљу и излази кроз излазни прикључак.



Слика 2.

Сигнали са ова два сензора се прикупљају преко хардверског система за обраду података и прослеђују до 3,5" touch sensitive panel индустријског рачунара односно до дисплеја. На слици 2 приказан је практично реализовани демонстрациони модел уређаја са интегрисаним свим претходно дефинисаним компонентама и системима.

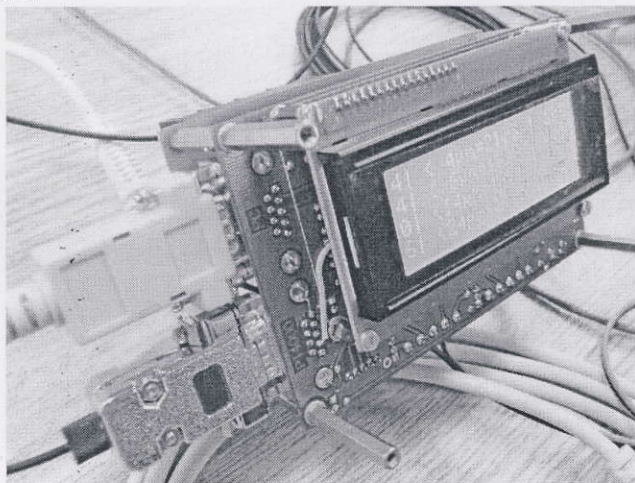
Хардверски систем за аквизицију и обраду измерених вредности представља посебно дизајнирани и развијени микропроцесорски базирани електронски склоп који има задатак да прикупи аналогне и дигиталне сигнале са мерних сензора, да их обради и припреми за приказивање и меморисање. На слици 3. приказана је електронска и РСВ шема овог склопа.



Слика 3.

Претходно описани хардверски систем је развијен тако да има висок ниво флексибилности и значајне могућности за даље проширивање (рад са додатним сензорима). Он омогућава приказивање резултата мерења на стандардним dot matrix или графичким монохроматским дисплејима као и на различитим врстама напредних индустријских рачунара, панела и дисплеја. Верзија са стандардним dot matrix дисплејем омогућава једноставно приказивање тренутних вредности свих измерених података.

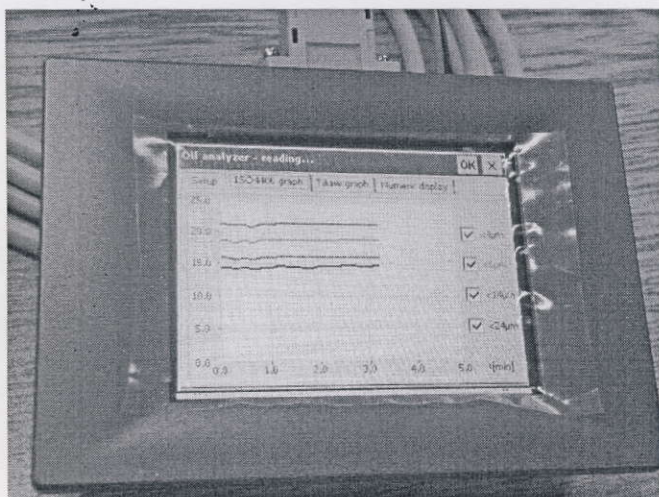
На слици 4. је приказан практично изведени хардверски склоп са интегрисаним dot matrix дисплејем.



Слика 4.

Приказивање резултата у графичком облику, њихово меморисање и трансфер на ПЦ рачунар постигнуто је коришћењем индустријског рачунара са 3,5" touch sensitive панелом. У циљу постизања што ниже комерцијалне цене система уз очување високих перформанси, искоришћен је стандардни индустријски панел рачунар за приказивање, обраду и меморисање резултата мерења.

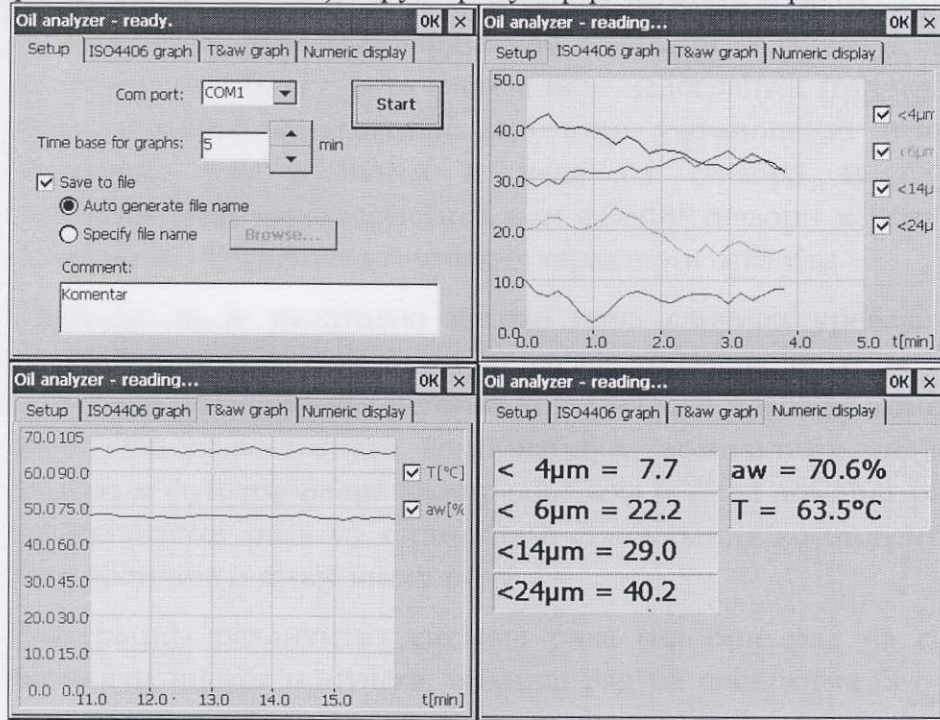
Овај компактни уређај пружа кориснику широке могућности и представља врло корисну и значајну надоградњу уређаја за анализу уља.



Слика 5.

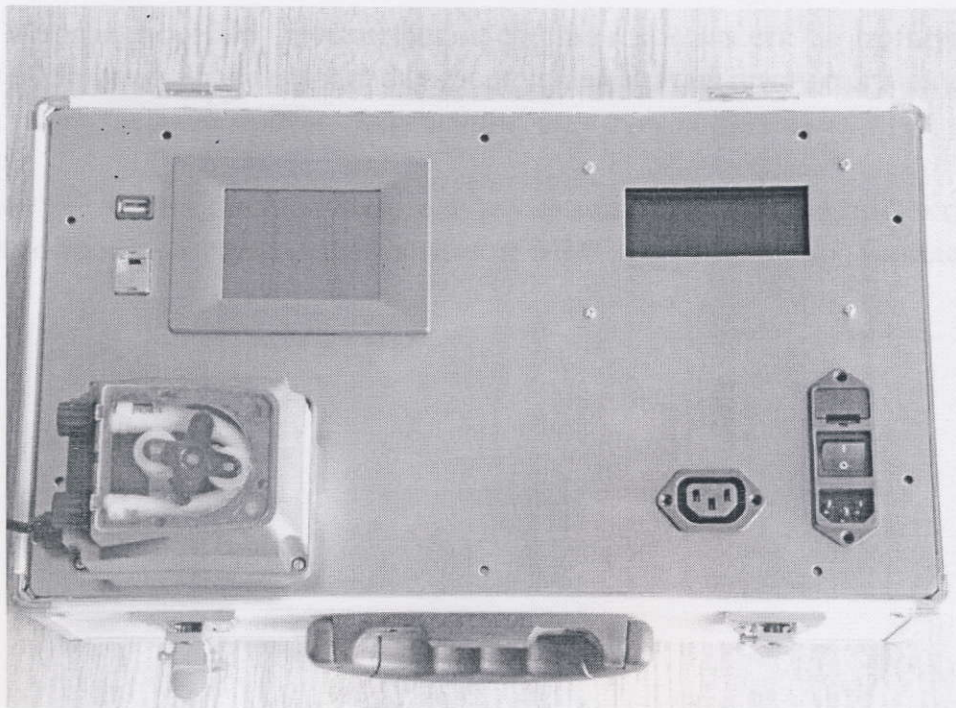
На слици 5. приказан је овај рачунар у тренутку мерења и приказивања измерених вредности.

За рад са 3,5" touch sensitive панел рачунару посебно је развијен софтвер који ради под Windows CE оперативним системом и омогућава приказивање резултата мерења у реалном времену у облику графика или бројчано (слика 6.). Резултати мерења се чувају у облику текстуалне датотеке и као такве их је могуће прабацити на било који други рачунар ради даље обраде.



Слика 6.

На слици 7 приказан је финални изглед инструмента са свим елементима интегрисаним у кофер прилагођен теренским условима рада.



Слика 7.

Развој домаћег мобилног уређаја за он-лине анализу уља има бројне компаративне предности у односу на уређаје сличних карактеристика који се могу наћи у комерцијалној понуди а које се пре свега огледају у следећем:

- Обједињавањем сензора за мерење контаминације уља чврстим честицама и водом у један уређај постигнуто је веома оригинално решење које није стандардно на светском тржишту. Такође је остављена могућност да се систем даље надограђује, при чему би се у првој следећој интеграцији вероватно укомпоновао и сензор за вискозност уља а затим и неки од сензора за одређивање диелектричних карактеристика или слични сензори којима се може прате промена физичко хемијских карактеристика уља
- Обзиром да је релативно висока цена сличних уређаја један од основних разлога њихове ограничене примене, посебна пажња је посвећена пројектовању решења које има јако повољну комерцијалну цену. Ово је постигнуто комбинацијом компактних индустријских сензора и функционалне надоградње која је плод домаћег развојног и пројектантског рада уз коришћење стандардних компоненти које су лако доступне и имају ниску цену
- Интеграција различитих система рада (ин-лине рад на системима високог и ниског притиска, он-лине рад на системима без притиска уља, рад са узорцима уља у флашицама и другим посудама, рад са уређајима за пречишћавање уља, рад у лабораторијам у склопу трибометара) представља оригинално и универзално решење које значајно проширује могуће области примене.
- Израда посебно прилагођеног софтверског пакета за прикупљање и обраду података омогућава и олакшава знатно ширу примену уређаја, обзиром да га приближава најширем кругу корисника

Развој овог техничког решења извршен је у склопу реализације пројекта "Развој напредне опреме за трибодијагностику и ММС на бази лаких метала", бр.ТР 14005.

5 Литература

- [1] *Fitch, J. C., Proactive Maintenance Can Yield More Than a Ten-Fold Savings Over Conventional Predictive/Preventive Maintenance Programs*, 1992 Predictive Maintenance Indaba Proceedings, South Africa, September, 1992.
- [2] *Fitch, J.C., What Particles Mean and Why They Need To Be Monitored and Controlled*, Reliability Week Conference Proceedings, September, 1998.
- [3] *Leonard Bensch, Impact of Changes to ISO Standards on Contamination Control Programs*, Pall Corporation
- [4] *M. K. Williamson, A Low Cost On-Site Oil Analysis Strategy*, Entek IRD International.
- [5] *Zhang Qisheng, Zhao Jingyi, Li Shuli, Why Oil Needs On-line Monitoring*, Fluid Transmission and Control Institute, Yanshan University, Qinhuangdao, P.R.China
- [6] *Peter Rossi, A Cost-Effective Online Particle Contamination/Condition Monitor*, Pacific Scientific Instruments

МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења „Мобилни уређај за *on-line* анализу уља“ су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења. Приказани мобилни уређај за *on-line* анализу уља представља значајно унапређен и одговарајуће компјутерски и софтверски подржан мерни уређај чији је основни циљ одређивање нивоа контаминације индустријских уља основним типовима контаминаната.

Применом мобилног уређаја за анализу уља не само да се постиже скраћење временског периода за анализу уља и значајно поједностављење процедуре (није потребно ангажовање специјализованих лабораторија и сертифицираних стручњака) већ се остварује и продужење експлоатационог века техничког система и значајно смањење додатних трошкова. У пракси срећемо веома мали број техничких система који не захтевају било какву врсту подмазивања и с тим у вези овакав савремен начин анализе уља на лицу места и на самом техничком систему представља веома корисно и апликативно решење у области одржавања техничких система, индустријске трибологије и техничке дијагностике. Уређај је базиран на коришћењу сензорских елемента водећих светских произвођача и сва мерења врши потпуно у складу са релевантним међународним стандардима у овој области.

Приказано техничко решење савремено конципираног, дизајнираног и реализованог мобилног инструмента за *on-site* и *on-line* анализу уља представља значајан напредак који доноси бројне предности. Посебно треба нагласити да овај уређај интегрише испитивање контаминације уља водом и чврстим честицама у једном инструменту што представља сасвим нов приступ проблему који још увек није заживео у свету у облику комерцијално доступних уређаја.

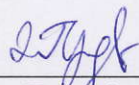
Овакав тип инструмента је само један од оних чије коришћење и имплементација доводи до великог помака у правцу интерграције индустријске трибологије у свакодневну техничку праксу и незаобилазни алат за спровођење савремених метода одржавања техничких система. Сматрамо да уређај има и добру перспективу за шире коришћење у индустрији обзиром да у односу на светску конкуренцију има исте или напредније карактеристике уз вишеструко нижу цену.

Са задовољством предлагемо да се експериментално техничко решење „Мобилни уређај за *on-line* анализу уља“ прихвати као ново техничко решење.

17. 05. 2010. године



др Иван Бекер, ванр. професор
Факултет техничких наука у Новом Саду



др Душан Гордић, ванр. професор
Машински факултет у Крагујевцу



Универзитет у Крагујевцу
Машински факултет у Крагујевцу
Број : ТР-24/2010
10. 06. 2010. године
Крагујевац

Наставно-научно веће Машинског факултета у Крагујевцу на својој седници од 10. 06. 2010. године на основу члана 200. Статута Машинског факултета, донело је

О Д Л У К У

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „Мобилни уређај за он-лине анализу уља“, аутора **Мр Ивана Мачужића, Др Бранислава Јеремића, Др Мирослава Бабића, Др Петра Тодоровића, Марка Ђапана, Уроша Проса и Александра Брковића.**

Решење припада класи **M85**, према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, ("Сл. гласник РС", бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. **Др Иван Бекер, ванредни проф., Факултет техничких наука Нови Сад**
2. **Др Душан Гордић, ванредни проф., Машински факултет у Крагујевцу**

Достављено:

Ауторима

Архиви

ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Др Мирослав Бабић, ред. проф.