Dr Nikola Žegarac,
kapetan I klase, dipl. inž.

ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMENE DIJAGNOSTIKE NA SAVREMENIM TENKOVSKIM MOTORIMA

U ovom radu prezentirana je studija o mogućnostima primene dijagnostike na savremenim tenkovskim motorima, sa posebnim osvrtom na motor tipa V46—KT1 domaće proizvodnje. Definisani su nivoi utvrđivanja tehničkog stanja: opšti, parcijalni i potpuni. Izvršena je selekcija dijagnostičkih parametara i metoda pogodnih za dijagnostiku. Razvijen je algoritam za utvrđivanje tehničkog stanja motora.

Uvod

Savremeni tenkovski motori odlikuju se posebnim mogućnostima primene u specifičnim uslovima eksploatacije guseničnih vozila. Inače su poznati uslovi pri kojima se koriste borbeni gusenična vozila, a to su, pre svega, po bespuću, peskovitom i travnatom terenu, mokrom i vlažnom terenu, kretanje po snegu, ledu i sličnim uslovima.

Među osnovnim pokazateljima kvaliteta savremenih tenkovskih motora, pored njihovih spoljašnjih karakteristika, ekonomičnosti u potrošnji goriva i maziva, tehnoločnosti, cene materijala i izrade, pogodnosti u eksploataciji i dr. od posebnog je značaja njihova pogonska sigurnost i vek eksploatacije. Pod pogonskom sigurnošću motora podrazumeva se karakteristika koja izražava verovatnoću trajanja rada motora bez kvarova i otkaza u radu, a u granicama vremenskog intervala određenog tehničkim zahtevima motora ili na neki drugi način [1], [2].

Vek eksploatacije motora ili vozila u celini karakteriše trajanje njegovog rada u datim uslovima eksploatacije, a u toku rada odražava se radna sposobnost pojedinih podсистema.

U toku eksploatacije motora dolazi do manjeg ili većeg odstupanja rad-

nih karakteristika od polaznih po pojedinim podсистemima motora.

Ukoliko se te karakteristike udaljavaju više od polaznih, utoliko se više remeti pravilan rad motora i njegova radna sposobnost [3], [4]. Zbog toga postoje realne mogućnosti za nastajanje neispravnosti koje sprečavaju delimično ili potpuno pravilan rad motora. Uzroci njegovog nastanka mogu biti različiti.

Utvrđivanje tehničkog stanja motora, zavisno od funkcionalno-eksploatacionih karakteristika guseničnih vozila usko je vezano za primenu automatizacije. Korišćenje elektronike u svim oblastima otvara nove mogućnosti primene dijagnostike savremenih tenkovskih motora i guseničnih borbenih vozila.

Istraživanja u ovoj oblasti mogu se svesti na nekoliko nivoa, koji zbog funkcionisanja motora (vozila) kao sistema moraju biti adekvatno povezani. Sistem za kontrolu, nadzor i monitoring motora mora sadržavati podсистem: za prijem informacija i programe za upravljanje, izvršenje, pamćenje, regulaciju, kontrolu, blokiranje, samoprilagođavanje i optimizaciju, što zavisi od kompleksnosti dijagnostike.

Radi sagledavanja uloge i značaja tehničke dijagnostike kod savremenih

tenkovskih motora, dijagnostika treba da obezbedi:

- kontinuirano praćenje tehničkog stanja, analizu funkcionalnih parametara i sigurnost rada motora;

- dijagnosticiranje kvarova motora sa preporukama za njihovo otklanjanje, i

- kompjutersku kontrolu i nadzor motora radi uštede goriva i maziva i poboljšanje upravljivosti guseničnih vozila.

Razmatrani nivoi dijagnostike tehničkog stanja motora

U ovom radu razmatrane su različite mogućnosti primene tehničke dijagnostike na savremenom tenkovskom motoru V46-TK1 (domaće proizvodnje): opšti, parcijalni i potpuni nivo utvrđivanja tehničkog stanja motora. Razmišlja se o mogućnostima da se klasična instrument-tabla kod vozača zameni elektronskim monitorom. Bila bi mu osnovna namena da pokazuje tehničko stanje motora (normalno, zadovoljava i ne zadovoljava), nivo goriva, maziva, tečnosti za hlađenje, tehničko stanje ostalih uređaja i opreme na tenku. Time bi se mogle sprečiti havarije, neispravnosti i otkazi u radu motora. Najava dolaska u područje kritičnih vrednosti pojedinih mernih parametara može biti optička, zvučna, govorna ili blokirajuća, koja se može različito manifestovati, upozoravajuće ili čak zaustavljanje motora.

Najvažniji podaci mogu se dobiti preko tastera za određenu funkciju ili se mogu pojavljivati pojedinačno kao trajni displej, zavisno od toga kako je informacioni sistem projektovan.

Kontrola i nadzor pojedinih dijagnostičkih parametara vrši se za vreme rada, a nekih i pre početka rada motora, kao: količina goriva i maziva, napon izvora za napajanje, neutralni po-

ložaj — da li je motor odvojen od transmisije vozila, provera sistema za kočenje, i slično.

U radnom režimu motora potrebno je kontrolisati mnogo više parametara. Uglavnom se kontrolišu pritisci ulja za podmazivanje motora i goriva na određenim mernim mestima u sistemu za ubrizgavanje goriva, pritisci ubrizgavanja u cilindrima motora, potpritisak vazduha ispred kompresora za prehranjivanje motora, pritisak vazduha iza kompresora, temperature ulja za podmazivanje motora i tečnosti za hlađenje motora, temperature goriva na određenim mernim mestima u sistemu za ubrizgavanje, temperature izduvnih gasova, temperatura vazduha ispred i iza kompresora, merenje protoka goriva, maziva i tečnosti za hlađenje, merenje vibracionih parametara na mernim mestima motora koja su unapred definisana, itd. [3], [5]. Navedene veličine mere se u zavisnosti od brzine obrtanja i opterećenja motora, a izbor nivoa utvrđivanja tehničkog stanja motora vezan je za finansijske mogućnosti. U tom slučaju mora se voditi računa koliki su troškovi i cena koštanja dijagnostičkog sistema u odnosu na cenu motora.

Za merenje mernih veličina neophodno je obezbediti razne vrste indikatora, davača i veoma osetljivih instrumenata, najčešće senzorskog tipa, skupocene elektronske uređaje i opremu.

Paralelno sa monitoringom razvijaju se uređaji koji dijagnosticiraju mehaničke, električne i hidraulične kvarove ili se koncipiraju da imaju mogućnosti za kontinuirano praćenje stanja. Time se postiže mogućnost samoregulacije ili se dobija informacija o mogućim uzrocima neispravnosti i načinu njihovog otklanjanja. Na taj način sprečava se mogućnost pojave havarijskih oštećenja, smanjuju troškovi održavanja i povećava pogonska sigurnost tenkovskog motora. Tako se može organizovati kvalitetnija eksploatacija i održavanje motora.

Uvođenje kompjuterizacije za dijagnostičke potrebe tenkovskih motora predstavlja delimično isključivanje psihofizičkih napora vozača i posada, a poslovi kontrole, upravljanja, sinhronizacije i optimizacije se automatski obavljaju.

Primeni masovnije dijagnostike tenkovskih motora prethodila bi temeljnija teorijska i laboratorijska ispitivanja. Time bi se došlo do određenih saznanja i formiranja baza podataka koje bi bile polazna osnova za primenu dijagnostike u uslovima eksploatacije. Osim toga, pokazalo bi se koliko su pogodne dijagnostičke metode, selektirani dijagnostički parametri, davači, meri uređaji i oprema za dijagnostičke potrebe u realnim uslovima rada motora.

Pored nesumnjivih prednosti dijagnostike, postoje i određeni nedostaci. Nedostaci dolaze do izražaja u postupku primene ili usvajanja, a ogledaju se u:

- povećanju cene motora;
- zahtevu za većim nivoom obučenosti i uskospecijalističkog znanja iz pojedinih oblasti, i
- potrebi za specijalnim elektronskim elementima i senzorima prilagođenim za dijagnostičku namenu.

Povezivanje elektronike i mikroračunara, od čega bi se sastojala kontrolna jedinica motora, praćeno je određenim problemima.

Polazi se od davača (senzora) za registraciju određenih parametara, te kompjuterskih čipova koji te informacije procesiraju u upotrebljive podatke kao i uslova okoline u kojima se nalaze. Inače su senzori najslabija karika u sistemu dijagnostike, posmatrajući njihovu pouzdanost i vek upotrebe.

Algoritam za utvrđivanje tehničkog stanja motora

Na slici 1 prikazan je algoritam za utvrđivanje tehničkog stanja tenkovskog

motora V46-TK1. Ovaj motor predstavlja takav sistem kod kojeg se otkazi i neispravnosti mogu razvrstati po pod-sistemima motora: sistem za napajanje gorivom, klipnocilindrična grupa motora, usisni i izduvni kolektor i turbokompresor, uređaj za puštanje motora u rad sabijenim vazduhom, sistem za podmazivanje motora i sistem za hlađenje i zagrevanje motora. Predviđena su tri nivoa utvrđivanja tehničkog stanja motora: opšti, parcijalni i potpuni pri određenim režimima rada motora. Prikazani su dijagnostički parametri i metode koje se mogu koristiti za potrebe dijagnostike.

Kod opšteg nivoa, na osnovu opštih karakteristika motora, utvrđuje se da li su promatrani parametri u području: normalno, zadovoljava i ne zadovoljava. U ovom slučaju, merenja funkcionalnih parametara motora vršila bi se kontinuirano uz konstatacije stanja bez ulaženja u analizu uzroka otkaza i neispravnosti. To znači da bi dijagnostički sistem imao zadatak sigurnosne (kontrolne) jedinice.

Parcijalni nivo utvrđivanja tehničkog stanja motora objedinjuje sva merenja funkcionalnih parametara motora iz opšteg nivoa i dijagnostičke parametre i metode koji su predviđeni za parcijalni nivo kontrole. U ovom slučaju dijagnostika stanja motora povezuje se sa uzrocima otkaza i neispravnosti.

Potpuni nivo utvrđivanja tehničkog stanja motora je, ujedno, i najsloženiji. Obuhvata kontinuirano merenje složenih motorskih parametara, monitoring i nadzor, te povratnu regulaciju sistema.

Dijagnostički sistem bi predstavljao ekspertni sistem (veštačka inteligencija) koji treba da omogući generisanje svih odluka sa sistemom zaključivanja i objašnjenja procesa rezonovanja pri akviziciji podataka. U procesima merenja motorskih parametara, pored merenja sporopromenljivih veličina, vršilo bi se i merenje brzopromenljivih veli-

SL. 1. ALGORITAM ZA UTVRĐIVANJE TEHNIČKOG STANJA MOTORA V46—TK1 I NJEGOVIH SISTEMA

1

Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja <ul style="list-style-type: none">— temperatura oko line,— barometarski pritisak,— relativna vlažnost vazduha,— ugao zaokreta ko-lenastog vratila motora,— merenje nivoa goriva,— potrošnja goriva na čas,— specifična potrošnja goriva,— merenje ukupnog preliva goriva iz brizgača motora,— pritisak goriva na izlazu iz pumpe niskog pritiska,

1

2

- vibroakustička metoda,
- metoda merenja i analize cilindarskih parametara motora.

Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja <ul style="list-style-type: none">— temperatura oko line,— barometarski pritisak— relativna vlažnost vazduha,— ugao zaokreta ko-lenastog vratila motora,— potrošnja ulja na čas,— specifična potrošnja ulja,— pritisak izduvnih gasova u karteru motora,— pad pritiska komprimiranog vazduha za startovanje po cilindrima, motora,

2

3

Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja <ul style="list-style-type: none">— temperatura oko line,— barometarski pritisak,— relativna vlažnost vazduha,— ugao zaokreta ko-lenastog vratila motora,— potpritisak vazduha ispred kompresora,— pritisak vazduha iza kompresora,— protok vazduha iza kompresora,— maksimalni otpor vazduha u prečistaču vazduha,— pritisak vazduha u usisnom kolektoru,

3

4

- metoda merenja istrošenja i ispitivanja pouzdanosti kliznih ležajeva motora.

Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja <ul style="list-style-type: none">— temperatura oko line,— barometarski pritisak,— relativna vlažnost vazduha,— ugao zaokreta ko-lenastog vratila motora,— merenje nivoa ulja u sistemu za podmazivanje,— temperatura ulja na ulazu u motor,— temperatura ulja na izlazu iz motora,— temperaturni pad ulja,— pritisak ulja u glavnoj magistrali,

4

5

Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja <ul style="list-style-type: none">— temperatura oko line,— barometarski pritisak,— relativna vlažnost vazduha,— ugao zaokreta ko-lenastog vratila motora,— temperatura tečnosti za hlađenje u ulazu u motor,— temperatura tečnosti za hlađenje na izlazu iz motora,— temperaturni pad tečnosti za hlađenje,

5

2. **Parcijalni nivo tehničkog stanja**

- sve pod 1)
- promena ugla predubrizgavanja me-
renog u odnosu na
statički ugao pred-
ubrizgavanja,
- torzione vibracije
kolenastog vratila
motora i bregastog
vratila pumpe vi-
sokog pritiska,
- maksimalni priti-
sak ubrizgavanja
meren premešta-
njem davača za
pritisk.

3. **Potpuni nivo tehničkog stanja**

- kontinuirano me-
renje svih para-
metara pod 1) i 2),
- kontinuirano me-
renje pritiska ub-
rizgavanja goriva,
- oblik sverežimskih
karakteristika.

2. **Parcijalni nivo tehničkog stanja**

- sve pod 1)
- prosečna tempera-
tura klipova i ko-
šuljica motora,
- pritisak u cilin-
dru motora meren
premeštanjem da-
vača za pritisak.

3. **Potpuni nivo tehničkog stanja**

- sve pod 1) i 2)
- temperatura u ci-
lindrima motora,
- kontinuirano me-
renje pritiska u
svim cilindrima
motora,
- merenje vibroaku-
stičnih parameta-
ra na određenim
mestima klipnoci-
lindrične grupe.

2. **Parcijalni nivo tehničkog stanja**

- vibroakustički pa-
rametri turboko-
mpresora.

2. **Parcijalni nivo tehničkog stanja**

- sve pod 1)
- istrošenje glavnih
rukavaca i ležaje-
va kolenastog vra-
tila motora, oso-
vinice, klipa, gla-
vne klipnjače i po-
moćne klipnjače.

2. **Parcijalni nivo tehničkog stanja**

- kontinuirano me-
renje temperature
tečnosti za hlađe-
nje motora

Program dijagnosticiranja

Definisanje graničnih vrednosti izmerenih parametara i formiranje baze podataka za ocenu tehničkog stanja; opšti, parcijalni i potpuni nivo prā određenim režimima rada motora. Formiranje baze podataka o opštim i posebnim karakteristikama procesa i parametara motora, definisanje relacija, simptomi dijagnoze, procedure prepoznavanja za dijagnozu i održavanje preko funkcija stanja procesa. Za utvrđivanje potpunog nivoa tehničkog stanja motora kontinuirano pratiti tehničko stanje motora, monitoring i nadzor i povratnu regulaciju sistema. Projektovanje ekspertnog sistema za generisanje odluka sa sistemom zaključivanja i objašnjenja, procesa rezonovanja pri akviziciji podataka.

Ispitivanje ispravnosti davača konektora, provodnika, elektronskih uređaja i opreme

čina, kao što je tok pritiska u cilindrima, u usisnim i izduvnim cevovodima, hod igle brizgača, trenutne ugaone brzine obrtanja kolenastog vratila motora, parametri vibracija motora, i sl. [6].

Zaključak

Prezentirana je studija o mogućnostima utvrđivanja tehničkog stanja savremenih tenkovskih motora.

Razvijen je algoritam za utvrđivanje tehničkog stanja motora domaće proizvodnje tipa V46-TK1. Definisani su nivoi dijagnostike: opšti, parcijalni i potpuni. Tokom iznalaženja mogućnosti za dijagnostiku obrađeni su dijagnostički parametri i metode koje se mogu

koristiti u dijagnostičke svrhe. Pri tome su korišteni rezultati vlastitih istraživanja i stečena iskustva [6].

Dalji razvoj i modernizacija tenkovskih motora učiniće probleme dijagnostike još složenijim jer se usavršavaju pojedini podsistemi motora, pa čak i potpuno menjaju npr. klasični sistem — za ubrizgavanje (pumpa visokog pritiska — cevovod — brizgač). Sadašnji trend razvoja sistema za ubrizgavanje je: pumpa-brizgač i elektronsko ubrizgavanje sa servo-pogonom.

Imajući u vidu stvarne potrebe i ogromne mogućnosti koje pruža dijagnostika, intenzivno se radi na zadacima da se kod nas dijagnostika tenkovskih motora primeni i uslovima eksploatacije.

Literatura:

- [1] Tehnička uprava SSNO: Tenk M-84 TU-1/2 Opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje, Beograd, 1988.
- [2] Tehnička uprava SSNO: Tenk M-84 TU-1/2 Radionično održavanje i remont, Beograd, 1988.
- [3] Žegarac N.: Dijagnostika kliznih ležajeva u dizel-motoru, Doktorska disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1989.
- [4] Ilarionov A. V.: Eksploatacionie svojstva avtomobilja, Mašinstroenie, Moskva, 1986.

- [5] Genkin M. D., Sokolova A. G.: Vibroakustičeskaja diagnostika mašin i mehanizov, Mašinstroenie, Moskva, 1987.
- [6] Jankov R., Smailagić T., Stajić.: Rezultati istraživanja i razvoja kompjuterizovanog ultrabrzog sistema za ispitivanje motora i drugih dinamičkih objekata, Nauka i motorna vozila, Beograd, 1987.