Dr Dragan Lazarević,
pukovnik, dipl. inž.
Uprava za snabdevanje SMO,
Beograd
Mr Zoran Popović,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

SPECIFIČNOSTI ISTRAŽIVANJA REŽIMA OPTEREĆENJA TRANSMISIJA BRZOHODNIH GUSENIČNIH VOZILA

UDC: 629.113.032:621.8.001.5

Rezime:

Poznavanje režima opterećenja sredstva preduslov je za adekvatnu, racionalnu i pouzdanu konstrukciju i povezano je sa brojnim problemima. Kompaktna konstrukcija transmisija brzohodnih guseničnih vozila (BGV), gde se više uređaja i sklopova smešta u zajedničko kućište, sa mogućnošću pojave cirkulacije i rekuperacije snage, još više usložava te probleme.

Ključne reči: režimi opterećenja, transmisija, brzohodno gusenično vozilo.

SPECIFICITIES IN RESEARCH OF THE LOAD REGIMES OF FAST TRACKED VEHICLES

Summary:

Knowledge of the vehicle load regimes is a prerequisite for an adequate, rational and reliable construction. Research of the vehicle load regimes and vehicle transmission in general, and especially in the field of the FTV, is associated with a lot of problems that should be solved before every approach to the research. The compact construction of the FTV transmissions, with many devices and assemblies placed in a single shell, with the possibility that a circulation and a recuperation of the power within the transmission occur, make that problem even more complex.

Key words: load regimes, transmission, fast tracked vehicles.

Uvod

Bilo koja konstrukcija, izvedena bez prethodno istraženih uslova u kojima će raditi, odnosno režima opterećenja (kolektiv opterećenja) kojima će biti izložena, neće biti adekvatna i teško da će moći da zadovolji svoju namenu.

U suštini, režim opterećenja predstavlja karakteristiku realnih opterećenja elemenata, sklopova i podsklopova vozila u procesu njegove eksploatacije. Režimi opterećenja najčešće se predstavljaju u obliku krivih raspodela (gustine ili funkcije raspodele),

koji se dobijaju statističkom obradom rezultata merenja nivoa i frekvencije opterećenja i drugih parametara (napona i sl.) elemenata koji se snimaju u odgovarajućim eksploatacionim uslovima.

Istraživanje režima opterećenja kod motornih vozila je vrlo složen postupak. Ipak, istraživanje opterećenja transmisija vozila na točkovima, predstavlja daleko manji problem, nego kod brzohodnih guseničnih vozila (BGV) kao što su tenkovi, borbena vozila pešadije, oklopni transporter i samohodna oruđa.

Specifičnost izvođenja transmisija

Specifičnost konstrukcije i izvođenja konkretnog rešenja transmisije, na određenoj vrsti vozila, u najužoj je vezi sa budućim istraživanjima režima opterećenja konkretne transmisije ugrađene u to vozilo.

Transmisija vozila na točkovima, u principu, ima posebno izvedene sklopove koji izvršavaju određene radnje u procesu prenosa snage i upravljanja vozilom i, najčešće, izvode se kao odgovarajuće samostalne konstrukcione celine. Na najpogodniji način razmeštaju se u okviru vozila, kako bi svoju funkciju što kvalitetnije izvršili. Tako konstruisani i izvedeni pojedini sklopovi i uređaji transmisije, koji imaju svoj ulaz i izlaz, neuporedivo su pristupačniji za priključenje pojedinih mernih uređaja i instrumenata, kojima se mogu snimiti pojedini parametri na osnovi kojih se mogu donositi zaključci o režimima opterećenja tog sklopa — uređaja. Principijelna šema vozila

na točkovima, sa svim elementima transmisije i pomoćnim uređajima, prikazana je na slici 1.

Brzohodna gusenična vozila namenjena su za upotrebu u ratu, po bespuću i u najrazličitijim uslovima eksploatacije, pa zato i njihova konstrukcija ima dosta specifičnosti. Kod transmisija BGV, za razliku od vozila točkaša, više uređaja i sklopova se, radi kompaktnosti konstrukcije (manje mase i zapremine), smešta u jedno kućište, što predstavlja poseban problem za istraživanje režima opterećenja.

Da bi transmisiju BGV, za zadate uslove, optimalno konstruisali i izveli neophodno je poznavati sve funkcije koje izvršava i parametre kojima treba da udovolji.

ULOGA TRANSMISIJE BGV

Da bi transmisiju BGV, kao vrlo bitan element u prenosu snage, optimalno rešili, neophodno je poznavati

Sl. 1 — Vozilo na točkovima sa sklopovima-uređajima transmisije:

1. Motor sa uređajima	2.2.2. menjač	2.2.7. pogon vitla	3. Karoserija
1.1. rezervoar	2.2.3. zglobni pren.	2.3. točkovi sa el. osl.	3.1. kabina
2. Šasija	2.2.4. razvodnik pogona	2.4. kočioni uređaj	3.2. tovarni sanduk
2.1. okvir vozila	2.2.5. zadnji pogonski most	2.5. uređaj za upravljanje	4. Specijalni uređaji
2.2. transmisija	2.2.6. prednji pogonski most	2.6. elektro oprema	4.1. vitlo
2.2.1. spojnica			4.2. kuka za vuču

režime opterećenja kojima je izložena, mada rešenja nisu univerzalno primenjiva. Univerzalno primenjiva mogu biti samo ako su vozila slična (po konstrukciji i nameni). Režimi opterećenja transmisija BGV su specifični, zbog namene i uslova eksploatacije. Specifičnost transmisije BGV posebno se ogleda u načinu upravljanja, odnosno izvođenja zaokreta vozila. Prenos snage od motora preko menjača stepena prenosa u principu je klasičan (mehanički, sa nepokretnim ili pokretnim osama, hidraulični u obe varijante ili kombinacija ove dve varijante). Na BGV su retke transmisije sa električnim prenosom snage.

Transmisija BGV je vrlo složen podsistem koji mora da omogući vuču, upravljanje, pogon pomoćnih uređaja (svih ili dela njih), zaokret i kočenje.

Funkciju vuče vozila transmisija obezbeđuje prilagođavanjem režima rada motora uslovima kretanja vozila, a za BGV treba da omogući:

- pokretanje na usponu od (najčešće) 30° ;
- savlađivanje bočnog nagiba do 25° ;
- promenu smera kretanja;
- stabilno kretanje minimalnom brzinom 3—6 km/h i maksimalnom brzinom preko 70 km/h;
- raspored brzina sa što boljim iskorišćenjem snage u celom dijapazonu brzina (da se ne ugroze performanse kretanja pri promeni stepena prenosa);
- mogućnost prekida toka snage od motora na pogonski točak.

Upravljanje vozilom je vrlo složena, bitna i teška funkcija, koju treba da ostvari transmisija. Sistem upravljanja mora biti rešen tako da ne zamara vozača i da obezbedi efikasno i sigurno upravljanje vozilom. Zbog toga se u svetu, a i kod nas (2), mnogo

radi na automatizaciji upravljanja vozilima uopšte, pa i BGV.

Automatizacijom sistema ili komponente sistema upravljanja treba sprečiti mogućnost greške, koju može da napravi vozač. Automatizacija se svodi na to da se, na osnovu podataka o stepenu prenosa u kojem se nalazi menjač, brzine kretanja vozila, broja obrtaja motora i položaja papuče gasa, automatski, bez uticaja vozača, izvrši promena stepena prenosa (sigurno i efikasno).

Neposredno upravljanje izvodi se pomoću poluga i papuča ili pomoću upravljača (ili poluupravljača) i papuča. Željeni način upravljanja realizuje se konstrukcionim rešenjem transmisije. Istovremeno, sistem upravljanja mora da omogući sigurno i pouzdano funkcionisanje pogona i prenosa snage BGV.

Transmisija mora da obezbedi pogon pomoćnih uređaja, kao što su ventilator, generator, pumpe i kompresori. Pored toga, ona održava temperaturu svih fluida, koji služe za hlađenje i podmazivanje elemenata pogona i prenosa snage, u optimalnim granicama. Ventilator sa sistemom hladnjaka mora da obezbedi pouzdan rad motora i transmisije u temperaturnom dijapazonu od -30°C do $+50^\circ\text{C}$, i da za svoj rad troši što manje raspoložive snage motora.

Funkcija zaokreta kod guseničnih vozila podrazumeva:

- pouzdano i bezbedno kretanje po određenoj trajektoriji različite konfiguracije i vrste terena;
- racionalno iskorišćenje snage motora (sa što većim stepenom korisnog delovanja).

Kočenje je, takođe, značajna funkcija transmisije. Imajući u vidu da je masa ovih vozila 20—65 t, te da maksimalne brzine kod novoprodukovanih

BGV prelaze 70 km/h, ova funkcija znatno utiče na opterećenje transmisije BGV.

Savremena rešenja pogona i prenosa snage izvode se sa mogućnošću automatskog snižavanja nivoa opterećenja (bez volje vozača). Takođe, transmisija BGV mora da omogući i rad u određenom stepenu degradiranog stanja. Sve to ima za cilj zaštitu BGV kao borbenog sistema i njegovo »preživljavanje«.

STRUKTURA TRANSMISIJE BGV

Strukturu većine transmisija čine primarni pogon — kojim se prenosi veći deo snage i pomoćni pogon, kojim se prenosi snaga do bočnih reduktora (sl. 2).

Transmisiju čini više elementarnih prenosnika, koji su sadašnjim rešenjima integrisani u jednu konstrukcionu celinu:

- menjač (prenosnik za promenu stepena prenosa);
- pomoćni pogon;
- uređaj za zaokret (mehanizam za zaokret), i
- bočni reduktori (bočni prenosnici ili bočni planetari).

U zavisnosti od konstrukcionog rešenja moguće je da postoje i drugi elementi (hidraulični kao hidrodinamički pretvarač — HDP ili hidrodinamička spojnica — HDS). Menjač stepena prenosa sa glavnom spojnicom, i eventualno hidrodinamičkim prenosnikom, ima ulogu da omogući prilagođavanje izlaznih parametara motora uslovima puta, odnosno da vozač pomoću njega realizuje adekvatnu vučnu silu na pogonskom točku, a preko njega se realizuje i promena brzine i smera kretanja BGV.

Uređaj za zaokret (mehanizam za zaokret) omogućava različite brzine premotavanja gusenica preko pogonskih točkova. Bočni reduktori (danas su to, najčešće, jednoredni planetarni prenosnici, pa se nazivaju bočni planetari) kod transmisija sa pomoćnim pogonom služe da se na njima sumira kretanje pomoćnog i primarnog pogona, a da se kao rezultat toga na pogonskom točku dobije odgovarajući obrtni moment i broj obrtaja. Kod transmisija bez pomoćnog pogona vrši se samo povećanje prenosnog odnosa.

VRSTE TRANSMISIJA BGV

Na osnovu uređaja za upravljanje BGV (u najvećoj meri) određuje se vrsta transmisije. U zavisnosti od odnosa brzina premotavanja gusenica preko pogonskih točkova dobija se pravolinijsko kretanje ili zaokret. Ako brzina centra vozila pri zaokretu ostaje ista (smanjuje se brzina premotavanja unutrašnje, a za istu vrednost, povećava se brzina premotavanja spoljne gusenice), takav uređaj za zaokret je simetričan, a kada se brzina centra vozila u zaokretu menja (smanjuje se) pogon je nesimetričan.

Transmisija može imati jedan ili dva toka snage. Transmisija sa dva toka snage često se naziva transmisija sa paralelnim tokom snage.

Posebnu vrstu predstavlja transmisija sa dva bočna prenosnika (menjača). Ako su vratila pomoćnog pogona blokirana ili transmisija nema pomoćni pogon, brzine pogonskih točkova su srazmerne brzinama vratila primarnog kola, odnosno izlaznim brzinama menjača. Takav pogon ima jedan tok snage. Ako su brzine pogonskih točkova rezultat brzina pomoćnog i primarnog toka snage (pri pravolinijskom kretanju), smatra se da ta transmisija ima dva toka snage ili da je sa paralelnim tokom snage.

Sa slike 2 se vidi da je transmisija složeni sistem prenosnika, koji ima više zatvorenih kola unutar kojih cirkulišu faktori snage, koji, zavisno od kinematskog stanja transmisije, mogu biti različiti. Najštetnija pojava je po-

va rekuperacija snage. Normalno je da će se kočenjem jedne gusenice (unutrašnje) pojaviti energija koju treba korisno usmeriti ili će se transformisati u toplotu, koju treba odvesti. Ako bi bila prekinuta kinematska veza unut-

Sl. 2 — Principijelna šema transmisije

java kružne cirkulacije parazitske snage unutar sistema koja može da izazove mnoge probleme, kao što su preopterećenje sklopova i povećani gubici unutar transmisije. Zbog toga se pri razradi kinematske šeme transmisije mora izučiti mogućnost pojave kružne cirkulacije snage, videti njen nivo i preduzeti mere da se sklopovi gde se ona pojavljuje dimenzionišu u skladu sa tom pojavom. Ova snaga se ne može izmeriti, pa se za utvrđivanje njenog nivoa analiziraju kinematske šeme i rade odgovarajući proračuni. Pored kružne cirkulacije snage (kao negativne pojave) moguć je i njen drugi kružni tok, koji je vrlo poželjan, a javlja se pri zaokretu vozila. To je slučaj kada se na unutrašnjoj gusenici pojavljuje suprotan tok snage, kao reakcija podloge koja se usmerava prema spoljnoj gusenici, da bi se na njoj mogla korisno upotrebiti. Ta pojava se nazi-

rašnje i spoljne gusenice preko transmisije, ta bi snaga bila potpuno nekorisna (čak vrlo štetna). Njenom rekuperacijom na spoljnu gusenicu postiže se željeni pozitivni efekat.

Nivo snage rekuperacije sa jedne na drugu gusenicu moguće je utvrditi merenjem na pogonskom točku, a na osnovu toga određuje se opterećenje tog dela transmisije.

Pouzdanost, bezbednost i racionalno kretanje po pravcu omogućava odgovarajuća vrsta spojnice i menjač određenog tipa. Spojnice su mehaničke (lamelaste) ili hidrodinamičke, dok su menjači mehanički, najčešće sa pokretnim osama — planetarni. Na BGV se najčešće ugrađuju kombinovani menjači od hidrodinamičkih pretvarača obrtnog momenta i planetarnih menjača (na tenkovima zapadnog porekla) ili samo planetarni menjači (na ten-

kovima istočnog porekla i naše proizvodnje). U pomoćnom pogonu često se sreću hidrostatički elementi (pumpe i motori — kod tenkova zapadnog porekla). Kod savremenih BGV gotovo da i nema električnog prenosa snage, kao ni mehaničkih menjača sa nepokretnim osama.

Ako se posmatra zaokret BGV, može se izdvojiti nekoliko karakterističnih rešenja uređaja za izvođenje zaokreta. Danas se na transmisijama u svetu najčešće sreću pomoćni pogoni, a transmisije koje ih imaju nazivaju se transmisije u bloku [5]. One mogu biti sa simetričnim i nesimetričnim pogonom.

Pošto zaokret ima znatan uticaj na režim opterećenja transmisija, jer u uslovima zaokreta BGV provodi oko 1/3 svoje eksploatacije, a u tim uslovima i transmisija i hodni deo trpe najveća opterećenja, prikazaćemo karakteristična rešenja transmisija u bloku (TUB) koje imaju simetričan pogon.

Transmisije sa simetričnim pogonom

Transmisije mogu imati:

- jednostepeni prenosnik u pomoćnom pogonu;
- višestepeni prenosnik u pomoćnom pogonu;

— kontinuirani prenosnik u pomoćnom pogonu.

Što je konstrukcija prenosnika snage kompaktnija i složenija, to je merenje parametara, pomoću kojih se istražuje režim opterećenja, komplikovanije.

Transmisija sa jednostepenim prenosnikom u pomoćnom pogonu

U toku pravolinijskog kretanja vratilo pomoćnog pogona je blokirano a prenosnik se okreće kao celina. U zaokretu se uključuje pomoćni pogon preko frikcionih sklopova. Smanjuje se brzina jednog izlaznog vratila, a povećava brzina drugog, čime se ostvaruju različite brzine premotavanja gusenica i realizuje zaokret određenim poluprečnikom zaokreta. Na slici 3 prikazana je principijelna šema takvog prenosnika.

Ovaj mehanizam za zaokret ostvaruje po jedan proračunski radijus zaokreta, kao minimalni u svakom stepenu prenosa, a zavisno od stepena proklizavanja u uređaju za izvođenje zaokreta u svakom stepenu prenosa može ostvariti različite radijuse zaokreta. Step en korisnog delovanja zavisi od intenziteta proklizavanja (sl. 3c). Kod ove vrste pogona kroz pomoćni

Sl. 3 — Simetrični jednostepeni prenosnik

pogon protiče (uslovno) velika snaga, pa su stoga i gubici snage veliki (ako se želi zaokret po poluprečniku koji odgovara 50% brzine pomoćnog pogona stepen iskorišćenja je 0,5).

Ovaj princip je primenjen na većem broju transmisija BGV ranijih godina proizvodnje (Allison, CD 850 za tenk M 47/48, Meritt-Brawn za tenkove CHIEFTAIN, VICKERS i dr.).

Transmisija sa višestepenim prenosnikom u pomoćnom pogonu

Na slici 4 prikazani prenosnik ima dvostepeni prenosnik u pomoćnom pogonu. Frikcionim sklopovima uključuje se željeni stepen prenosa, a pri pravolinijskom kretanju vratilo pomoćnog

ove vrste uređaja, ako se zaokret izvodi po poluprečniku malo manjem od R_{p1} , stepen korisnog delovanja i ceo sistem bi se ponašao kao da se radi o jednostepenom prenosniku.

Ovaj uređaj ugrađivali su Nemci u svoje tenkove (firma RENK, transmisija RK 304 za modernizaciju starijih tenkova M48/60, T 55 i sl. i firma ZF 4HP250 za tenk LEOPARD 1). Nedostatak im je velika opterećenost frikcionih elemenata.

Transmisije sa kontinuiranim prenosnikom u pomoćnom pogonu

Radi obezbeđenja kontinuiranog zaokreta u pomoćnom pogonu ugrađuju se hidrostatički, često u kombina-

Sl. 4 — Simetrični dvostepeni prenosnik

pogona je blokirano. Dva stepena prenosa znače mogućnost dva proračunska radijusa zaokreta. Promena stepena prenosa u zaokretu, mora se izvesti bez prekida toka snage, inače bi se gubio kontinuitet zaokreta i nastale bi posledice koje iz toga proizilaze. Stepennost korisnog delovanja zavisi od proklizavanja u frikcionim elementima, ali kako se iz slike 4c vidi, povoljniji je nego kod prethodnog sistema. Kod

ciji sa hidrodinamičkim, a uvek u kombinaciji sa mehaničkim elementima prenosa snage (slika 5).

Hidrostatički elementi u pomoćnom pogonu omogućavaju kontinuiranu promenu poluprečnika zaokreta. Relativno im je nizak stepen korisnog delovanja (sl. 5c), ali je, ipak, povoljniji od prethodnih. Ovaj princip je primenjen na tenkovima.

Da bi se ublažili nedostaci, posebno smanjenje uticaja obrtnog momenta i broja obrta koji se prenose, u ove transmisije ugrađuju se hidrodinamič-

- sa jednostepenim prenosom,
- sa višestepenim prenosom,
- sa kontinuiranim prenosom.

Sl. 5 — Simetrični kontinualni prenosnik

Sl. 6 — Simetrični kontinualni prenosnik sa HDP u sprezi

ke spojnice (slika 6). To je izvela nemačka firma Renk na transmisiji HSWL 194, za borbeno vozilo MARDER i transmisiji HWSL 354, za tenk LEOPARD 2.

Transmisije sa nesimetričnim pogonom

Transmisije sa nesimetričnim pogonom mogu biti:

Transmisije sa nesimetričnim jednostepenim prenosom

Kao i u prethodnom slučaju i ovde su moguće različite kombinacije rešenja. Principijelna šema jednog takvog bloka prikazana je na slici 7, a na šemi se vidi jednostepeni prenosnik.

Ova transmisija sastoji se od jednostepenog prenosnika, a na izlaznom vratilu, sa svake strane se nalaze po dve kočnice i dve spojnice. Pri pravo-

linijskom kretanju kočnice i spojnice su blokirane. Ako se želi zaokret u jednu stranu, prvo se oslobađa kočnica na toj strani, a zatim se na istoj strani uključuje spojnica. Zavisno od stepena proklizavanja dobija se odgovarajući radijus zaokreta, a pri potpuno isklju-

Pored toga, neophodno je ugraditi dva HSP, što poskupljuje i usložava konstrukciju. Međutim, velika mu je prednost što obezbeđuje sigurnost upravljanja pri velikim brzinama kretanja. Transmisije koje imaju ugrađeno ovakvo rešenje nazivaju se transmisije sa

Sl. 7 — Nesimetrični jednostepeni prenosnik

čenoj spojnici realizuje se proračunski radijus zaokreta. Na taj način, u svakom stepenu prenosa, realizuje se po jedan proračunski radijus zaokreta.

Iz dijagrama stepena korisnog delovanja (sl. 7c) vidi se da postoji i neki poluprečnik zaokreta R_0 , kao granični za određenu fazu. To je slobodni poluprečnik zaokreta, koji se dobije kada se isključi odgovarajuća kočnica. Na ovom principu je izvedena transmisija na domaćem borbenom vozilu pešadije M80 i M80A.

Transmisije sa nesimetričnim kontinuiranim prenosnikom

Kod TUB sa nesimetričnim pogonom sreće se, umesto jednostepenog prenosnika u pomoćnom pogonu, kontinuirani (hidrostatički) prenosnik (slika 8). Stepenn korisnog delovanja ovakvog prenosnika je nepovoljniji od mehaničkog, jer su veliki tokovi snage pri malim stepenima korisnog delovanja.

Sl. 8 — Nesimetrični kontinualni prenosnik

Sl. 9 — Nesimetrični kontinualni prenosnik sa mehaničkim prenosom

paralelnim tokom snage. Preko ovog prenosnika, pored toga što se koristi u zaokretu, ide i snaga pri pravolinijskom kretanju. Tako on služi i za pro-

menu brzine kretanja vozila. Takve transmisije se nazivaju i transmisije sa podelom snage.

Kombinacija te transmisije sa mehaničkim prenosnikom pokazana je na slici 9. Veći deo snage se prenosi preko mehaničkog dela gde je veći stepen korisnog delovanja, pa se tako povećava ukupni stepen korisnog delovanja.

Ovakvom kombinacijom koriste se prednosti hidrostatičke po pitanju kontinuiranog zaokreta, a pogodnom raspodelom snage na mehanički prenos, stepen korisnog delovanja se čini prihvatljivim. Američka firma GENERAL-ELEKTRIC na ovom principu realizovala je više transmisija za razna vozila, a među njima i za BGV (transmisije oznake HMP 100, HMPT 500 i HMPT 1000).

Transmisija sa dva bočna prenosnika

Kao posebna vrsta pojavila se transmisija sa dva bočna prenosnika. Ona nema pomoćni pogon i njeno principijelno rešenje prikazano je na slici 10.

Sl. 10 — Principijelna šema transmisije sa dva bočna prenosnika

Pri pravolinijskom kretanju bočni prenosnici su u istom, višem stepenu prenosa, a pri zaokretu se prenos-

nik na unutrašnjoj strani ubacuje u niži stepen prenosa. Ovakav princip primenjen je na sovjetskim tenkovima serije »T«, sve do pojave tenka T 72.

Na ruskom tenku T-72 i kasnije proizvedenim, primenjen je isti princip, samo bočni prenosnici imaju više stepeni prenosa i služe i kao menjači stepena prenosa. Na principu tako izvedene transmisije, poslednjih godina pojavili su se i drugi tenkovi (jugoslovenski tenkovi M 84; M 84A i tenk vihor, te ukrajinski tenk T 84). Sa tim rešenjima transmisije celi pogon i prenos snage može se smestiti u zapremini od oko 3,5 m³, čime se smanjuje masa, a povećava specifična snaga. Samim tim, uz druge jednake uslove, utiče se na smanjenje opterećenja transmisija i pokretljivost tenka.

SPECIFIČNOSTI ISTRAŽIVANJA REŽIMA OPTEREĆENJA TRANSMISIJE BGV

Iz ovog prikaza se vidi specifičnost konstrukcije i izvedbe transmisija, što direktno utiče na istraživanje režima opterećenja transmisija BGV. Istraži-

vanje režima opterećenja je specifično zbog nemogućnosti da se pristupi svakom uređaju u transmisiji i izmere pa-

rametri na ulazu i izlazu iz njega, kako bi se moglo meritorno zaključiti o nivou opterećenja tog uređaja. Zbog toga se pri istraživanju režima opterećenja transmisija BGV mora kombinovati merenje sa proračunom, na osnovu poznatih parametara kako bi se došlo do podataka neophodnih za konstrukciju.

Specifičnost konstrukcije i izvođenja transmisije BGV ogleda se u sledećem:

— služi ne samo za prenos i promenu parametara snage (M i ω), nego i kao sistem za upravljanje, zaokret i kočenje;

— u transmisijama BGV (koje imaju planetarni menjač), u određenim uslovima pojavljuje se cirkulacija snage (čiji nivo zavisi od konstrukcionog rešenja planetarnih redova);

— kada se vozilo nalazi u zaokretu, a zavisno od konstrukcionog rešenja transmisije, može se pojaviti i rekuperacija snage sa unutrašnje na spoljnu gusenicu;

— sa transmisije se, uglavnom, uzimaju izvodi za pogon pomoćnih uređaja pogonske grupe, pa i BGV kao celine.

Sve to bitno usložava utvrđivanje nivoa opterećenja pojedinih elemenata i uređaja transmisije BGV.

Sl. 11 — Kinematska šema transmisije
HSWL-354

Kinematska šema transmisije primenjene na trenutno jednom od najaktuelnijih tenkova u svetu (leopard 2), prikazana je na slici 11 i predstavlja hidromehaničku transmisiju, koje su, najčešće, u primeni na BGV na Zapadu. Kod BGV u istočnim zemljama u primeni su transmisije sa planetarnim menjačima čija je kinematska šema prikazana na slici 12.

Sa slika se vidi da transmisija BGV, zbog specifičnosti svoje namene, mora da bude smeštena u jedno kućiš-

Sl. 12 — Kinematska šema bočnog menjača

te i kinematski rešena tako da udovolji svim funkcijama, te da zauzima što manje prostora. To zahteva specifičnost namene sredstva u koje se ugrađuje.

Svako BGV mora imati što manju masu i siluetu, a istovremeno što veću vatrenu moć, pokretljivost i oklopnu zaštitu. Sve to predstavlja vrlo suprotstavljene zahteve, a savremeni zahtev je da se u prostor manji od 4 m³ mora smestiti pogon i prenos snage veći od 1000 kW.

Istraživanje režima opterećenja transmisija BGV vrlo je složen i težak posao, jer se više uređaja (radi racionalnog iskorišćenja prostora), ugrađuje u jedno kućište. To onemogućava pristup svakom uređaju ili sklopu radi izvršenja potrebnih merenja (snimanja). Da bi se obezbedilo snimanje potrebnog broja parametara, neophodno je pre svakog merenja pažljivo analizirati kinematsku šemu i konstrukciono rešenje konkretne transmisije. Na osnovu te analize i mogućnosti raspoložive merne opreme, zaključuje se koji parametar i na kom mestu može da se meri, te sa kojim se procentom pouzdanosti može osloniti na podatak koji je izmeren-očitao. Ta analiza kod transmisija BGV, zbog kompaktnosti konstrukcionog rešenja, uvek ukazuje na to da je vrlo teško izmeriti (snimiti) sve parametre koji utiču na režime opterećenja. Zbog toga se moraju, radi kompletnosti postupka istraživanja režima opterećenja transmisija BGV, kombinovati eksperimentalni podaci dobijeni merenjima u laboratorijskim i realnim eksploatacionim uslovima, sa odgovarajućim proračunima opterećenja i, na taj način, doći do opterećenja pojedinog dela, sklopa ili transmisije kao celine. To se posebno odnosi na mogućnost pojave kružne cirkulacije parazitske snage koja se ne može izmeriti, a njena pojava u menjaču izaziva dodatna opterećenja, koja mogu dovesti do havarijskih oštećenja. Proračun pouzdanosti nekog dela, sklopa ili sistema, nakon istraženog opterećenja u raznim eksploatacionim uslovima, vrši se korišćenjem posebno postavljenih i relativno visoko automatizovanih metodologija za taj proračun, uz pomoć računara.

Vrednost deformacija, kao i naponi koji se javljaju u elementima, bilo da su opterećeni statičkim ili dinamičkim opterećenjem, zavise od nivoa opterećenja koji je različit u različitim eksploatacionim uslovima.

Želja je da se istraživanje režima opterećenja izvede tako da se snime pojave svih naprezanja (napona) i da se kasnije u obradi adekvatno vrednuju.

Parametri koji definišu režime opterećenja i preduslov za njihovo istraživanje

Parametri na osnovi kojih se mogu istražiti režimi opterećenja transmisija BGV su:

- parametri snage (obrti moment i broj obrta) na ulazu u transmisiju;
- tok snage kroz transmisiju;
- snaga potrebna za pogon pojedinih pomoćnih uređaja i mesto njenog »odvođenja«;
- parametri snage (obrti moment i broj obrta) na izlazu iz transmisije (na pogonskom točku);
- učestanost korišćenja odgovarajućeg stepena prenosa u menjaču i vreme koje vozilo provede u tom stepenu prenosa i sa određenim nivoom opterećenja;
- učestanost aktiviranja uređaja za zaokret, kao i vreme koje vozilo provede u uslovima zaokreta;
- temperature medija za podmazivanje i hlađenje na konkretnom mestu — delu ili sklopu.

Radi detaljnije analize opterećenja konkretnog dela ili sklopa u transmisiji, poželjno je poznavati i sledeće parametre:

- pritiske medija na konkretnim (karakterističnim) mestima;
- protoke fluida u različitim uslovima rada transmisije, pa i pogonske grupe kao celine u vozilu;
- padove pritisaka na određenim mestima.

Konstrukcionim rešenjem i izvedbom ovih vozila mora se obezbediti velika rezerva snage i adekvatna trans-

misija, kako bi u situaciji koja to zahteva mogla naglo krenuti napred, brzo izvršiti potreban manevar ili vratiti se nazad. Kod savremenih BGV ta rezerva snage je vrlo velika.

Zbog toga se izboru terena (pored izbora merne opreme, vremenskih uslova, adekvatne ekipe za rad) na kojem će se snimati potrebni parametri, radi istraživanja režima opterećenja, mora posvetiti posebna pažnja.

Zaključak

Istraživanje režima opterećenja transmisija BGV zahteva kombinovanje metoda merenja odgovarajućih parametara u realnim eksploatacionim uslovima i u laboratoriji, uz primenu potrebnih proračuna. Tome mora prethoditi detaljna analiza namene vozila i uslova u kojima će biti eksploatisano, kao i konstrukcijskog rešenja transmisije i njene kinematike.

Literatura:

- [1] Lazarević, D.: Istraživanje režima opterećenja transmisija brzohodnih guseničnih vozila, disertacija, VTA VJ, 1996.
- [2] Janićijević, N.: Automatsko upravljanje u motornim vozilima, MF Beograd, 1993.
- [3] Ilijevski, Ž.: O modelu transmisije sa dva bočna prenosnika kao osnovnom faktoru realizacije savremene koncepcije guseničnog borbenog vozila, disertacija, VVTA, 1990.
- [4] Janićijević, N., Borak, Đ.: Istraživanje režima opterećenja motornih vozila, Zbornik radova NSS, Mašinstvo 1873—1973, Beograd, 1973.
- [5] Dragojević, M.: Tenkovi i borbeno vozila pešadije, VINC, 1986.