

STANISLAV PERUŠKO\*, DAVOR BELAS\*\*

### Uzroci požara vozila

U ovome članku osvrnut ćemo se na požare vozila koji nastaju samozapaljenjem. U praksi se često postavlja pitanje mogućnosti samozapaljenja vozila, posebno ako je vozilo u mirovanju. Ukoliko se radi o vozilu neke javne (poznate) osobe, koje je još k tome i renomirane marke, tada je sumnja još i veća.

Zapaljenje vozila zbog tehničkog kvara (tzv. samozapaljenje vozila) relativno je rijetko ali se, nažalost, događa. Događa se kada je vozilo u kretanju, u stajanju s motorom u radu, kao i mirovanju kod parkiranog vozila s ugašenim motorom. U svim slučajevima, zadatak vještaka je **utvrditi uzrok nastanka požara**.



*Slika 1: Samozapaljenje vozila u mirovanju*

---

\* Stanislav Peruško, dipl. ing. el., vještak za strojarstvo i tehnološka vještačenja u Centru za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić" MUP-a RH.

\*\* Davor Belas, dipl. ing. stroj., vještak za strojarstvo i tehnološka vještačenja u Centru za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić" MUP-a RH.

Razlozi zapaljenja mogu biti tehnički kvarovi na mehanici vozila, kao i kvarovi na električnoj instalaciji.

U vozilu se nalaze mehanički uređaji, koji u slučaju kvara mogu stvoriti uvjete za nastajanje požara. Vrste kvarova jesu:

- proklizavanje remena
- pregrijavanje kočionih elemenata, npr. uslijed neispravnosti ili blokade kočnica
- zaribavanje ležaja
- proklizavanje spojke vozila ili nekog uređaja
- struganje rotirajućeg dijela po fiksnom dijelu
- kvar na grani ispušnog sustava
- kvar na turbini za prednabijanje svježeg zraka
- kvar na ventilima motora
- kvar na sustavu za dovod goriva.

Nepravilna uporaba vozila od strane korisnika jedan je od načina kada može doći do samozapaljenja. Primjeri nepravilne uporabe:

- vožnja s podignutom ručnom kočnicom
- vožnja preopterećenog vozila (dovodi do pregrijavanja pneumatike)
- podizanje broja okretaja vozila na maksimum dok je vozilo u mirovanju te držanje motora na maksimalnom broju okretaja kod pregledavanja motora.

## 1. KINETIČKA ENERGIJA

Neki uzroci samozapaljenja mogu se objasniti pretvorbom **kinetičke energije u toplinsku**. Kinetička energija (kolokvijalno se još naziva i mehanička energija) je energija tijela u gibanju. Dio kinetičke energije tijela u gibanju pretvara se u toplinsku energiju (taj dio energije u nekim slučajevima predstavlja energetske gubitak). Jedan oblik pretvaranja kinetičke energije u toplinsku je toplina koja se generira zbog trenja. Zbog trenja se razvija toplina koja nastaje na mjestu kontakta između dvaju objekata od kojih je jedan u kretanju, a drugi u mirovanju ili su oba u kretanju ali imaju različite brzine (npr. trljanje jednog drvenoga štapa o drugi kako bi se generirala toplina koja će zapaliti vatru u ložištu). U vozilima se fenomen pretvaranja kinetičke energije (energije gibanja) u toplinsku energiju koristi kod kočenja. Drugim riječima, svrha kočionog mehanizma je pretvoriti (potrošiti) energiju gibanja u toplinsku energiju i na taj način zaustaviti vozilo. Na vozilu na kojem kočioni sustav ne funkcionira ispravno (nakon otpuštanja papučice kočnice pakne ili pločice se ne odvoje) ili vozač ne otpusti ručnu kočnicu, tijekom vožnje se zbog trenja generira toplinska energija koja može zapaliti gumu pneumatika odakle se požar može proširiti na ostatak vozila.

Drugi primjer kada na vozilu ili bilo kojem drugom stroju zbog trenja može doći do požara je proklizavanje remena preko remenice. Remen se u nekom stroju koristi za prijenos kinetičke energije s motora (pogonskog dijela) na gonjeni dio (npr. alternator, kompresor klima uređaja i sl.). Kod normalnog (ispravnog) rada remena, remen se ne giba u odnosu na remenicu, odnosno, giba se jednakom brzinom kao i remenica. Kada dođe do opuštanja remena, on se počinje gibati sporije od remenice, a ta razlika u brzini stvara trenje koje generira toplinsku energiju koja može zapaliti remen.

Kinetička energija se može prenijeti u toplinsku i u obliku mehaničke iskre. Dobar primjer za to je pojava mehaničkih iskri prilikom kočnja vlaka. Iskre tada iz kočionog mehanizma padaju slobodno u okoliš. Ako se okoliš sastoji od osušene trave ili niskoga raslinja, iskre iz kočionog mehanizma mogu izazvati požar.

Kinetička energija se pretvara u toplinsku i prilikom komprimiranja plinova. Tijekom kompresije molekule plinova su stisnute bliže jedna drugoj što stvara toplinsku energiju. Dizel motori koriste za svoj rad ovakvu transformaciju kinetičke energije u toplinsku. Komprimiranjem zraka u cilindru dizel motora, zbog velikog kompresijskog omjera (preko 20:1), temperatura poraste preko temperature samozapaljenja dizel goriva tako da gorivo koje se injektira u cilindar odmah počinje gorjeti. Iz tog razloga dimni plinovi dizel motora na izlazu iz cilindra imaju temperature preko 600°C. Ako se na ispušnoj grani dizel motora pojavi mehaničko oštećenje kroz koje ispušni plinovi mogu izlaziti u motorni prostor, oni mogu zapaliti gorivi materijal u blizini oštećenja. Isto tako, kod jako opterećenih dizel motora u ispušnim se plinovima pojavljuju iskre nepotpuno izgorjelih čestica ugljika iz goriva (tj. čađe) koje mogu izlaziti iz ispušnog sustava u okoliš. Kao primjer navodimo dizel električne lokomotive koje vuku željezničku kompoziciju uzbrdo. Užarene čestice čađe mogu zapaliti okolno raslinje.

## 2. ISTJECANJE GORIVA

Istjecanje goriva tijekom vožnje jedan je od mogućih uzroka požara na vozilima. Sustav dovoda goriva u motor sastoji se od spremnika goriva, pumpe za gorivo, cjevovoda i sustava ubrizgavanja goriva u motor. Kod suvremenih benzinskih motora pumpa za gorivo nalazi se na spremniku goriva, dok se kod dizel motora i starih benzinskih motora pumpa za gorivo nalazi u motornom prostoru. Ako dođe do kvara na sustava za dovod goriva (npr. oštećenje na cjevovodu, kvar na brtvi pumpe za gorivo i sl.), gorivo tijekom rada motora počinje istjecati u motorni prostor. Isteklo gorivo može doći do vrućih dijelova motora i na njima se zapaliti.



*Slika 2: Primjer istjecanja goriva iz pumpe na ispušni sustav*

### 3. ELEKTRIČNA INSTALACIJA

Električna instalacija s brojnim električnim uređajima i elektronikom, drugi je vrlo važan segmenat, na kojem kvar može stvoriti uvjete za zapaljenje vozila i biti uzrok požara. Električna instalacija u vozilu odgovara maloj elektrani s električnim generatorom koji proizvodi električnu energiju; akumulatorskom baterijom, koja predstavlja obnovljivi izvor električne energije; brojnim potrošačima kao što su električni pokretač, uređaji za paljenje, grijanje stakala, svjetla, elektroničko upravljanje motorom, elektronika za upravljanje uređajima za koje smo navikli da su upravljani mehanički i hidraulički - električni servo, električno upravljanje gasa itd., uređaji koji povećavaju sigurnost vozila u vožnji, zatim klima uređaji, centralno zaključavanje, zaštita vozila od krađe, kao i suvremeni audiovizualni i informatički uređaji te aparati visokih performansi. Također su značajni potrošači električne i elektronske komponente uz pomoć kojih se smanjuje potrošnja goriva i emisija štetnih plinova (elektromagnetski razvodni mehanizmi motora, uređaji za predgrijavanje katalizatora i dr.).

Njemački autoklub ADAC objavio je da je oko 40% od ukupno 2,5 milijuna kvarova izravna posljedica neispravne električne instalacije, izravna posljedica problema s akumulatorom ili problema u sustavu elektronike (to potvrđuje trend posljednjih godina).

Statistika govori da neispravan akumulator izaziva nevjerojatnih 26% kvarova. Tehnologija izrade akumulatora nije se puno promijenila tijekom prošla dva desetljeća, a broj potrošača električne energije u vozilima je jako porastao. Prosječan akumulator danas ima životni vijek između četiri i šest godina.

Problemi s električnim sustavima mogu čak izazvati ozbiljna oštećenja motora i drugih dijelova vozila. Uzimajući navedeno u obzir, objašnjivo je da u tim kvarovima postoje i takvi, koji mogu biti uzrok nastanka požara u vozilu.

### 4. SAMOZAPALJENJE VOZILA U VOŽNJI

Kod vozila koje je u kretanju ili u mirovanju s upaljenim motorom, više je mogućih uzroka samozapaljenja, a odnose se na mehaničke kvarove, kao i kvarove na električnoj instalaciji, odnosno lošem stanju električne instalacije.

Mehanički kvarovi imaju za posljedicu curenje ulja ili goriva (dizel ili benzin) po motornom prostoru, pri čemu se stvara zapaljiva smjesa, koja u dodiru s vrućim dijelovima motora ili nekom iskrom može biti zapaljena. Iz već ranije nabrojanih razloga može doći do pregrijavanja (čak i užarenja) pojedinih elemenata vozila, a samim time i do zapaljenja zapaljivih materijala.

Kada je uzrok zapaljenju kvar na električnoj instalaciji, pod kvarom se podrazumijeva mehaničko oštećenje izolacije vodiča, kao i loši kontaktni spojevi (labav kontaktni spoj) te kvarovi na elektronicima, koje u novim vozilima ima sve više. Labav električni kontakt može prouzročiti otežano paljenje, nepotrebno trošenje akumulatorske baterije, kao i pretjerano zagrijavanje kontaktnog mjesta.

Do mehaničkog oštećenja izolacije električnog vodiča može doći:

- zbog pogreške u proizvodnji na izolaciji
- zbog slabljenja izolacije zbog starosti pa i njenog pucanja

- zbog oštećenja na oštrim bridovima, objumicama i slično, pri korištenju vozila
- zbog oštećenja prilikom montaže ili servisiranja vozila
- zbog glodavaca itd.

Kod dodira oštećenog električnog vodiča pod naponom, s metalnim dijelovima vozila (masom), dolazi do iskrenja i kratkog spoja. Na mjestu kratkog spoja razvija se temperatura preko 1 500°C, te dolazi do zapaljenja gorivog materijala (plastika, ulje, benzinske pare i sl.).



*Slika 3: Kratki spoj plus vodiča s limom blatobrana*

Za vrijeme, dok je motor vozila upaljen, veliki dio električne instalacije je pod naponom, pri čemu postoji jedan dio strujnih krugova, koji nisu štice osiguračima (akumulatorska baterija, alternator, pokretač ...).

## **5. SAMOZAPALJENJE VOZILA U MIROVANJU**

Naravno, najviše sumnji i pitanja ima kod nastanka požara na vozilu u mirovanju, kada je parkirano, s ugašenim motorom i izvađenim ključem iz kontakt brave. Kada se to dogodi na vozilu javno poznate osobe, posebice političarima ili nekome njima bliskom, prva pomisao asocira na podmetanje požara. Ipak to nije uvijek tako, što potvrđuju iskustva stručnjaka iz Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić". U Odjelu traseoloških vještačenja radi i skupina stručnjaka vještaka za strojarstvo i tehnička vještačenja, koji u suradnji sa stručnjacima vještacima za požare i eksplozije iz Odjela kemijsko-fizikalnih i toksikoloških vještačenja, između ostalog utvrđuju **uzroke požara i eksplozija** i na vozilima. U svom radu susreću se s požarima vozila, a kojima je kojiput uzrok tehnički kvar vozila (mehanički ili električni).

Nastanak požara na vozilu u mirovanju osporavaju stručnjaci koji se bave održavanjem, a posebno oni koji se bave prodajom vozila. Tako oni izričito naglašavaju kako je nemoguće da dođe do požara na vozilu u mirovanju, jer su strujni krugovi u vozilu

zaštićeni osiguračima, tvrdeći pritom da nakon gašenja motora i vađenja ključa iz kontakt brave, nakon nekoliko minuta u vozilu nema električne instalacije pod naponom.

## 6. KAKO DOLAZI DO SAMOZAPALJENJA VOZILA?

Za odgovor na ovo pitanje potrebno je dati neka objašnjenja koja se odnose, između ostalog, i na razvoj autoindustrije. Kod vozila koje je parkirano i ugašeno, tzv. samozapaljenju, odnosno požaru, uzrok je kvar na električnoj instalaciji. Iskustva pokazuju da je kod starijih vozila uzrok požara kvar na električnoj instalaciji od akumulatorske baterije do pokretača i alternatora (ranije dinamo) te brave za paljenje vozila, koji su trajno pod naponom.



*Slika 4: Primjer kratkog spoja plus vodiča s masom pri mirovanju vozila*



*Slika 5: Primjer kratkog spoja plus vodiča s masom pri mirovanju vozila (radni stroj)*

Kako se autoindustrija razvijala, tako je akumulirala i sve više električnih uređaja i elektronike, kojih ranije nije bilo. Kod novijih vozila mogućnosti za izbijanje požara su veće zbog više strujnih krugova, uređaja i elektronike pod naponom čak i dok je vozilo ugašeno. Te novine odnose se primjerice na:

- ventilator motora
- centralno zaključavanje
- sustave protiv otuđenja vozila
- četiri pokazivača smjera i alarmni sustav
- uređaje za povećanje komfora putnika (unutarnja rasvjeta, suvremeni audiouređaji i videouređaji visokih performansi i drugi).

Električnih potrošača je osjetno više, zbog čega se rade jači alternatori, a električnih instalacija je sve više te su vodiči sve deblji, itd. U vozila se ugrađuju jači osigurači, čak i dvije akumulatorske baterije, a posljedica je sve više potencijalnih mogućnosti za nastanak požara.

Jedno od pitanja je zašto do samozapaljenja vozila dođe tijekom noći, čime se otvara sumnja na podmetanje požara.

Moramo napomenuti da u predmetima, u kojima su uzrok požara utvrđivali vještaci Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić", utvrđeno je da od svih požara vozila, manje od 25% otpada na samozapaljenje. Od tog broja, oko pola požara se dogodio u ranim jutarnjim satima, odnosno tijekom noći. Daljnjom analizom samozapaljenja vozila vidljivo je da se vozilo u većini slučajeva zapali u vremenu do 2 sata nakon vožnje, odnosno parkiranja.

Sve više električnih potrošača, elektronike, više električnih instalacija, vodiči većeg presjeka (veća težina vozila), jači alternatori – rezultirali su drastičnim povećanjem potrošnje električne energije, a samim time i povećanja potrošnje goriva zbog rada električnih uređaja i zbog povećanja mase vozila. Samim time se nametnula potreba za povećanjem napona u vozilima sa 12V na 42V, čime bi se uz istu snagu postigle manje struje te time smanjio potreban presjek vodiča, što bi dalo i druge koristi:

- reduciranje jakosti struje, a time i presjeke vodiča
- smanjenje količine vodiča i elektroničkih komponenti
- smanjenje cijene električnog sustava
- reduciranje mase i težine vozila
- smanjenje buke i vibracija
- poboljšanje stabilnosti električnog sustava.

Razvoj novih električnih instalacija pod naponom od 42V diktiraju najveći svjetski proizvođači automobila, a uz njih i najjači proizvođači komponenata za ove instalacije.

Najveći broj ljudi, pa i poznavatelja automobila, ne zna ili ne pamti da je do prije pedesetak godina, električna instalacija na automobilima bila pod naponom od 6V. Da bi se omogućilo lakše i sigurnije startanje motora, posebno u zimskim uvjetima, kao i jači farovi, početkom pedesetih godina svi su proizvođači vozila prešli na instalacije pod naponom od 12V. Ovaj prijelaz je učinjen relativno lako i brzo, za samo nekoliko godina. Rekonstrukcija nekoliko komponenata, koje su tada činile električnu instalaciju automobila – pokretača, žarulja, releja – obavljena je bez većih problema. Eventualni prijelaz

na napon od 42V, iziskuje neusporedivo veće zahvate, jer je komponenta neusporedivo više i one su složenije.

Tu je i razvoj vozila na hibridni pogon, koji su već u masovnoj proizvodnji, gdje se ugrađuju akumulatorski blokovi (moduli nikal-metal hibrida) s naponom od otprilike 201V (toyota prius) za napajanje elektromotora, generatora, kompresora električnog invertera za klima uređaj i invertera. Električna instalacija zahtijeva posebnu i jaču izolaciju. Tako u tim vozilima imamo električnu instalaciju od 12V i 201V. Ova od 201V je s narančastom izolacijom i smještena je ispod ojačanja podnica, kako bi bila zaštićena. Potrebno je napomenuti da inverter pretvara napon akumulatorskih baterija od 201,6V u napon 500V, koji pogoni elektromotor (trofazni izmjenični). U takva vozila ugrađeni su sustavi zaštite, koji bi trebali spriječiti strujne udare i nastanak požara.

U oba slučaja trebat će posvetiti veliku pažnju sigurnosti električnih instalacija i električnih elemenata, kako bi se u što većoj mjeri smanjile eventualne pojave kratkih spojeva a time i požara na vozilu.

Viši napon, više električnih uređaja, više električnih instalacija povećava rizik od nastanka požara i u vožnji i u mirovanju, odnosno parkiranoj i ugašenom vozilu.

Ipak, potrebno je napomenuti da se kao vještaci Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić" nismo sreli sa slučajem zapaljenja vozila na hibridni pogon, bez obzira na električnu instalaciju i akumulatorske baterije kao i invertere na napon od 201V.