

EKSPLOZIJA U KARTERU BRODSKOGA DIZELSKOG MOTORA *Crankcase Explosion in Marine Diesel Engine*

UDK 629.12.06
Stručni članak
Professional paper

Sažetak

Svrha ovog rada je upozoriti na pojavu u radu brodsikoga dizelskog motora koja, zbog nestručnog rukovanja, te nekada doista nesretnim razvojem okolnosti, često rezultira havarijom porivnog stroja, a u težim slučajevima i ozljedama i smrtnim stradanjima članova posade. Iz tog se razloga želi skrenuti više pozornosti na problematiku pojave eksplozije u karteru brodsikoga dizelskog motora.

Pozornost se posvetila problemu nastanka eksplozije u karteru i načinu da se ona uspješno izbjegne kako bi se očuvao sam motor. Iz sigurnosnih razloga posebnu pozornost treba obratiti i sigurnosnoj opremi na karteru brodsikoga motora, a sve poradi smanjenja rizika stradanja članova posade u strojarnici. Uz to, obrađen je i sustav za monitoring i detekciju uljnih para u karteru motora.

Ključne riječi: brodski dizelski motor, eksplozija u karteru, sigurnost u karteru, detekcija i monitoring.

Summary

This paper deals with a problem which occurs in the operation of marine diesel engine, because of unprofessional handling, or sometimes in bad course of events, it often results in the total damage on the engine. In serious incidents it may result in bad injuries and even death of the ship's crew. Therefore, more attention must be paid to the phenomenon of crankcase explosion in maritime diesel engine.

Attention has been paid to this problem and the way to avoid it successfully has been found to ensure the safe work of the engine. Special attention should be paid to the safety equipment on the crankcase all of which for the purpose of reducing risk of accidents during the work in the engine-room. The oil mist monitoring and detection is also a part of this paper.

Key words: marine diesel engine, crankcase explosion, safety in crankcase, detection and monitoring.

1. Uvod

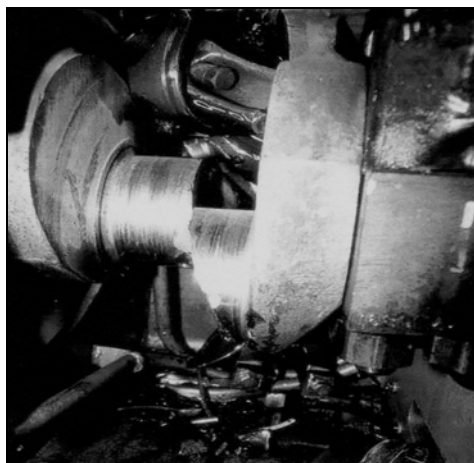
Introduction

Eksplozija u karteru jedna je od najopasnijih i najrazornijih pojava u radu brodsikoga dizelskog motora. Iako se mnogi strojevi koji pravocrtno gibanje pretvaraju u kružno, ili obratno, i koji se prisilno podmazuju da bi im se smanjilo trenje među pokretnim dijelovima (kompresor, parni strojevi, dizelski i otto motori) tijekom svoga radnog vijeka nikad ne susretnu s ovom pojavom, i dalje smo dužni posvetiti punu pomnju eksploziji u karteru kao velikom problemu koji se pojavljuje u radu dizelskih motora.

Prve pojave požara i eksplozija u karteru motora sežu sve do samog početka razvijanja dizelskoga motora, što potvrđuje i činjenica da ih je spominjao i Rudolf Diesel u svojim zapažanjima i istraživanjima koje je vodio dok je radio na izumu dizelskoga motora. Respektabilnu pozornost ova pojava dobila je 1947. godine kad se na m/b „Reina del Pacifico“ dogodila havarija katastrofalnih razmjera, gdje je zbog eksplozije u karteru dizelskog motora poginulo 28 članova posade. Osim tragičnih posljedica nesreće ovaj događaj možemo uzeti kao važan jer se od tog trenutka počelo aktivno raditi na istraživanju te pojave i osiguravanju da se takva tragedija više nikad ne ponovi.

* mr. sc. Mate Jurjević, Sveučilište u Dubrovniku

** Krešimir Cvjetanović, diplomant, Sveučilište u Dubrovniku



Slika 1. Posljedice eksplozije u karteru na m/b „REINA DEL PACIFICO“

Figure 1. Consequences of crankcase explosion on m/w „REINA DEL PACIFICO“

Na slici 1. prikazana je fotografija na kojoj se vidi šteta nastala unutar kartera motora. Doista nije potrebno polemizirati o silini eksplozije kad se vidi puknuto koljenasto vratilo i gomila ostalih dijelova u karteru motora koji su uništeni u eksploziji.

2. Uzroci i posljedice eksplozije u karteru brodskoga dizelskog motora

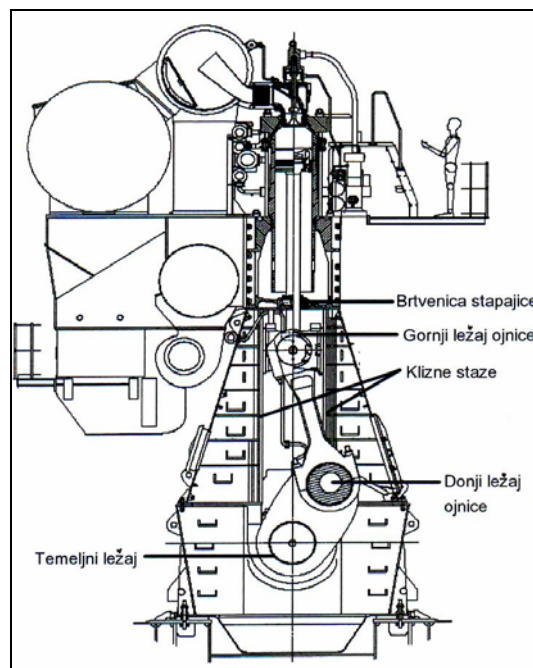
Causes and consequences of crankcase explosion in marine diesel engine

2.1. Nastanak eksplozije u karteru Crankcase explosion

Kako bismo shvatili pojavu eksplozije u karteru motora, moramo razumjeti osnovu prirode nastanka požara, pa time i eksplozije jer, na kraju, eksplozija je samo iznimno brz proces ekspaniranja plinova koji su se zapalili. Požar i eksplozija nastat će samo ako su tri uvjeta ispunjena, a to su: gorive tvari, kisik (zrak) i izvor topline.

Jedna je stvar u cijeloj priči jako bitna, a to je tzv. „vruće mjesto“ (engl. *hot spot*), a to je ujedno i izvor topline zbog kojega, kao prvo, dolazi do povišene temperature i isparivanja ulja te nastanka uljnih para, pa nakon toga ono ima i ulogu „vrućeg mjesta“ koje će zapaliti uljne pare pomiješane sa zrakom i uzrokovati eksploziju u karteru.

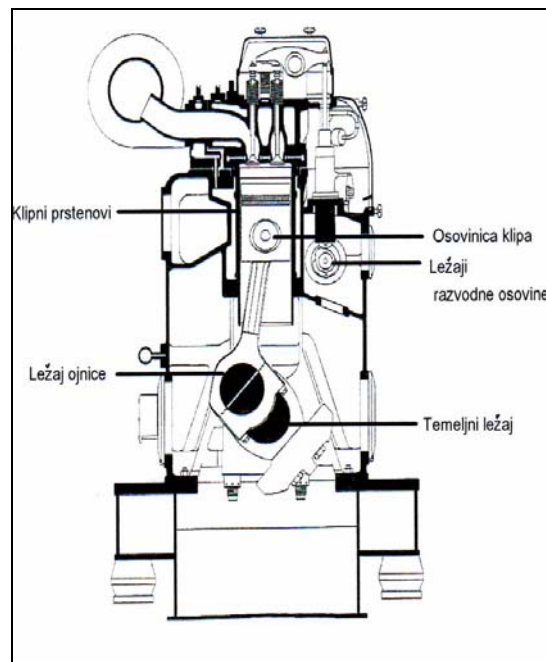
Da bi se spriječio gubitak ulja i održalo što učinkovitije podmazivanje, karter je prostor koji je potpuno zatvoren i otporan na vanjske utjecaje. Razlog je tomu i zaštita posade od pokretnih dijelova motora. Sve klizne površine koje se nalaze u karteru motora, mogu postati „vruća mjesta“ ako su nedovoljno podmazivana ili im je podmazivanje potpuno uskraćeno. Tad na tome mjestu dolazi do suhoga trenja i ekstremnog zagrijavanja. Neovisno o kojemu je motoru riječ, to su najčešće temeljni ležajevi, ležajevi ojnice, klizne površine križne glave, te brtvenica stapajice. Na slikama 2. i 3. prikazana su mjesta u karteru dvotaktnoga i četverotaktnog motora koja mogu postati „vruća mjesta“ ako se ne podmazuju ili im je podmazivanje nedostavno.



Slika 2. „Vruća mjesta“ u karteru dvotaktnoga sporookretnog dizelskog motora

Figure 2. „Hot spots“ in the crankcase of two stroke low speed diesel engine

Na slikama se vidi da su sporookretnim dvotaktnim motorima sa stapnim mehanizmom potencijalna vruća mjesta: brtvenica stapajice, klizne staze križne glave, te ležajevi ojnice i temeljni ležajevi, a motorima s klipnim mehanizmom to su: neispravni prsteni na klipu, osovinica klipa, ležajevi razvodne osovine, te donji ležaj ojnice i temeljni ležaj.



Slika 3. „Vruća mjesta“ u karteru četverotaktnoga brzoekretnog dizelskog motora

Figure 3. „Hot spots“ in the crankcase of four stroke high speed diesel engine

Zbog zagrijavanja, ulje se u karteru zagrijava i dolazi do nastanka uljnih para u koncentraciji većoj od dopuštene. Koncentracija uljnih para se mjeri u mg po litri zraka. Opasna zona je više od 2 mg/l, a eksplozivna je preko 50 mg/l. Uz to dolazi i do porasta tlaka u prostoru kartera gdje se pojavi propuštanje uljnih para kroz sigurnosne ventile. Na slici 4. je dijagram radnih koncentracija uljnih para u karteru. Kao što se i vidi, tri su radne zone:

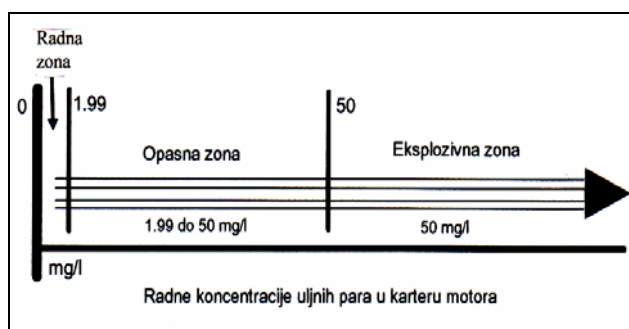
- normalna radna zona (< 2 mg/l),
- opasna zona (od 2 do 50 mg/l),
- eksplozivna zona (> 50 mg/l).

Za svaku radnu zonu imamo uljne pare u karteru određene kategorije, pa ih dijelimo u tri razreda:

1. razred: ovu vrstu uljnih para nalazimo u svim prostorima motora. Nastale su isparivanjem ulja za podmazivanje, ali kao sasvim normalan proces isparivanja zbog zagrijavanja ulja pri podmazivanju i hlađenju pokretnih dijelova motora. Ove uljne pare se kondenziraju u karteru i u rashladniku ulja; potpuno su normalna pojava i nisu pare zbog kojih može nastati problem u radu motora.

2. razred: ove uljne pare nastaju zbog pojave mjesta gdje je podmazivanje nedostavno ili ga uopće nema, pa ulje intenzivno isparuje zbog prevelikog zagrijavanja tog mjesta i njegove okoline. Takvim razvojem događaja nastaje veliko nakupljanje uljnih para u karteru i one mogu postati opasne i uzrokovati eksploziju. Pravodobnom detekcijom takvih para može se lako ustanoviti da je došlo do kvara u karteru, ili temeljnog ležaja, ili neke druge klizne površine pa se počela pregrijavati zbog nedostatka podmazivanja.

3. razred: u ovom slučaju sve je jednako kao u 2. razredu, samo što ovdje dolazi do nastanka eksplozivne atmosfere koja bi svakog trenutka mogla rezultirati eksplozijom u karteru. To se događa kad je koncentracija uljnih para veća od 50 mg para na litru zraka.



Slika 4. Radne koncentracije uljnih para u karteru motora

Figure 4. Operating oil mist concentration in the crankcase

Sljedeći korak koji vodi do eksplozije u karteru jest stvaranje eksplozivne atmosfere, a to se događa zbog miješanja uljnih para nastalih zbog zagrijavanja „vrućeg mjesta“ i zraka (kisika) u točno određenim omjerima parcijalnih tlakova zraka i uljnih para. Kad se stvori eksplozivna atmosfera, svi uvjeti za eksploziju u karteru su ispunjeni, samo je pitanje trenutka kad će se smjesa zraka i uljnih para zapaliti u kontaktu s „vrućim mjestom“ (*hot spot*), koje treba dostignuti temperaturu od oko 850 °C.

Znači, vruće je mjesto jedan od najvažnijih čimbenika u nastanku eksplozije u karteru motora, i to s dvije važne uloge. Prva je da se to mjesto u karteru toliko zagrijava da prisiljava ulje na isparivanje i ono se pretvara u eksplozivne uljne pare, a zatim ima ulogu otvorenog plamena koji će zapaliti te pare pomiješane sa zrakom, i prouzrokovati eksploziju. Treba obratiti pozornost na još neke čimbenike što pridonose lakšem nastanku ove pojave. Tu su npr. pogrešan odabir ulja, njegova loša kvaliteta i preduga uporaba, pa mu se time promijene karakteristike i drugo.

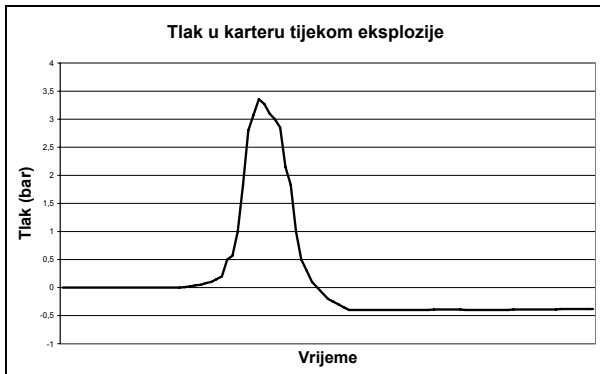
2.2. Primarna i sekundarna eksplozija u karteru

Primary and secondary crankcase explosion

Primarna eksplozija u karteru nastaje zbog lošeg podmazivanja pokretnih dijelova u karteru i vrućega mjesta, kako je prethodno i objašnjeno. Preostaje nam da obratimo pozornost na sekundarnu eksploziju, koja često zna biti razornija i opasnija od primarne, te je zbog toga potrebno analizirati dijagram tlaka koji vlada u karteru motora za vrijeme eksplozije i nakon nje.

Prema dijagramu, tlak dostiže svoju maksimalnu vrijednost pola sekunde nakon zapaljenja smjese uljnih para i zraka, a obično iznosi oko 3,3 bara, što je velika sila imajući u vidu površinu na koju tlak djeluje unutar kartera motora. Promatrajući dijagram tlaka za vrijeme eksplozije prikazan na slici 6., može se uočiti jedna bitna karakteristika dijagrama, a to je tijekom njegove promjene nakon eksplozije.

Naime, na dijagramu se vidi da tlak iz područja pretlaka prelazi u područje podtlaka, gdje se stvara vakuum u prostoru kartera, što je jako važna činjenica kad se govori o **sekundarnoj eksploziji**, koja dolazi nakon primarne, i to zbog pojave vakuuma u karteru.



Slika 5. Dijagram tlaka za vrijeme eksplozije u karteru

Figure 5. Crankcase explosion pressure diagram

Na dijagramu se vidi kako krivulja tlaka nakon eksplozije zalazi u područje vakuuma jer dolazi od implozije kad, ako sigurnosni ventili nisu zatvorili na vrijeme i pravilno, možemo sa sigurnošću kazati da će izbiti sekundarna eksplozija. Zbog vakuuma u prostoru kartera nakon primarne eksplozije, dolazi do usisavanja zraka iz strojarnice u prostor kartera, najčešće zbog neispravnog zatvaranja sigurnosnoga ventila, pa se ponovno miješa zrak s uljnim parama, i nedugo nakon prve eksplozije stvara se eksplozivna atmosfera koja vodi do druge, sekundarne eksplozije.

2.3. Rizik da nastane eksplozija u motorima s klipnim i stapnim mehanizmom

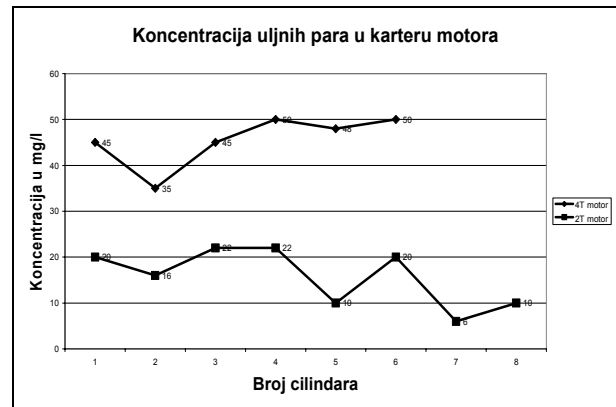
Risk of crankcase explosion in four stroke high speed and two stroke low speed diesel engine

Promatrajući razlike u konstrukciji brodskih dizelskih motora s klipnim i stapnim mehanizmom, a radi proučavanja eksplozije u karteru motora, možemo navesti samo dvije bitne konstrukcijske razlike. To je što motor sa stapnim mehanizmom ima križnu glavu, pa tako i potencijalno vruće mjesto pri lošem podmazivanju, i druga, više bitna razlika je brtvenica stapajice. Naime, stapni dizelski motori u sklopu svog mehanizma imaju stapajicu, koja povezuje stap i križnu glavu, a prostor kartera od prostora cilindra odvaja brtvenica stapajice. Tako u motorima s klipnim mehanizmom postoji izravna veza između cilindra i kartera, dok toga nema u motorima sa stapnim mehanizmom.

Također u obzir treba uzeti i broj okretaja pri kojemu motor radi, zatim tlak ulja koji vlada u karteru, gabarite motora i dr. Po Lloyd's Registru od 1990. do 2001. godine zabilježene su 144 eksplozije u karteru brodskoga dizelskog motora. Od toga je 21 eksplozija bila u sporookretnim dvotaktnim motorima sa stapnim mehanizmom i 123 u četverotaktnim motorima s klipnim mehanizmom. Odmah treba pritom uzeti u obzir činjenicu da ima sedam puta više četverotaktnih motora od dvotaktnih, pa nam ove brojke ne otkrivaju mnogo.

Uspoređivanjem podataka o izmjerenoj koncentraciji uljnih para za oba tipa motora, prema reprezentativnim

uzorcima može se napraviti dijagram iz kojega će se očitati parametri što upućuju na povećan rizik da nastane eksplozija u karteru.



Slika 6. Koncentracija uljnih para u karteru

Figure 6. Oil mist concentration in the crankcase

Iz dijagrama se može uočiti da je koncentracija uljnih para u sporookretnim motorima s križnom glavom redovito manja. To se objašnjava velikom metalnom površinom kartera gdje dolazi do kondenzacije uljnih para koje su u dodiru s tom površinom.

Slika 6. prikazuje dvije krivulje od kojih gornja predočuje koncentraciju uljnih para u karteru četverotaktnoga srednjookretnog motora tipa Paxman Valenta 12PR 6L200 izmjerenu na 1.500 o/min, pri kojima stroj razvija snagu od 1.609 kW.

Krivulja koja se kreće u području nižih vrijednosti predstavlja koncentraciju uljnih para u karteru dvotaktnoga sporookretnog motora tipa MAN B&W 8S80 MC pri 76 o/min. Uočljivo je da su podatci izmjereni na četverotaktnomu motoru mnogo veći od onih zabilježenih na dvotaktnomu sporookretnom motoru.

Time se može i naslutiti da je rizik od izbijanja eksplozije u karteru četverotaktnih srednjookretnih motora mnogo veći zbog izmjerenih dosta visokih parametara u karteru.

Posebnu pozornost treba posvetiti čimbeniku koji djeluje na nastanak eksplozije u karteru samo četverotaktnih motora s klipnim mehanizmom, kod kojih nema pregrade, tj. brtvenice stapajice, između prostora cilindra i kartera. Naime, radi se o slučaju kad dođe do neispravnog rada rasprskavača koji rezultira kapanjem goriva u prostor izgaranja, a ne finim raspršivanjem. Posljedica je toga nepravilno izgaranje i nepravilan rad motora. Kao rezultat dolazi do nakupljanja karbonskih čestica koje mogu uzrokovati da se klipni prstenovi zapeku i da njihovim habanjem nastane „vruće mjesto.“

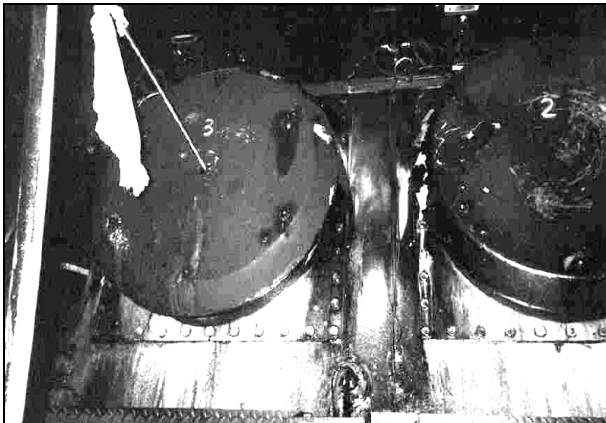
Druga važna stvar što nastaje kod ovakva kvara na četverotaktnomu motoru je dolazak goriva u prostor kartera. Zbog neispravnosti rasprskavača i kapanja goriva u prostor izgaranja, izgaranje je nepotpuno, i dolazi do prolaska goriva u karter. To je moguće samo u motorima s klipnim mehanizmom jer klipni prstenovi jedini odvajaju prostor izgaranja od kartera. Kad se tako gorivo uspije

provući između klipa i cilindra, izravno dolazi u karter i miješa se s uljem, gdje se znatno snižava točka plamišta i mnogo lakše dođe do eksplozije u karteru. Uz prednosti brtvenice stapajice motori sa stapnim mehanizmom zbog svojih velikih dimenzija također imaju još jedan čimbenik koji ih čini sigurnijima i manje podložnima riziku eksplozije u karteru, a to je propis klasifikacijskog zavoda koji obvezuje proizvođača da mora ugrađivati indikatore temperature na svakom temeljnom ležaju kako bi se „vruća točka“ na vrijeme otkrila i spriječila havarija stroja.

2.4. Posljedice eksplozije u karteru

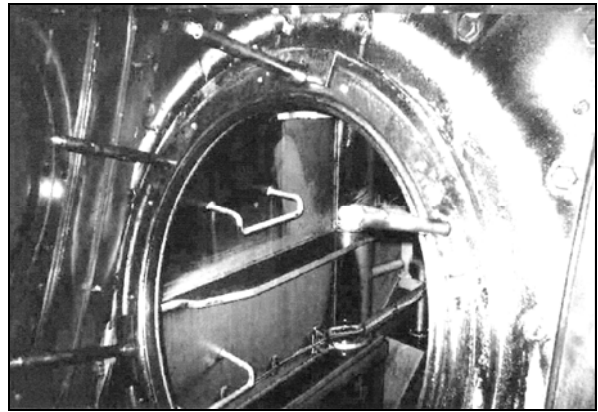
Consequences of crankcase explosion

Posljedice eksplozije u karteru motora mogu biti pogubne. Naravno, sve ovise o: silini eksplozije, veličini motora, općem stanju motora, sigurnosnoj opremi na karteru, ispravnosti opreme koja služi za oglašavanje požara u strojarnici, ispravnosti sustava za suzbijanje požara u strojarnici i slično. Nekada kod manjih eksplozija koje pretrpe porivni motori, čak je dopušten i nastavak rada ako nisu ustanovljena veća oštećenja na stroju. Kao što je navedeno u uvodu, jače eksplozije mogu imati katastrofalne posljedice, kako za motor i okolno postrojenje, tako i za članove posade. U nekim okolnostima izbije i požar na brodu koji, ako se ne ugasi na vrijeme, rezultira potpunim uništenjem broda. Na slikama 7. i 8. prikazane su fotografije inspektora klasifikacijskog zavoda, s broda *British valour*, koji je pretrpio dvije eksplozije u karteru 2001. godine nedaleko od obale SAD-a. Na slici 7. prikazan je sigurnosni ventil nakon eksplozije, a na slici 8. unutrašnjost kartera nakon što je skinut sigurnosni ventil. Riječ je o motoru proizvođača MAN B&W.



Slika 7. Sigurnosni ventili na karteru motora

Figure 7. Explosion safety valves



Slika 8. Unutrašnjost kartera nakon eksplozije

Figure 8. The inside of the crankcase after the explosion

3. Sigurnost u karteru motora

Safety in the crankcase

3.1. Siguran i odgovoran rad u karteru motora

Safe and responsible work in the crankcase

Prije ulaska u karter motora treba obratiti pozornost na propise kojih se treba strogo pridržavati pri otvaranju poklopca kartera. Vrlo je važno da se poštuju propisi ulaska u karter, potrebno ako je motor neposredno prije toga bio u pogonu. Zbog visoke temperature ulja, uljne pare još se nisu kondenzirale hlađenjem motora, pa su lako zapaljive. Zato može doći do zapaljenja uljnih para i eksplozije. Ovisno o proizvođaču i tipu motora, to razdoblje čekanja da se otvori karter iznosi od 25 do 40 minuta nakon zaustavljanja motora. Na poklopcu kartera svakog motora mora biti označeno spomenuto vrijeme.

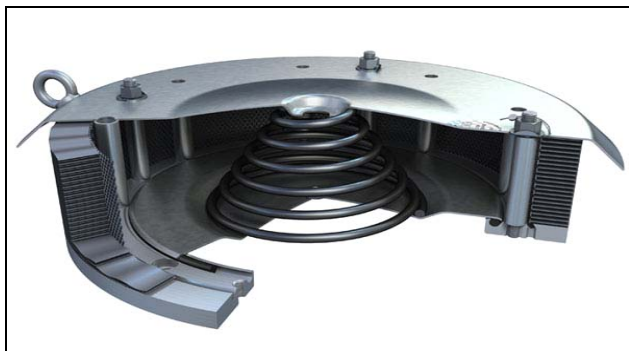
Sigurni uvjeti rada u karteru motora od velike su važnosti za sigurnost članova posade koji obavljaju redovite preglede i izmjene dotrajalih dijelova ili izmjene dijelova koji su izazvali havariju. Osobito je to važno za brodске motore velikih snaga (odnosi se na dvotaktne sporookretne motore sa stapnim mehanizmom) jer dijelovi u karteru mogu imati veliku masu, pa je to velik problem pri izmjeni i montiranju doknadnih dijelova. Kao primjer može se navesti samo podatak da poklopac temeljnog ležaja motora MAN K98MC ima masu od 2.100 kg. Isto tako moramo imati na umu da su uvjeti za rad u karteru ekstremno teški i zahtjevni i sve su površine unutar motora klizave i nauljene, što rad u karteru dodatno čini težim i opasnijim.

3.2. Sigurnosni ventil na karteru motora

Safety valve on the crankcase

Jedna od najvažnijih komponenata kad govorimo o sigurnom radu kartera je sigurnosni ventil na njegovu poklopcu. On se ugrađuje na svaki poklopac kartera ili na svaki cilindar (na strani suprotnoj poklopcu kartera). Njihova je funkcija da propuštaju uljne pare izvan prostora kartera kad tlak u njemu poraste preko

dopuštene vrijednosti. Također služi i da propusti uljne pare i plinove koji nastanu pri eksploziji u karteru jer bi u protivnom posljedice za motor bile katastrofalne, što ovisi o razmjerima eksplozije. Sigurnosni je ventil vrlo učinkovita zaštita za članove posade i stroja u kojemu se dogodila eksplozija. Kao primjer prikazan je sigurnosni ventil tipa *HOERBIGER*.



Slika 9. Sigurnosni ventil

Figure 9. Explosion safety valve

Ventil je tako izveden da može raditi u bilo kojem položaju. Znači, primarni mu je cilj zapravo izbjegavanje ili barem reduciranje štete na motoru koja je nastala kao posljedica eksplozije. Također, jedna od vrlo bitnih karakteristika ovakva ventila je brzo zatvaranje nakon eksplozije. Svrha brzog zatvaranja je sprječavanje nastanka još jedne eksplozije i nastavka rada motora ako nije došlo do veće štete na njegovim dijelovima. Kao što se može na slici vidjeti, ventil se sastoji od tri glavna dijela: kućišta, ploče i opruge. U normalnim radnim uvjetima tlak koji djeluje na ploču treba biti nešto niži od sile koju pruža opruga ventila. U slučaju porasta tlaka u karteru ili eksplozije, on svladava oprugu, ventil se otvara i uljne pare i plinovi nastali eksplozijom propuštaju se izvan motora. U trenutku kad se tlak u karteru snizi na normalnu vrijednost, zatvara se ventil zbog nadjačavanja sile opruge nad tlakom koji vlada s unutarnje strane ploče.

4. Monitoring i detekcija uljnih para u karteru motora

Oil mist detection and monitoring in the crankcase

4.1. Sustav monitoringa - Graviner Mk6

Monitoring system – Graviner Mk6

U ovom dijelu koji se odnosi na sigurnost objašnjene su osnove koje bi trebalo znati o monitoringu i detekciji uljnih para. Sustavom detekcije uljnih para na brodskom dizelskom motoru koristi se da bi se što prije otkrila eksplozivna atmosfera i kvar u karteru (najčešće temeljnih ležajeva). Sustav radi na načelu optičke analize gustoće uljnih para koje se usisavaju i provlače kroz detektor, i on registrira njihovu koncentraciju. Znači, radi na jednostavnom načelu, gdje se usisavanjem uljnih para

i njihovim provođenjem kroz fotočeliju registrira kolika je njihova koncentracija.

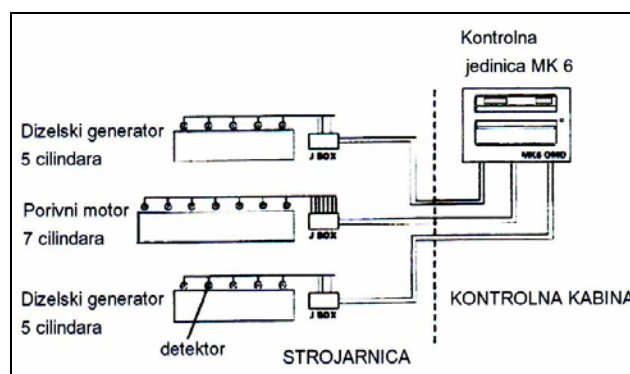
Tri su glavna elementa ovog sustava:

1. kontrolna jedinica (*control unit*),
2. razvodna kutija (*junction box*),
3. detektor (*detector*).

Mogućnosti ovog sustava su sljedeće:

- kontrola istovremeno osam motora,
- kontrola sustava od šezdeset i četiri detektora u vremenu manjemu od 1,2 s,
- smještanje kontrolne jedinice izvan strojarnice, tj. u kontrolnu kabinu.

Na sljedećoj slici prikazana je konfiguracija klasičnog sustav detekcije s dva pomoćna motora, na kojima je po pet detektora, i glavnoga motora, na kojemu je sedam detektora, te su svi elektronički spojeni s kontrolnom jedinicom smještenom u kontrolnoj prostoriji.



Slika 10. Shema sustava monitoringa i detekcije GRAVINER Mk 6

Figure 10. Monitoring and detection system GRAVINER Mk 6

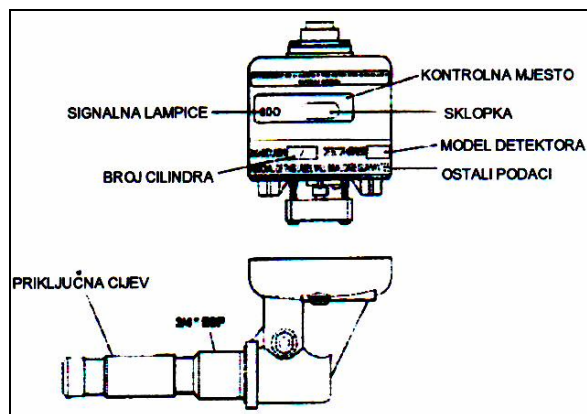
4.2. Detektor Graviner Mk 6

Detector Graviner Mk 6

Detektor uljnih para Graviner MK6 je detektor jedne od vodećih tvrtka koja proizvodi vrlo kvalitetne detektore uljnih para za brodске dizelske motore. Ono što se općenito može reći o detektorima uljnih para je da služe kako bi se nedopuštene koncentracije uljnih para otkrile što prije i time se izbjegla eksplozija u karteru motora.

Već je spomenuto da detektor radi na načelu fotočelije, mjereći koncentraciju uljnih para, pa se šalju izmjereni podatci na obradu u kontrolnu jedinicu, gdje se svi podatci memoriraju i učestalo uspoređuju. Svaki je detektor opremljen s tri signalna svjetla smještena na kućištu radi lakšeg uočavanja. To su zelena signalna lampica, koja označava da je detektor uključen i u radu, zatim crvena signalna lampica, koja označava da je alarm aktiviran i žuta, koja označava neispravnost u

sustavu. Svaka grana detektora spojena je s cijevi od $\frac{3}{4}$ inča na sekciju svakoga cilindra u gornjem dijelu kartera.



Slika 11. Detektor Graviner Mk 6

Figure 11. Detector Graviner Mk 6

5. Zaključak

Conclusion

Eksplozije u karteru možemo svrstati u opasnije i razornije havarije koje mogu zahvatiti strojarnicu, pa i cijeli brod. Dadu se isto tako i svrstati u kategoriju onih pojava koje se ne razvijaju postupno, već je razvoj situacije takav da, ako nisu detektirane pojave u ranom stadiju nastanka, u vrlo kratkom vremenu dolazi do eksplozije koja rezultira pogubnim posljedicama.

Zbog takve prirode nastanka kvara, potrebno je posvetiti posebnu pozornost sigurnosti članova brodske posade. Pritom se mora znati da, bez obzira na sve vrijednosti raznih postrojenja i vrijednosti brodova i

tereta, ljudski život je daleko iznad svega. Opasnost od eksplozije u karteru danas se može vrlo brzo detektirati raznim sustavima za monitoring, i preventivno djelovati da uopće ne dođe do same eksplozije. To se može zahvaliti razvoju i napretku tehnologije, ali i interesu broдача da zaštite svoj brod od havarije i posadu od ranjavanja ili pogibelji. Čak i nakon svih napora koji su poduzeti radi poboljšanja i unapređenja ovakva sustava, opet se događaju nesreće. Ipak, mora biti jasno da se uvijek može težiti idealnom stanju, ali ga je nemoguće dostići. Zahvaljujući novim generacijama brodova s automatskim centralnim upravljanjem iz kontrolne kabine, broj ljudi koji strada od eksplozije sveden je na minimum.

Literatura

References

1. A. Belan, *Tehnologija goriva i maziva II*, Viša pomorska škola Rijeka, Rijeka, 1975.
2. G. H. Clark, *Marine diesel lubrication*, Burmah-castrol publication, UK 1985
3. Instrukcijska knjiga: „Graviner oil mist detector, operation manual“, Kidde fire protection Ltd., 2005
4. Instrukcijska knjiga: MAN B&W, S80 MC, 1998
5. Instrukcijska knjiga: Project guide L60MC Mk5, MAN B&W Diesel, prosinac 1996
6. www.manbw.com
7. www.marinediesels.com
8. www.hoerbiger.com
9. www.oilmist.com
10. www.kfp.co.uk

Rukopis primljen: 5. 10. 2007.

