

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

NINO ZORZENON

UPORABA VDR SUSTAVA U POMORSTVU

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2013.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

UPORABA VDR SUSTAVA U POMORSTVU

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Optoelektrični sustavi

Mentor: doc. dr. sc. Irena Jurdana

Student: Nino Zorzenon

Matični broj studenta: 15503/E

Studij: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

Rijeka, rujan, 2013. godina

Sadržaj

1. UVOD	1
2. VDR SUSTAV	4
2.1. <i>Standardi</i>	5
2.2. <i>Zahtjevani podaci</i>	6
2.3. <i>Elementi VDR-a</i>	8
2.3.1. Glavna jedinica	9
2.3.2. Alarmni panel	13
2.3.3. PMC zaštitna kapsula	13
2.3.4. UPS	16
2.3.5. Mikrofoni unutarnje i vanjske izvedbe	17
2.3.6. Periferija VDR sustava	17
3. Prijenos podataka VDR sustava	34
3.1. <i>Signali</i>	34
3.2. <i>Paralelna i serijska komunikacija</i>	36
3.3. <i>NMEA</i>	40
3.4. <i>Medij za prijenos podataka</i>	42
3.4.1. Koaksijalni kabel	43
3.4.2. Upletena parica	45
3.4.3. Optički vodiči	47
4. Preuzimanje VDR podataka	61
5. ZAKLJUČAK	63
6. LITERATURA	65
7. Popis tablica	66
8. POPIS SLIKA	67
9. POPIS OZNAKA I KRATICA	69

1. UVOD

Dugi niz godina, na komercijalnim se zrakoplovima zahtijevalo snimanje podataka o stanju sustava i audio zapis kokpita. Te „crne kutije“, koje su zapravo narančaste boje, su zapravo bile dragocijen alat pri istraživanju nezgoda i utvrđivanju razloga zbog kojih je do nezgoda došlo.

1980. godine nekolicina većih pomorskih havarija, pogotovo potonuće putničkog broda *Estonia* (Slika 1) gdje je život izgubilo više od 900 ljudi, dovelo je do toga da se počne razmišljati o uvođenju „crne kutije“ i na brodove. Zbog toga, tijekom 1990-tih Međunarodna pomorska organizacija IMO (engl. *International Maritime Organization*) je počela razvijati tehničke specifikacije i pravila za VDR (engl. *Voyage Data Recorder*), koji bi snimao i pohranjivao podatke brodskih senzora i sustava, kao i audio zapise sa zapovjednog mosta i VHF komunikacije, za preuzimanje tih pohranjenih podataka nakon pomorske nezgode.



Slika 1. Putnički brod Estonia

Izvor: http://en.wikipedia.org/wiki/MS_Estonia

Propisi se temelje na pravilima SOLAS (kratica od engl. *Safety of life at sea*) konvencije iz 1974. godine (s brojnim izmjenama i dopunama).

SOLAS konvencija je međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru u sklopu Međunarodne pomorske organizacije IMO. Najvažniji i najkompletniji međunarodni instrument sigurnosti plovidbe na moru. Prva konvencija održana je nakon tragedije broda

Titanic 1914. godine, a zadnja, peta konvencija je održana 1974. godine, te su do sada puno puta ažurirana i izmjenjivana pravila sa te konvencije.

Glavni cilj SOLAS konvencije je odrediti minimalne sigurnosne standarde za konstruiranje, opremu i operacije broda. Od strane brodogradilišta, za novoizgrađene brodove, i od strane brodovlasnika za starije brodove, dužno je osigurati da brodovi ispunjavaju uvjete SOLAS konvencije. Nepoštivanje propisa može dovesti do zabrane plovidbe broda. Propise kontroliraju određena društva, registri. Većina pomorskih zemalja ima svoje registre, ali se dozvoljava da i registri drugih zemalja pregledavaju brod, ovisno o dogovoru sa vlastima te države i zahtjevu brodovlasnika.

SOLAS trenutno ima 12 poglavlja (glava):

- Glava I. – Opće odredbe
- Glava II. – Konstrukcija
- Glava III. – Sredstva i uređaji za spašavanje
- Glava IV. – Radio
- Glava V. – Sigurnost plovidbe
- Glava VI. – Prijevoz tereta
- Glava VII. – Prijevoz opasne robe
- Glava VIII. – Nuklearni brodovi
- Glava IX. Sigurno vođenje broda
- Glava X. Mjere sigurnosti za brza plovila
- Glava XI. Posebene mjere za povećanje sigurnosti na moru
- Glava XII. Dodatne mjere sigurnosti za prijevoz rasutog tereta

Propisi za *Voyage Data Recorder* su sadržani u petom poglavlju „Sigurnost navigacije“, (engl. *Chapter V – Safety of navigation*), „pravilo 20. – Zapisivač podataka o

putovanju broda (VDR)“. Te se svi proizvođači VDR sustava moraju držati propisanih pravila.

Rezolucija IMO A.861 (20) je prihvaćena od IMO strane u mjesecu svibnju 1999. godine. Utvrđen je rok, kojim nakon 2002. godine svi novo izgrađeni brodovi moraju imati ugrađen odobreni snimač podataka o putovanju VDR. Također VDR je bio obvezan kod putničkih i Ro-Ro brodova koji su bili izgrađeni i prije 2002. godine, ali nije bio obvezan za starije ne putničke brodove.

Od 2005. godine počinje se primjenjivati izmjenjena IMO odluka, kojom svi postojeći teretni brodovi bruto tonaže 3000 i više moraju biti opremljeni pojednostavljenim VDR sustavom (S-VDR kratica od engl. *Simplified Voyage Data Recorder*). S-VDR se razlikuje po tome šta prepoznaje postojeće analogne senzore na starijim brodovima, te su time riješeni problemi u razmjeni traženih podataka.

U ovom radu pričat ćemo o VDR-u, podacima koji se snimaju, kako su spojeni na glavnu jedinicu VDR-a (engl. *Main unit*), prijenosu podataka, koje vrste vodiča se koriste, te razmotriti mogućnost o spajanju uređaja na glavnu jedinicu pomoću optičkih vodiča.

2. VDR SUSTAV

Zapisivač podataka o putovanju broda VDR (engl. *Voyage Data Recorder*) je uređaj koji mora na siguran način spremiti i kasnije učiniti dostupnim, snimljene podatke u svezi navigacije broda, rada brodskih sustava, upravljanja brodom u svrhu pomoći pri utvrđivanju uzroka pomorske nezgode ako dođe do nje dođe.

S-VDR je, kao što smo prije rekli, pojednostavljeni VDR te su zahtjevi nešto drugačiji, kao što je vidljivo iz tablice 1.

Tablica 1. Usporedba VDR i S-VDR IMO zahtjeva

Izvor: Totem VDR user manual

VDR	S-VDR
Datum i vrijeme (GPS) Pozicija broda (GPS) Brzina broda (brzinomjer) Kurs (žirko kompas) Audio mosta i VHF komunikacija	Datum i vrijeme (GPS) Pozicija broda (GPS) Brzina broda (brzinomjer ili GPS) Kurs (žirko kompas) Audio mosta i VHF komunikacija
Radarska slika	Radarska slika/ili AIS
Dubina (dubinomjer) Smjer i jačina vjetra Glavni alarmi (zahtjevani klasom) Naredba i odziv kormilo stroja Naredba i odziv glavnog stroja Kontrolni sustav broda Stanje protupožarnih i vodonepropusnih vrata	Drugi signali koji koiste serijsku NMEA komunikaciju

2.1. Standardi

Detaljni standardi za VDR i S-VDR sadržani su u pravilniku IEC (kratica od engl. riječi *International Electronic Commission*) IEC 61996.

Internacionalna komisija za elektrotehniku, IEC je neprofitna, nevladina organizacija. IEC je član Nacionalnog odbora standardizacije, te imenuje stručnjake, eksperte i delegate iz područja industrije, udruge, akademije da sudjeluju u tehničkim procjenama za IEC.

IEC je vodeća svjetska organizacija koja donosi standarde te ocjenjuje kvalitetu za električne uređaje, sustave i usluge. IEC pravila koriste kao temelj za nacionalnu standardizaciju i kao referenca pri izradi međunarodnih natječaja i ugovora.

Glavni zahtjev je da VDR mora konstantno održavati sekvencijske zapise i odabrane podatke statusa brodskih sustava, uređaja itd.

Specifikacije za S-VDR se razlikuju od onih za VDR u 2 stavke:

- Zahtjevi za nadziranje određenih senzora su reducirani ako podaci nisu u IEC 61162 formatu
- Zahtjevi za VDR i S-VDR zaštitne kapsule su različiti

Od oba tipa snimača putovanja broda zahtjeva se snimanje, vremena i datuma, pozicije broda, brzina i kurs, audio zapis VHF komunikacije i sa zapovjednog mosta i reprodukcija radarske i ECDIS slike.

Medij za konačno spremanje podataka mora biti smješten unutar zaštitne kapsule, nebitno dali je kapsula fiksirana ili samo-oslobađajuća. Sljedeći uvjeti moraju biti osigurani:

- pristup kapsuli mora biti osiguran
- podaci se moraju održati minimalno 2 godine od prestanka snimanja
- kapsula mora biti smještena na vidljivo mjesto

VDR, S-VDR oprema mora biti dizajnirana tako da nije moguće utjecati na podatke koji su spremljeni u memoriju. Ako se već mjenja, svaki pokušaj mjenja podataka treba

biti zabilježen. Svaki podatak koji se sprema treba biti pregledan, te ako je spremljeni podatak neispravan, oglasit će se alarm VDR-a.

2.2. Zahtjevani podaci

IEC 61996 sadrži detaljne informacije o podatkovnom sklopu. Sljedeće stavke su zahtjevane za VDR i S-VDR:

- datumi i vrijeme – vrijeme mora biti po UTC (engl. *Coordinated Universal Time*). Može se uzimati iz centralnog brodskog sata, ali praksa je da GPS sustav daje datum i vrijeme VDR-u. Vrijeme se bilježi, te pri rekonstrukciji nezgode znamo točno u kojem trenutku se nešto dogodilo, naredba, kvar sustava itd.
- pozicija broda – bilježi se geografska širina i dužina. Također se bilježi status i indentitet izvora iz kojeg se dobiva informacija.
- brzina – sprema se brzina kroz vodu (engl. *Speed Throuh Water* – STW) i brzina iznad površine (engl. *Speed Over Ground* – SOG). STW brzina se dobiva preko sonde brzinomjera, dok se SOG brzina dobiva preko GPS-a.
- kurs – brodski kurs se sprema do pomaka od 0.1 stupnja. Dobiva se od žiro kompasa.
- audio zapovjednog mosta – snima se sa jednog ili više mikrofona postavljenih na zapovjednom mostu i krilima mosta. Mikrofonu se ugrađuju u blizi kormilarke pozicije, ekrana radara, radiostanice, pulta planiranja puta i na krilima mosta.
- audio komunikacija – snimaju se audio zapisi komunikacije preko VHF uređaja, snimaju se dolazni i odlazni razgovori. Snimanje VHF komunikacije mora biti odvojeno od audio zapisa zapovjednog mosta.
- radar/AIS podaci – zahtjeva se elektonička informacija sa jednog od radara koji sadrži sve informacije radara. To uključuje prsten dometa, označene objekte, azimut, mape, plan puta, navigacijske podatke, navigacijske alarme, te status radara. Zapis mora biti takav da vidimo cijeli ekran radara tijekom reprodukcije.
- dubina – dubina ispod kobilice broda, koja se dobiva preko sonde dubinomjera, rezolucije od 0.1 metar.

- glavni alarmi – status svih IMO obveznih alarma (alarmi kontrolnog sustava broda, tablica 2.).
- naredba i odziv kormilarskog stroja – Bilježi se vrijeme kad je dana naredba sa mosta i kad je kormilarski stroj došao u traženu poziciju. Pozicija kormila se mjeri u rezoluciji od 1 stupnja. Bitan je i status, te postavke autopilota, koje se također snimaju.
- naredba i odziv stroja – do rezolucije od 1 rpm-a (engl. *Resolutions Per Second*), tj. 1 stupnja ako je u pitanju *pitch*, propeler sa zakretnim krilcima.
- Vodonepropusna i protupožarna vrata – informacija o stanju brodskih vrata (otvorena/zatvorena).
- brzina i smjer vjetra – prikaz smjera relativnog i pravog vjetra uz njegovu jačinu.

Tablica 2. IMO alarmi kontrolnog sustava broda

Izvor: <http://www.imo.org>

IMO alarmi kontrolnog sustava broda
<ul style="list-style-type: none"> • glavne i pomoćne jedinice napajanja kormilarskog stroja • glavni i pomoćni kontrolni sistem kormilo stroja • kormilarski stroj, niska razina hidrauličkog fluida • kvar daljinskog upravljanja prpuzijom • nizak tlak startnog zraka • automatsko isključivanje propulziskog stroja • Kvar napajanja sustava • Niski nivo hidrauličke tekućine vodonepropusnih vrata • Nestanak napajanja vodonepropusnih vrata • Visoka temperatura vode • Vatrodojava u prostoru stroja, automatizirana ili daljinski upravljana

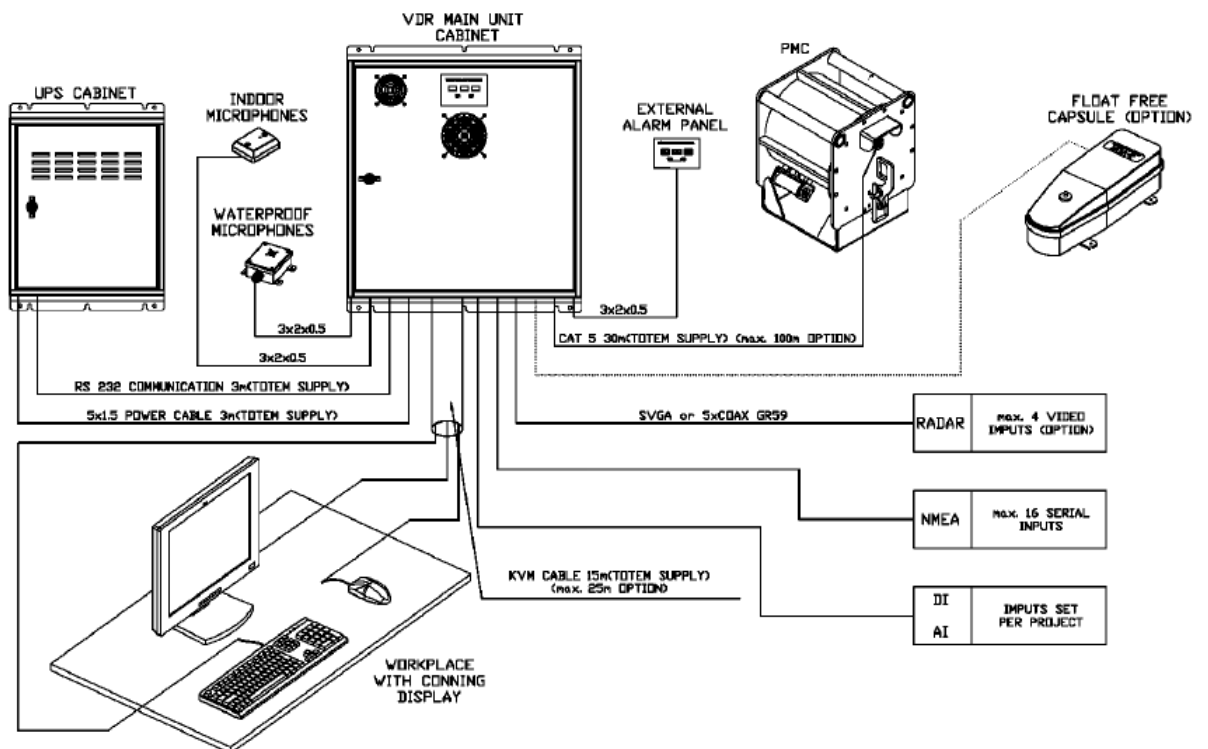
2.3. Elementi VDR-a

VDR sustav se sastoji od:

- središnjeg glavnog dijela (engl. *Main unit*)
- alarmnog panela
- zaštitne memorijske kapsule (engl. *Protective Memory Capsule*, skraćeno PMC)
- sustava za besprekidno napajanje (engl. *Uninterruptible Power Supply*, skraćeno UPS)
- mikrofona unutarnje i vanjske izvedbe
- periferije (uređaji spojeni na VDR)

Proizvođači daju različita imena elementima sustava npr. main unit je kod nekih proizvođača DCU (engl. *Data Collection Unit*), PMC je PSU (engl. *Protected Storage Unit*)

Cijeli sustav je prikazan na sljedećoj slici (Slika 2.).



Slika 2. Dijelovi VDR-a

Izvor: Totem VDR user manual

2.3.1. Glavna jedinica

Središnji dio, „mozak“ VDR sustava je glavna jedinica (engl. *Main unit*). Ta jedinica je povezana sa svim nadgledanim sustavima (periferija) čiji se podaci snimaju. Podaci koji se snimaju definirani su IMO zahtjevima, a to su podaci o poziciji broda, brzini, kursu broda, zvučni zapisi sa zapovjedničkog mosta, snimke VHF komunikacije, podaci sa radara, podaci dubinomjera, glavni alarmi sa SCS-a (kratica od engl. *Ship control system*), naredba za kormilo i odzvi kormila, naredba za stroj i odzvi stroja, status sredstava zatvaranja otvora na brodskom trupu, status vodonepropusnih i protupožarnih vrata, status protupožarnog sustava, status CO₂ sustava, smjer i jačina vjetra, itd.

Glavna jedinica se sastoji od Programibilnog logičkog kontrolera (engl. *Programmable Logical Controller*, skraćeno PLC) i PC računala, sa monitorom, tipkovnicom i mišom, kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Main unit VDR-a

Izvor: Totem VDR user manual

Programibilni logički kontroler je industrijsko računalo koje se sastoji od memorije, procesora, industrijskih ulaza i izlaza. Ulaz su tipklala, sklopke i razne vrste pretvornika i senzora. PLC je digitalno računalo, njegov program se izvršava ciklično i sastoji se od tri faze:

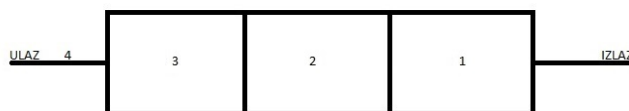
- čitanje ulaznih varijabli
- izvršavanje programskog koda
- ispisivanje rezultata logičkih operacija na izlaze

Program se pamti u unutrašnjoj memoriji uređaja i kad on ostane bez napajanja. Projektiran je za teške uvjete rada, otporan na vibracije, temperaturne promjene i električne smetnje.

PLC u sastavu VDR-a omogućuje prihvatanje digitalnih i analognih signala te je spojen sa PC računalom preko serijskog porta, dok na računalo dolaze serijski, audio i video signali. Snimanje audio (sa zapovjedničkog mosta) zapisa i VHF zapisa se vrši preko audio kartice, a video zapisa (radarske slike) se vrši preko „hvatača slike“ (engl. *frame grabber*). *Frame grabber* je neizostavni dio *hardware-a* za primanje video signala, služe za hvatanje i digitalizaciju slika analognog signala u realnom vremenu.

Dakle, analogni, digitalni, audio i video podaci koje su spojeni na glavnu jedinicu, spremaju se na tvrdi disk PC računala i na flash disk velikog kapaciteta, koji se nalazi unutar PMC (engl. *Protective Memory Capsule*) kapsule. Kod novijih VDR-a do spremljenih podataka iz main unita dolazimo preko običnog memory stick-a ili CD-a, dok smo kod starijih modela trebali izvaditi tvrdi disk.

Snimanje se vrši automatski i nikakva intervencija koja se tiče snimanja nije dopuštena. Sprema se zadnjih 12 sati podataka što je zahtijevano rezolucijom IMO A.861. Spremanje se vrši na FIFO (kratica od engl. First In First Out) način. tj. prvi podatak koji se spremi će se i prvi obrisati, nakon 12 sati, da se napravi mjesta za spremanje novog podatka kao što je pojednostavljeno prikazano na slici 4.



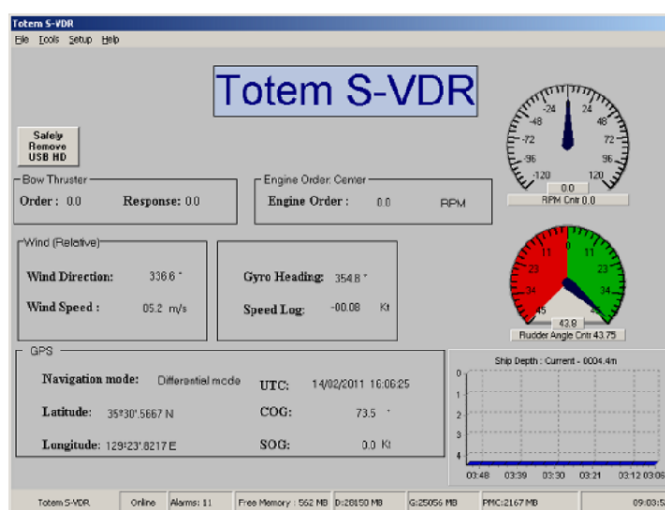
Slika 4. FIFO način organiziranja i spremanja podataka

Kao što je vidljivo sa slike 4. podatak koji je prvi ušao, broj 1, će i prvi izaći iz memorije da se napravi mjesta za podatak broj 4. Navigacijski podaci spremljeni na tvrdom disku računala čuvaju se i do jedne godine, a audio i analogni do mjesec dana, ovisno o proizvođaču. Memorija PMC-a sprema sve tipove podataka za zadnjih 12 sati. Status VDR-a i glavne stavke su konstantno prikazana na monitoru PC-a.

Sučelje VDR-a

U ovom dijelu pričat ćemo o izgledu zaslona (sučelju), pregledu alarma, informacija te spremanju podataka VDR-a. Sučelje u području industrijskog dizajna je mjesto ili dio uređaja gdje se vrši radnja između osobe i stroja. Cilj sučelja je da se što efikasnije obavi radnja između stroja i čovjeka. Podaci se temelje na uputama za upotrebu Totem VDR-a.

Glavni zaslon prikazuje, u realnom vremenu (engl. *Real-time*), podatke o navigacijskim pomagalicama, propulziji i upravljanju, *menu bar* na vrhu i *status bar* na dnu zaslona.



Slika 5. Glavni zaslon

Izvor: Totem VDR user manual

Kao što je vidljivo iz slike 5, glavni zaslon sadrži podatke: pramčani propeler (*Bow thruster*, naredbu i odziv), naredba stroja (*Engline order*), okretaje stroja (*Engline RPM*), sigurno uklanjanje USB HD – ako je vanjski USB HD spojen na VDR, vjetar (*Wind*) – smjer i brzina, žiro kurs (*Gyro heading*), brzinomjer (*Speed log*), kut otkolona kormila (*Rudder angle*), GPS podaci – navigacijski mod, širina, dužina (geografska), UTC vrijeme, GPS kurs (COG – *Course Over Ground*) i GPS brzina (SOG – *Speed Over Ground*) te dubina.

Glavni zaslon ovisi o tipu broda i uređajima koji su spojeni na glavnu jedinicu VDR-a, te je moguće mjenjati podatke. Ako neki uređaj nije dostupan, npr. uređaj je spojen na VDR, ali nije uključen, javlja se alarm na zaslonu.

Status bar sadrži broj prisutnih alarma, kapacitet memorije i vrijeme. Na vrhu zaslona su četiri padajuća izbornika *file*, *tools*, *setup* i *about*.

Glavni zaslon također može bit izveden kao *Conning* zaslon. *Conning* zaslon je dizajniran po NAUT-OSV zahtjevima. U centru zaslona, kao što vidimo na slici 6, nalazi se brodska kontura okružena grafičkim blokovima koji predstavljaju različite brodske instrumente i sustave.



Slika 6. Conning zaslon

Izvor: Totem VDR user manual

Centralni bolk sadrži ROT (*Rate of turn*), Kurs (*Heading*), Kut otklona kormila , Pramčani propeler (odziv), Glavni stroj (naredba i odziv), Smjer i jačina vjetra, Brzinomjer.

GPS blok sadrži geografsku širinu broda, geografsku dužinu broda, SOG – brzina GPS-a, COG – GPS kurs, UTC vrijeme. Blok dubine grafički prikazuje zadnjih 10 minuta dubine, moguće je mjenjati mjerne jedinice. Blok vjetra grafički prikazuje stvarni vjetar i relativni. Blok brzinomjera prikazuje brzinu broda kroz more, te poprečne brzine broda na pramcu i krmi, a VDR blok prikazuje status sistema, stanje memorije, nove alarme.

VDR main unit treba smjestiti što bliže komandnom mostu, tj. što bliže PMC kapsuli koja je u većini slučajeva smještena na krovu kormilarnice, na sigurnoj udaljenosti od kompas uređaja, da nebi došlo do utjecaja na rad kompasa.

2.3.2. Alarmni panel

Alarmni panel je u pravilu smješten na navigacijskom pultu. On javlja alarme VDR sustava tj. ako dođe do nekakvog prekida u komunikaciji između main unita i periferije, te ako dođe do nekakvog kvara main unit-a (npr. nestanak napajanja). Alarmni panel dozvoljava prihvaćanje alarma, ali ne i poništavanje. Alarm se poništi tek kada je kvar riješen, tj. odstranjen. Ovisno o proizvođaču, pojedini alarmni paneli prikazuju obavjest o kvaru, npr. ako isključimo GPS uređaje, na alarmnom panelu će bit obavijest da *main unit* ne dobiva nikakve podatke pozicije, dok neki javljaju samo zajednički alarm (engl. *common alarm*), te se točan uzrok alarma utvrdi preko PC računala *main unita*. Kako se nalazi na zapovjednom mostu, mora imati i opciju dimanja pozadinskog svijetla.

2.3.3. PMC zaštitna kapsula

PMC zaštitna memorijska kapsula (engl. *Protective Memory Capsule*) je specijalna kapsula koja štiti flash disk, na koji se sprema zadnjih 12 sati podataka. Disk se nalazi unutar kapsule koja je robusna (40-50 kg) te je tako zaštićen od prodora vode i mehaničkih oštećenja. Komunikacija sa main unit-om se vrši preko LAN kabela kategorije 5, CAT-5, te se spaja RJ-45 konektorom. Ako bi došlo do nezgode, izvlačenjem diska iz kapsule došli mi do korisnih podataka za otkrivanje uzroka nezgode.

PMC kapsula treba biti montirana u blizini komandnog mosta, na vanjski, otvoreni dio palube kako bi joj se moglo što lakše pristupiti u slučaju nezgode. Praksa je da se montira na krov kormilarnice tzv. „*monkey bridge*“, što je moguće bliže sredini broda i na otvorenom, tj

da ju ne zaklanjaju nekakvi objekti. Kad se određuje pozicija PMC-a treba se držati sljedećih stavki:

- nesmije biti u blizini potencijalnih izvora vatre
- nesmije biti u blizini izvora koji ju mogu mehanički oštetiti
- treba biti montirana minimalno 5 metara od magnetskog kompasa
- omogućen pristup za podvodno uklanjanje, tj. nesmetan pristup za ronioce i ROV (od engl. *Remotely Operated Vehicle*)
- minimilirati udaljenost između PMC kapsule i glavne jedinice VDR-a

Kao što vidimo na slici 7, ova izvedba VDR kapsule ima dvije ručke, i dvije brzo-otpuštajuće kopče, ultrasonični lokator, reflektirajuće trake za lakše pronalaženje, te su uvijek lako uočljive boje.



Slika 7. PMC

Izvor: Totem VDR user manual

U slučaju nezgode, potonuća broda, kapsula sadrži vrijedne informacije koje bi mogle dovesti do identifikacije uzroka zbog kojih je došlo do havarije. Kapsuli pristupaju ronioci ili ROV podmornice, ovisno o dubini na kojoj je došlo do potonuća. PMC kapsula se oslobodi brzo-otpuštajućim kopčama od temelja kapsule te se izvuče na površinu, da se pregledaju snimljeni podaci, tj. zadnjih 12 sati.

Danas uz fiksne PMC kapsule postoje i samo-oslobađajuće (engl. „Float-free“) PMC kapsule (Slika 8). Kućište takve kapsule se otvara pomoću hidrostatske kuke, koja se aktivira pri dodiru sa vodom, te kapsula ispluta na površinu. Princip spremanja podataka je isti kao i kod fiksinh. Samo-oslobađajuća PMC kapsula sadrži i satelitsku lokaciju, EPIRB (engl. *Emergency Position Indicator Radio Beacon*) radio indikator pozicije u slučaju opasnosti. Odašiljanje pozicije se također aktivira pomoću hidrostatske kuke. Na brodovlasniku je da odluči kakav model PMC kapsule želi.



Slika 8. Float-free

Izvor: Totem VDR user manual

Usporedba

Fiksna tip kapsule mora ispuniti sljedeće zahtjeve izdržljivosti:

- utjecaj udara – 50g za 11 milisekundi
- vatru – 1100 °C tijekom 1 sata i 260 °C tijekom 10 sati
- visoki tlak – 24 sata tlaka na 6000 metara dubine, te 30 dana na 3 metra dubine
- prodor – tijelo 250 kg bačeno sa 3 metra visine sa 100 mm promjerom vrha

Fiksna kapsula mora imati brzo-otpuštajuće kopče zbog što lakšeg skidanja kapsule od strane ROV (engl. *Remote Operated Vehicle*) ili ronioca ako je došlo do potonuća broda. Kapsula se skida, te se nakon toga iz nje izvlače informacije koje će rasvijetliti uzroke

nezgode. Kapsula također mora biti opremljena sa podvodnom aukustičnom signalizacijom, koja ima bateriju čiji je životni vijek minimalno 30 dana.

Za samo-oslobađajuće kapsule vrijede sljedeće sepecificacije:

- odašiljač sa radnom frekvencijom 121.5 MHz
- bljeskalica
- odašiljanje pozicije svake 4 sekunde
- baterija koja će napajati odašiljač minimalno 7 dana

Izbor između ova dva tipa kapsula je određen raznim faktorima. Fiksna kapsula je dizajnirana za veći nivo otpornosti na udare, vatru, te duži vijek trajanja baterije (30 dana dok kod samo-oslobađajuće 7 dana). Također instalacija fiksne kapsule je jednostavnija i jeftinija. Samo-oslobađajuća kapsula pruža lakše, brže i jeftinije vađenje u slučaju potonuća broda, eliminirajući potrebu za roniocem ili ROV podmornicom. Samo-oslobađajuća kapsula nema protupožarne standarde kao i fiksna, te u slučaju požara može i biti uništena. Problem može biti i u samom isplovljavanju kapsule, jer se brod može prevrnuti te kapsula može zapeti. Skuplja je instalacija kao i održavanje, ali može eliminirati EPIRB uređaj. Danas se u praksi većinom instaliraju fiksne zaštitne kapsule.

2.3.4. UPS

U većini slučajeva napajanje za VDR je izvedeno preko glavne ploče (engl. *Main switchboard*) i preko sustava za besprekidno napajanje UPS-a (od engl. *Uninterruptible Power Supply*) spojenog na pomoćnu ploču (engl. *Emergency switchboard*). UPS u slučaju nestanka napajanja mora držati napajanje minimalno 2 sata.

PMC kapsula dobiva napajanje preko *main unit*-a. Na slici 9. je prikazan UPS proizvođača Totem Plus i sadrži baterije, terminale, 2 transformatora, jedan za ulazni napon UPS-a, drugi za kao izlaz (štiti komponente glavne jedinice od naponskih i frekventnih promjena), punjač, te glavnu i „bypass“ sklopku.. Sustav za besprekidno napajanje treba biti montiran što bliže *main unit*-u.



Slika 9. Izled UPS-a proizvođača Totem Plus

Izvor: Totem VDR user manual

UPS jedinica je spojena sa VDR PC računalom serijskom vezom, te šalje status UPS-a.

2.3.5. Mikrofoli unutarne i vanjske izvedbe

Mikrofoli se koriste da bi se snimili audio zapis sa zapovjednog mosta i sa krila mosta. Koriste se 4 mikrofoli unutarne izvedbe i 2 vanjske ako brod ima krila otvorenog tipa. Vanjski mikrofoli su robusniji i vodonepropusni. Mikrofoli unutarne izvedbe se montiraju iznad pozicije kormilarenja, ekrana radara/ECDIS-a, iznad pulta planiranja puta, te iznad radiostanice. Svi mikrofoli imaju mogućnost samo-testiranja.

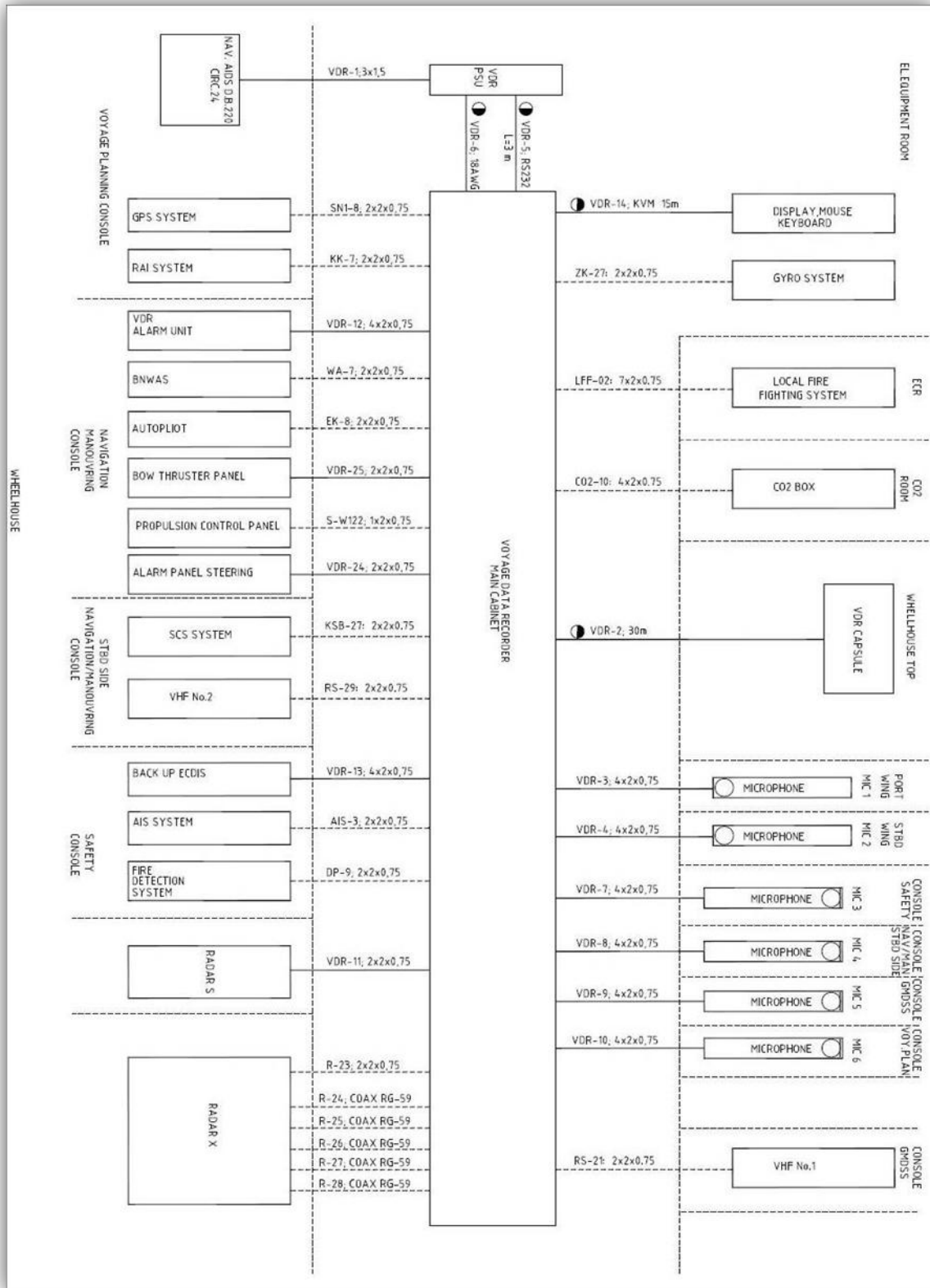


Slika 10. Unutarnja izvedba VDR mikrofoli

2.3.6. Periferija VDR sustava

U ovom poglavlju ćemo govoriti o uređajima i sustavima koji su spojeni sa glavnom jedinicom VDR-a i čiji se podaci pohranjuju. Pri opisu uređaja držat ćemo se blok sheme za novogradnje 10716 – 10719, Asphalt tankera, brodogradilišta 3. Maj Brodogradilište d.d.

Brodovi su dužine 134 m i širine 23 m., bruto tonaže 10830, nosivosti 14911 tona. Slika 11 predstavlja blok shemu VDR sustava.



Slika 11. Blok shema VDR sustava

Uređaji spojeni na VDR glavnu jedinicu su:

Žiro kompas

Žiro kompas je instrument koji za identifikaciju meridijana koristi određena fizička svojstva masivnog tijela koje rotira (žiroskopa ili zvrka). Žiroskop je dinamičko tijelo koje slobodno rotira velikom brzinom. Najčešće je izveden kao simetrični rotor s velikom obodnom brzinom koji je ovješeno u kardanskom sustavu. Inercija (ustrajnost) je svojstvo žiroskopa da njegova glavna os (os rotacije) zadržava nepromjenjen položaj u prostoru. Žiroskop se u praksi koristi kao usmjerivač kojim je moguće kraće vrijeme držati pravac kretanja. Zbog tog svojstva se žiro kompas koristi za orijentaciju u navigaciji. Na brod se, zbog sigurnosti, ugrađuju 2 žiro kompasa (dvije žiro matice, slika 12). Kao što vidimo sa slike unutar žiro matice se nalazi zvrk. Žiro matice su u većini slučajeva smještene što bliže komandnom mostu, te se onda preko žiro distribucijske kutije signal, pravac, šalje na ponavljače žiro kompasa (slika 12, desno). Na komandnom mostu imamo nekoliko ponavljača žiro komapsa, kao i na krilima mosta.



Slika 12. Izgled žiro matice i ponavljača žiro kompasa tvrtke Anschutz

Izvor: <http://www.openpr.com/print/106207/Raytheon-Ansch-tz-releases-new-features-of-its-Standard-22-gyro-compass.html>

Žiro matice su spojene na njihovu distribucijski uređaj te sa njega, podaci odlaze na ponavljače žiro kompasa kao i na VDR.

GPS

GPS (engl. *Global Positioning system*) je sustav za određivanje pozicije na zemlji. To je prostorno bazirani navigacioni satelitski sustav koji omogućuje pouzdano pozicioniranje, navigaciju i vremenske usluge korisnicima širom svijeta na kontinuiranoj osnovi u svim vremenskim uvjetima, danju i noću, svugdje na Zemlji ili blizu nje, ondje gdje postoji neometan kontakt s četirima ili više satelita GPS-a. GPS se sastoji od triju segmenata, svemirskog, kontrolnog i korisničkog. GPS je postao široko korištena pomoć u navigaciji širom svijeta. Na brodu se, također ugrađuju 2 odvojena GPS sustava, dakle GPS sustav je dupliciran radi sigurnosti, ako se dođe do kvara jednog sustava, drugi ga zamjenjuje.

Oba (GPS 1 i GPS 2) su spojeni na njihov distribucijski uređaj koji šalje GPS signal na radare, ECDIS, centralni sat, VDR itd. Za komunikaciju se koristi NMEA (poglavlje 3.2.) standard.

Danas se ugrađuje DGPS sustav (engl. *Differential Global Positioning System*). To je ustvari nadograđeni GPS sustav koji za određivanje pozicije, uz satelite, koristi i lokalne stanice smještene na tlu. Time se znatno poboljšava preciznost pozicije, ali DGPS signal nije prisutan na svim djelovima zemljine kugle.

Kako se danas koristi INS – integrirani navigacijski sustav, podaci o GPS poziciji je moguće vidjeti na svakom od radara, ECDISU itd. Na slici 13 je prikazan GPS sustav proizvođača Saab. GPS sustav se sastoji od antene, senzora i ekrana.



Slika 13. Dijelovi GPS sustava

Izvor:http://img.nauticexpo.com/images_ne/photo-g/gps-dgps-ships-31561-202269.jpg

AIS

AIS, Automatski identifikacijski sustav (engl. *Automatic Identification System*) je sustav za obalno kratkodometno praćenje brodova i pomorskog prometa. Njime brodovi međusobno razmjenjuju podatke (zastava broda, vrsta, IMO i MMSi broj, status, brzina, smjer, dužina i širina broda, gaz, destinacija, vrijeme, broj ljudi na brodu). Također, brodovi i sa lukama razmjenjuju ovakve podatke. AIS se počeo koristiti već krajem 20. stoljeća, a Međunarodna pomorska organizacija IMO danas zahtijeva da svaki brod bruto mase iznad 30 tona treba imati ugrađen AIS, kao i svaki putnički brod. AIS je za sada ugrađen na 40 000 plovila. Osim za razmjenu podataka, ovaj sustav vrlo dobro služi i za izbjegavanje sudara.

AIS uređaj je primopredajnik koji radi na VHF frekventnom području, može obraditi preko 4500 izvještaja o navigacijskoj situaciji u minuti, a sve informacije osvježavaju se i dopunjavaju novim podacima svake dvije sekunde. To se obavlja automatski, korištenjem SOTDMA (engl. *Self Organizing Time Division Multiple Access*) tehnologije.

Svaki AIS uređaj sastoji se od VHF predajnika, dva VHF prijemnika, jednog VHF DSC prijemnika i standardnog elektronskog sklopa koji povezuje te komponente sustava s monitorom ili drugim registratorom potrebnih podataka. Podaci o poziciji skeniraju se gotovo s GPS prijemnika. Ostali potrebni podaci skeniraju se s ostalih (autonomnih) brodskih elektronskih navigacijskih sustava ili se upisuju (luka polaska, luka dolaska, ETA itd).

AIS primopredajnik radi autonomno i stalno, neovisno o vremenskim uvjetima i području plovidbe (sustav je u funkciji tijekom plovidbe uz obalu ili na otvorenom moru). Iako je dovoljna uporaba samo jednog prijemnika zbog izbjegavanja problema s interferencijom koriste se dva. IMO standardi postavili su uvjet od najmanje 2000 do 4500 vremenskih intervala u minuti. Uredaji uspostavljaju međusobnu vezu na udaljenostima do 20 milja, a domet je ovisan o visini antene. Zbog nižih frekvencija propagacija je nešto veća nego kod radara. Moguć je prijem i od uređaja koji se nalaze iza zapreka (na primjer otoka) ako prepreke nisu previsoke. Kad signale prenose obalne stanice kao repetitori dometi su mnogo veći. Ako se dogodi da broj vremenskih intervala ne omogućuje prihvatanje svih poruka (broja brodova) isključuju se oni najudaljeniji. Nakon uspostavljanja veze s ostalim AIS uređajima svaka stanica određuje vlastiti interval emitiranja koji se automatski uskladuje s intervalima ostalih stanica. Na raspolaganju je 22250 vremenskih intervala u trajanju od 26,6 milisekundi svaki (ukupno 37,6 intervala u sekundi ili 2250 u minuti). Sustav je kompatibilan DSC

modelu komunikacije i GMDSS sustavu tako da je jedan od komponenti svjetskog pomorskog sustava uzbunjivanja i sigurnost

Sastoji se od senzora, koji ima VHF i GPS ulaz, ekrana (slika 14), te GPS i VHF antene. Također je u sklopu integriranog navigacijskog sustava, tako da podatke koje nam daje AIS možemo čitati i sa ECDIS ekrana.

AIS podaci se šalju na ECDIS, radare i VDR. Komuniciranje sa VDR-om je najčešće izvedeno preko radara ili ECDIS-a.



Slika 14. Senzor i ekran AIS sustava

Izvor:<http://www.syberg.no/gps-ais/r4-automatic-identification-system-article113-156.html>

VHF

VHF (engl. *Very High Frequency*) je sustav GMDSS (engl. *Global Maritime Distress and Safety System*) radiostanice koji služi komunikaciji koja se odvija po međunarodnom pravilniku o radijskoj službi. Koriste se za komunikaciju na kraćim dometima (20-30 NM). Sastoji se od prijemnika i predajnika snage 1-25W, a radi na frekvencijskom području 155-174 MHz. To frekvencijsko područje podjeljeno je na kanale od 01-28 i 60-88, od kojih su neki simpleksni (signali se prenose, predaju samo u jednom smeru), a neki dupleksni. Na nekim kanalima najveća izlazna snaga predajnika ograničena je na 1 W. Sustav je dupliciran, tj. imamo 2 odvojena VHF sustava i sastoji se od VHF i VHF DSC antene koje su koaksijalnim kabelom (50 Ω) spojene sa VHF jedinicom.

Na slici 15 je prikazana Sailor 6200 VHF stanica. Također postoje i prijenosni VHF uređaji koji se u pravilu koriste u slučaju nezgode, tj. tijekom napuštanja broda.



Slika 15. VHF Sailor 6200

Izvor: <http://thrane.sailor6000series.com/gallery>

Audio signal VHF komunikacije dolazi do VDR glavne jedinice te se zatim snima, preko VHF spojne kutije.

ECDIS

ECDIS (kratica od engl. *Electronic Chart Display and Information System*) preglednik elektronskih karata i informacijski sustav osnovni je standard korišten kod pomorskih elektronskih karata. Karte koje se baziraju na ovom standardu službeno su istovjetne analognim kartama.

Glavne prednosti ECDIS elektronskih karata su: dostupnost informacijama o svim objektima u pisanoj, grafičkoj ili video formi, detaljno pregledavanje karata u svim rezolucijama i mjerilima, jednostavno i brzo osvježavanje podataka, pregledavanje raznih detalja u mjerilu, dostupnost podataka o obalnim objektima, prilagođenost potrebama navigatora, na primjer podešavanje osvjetljenja ekrana zbog štetnog djelovanja svjetla na zapovjedničkom mostu, mogućnost prikazivanja sa radarskim prikazom na zaslonu.

Posebna pogodnost ECDIS elektronskih karata je mogućnost planiranja plovidbe i nadzor tijeka plana plovidbe, izravno na zaslonu monitora. Sustav ECDIS temeljen je na elektronskoj karti i namijenjen je velikim brodovima. Glavnu bazu podataka predstavlja vektorska karta povezana u cjelinu a koja osim kartografskih podataka sadrži i mnoge druge podatke važne za sigurnost plovidbe. Na video zaslonu (ekranu) može se prikazati svako

područje dovodđenjem kursora na to područje. Na zaslonu se kontinuirano prikazuje pozicija broda kao i svi ostali potrebni podaci prikupljeni s ostalih navigacijskih uređaja (u integriranom elektroničkom navigacijskom sustavu podaci s dubinomjera, brzinomjera, radara, GPS-a, žirokompasa itd.). Prikaz se može zumirati, mogu se otklanjati suvišni podaci, po volji mijenjati boja itd.

Plan je da se 2015. godine iz upotrebe izbace analogne karte i da se koriste samo elektronske. Na slici 16 je prikazan ECDIS konzola, koja se sastoji od računala (unutar konzole) i monitora.



Slika 16. ECDIS konzola

Izvor:<http://www.pilotmag.co.uk>

S i X band radari

Radar je skraćenica od engl. *Radio Detection And Ranging*, uređaj za otkrivanje objekata na zemlji, moru i u zraku, pomoću radio valova koje odašilje i koji se odbijaju od objekata. Bitna su komponenta sigurnosti na moru. Pomoću radara zapovjednici broda su u mogućnosti upravljati i tijekom loše vidljivosti (mrak, magla).

Radarski uređaj se sastoji od tri dijela:

- odašiljača (predajnik)
- prijemnik
- antena

Osim ovih (elektronskih) komponenti u sklopu radara je i motor antene, skenera radara. Odašiljač brodskog radara je oscilator koji generira impulse SHF (engl. *Super High Frequency*). Prijemnik brodskog radara je sklop koji jeke vrlo slabe snage (do 5 mW) pojačava i na ekranu prikazuje kao videosignale od kojih se formira panoramska slika područja određenog na određenom dometu. Antenski sklop brodskog radara je uređaj koji omogućava ravnomjerno emitiranje u prostor impulsa super visoke frekvencije i velike snage, te prijem jeke male snage.

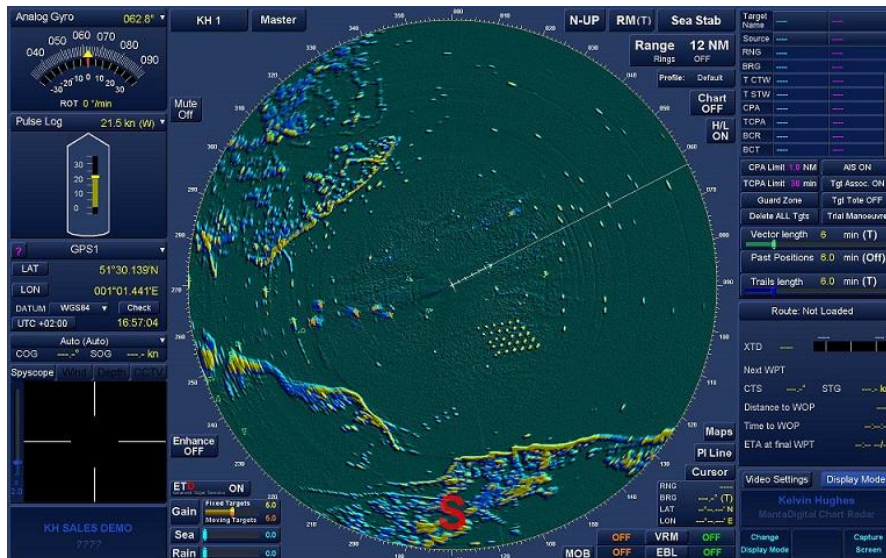
Rijetko se koriste samostalno, već su intergirani u sustav brodskih uređaja, tj. na samom radaru imate podatke kao što su dubina, brzina, AIS informacije, žiro kompas i druge korisne podatke bitne za navigaciju. Takva integracija pojednostavljuje upravljanje jer sve informacije imate na jednom ekranu.

Na većim brodovima se ugrađuju X-band i S-band radari. Služe, kao što je već rečeno u uvodu za otkrivanje i mjerenje udaljenosti od objekata na moru i kopna, a razlika je u frekvencijskom dometu. S-band radari rade na frekvencijskom dometu 2 -4 GHZ, dok X-band radari rade na dometu od 8 -12 GHZ. Fizički se razlikuju po veličini, X-band skener je manji od S-band sekera. Na slici 17 je prikazan antena radara (skener), dok je na slici 18 prikazana radarska slika.



Slika 17. Antena radara

Izvor: <http://www.raymarine.com>



Slika 18. Radarska slika

Izvor: http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_radar

Radarska slika sa podacima se snima na VDR koristeći koaksijalne vodiče, kao što je vidljivo iz blok sheme VDR-a (slika 11). Slike radara se uzimaju svakih 15 sekundi i spremaju se u VDR memoriju.

Autopilot

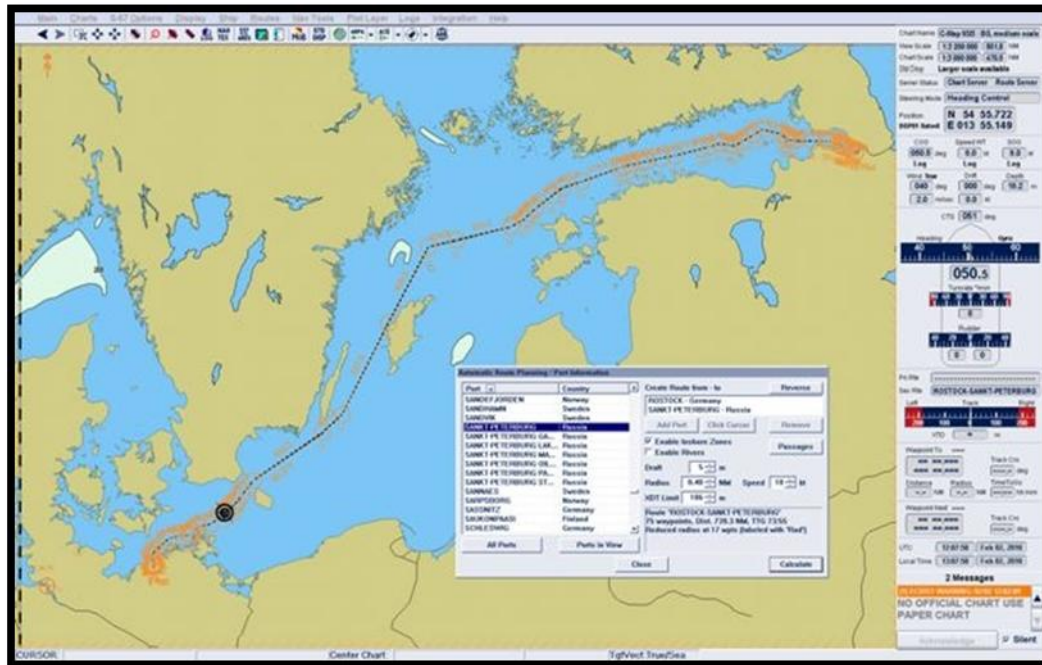
Autopilot za plovila je sustav koji povezuju kontrole plovila sa navigacijskim uređajima te u stvari omogućuju kontrolu plovila bez pomoći ljudskog pilota. Autopilot je, pojednostavljeno rečeno, povezan sa kormilo strojem i žiro kompasom, te održava zadani kurs kojeg odaberemo na panlu autopilota (slika 19).



Slika 19. Panel autopilota

Izvor: <http://www.nauticexpo.com>

Danas se koristi i *track pilot* gdje na ECDIS sustavu ucrtamo rutu kojom želimo da se brod kreće, te sustav drži brod na željenoj ruti. Ovisno o klasi broda dozvoljavaju se različita odstupanja. Primjer rute ucrtane na ECDIS-u je vidljiv na slici 20.



Slika 20. Track pilot ruta

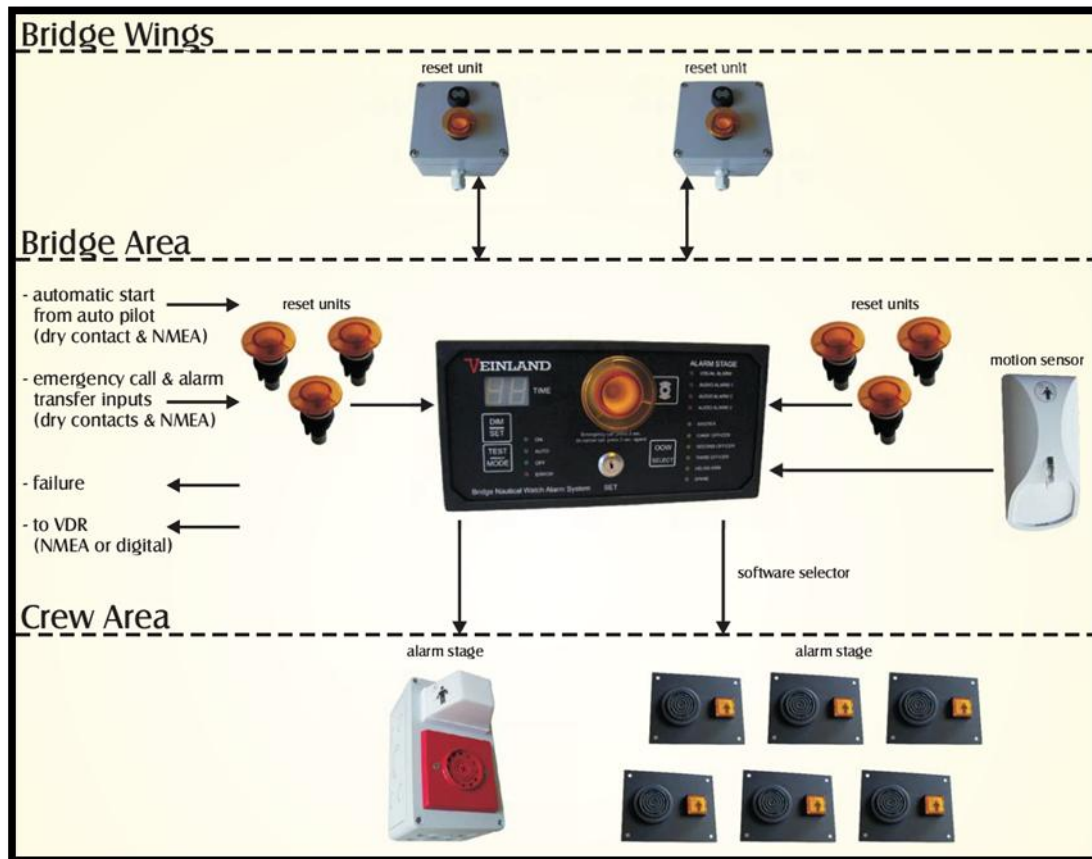
Izvor: <http://opencpn.org>

BNWAS

Alarm budnosti mosta BNWAS (engl. *Bridge Navigational Watch Alarm Sytem*) je automatski sustav koji aktivira alarm ako se u nekom zadanom vremenu sustav ne resetira. To je sigurnosni sustav koji „kontrolira“ dali je neko prisutan na zapovjednom mostu. Sustav se uključuje preko preko ključa kojeg u pravilu ima zapovjednik broda. Sustav zapovjednik isključuje kad je brod na sigurnom i nije potrebno da neko bude na mostu (u luci). Tijekom plovidbe sustav mora biti aktivan.

Na slici 21 je prikazan cijeli BNWAS sustav. Sastoji od glavne jedinice koja je smještena na zapovjednom mostu, uz nju na mostu su smještena i reset tipkala te senzori pokreta. Tipkala na krilima mosta su drugačije izvedbe (ako su krila mosta otvorenog tipa), tj. imaju veću IP (engl. *International Protection*) zaštitu od utjecaja vode i vlage. Zujalice alarma sa svjetlosnom indikacijom su smještene u kabine i spavaće sobe zapovjednika broda i navigacijskih oficira. Resetiranje sustava nije moguće iz kabina. Također mjesta okupljanja posade na brodu imaju zujalicu BNWAS alarma.

BNWAS je povezan sa VDR glavnom jedinicom i jedini podatak koji se bilježi je dali je sustav alarma budnosti aktivan ili neaktivan.



Slika 21. BNWAS sustav

Izvor: <http://www.navitron.co.uk>

Sustav odbrojava zadano vrijeme (od 3 do 12 minuta) i ako se ne resetira, kreće alarm. Resetiranje alarma se vrši preko BNWAS tipkala, senzora pokreta ili radom na radaru, ECDIS-u, autopilotu itd. Ako se sustav ne resetira, dođe do alarma koji je podjeljen u 3 faze:

1. Nakon zadanog vremena, alarm prvo započne na zapovjednom mostu, ako se ne resetira nakon 15 sekundi kreće 2. faza
2. Alarm se javlja u kabini zapovjednika i oficira. Ako nitko od njih nakon zadanog vremena (između 90 sekundi i 3 minute) ne dođe na zapovjedni most kreće faza 3.
3. Alarm se javlja na svim pozicijama di se nalaze BNWAS alarmni paneli

BNWAS ima i opciju aktiviranja alarma u slučaju nužde. Ako reset tipkalo držimo duže vrijeme, alarm se automatski oglašava na svim alarmnim panelima BNWAS-a.

SCS

SCS (kratica od engl. *Ship Control System*) je složeni centralizirani sustav nadziranja i upravljanja brodskih sustava. Ima puno parametara koji trebaju biti kontrolirani i nadzirani, razne temperature, tlakovi, nivoi, brzina, viskozitet, napon, struja, status stroja, status opreme... SCS-om se kontroliraju sustavi tereta, bojlera, glavnog stroja, dizel generatora itd. Svi alarmi nadziranih sustava dolaze na jedno mjesto, što je znatno pojednostavilo sustav nadziranja, te se sa tog mjesta šalju na VDR.

Sustav detekcije požara

Sustav detekcije požara (engl. *Fire detection system*) služi za brzo otkrivanje, detekciju i sastoji se od ručnih javljača i automatskih detektora. Da bi se mogao točno izabrati tip detektora koji treba instalirati u pojedinim prostorima broda, potrebno je poznavati fizikalno-kemijski proces gorenja koji može nastati u pojedinim dijelovima broda, kao i mogućnosti i karakteristike automatskih detektora požara.

Kad se govori o detekciji požarnih veličina (koje nisu električne veličine) najčešće se radi o postupku pretvaranja tih veličina u električne veličine i o njihovom mjerenju. To znači da većina detektora požara zapravo predstavlja električne pretvarače. Vatrodjavni detektori požara predstavljaju jedan od najvažnijih dijelova vatrodjavnog sustava. U većini prostorija na brodu moraju biti ugrađeni vatrodjavni detektori ili se oni moraju nalaziti u neposrednoj blizini, dok svaki izlaz mora imati ručni javljač.

Imamo klasične, adresabilne i analogno adresabilne detektore. Na brodu se koriste adresabilni, tj. svaki od detektora ima jedinstvenu adresu te pri aktivaciji nekog od detektora, na vatrodjavnoj centrali se ispisuje broj i pozicija detektora

Na brodu imamo dimne, termičke detektore i detektore plamena. Dimni detektori reagiraju na dim, te se najviše koriste na brodu. Termički detektori reagiraju na povećanje temperature koja nastaje u prostoriji kao posljedica požara. Razlikuju se termomaksimalni detektori koji reagiraju kada temperatura prostorije prijeđe namještenu temperaturu i tzv. termodiferencijalni detektori koji reagiraju na brzinu promjene temperature. Detektori plamena se često ugrađuju u prostore strojarnice. Ove detektore treba obavezno ugrađivati zbog njihove brzine detekcije. Oni su osjetljivi na intenzitet zračenja u ultraljubičastom području.

Središnji, glavni dio sustava detekcije požara je njegova centrala, na koju su spojeni svi detektori. Detektori su fizički podjeljeni na različite petlje, u praksi na brodu imamo 3 petlje (nadgrađe, strojarnica i paluba).

Neke od petlji imaju zone, npr. zona separatora. Te zone se koriste za aktivaciju lokalnog gašenja požara, vodenom maglom. Da bi došlo do aktivacije lokalnog gašenja treba zadovoljiti određeni uvjet, tj. da su u toj zoni aktivirana minimalno jedan dimni detektor i jedan detektor plamena.



Slika 22. Consilium protupožarna centrala

Izvor: <http://consilium.se/fire-safety-automation>

Sa protupožarne centrale dolaze podaci na VDR. Podaci koji se spremaju na VDR su: aktivacija detektora ili ručnog javljača, tj. znamo točno koji detektor ili ručni javljač je bio aktivan, te dali je aktiviran generalni alarm. Čim aktivirao ručni protupožarni javljač odmah se oglasi i generalni alarm. Kod aktivacije nekog od detektora, alarm se javlja na centrali, ako se taj alarm ne prihvati unutar 2 minute, onda se aktivira generalni alarm.

Sustav gašenja požara sa CO₂

CO₂ je plin bez boje i mirisa koji se koristi za gašenje svih požara osim lakih metala. Koristi se za gašenje dijelova strojarnice, skladišta tj. za gašenje požara u zatvorenim prostorima. CO₂ je visoko i niskotlačni sustav. Prostor di se nalaze CO₂ boce mora biti

osiguran a nebi došlo do neplaniranog ispuštanja plina. Plin je smrtonosan iznad 5%. Tako da pri aktivaciji terba napustiti prostoriju. Aktivaciju je moguće izvršiti samo ručno i prije toga prostorija treba biti napuštena. Automatski se i isključi ventilacija prostora u koji se ispušta CO₂, zaustavljaju se pumpe, separatori...

Kut otklona kormila

Kormilarski stroj je uređaj koji služi zakretanju kormila na brodu. Kada se kormilo otkloni od središnjice broda u plovidbi, u njega pod kutem udara voda, koja uzrokuje određeni pritisak na njegovu plohu, a rezultat toga je skretanje broda. Kormilo stroj ili kormilarski stroj je uređaj koji reagira na zadani impuls sa zapovjednog mosta i zakreće list kormila. Na brodovima se danas najviše upotrebljavaju elektrohidraulički kormilarski uređaji. Uređaj se sastoji davača, primača impulsa, sustava za upravljanje, sisaljke i mehanizma za zakret kormila.

Kormilo stroj dobiva impuls s kola kormila ili električnog kormila u kormilarnici (također i od autopilota). Taj impuls može biti električni, hidraulički ili rijeđe pneumatski. Impuls pokreće radnju kormilo stroja koja će kao krajnji učin imati micanje osovine kormila i mjenjanje smjera broda.

Informaciju o položaju kuta lista kormila dobivamo preko idikatora kuta otkona kormila (engl. *Rudder Angle Indicator* RAI). Indikatori kuta otklona kormila smješteni su na zapovjednom mostu, na krilima mosta, u prostoriji kormilarskog stroja te u kontrolnoj kabini. Indikatori koji su smješteni na zapovjednom mostu i krilima mosta moraju, kao i svi drugi uređaji, imati opciju dimanja, tj. prigušivanja svjetla za noćnu vožnju. Na slici 23. prikazan je jedan model RAI indikatora.



Slika 23. Indikator kuta otklona kormila

Izvor: <http://www.nauticexpo.com/prod/>

Pozicija kormila se dobiva preko *feedback* uređaja koji je spojen na oprugu povezanu sa listom kormila. Kako se zakreće list kormila, tako se pomiče i opruga koja mijenja vrijednosti *feedback* uređaja. *Feedback* uređaj šalje signal na RAI pojačalo koje distribuira taj signal na sve ponavljajuće kuta otklona kormila, kao i na VDR. Signal je analogni.

Pramčani propeler

Pramčani propeler (engl. *Bow thruster*) je uređaj koji se ugrađuje na brodove te pruža poprečnu propulziju. Time brod ima bolje manevarske sposobnosti. Pramčani propeleri olakšavaju pristajanje. Sustav se sastoji od propelera (sa zakretnim krilcima), hidraulike koja zakreće krilca, motora koji pogoni propelu (konstantne brzine) i upravljačke jedinice (Slika 24). Pomoću zakretnih krilca, regulira se brzina zakretanja.

Sa spojne kutije upravljačkih panela pramčanog propelera se šalje serijski signal na VDR. Snimaju se trenutak kad je dana naredba i trenutak odziva sustava, te položaj zakretnih krilaca pramčanog propelera. Podaci koji dolaze na VDR su u obliku NMEA rečenice.



Slika 24. Sustav pramčanog propelera

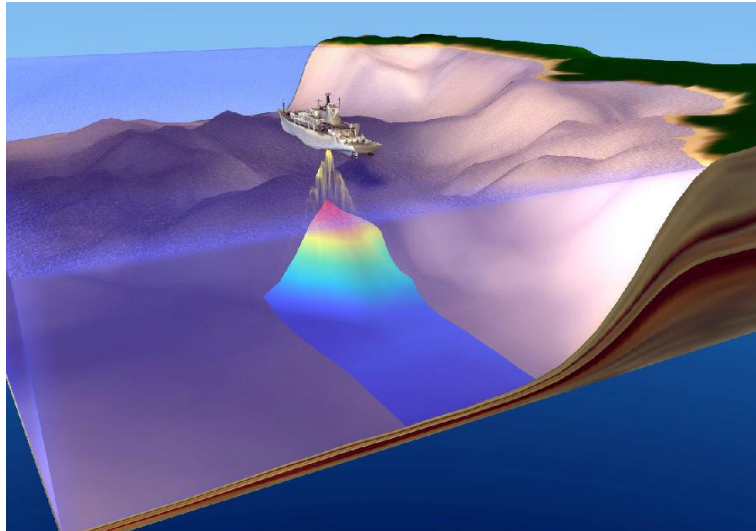
Izvor: <http://www.dockingbycontrol.com>

Dubinomjer

Dubinomjer je vrsta sonara korištena za određivanje dubine vode. Radi na principu odašiljanja zvučnih impulsa. Impulsi se odašilju iz sonde (slika 26) te se odbijaju od morskog dna. Brzina zvučnog impulsa kroz vodu je poznata te se na temelju toga, mjeri vrijeme

putovanja zvučnog impulsa. Dobiva se udaljenost od dna broda do morskog dna. Sonda se nalazi na pramčanom dijelu broda, ako je brod manjih dimenzija. Kod većih brodova ugrađuje se na krmeni i pramčani dio.

Podaci dubinomjera se preko pojačala dobivaju na ponavljajima dubine, radaru, ECDIS-u. Preko radara dolaze i do VDR-a.



Slika 25. Princip rada dubinomjera

Izvor: http://en.wikipedia.org/wiki/Echo_sounding

Brzinomjer

Brzinomjer je sonda koja mjeri brzinu prolaska broda kroz vodu, kao i utjecaj morskih struja na plovilo. Danas su u primjeni brzinomjeri koji rade na principu Dopplerovog mjerenja tj. koriste tzv. Dopplerovu sondu. Ugrađuju se na pramčani dio broda. Na mostu zapovjednik broda ima informacije o brzini broda koje se dobivaju sa sonde brzinomjera i preko GPS-a. Ti podaci se šalju na radar i Ecdis, a sa njih i na VDR.



Slika 26. Prikaz brzine broda

Izvor: <http://www.nauticexpo.com>

3. Prijenos podataka VDR sustava

Način povezivanja VDR-a i okoline u prvom redu ovisi kakva je ta okolina. U jednom slučaju imamo velik broj binarnih informacija (uključen-isključen, ima-nema, itd.), drugi puta to je slijed impulsa jedan iza drugog, treći puta to su vrijednosti napona, pritiska, temperature kao analogne vrijednosti itd. Za sve slučajeve karakteristično je da se arhitektura VDR sustava mora prilagoditi konkretnoj okolini i prihvatiti podatke iz periferije. Postoje različite podjele kakvi se tipovi podataka pojavljuju iz okruženja. U konačnom obliku ti se podaci uvijek pojavljuju u samom VDR-u u digitalnom obliku (zbog koncepcije računala VDR-a).

Prijenos podataka, komunikacija je prijenos podataka iz jedne točke u drugu ili više njih preko komunikacijskih medija, u našem slučaju između VDR-a (glavne jedinice) i uređaja, sustava periferije čiji se podaci, informacije spremaju. Ta informacija mora određenim medijem i oblikom doći od pošiljatelja do primatelja. Osnovna mjera prijenosa informacija u digitalnoj tehnici je 1 bit.

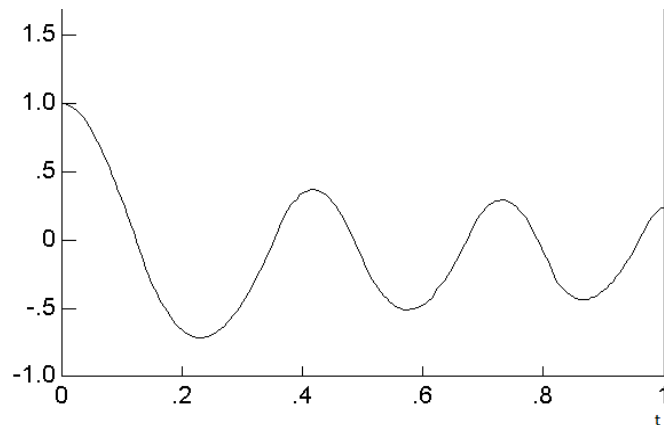
Prijenos podataka predstavlja prijenos kodiranih informacija. Imamo serijski i paralelni prijenos podataka. Kod paralelnog načina prijenosa podataka, prenosi se veći broj bitova istovremeno, dok se kod serijskog prenosi bit po bit preko jedinstvenog voda ili komunikacijskog kanala.

3.1. Signali

Razni oblici informacije mogu se ostvariti pomoću signala. Signali su, dakle, materijalni nosioci informacije. Signal ima svrhu da na prikladan način poruku isporuči odredištu. U realnim informacijskim sustavima signali se prenose na veće ili manje udaljenosti najčešće u obliku elektromagnetskog titranja. Zbog toga se kao fizikalne veličine koje određuju karakter signala obično uzimaju napon ili struja, koji se mijenjaju s vremenom po određenom zakonu, ovisno o prirodi prenesene vijesti. Prijenos se vrši na različite načine ovisno o signalu koji glavna jedinica dobiva.

Signali periferije VDR-a mogu biti digitalni ili analogni. Oni preko PLC-a dolaze do PC računala VDR-a.

Analogni signal - je signal koji je neprekidan u vremenu, on varira u vremenskoj domeni. Sastoji se od amplitude različitih vrijednosti.

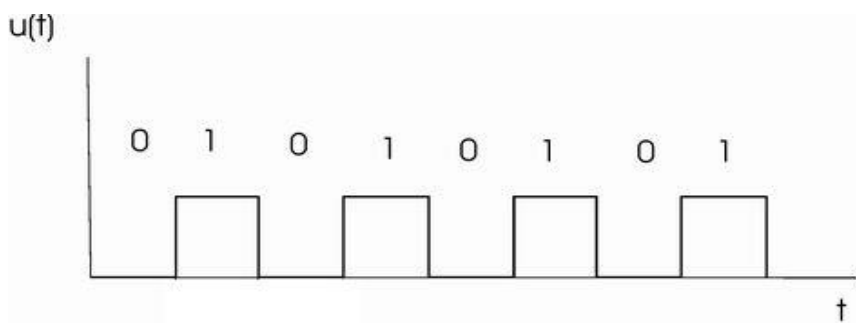


Slika 27. Analogni signal

Izvor: <http://www.audiofil.net>

Na slici 27 je prikazan analogni signal. Vidimo da vrijednost varira u nekom vremenu. Naravno, da bi električni uređaj mogao prepoznati signal, on je izražen promjenom napona ili struje, ovisno o izvedbit. Npr. promjena kuta zakretnih krilca utječe na senzor čija se vrijednost struje ili napona mijenja. Na brodu se naponski analogni signali kreću od 0 do 10 V, dok strujni od 4 do 20 mA, tako da recimo u primjeru zakretnih krilca imamo kranji položaj (*full ahead*) vrijednosti 4 mA (ako govorimo o strujnom signalu) i kranji položaj (*full astern*) od 20 mA, to znači da je pozicija *pitch-a*, 0^0 kad je vrijednost, koju daje senzor položaja krilca, 12 mA. Danas se analogni signal u većini slučajeva pretvara u digitalni, analogno digitalnim pretvornikom.

Digitalni signal – je signal koji se sastoji od diskretnih stanja amplitude, napona ili ima ili nema. Bitno je samo prisutnost u vidu pozitivnog ili negativnog strujnog ili naponskog izlaza na predajniku i prepoznavanje tog stanja u prijemniku. U većini slučajeva to se simbolički označava sa brojevima 1 i 0, slika 28. Takav električni signal može se prenositi izravno, na način da ga se kao različite naponske razine (samo dvije) uputi preko nekog fizičkog medija do primatelja. Drugi način je da se snjim izvrši modulacija i da se pošalje putem nekog fizičkog medija (vodič) ili slobodnim prostorom (radio valovi).



Slika 28. Digitalni signal

Izvor: <http://www.audiofil.net>

Digitalni signali su signali stanja, položaja impulsni signali i komandni signali, tako da ponajviše koriste na brodu. Pogodniji su od analognih signala. Pod signale stanja spadaju tlačne sklopke, kontaktni termometri, indikatori protoka, indikatori razine... Signali položaja se koriste, recimo, za uvid u stanje protupožarnih vrata. Kad su vrata zatvorena, zatvoren je i kontakt na prekidaču te u protupožarnu centralu dolazi „1“, a preko protupožarne centrale taj signal dolazi i do VDR-a di se zapisuje. Najjednostavniji primjer digitalnog signala je dali neki uređaj radi (prisutan je napon) ili neradi (napon nije prisutan). Digitalni signali se također ostvaruju preko raznih releja, sklopnika, elektroventila itd.

3.2. Paralelna i serijska komunikacija

Kod prijenosa podataka, komunikacije između 2 uređaja postoje točno definirani protokoli (međunarodni IEC protokoli) razmjene podataka. Imamo paralelni i serijski prijenos podataka.

Paralelni prijenos podataka

Paralelni prijenos je istovremeni prijenos sastavnih dijelova signala neke grupe koja predstavlja neki znak (ili zasebnu jedinicu) nekog podatka. Brži je od serijskog, ali se koristi na male udaljenosti, jer na veće udaljenosti dolazi do kvarenja poruke (što nije slučaj kod serijskog prijenosa). Paralelni prijenos (komunikacija) podataka je znatno skuplji od serijskog, jer zahtjeva veći broj veza. Vrlo se malo koristi u brodograđevnoj industriji.

Serijski prijenos podataka

Serijski prijenos je sekvencijski prijenos sastavnih dijelova signala neke grupe koja predstavlja neki znak (ili zasebnu jedinicu) nekog podatka. Serijski spoj je pouzdaniji od paralelnog, jer se prekid u prijenosu može uvijek lako ustanoviti. Serijski prijenos se preferira za veće udaljenosti, te se zbog toga koristi u brodograđevnoj industriji.

Postoji više standarda serijskog prijenosa podataka kao što su FireWire, I2C, SATA, USB, RS-232, RS422. Od protokola za serijsku vezu brodski sustavi među i njima VDR koriste serijski RS232 i serijski RS422/485 protokol.

Standard RS-232 veže se uz serijske priključke na PC računalu. Standard podržava prijenos korisničkih podataka sinkrono i asinkrono. Sinkroni se prijenos kontrolira pomoću signala takta. Zbog odvojenosti sklopovlja za slanje i primanje, podržan je full-duplex način rada što znači da se u isto vrijeme podaci mogu slati i primiti. Kod RS-232 standarda postoje dva tipa uređaja: *Data Terminal Equipment* (DTE) i *Data Communication Equipment* (DCE). Tip uređaja određuje koje će se žice koristiti za slanje, a koje za primanje podataka. Tablica 3. prikazuje uobičajene signale koji se koriste za serijski prijenos.

Tablica 3. RS232 signali

Izvor: http://www.hw-group.com/products/sollae/ezl200f_en.html

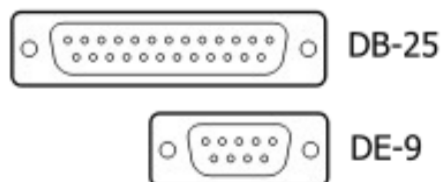
Oznaka	Naziv	Izvor
DTR	Data Terminal Ready	DTE
DCD	Data Carrier Detect	DCE
DSR	Data Set Ready	DCE
RI	Ring Indicator	DCE
RTS	Request To Send	DTE
CTS	Clear To Send	DCE
TxD		DTE
RxD		DCE
GND	Masa	Zajednička
PG	Zaštitna masa	Zajednička

Imena signala iz tablice 3. su iz stajališta DTE-a. Svaki signal ima svoju uobičajenu upotrebu.

Najčešće se koristi sljedeće značenje za pojedine signale:

- DTR – označava DCE-u prisutnost DTE-a
- DCD – aktivan ako je DCE spojen na liniju
- DSR – DCE je spreman i može primiti podatke i naredbe
- RI – DCE je primio dolazni signal
- RTS – DTE traži od DCE-a da se pripremi na primanje podataka
- CTS – DCE označava da je spreman na primanje podataka
- TxD – prenosi podatke s DTE na DCE
- RxD – prenosi podatke s DCE na DTE

Postoji više vrsta konektora koji se mogu koristiti za serijski prijenos. RS-232 definira korištenje DB-25 konektora, ali češće se koristi DE-9 konektor. Konektori su prikazani na slici 29.



Slika 29. RS-232 Konektori

Izvor: <http://www.scienceprog.com/rs232-interface-standard-overview/>

Pinovi konektora spajaju se prema tablici 4.

Tablica 4. Spajanje konektora

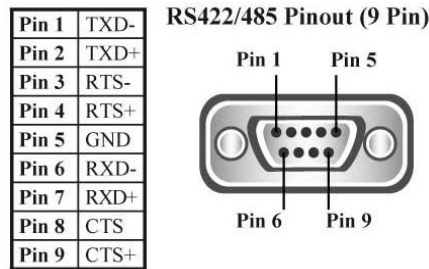
Izvor: <http://www.scienceprog.com/rs232-interface-standard-overview/>

Oznaka	DB-25 pin	DE-9 pin
DTR	20	4
DCD	8	1
DSR	6	6
RI	22	9
RTS	4	7
CTS	5	8
TxD	2	3
RxD	3	2
GND	7	5
PG	1	-

Standard definira raspone napona za logičku jedinicu i nulu. Za logičku nulu uzimaju se naponi između +3V i +15V. Za logičku jedinicu naponi moraju biti između -3V i -15V. Područje između -3V i +3V je zabranjeno. Najmanje značajan bit se kod serijske komunikacije šalje prvi, a najviše značajan bit zadnji. Osim korisne informacije, šalju se "start bit" i "stop bit" koji označavaju početak i kraj poruke. Šalje se i paritetni bit za provjeru valjanosti poruke.

RS-422/485 protokol

RS-422 je kratica za *American National Standards Institute* (ANSI) standard *ANSI/TIA/EIA-422-B*. To je tehnički standard koji određuje električna svojstva naponski balansiranog digitalnog međusklopa. RS-422 služi za prijenos informacija, koristeći balansirani ili diferencijalni signal, sa jednosmjernim/nepovratim, terminiranim ili ne terminiranim prijenosom, mjesto do mjesta ili multi-drop. Nivo napona je od -6V do +6V, brzina prijenosa podataka je od 100kbit/s do 10 Mbit/s na maksimalnoj udaljenosti od 1500m.



Slika 30. RS422/485

Izvor: <http://www.brainboxes.com/product/items/vx-001>

3.3. NMEA

NMEA, kratica od engleske riječi engl. *National Marine Electronics Association* je udruženje koje je donijelo i razvilo tehničke podatke koji definiraju razmjenu podataka između različitih pomorskih elektroničkih uređaja. Definirane specifikacije određuju i dozvoljavaju komunikacije između brodskih elektroničkih uređaja i sustava te računala i drugih uređaja povezanih serijskom vezom. Najkorišteniji standardi su NMEA 0183 i NMEA 2000.

NMEA 0183 su kombinirane električne i podatkovne specifikacije za komunikaciju između pomorskih električnih uređaja kao što su dubinomjer, brzinomjer, žiro kompas, autopilot, GPS, te mnogi drugi tipovi instrumenata. Tvorac je Robert Freeman, tvorac autopilota. NMEA 0183 zamjenjuje zastarijele NMEA 0180 i NMEA 0182.

Danas NMEA 0183 standard lagano odlazi u povijest, a zamjenjuje ga NMEA 2000 standard. NMEA 0183 koristi jednostavan ASCII (engl. *American Standard Code for Information Interchange*), serijski komunikacijski protokol koji definira način prijenosa podataka u obliku „rečenica“ od jedne točke do druge ili više njih.

Standard također definira sadržaj rečenica di svaki simbol ima neko zanačenje:

- svaka rečenica počinje sa simbolom \$
- od sljedećih 5 simbola, prva 2 označavaju *talker*-a, a zadnja 3 tip poruke
- sva područja rečenica su odvojena sa točka-zarez simbolom (;)
- kada su podaci nedostupni, polje ostaje prazno

U sljedećoj tablici 5 vidimo primjer NMEA 0183 GPS rečenice.

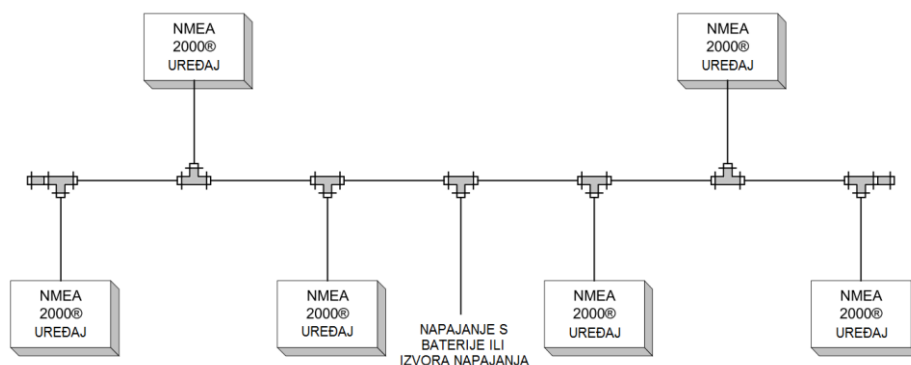
Tablica 5. NMEA 0183 rečenica

Izvor: Totem VDR user manual

\$GPGGA,092750.000,5321.6802,N,00630.3372,W,1,8,1.03,61.7,M,55.2,M,,*76
\$GPGSA,A,3,10,07,05,02,29,04,08,13,,,,,1.72,1.03,1.38*0A
\$GPGSV,3,1,11,10,63,137,17,07,61,098,15,05,59,290,20,08,54,157,30*70
\$GPGSV,3,2,11,02,39,223,19,13,28,070,17,26,23,252,,04,14,186,14*79
\$GPGSV,3,3,11,29,09,301,24,16,09,020,,36,,,*76
\$GPRMC,092750.000,A,5321.6802,N,00630.3372,W,0.02,31.66,280511,,,A*43
\$GPGGA,092751.000,5321.6802,N,00630.3371,W,1,8,1.03,61.7,M,55.3,M,,*75
\$GPGSA,A,3,10,07,05,02,29,04,08,13,,,,,1.72,1.03,1.38*0A
\$GPGSV,3,1,11,10,63,137,17,07,61,098,15,05,59,290,20,08,54,157,30*70
\$GPGSV,3,2,11,02,39,223,16,13,28,070,17,26,23,252,,04,14,186,15*77
\$GPGSV,3,3,11,29,09,301,24,16,09,020,,36,,,*76
\$GPRMC,092751.000,A,5321.6802,N,00630.3371,W,0.06,31.66,280511,,,A*45

NMEA 2000 je *plug-and-play* komunikacijski standard, korišten za spajanje brodskih uređaja i sistema. Ima brzinu od 250 kbit/s i dozvoljava svakom senzoru da komunicira sa bilo kakvim displej uređajem ili nekim drugim uređajem. Protokol je korišten za kreiranje mreže elektroničkih uređaja. Dakle možemo spojiti više različitih uređaja na zajednički vodič (engl. *backbone*). U brodogradnji, pomoću NMEA 2000 standarda moguće je napraviti mrežu sa GPS-om, autopilotom, detektorom vjetra, dubinomjerom, navigacijskim instrumentom itd. Dakle, stvorili smo integrirani sustav. Takav integrirani sustav dozvoljava, npr. GPS-u da ispravlja kurs autopilota.

NMEA 2000 spaja uređaje pomoću CAN (engl. *Controller Area Network*) tehnologije. NMEA 2000 je nasljednik NMEA 0183. Ima veću brzinu prijenosa (250k kbit/s naprema 4800 nit/s NMEA 0183. Za razliku od 0183, di se za rečenice koristi ASCII serijski protokol, NMEA 2000 koristi format kompaktne binarne rečenice. NMEA 2000 podržava *multi-talker*, *multi listener*.



Slika 31. Izgled NMEA 2000 mreže

Izvor: <http://navigatebyus.com/NMEA.html>

NMEA 2000 sabirnička industrijska mreža srednje brzine koja je dizajnirana da omogući dvosmjernu komunikaciju između brodskih uređaja, senzora i aktuatora različitih proizvođača.

3.4. Medij za prijenos podataka

Medij za prijenos podataka služi za prijenos podataka od jedne točke do druge. Imamo žičani i bežični medij. Govorit ćemo o žičanom mediju koji podrazumijeva fizičko sredstvo za prijenos signala (kabel, svjetlovod, radioval), dakle žičani medij su bakrene žice i optička vlakna. Duljinu prijenosa ograničava karakteristična impedancija, atenuacija, linearna otpornost, linearna kapacitivost, „preslušavanje“, napon zajedničke točke te zaštita oklapanjem.

Tablica 6. Preporučeni tip kabela za VDR uređaj

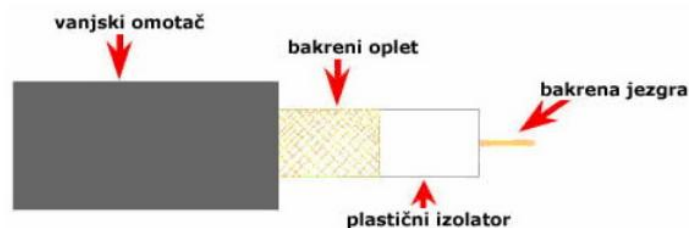
Izvor: Totem VDR user manual

Uređaj, senzor	Tip kabel	Maksimalna dužina (m)
Alarmni panel	6x0.5 sa opletom	150
Mikrofoni unutarnje izvedbe	3x2x0.5 dvostruki oplet	150
Mikrofoni vanjske izvedbe	3x2x0.5 dvostruki oplet	150
Zaštitina kapsula	CAT5e	40
VHF uređaj	1x2x0.5 dvostruki oplet	150
Digitalni senzori	Nx0.75 sa opletom	150-300
Analogni senzori	Nx2x0.75 dvostruki oplet	150
Video radara	75Ω koaks ili VGA	100-150 (30 za VGA)
Serijski RS422/485	1x2x0.5 dvostruki oplet	600
Serijski RS232	1x2x0.5 dvostruki oplet	15
Napajanje	2x1.5	-

3.4.1. Koaksijalni kabel

Koaksijalni kabel ima velik propusni opseg pa omogućava velike brzine prijenosa s velikom otpornošću na smetnje i greške. Upotrebljava se u telefonskim mrežama za vezu između centrala kao i kod kabelaške televizije za prijenos televizijskog signala u zgradama i naseljima. Koaksijalni kabel nešto je skuplji od parice, ali još spada u relativno jeftine prijenosne medije. Postoje dva načina prijenosa kod koaksijalnog kabela: širokopolasni (*broadband*) i osnovnopolasni (*baseband*). Mogu se upotrebljavati sve do nivoa GHz-a, s niskim gušenjem i niskom distorzijom signala. Kod prijenosa u osnovnom pojasu signal se prenosi u svom izvornom obliku i tako se obično prenose digitalni signali brzinama do 100Mbit/s. Veće brzine postižu se širokopolasnim prijenosom gdje se propisni kanal podijeli u više podkanala. Tim načinom bolje se iskorištava propusni opseg kabela, ali su sklopovi za transporiranje frekvencija (modulatori i demodulatori) te potrebni filtri složeniji i skuplji da bi njihova upotreba u lokalnim mrežama bila opravdana.

Kao što je vidljivo na slici 32, koaksijalni kabel se sastoji od bakrene jezgre, dielektrika (plastični izolator), bakrenog opleta i zaštitnog, vanjskog omotača. Imamo 2 osnovna tipa koaksijalnih kabela *thick* i *thin*. *Thick* se koristi za udaljenosti do 500m, otpora 150 Ω , a *thin* do udaljenosti od 180 m, otpora 50 Ω .



Slika 32. Dijelovi koaksijalnog kabela

Izvor: <http://www.fpz.unizg.hr>

U sustavu VDR-a koaksijalni kabel se koristi za povezivanje radara i glavne jedinice VDR-a. Preko koaksijalnog kabela, video slika radara dolazi u VDR. Kao što je vidljivo na block shemi slika 11, koristi se koaksijalni kabel 75 Ω RG-59 (Slika 33) koji je tipičan za prijenos video signala ali ne na velike udaljenosti.



Slika 33. RG-59 koaksijalni kabel

Izvor: <http://www.elmaz.hr>

Pjenasti polietilen niske dielektrične konstante omogućuje visoke brzine rasprostiranja signala, uz dobru fleksibilnost pri instalaciji. Dopuštena je samo unutarnja upotreba, a vanjska samo iznimno uz zaštitu od sunca.

Konstrukcija RG-59 koaksijalnog kabela Prikazana je u sljedećoj tablici, tablica 7.

Tablica 7. Konstrukcijski podaci za RG-59

Izvor: <http://www.elmaz.hr>

Vodiči, izolacija (dielektrik) i plašt su koncentrični. Kabel održava funkciju ako su unutarnji i vanjski vodič na točnoj konstantnoj udaljenosti, ne smije doći do presavijanja kabela.	
Unutarnji vodič:	bakrom obložena čelična žica, bimetal (CCS – engl. copperclad steel), promjera $0,59 \pm 0,01$ mm (20 AWG)
Izolacija(dielektrik):	PE, vanjski promjer $3,70 \pm 0,05$ mm
Vanjski vodič:	oplet od golih bakrenih žica 0,16 mm, 95% optičko prekrivanje
Plašt:	PVC, vanjski promjer $6,15 \pm 0,10$ mm

U sljedećoj tablici, tablica 8, prikazani su tehnički podaci za RG-59, a u tablici 9 električne značajke.

Tablica 8. Tehnički podaci

Izvor: <http://www.elmaz.hr>

<i>Temperaturni uvijeti:</i>	
pri polaganju:	-15 °C do +55 °C
radna temperatura:	-40 °C do +85 °C
<i>Min. unutarjni polumjer savijanja:</i>	
bez opterećenja:	5D (31 mm)
pod opterećenja:	10D (62 mm)
Otpornost prema gorenju:	IEC 60332-1
Maksimalna sila naprezanja:	145 N
Težina kabela:	53,6 kg/km
Težina bakra:	24,7 kg/km

Tablica 9. Električne značajke

Izvor: <http://www.elmaz.hr>

Karakteristična impedancija	75 ±3 Ω
<i>Otpor pri istosmjernoj struji, maks.</i>	
Unutarjni vodič	165 Ω/km
Vanjski vodič	8,5 Ω/km
Otpor dielektrika, min.	105 MΩ /km
Dielektrična konstanta	1,64
Zajednički kapacitet	67 pF/m
Faktor brzine rasprostiranja signala v/c	0,66
Frekvencijski opseg, maks	3 Ghz
Radni napon, maks	1,7 kV
Ispitni napon pri 50Hz	7 kV

3.4.2. Upletena parica

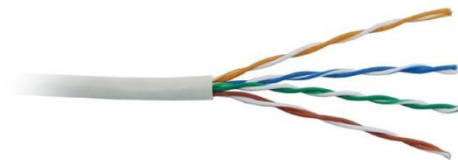
Upletena parica (engl. twisted pair) je par upletenih žica. Žice su najčešće napravljene od bakrene žice i izolirane su PVC-om. Upletanje žica je nužno, zbog smanjenja električne interferencije koja nastaje kad se sličan par žica nalazi u blizini. To je uobičajeni medij za prijenosu signala, a trenutno je najjeftiniji medij za prijenos podataka. Najstariji je i još uvijek

najkorišteniji medij za prijenos podataka. Koriste se za analogni i digitalni prijenos podataka, a propusnost ovisi o debljini žice. Jedina ograničenja su udaljenost, širina pojasa te brzina prijenosa podataka.

Za računalne mreže se koriste dvije vrste kabela, a mogu se spojiti na *straight* i *crossover* način.

UTP (engl. *Unshielded Twisted Pair*)

Neoklopljena parica. Koristi se za LAN mrežu, jeftin medij i jednostavan za instalaciju, ali na njega dosta utječu elektromagnetske smetnje. Koristi se za udaljenosti do 100m, a otpora do 100Ω.



Slika 34. UTP kabel

Izvor: <http://www.s-box.biz>

STP (engl. *Shielded Twisted Pair*)

Oklopljena parica. Oko parica se nalazi zaštitna folija, koja štiti od elektromagnetskih smetnji. Koristi se za udaljenosti do 250m, otpora do 150Ω.



Slika 35. STP kabel

Izvor: <http://www.s-box.biz>

3.4.3. Optički vodiči

Optički vodiči se također koriste za prijenos podataka, kako se u današnje vrijeme prijenos podataka putem optičkih vlakana sve više primjenjuje, u ovom poglavlju ćemo nešto više reći o optičkim tehnikama prijenosa podataka.

Optička, svjetlovodna je tehnika dio optoelektronike koji se bavi prijenosom svjetlosti kroz vrlo tanke staklene niti ili niti od nekog drugog transparentnog materijala. Svjetlovodne su niti dielektrični valovodi elektromagnetske energije valnih duljina od vidljivog spektra do bliskog infracrvenog spektra. Nit osigurava prijenos jednog snopa svjetlosti, a višezilni kabel prijenos cijele slike. Da bi zadovoljile različite zahtjeve prigodom ugradnje, niti moraju biti savitljive i neosjetljive na uvrtnje.

Osnovni optički prijenosni sustava

Sustav djeluje na sljedeći način. Digitalni se (ili analogni) signal dovodi u predajnik, gdje se električna energija pretvara u svjetlosnu, a moduliranje svjetlosnog signala vrši se promjenom električne struje svjetlosnog izvora. Modulirana se svjetlost uvodi u nit u kojoj se refleksijom od zida do zida prenosi na prijemni kraj sustava. Na prijemnom kraju detektor prima svjetlosni signal i pretvara ga u električni, koji dalje može vršiti svoju funkciju.

Predajnik

Zadatak je predajnika pretvaranje električnog signala u određenu struju koja mora pobuditi niskoimpedantni izvor svjetlosti. Električni su signal ili analogni ili digitalni. Za digitalni signal pobudni stupanj predajnika mora imati generator brzih impulsa koji uključuju i isključuju izvor svjetlosti. U slučaju analognog signala, pobudni stupanj predajnika mora svjetlosnom izvoru osigurati nužnu struju koja odražava pozitivne i negativne promjene signala.

Svjetlosni izvor

Uloga svjetlosnog izvora je da ostvari svjetlosni signal i da ga uvede u nit pod kutom koji osigurava maksimalni prijenos. U svjetlovodnoj se tehnici upotrebljavaju dva izvora svjetlosti, LED ili laserska dioda (LD). Obje diode imaju male dimenzije, jasnoću svjetlosti i nizak napon napajanja, ali i određene različitosti koje ih opredjeljuju za pojedine primjene. LED npr. Imaju dulji radni vijek, bolju sabilnost parametara, širi radni temperaturni opseg i

nižu cijenu naprema laserske diode. Laserska dioda, može dati 10dB veću izlaznu snagu od LED-a i proizvesti svjetlosni signal mnogo manje numeričke aperture niti, i zbog toga unijeti veću snagu u svjetlovodnu nit od LED-a. Nedostatak je LD u tome što joj je opseg struje ograničen. Kako se uvjeti rada sustava mogu jako mijenjati, uz nju je nužno ugraditi i dopunske elektroničke sklopove za kompezaciju, a to poskupljuje uređaj.

Svjetlosni detektor

Svjetlosni je detektor optoelektrični element koji prima svjetlosni signal iz svjetlovodne niti i pretvara ga u električnu struju. Kao detektori upotrebljavaju se fototranzistori, PiN-diode i lavinske fotodiode (engl. *Avalanche Photodiode* – APD). Fototranzistor je jeftin, ali ima uzak frekvencijski opseg i veliko vrijeme porasta, pa se u praksi rijetko upotrebljava. PiN dioda ima malo vrijeme porasta, veću osjetljivost prijavnika, ali joj je potreban dopunski izvor za napajanje.

Prijemnik

Zadatak prijavnika je da prima energetski slab signal i pretvori ga u pojačani naponski signal. Postoje najmanje 2 načina da se ostvari zahtjevana funkcija sa i bez povratne veze.

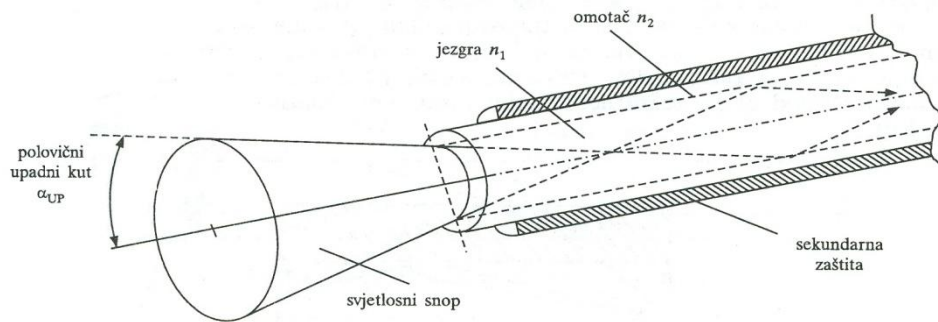
Svjetlovodne niti i kabeli

Svjetlovodne su niti transparentni dielektrični cilindri obavijeni drugim transparentnim dielektričnim cilindrom. One predstavljaju svjetlovodne niti s pomoću kojih se energija prenosi na svjetlosnim valnim duljinama. Svjetlost se zbog niza refleksija prenosi od zida do zida među jezgrom (unutarnji cilindar) i omotačem (vanjski cilindar). Refleksije su moguće zbog velikog indeksa loma.

Nagle promjene indeksa loma uzrokuju “skakanje” svjetlosnog vala (snopa) od granice jezgra – omotač i natrag kroz jezgru do suprotnog zida. Tako se svjetlost prenosi od izvora svjetlosti do detektora na suprotnom kraju niti.

Osnovno o niti

Svjetlost se zbog niza refleksija prostire kroz nit od jednog do drugog boka. Za nastajanje refleksije prijavnici (upadni) kut svjetlosnog snopa, kod njegova unošenja u nit, mora biti dovoljno malen, slika 36.



Slika 36. Svjetlovodna nit

Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin

Na slici prikazan je detalj svjetlovodne niti sa skokovitim indeksom loma koji pokazuje da postoji nagla promjena indeksa loma među jezgrom i omotačem. Da bi svjetlosni snop mogao slobodno, bez gubitaka, „skakati“ od zida, do zida na nit se navuče omotač.

Omotač, prema tomu, služi kao ogledalo za refleksiju svjetlosnog snopa bez gubitaka snage. Nužan je i zbog potrebe za spriječavanjem „bježanjem“ svjetlosti u susjedne niti, ako se sprežu u snopove, kao i zbog povećanja mehaničke čvrstoće niti.

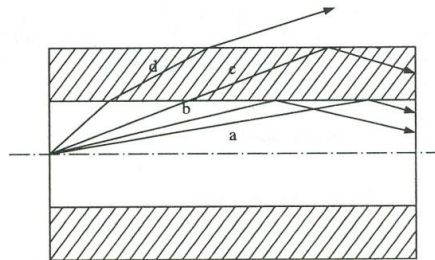
Niti mogu biti izrađene od stakla ili plastike ili od njihove kombinacije. Izbor vrste niti ovisi o njezinoj kvaliteti, parametrima koje mora zadovoljiti i o ekonomičnosti. Sve ovisi o tome može li sustav funkcionirati kod određene disperzije ili mora koristiti bolju, odnosno skuplju nit. U praksi, međutim, ne možemo dobiti jeftiniju nit, a da joj i karakteristike ne budu lošije.

Vrste niti i vrste prijenosnih oscilacija

Niti moraju zadovoljiti određene zahtjeve. Glavni se zahtjev odnosi na širinu propusnog frekvencijskog opsega koji može biti uzak, srednji, širok i vrlo širok. Zatim gušenje koje može biti veoma malo. Nekada je, pogotovo u brodogradnji, najvažnija karakteristika čvrstoća i istežanje.

Dokazano je da se po jednom svjetlovodu može, istodobno, prostirati samo određeni diskretni snop elektromagnetskih valova, od kojih svaka predstavlja vlastiti val ili mod. U fronti vala svakoga modula oscilacije se šire sa zajedničkom fazom. Valovi u jezgri koji odgovaraju zrakama kojih trajektorije stvaraju male kutove s osi niti, nazivaju se modovi

niskog reda, a trajektorije koje stvaraju veće kutove s osi niti, modovi višeg reda. Kako se vidi na slici 37, dio se zraka koje prodiru u nit može širiti samo po njegovoj jezgri (modovi označeni sa a i b), a dio se može prostirati po omotaču svjetlovoda (mod c) na relativno kratkim razmacima, izlazeći potom izvan omotača (mod d).



Slika 37. Modovi u svjetlovodnoj niti

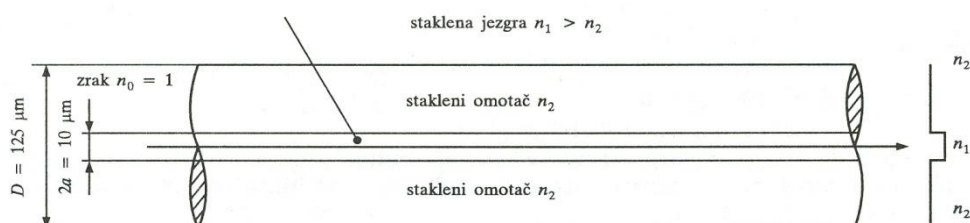
Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin

Broj je usmjerenih modova N u svjetlovodu uvijek konačan i možemo ga odrediti ako su poznati valna duljina prijamne svjetlosti, polumjer r jezgre niti, razlika indeksa lomova jezgre i omotača ili funkcija $n(r)$, n_{\max} i n_2 (za gradijentnu nit) i numerička apertura svjetlovoda. Broj usmjereni modova za stepanasti svjetlovod je:

$$N=2\pi^2*r^2/\lambda^2 * (n_1^2 - n_2^2)$$

Za gradijentni svjetlovod s primjenom indeksa loma bliskog paraboličnom, kod jednake valne duljine λ i vrijednostima n_2 i $n_{\max} = n_1$, broj je usmjerenih modova dva puta manji.

Razlikuju se jednomodne niti kod kojih je $N=1$ i višemodne niti po čijoj se jezgri mogu širiti stotine i tisuće modova. Na slici 38 prikazana je jednomodna svjetlovodna nit.



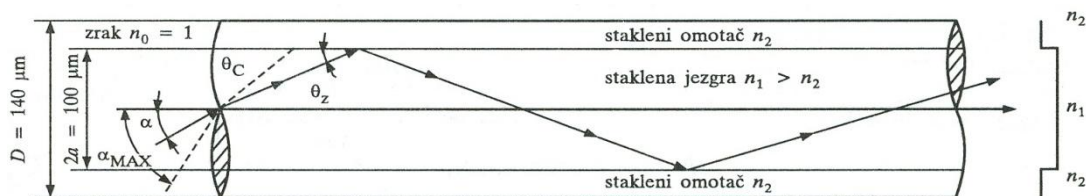
Slika 38. Jednomodna svjetlosna nit

Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin

U svjetlovodnim prijenosnim sustavima predviđenim za valne duljine svjetlosnih zraka 800 – 1600 nm redovito se upotrebljavaju niti polumjera jezgre r i veličine:

- za višemodne niti $12.5 \mu\text{m} < r < 100 \mu\text{m}$; $0.01 < \Delta < 0.03$
- za jednomodne niti $2 \mu\text{m} < r < 5 \mu\text{m}$; $0.003 < \Delta < 0.01$

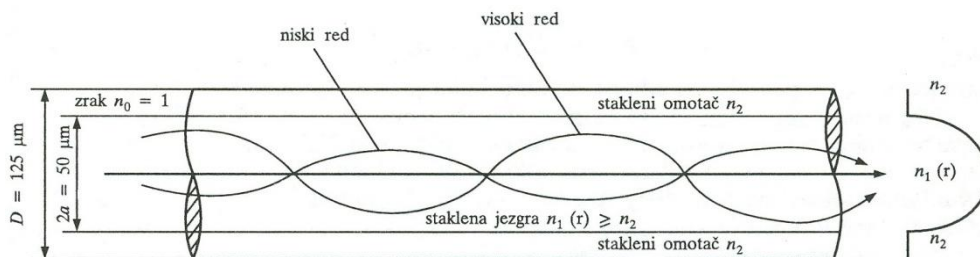
Struktura višemodnih svjetlovodnih niti može biti stepenasta ili gradijentna. Indeks loma svjetlosni u jezgri n_1 mora biti veći od indeksa loma n_2 omotača. Svjetlovod se naziva stepenastim zbog toga što se u njemu na granici jezgra – omotač indeks loma mijenja skokovito na veličinu $(n_1 - n_2)$, slika 39.



Slika 39. Višemodna svjetlosna nit

Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin

U idealnom slučaju kod gradijentnih niti indeks loma n_1 ima najveću vrijednost u osi jezgre i neprekinuto se i polagano smanjuje do vrijednosti n_2 po polumjeru a presjeka jezgre. Oblik profila promjene indeksa loma $n_1 = n(r)$ u takvim svjetlovodima određuje trajektorije svjetlosnih zraka koje se šire kroz nit.



Slika 40. Višemodna gradijentna svjetlovodna nit

Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin

U gradijentnim nitima koje se upotrebljavaju u komunikacijskim sustavima profil promjene indeksa loma redovito je blizak paraboličnom. Budući da većina elektromagnetne

energije putuje jezgrom, materijal omotoča, za razliku od materijala jezgre, može imati velike gubitke, a da bitno ne povećava gušenje signala koji putuje kroz nit.

Izvana svjetlovod mora biti pokriven zaštitnim plaštom takvih svjetlovodnih karakteristika koje dolaze do izražaja samo u slučaju apsorpcije zraka, koje su zbog određenih razloga izašle iz svjetlovodne niti.

Imamo 6 temeljnih značajki niti:

- Numerička otvorenost – mjera sposobnosti skupljanja svjetlosti u svjetlovodu
- Disperzija – pojava prolaska impulsa kroz svjetlovodnu nit pri kojoj se on proširuje
- Gušenje – gubitak ili smanjenje signala koji se prenosi
- Širina pojasnog opsega – ograničena je frekvencijom zbog nastajanja disperzije impulsa unutar njega
- Vrijeme porasta – je parametar na osnovu kojeg se procjenjuje dali će odabrani dijelovi sustava funkcionirati nužnom brzinom
- Jakost niti – mehaničko obilježje, čvrstoća niti na istezanje

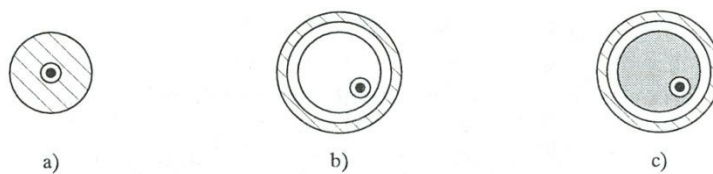
Svjetlovodni vodiči

Mehanička oštećenja, utjecaj površinskih slojeva niti i okoliša, nastajanje mikronapreznja niti, nejednolika raspodjela unutarnjih napreznja i savijanja dovode do pogoršanja mehaničkih i svjetlovodnih svojstava niti. Zato se prigodom izrade svjetlovodnih kabela niti prekrivaju slojem polimera koje ih štiti od vanjskih mehaničkih utjecaja, vlage itd. nanošenjem polimera znatno se povećava savitljivost niti, tako da ih je moguće savijati i pod kutem od 70° - 100° , odnosno 5-6 puta više nego od niti bez plašta, što je od velike koristi tijekom primjene na brodu. Od kabela se zahtjeva da ima što manje gušenje i što veći propusni opseg .

Zahtjevi brodskih svjetlovodnih vodiča glede fizičko-mehaničkih svojstava su:

- velika prekidna čvrstoća
- vodonepropusnost
- toplinska stabilnost
- savitljivost i mogućnost postavljanja po postojećim trasama
- jednostavna montaža i polaganje

Svjetlovodne niti se zaštićuju na tri osnovna načina slika 41, jednim slojem tvrdog polimera (a), slojem polimera u obliku cjevčice (b) i slojem polimera u obliku cjevčice ispunjene vodonepropusnim materijalom (c). Zaštitne se cjevčice izrađuju od termoplastičnog materijala.

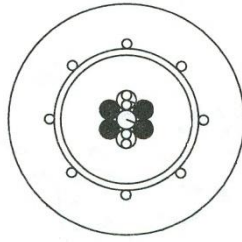


Slika 41. Zaštitne obloge na svjetlovodnim nitima

Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin

Konstrukcija svjetlovodnih vodiča

Broj svjetlovodnih niti u vodiču može biti različit, a kreće se od dvije do nekoliko stotina. Za postizanje velike gustoće smještaja žila u vodiču, kod nekih tipova vodiča pojedine se niti grupiraju, npr. u 6-12 grupa, a nakon toga zaštićuju zajedničkom oblogom. Takve veze se nazivaju mini-veze ili mini-vodiči. U strukturi vodiča može postojati puno mini-veza raspoređenih simetrično, tj. višezilni vodič se može sastojati od grupa niti obuhvaćenih zajedničkom vanjskom oblogom. Izrada kabela se vrši na osnovu toga kojem faktoru treba dati veće značenje, veličini gubitaka ili zahtjevima vezanim za uvjete polaganja i primjene.



Slika 42. Presjek Svjetlovnog vodiča sa grupiranim žilama

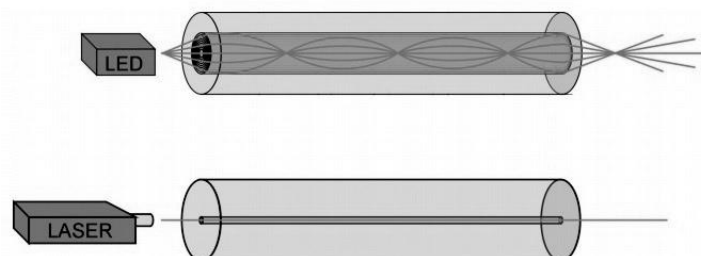
Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin

Svjetlosni izvori

Svjetlosni izvor za svjetlosnu nit mora biti malih dimenzija, monokromatski, usmjeren, brz i pouzdan. On mora zračiti što više svjetlosti u nit i njegova brzina ne smije biti prepreka modulaciji koja omogućava prijenos signala što većeg protoka. Radni vijek svjetlovnog izvora mora biti dug. Izvori moraju zadovoljiti uvjete kako za sustave tako i za njih. Zahtjevi za nit su: snaga izvora, pouzadnost i mogućnost modulacije.

Svjetlosni izvori mogu bit LED diode i laseri.

- LED (kratica od engl. *Light Emitting Diode*) je poluvodička komponenta koja kontinuirano zrači svjetlost na sobnoj temperaturi u spektralnom području od 750 – 1300nm. Ona pretvara električnu energiju u svjetlosnu, a životni joj je vijek vrlo dugačak.
- Laseri proizvode snažni uski snop koherentne svjetlosti. Njihova modulacijska frekvencija može iznositi stotine MHz.



Slika 43. Svjetlovodni predajnici

Izvor: <http://www.informatika.buzdo.com/s487.htm>

Svjetlosni predajnici

Prijenos svjetlosnih zahtjeva sklopove za pobuđivanje pomoću kojih se vrši nužna modulacija svjetlosnog izvora. Takvi sklopovi zajedno sa svjetlosnim izvorom tvore svjetlosni predajnik. Predajnik mora raditi kod normalne temperature bez posebnih sustava za hlađenje, mora posjedovati visoku pouzdanost i karakteristike koje ne ovise o promjenama radne temperature. Modulacija se kod svjetlosnih izvora ostvauje promjenom upravljačke struje.

Predajnici mogu biti sa:

- LED diodom – primjenjuje se za male brzine protoka informacija. Imamo digitalne i analogne predajnike sa LED diodom.
- Laser – primjenjuje se za prijenos na veće udaljenosti zbog velike gustoće izlazne snage. Također imamo digitalne i analogne.

Svjetlosni detektori

Svjetlosni detektor je prijemni element pomoću kojega pretvaramo svjetlosnu energiju u električnu i tako pretvaramo svjetlosni signal u električni. Detektor je isto tako pretvornik fotonskog toka u tok električnog nositelja. Temeljna pojava koja tu pretvorbu omogućuje unutarnji je fotoelektrični efekt. Svjetlosni detektor je bitan element prijemnog sustava od kojeg u znatnoj mjeri ovisi kvaliteta cijelog prijenosnog sustava.

Detektor mora imati:

- visoku osjetljivost
- širok frekvencijski opseg
- nisku razinu vlastitog šuma
- malo vrijeme odziva
- linearnost detektiranja
- stabilnost i visoku pouzdanost

Svjetlosni detektori mogu biti izvedeni sa PN foto diodom, PiN foto diodom i sa lavinskom foto diodom.

Svjetlosni prijemnici

Svjetlosni prijemnici su komponente svjetlovodnog prijenosnog sustava koje pojačavaju, oblikuju i detektiraju primljene svjetlovodne signale. Mogu biti analogni i digitalni, ovisno o tome koji se signal detektira.

Spajanje svjetlovodnih niti

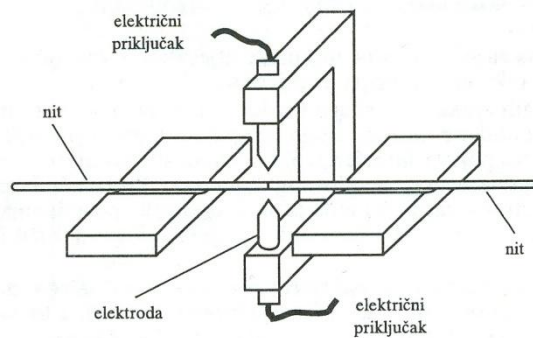
Spojevi svjetlovodnih niti mogu biti odvojivi i neodvojivi. Za odvojive se spojeve upotrebljavaju svjetlovodni sprežnici, dok se neodvojivo spajanje ostvaruje hladnim postupkom (ljepljenjem) ili toplinskim postupkom (zavarivanje električnim lukom ili plinskom plamenom).

Kod spajanja gubici mogu nastati zbog: razmaknutosti osi vodiča, ako su sami vodiči razmaknuti, kutne nesuklađenosti, hrapavosti poprečnih presjeka, razlike u promjeru jezgre, nastajanja interferencije.

Neodvojivo spajanje

Kod neodvojivog spajanja spoj niti mora biti pouzdan, otporan na vanjske utjecaje (udarce, vibracije, promjene temperature) i smije unositi samo male gubitke u liniju za prijenos informacija. Kao što smo prije rekli niti je moguće spojiti toplinski i ljepljenjem.

Imamo veliki broj metoda toplinskog spajanja pod utjecajem električne energije, ali najviše je raspoređeno električno zavarivanje na *stick* (dodir krajnih površina). Za dobro zavarivanje spoja nužno je osigurati čistoću poprečnog presjeka niti koje se spajaju. Osim toga, površine moraju biti okomite na uzdužne osi niti. Krajevi niti moraju biti očišćeni, tj. mora biti odstranjen zaštitini omotač ako je njime obožena svjetlovodna nit i polimerni omotač, kada je u pitanju zavarivanje niti sa staklenom jezgrom i polimernim omotačem. Pripremljeni se krajevi niti učvršćuju, jedan nasuprot drugog, tako da međusobne osi i kutni pomaci niti budu minimalni. Zatim se krajevi niti tope u plamenu električnog luka, među zašiljenim krajevima dviju elektroda izrađenih od wolframove legure. Omekšane se površine nakon toga dovedu u dodir, spoje, te se onda poveća gustoća struje luka koji ostvari var.



Slika 44. Elektrolučno zavarivanje svjetlovodne niti

Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin

Kod električnog je zavarivanja topljenje površine presjeka nužno zbog toga što bi u suprotnom, tijekom desetak sekundi površinske sile naprezanja mogle djelovati na otopljeno staklo i uvjetovati nastajanje spojeva iz taline među krajevima niti koje se dodiruju.

Odvojivo spajanje svjetlovodnih niti

Sprežnicima je zadatak da krajnje površine (poprečne presjeka) svjetlovodnih niti usmjere jednu prema drugoj, tako da se prijenos energije vodičem izvrši sa što manjim gubitkom. Oni omogućuju jednostavno povezivanje komponenata svjetlovodnog sustava uz minimalne gubitke, zbog toga su praktičniji i pretežno se odvojiv način spajanja koristi u brodograđevnoj industriji. Pomoću spreznika spajaju se predajnici i prijemnici s niti, niti međusobno, filteri i niti...

Dijele se u dvije grupe:

- sprežnici koji ostvaruju vezu dodirom poprečnih presjeka
- sprežnici koji ostvaruju vezu putem leća ili nekih drugih optičkih sustava

Prvi tip je praksi puno rašireniji. Kod njih je vrlo važna mehanička obrada njihovih djelova, nužna za točno namještanje spojnih niti. Što su promjeri manji to je nužno preciznije spajanje.

Svjetlovodni prijenosni sustav

Svjetlovodni komunikacijski sustav obuhvaća sve vrste komunikacijskih veza. Prema dužini prijenosa imamo WAN (engl. *Wide Area Network*, 100 do 10 000 km), MAN (engl. *Metropolitan Area Network*, 10 do 100 km) i LAN (engl. *Local Area Network*). Koristimo ih za analognu i digitalnu modulaciju.

Prema načinu prijema i obradi signala svjetlovodni sustavi mogu biti:

- s izravnim prijemom – pouzdan i nezahtjevan
- s koherentnim prijemom – složen

Uvođenjem svjetlovodnih komunikacija pospješit će razvoj integrirane optike i upravo se na tom području očekuju vrhunska dostignuća i izrada golemih količina kompleksnih sustava, što se može označiti kao naredni tehnološki prodor.

Načela svjetlovodnog prijenosa signala

Da bi se signal, digitalni ili analogni, prenio putem svjetlovoda, upotrebljavaju se svjetlovodni prijenosni sustavi. Sustav svjetlovodnog prijenosa se sastoji od odašiljača, svjetlovodnog vodiča i prijemnika. Na predajnoj strani električni signal se pretvara u svjetlosni koji se uvodi u nit, te se na kraju vodiča ponovno pretvara u električni signal. Dva su parametra bitna, kapacitet i dužina između prijammnika i odašiljača.

Optika u brodograđevnoj industriji

Svjetlovodi u brodograđevnoj industriji postaju sve zastupljeniji. Prednosti svjetlovoda su: niski gubici (omogućuje veće udaljenosti), veća sigurnost podataka, neosjetljivost na elektromagnetske smetnje, veća širina propusnog pojasa, mala težina i male dimenzije. Nedostaci su: skuplja instalacija, skuplja aktivna oprema, zahtjevana instalacija.

Uvjeti za optičke vodiče mogu biti veoma zahtjevni, posebno kod aplikacija gdje su iznimno visoke temperature i agresivne kemikalije ili kod aplikacija koje zahtjevaju najveću preciznost u uskim prostorima za montažu. Daleko najveća prednost kod primjene na brodu su niski gubici i neosjetljivost na elektromagnestke smetnje.

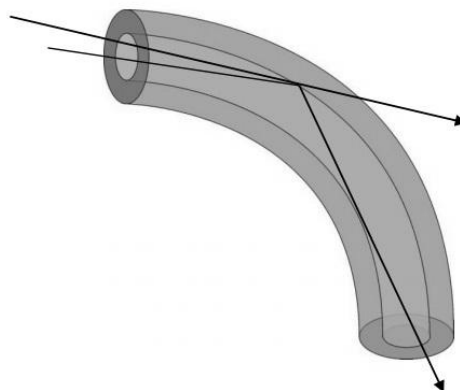
Niski gubici koji omogućuju prijenos podataka na veće udaljenosti su idealni kod npr. većih brodova gdje je nadgrađe na pramčanom dijelu broda (putnički, off-shore brodovi

itd.), a glavni stroj i kormilarski stroj, čiji su podaci nužni na zapovjednom mostu, naravno na krmenom dijelu broda. Korištenjem svjetlovodnog vodiča u ovom slučaju, sigurniji je prijenos informacija kako za upravljanje kormilarskim strojem i glavnim strojem sa zapovjednog mosta, tako i za VDR.

Neosjetljivost na elektromagnetske smetnje je također velika prednost jer se tada pri polaganju vodiča, tijekom izgradnje broda, ne treba odvajati svjetlovodni vodič od klasičnih napojnih vodiča.

Mogu se primjenjivati za komunikaciju sa vanjskim svijetom, tj. za povezivanje brodske internet satelitske antene i administrativne mreže broda, satelitske TV antene sa TV kabinom. Mogu se primjeniti i za, danas sve potrebniji, anti-piratski telekomunikacijski sustav, di je antena montirana na neko nepristupačno, skriveno mjesto, a telefon se nalazi u sigurnosnoj prostoriji (tzv. „panic room“). Udaljenost između antene i telefona je povećana jer se u pravilu za sigurnosnu prostoriju koriste prostorije kormilarskog stroja ili kontrolna kabina strojarne.

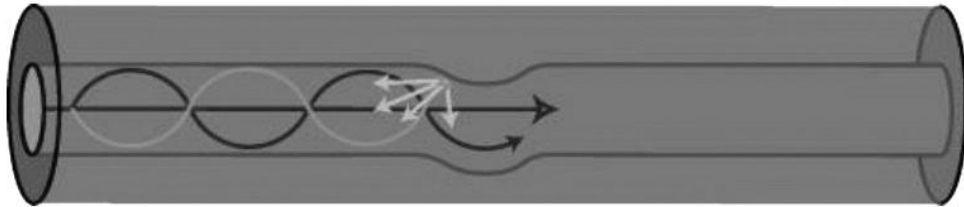
Najveći nedostatak zbog kojeg svjetlovodni vodiči još nisu u tolikoj primjeni što se tiče brodogradnje je zahtjevna instalacija. Kako su svjetlovodni vodiči osjetljivi na savijanja, polaganju vodiča treba posvetiti posebnu pažnju. Idealno bi bilo da se za svjetlovodni vodič napravi zaštita sa cjevima, koja bi ga štitila od fizičkih oštećenja, ali to znatno poskupljuje i produljuje vrijeme postavljanja vodiča. Treba pripaziti da kut savijanja svjetlovodnog vodiča bude što manji (slika 45).



Slika 45. Savijanje svjetlovodnog vodiča

Izvor: <http://www.informatika.buzdo.com/s487.htm>

Ako se svjetlovodni vodič polaže na kabelske staze sa ostalim vodičima, treba pripaziti i na njegovo učvršćivanje za staze da ne dođe do mikro savijanja koja oslabljuju signal (slika 46).



Slika 46. Mikro-savijanja unutar svjetlovnog vodiča

Izvor: <http://www.informatika.buzdo.com/s487.htm>

Naravno na brodu se primjenjuju svjetlovodni vodiči koji se spajaju na predajnik i prijemnik sa konektorom jer neodstranjiv način spajanja (zavarivanje) nije praktičan.

Dakle, svjetlovodni vodiči koji se koriste u brodograđevnoj industriji trebaju imati što bolju zaštitu protiv fizičkih oštećenja i utjecaja vlage.

4. Preuzimanje VDR podataka

Na 75-oj sjednici 2002 godine, MSC (kratica od engl. *Marine Safety Committee*) koji je pod okriljem IMO organizacije je odobrio smjernice za VDR posjedovanje i preuzimanje. Ove smjernice su identične za VDR i S-VDR.

Brodovlasnik će, u svim okolnostima i u bilo koje vrijeme, posjedovati VDR informacije. U slučaju nezgode brodovlasnik mora imati dostupne sve informacije koje je VDR zabilježio.

Imamo dvije osnovne podjele preuzimanja podataka. Preuzimanje u slučajevima nezgode (engl. *catastrophic event*) i u sigurnim slučajevima (engl. *non-catastrophic event*). Razlika je u tome što u sigurnim slučajevima možemo preuzet podatke koji nas interesiraju, npr. samo radarsku sliku, staviti na određeni memorijski medij ili ih pregledati preko PC računala VDR-a. Ako dođe do slučaja nezgode, ako je ona većih razmjera i napuštanja broda podaci se preuzmu skidanjem PMC zaštitne kapsule.

Tijekom sigurnih uvjeta, u slučajevima kada napuštanje broda nije potrebno (nasukanje, manja oštećenja), bilo bi poželjno da se izbjegne kompliciranije i skuplje izvlačenje kapsule. Zbog toga VDR uređaji različitih proizvođača imaju uklonjivi memorijski modul, koji bilježi podatke na tvrdi disk (stariji modeli VDR-a) ili na običan *memory stick*. Tvrdi disk, kao i *memory stick* su lako odstranjivi iz računala VDR-a, tj. smješteni su na pristupnom dijelu računala. Podaci se kasnije spoje na drugo računalo i uz pomoć reproducijskih programa dolazimo do traženih informacija. Svaki proizvođač VDR-a ima svoj program.

Moguće je pohranjivanje i starijih podataka od zadnjih 12 sati, tj. audio i video podaci se na tvrdom disku PC računala VDR-a čuvaju do 30 dana, a ostali podaci i do 1 godine. Što nije slučaj za podatke spremljene unutar PMC kapsule. Podatke je moguće pohraniti i na CD/DVD kao i na *memory stick*.

Izvlačenje VDR podataka treba biti obavljeno što prije kako bi se sačuvali dokazi, tj. čimbenici koji su doveli do nezgode. Kako inspektor nesreće nije u mogućnosti pokrenuti što bržu akciju izvlačenja kapsule nakon nesreće, zapovjednik mora biti odgovoran za što prije izvlačenje te očuvanje dokaza, ako napuštanje broda nije potrebno, te ako ima vremena prije napuštanja broda.

Ako podaci nisu bili izvučeni prije napuštanja broda, brodovlasnik odlučuje dali će se VDR kapsula izvlačiti. Ako se odluči da će se izvlačiti tada inspektor nezgode koordinira akciju izvlačenja. Izvlačenje se vrši skidanjem kapsule sa krova kormilarnice.

Tijekom cijele istrage, inspektor mora imati original VDR informacije, te ih mora izvuć iz memorije. Brodovlasnik cijelo vrijeme mora imati uvid u informacije, kao i tijekom istrage. Kopija VDR informacija mora biti dostavljena brodovlasniku, kao i vladi pod čijom zastavom brod plovi.

5. ZAKLJUČAK

VDR je sigurnosni sustav koji snima i na siguran način pohranjuje bitne podatke u svezi pozicije broda, upravljanja, statusa alarma itd.

U ovom radu prikazani je i opisan sustav snimanja podataka na brodu VDR (engl. *Voyage Data Recorder*). Opisani su elementi sustava zapisivanja podataka o putovanju broda, podaci koji se zahtjevaju od strane Međunarodne pomorske organizacije IMO, način komunikacije između VDR glavne jedinice i uređaja/sustava spojenih na nju.

U prvom poglavlju rečeno je nešto o samom VDR-u, dijelovima, te o periferiji tj. uređajima koji su spojeni na snimač podataka broda. VDR se sastoji od glavne jedinice (PC računala i PLC-a), PMC zaštitne kapsule, mikrofona, UPS-a, alarmnog panela te periferije sustava. Glavna jedinica VDR-a (*main unit*) prihvaća sve zahtjevane podatke, digitalnog ili analognog oblika, uređaja koji su spojeni na nju, snima ih na tvrdi disk PC računala, *memory stick*, te memorijski medij koji je smješten unutar zaštitne kapsule VDR-a. Zapisuje se zadnjih 12 sati. PMC zaštitna kutija, koja se u pravilu nalazi na krovu zapovjednog mosta, služi za zaštitu memorijskog medija koji se nalazi unutar nje te izvlačenje podataka nakon havarije broda. Mikrofon služe za snimanje audio zapisa razgovora sa zapovjednog mosta, alarmni panel za obavještanje nepravilnog rada VDR-a na mostu, dok UPS sustav besprekidnog napajanja služi da VDR jedinica ima napajanje, te nastavi sa snimanjem i nakon nestanka brodskog napajanja. Sustav neprekidnog napajanja je dužan opskrbljivati VDR minimalno 2 sata nakon nestanka napajanja.

U drugom dijelu opisan je način komunikacije, prijenosa podataka između VDR-a i drugih uređaja, sustava čiji se podaci spremaju na određene memorijske medije. Opisan je princip komunikacije, protokoli i standardi koji se danas koriste u brodograđevnoj industriji, kao i mediji koji se koriste za prijenos podataka do VDR-a.

Nešto više opisani su optički vodiči koji se sve više počinju primjenjivati. Iako optika još nije istisnula ostale tipove medija za prijenos podataka, poboljšanjem performansi i pojednostavljenjem sistema to bi se u skoroj budućnosti moglo dogoditi, te bi optički vodič zbog svojih prednosti mogao postati osnovni medij za prijenos informacija u brodograđevnoj industriji.

U zadnjem poglavlju opisani su načini preuzimanja VDR podataka.

VDR sadrži veliki broj korisnih informacija, koje mogu biti korištene za analiziranje performansi opreme, povećati trening posada i unaprijediti praksu upravljanja. Također mogu olakšati istraživanje manjih brodskih nezgoda tijekom manevriranja u luci ili oštećenja tereta tijekom lošeg vremena. VDR podaci se također mogu iskoristiti tijekom potražnje reklamacije nekog uređaja. Unapređuju sigurnost na moru identifikacijom grešaka, te time pokreću sankcije koje će dovesti do izbjegavanja istih grešaka.

Također moguće je spojiti VDR sa menadžmentom flote preko brodskog satelita, tako da oni imaju uvid u informacije i sad kopna. Tada bi u slučaju nezgode podaci bili vidljivi na kopnu te bi akcija spašavanja bila brža i sigurnija. Također podaci bi se snimali i od strane menadžmenta pa bi se jednostavnije, sigurnije i znatno jeftinije dolazilo do potrebnih informacija.

VDR može biti integriran sa drugim brodskim računalima. Tada bi imali *real-time* uvid u nadziranje rada VDR-a i mogle bi se reproducirati informacije nekih od uređaja da pogledamo njihove performace tijekom rada. Reprodukција može koristiti i zapojedniku broda koji može od snimljenog materijala napraviti trening posade, tj. prikazati nepravilnosti tijekom ulaska u luku.

Budući da je pomorski promet ogroman, VDR sustav je vrlo bitan čimbenik u smanjenju pomorskih nezgoda. Daljnjim poboljšanjem sustava poboljšat će se i sama sigurnost plovidbe.

6. LITERATURA

- Totem plus „Totem VDR/SVDR“ user manual
- Tomislav Brodić, Goran Jurina, „Svjetlovodna tehnika“, Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci
- <http://hr.wikipedia.org>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Voyage_data_recorder
- <http://www.imo.org/OurWork/Safety/Navigation/Pages/VDR.aspx>
- [http://www.navcen.uscg.gov/pdf/marcomms/imo/msc_resolutions/MSC163\(78\).pdf](http://www.navcen.uscg.gov/pdf/marcomms/imo/msc_resolutions/MSC163(78).pdf)
- <http://www.totemplus.com/vdrimoreg.html>
- http://hr.wikipedia.org/wiki/Prijenos_podataka
- http://en.wikipedia.org/wiki/Gyro_compass
- http://en.wikipedia.org/wiki/Very_high_frequency
- http://www.veinland.net/fileadmin/user_upload/Systeme/Walker/7070/7070_Mk2_EM_Log.pdf
- http://en.wikipedia.org/wiki/Echo_sounder
- http://en.wikipedia.org/wiki/Speed_log

7. Popis tablica

Tablica 1. Usporedba VDR i S-VDR IMO zahtjeva	4
Tablica 2. IMO alarmi kontrolnog sustava broda	7
Tablica 3. RS232 signali	37
Tablica 4. Spajanje konektora	39
Tablica 5. NMEA 0183 rečenica.....	41
Tablica 6. Preporučeni tip kabela za VDR uređaj	42
Tablica 7. Konstrukcijski podaci za RG-59	44
Tablica 8. Tehnički podaci	45
Tablica 9. Električne značajke	45

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Putnički brod Estonia	1
Slika 2. Dijelovi VDR-a	8
Slika 3. Main unit VDR-a	9
Slika 4. FIFO način organiziranja i spremanja podataka	11
Slika 5. Glavni zaslon.....	11
Slika 6. Conning zaslon.....	12
Slika 7. PMC	14
Slika 8. Float-free	15
Slika 9. Izled UPS-a proizvođača Totem Plus	17
Slika 10. Unutarnja izvedba VDR mikrofona	17
Slika 11. Blok shema VDR sustava	18
Slika 12. Izgled žiro matice i ponavljača žiro kompasu tvrtke Anschutz	19
Slika 14. Senzor i ekran AIS sustava	22
Slika 15. VHF Sailor 6200	23
Slika 16. ECDIS konzola	24
Slika 17. Antena radara	25
Slika 18. Radarska slika	26
Slika 19. Panel autopilota.....	26
Slika 20. Track pilot ruta.....	27
Slika 21. BNWAS sustav	28
Slika 22. Consilium protupožarna centrala	30
Slika 23. Indikator kuta otklona kormila.....	31
Slika 24. Sustav pramčanog propelera	32
Slika 25. Princip rada dubinomjera	33
Slika 26. Prikaz brzine broda	33
Slika 27. Analogni signal	35
Slika 28. Digitalni signal	36
Slika 29. RS-232 Konektori	38
Slika 30. RS422/485.....	40
Slika 31. Izgled NMEA 2000 mreže	42
Slika 32. Dijelovi koaksijalnog kabela.....	43
Slika 33. RG-59 koaksijalni kabel.....	44
Slika 34. UTP kabel	46
Slika 35. STP kabel	46
Slika 36. Svjetlovodna nit	49
Slika 37. Modovi u svjetlovodnoj niti.....	50
Izvor: „Svjetlovodna tehnika“ T. Brodič, G. Jurin.....	50
Slika 38. Jednomodna svjetlosna nit	50
Slika 39. Višemodna svjetlosna nit	51
Slika 40. Višemodna gradijentna svjetlovodna nit.....	51
Slika 41. Zaštitine obloge na svjetlovodnim nitima	53
Slika 42. Presjek Svjetlovodnog vodiča sa grupiranim žilama	54

Slika 43. Svjetlovodni predajnici	54
Slika 44. Elektrolučno zavarivanje svjetlovodne niti.....	57
Slika 45. Savijanje svjetlovodnog vodiča	59
Slika 46. Mirko-savijanja unutar svjetlovodnog vodiča.....	60

9. POPIS OZNAKA I KRATICA

engl	engleski
IMO	International Maritime Organization
VDR	Voyage Data Recorder
VHF	Very High Frequency
SOLAS	Safety of Life at Sea
S-VDR	Simplified Voyage Data Recorder
GPS	Global Positioning System
NMEA	National Marine Electronics Association
IEC	International Electrotechnical Commission
UTC	Coordinated Universal Time
STW	Speed Through Water
SOG	Speed Over Ground
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
rpm	Revolutions per minute
PMC	Protective Memory Capsule
UPS	Uninterruptible Power Supply
PLC	Programmable Logic Controller
FIFO	First In, First Out
COG	Course Over Ground
ROT	Rate of Turn
LAN	Local Area Network
DGPS	Differential Global Positioning System
INS	Integrated Navigation System
SOTDMA	Self Organizing Time Division Multiple Access
AIS	Automatic Identification System

GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
ANSI	American National Standards Institute
DSC	Digital Selective Call
SHF	Super High Frequency
BNWAS	Bridge Navigational Watch Alarm System
SCS	Ship control System
RAI	Rudder Angle Indicator
PVC	Poly(vinyl chloride)
WAN	Wide Area Network
MAN	Metropolitan Area Network