



EKOLOŠKI ASPEKTI KORIŠTENJA I ODLAGANJA TRANSFORMATORSKIH ULJA

SAŽETAK

Visoka razina onečišćenja okoliša u svjetskim razmjerima zahtjeva hitne aktivnosti na svim područjima ljudskih djelatnosti.

Važno je poznavati različita svojstva tekućih dielektrika, kako bi se odabrale prave mjere za sigurno rukovanje, transport, skladištenje i odlaganje otpadnih ulja.

U članku su obrađeni opći ekološki aspekti korištenja i odlaganja transformatorskih ulja.

Ključne riječi: okoliš, izolacijska ulja, tekući dielektrici, uljni transformatori

ENVIRONMENTAL ASPECTS RELATING TO THE USE AND WASTE OF TRANSFORMER OILS

ABSTRACT

High level of environmental pollution throughout the world requires the urgent actions in the field of human activities.

It is important to know various properties of liquid dielectrics, to be able to choose appropriate procedures for handling, transport, storage and disposal of waste oils.

This report includes the general environmental aspects relating to the use and waste of transformer oils.

Key words: environment, insulating oils, liquid dielectrics, transformer oils

1. UVOD

Tekući dielektrici ili izolacijske tekućine dio su grupe elektroizolacijskih materijala, koji se koriste u električnim uređajima za proizvodnju, prijenos, distribuciju i industrijsku primjenu električne energije. Praktična primjena tekućih dielektrika proizlazi iz njihovih fizikalno-kemijskih i dielektričnih svojstava, koja uključuju dobru sposobnost tečenja u širokom temperaturnom području, dobro odvođenje topline, elektroizolacijska svojstva i kompatibilnost s drugim materijalima i okolinom.

Dobro poznavanje različitih svojstava materijala važno je za primjenu, kako bi se osiguralo pouzdano rukovanje, korištenje, skladištenje, te bezopasno odlaganje i uništavanje otpadnih izolacijskih tekućina. Od proizvođača se očekuje da pruži dovoljno podataka, koji upućuju korisnike o načinu primjene, održavanju, kontroli i mogućim rizicima.

Do kraja šezdesetih godina izolacijske tekućine nisu izazivale posebnu pažnju zaštitara. Međutim, otkrićem onečišćenja okoliša svjetskih razmjera polikloriranim bifenilima (PCB-om), izolacijske tekućine

došle su pod povećalo javosti. Od kako je prije dvadeset godina zabranjena upotreba askarela (PCB-a) za punjenje transformatora i drugih elektrouređaja, veliki naponi se ulažu za osiguravanje pogona postojećih uređaja punjenih askarelima, njihovu sanaciju i zamjenu ovog ekološki neprihvatljivog dielektrika drugom, neopasnom tekućinom.

Posljednjih godina, zahvaljujući novim spoznajama o djelovanju štetnih tvari na čovjeka i okoliš, intenzivno se radi na uvođenju sustava upravljanja okolišem prema ISO 14000, koji je usmjeren na sprečavanje onečišćenja, efikasnije korištenje materijala i energetskih izvora, te uklanjanje i ublažavanje nastale štete. Aktivnosti se provode na više razina: kod potrošača, uljnih kompanija, pokreta zelenih, vlada, nacionalnih i međunarodnih komiteta. Postavljaju se zahtjevi za čistom proizvodnjom, tj. proizvodima neškodljivim za okolinu, niske toksičnosti, lake razgradljivosti i dobrih tehničkih karakteristika. Viši stupanj svijesti stanovništva o okolini razvio je socijalno - političku odgovornost spram okoline, pa je očuvanje i zaštita okoliša regulirano nacionalnim zakonima.

U članku je dan pregled najčešće korištenih izolacijskih tekućina, prvenstveno transformatorskih ulja, ne samo sa stajališta tehničke primjenjivosti, nego i s obzirom na toksikološke i ekotoksikološke kriterije. Naznačene su pojedine faze korištenja ulja, mogućnosti onečišćenja i zaštite, te zakonska regulativa.

2. VRSTE I SVOJSTVA IZOLACIJSKIH TEKUĆINA

Izolacijske tekućine prema porijeklu dijelimo na prirodne i sintetske tekućine.

Od ukupne količine korištenih dielektričnih tekućina približno 90% odnosi se na transformatorska ulja mineralnog porijekla. Ostalo su sintetske tekućine u specijalnim transformatorima, prekidačima, provodnicima, kondenzatorima, kabelima, elektroničkim uređajima. Za lakše snalaženje o vrsti, svojstvima i primjeni materijala važna je klasifikacija, kojom se materijali svrstavaju u odgovarajuće grupe sa zajedničkim svojstvima [1] .

2.1 Mineralno izolacijsko ulje

Mineralno ulje koristi se u električnoj opremi od gotovo samog početka njegove industrijske proizvodnje. Glavna zadaća mu je električna izolacija i prijenos topline. Razvoj i poboljšavanje tehnoloških procesa proizvodnje rezultirali su proizvodnjom kvalitetnijih ulja, poboljšanih tehničkih svojstava, što dozvoljava veća termička naprezanja i osigurava dulji vijek trajanja. Mineralna izolacijska ulja proizvode se iz sirove nafte u nekoliko proizvodnih faza. Iz nafte se destilacijom razdvajaju uljne frakcije prema vrelištu, zatim se odgovarajućoj frakciji deparafinacijom uklanja dio nepoželjnih parafina, a ekstrakcijom otapalima i hidrogenacijom pročišćava ulje od kemijski i termički nestabilnih spojeva. Tako proizvedeno izolacijsko ulje sadrži uravnoteženi odnos parafinskih, naftenskih i aromatskih ugljikovodika. Njihov sadržaj može se odrediti metodom infracrvene spektrofotometrije [2] [3] . Sadržaj parafinskih i naftenskih ugljikovodika određuje fizikalna svojstva ulja, kao: gustoću, viskoznost, ponašanje na niskim temperaturama (stinište, točka zamućenja). Aromatski spojevi utječu na otpornost prema oksidaciji, plinsku čvrstoću (gassing) i probojnu čvrstoću.

Mali udio kemijski reaktivnih spojeva koji mogu zaostati u ulju nakon rafinacije predstavljaju nepoželjna onečišćenja, koja narušavaju kako funkcionalna tako i toksikološka svojstva ulja. Istraživanja su pokazala da su posebno opasni spojevi na bazi policikličkih aromata (PAH), koji sadrže heteroatome sumpora, dušika ili kisika. Spadaju među zagađivače okoline, a neki od njih izazivaju rak. Nađeni su kod nekih mineralnih ulja koja nisu bila podvrgnuta tako visokom stupnju rafinacije kao transformatorska. Kancerogenost mineralnih ulja karakterizirana je na temelju sadržaja PAH.

Tehnički zahtjevi na karakteristike ulja ovise o opremi za koju su namijenjeni i normirani su za ulja u transformatorima i prekidačima [4] i za kabele s uljnim kanalima [5] .

2.2 Sintetske izolacijske tekućine

Sintetske izolacijske tekućine se koriste kad se zahtijevaju nezapaljivost, termička stabilnost i visoka dielektrička svojstva. Dijele se na nekoliko kategorija:

- nezapaljive i teško zapaljive tekućine (halogenirani ugljikovodici, silikonska ulja, sintetski organski esteri ili ugljikovodici), većinom za distributivne transformatore;
- aromatski ugljikovodici (alkilbenzeni), većinom se koriste u kondenzatorima;

- polibuteni za kabele i neke tipove kondenzatora;
- ostale tekućine za kondenzatore (ftalati).

2.2.1 Halogenirani ugljikovodici

Prvi su se koristili poliklorirani bifenili (PCB) ili askareli za transformatore i kondenzatore koji su morali biti izvedeni kao nezapaljivi. Tehničke karakteristike specificirane su u normi [6] .

Na temelju dokazanog biološki štetnog djelovanja na ljude i okolinu (teško biorazgradivi, ugrađuju se u hranidbeni lanac), njihova proizvodnja je zabranjena (1972. god. u Japanu, 1976. god. u USA, 1985. god. u Europi). Uređaji punjeni askarelima, koji su u pogonu, podliježu posebnim propisima održavanja, a nakon upotrebe spadaju u kategoriju posebnog otpada.

2.2.2 Silikonsko ulje

Silikonsko ulje bilo je dopušteno kao zamjena za askarele zbog svoje slabe zapaljivosti, bolje otpornosti na oksidacijsku i termičku stabilnost u odnosu na mineralno ulje, što dozvoljava neprekidni rad na temperaturama do 160 °C. Sa stanovišta zaštite okoliša, njegova dobra stabilnost je zapravo veliki nedostatak, jer je teško biorazgradiv. Termički se teško razgrađuje tako da pirolizom u pećima za spaljivanje nastaju sagorjevni plinovi obogaćeni finim prahom silicija koji zagađuje atmosferu. Svojstva silikonskog ulja specificirana su u normi [7] .

2.2.3 Sintetski organski esteri

Proizvodnja i primjena sintetskih estera je novijeg datuma. Esteri su organski spojevi, koji se sastoje od ugljika, vodika i kisika, a nastaju kao produkt reakcije osapunjenja između viših alkohola i masnih kiselina. Prednosti estera su niski tlak para, visoke temperature plamišta, gorišta i samozapaljenja, što ih svrstava u kategoriju teško zapaljivih rashladnih i izolacijskih medija.

Ester za transformatore je uljasta tekućina, bez mirisa, nešto gušća i viskozija od mineralnog ulja, ali slabije oksidacijske stabilnosti. Estere karakterizira dobra biološka razgradnja, pa je ekološki prihvatljiv. Rukovanje esterima nije opasno po zdravlje. U normi [8] su propisane tehničke karakteristike novih sintetskih organskih estera.

2.2.4 Aromatski ugljikovodici

Alkilbenzen i drugi aromatski ugljikovodici proizvedeni su početkom 60-tih godina kao nusprodukt kod proizvodnje detergenata. Po svojstvima su vrlo slični mineralnim uljima, ali im se kemijski sastav i čistoća mogu dobro kontrolirati, pa imaju prednost za punjenje uljnih kabela i kondenzatora radi stabilnih dielektričnih svojstava i sposobnosti apsorpcije plinova.

2.2.5 Polibuteni

Te sintetske tekućine se koriste za punjenje nekih vrsta kabela i u kondenzatora. Po kemijskom sastavu to su poliolefini s jednom dvostrukom vezom na kraju lanca. Proizvode se u širokom rasponu viskoziteta, što ovisi o stupnju polimerizacije. Imaju vrlo niski faktor gubitaka kod visoke frekvencije i dobru apsorpciju plina nastalog električnom ionizacijom.

2.2.6 Ftalati

U početku su se koristili za impregniranje visokonaponskih kondenzatora. Dobivaju se osapunjenjem anhidrida ftalne kiseline. Radi sličnosti s esterima, njihova svojstva specificirana su u istoj normi [8] .

2.2.7 Vegetabilna ulja

Vegetabilna ulja su smjese triglicerida, koji nastaju osapunjenjem zasićenih i nezasićenih masnih kiselina. Karakterizirana su sadržajem slobodnih masnih kiselina, odnosno stupnjem nezasićenosti ulja, što se iskazuje preko broja osapunjenja i jednog broja. Najpoznatije je ricinusovo ulje, koje se jedino koristi u proizvodnji električnih uređaja i to za impregnaciju kondenzatora.

3. KLASIFIKACIJA TEKUĆIH DIELEKTRIKA PREMA PONAŠANJU U POŽARU

Kriteriji na osnovi kojih se procjenjuje ponašanje tekućih dielektrika u požaru jesu:

- zapaljivost (plamište, temperatura zapaljenja i samozapaljenja)
- oslobađanje topline
- efektivna toplina izgaranja
- sposobnost širenja plamena
- razvijanja dima.

U pogonskim uvjetim moguće su neočekivane, iznenadne pojave koje uvjetuju povećana isparavanja i razvijanje zapaljivih produkata koji sa zrakom mogu stvoriti eksplozivnu smjesu. Tako je npr. moguća eksplozija kotla nakon električnog luka. Na sreću rijetke, ovakve okolnosti mogu izazvati katastrofalne posljedice kao što su razvijanje dima i otrovnih para, zagađenje tla, sekundarne posljedice i ugrožavanje ljudskih života.

Norma [9] propisuje klasifikaciju izolacijskih tekućina prema dvije karakteristike: temperaturi zapaljenja i efektivnoj toplini izgaranja (neto kalorična vrijednost).

Prema temperaturi zapaljenja podjela je u tri klase:

- klasa O (temp. zapaljenja niža ili jednaka 300 °C);
- klasa X (temp. zapaljenja iznad 300 °C);
- klasa L (temp. zapaljenja iznad mjernog područja).

Prema efektivnoj toplini izgaranja podjela je također u tri klase:

- klasa 1 (toplina izgaranja veća ili jednaka 42 MJ/kg);
- klasa 2 (toplina izgaranja manja od 42 MJ/kg i veća ili jednaka 32 MJ/kg);
- klasa 3 (toplina izgaranja manja od 32 MJ/kg).

Primjer: Transformatorsko ulje mineralnog porijekla označava se: O 1.

Zahtjev na otpornost prema zapaljenju mora se definirati prije proizvodnje svakog električnog uređaja.

4. KLASIFIKACIJA PREMA TOKSIKOLOŠKIM I EKOLOŠKIM KRITERIJIMA

Toksikološko-ekološke karakteristike trebaju se posebno zahtijevati uz svaki materijal, dužan ih je dostaviti proizvođač odnosno dobavljač i one su osnova za provođenje higijensko-tehničkih mjera zaštite.

Osnovna svojstva za procjenu toksikološkog djelovanja su: utjecaj na organizam prilikom gutanja, aspiracije, udisanja para, kontakta s kožom i očima, izazivanje alergija, kancerogenost i mutagenost.

Za radni prostor važan podatak je maksimalna dopuštena koncentracija u atmosferi radnog prostora (MDK). Podatak za otrovnost na temelju kojeg se materijal kvalificira kao jako toksičan, toksičan, škodljiv i netoksičan je LD₅₀ vrijednost, a označava smrtnu dozu (mg tvari/kg tjelesne težine) utvrđenu za 50% ispitanih životinja.

Djelovanje na okoliš vezano je uz primarna svojstva materijala i produkte njegove degradacije u normalnom pogonu, kod povišenih temperatura ili drugih mogućih utjecaja iz okolnog prostora. Karakteristike preko kojih se ocjenjuje djelovanje materijala na okoliš su: tlak para u ovisnosti o temperaturi, površinska napetost, topivost u vodi, biorazgradivost, bioakumulativnost, ekotoksičnost.

Mjera za ekotoksičnost je LD₅₀, a označava smrtnu dozu (mg tvari/l) za 50% ispitanih vodenih organizama. Za tekućine koje imaju vrlo nisku topivost u vodi, kao što su tekući dielektrici, toksičnost se određuje kod granice topivosti.

Testom biorazgradivosti određuje se mogućnost razgradnje materijala pomoću mikroorganizama. Tekući dielektrici spadaju u kategoriju teško razgradivih materijala. Na temelju proširenih testiranja mogu se svrstati u "djelimično razgradive" ili "nerazgradive".

Kriterijem bioakumulativnosti procjenjuje se mogućnost nagomilavanja tvari u hranidbeni lanac. Bioakumulacijski potencijal definiran je koeficijentom raspodjele (log Pow) koji pokazuje razliku između topivosti materijala u masti i vodi. Za biopovećanje odlučujuća je brzina izlučivanja tvari iz organizma, koja je definirana biokoncentracijskim faktorom BCF (potencijalnu akumulaciju imaju tvari s BCF > 100).

Tablica I. sadrži toksikološke podatke za najčešće korištene tekuće dielektrike [10] .

Tablica I. Osnovna toksikološka svojstva izolacijskih tekućina

TOKSIKOLOŠKO SVOJSTVO	VISOKORAFINIRANA MINERALNA ULJA	SILIKONSKA ULJA	ESTERI
Unošenje gutanjem	LD ₅₀ > 2 g/kg nije štetno	LD ₅₀ > 5 g/kg nije štetno	LD ₅₀ > 5 g/kg nije štetno
Kontakt s kožom	nije klasificirano kao štetno	LD ₅₀ > 2 g/kg nije štetno	LD ₅₀ > 2 g/kg nije štetno
Udisanje para	niska toksičnost	opasno za testirane životinje nakon 15-20 min.	nema podataka
Nadraživanje kože	nije klasificirano kao štetno	ne nadražuje	testirane životinje ne nadražuje
Nadraživanje očiju	nije klasificirano kao štetno	moguća prolazna upala sluznice	testirane životinje ne nadražuje
Kancerogenost	ovisi o sadržaju PAH	nema podataka	nema podataka
Mutagenost	nije klasificirano kao štetno	nisu nađene smrtonosne mutacije kod životinja	nisu nađene mutacije

5. KORIŠTENJE I ODLAGANJE TRANSFORMATORSKIH ULJA

Tijekom proizvodnje i korištenja uljnih transformatora često se rukuje izolacijskim uljima, što uključuje transport, skladištenje, preradu, punjenje transformatora, postupke s uljem tijekom korištenja transformatora i postupke s rabljenim uljem. U svakoj fazi korištenja postoji potencijalna opasnost od onečišćenja okoliša i/ili opasnost za ljude, naročito u izvanrednim slučajevima kad dolazi do povećanog izlivanja, isparavanja i razvijanja zapaljivih produkata. Radi sprečavanja odnosno ublažavanja nepoželjnih posljedica takvih pojava potrebna je pravovremena kontrola, provođenje svih potrebnih mjera zaštite i odgovarajućih sanacija.

Transformatorsko ulje se isporučuje u željezničkim i autocisternama, bačvama ili metalnim kontejnerima, uz obaveznu kontrolu brtvljenja i čistoće, da bi se osigurala kvaliteta za vrijeme transporta i spriječilo nekontrolirano izlivanje i onečišćavanje. Sve transportne posude moraju biti vidljivo označene oznakom koja sadrži naziv ulja i ime proizvođača, oznaku prema standardu, broj šarže, datum isporuke. Svaka isporuka mora biti popraćena dokumentima, koji se odnose na identifikaciju i kvalitetu sadržaja.

U međunarodnom prometu roba, na temelju kemijskog sastava, materijalima se dodjeljuju oznake tzv. CAS brojevi (uvela ih je institucija "Chemical Abstract Service"). To je broj koji dobivaju kemijske tvari poznatog sastava i svojstava. Dosad je dodijeljeno oko 14 mil. brojeva. Smjese spojeva u pravilu nemaju svoje CAS brojeve, ali ih mogu dobiti ako su proizvedene definiranim procesom proizvodnje. Mineralna ulja vode se pod više CAS brojeva.

Prema klasifikaciji Europske Unije, kemijske tvari su definirane brojevima EINECS i ELINCS, koji se dodjeljuju po istim kriterijima kao CAS brojevi (čistoća, proizvodni proces i složenost smjese). Mineralna ulja mogu se voditi pod "tvarima" ili "pripravcima", ovisno o proizvodnom procesu.

Skladišni prostori moraju biti u skladu s propisima koji važe za odgovarajuće naftne proizvode, tj. moraju se osigurati dobro ventilirani i hladniji prostori, u kojima temperatura okoline nije viša od 50 °C, i u kojima nema potencijalnih izvora požara. Bačve se uskladištavaju u zatvorenom ili natkrivenom prostoru da nisu izložene kontaminaciji i koroziji, a polažu se na drvene palete (čep pod uljem).

Za vrijeme pretakanja ulja iz cisterne u skladišni prostor, tijekom prerade ulja i prilikom punjenja transformatora, treba voditi računa o čistoći kontejnera i postrojenja za preradu ulja da se izbjegne onečišćavanje ulja. Moraju se poduzeti mjere zaštite tla protiv nekontroliranog izlivanja transformatorskog ulja u radnom prostoru, da kroz pukotine ne dospije u kanalizaciju i podzemne vode. Potencijalna mjesta onečišćenja uljem iz transformatora u normalnom pogonu predstavljaju brtve ventila, poklopaca, provodnih izolatora i ostale pomoćne opreme. Pogonski nadzor predviđa kontrolu nivoa ulja na uljokazima i pravovremeno otklanjanje mjesta curenja.

Manja izljevanja moguća su također kod uzimanja uzoraka ulja za redovnu kontrolu, kod zahvata redovnog održavanja ili sanacija postrojenja manjeg opsega (dolijevanje ili djelomično izljevanje ulja). Ulje sakupljeno curenjem, prilikom ispuštanja kod uzimanja uzoraka ili prilikom prelijevanja spada u kategoriju otpadnog (rabljenog) ulja. Takvo ulje treba spremati u posebno označeni kontejner, što je u skladu s načinom postupanja s pojedinim vrstama otpada prema Pravilniku o vrstama otpada. Nauljeni predmeti, krpe, papir odlažu se u posebni kontejner. Kod popravaka ili manjih zahvata, koje uključuje istakanje ulja, potrebno je osigurati spremnike potrebne veličine i čistoće. Različite vrste ne smiju se miješati odnosno ulijevati u isti spremnik.

Zaštita okoliša provodi se osiguravanjem tla od prodora izlivenog ulja u podzemne slojeve i vodene tokove, ugradnjom separatora u tokove otpadnih voda, izgradnjom sabirnih (uljnih) jama ispod transformatora i zaštitom tla nepropusnim materijalima.

Mnogo opasnija za ljude i okoliš su izvanredna, neočekivana događanja u pogonu, koja nastaju zbog kvara ili havarije, a posljedice mogu biti požar ili eksplozija. Požar treba gasiti suhim prahom ili CO₂, nikako vodom. Prilikom gorenja nastaje dim i razvijaju se plinovi ugljični monoksid i ugljični dioksid, pa osoblje treba zaštititi od udisanja tih plinova. Ako dođe do izlijevanja ulja treba ga mehanički ukloniti materijalima koji dobro upijaju (piljevina, krpe, pijesak), a njih posebno odložiti. Ako ulje dospije u vodu, treba zatražiti pomoć odgovarajućih službi.

6. ZAKONSKA REGULATIVA

Svako postrojenje odnosno fizička ili pravna osoba odgovorna je za onečišćavanje okoliša ("načelo podjele odgovornosti") i obavezni su postupati s otpadom i proizvodima koji će na kraju postati otpad na način kako bi se izbjegla opasnost za ljude i okoliš. Zaštita okoliša i postupanje s otpadom u Republici Hrvatskoj je zakonom regulirano.

6.1 Zakon o zaštiti okoliša

Zakon o zaštiti okoliša (N.N. 82/94) uređuje pitanja zaštite okoliša radi očuvanja okoliša, smanjivanja rizika za život i zdravlje ljudi, očuvanje prirodnih zajednica i racionalno korištenje prirodnih izvora i energije.

6.2 Zakon o otpadu

Zakon o otpadu (N.N. 34/95) određuje prava, obveze i odgovornost pravnih i fizičkih osoba u postupanju s otpadom koji je odbačen ili odložen, koji se namjerava ili mora odložiti. Otpad se razvrstava ovisno o svojstvima i mjestu nastanka.

6.3 Pravilnik o vrstama otpada

Na osnovi Zakona o otpadu donesen je Pravilnik o vrstama otpada (N.N. 27/96) kojim se definiraju vrste otpada, ovisno o svojstvima i mjestu nastanka, način postupanja s pojedinim vrstama otpada, ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstava opasnog otpada, uzorkovanje otpada, sadržaj i izgled obrazaca pratećih i prijavnih listova, sadržaj i izgled obrazaca izvješća o ispitivanju fizikalno-kemijskih svojstava otpada. Sastavni dio Pravilnika je Katalog otpada.

Otpadna ulja su definirana kao tekući ili polutekući proizvodi koji potječu iz različitih primjena, a koji su tijekom korištenja, skladištenja ili prijevoza postali neprikladni za upotrebu prema prvobitnoj namjeni. Za određivanje kategorije otpada važno je odrediti sadržaj polikloriranih bifenila (PCB-a), što je osnovni pokazatelj da li ulje spada u kategoriju posebnog otpada, koji je u nadležnosti Agencije za posebni otpad.

7. ZAKLJUČAK

Najbolji način očuvanja i zaštite okoliša je izbjegavanje ili ograničavanje aktivnosti koje bi ga mogle onečistiti i ugroziti opstanak života na zemlji. Preduvjet je što bolje poznavanje svojstava materijala koji se u okolišu nalaze i koji sudjeluju u proizvodnim procesima, kako bi se za svaki materijal moglo osigurati odgovarajuće sigurno rukovanje, korištenje, skladištenje, odlaganje i uništavanje otpada. Toksikološke karakteristike materijala treba zatražiti od proizvođača odnosno dobavljača i one su osnova za provođenje higijensko-tehničkih mjera zaštite. Potencijalna mjesta onečišćenja tijekom normalnog pogona moraju biti definirana i redovno kontrolirana. Stanje ulja treba nadgledavati tijekom "životnog" vijeka. Transformatorska ulja se svrstavaju u otpadna na temelju oslabljenih funkcijskih svojstava odnosno visokog stupnja degradacije. Na bazi provjere čistoće otpadnog ulja određuje mu se kategorija u skladu s Pravilnikom o vrstama otpada. U cilju povećanja koeficijenta obrtaja materijala, otpadna ulja bez opasnih onečišćenja treba regenerirati i koristiti za loženje. Samo ulja onečišćena PCB-om (askarel, poliklorirani bifenil) spadaju u posebni otpad.

Svaki pogon odnosno postrojenje trebao bi imati snimku gospodarenja s potrošnim materijalima, definicije vrste materijala s kojima radi, definirane postupke za rukovanje, kontrolu i sanaciju u slučaju izvanrednih situacija.

LITERATURA

- [1] S.Čabrajac: Klasifikacija tekućih dielektrika, Sloko CIGRE, Prva konferenca, Ljubljana, 1993.
- [2] IEC 590 (1977) Determination of the aromatic hydrocarbon content of new mineral insulating oil
- [3] IEC 666 (1979) Detection and determination of specified antioxidant additives in insulating oils
- [4] IEC 296 (1982) Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear
- [5] IEC 465 (1988) Specification for unused insulating mineral oils for cables with oil ducts
- [6] IEC 588 (1977) Askarels for transformers and capacitors
- [7] IEC 836 (1988) Specification for silicone liquids for electrical purposes
- [8] IEC 1099 (1992) Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes
- [9] IEC 1100 (1992) Classification of insulating liquids according to fire-point and net calorific value
- [10] Radna grupa 02 SC 15: Review on insulating liquids, Elektra No. 171, april 1997.
- [11] IEC 1039 (1990) General classification of insulating liquids
- [12] HRN ISO 11014-1 (1997) Sigurnosno-tehnički list za kemijske proizvode