

11. Elektriohutus

Madalpinge: alla 1000V

Kõrgepinge: üle 1000V

Elektritraumad:

töö pingestatud ahelas

ilma kaitsevahenditeta

Põletused

Elektrilöök

Näide

Grupiline surmajuhtum kõrgepingejuhtmete lähedal autokraanaga töötamisel.

29. juulil töötas objektil kraanajuht, kes lasti vabaks seoses isa surmaga.

30. juuli hommikul otsustati direktori juures nõupidamisel määrata autokraanale tööle kooli õppemeister, kellel ei olnud kutsetunnistust.

Õnnetus toimus järgmisel päeval 1. augustil. Töö toimus 15 kV-se elektriliini ohtlikus tsoonis, kuid peainsener ega kraana korrasoleku eest vastutaja ei tundnud kraana asukoha vastu huvi. Tööleht oli täitmata.

Kraananoole transpordiasendisse pööramisel puutus koormatross vastu elektriliini äärmist juhet 6,1 m kõrgusel maapinnast. Selle tagajärjel sattusid kraana tugikäppi paigaldanud 4 meest voolu alla. Kaks neist said surma. Teisaldatavat maandust ei kasutatud, ohtliku pinge signalisatsioon oli välja lülitatud.

Autokraanade tööjuhendisse võeti punkt, mis keelab kraanajuhi viibimise kraana kabiinis, kui toimub kraana paigaldamine tugikäppadele või viimaste ülestõstmise transpordiasendisse.

Tööstuslike elektritraumade analüüs (Ohrana truda, 1989) on näidanud, et kõikidest elektriõnnetustest

61% leiab aset kokkupuutel elektriseadme voolu juhtivate osadega, mis on normaalselt pingestatud;

11% pingestatud juhtmete kokkupuutel või valelülituse korral;

26% kokkupuutel seadme metallosadega, mis ei ole normaalselt pingestatud.

Seega kaks põhilist õnnetusliiki:

1) õnnetused leiavad aset ettenähtud režiimil töötaval seadmel (enamasti ei kasutata kaitsevahendeid ja töötatakse pinget maha võtmata)

2) juhtuvad mingist seadme elemendi avariist (peamiselt isolatsioon).

Esimeste juhtumite puhul pidanuks töötaja olema teadlik ohu olemasolust ning seda oleks saanud vältida ekspluatatsiooninõuete täitmisega.

Teisel juhul aga on pinge olemasolu ekspluateriva personali jaoks üldiselt ootamatu - siin tuleb täiustada tehnilisi abinõusid: parandada isolatsiooni, nii et maandused vastaksid tingimustele.

11.1 Elektrivoolu toime inimesele

Elektrivool on elektrilaengute korrastatud liikumine läbi mingi keskkonna. Kui inimese keha satub voolu alla, on ta elektrijuht. Elektrivool avaldab inimese kehale läbimisel termilist, elektrolüütilist ja bioloogilist toimet.

Soojuslik toime avaldub põletustes, vere temperatuuri tõusus, südame, peaju ja närvide ülekuumenemises.

Elektrolüütiline toime avaldub vere ja koevedelike lagundamises.

Bioloogiline toime - elektrivool lõhub normaalseid talitlusprotsesse, põhjustab näiteks närvisüsteemis muutusi (halvatust).

Kahjustused elektrivoolu toimel on kaht liiki:

- 1) elektrilöök
- 2) elektritraumad (põletused, elektrimärgid, naha metalliseerumine, silmade kahjustus, mehhaanilised kahjustused).

Elektrilöök jaotatakse kahjustuse ulatuse järgi astmeteks:

I aste- lihaste krambid ilma teadvuse kaotuseta

II aste- sama koos teadvuse kaotusega

III aste- teadvuse kaotus ja hingamisteede halvatus või südame fibrillatsioon

IV aste- kliiniline surm.

Kliiniline surm saabub südame ja kopsude tegevuse seiskumise korral. Kliinilise ja bioloogilise surma vahe on 7-8 minutit. Sel üleminekuperioodil on võimalik kannatadasaanut päästa, kui teha kunstlikku hingamist ja südamemassaaži.

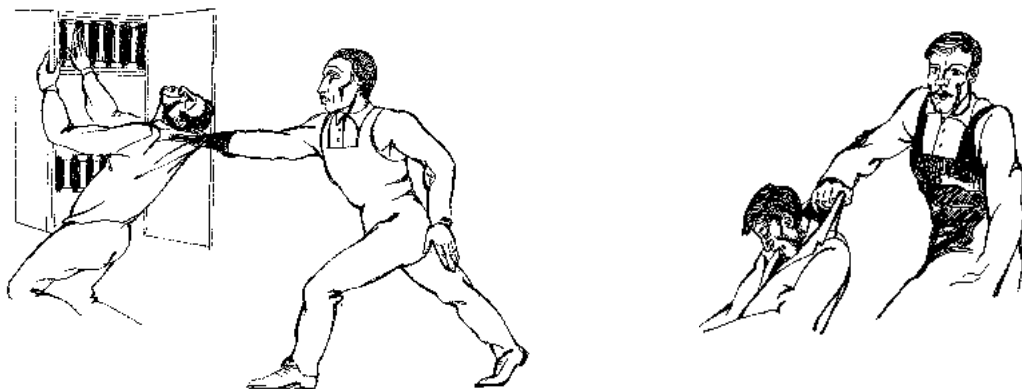
Kõigepealt tuleb kannatadasaanu voolu alt vabastada. Voolu juhtivate osadega kokkupuutel, kui inimest läbiv vool on kõrgem krambilävest (20-25 mA vahelduvvoolu), klammerdub inimene juhtmete külge. Tuleb silmas pidada, et see võib olla ohtlik abiandjale:

- 1) elektriseade, mille küljes on kannatadasaanu, tuleb välja lülitada
- 2) kui inimene on ülal kõrguses, siis tuleb võtta kasutusele ettevaatusabinõud, et kannatanu alla ei kukuks ja uut traumat ei saaks
- 3) seadme väljalülitamisega lülitub välja ka valgustus, seepärast võimaluse korral organiseerida valgustus mingist teisest allikast.

Seejuures ei tohi aga viivitada inimese voolu alt vabastamisega, sest aeg on määrava tähtsusega. Kui seadet ei saa välja lülitada, tuleb kasutada muid vahendeid.

PINGED kuni 1000V (joonis 11.1)

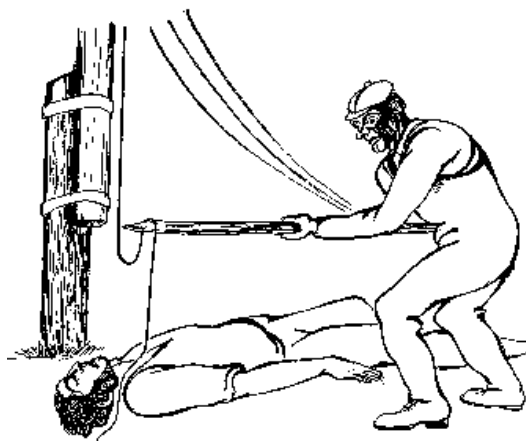
Kasutada kuivi riideid, puust keppi, latti, mis ei juhi elektrit. Niiskeid riideid ja metallesemeid kasutada ei tohi. Võib võtta kinni kannatanu kuivadest riietest, näiteks pintsaku hõlmadest, kuid parem mitte puudutada keha,. Käte isoleerimiseks võib panna käte dielektrilised kindad või mähkida käte ümber salli, särgi, kummimantli jne. Enda isoleerimiseks võib tegutseda ühe käega



Joonis 11.1 Kannatanu vabastamine kuni 1000 V pinge korral

PINGED üle 1000 V (joonis 11.2)

Kasutatakse dielektrilisi kindaid ja keppi või tange, mis on selle pinge jaoks ette nähtud.



Joonis 11.2 Kannatanu vabastamine üle 1000 V pinge korral

Elektritraumad.

Elektrilipõletuste puhul eristatakse nelja astet:

- 1) naha punetus
- 2) villide moodustumine
- 3) naha söestumine
- 4) nahaaluse koe söestumine.

Põletused tekivad kontakti korral elektrivooluga. Sel juhul läheb vool kehast läbi; põletused võivad tekkida ka kaarleegi mõjul, lühiühenduse korral.

Põletused on enamuses pinnapõletused (70-80%), sest nahal on suur takistus. Suure voolusageduse korral võivad esineda sügavamad põletused, ilma et naha pinnal oleks märkimisväärseid kahjustusi. Suurel sagedusel toimub läbilöök nahast. Sügavamad põletused esinevad ka pingetel üle 1000 V.

Elektrimärgid ehk **voolumärgid** tekivad voolu sisenemis- ja väljumiskohtades väga hea kontakti korral elektrivooluga (näit elektroodidega). Elektrimärgid kujutavad endast ümmargusi või elliptilisi halli või helekollase värvusega täppe, mis on teravate piirjoontega, mõõtmed <5 mm, harva kuni 1 cm.

Naha metalliseerumine toimub voolu keemilisel ja mehaanilisel koosmõjul. Metalliosakesed tungivad naha alla kontakti kohas. Nahk saab metalli värvuse. Näiteks kaarleegi puhul kanduvad voolu juhtiva metalli osakesed mehaaniliselt naha pinnale ja naha alla.

Silmade kahjustus (elektrooftalmija)

Mehaanilised kahjustused.

Suurused, millest oleneb elektrikahjustuse iseloom

Need on voolutugevus, voolu liik, mõju aeg, organismi läbinud voolutee, inimkeha takistus, väliskeskkonna tegurid, inimese individuaalsed iseärasused.

Voolutugevuste väärtused erinevatel kahjustuse astmetel on järgmised (tabel 11.1):

Tabel 11.1

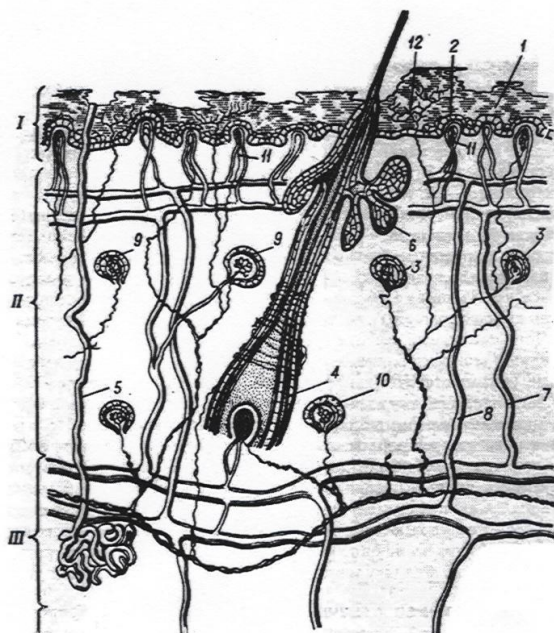
Voolukahjustused

vahelduvvool, 50-60 Hz mA	alalisvool, mA	mõju iseloom
0,5-1,5	5-7	tundelävi
8-10	20-25	lihaste krambid, võib esineda soojatunne, sõrmede värin
10-15	50-70	krambilävi
50-80	70-450	talumatu valu, hingamine raskendatud, hingamiskrambilävi
90-100	500	fibrillatsioonilävi

Südame fibrillatsioon tähendab seda, et inimese süda püüab hakata kokku tõmbuma sama sagedusega kui on voolusagedus.

Mida pikem on mõju aeg, seda suurem on tõenäosus, et vooluga resonantsi sattumine leiab aset.

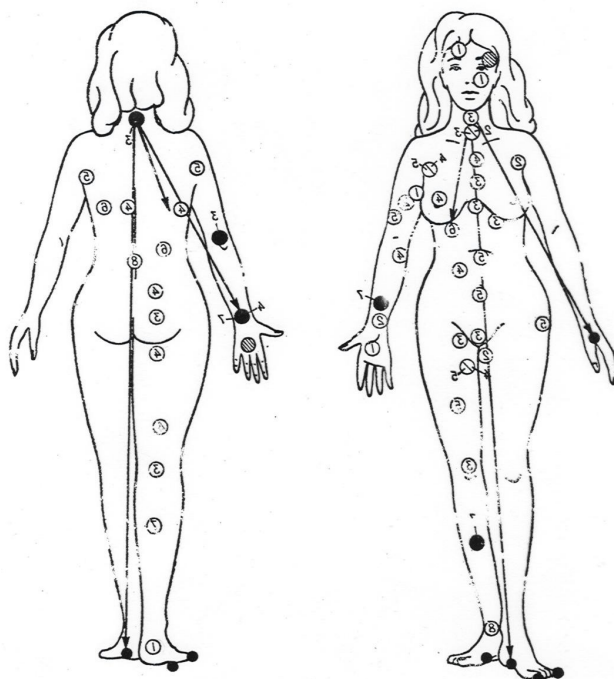
Inimkeha elektriline takistus ei ole konstantne, see sõltub niiskusest, naha olukorrast (terve või katki), tolmust nahal; takistus esineb piirides 600...100 000 oomi. Arvutustes võetakse inimkeha takistuseks 1000 oomi.



Joonis 1. Naha struktuur

Naha eritakistus on $(1,2-2) \times 10^6$ oom x cm;

Siseorganitel ainult 120-180 oom x cm.



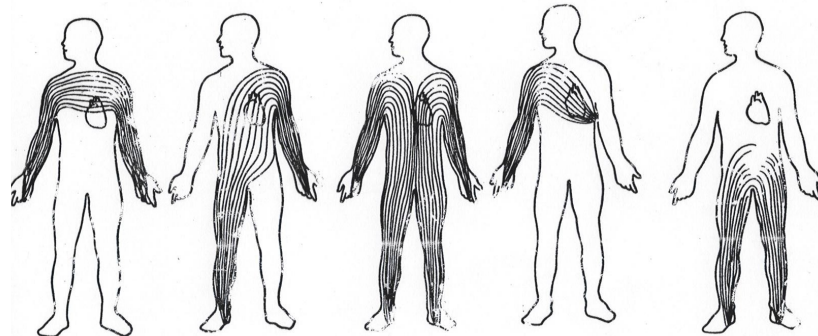
Joonis 2 Ohtlikud punktid kehal

Sagedusest loetakse kõige ohtlikumaks vahelduvvoolu sagedust 50-60 Hz kuni 150 Hz.

Voolu liik – vahelduv, alalis

Voolu tee läbi organismi

Kõige ohtlikum on, kui vool läheb läbi südame ja kopsude, seega siis peast kätte või jalga, ühest käest teise või käest jalga.



Joonis3. Voolu liikumise teed

2-faasiline kokkupuude vooluga

Sel juhul satub inimene liinipinge alla .

$$I_{in} = U_l / R_{in},$$

kus I_{in} on inimest läbinud vool

U_l – liinipinge

R_{in} – inimese keha takistus

(arvutustes võetakse minimaalne - 1000 oomi)

$$R_{in} = 1000 \text{ oomi}$$

$$U_l = 380 \text{ V}$$

$I_{in} = 380 / 1000 = 380 \text{ mA}$, mis on **surmav** voolutugevus.

Sellist lülitumist esineb harva ja ei ole tähtsust, kas inimene on maast isoleeritud või mitte. Esineb see tavaliselt pingetel kuni 1000 V ilma et töötamisel oleks pinget maha võetud.

1-faasiline lülitumine

Kasutatakse maandatud ja isoleeritud neutraaliga võrke. Antud juhul sõltub inimest läbiv voolutugevus sellest, milline on inimesega järjestikku lülitatud takistuste (põranda, jalanõude, maa) suurus.

Maandatud neutraaliga võrk

Suurem osa elektrikahjustustest tekib just sellisel lülitusel. Inimene satub faasipinge alla:

$$I_{in} = U_f / R_{in} = U_1 / (\text{ruutjuur } 3 \times R_{in}) = 220 / 1000 = 220 \text{ mA.}$$

Kui liita inimese takistusele juurde nulljuhtme maandustakistus R_0 , jalanõude takistus R_{jalan} , põranda takistus $R_{põr}$, siis inimest läbiv vool väheneb

$$I_{in} = U_f / (R_{in} + R_{jalan} + R_{põr} + R_0)$$

Vaatleme kõige halvemat juhtu - kui inimene seisab voolu juhtival põrandal voolu juhtivate (märgade) jalanõudega.

$$R_{jalan} = 50\,000 \text{ oomi (ei juhi elektrit)}$$

$$R_{põr} = 60\,000 \text{ oomi (puitpõrand)}$$

$$R_0 = 10 \text{ oomi,}$$

siis

$$I_{in} = 220 / (1000 + 50\,000 + 60\,000 + 10) = 0,002 \text{ A} = 2 \text{ mA}$$

Tegelikuses on R_{jalan} ja $R_{põr}$ tunduvalt suuremad. Siis on inimest läbinud vool veel väiksem.

Isoleeritud neutraaliga võrk

$$I_{in} = U_f / (R_{in} + R_{jalan} + R_{põr} + R_{is}/3)$$

Kõige halvamal juhul, kui

$$R_{jalan} = R_{põr} = 0 \text{ ja } R_{is} = 90\,000 \text{ oomi,}$$

siis

$$I_{in} = U_f / (R_{in} + R_{is}/3)$$

$$I_{in} = 220 / (1000 + 90\,000/3) = 0,007 \text{ A} = 7 \text{ mA}$$

Kui $R_{jalan} = 50\,000$ oomi

$$R_{põr} = 60\,000 \text{ oomi,}$$

$$\text{siis } I_{in} = 220 / (1000 + 50\,000 + 60\,000 + 30\,000) = 0,0015 \text{ A} = 1,5 \text{ mA}$$

11.2 Elektriõhutuse tagamine

- organisatsioonilised abinõud:

eeskirjad

teadmiste kontroll

maanduse ja isolatsiooni süstemaatiline kontroll

- tehnilised abinõud:

ohutute pingete kasutamine

voolu all olevate seadmeosade isoleerimine.

Isolatsioon jaotatakse töö-, lisa-, kahekordseks ja tugevdatud isolatsiooniks. Tööisolatsioon kindlustab elektriõhutuse. Koos lisaisolatsiooniga moodustab tööisolatsioon kahekordse isolatsiooni. Isolatsioon peab olema selline, et isolatsiooni pinnal ei oleks voolutugevus rohkem kui 0,1 mA. Kahekordne isolatsioon: isolatsioonimaterjal kaetakse värvi, laki või kilega.

Kaitsemaandamine

Kui isolatsioon rikneb ja paljas juhe puudutab seadmete metallosi, satuvad nad pinge alla. Inimesele mõjub sel juhul puutepinge, kui ta puudutab antud elektriseadet. Eriti ohtlik on kokkupuude rikkis seadmetega niisketes ruumides, kus põrand juhib elektrit ja kus on olemas maaga ühenduses olev metalltorustik. Et vähendada puutepinget, varustatakse seadmed kaitsemaandusega. Kaitsemaandus on lülitatud inimesega paralleelselt ja seetõttu, olles palju väiksema takistusega kui inimene, läbib vool maandust, mitte inimest.

Maandusseadmena võib kasutada kas spetsiaalselt maasse paigutatud elektroode või veetorustikke. Gaasi- ja keskküttetorude kasutamine ei ole lubatud.

Maandatud seadmeid kontrollitakse vähemalt 1 kord aastas vaheldumisi suvel ja talvel.

Voolu all olevate osade varjestamine

Peale isoleeritud juhtmete kasutatakse ka lahtisi, avatud juhtmeid, mis kinnitatud isolaatoritele ainult üksikutes kohtades. Sellisel juhul peavad voolu juhtivad osad asuma kättesaamatus kõrguses (elektriliinid) või nad kaetakse plokikujulise varjestusega, katetega (elektriaparaadid, seadmed), on kappides, kastides või kasutatakse võrgukujulist varjestust (jaotusseadmete juures). Varjestust saab avada või ära võtta ainult spetsiaalse võtme või instrumendiga. Varjestus võib olla varustatud blokeerimiseseadmega, mis lülitavad voolu välja, kui varjestus on purustatud.

Isikukaitsevahendite kasutamine

Jaotatakse põhi- ja abikaitsevahenditeks.

Põhikaitsevahendid kannatavad pinget välja pikka aega ja seetõttu või personal nende abil töötada voolu all olevatel seadmeosadel.

Abikaitsevahendid ei suuda iseseisvalt tagada kaitset voolu toime eest ja nad tugevdavad põhikaitsevahendite toimet. Jaotatakse kaitsevahenditeks alla 1000 V ja üle selle.

Tabel 11.2

Elektrilised põhi- ja abikaitsevahendid

Põhi	Abi
<1000 V indikaatorlamp tööriistad isoleerivate käepidemete isoleerivad tangid kaitsmete vahetamiseks dielektrilised kindad	dielektrilised kindad, saapad dielektrilised jalamatid isoleerivad restid
>1000 V isoleerivad mõõtevardad pingenäitajad isoleerivad ja mõõtetangid isoleerivad remondiseadeldised	dielektrilised kindad kummisaapad matid restid

11.2 Elektripaigaldiste liigid (MJMm RTL 1999, 84, 1033)

Elektripaigaldised, mille kasutamisega kaasnevad kõrgendatud ohud, jaotatakse kahte liiki.

1. liigi elektripaigaldis on selline, millega kaasnevad ohud tingivad nende kasutuselevõtu kontrolli selleks volitatud asutuse poolt:

- elektripaigaldis tervishoiu- või hooldusasutuse patsientide ravimenetlusteks kasutatavas ruumis, kus tehakse narkoosiprotseduure
- elektripaigaldis plahvatusohutsoonis
- suurõnnetusohuga objekti elektripaigaldis;

2. liigi elektripaigaldis on selline, mille kasutamisega kaasnevad kõrgemad ohud tingivad nende kasutuselevõtu kontrolli kas lisakontrolliõigusega elektritööde ettevõtja või selleks volitatud asutuse poolt:

- elektripaigaldis eluhoones, milles on enam kui kaks korterit
- elektripaigaldis elektrotehnikaalasel õppetööl
- elektripaigaldis tervishoiu- või hooldusasutuse patsientide ravimenetlusteks kasutatavas ruumis
- kuni 1000 V nimipingega elektripaigaldis, mille peakaitsme rakendumisvool ületab

35 A jne.

11.3 Elektriseadmete ohutusklassid

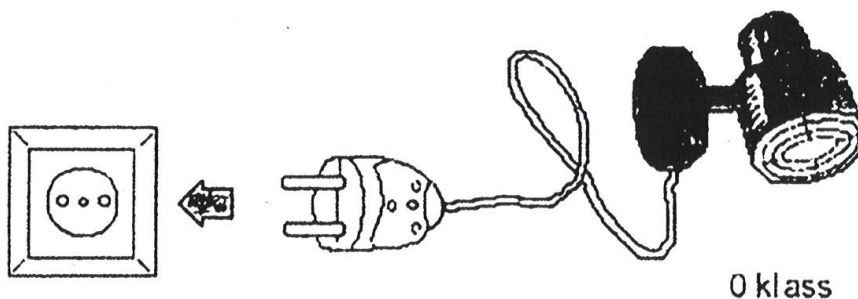
Elektriseadmed liigitatakse nelja ohutusklassi (www.energia.ee) sõltuvalt sellest, kuidas tagatakse inimeste ohutus seadme rikke korral.

Elektriseadme ohutusklassi saab kindlaks teha tema painduva ühendusjuhtme otsas oleva pistiku tähise järgi:

- tavalise pistikuga elektriseadmed – 0-klass
- elektriseadmed, mille pistik on kaitsekontaktiga - I klass
- kaitseisolatsiooniga elektriseadmed tähisega – II klass
- kaitseväikepingel töötavad (kuni 50 V) elektriseadmed – III klass.

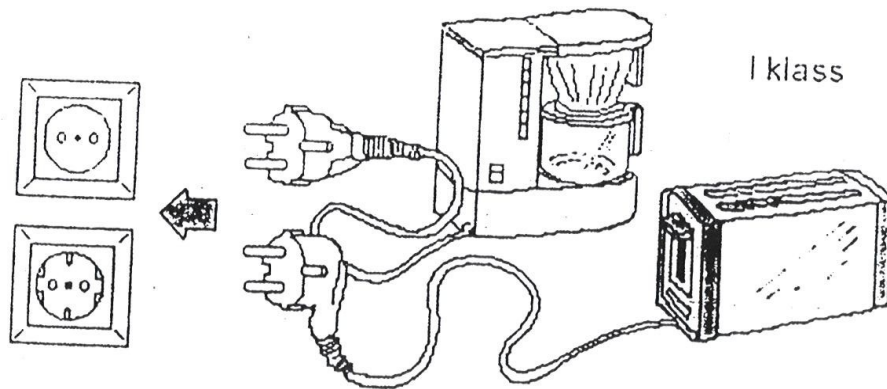
Sama otstarbega elektriseadmed võivad olla erinevate ohutusklassidega; seda määravad seadme kasutamisevõimalused. Mida suurem on ohutusklassi näitav number, seda ohutum on seade. III ohutusklassi seadmed on kõige ohutumad.

Tavalise pistikuga elektriseadmel on vaid põhiisolatsioon. Isolatsiooni rikke korral võib elektriseadme metallkere või -kest sattuda pinge alla. Põhiisolatsiooniga elektriseadme tunneb ära tema ühendusjuhtme otsas oleva täisringikujulise otspinnaga pistiku järgi (joonis 24.7).



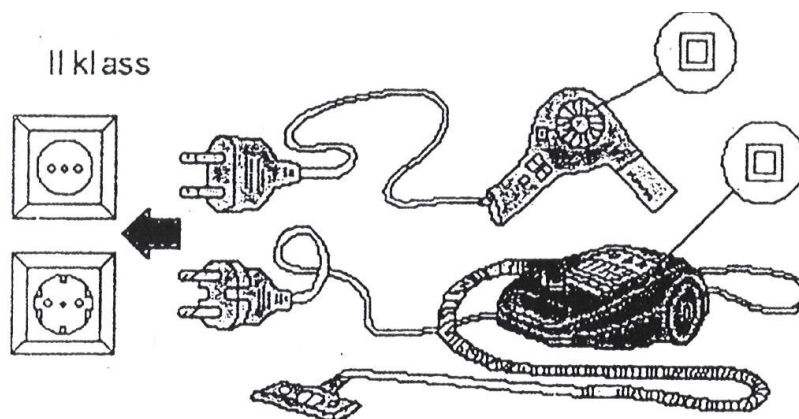
Joonis 11.7. Tavaline pistikupesa, pistik ja 0-ohutusklassi kuuluv seinavalgusti

Elektriseade (I klass), mis ühendatakse vooluvõrku kaitsekontaktiga pistiku abil, on kaitsemaandatud. Kaitsemaandamisel ühendatakse elektriseadme metallist kere, kest või muud välised metallosad kollase-rohelise värvusega kaitsejuhtme kaudu elektrikilbi maanduslatiga. Kaitsemaanduseks on pistikul ja pistikupesal metallist külgkontaktid (joonis 24.8). I ohutusklassi seade saab lisaks kaitsekontaktiga pistikupesale ühendada ka tavalisse pistikupesasse.



Joonis 11.8. Kaitsekontaktiga pistikupesa, pistik ja I ohutusklassi kuuluv kohvikeetja ja röster

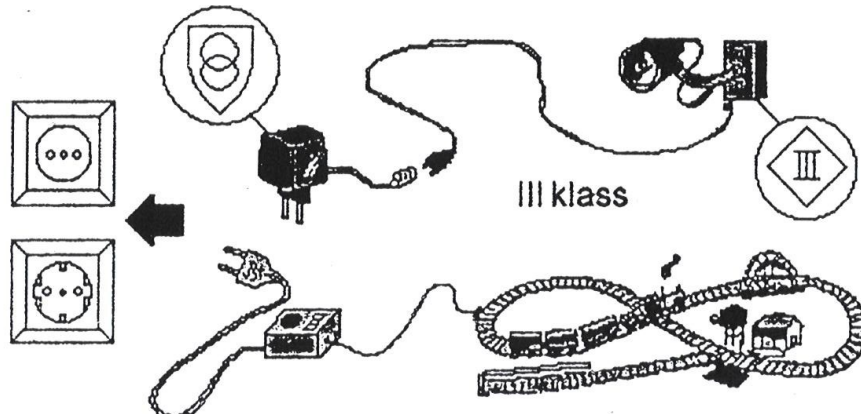
Kaitseisolatsiooniga elektriseadme korral (II klass) lisandub põhiisolatsioonile täiendav isolatsioon või on põhiisolatsiooni tugevdatud. Sellise ehitusega seade on isolatsiooniriketele vastupidavam ja kasutamisel ohutum. Kaitseisolatsiooniga seade saab ühendada nii tavalisse kui ka kaitsekontaktiga pistikupessa (joonis 24.9). Kaitseisolatsiooniga seadme pistikud on kaheksaühe: lapikud (voolule kuni 2,5 A) ning kujult I kaitseklassi pistikule sarnased, kuid ilma kaitsekontaktideta (voolule kuni 16 A). Pistik on alati ühendusjuhtme otsa valatud ega ole lahtivõetav.



Joonis 11.9. Kaitseisolatsiooniga föön ja tolmuimeja

Kaitsevääkepinge (kuni 50 V) on pinge, millega kokkupuude pole eluohtlik. Kaitsevääkepinget saadakse kaitsevääkepingetrafoost, mille võib ühendada nii tavalise kui ka kaitsekontaktiga pistikupessa (joonis 24.10). Elektriseadet tohib ühendada vaid sellisesse pistikupessa, millesse sobib ühendusjuhtme pistik. Kaitsekontaktiga pistikupesad on sellistes ruumides, kus põrand juhib elektrit. Niiskes või märjas ruumis

kasutatakse pritsmekindlaid kaitsekontaktiga pistikupesid, millel on isesulguv kaas. Duširuumis võib olla pistikupesad, mida toidetakse eraldustrafo või rikkevoolu kaitselüliti kaudu. Väljaspool hoonet tuleb elektrivoolu võtta välist tüüpi pritsmekindlast kaanega pistikupesast, mis on varustatud rikkevoolukaitselülitiga.



Joonis 11.10. Kaitsevälkepingeline halogeenvalgusti ja mängurong, mis ühendatakse eritrafo kaudu.

11.4 Pädevustunnistuste klassid

Pädevustunnistused jagunevad A-, B-, B1- ja C-klassi pädevustunnistusteks sõltuvalt elektritöödest, mille juhtimiseks tunnistus annab õiguse.

A-klassi pädevustunnistus annab õiguse juhtida elektritöid mis tahes tehniliste näitajatega elektripaigaldistes;

B-klassi pädevustunnistus annab õiguse juhtida elektritöid kuni 100 V nimivahelduvpinge ja kuni 1500 V nimialalispingega elektripaigaldistes;

B1-klassi pädevustunnistus annab õiguse juhtida elektritöid kuni 100 V nimivahelduvpinge ja kuni 1500 v nimialalispingega elektriseadmetes peakaitsme rakendusvooluga kuni 63 A;

C-klassi pädevustunnistus annab õiguse juhtida 1000 V nimivahelduvpinge ja kuni 1500 V nimialalispingega elektriseadmete remonditöid.

Peale selle nõutakse pädevustunnistuse saamiseks töökogemust, haridust ja pädevuseksami sooritamist (MJMm RTL 1999, 84, 1037).

11.5 Rikked elektrisüsteemis

Kasutatavate (kõrge)pingete puhul võib tekkida pinge ülelöök, ilma et pinge all olevaid elektriseadmete osi puudutataks. Asi seisneb selles, et kõrgepinge puhul muutub maaga ühendatud kõrvalise keha vahekauguse vähenemisel teatava piirini õhu elektriline läbilöök. Elektriseadmete puhul muutub läbilöök elektriakaareks, mis võib kesta kuni elektriahela väljalülitamiseni. Elektrikaar võib põhjustada suuri purustusi ja tulekahjusid.

Kõrgepinge ülelöögi ja lühise põhjustab ka inimese või looma lähenemine pinge all olevatele kõrgepingeseadmetele. Reeglina lõpeb see inimesele või loomale raskete põletushaavadega, sageli surmaga. Ohtu suurendab see, et ilma abivahenditeta ei ole võimalik teada, kas elektriseade on pinge all või mitte. Seepärast on tavaliste inimeste viibimine kõrgepingeseadmete territooriumil ja nende läheduses otsese ohu tõttu inimeselule kategooriliselt keelatud.

Rikkeid elektriseadmetes võivad põhjustada mitmed asjaolud: liinidele langevad puud, tormiga lendavad oksad ja muud esemed, lindude sattumine liinijuhtmete vahele jne.

Releekaitse

Releekaitse ülesandeks on tekkinud lühise korral lülitada välja ainult see energiaseade, kus on lühis. Väga oluliseks nõudeks releekaitsele on see, et lühise korral saaks vooluahel katkestatud võimalikult kiiresti.

Ülepingekaitse

Energeetikaseadmed vajavad kaitset ka erinevatest allikatest tingitud ülepingete vastu. Ohtlike ülepingete allikateks võivad olla välgu otsene sisselöök elektriliini või lahtise alajaama seadmetesse, mitmete elektriseadmete sisse- ja väljalülitamistel tekkivad ülepingeimpulsid jne. Alajaamade seadmete piksekaitseks kasutatakse peamiselt piksevardaid, elektriliinide kaitseks aga piksetrosse (vt Energiaõpik, www.energia.ee).

11.6 Staatiline elekter

Staatiline elektrilaeng koguneb seadmete ja aparatuuride metallosadele, mis on seotud vedela või puistematerjali ümbertöötlemisega, segamisega. Võib toimuda elektrilahendus, kui potentsiaalide vahe keskkonna ja seina vahel läheb liiga suureks. Elektrilahendus võib süüdata põlema keskkonna ja toimuda plahvatusena, põlenguna.

Tekkimiskohad:

- 1) dielektriliste vedelike voolamisel
- 2) tolmu- ja õhusegude liikumisel (pneumotransport)
- 3) materjalide töötlemisel segistites
- 4) riidematerjalide lõikamisel
- 5) ülekandeseadmete kummirihmade hõõrdumisel
- 6) dielektriliste vedelike transpordil, kui vedelik tsisterni sees liigub.

Põhjustajad:

- 1) korrosiooniproduktid
- 2) hapendumis- ja laguproduktid
- 3) puhastusagregaatide jäägid
- 4) sihilikult manustatud lisandid (näiteks tetraetüüplii etüleeritud bensiinis).

Elektrilaengute kogunemine: negatiivsed laengud võivad koguneda näiteks vedeliku pinnale, positiivsed toru seintele. On võimalik elektrilahendus, mis võib süüdata vedelikke, gaase.

Potentsiaalide vahed:

- 3600 V - bensiini voolamisel terastorus
- 9000 V - atsetooni väljavoolamisel balloonist
- 80000 V - nahast ülekanderihmade puhul.

Sädelahendus:

- 3000 V - süütab gaase
- 5000 V - süütab tolmusid.

Kaitse staatiliste elektrilaengute kuhjumise vastu:

- 1) maandamine
- 2) õhuniiskuse tõstmine (üle 70%)
 - 1) antistaatiliste segude kasutamine
 - 2) õhu ioniseerimine
 - 3) kaitsegaaside kasutamine
 - 4) elektriseeruvate pindade niisutamine
 - 5) gaaside, vedelike puhastamine saastunud hõljuvosakekestest
 - 6) riietuse valimine

(mitte kanda sünteetilisest materjalist, nailonist, perlonist rõivaid, varustada töötajad nahktaldadega jalatsitega).