

# ALAJAAMAD

## Loeng 1 – märkmed

IEC – International Electrical Commission

HD – harmoneerimisdokumendid

EN – ??

**SÕLMALAJAAM** – vähemalt 3 liini tuleb alajaama sisse, ülempinge liine 3tk

**LÄBIVALAJAAM** – toimub elektri transiit, ülempinge liine vähemalt 2 tk

**VÄLJAVÕTTEL ALAJAAM** – natuke põhiliinist eemale rajatud alajaam, elektritransiiti ei toimu seal.

**LÕPPALAJAAM** – 1 või 2 liiniga, pinge alandatakse tarbijatele sobivale pingele.

**JAOTUSALAJAAM** – alampinge on 0,4kV ehk madalpinge. Nt. 10/0,4kV või 35/0,4 kV .

Nt mastalajaam (MAJ)

$$U_N = 10\text{kV}$$

$$U_f = 10\text{kV} / \sqrt{3} = 5,6\text{ kV}$$

$$U_{fmax} = 5,6\text{kV} + 10\%$$

Ainult trafod on 10kV nimipingega võrgus arvestatud 10kV pingele, ülejäänud jaotuspunkti (AJ-s) olevad seadmed on juba arvestatud alamale pingele.

$U_R$  – rated voltage

$U_N$  – nimipinge , ka nominal voltage

$$U_m = \frac{I_m}{2} * Z$$

**Koormuslüliti** – Switch-disconnector .

(soome k. – Kuormaerotin)

Lühisvoole lülitada ei või



Joon. 1.

**Lahklüliti** – eesmärk nähtava lahuskoha tekitamine.

(Isolator/Disconnector)

**SULAVKAITSE** – Fuse, (soome k. – Varoke)

Pinge - ja voolu mõõtmiseks kasutatakse abiseadmed:

**Voolutrafo** – Current Transformer (Virtamuuntaja).

Muundab kõrgepinge all oleva voolu väiksemaks vooluks. (on 2 ühenduskohaga)

**Pingetrafo** – Voltage transformer (Jännitemuuntaja)

Muundab kõrgepinge väiksemaks pingeks ( et seda saaks mõõta). (Ühenduskohti on 1)

**Liigpingepiirik** – Surge arrester (Ylijännitesuoja).

Piirab liigpingeid alajaamades ja mujal.

## **ALAJAAMAD 3 LOENG - lisamärkmed**

KRT – käivitusreserv trafo

Alajaamade põhiseadmed on trafo ja autotrafod.

### **3.1.1.1**

#### **A. Ölijahutuse ning õliisolatsiooniga trafod**

**ONAN** – õli- ja õhkjahutus (oil natural air natural)

**ONAF** – oil natural, air forced

**OFAF** – oil forced, air forced

**OFW** – oil forced, water

Suurendades trafo võimsust, suureneb trafo pindala, ruumala ning kaod  $P [W]$ .

Trafo ehitus, peamised osad.

-õhu filterkuivati,

-ülempinge neutraal,

-ülempinge faaside läbiviigud, -

-alampinge faaside läbiviigud,

-õliradiaator,

-astmelüliti,

-temperatuurimõõdikud,

-(õli)kraanid.

**Õhufilterkuivati** – sisaldab silikageeli ja on niiskuse eraldamiseks trafost. Õhu filterkuivati ei tohi muutuda värvuselt roosaks, siis on vaja see tingimata kohe välja vahetada, asendada uuega.

**Gaasirelee** (ka Buchholtzi relee) – trafo alamseade, millega mõõdetakse, et kas trafost tuleb gaasi või tuleb hoopis õhku. Sinna gaasi ilmumisel kiiresti lülitatakse trafo välja. Trafodel on ka **kraanid**, kus saab võtta õliproove, selle proovi keemilise koostise kaudu on võimalik hinnata trafo isolatsiooni seisundit. (Kui isolatsioon halveneb, siis õlisse tekivad teatud keemilised ühendid, mis ütlevad, milline on trafo isolatsiooni seisund, saab määrata väga täpselt, peaaegu päevapealt.)

**ONAN** – jaotusvõrgu trafod – paisunõuta, ruumala väiksem, kaod väiksemad, kasutatakse peamiselt MAJ-des.

#### **B. Kuivtrafod**

Isekustutav süsteem trafos, juhul

kui peaks tulekahju tekkima, kolmnurk ühendusega trafo.

Manteltüüpi trafo – kõige levinum trafo tüüp.

Lastes trafost läbi vahelduvvoolu, tekib trafos mähisel vibratsioon.

Mida väiksem vibratsioon, seda parem, seepärast surutakse mähis vertikaalselt kokku.

See dünaamiline vibreerimine põhjustabki „trafo undamise”.

3-faasiliste trafode põhiprobleemid.

Oluline faaside võrdne koormus!

Kui faaside koormus erineb,

siis trafo läheb ebasümmeetriasse,  
mis tähendab suuri lisakadusid.

### **3.1.1.5 Autotrafo** on liinivõimsus

$S_N$  ja tüüpvõimsus  $S_T$ .

Autotrafo südamiku saab ehitada  
tunduvalt odavamalt.

Autotrafo peab olema maandus,  
lühise korral ilma maanduseta -  
ülempinge tungib keskpinge võrku.

Autotrafo neutraal peab olema alati maandatud!

Nt. Norras on keelatud kasutada autotrafosid.

Lähedaste pingetega elektrivõrkude  
sidumiseks autotrafo väga sobilik.

### **3.1.2. Trafo soojuslik talitus**

Neutraalidest jutt, sulavkaitsmed, nende põhimõte

Nulljärgnevusvool –

Pärijärgnevusvool –

#### **JÄIKMAANDAMINE.**

Nagu arvutused näitavad, siis elektrivõrgus,  
milles on suht. palju trafosid ja  
seega suhteliselt palju trafoneutraale,  
ei ole tingimata vajalik kõikide neutraalide jäikmaandamine.

Kõikide neutraalide maandamisel võib  
see **maaühendustegur (K)** jääda olulisemalt

väiksemaks kui 1,4 ja samal ajal

maaühendusvool/rikkevool/lühisvool

võib minna ülemäära suureks.

Mitmeski punktis võidakse osa

neutraale jätta maandamata.

Vt JOONIS 2. paberil !!!

### **3.2 Kondensaatorpatari.**

Põhivõrgus on kasutatud  
sünkroonkompensatoreid.

Ergutuse reguleerimisega on võimalik

panna sünkroonkompensator tootma

või tarbima reaktiivvõimsust,

vastavalt vajadusele. Kuna hooldus on kallis,

siis on neist Eestis hetkel loobutud,

demonteeritud, mahakantud.

Reaktiivenergia tootmiseks on hakatud

kasutama kondensaatorpatareisid.

Need ei ole sujuvalt reguleeritavad,

vaid on sisse- ja väljalülitatavad.

Vt joonis 3. –

Kondensaatori umbkaudne skeem-ehitus

Kondensaatoril on ka isolatsiooni läbilöögioht.

Et kondensaatori ülekoormusel ei

„plahvataks“ ehk lõhkeks, kasutatakse neil ka  
sulavkaitsmeid (ennem kondensaatorit).

**Kondensaatorites jääb väljalülitamisel**

**alati peale laeng. Kondensaator ja kaablid**

**jäävad peale elektrilist katsetamist**

**alati laengu alla.**

**KAABLITE laeng on ka alati suur.**

## **DISCHARGE TIME – kondensaatori tühjenemise aeg.**

### **3.3 REAKTORID, REAKTIIVVÕIMSUSE TARBIMINE.**

Reaktori juurde kuulub tingimata trafo.  
Reaktorid on tehtud õhksüdamikuga  
(lineaarne induktiivsus).

### **LK 45. Alajaama kommutatsiooniseadmed. Konspekt lk 45.**

Elektrikaar pannakse „tiirlema“  
kontaktide peal, et magnetiväli ei  
jõuaks kontakte sulatada.

Vaakumlüliteid kasutatakse ainult keskpingetelt

#### **4.1.3 Võimsuslülitite valik:**

##### **1) VL nimipinge [kV]**

Peaks olema suurem või võrdne võrgu nimipingega.

$$U_N [\text{kV}] \geq U_{N \text{ el.võrk}}$$

Saastunud keskkonnas võib VL välispind  
muutuda juhtivaks ja võib tekkida  
tavalisel talitluspingel ülelööki.

110 kV nimipingega võrku võib  
panna üles 110, 145 (ka 170) kV lüliteid.

##### **2) VL nimivool [A].**

Nimivool, mida VL kontaktid peavad suutma  
kestvalt juhtida ilma ülekuumenemiseta.

Nimivooluks tuleb valida suurim vool,  
mis selles ahelas võib olla püsitalitluses.

**3)  $I_{VLN}$  - Väljalülitamise nimivool [kA]** – vool,  
mida VL peab suutma katkestada ilma vooljuhtivate  
osade ülemäärase kuumenemiseta ja ilma  
kaarekustutuskeskkonna väljapaiskumiseta.

##### **4) Sisselülitamise nimivool $I_{SLN}$ [kA].**

Sisselülitamise käigus, enne kui kontaktid  
on lõplikult sulgunud, tekib juba vooluahel,  
selle vältimiseks VL peab suutma ületada  
neid tõukejõudusid.

**$t_{ot}$**  - omatoimeaeg

**$t_{sl}$**  - sisselülitamiseaeg

Lüliti läbivad normaalse lühisvoolud  
ilma selle VL reageerimiseta.

Need VL iseloomustavad parameetrid.

##### **5) Termilise taluvuse nimivool - $I_{TTN}$ [kA].**

On olemas perioodiline nimivool,  
mida see lüliti peab taluma n-sekundi jooksul ilma,  
et tema osad ei kuumene üle lubatud temperatuuri.

##### **6) Elektrodünaamilise taluvuse vool [kA]**

$$I_{ed} \geq I_{löökvool} \quad [\text{kA}]$$

Tuleb arvestada, milline on lülitustsükkel.

### **KOORMUSLÜLITI**

Erinevalt VL-st on suutelised sisse-välja  
lülitama ainult tavalisi koormusvoolusid.

$$I_{kIN} \approx 400..1600\text{A}$$

Lühisvoole lülitada ei suuda.

On ettenähtud kasutamiseks keskpinge võrkudes

pingetel 6, 10, 15, 20 kV,  
vahel harva ka 35kV. Koormuslüliti on  
radiaalvõrgu elektriaparaat, mis on  
ettenähtud hargnevate liinide koormusvoolude  
sisse-väljalülitamiseks.

Lühiste väljalülitamine toimub tavaliselt sulavkaitsmetega.

Automaatne sisselülitamine peale

lühist pole võimalik.

Mõnikord kasutatakse vaakum- ja elegaas-lüliteid.

Rohkem kasutatakse õhklüliteid või kasutatakse

**tahkegaasi printsipi.**

(s.o. tahke aine lagundamisel genereeritakse  
gaas, nt. orgaaniline klaas, fiiber, polüetüleen.).

Plussiks on, et koormuslüliteid saab  
kasutada sulavkaitsmetega ebasümmeetriliste  
lühiste likvideerimiseks.

On võimalik, et sulavkaitselüliti peale

lühist välja koormuslüliti

ja katkestatakse kõik 3 faasi.

### **LAHKLÜLITI**

On seade, mis on ettenähtud nähtava lahuskoha  
loomiseks elektrisüsteemis. Neid LL on kahte tüüpi:

- on LL-d, mis loovad lahuskoha,  
kuid ei pruugi täielikult elektriohutust tagada; (tüüp 1)
- sellised LL-d, mis tagavad täieliku elektriohutuse; (tüüp 2)

On mehhaaniliste kontaktidega,  
kontaktide vahekaugus (2 tüübil) väljalülitatud asendis on  
: et ei oleks võimalik läbilööki nende  
kontaktide lahuskohtade vahel.

Enamik LL on ettenähtud kasutamiseks  
õhkiisolatsiooniga jaotussesadmes.

Sisepaigaldustes LL on kergemad,  
(odavamate) isolaatorite peale ehitatud.  
Väliskasutuseks paigaldatud LL peavad  
taluma kõiki ilmastikutingimusi.

- LL põhiline element on liikuvad noad.

On olemas vertikaalse -ja  
horisontaalse liikumistasapinnaga noad.

- Horisontaalse liikumistasapinnaga LL:

LL tekib kontaktide lahusel  
tänu parasitmahtuvusele sädelahendus.

LL võib lülitada väikeste trafode  
magneetimisvoolud ja lühikeste õhuliinide  
laadimisvoolud.

**Sulavkaitsmel** on (määratud) nimivool,  
mida ta läbi laseb.

Sulavkaitsme ajaks võetakse üks tund,

st. kui sulavkaitsel läbib vool,

mille suurus on  $1,2 I_N$ , siis

ta peab läbi sulama;

küll aga ei tohi sulada sulavkaitsel

ühe tunni jooksul, kui on tegu nimivooluga.

Sulavkaitsmete nimivoolud antakse  
vastavalt standartsetele sulavkaitsmete  
nimivoolude tabelile.

6, 10, 16, 25, 40, 63, 80... [A] jne

Kui nimivoolud erinevad üksteisest väga vähe, siis lühiste korral elektrivõrgus võib tekkida olukord, kus nende sulavkaitsmete sulamisaeg erineb üksteisest väga vähe. Seetõttu sulavkaitsmete vahel valides soovitataks valida vahet vähemalt kaks astet.

### **5. ALAJAAMADE ELEKTRISKEEMID**

Võimsuslülitite hooldusel tuleb vastav fiider välja lülitada, lattide hooldusel tuleb terve jaotla välja lülitada.

*Kui LL sisse lülitada, siis LL noad liiguvad teineteise poole, tekib teatud kaugusel läbilööki, tekib sädelahendused, elekrikaar.*

*Need kontaktid võivad liikuda küllalt aeglaselt teineteise poole, sekund jne.*

*Nende sädelahenduste ajal on isolatsioon tohutu surve all, tekivad laineimpulsid.*

Blokeeringud võivad olla elektrilised, mehhaanilised, tänapäeval ka tarkvaralised.

Ühendatakse möödaviiklülitite ja lattide vahelise lülitite funktsioon. (Skeem 130lk.)

Normaaltalitluses on mõlemad kogumislattid pingestatud, võimsus läheb fiidritesse 2lt poolt võrdsetes hulkades, see on kõige töökindlam jaotla toimimise skeem.

Nimetatakse ka **AMEERIKA SKEEMIKS**.

Eesti 330kV elektrijaamades on 3/2 skeemid, st lattide vahel on 3VL ja 2 liini läheb välja.

Kaarekustutuspoole valitakse reaktiivvõimsuse varuga 1,1.

$$Q_r = 1,1 * U_f * I_c = 1,1 * \frac{10}{\sqrt{3}} * 153 = 972k \text{ var}$$

Vt. Punkt 7.3

Elektriseadmete maandamine.

Elektriseadmetele on vaja teha:

1. Kaitsemaandus (pingestatud mitte-juhtivate osade jaoks)
2. Talitusmaandus

**Valgumisala** – ala, kus elektrivool valgub maasse.

**Potentsiaalitasandus** – täiendav(ad) elektrood(id), mis on kokkuühendatud maanduselektroodiga.

Selline elektrood tasandab / vähendab elektriohtu alajaamas.

**Puutepinge** – kokkuleppeliselt selline pinge, mis tekib inimese/elusolendi/looma ja maapinna vahel, kui ta seisab maandamisele kuuluvast metallosast 1 meetri kaugusel.

**Sammupinge** – potentsiaalikanne alajaamast kaugemal olevatesse osadesse.

„**Sammupinge**ks nimetatakse pinget maapinna eri punktide vahel, mis asuvad inimese sammu või looma jalgade vahe kaugusel.

Inimese sammu pikkuseks loetakse

0,8 meetrit, loomade jalgevahe võib ületada 2 meetrit.

Voolu alla oleva juhtme maha kukkumisel tekivad maaihenduse kohast kuni 8 meetri kaugusel ringikujulised erineva potentsiaaliga maapinnaosad (rõngad),, (Eesti Energia kodulehelt), rõngastel omvaheline kaugus ongi sammupikkus, igal rõngal erinev pinge.

**Maaihendusvool** - vool, mis alajaamas 1-faasilise maalühise korral tekib, enamikel juhtudel läheb maasse läbi selle alajaama maanduspaigaldise.

On palju ka selliseid juhtumeid, kus alajaamast väljuvad maanduri-toimega kaablid.

110kHz sagedusega pingel – juuksed võivad püsti tõusta.

Ohtlik voolutugevus inimesele on umbes 50mA. On teada ka surmajuhtumeid, kus inimene on surma saanud 1,5mA juures (vool on läbinud ohtlikke punkte inimesel).

**PEN-juht** – Protective Earth Neutral.

Maandused on vaja projekteerida nii, et tavakodaniku jaoks lühise korral pinge ei tõuse üle 67V, elektriõhu teadliku isiku jaoks mitte üle 75V.

1) kui madalpingevõrgu PEN-juht ja kõrgepingevõrgu maanduspaigaldis on kokku ühendatud ainult alajaamas, lubatakse (st. ühes kohas) ( $U_E$  - maanduspinge)

$$U_E \leq U_{Tp} .$$

$$U_E \leq 75V$$

2) Kui madalpingevõrgu PEN-juht on maaga ühendatud mitmes punktis (nii tarbija kui ka alajaama juures) eesmärgiga vähendada neutraalile toimivat pinget, siis

$$U_E \leq X * U_{Tp} ,$$

kus tavaliselt  $X = 2$

$$\text{Ehk } U_E = 2 * 75V = 150V$$

Maanduspinge -  $U_E$