

5 Operatiivjuhtimise keskkond

5.1 Kesküsteemi struktuur ja funktsioonid

Elektrivõrku juhitakse juhtimiskeskusest (dispetšipunktist). Seal asub juhtpult ja juhtkilp, mille vahendusel dispetšerid elektrivõrgu talitlust jälgivad ja juhivad. Juhtimiskeskusesse saavad mõõteandmed ja -signaalid ning sealt lähtuvad juhtkorraldused lülititele ning relekaitse- ja automaatikaseadmetele. Juhtimiskeskuses paiknev riist- ja tarkvara moodustab **kesksüsteemi**, mis võimaldab elektrivõrgu juhtimiseks vajalikke andmeid säilitada ja töödelda ning operatiivpersonalile sobivas vormis edastada.

5.1.1 Kesküsteemi funktsioonid

Kesküsteemi ülesanne on toetada elektrivõrgu operatiivjuhtimistegevusi, nagu

- elektrivõrgu talitluse jälgimine
- lülituste plaanimine ja täitmine
- rikete analüüs
- võrgutopoloogia analüüs
- (üle)koormuste vähendamine
- elektri kvaliteedi tagamine.

Kesküsteemi all mõistetakse riist- ja tarkvara kogumit, mis varustab operatiivpersonalit vajaliku teabega ja juhtimisvahenditega. See mõiste ei seonu dispetšisüsteemi hierarhilise struktuuriga.

Kesküsteemi põhifunktsioonideks on

- andmetöötlus
- sündmuste ja alarmide käsitlemine
- elektrivõrgu talitluse seire ja juhtimine
- aruannete genereerimine
- arhiivide moodustamine.

Lisafunktsioonideks on relekaitse sättesuuruste muutmine, dispetšisüsteemi (serverid, tööjaamad, sidekanalid) järelevalve, süsteemi kasutajate volitamine jm.

Andmetöötlus algab juba sideserveris, kus sidevõrgu kaudu saabunud teave liigitatakse, dekripteeritakse ja mastabeeritakse. Lisaks on sideserveril järgmised funktsioonid:

- andmevahetus teiste kesksüsteemidega
- kohtvõrgu ja juhtkilbi kontrollrite juhtimine
- kaugterminalide seadistus ja kontroll
- erinevate sideprotokollide konverteerimine
- sidesüsteemi diagnostika.

Põhiliselt käsitletakse andmeid süsteemiserveris, kus toimub

- mõõteandmete ja signaalide töötlemine
- sündmuste ja alarmide registreerimine
- lihtsamate arvutuste ja loogikatehete täitmine
- kasutajaliidese (skeemid, tabelid, graafikud) ettevalmistamine
- juhtimiskorralduste moodustamine
- lülituste aruande koostamine ja operatiivpäeviku pidamine
- aruannete koostamine
- arhiveerimine.

Elektrivõrgu talitlusega seonduvate sündmuste diapason on lai, alates võimsuslüli avariilisest väljalülitumisest kuni vähetähtsa relee toimimiseni või seisundimuutujale etteantud piiri ületamiseni. Olulised sündmused liigitatakse alarmideks ja käsitletakse muudest sündmustest lahus. Alarme jaotatakse omakorda mitmesse tähtsusrühma. Alarmide ja tavasündmuste vahevormiks on hoiatused. Dispetšisüsteemi kasutajaliides teavitab alarmidest nii visuaalselt vilkuvate teadetega ja nuppude kujul kui ka heli abil. Dispetšer peab alarmi vastuvõtmist kinnitama (kviteerima).

Inimene läbib dispetšisüsteemiga kasutajaliidese vahendusel. Selge ja lihtsalt käsitletav kasutajaliides on operatiivpersonali tööks hädavajalik. Oluline on nii riist- kui tarkvara kvaliteet. Ergonoomiliselt kujundatud juhtpult ja juhtkilp ning dispetšipunkti muu sisustus on eduka töö tagatiseks. Kasutajaliidese tarkvarast sõltub muuhulgas kuvaripiltide kvaliteet ja otstarbekus. Kasutajaliidese tarkvara kohandamine konkreetse elektrivõrgu tingimustele toimub dispetšisüsteemi konfigureerimise käigus.

Dispetšisüsteemis tehtavad arvutused on matemaatiliselt primitiivsed, piirdudes andmete agregeerimisega ja lihtsate näitajate arvutamisega. Elektrivõrgu seisundite analüüsimiseks ja prognoosimiseks ning avariolukordade ennetamiseks vajalikud keerukad arvutused kuuluvad traditsiooniliselt talitluse tugisüsteemi (*EMS* või *DMS*) ülesannete hulka.

5.1.2 Juhtimiskeskuse riist- ja tarkvara

Kesksüsteemi põhikomponendid on serverid, tööjaamad ja sideseadmed. Süsteemi- ja sideserveri funktsioonid võivad suurtes keskustes olla jaotatud mitme serveri vahel ja vastupidi, väikestes keskustes piisab vaid ühest serverist, mis võib olla ühildatud tööjaamaga. Suurtes keskustes võib olla ka arvutivõrgu server, veebserver ja tulemüür. Klient-server arhitektuuriga arvutivõrgus on serveriks suure jõudlusega ja kettamahuga arvuti, mis säilitab kõiki tööjaamadele (klientidele) vajalikke programme ja faile ning kindlustab nende jagamise klientide vahel.

Dispetšisüsteemid on traditsiooniliselt tuginenud *Unix*-põhistele tööjaamadele. Hiljem on toimunud üleminek operatsioonisüsteemile *Windows* muuhulgas ka nii, et serveriteks on endiselt *Unix*-arvutid, tööjaamadeks aga tavalised *Windows*-põhised

personaalarvutid. Tööjaamade põhifunktsioon on pidada üleval dispetšisüsteemi kasutajaliidest. Tööjaamad ühendatakse üksteisega kohtvõrgu abil, mille ulatus on kuni 2 km. Kohtvõrke saab ühendada silla või ruuteri kaudu lai võrku. Nii võivad kohtvõrgud paikneda üksteisest sadade kilomeetrite kaugusel, toimides loogiliselt ühe võrguna.

Dispetšikeskuse abiseadmetest on olulisim puhvertoiteallikas (*UPS*), mis kindlustab riistvara toite, kui normaalne elektritoide on katkenud. Personali edukaks tööks on vajalikud ka kliimaseadmed ja sobiv valgustus.

Dispetšisüsteemi tarkvara tuumiku moodustavad operatsioonisüsteem, andmebaasid ja süsteemiprogramm. Reaalajasüsteemides aastakümneid kasutusel olnud operatsioonisüsteem *Unix* on nüüd taandumas *Windows* ees. Põhjuseks on firma *Microsoft* muude toodete nagu *Word*, *Excel*, *Access* jt lai levik. *Windows* võimaldab neid programme ja dispetšisüsteemi mugavalt ühildada.

Teave elektrivõrgu operatiivjuhtimiseks säilitatakse andmebaasides. Andmete ja nende rakenduste paljususe tõttu kasutatakse mitmesuguseid andmebaase. Andmebaas võib olla hajutatud, s.t paikneda mitmes serveris. Hajutatud andmebaasi eelis on selles, et ühe serveri rikke korral pole enam võimalik jälgida sellega seotud protsesse, seevastu muud protsessid on jälgitavad normaalselt. Väheneb ka edastatavate andmete maht, sest lokaalsetest serveritest tuleb keskserverisse üle kanda vaid juhtimiskeskusele vajalikud andmed. Andmebaasid toimivad enamasti klient-server põhimõttel, mis tähendab, et andmebaasid paiknevad serveritel, mis teevad ka klientidele vajalikke toiminguid. Kliendiks on tööjaam, millel töötavad kasutajaliidesed ja rakendusprogrammid. Serverid on omavahel ja tööjaamadega ühendatud arvutite koht- või lai võrgu kaudu. Andmebaas säilitab andmeid ja töötleb neid, kontrollib ja korrastab andmeid, teeb lihtsaid arvutusi ja korraldab automaatsuhtimist. Selleks liidetakse andmebaasid vajalike programmidega.

Dispetšisüsteemi andmebaase võib liigitada järgmiselt:

- reaalajaandmebaas
- põhiandmebaas
- arhiivandmebaas
- rakenduste andmebaasid.

Operatiivjuhtimise seisukohalt on esmase tähtsusega reaalajaandmebaas, mis võib paikneda ka sideserveris. Reaalajaandmebaasi salvestatakse andmeedastussüsteemist saabuvad mõõteandmed ja signaalid. Reaalajaandmebaas vahendab ka juhtimiskorraldusi. Põhiandmebaas haarab operatiivjuhtimiseks vajalikud jooksvad andmed ja seadmete parameetrid. Jooksvad andmed, talitluse plaanimistulemused ning arhiivandmed säilitatakse arhiivandmebaasis. Rakendusprogrammide genereeritud andmed paiknevad rakendusandmebaasis. Reaalajaandmebaas on enamasti objektorienteeritud, muud relatsioonilised. Põhjuseks on objektorienteeritud andmebaaside suurem töökiirus. Suhtlemine relatsioonandmebaasidega, mis toimub *SQL*-keele vahendusel, on seevastu tunduvalt hõlpsam.

Süsteemiprogramm täidab dispetšisüsteemi põhifunktsioone, näiteks käsitleb ja salvestab jooksvaid andmeid reaalaajaandmebaasi. Süsteemiprogramm moodustab ka juhtimiskorraldused ja saadab need sideserveri kaudu kohtsüsteemidesse. Süsteemiprogramm toimib koos operatsioonisüsteemiga rakendusprogrammide taustal ilma, et teda oleks vaja eraldi jälgida ja juhtida.

Dispetšjuhtimise toiminguid täidetakse rakendusprogrammides. Programmid, mis teevad lihtsaid arvutusi ja korraldavad talitluse automaatjuhtimist, paigutatakse andmebaasi. Kõrgema taseme rakendusprogrammide ülesandeks on

- moodustada kuvaaknaid
- arhiveerida ja moodustada graafikuid
- koostada aruandeid
- salvestada andmeid andmebaasist failidesse ja lugeda failidest
- konfigurereida süsteemi jm.

5.1.3 Dispetšivalmendi

Elektrivarustuse kasv ning elektrivõrkude ja nende juhtimisvahendite keerukuse tõus seavad operatiivpersonali väljaõppele suuri nõudmisi. Eriti kiiresti muutuvad arvutus- ja sidetehnika vahendid ja võimalused. Üks personali õpetamise abivahend on **dispetšivalmendi**, mis võimaldab

- treenida operatiivpersonali olemasoleva elektrivõrgu ja operatiivjuhtimissüsteemi korral
- õpetada kogenud personali kasutama operatiivjuhtimissüsteemi uusi rakendusi
- õpetada personali toimima pingelises olukorras
- analüüsida rikkestsenaariumeid
- testida võrgu talitlust uutest olukordades
- testida operatiivjuhtimissüsteemi uusi juhtimisvõtteid ja vahendeid
- rakendada dispetšivalmendit talitluse planeerimisel.

Koolitamist vajavate isikute kõrval kasutavad dispetšivalmendit ka juhendajad õpetusprogrammide ettevalmistamiseks ning elektrivõrgu talitluse plaanijad.

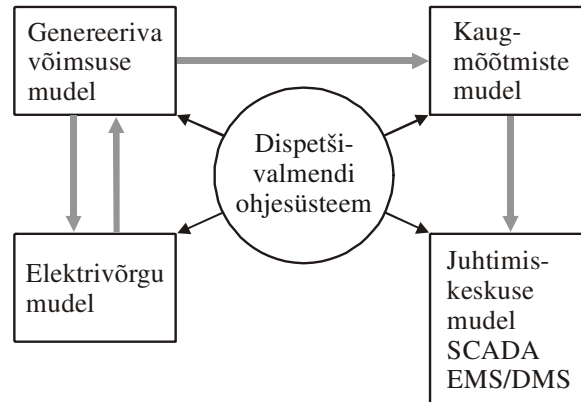
Selleks et dispetšivalmendi täidaks temale pandud ülesandeid, peab ta võimalikult täpselt ja tõepäraselt imiteerima elektrivõrgu talitlust ja selle juhtimisfunktsioone.

Dispetšivalmendi põhiplokid (joonis 5.1) võimaldavad

- modelleerida genereerivat võimsust
- modelleerida elektrivõrku
- täita juhtimiskeskuse funktsioone
- imiteerida kaugmõõtesüsteemi
- täita dispetšivalmendi ohjefunktsioone.

Genereeriva võimsuse mudel kirjeldab elektrijaamade ja kompensatorite väljundvõimsust staatiliselt või dünaamiliselt, arvestades nii kiireid kui aeglasi siirdeprotsesse. Sinna kuuluvad aurukatelde ja muude energiaallikate, turbiinide ja nende kiirusregulaatorite ning generaatorite mudelid. Imiteerida saab ka hüdrojaamade

ning pumpelektrijaamade tööd. Generaatorite aktiivvõimsuse ja süsteemi sageduse arvutamisel võetakse arvesse etteantud koormusgraafikud, koormuse võimalik hälve, elektrijaamade omatarve ja võrgukaod. Reaktiivvõimsuse modelleerimisel arvestatakse generaatorite ja kompensatorite pingeregulaatorite mõju. Imiteeritakse releekaitse toimet ning naabersüsteemide sageduskarakteristikuid.



Joonis 5.1 Dispetšivalmendi põhimõtteskeem

Elektrivõrgu mudel hõlmab

- võrgu skeemi
- koormuse pinge- ja sageduskarakteristikuid
- pingereguleerimise mudelit
- releekaitse mudelit.

Elektrivõrgu imiteerimine tugineb talitluse arvutusprogrammile, mis arvestab sõlmevõimsusi, koormuse staatilisi karakteristikuid ja pingeregulaatorite toimet trafoastmete ja reaktiivvõimsuse allikatele. Kontrollitakse releekaitse rakendumisvõimalusi. Kui kaitse rakendumistingimused on täidetud, siis käivitub vastav sündmuste jada.

Juhtimiskeskuse funktsioonid ühtivad reaalse operatiivjuhtimissüsteemi funktsioonidega, mis on omased dispetšisüsteemile (*SCADA*) ja talitluse tugisüsteemile (*EMS* või *DMS*). Dispetšivalmendi kasutab ära juhtimiskeskuse tööjaamu ja kasutajaliidest (klaviatuurid, kuvarid). Valmendile vajalik dispetšisüsteem ja talitluse tugisüsteem kopeeritakse töösüsteemidest.

Kaugmõõtesüsteemi mudel ühendab juhtimiskeskuse mudeli dispetšivalmendi muude komponentidega. Kaugmõõtesüsteemi mudel imiteerib andmeedastussüsteemi kaudu saabuvald mõõteandmeid ja signaale ning edastab juhtimiskorraldusi. Imiteeritakse ka sidesüsteemi häiringuid ja rikkeid. Rikkis oleku võib määrata ka üksikutele kaugterminalidele. Selliste terminalide kaudu saadetud juhtimiskorraldusi ei täideta.

Dispetšivalmendi ohjefunktsioonid võimaldavad juhendajal

- valida võrgu konfiguratsiooni (jooksvat, möödunut, imiteeritud)
- ette anda stsenaariume, mis sisaldavad üksikuid sündmusi ja nende jadasid
- muuta koormusgraafikute kuju
- valida agregaatide koosseisu elektrijaamades
- defineerida releekaitse karakteristikuid
- muuta harjutuse iseloomu (start, stopp, aeglane protsess, üksiksündmused jm)
- fikseerida harjutustulemusi.

Juhendaja võib treeningu stsenaariumi valikul lähtuda varem ette valmistatud juhtumist, kopeerida elektrivõrgu jooksvat talitlust või rekonstrueerida arhiivis säilitatavaid talitusandmeid, eriti kui need on seotud mõne asetleidnud avariiga. Kõikidel juhtudel võib juhendaja teha omapoolseid muudatusi.

Treeningu stsenaariumi aluseks on sündmused, mida liigitatakse talitluse ning juhtimis- ja andmehõivesüsteemi sündmusteks. Stsenaarium moodustub üksik-sündmuste jadast. Sündmused võivad olla aktiveeritud

- stsenaariumi algusega seotud ajahetkel
- ööpäeva teatud ajahetkel
- sõltuvalt eelnenud sündmustest
- juhtkorralduse alusel.

Juhuslike sündmuste toimumise aeg seotakse stsenaariumi algusega. Ööpäev määrab talitluse reguleerimiseks ettenähtud abinõud, näiteks kondensaatorpataride sisse- ja väljalülitamise aja. Eelnenud sündmustest või treenitava dispetšeri juhtkorraldusest sõltuvalt imiteeritakse automaatikaseadmete tegevust. Juhendaja võib muuta stsenaariumi kulgu, käivitades, peatades, korrates ja jätkates seda. Mõeldav on ka stsenaariumi jooksev muutmine.

5.2 Kasutajaliides

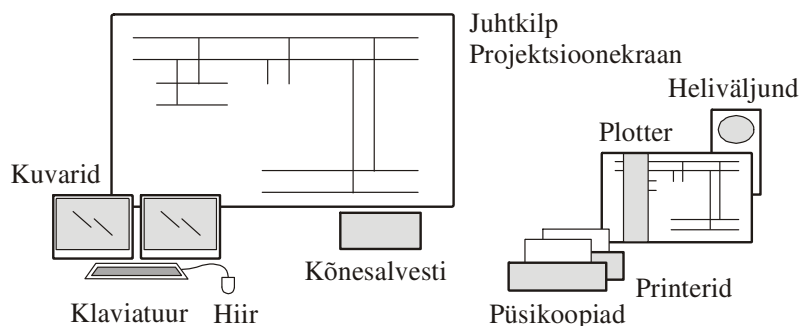
Kasutajaliidese mõju operatiivjuhtimise tulemuslikkusele on suur. Selge ja lihtsalt käsitletav kasutajaliides tõstab oluliselt personali töö efektiivsust ja kindlust.

5.2.1 Kasutajaliidese komponendid

Dispetšerid suhtlevad operatiivjuhtimissüsteemiga ennekõike arvutite sisend- ja väljundseadmete abil (joonis 5.2). Kuvarid, klaviatuur ja hiir moodustavad operaatorikonsooli. Traditsiooniline juhtkilp on viimasel ajal taandumas projektsioon-ekraani ees. Operatiivbrigaadidega ja teiste juhtimiskeskustega suhtlevad dispetšerid ka telefoni või raadio kaudu.

Kogu kasutajaliides põhineb *Windows*'i või *Unix*'i aknatehnikal. Ekraanil võib avada mitu akent. Tööjaama kuvaril saab avada pilte, saata pilte ühelt kuvarilt teisele ja avada ühte pilti mitmel kuvaril, näiteks skeem või trendikõver võib jätkuda ühelt kuvarilt teisele. Põhilised kuvatavad objektid, mille vahendusel toimub elektrivõrgu juhtimine, on

- elektrivõrgu ja alajaamade elektriskeemid
- alarmiteated
- sündmuste ja alarmide loendid
- trendid
- aruanded
- juhtimiskorralduste moodustamise vahendid.



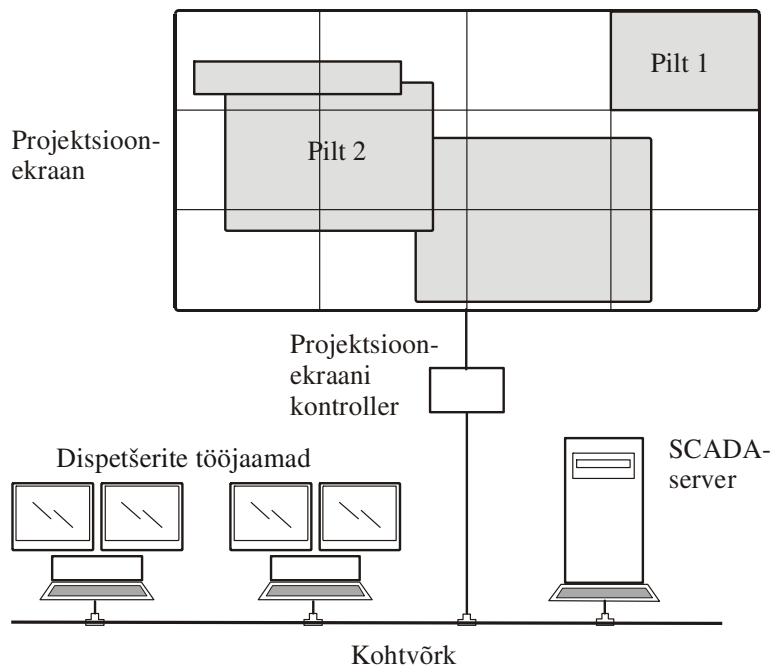
Joonis 5.2 Kasutajaliidese komponendid

Arvutisüsteemi peamised sisendseadmed on klaviatuur ja hiir. Kasutusel on standardsed klaviatuurid, hiirt asendab mõnikord juhtkuul. Enamikku tegevusi juhitakse hiire abil, mis on klaviatuuriga võrreldes tunduvalt käepärasem.

Juhtkilp annab ülevaate elektrivõrgu skeemist ja seisundist. Traditsioonilised juhtkilbid on valmistatud mosaiiktehnikas. Aktiivseid elemente, mis näitavad mõõteandmeid ja lülitite asendeid, esitatakse valgusdiodidega ja vedelkristallkuvaritega. Nüüdisaegsetes juhtimiskeskustes täidab juhtkilbi funktsioone projektsioonekraan, millel on samad pildiesitamise ja käsitlemise võimalused kui kuvaril. Puuduseks on projektsioonekraani suhteliselt väike pindala (umbes üks ruutmeeter), mistõttu pinna suurendamiseks kasutatakse sageli mitut ekraani. Pilte võib kuvada ühel ekraanil (pilt 1 joonisel 5.3) või üle mitme ekraani (pilt 2). Selliseid pilte saab vabalt nihutada ja suumida (suurendada või vähendada). Projektsioonekraani juhitakse dispetšeri tööjaama klaviatuuri ja hiire abil.

Alarmeid võib lisaks ekraanil kuvamisele ja alarmiloendisse salvestamisele teatavaks teha ka helisignaali. Helisignaali antakse arvutisiseselt või helikaardi ja kõlarite kaudu. Helisignaali lõpeb alarmi kviteerimisel. Kõnesüntesaatori abil saab alarmiteate esitada ka sõnadega.

Kõnesalvesti on ette nähtud dispetšeri telefonikõnede salvestamiseks. Nüüdisajal toimub salvestamine numbriliselt, heli digiteeritakse. Sama kehtib ka rikketelefoni abil automaatselt moodustatava vastuse kohta, mis antakse elektritarbijatele elektrikatkestuse korral. Diskreetimissagedus peab ületama kvantitava analoogsignaali kõige kõrgemat sagedust vähemalt kaks korda. Telefonikvaliteediga kõne digiteerimiseks piisab digiteerimissagedusest 8 kHz.



Joonis 5.3 Projektsioonekraani lülitusskeem

Aruandeid, ekraanipilte ning sündmuste ja alarmide loendeid prinditakse automaatselt või soovi kohaselt. Õeldakse, et printer jäädvustab paberile püsikoopia vastandina kuvari hetkekoopiale. Püsikoopia võib saada ka plotteriga, mis lubab teha tehnilisi jooniseid ja skeeme suurele aluspinnale.

Dispetšisüsteemi kvaliteeti iseloomustavad muuhulgas andmete värskendamise aeg ja dispetšeri korraldusele reageerimise aeg. Kuna elektrivõrgu juhtimiseks vajalikke kiireid operatsioone täidab automaatika, ei ole dispetšeri kaudu toimuval tegevusel eriti rangeid ajapiiranguid. Selgub aga, et piirangud seab inimese füsioloogia. Nimelt moodustub inimese ajus lühiajaline mälu, mis uueneb umbes 2 sekundi vältel. Kui dispetšer annab dispetšisüsteemile korralduse ja ootab vastust (nt dialoogi käigus), siis peaks see saabuma 2 sekundi jooksul. Vastasel juhul peab dispetšer pidevalt oma lühiajalist mälu taastama, mis viib ta lõpuks stressiseisundisse. Veelgi kiirem alla 0,1 s peab olema klaviatuuri või hiire reaktsiooniaeg, s.t märgi ilmumine ekraanile või kursori nihkumine. Kui tegemist on aeganõudva operatsiooniga, millele dispetšer kohe vastust ei oota, on lubatud reaktsiooniajad muidugi suuremad. Vaatleme firma *Netcontrol* dispetšisüsteemi *Nematic* näitajaid, kui sideprotokolliks on IEC 870-5-101, kaugterminaliks RTU28 ning andmedastuskiiruseks püsiliinil 1200 bit/s:

- käskude andmine (aeg käsu andmisest kuni kaugterminali digitaalväljundi aktiveerumiseni) 2 s

- spontaanne olekuinfo muutus (aeg kaugterminali digitaalväljundist muudatuseni tööjaama ekraanil) 4 s
- mõõteväärtuse muutus (aeg kaugterminali väljundist muudatuseni tööjaama ekraanil) 5 s
- käsu andmisele järgnev olekuinfo muutus (aeg käsu andmisest tööjaama ekraanilt kuni muudatuseni sellel ekraanil) 5 s
- pildivahetuse aeg (aeg pildivahetuse aktiveerimisest pildi uuenemiseni ekraanil)
 - skeemid 2...4 s
 - sündmuse ja alarmiloendid 5...30 s
 - trendikõverad 5...30 s
 - aruanded 5 s.

Reaktsioonikiirused sõltuvad serverite jõudlusest, operatiivmälu mahust ja sündmuste arvust võrgus. Toodud näide vastab võrgu tavaolukorrale, kui protsessori hõivatus on *ca* 30% ja protsessor pole hõivatud töömahukate ülesannete (näiteks tunniandmete aruande) täitmisega.

Aknatehnika võimaldab samal ajal ühe või mitme kuvariga jälgida erinevaid võrgutalitluse ilminguid. Kasutaja käsutuses on nupud üksikult või tööriistaribana, loendid, menüüd, liugurid, boksid, näituriid jm. Kasutajaliidest on võimalik muuta (konfigureerida) dispetšisüsteemi normaalse töö kõrval ilma süsteemi ümber lülitamata.

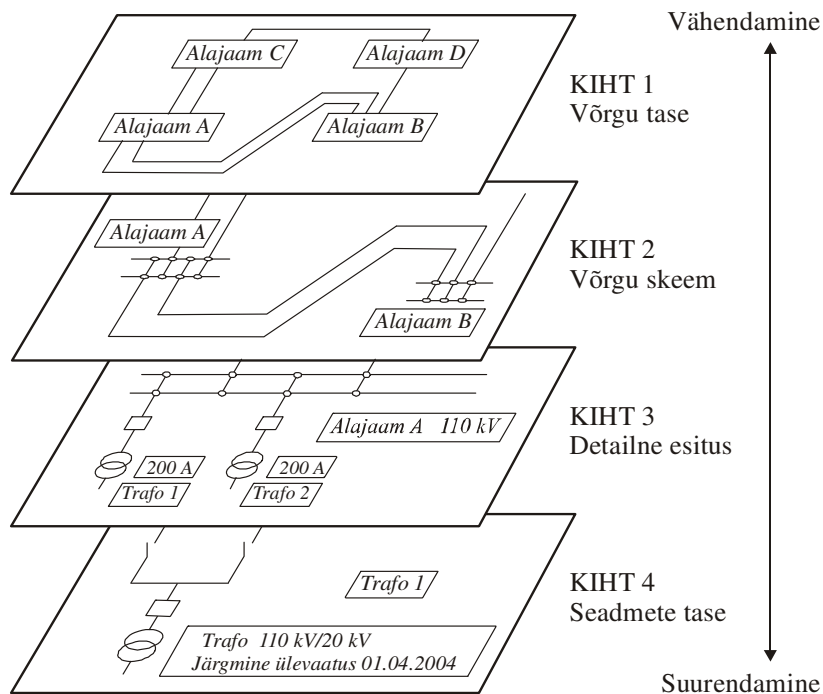
5.2.2 Pildid ja skeemid

Kasutaja jälgib ja juhib võrgutalitlust peamiselt piltide (kuvade) vahendusel. Piltidest on olulisemad võrgu ja alajaamade skeemid. Kasutusel on veel loendid, aruanded (raportid), trendid, süsteemiskeemid jm. Kuvaril saab korraga olla mitu pilti ja vastupidi – üks pilt mitmel kuvaril. Sama rakendusprogramm ja sellega liituvad pildid võivad olla avatuna erinevates terminalides (tööjaamades), kuid juhtida mingit objekti saab vaid ühest kohast korraga. Kuvaaknaid nihutatakse (lohistatakse), suletakse või ikoonitakse (minimeeritakse). Ikoonitud aken tagastatakse endisele kohale vajutusega vajalikule nupule. Taustakaartide olemasolul võib skeeme vaadelda kaartskeemina geograafilise tausta näitamisega või ilma selleta.

Skeemi erinevate vaadete saamiseks on kaks teed: kas valmistada ette vajalik arv valmispilete või koostada jooksev pilt skeemikihtide alusel. Esimest kasutatakse firma ABB dispetšisüsteemis *MicroSCADA*, teist firmade Siemens ja Tekla toodetes *Sinaut Spectrum* ja *Xpower*.

Skeemi kihiline struktuur, mida nimetatakse *worldmap*-esituseks, koosneb mitmesuguse detailsusastmega skeemikihtidest (joonis 5.4), mille arv võib ulatuda 16. Esimene skeem, võrgutaseme skeem, on nähtav kõikidel suumimis- ja detailiseerimis astmetel. Madalama taseme skeemidetaile lisatakse pildile vastavalt

esitustasemele. Jaotusvõrgu skeeme on sageli otstarbekas esitada geograafilise kaardi taustal, mis omakorda koosneb erinevatest kihtidest (8.2.2, 8.5.1).



Joonis 5.4 Elektrivõrgu skeemi kihid

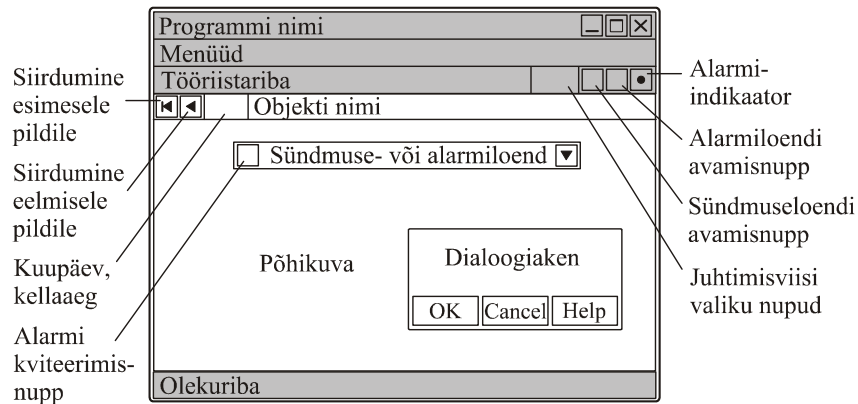
Kuvaaken jaguneb pealdiseks ja põhikuvaks (joonis 5.5). Põhikuva (pilt) vaheldub kasutaja soovi kohaselt. Pealdis on seevastu alati samalaadne. Sinna kuulub peale rakendusprogrammi ja kuvatava objekti nime ning traditsiooniliste kuva juhtimisnuppude veel

- alarmiindikaator
- otsepöördumisnupud sündmuste ja alarmide loendisse
- juhtimisviisi valiku nupud
- olekuriba
- dialoogiaken
- kuva juhtimisnupud.

Põhikuva valitakse ja mugandatakse menüüde abil. Menüüd moodustavad menüüriba või ilmuvad hüpikmenüüna kursoriga osutatud kohta. Nupud, millega dubleeritakse enam kasutatavaid valiktoiminguid, on ühendatud tööriistaribasse. Menüü struktuur sõltub dispetšisüsteemi koostajast, ja on vajadusel muudetav. Menüüdega juhitakse ka töö alustamist ja lõpetamist, spikri (*help*) kasutamist jm.

Alarmiindikaator on punane vilkuv kujund, mis teavitab dispetšerit sellest, et järjekordne alarm on ilmunud või et varem antud alarm ei ole kviteeritud. Kui samal

ajal on esil mitu alarmi, ei kao indikaator peale ühe alarmi kviteerimist, kuid võib näiteks mitte enam vilkuda.



Joonis 5.5 Kuva struktuur

Alarmiteade sisaldab üksikasjalikku teavet alarmi põhjuse kohta¹, mis võimaldab dispetšeril otsustada juhtimistegevuse üle. Alarmiteaded tuleb kviteerida. Seda võib teha suvalises järjekorras. Avatud rakendusprogrammist sõltuvalt võib alarmiteade kuvarile ka ilmutata jääda, seevastu alarmiindikaator ilmub alati.

Juhtimisviis osutab, kas vaadeldav alajaam või muu objekt on kaugjuhitav või lokaalselt juhitav. Olekuinfo annab lisateavet parasjagu kulgeva protsessi kohta. Olekuinfo väljastatakse kuva allosas asetsevale olekuribale.

Dialogiaknad on rakendusprogrammide juhtimiseks. Dialogiaknad on modaalsed, s.t neile tuleb viibata juhtimisnuppude (*Yes, No, OK, Cancel* jm) abil. Lihtsamal juhul koosnebki dialogiaknen vaid ühest teatest ja juhtimisnuppudest. Enamasti on seal veel teksti- ja loendiboksid, valikunupud jm, mis võimaldavad jälgida ja sisestada andmeid, näiteks mõõtesuuruste piirväärtusi ja releekaitse sätteid.

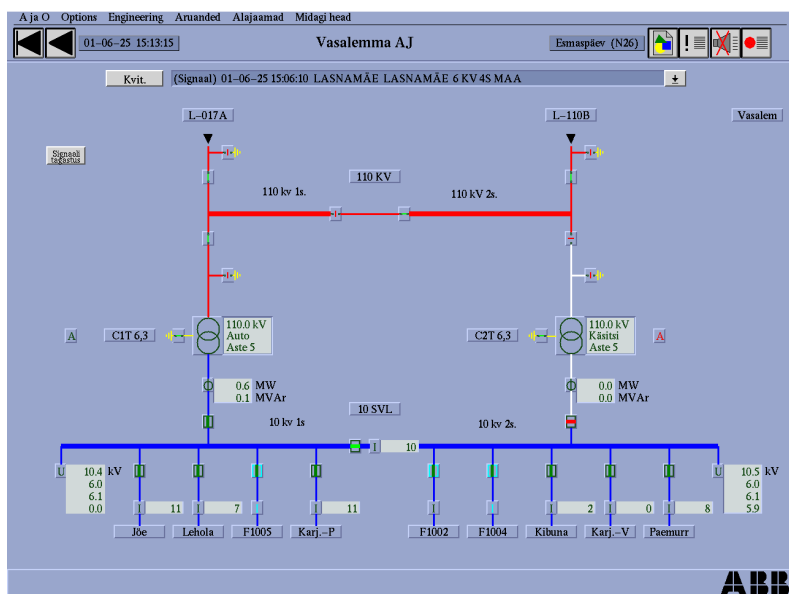
Valmis pildid või pildikihid koosnevad staatilistest ja dünaamilistest objektidest, mida iseloomustavad atribuudid. Dünaamiliste objektide atribuudid on seotud andmebaasiga, mis võimaldab jooksvalt muuta nende värvust, vilkumist, kuju, teksti või arväärtust. Enam kasutatavad atribuudid on

- olekuatribuudid, näiteks lülite asendid (sees, väljas), fiidri seisund (sees, väljas, määramata), lattide ja liiniseksioonide olekud
- alarmi ja staatuse atribuudid, mille põhjal tekitatakse sündmusest alarm
- numbrilised väärtused, mis kujutavad mõõte- ja arvutustulemusi ning ilmuvad nähtavale ettenähtud kuvamistingimustel

¹ Dispetšisüsteemi alarmiteade on suhteliselt primitiivne, osutades näiteks teatud releekaitse toimimisele. Intelligentse alarmiteate, mis kirjeldab ka alarmi esile kutsunud sündmust, võib moodustada tehisintellekti abil.

Operatiivjuhtimise keskkond

- nuppude olekud, mille abil juhitakse elektrivõrku või kuvatavat pilti
- kokkuvõtted, näiteks alarmiteate kviteerimisolek
- trendinäitajad, mis osutavad kuvatava trendikõvera tüüpi, lähteandmeid, aja-vaheemikku, värvust jm
- tabelite andmed esitamiseks kuvaril tabeli kujul
- stringimuutujad, mille kaudu toimub dispetšeri ja operatiivjuhtimissüsteemi vaheline dialoog.



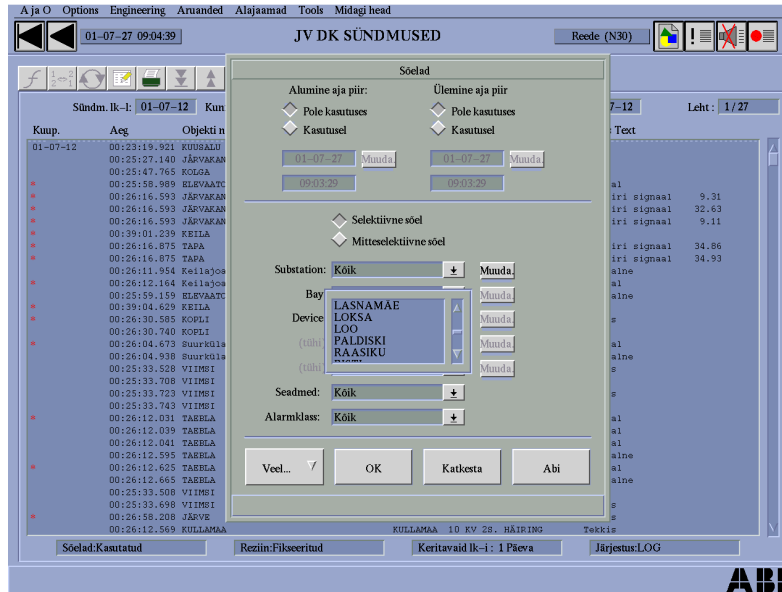
Joonis 5.6 Alajaama skeem

Alajaama skeemil (joonis 5.6) on trafode, lattide, võimsus- ja lahkülitite kõrval ka releede tähised ja mõõteväärtused ning nupud nii alajaama kui üksiklahtrite juhtimisviisi (kaug-, kohalik) muutmiseks. Mingi objekti valikul avaneb hiire topeklõpsuga dialoogiaken, mis annab lisateavet või võimaldab objekti juhtida. Skeemielementide värvus määratakse sageli dünaamiliselt sõltuvalt pingest, pingestusest (sisse- või väljalülitatud, maandatud), saartalitlusest jm.

Elektrivõrgu skeemi saab kuvariekraanil

- kerida (nihutada üles-alla, paremale-vasakule)
- suumida (suurendada, vähendada)
- detailiseerida (detailide arvu suurendada või vähendada)
- lahutada üksikobjektideks.

Eriti otstarbekas on kujutada elektrivõrku geograafiliste kaartskeemidena jaotusvõrkude juhtimisel. Sellised skeemid ei kuulu enamasti traditsioonilisse dispetšisüsteemi, vaid talitluse tugisüsteemi (*DMS*), näiteks firmade ABB ja Tekla tooted *Opera* ja *Xpower* (8.5).



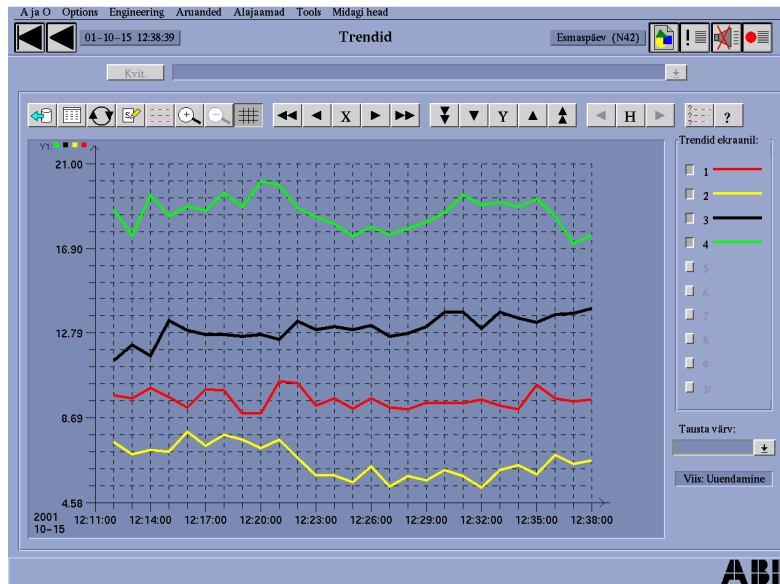
Joonis 5.7 Sündmuste loend ja filter

Sündmused ja alarmid talletatakse logina välismällu ja printerile (logerile). Kuvaaknas esitatakse sündmused ja alarmid loenditena (joonis 5.7). Sündmuseloendisse salvestatakse näiteks 10 000 viimast sündmust, alarmiloendisse vastavalt 500 kehtivat või kviteerimata alarmi. Talitlust võib vaadelda piirkonniti. Igal piirkonnal võivad olla omad loendid. Loendeid saab salvestada ka failina, kuhu vajaduse korral lisatakse kommentaare. Ka andmebaasis paiknevale loendile lisatakse kommentaare ja tehakse otsinguid erinevate tunnuste alusel, mis moodustavad filtri (sõela):

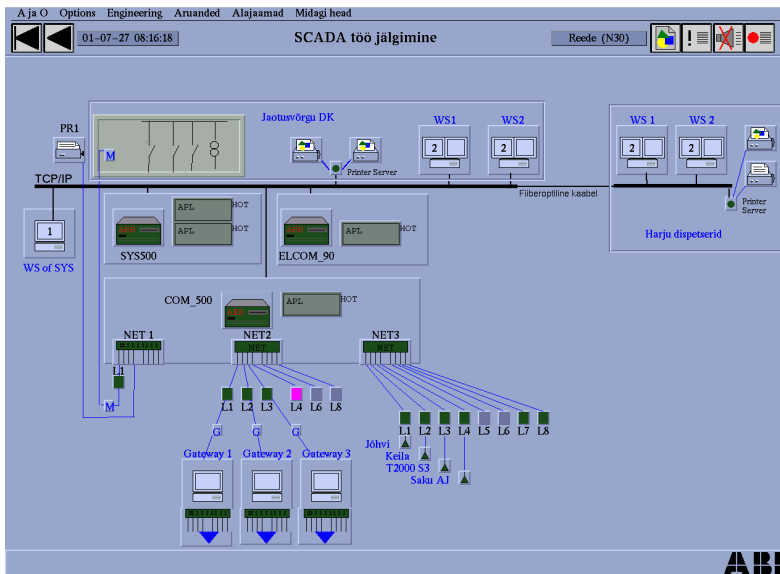
- ajapiirid
- valdkond
- talitluspriirkond
- objekti nimi
- seadme tüüp jm.

Näiteks võib üles leida kõik blokeeritud objektid, kõik teatud terminali analoogmõõtmised jne. Alarmiloend esitatakse kas alarmipildil või skeemil. Skeemil esitatakse mingi arv alarmiloendi ridu ja lahtreid. Tavaliselt näidatakse 1...4 viimast alarmi. Kviteeritakse alarme ühekaupa või lehekülghaaval. Alarmitüüpide eristamiseks kasutatakse värvasi.

Jooksvad mõõteandmed esitatakse trendipildina, mil on tabeli või graafiku kuju (joonis 5.8). Trendikõverate mastaapi ja joonte värvi võib muuta. Nihutatava juusjoone abil tuuakse esile kõverate numbrilised väärtused. Trendipildid ajaintervalliga 30 s kuni 10 min kujundatakse dispetšisüsteemi konfigureerimise käigus.



Joonis 5.8 Mõõtmiste trendipilt



Joonis 5.9 Dispetšisüsteemi skeem

Lisaks vaadeldakse üksikuid mõõteandmeid kiirtrendi kujul, mis on jooksvate mõõtmiste graafik ajaintervalliga 1...100 s. Välja kutsutakse ja vaadeldakse ka kohtsüsteemis (alajaamades) rikkemeerikute poolt registreeritud ja talletatud ostsillogramme ning fiidri- või kohtterminalide koostatud kvaliteediraporteid.

Elektrivõrgu talitluse kõrval on dispetšeril kohustus jälgida dispetšisüsteemi enda toimimist. Selleks on dispetšisüsteemil nii enesekontrolli kui süsteemi seisundi seire vahendid (joonis 5.9). Nii nagu elektrivõrgus jälgitakse süsteemi üksikute elementide toimimist, kuşjuures hindamise aluseks on andmete ülekandmise ja käsitlemise võime. Andmebaasis säilitatakse dispetšisüsteemi skeem ja selle elementide andmed. Süsteemielementide töös esinevad sündmused salvestatakse sellekohasesse logifaili ning töödeldakse. Süsteemi jälgitakse skeemi ning sündmuse- ja alarmiloendite abil. Süsteemielemente (monitorid, serverid, sideserverid, printerid, tulemüürid jm) võib vaadelda ka ühekaupa.

5.2.3 Aruanded ja arhiivid

Mõõteandmeid ja sündmusi vaadeldakse loenditele ja trendidele lisaks mitmesuguste aruannete (raportite) kujul. Kasutusel on mõõteandmete, energia, häiringute jm aruanded. Andmed esitatakse aruannetes enamasti tabeli kujul, kuid need võivad olla ka graafilised. Andmed esitatakse agregeerituna näiteks 15-, 30- või 60-minutiliste intervallide kaupa (joonis 5.10).

Aeg (Märge)	CIT 35 P MW	CIT 35 Q MVAr	C2T 35 P MW	C2T 35 Q MVAr	Saue L A	K-Joa I A	K-Veo II A	35 SVL A	Laitse L A	K-Joa II A
00:00 -	4.1	1.6	0.1	-0.1	26	1	16	30	0	52
01:00 -	3.7	1.5	0.1	-0.1	24	1	15	26	0	45
02:00 -	3.3	1.6	0.0	-0.0	21	1	15	24	0	40
03:00 -	3.0	1.4	0.1	-0.1	18	1	14	22	0	36
04:00 -	3.0	1.5	0.1	-0.0	18	1	15	21	0	34
05:00 -	3.5	1.5	0.1	-0.0	19	1	21	21	0	36
06:00 -	4.2	1.6	0.1	-0.0	21	1	26	25	0	40
07:00 -	5.1	1.9	0.1	-0.0	30	1	29	30	0	51
08:00 -	6.3	2.6	0.0	-0.0	40	1	32	39	0	59
09:00 -	6.7	2.9	0.1	-0.0	43	1	31	44	0	64
10:00 -	6.8	3.0	0.1	-0.1	43	1	32	45	0	67
11:00 -	6.5	2.9	0.1	-0.1	41	1	28	45	0	66
12:00 -	6.4	2.8	0.1	-0.0	40	1	27	46	0	68
13:00 -	6.4	2.8	0.1	-0.0	41	1	29	44	0	65
14:00 -	6.5	2.8	0.1	-0.1	42	1	30	43	0	64
15:00 -	6.5	2.9	0.1	-0.0	40	1	32	44	0	63
16:00 -	6.2	2.8	0.1	-0.0	35	1	28	47	0	65
17:00 -	6.2	2.6	0.0	-0.1	33	1	30	47	0	68
18:00 -	6.1	2.6	0.1	-0.0	33	1	29	45	0	71
19:00 -	6.2	2.5	0.1	-0.1	34	1	29	46	0	75
20:00 -	5.8	2.1	0.0	-0.1	32	1	26	41	0	76
21:00 -	6.2	2.2	0.1	-0.0	32	1	28	46	0	83
22:00 -	6.5	2.1	0.1	-0.0	36	1	27	47	0	85
23:00 -	5.5	2.0	0.1	-0.0	31	1	23	39	0	69
Summa	130.8	54.2	1.5	-1.1	775	14	613	909	7	1441
Kesk	5.4	2.3	0.1	-0.0	32	1	26	38	0	60
Min	3.0	1.4	0.0	-0.1	18	1	14	21	0	34
Max	6.8	3.0	0.1	-0.0	43	1	32	47	0	85

Joonis 5.10 Mõõtearuande pilt

Jooksvaid andmeid võib arhiveerida selleks, et neid hiljem uurida. Mõõteväärtuste kõrval arhiveeritakse ka sündmusi ja alarme. Arhiive on mitmesuguseid. Infot salvestatakse iga 1...30 sekundi või 1...30 minuti järel.

Dispetšisüsteemi kõrval tehakse aruandeid ka muude vahenditega. Kõige lihtsam on aruandlus *Excel*'i abil. Nii jooksvast kui ka arhiivandmebaasist võib infot *Excel*'isse

üle kanda. *Excel*'i ja andmebaasi vaheline link toimib reaalaajas. Võib määratleda näiteks ööpäeva-, kuu- ja aastaaruanded. Need salvestatakse kõvakettale *Excel*'i failidena, mida saavad kasutada kõik võrgu tööjaamad. Aruannetesse võib lisada pilte, mis kantakse üle kuvariekraanilt.

Arvuti kõvakettale salvestatud informatsiooni võib salvestada välisele kõvakettale või lintsalvestisse varukoopia ja arhiivi moodustamiseks. Tulemuseks on trendiarhiiv, aruandearhiiv, sündmuste arhiiv jm.

Aruandluse vormideks on ka logi ja operatiivpäevik. Logi moodustub kronoloogilises järjekorras esitatud sündmustest, mis enamasti prinditakse selleks otstarbeks eraldatud printeriga (logeriga). Logisid talletatakse logifailina. Nii võib dispetšisüsteem talletada logi, mis sisaldab ainult arvutivõrgu sündmusi (seadmete sisse-väljalülitamised, rikked jm). Operatiivpäevikusse kantakse dispetšerite telefoni kaudu antud korraldused ja muud sündmused, mida ei fikseerita dispetšisüsteemis. Operatiivpäevikut peetakse käsitsi paberil või sisestatakse tekst arvutisse.

5.2.4 Juhtimistegevused

Dispetšisüsteem võimaldab lisaks talitluse seirele kaugjuhtida elektrivõrgu seadmeid, ennekõike võimsus- ja lahküliteid. Kaugjuhtimise teel reguleeritakse pinget, muutes näiteks trafoastmeid. Operatiivselt on vaja muuta ka releekaitse ja automaatika sätteid, asetada või eemaldada lukustusi, muuta sündmuste ja alarmide tekketingimusi jm. Põhilised juhtimistegevused ja juhitud objektid on tabelis 5.1.

Kaugjuhtida võib selleks ettenähtud ja vajalike vahenditega varustatud võimsus- ja lahküliteid. Peamiselt on kahte tüüpi lülitamiskäske: eelvalikuga ja ilma. Eelvalikuga lülitamistegevusel on mitu etappi.

- Alajaama skeemilt valitakse lüliti. Ilmub dialoogiaken, milles on info selle kohta, kas lüliti on kaugjuhitav ja kas lülitamine on blokeeritud või lubatud ning kas dispetšeril ja sellelt konsoolilt on lubatud vaadeldavat lüliti juhtida. Lülitamisest kas loobutakse või antakse lülitile olekukohane sisse- või välja-lülitamiskäsk.
- Juhtimiskäsku sisaldav sõnum saadetakse andmesidesüsteemi kaudu alajaama, kus kontrollitakse, kas lüliti asend ja muud tingimused lubavad lülitamistegevust täita. Alajaamast saadetakse juhtimiskeskusesse vastussõnum.
- Kui vastus on lubav, asendub esmane dialoogiaken käsu kinnitusaknaga, kus sama sisse- või väljalülitamiskäsku tuleb korrata. Muidugi võib lülitamisest ka loobuda. Et juhtimiskorralduse tulemusena muutuv lüliti asend ei põhjustaks asjatut alarmi, muudetakse lüliti alarmi tekitava atribuudi väärtust. Alajaama saadetakse seejärel uus sõnum, mille alusel lülitamistegevus täidetakse. Eitava vastuse korral ilmub ekraanile veateade. Esialgne atribuudi väärtus taastatakse, kui juhtimisaken suletakse. Eelvalikuta juhtimistegevusel puudub teine etapp.

Tabel 5.1 Juhtimistegevused ja juhitavad objektid

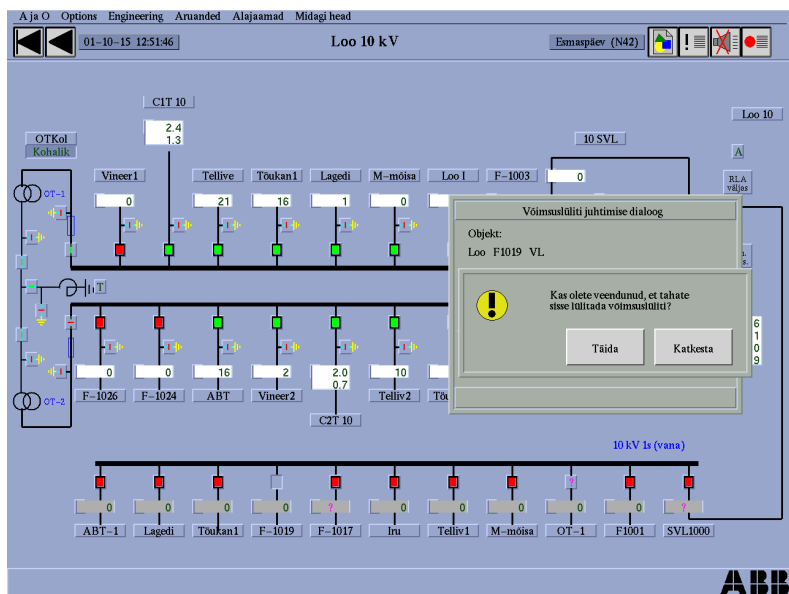
Objekt	Alajaam	Fiider	Võimsuslüliti	Lahklüliti	Trafo astmelüliti	Pinge automaatregulaator	Mõõtmised
Lülitamine	x	x	x	x	x	x	x
Blokeeringute muutmine	x	x	x	x	x	x	x
Sündmuste ja alarmide muutmine	x	x	x	x	x	x	x
Lülituste loendamine			x	x	x		
Sundjuhtimine			x	x			
Normaalasendi fikseerimine			x	x			
Asendi imiteerimine			x	x	x		
Talitusandmete värskendamine	x	x					
Lahtri lukustamine		x					
Mõõtepiiride asetamine							x
Kiirtrendi seire							x
Automaatika ohjamine			x				

Esineb olukordi, kus dispetšer teab, et eitav vastus ei ole põhjendatud. Sel juhul võib ta teha nn **sundlülituse**, mis täidetakse, kui see on füüsiliselt võimalik. Sundlülitamise tingib juhtimissüsteemi andmevahetuse häiring või süsteemi suutmatuse. Näiteks on vanades alajaamades kaabelduse kokkuhoiu tõttu võetud lüliti asend vahereleedelt. Relee rikke korral ei vasta lüliti tegelik asend SCADA-sse edastatud asendile. Kuna sundlülitusel ignoreeritakse lüliti asendit SCADA-s, saab näiteks saata näiliselt seesolevale lülitile sisselülitamise käsu.

Joonisel 5.11 on näide Loo alajaama fiidri F-1019 võimsuslüliti kaugjuhtimiskäsu kinnitamise faasist. Alajaama skeemi taustal on esialgne juhtimise dialoogiaken, mida katab kinnitusaken. Juhitava võimsuslüliti tähis kuvaril vilgub.

Alajaamade ja fiidrite lülitamise all mõeldakse siin nende juhtimisviisi muutmist kaugjuhtimiselt kohalikule juhtimisele ja vastupidi. Juhtimist saab ka täielikult keelata (blokeerida). Ohutuse tagamiseks võib alajaamade ja fiidrite juhtimisel olla võimalus kohalikuks ümberlülitamiseks, mida kaugjuhtimise teel muuta ei saa.

Trafode astmelüliteid nii nagu muidki pingereguleerimise vahendeid juhitakse otse dispetšeri juhtimiskorralduse alusel või automaatselt. Automaatregulaatoreid võib



Joonis 5.11 Alajaama skeem ja lülitamise dialoogiaknad

kaugjuhtimise teel sisse või välja lülitada ning nende sätteid muuta.

Blokeerida või ignoreerida saab seadmete juhtimist, sündmuste ja alarmide teateid, väljatrükke, sündmusega kaasnevaid sündmusi (tegevuste ahelaid), mõõteandmete värskendamist jm. Blokeerimise erijuht on alajaama lahtrite ja muude seadmete lukustamine nii füüsiliselt kui loogiliselt. Näiteks võib lahkülütit lukustada nii, et seda ei saa välja lülitada enne võimsuslülitit. Kuna loogilised lukustused määratakse süsteemiinseneri tasemel, ei saa dispetšer neid muuta.

Sündmusi ja alarme tuuakse juhtimise käigus esile nii enne juhtimiskorralduse andmist või näiteks veateate selgitamisel. Juhitava objektiga seotud alarmi kviteeritakse ka juhtimistegevuse aknast. Lisaks jooksvate sündmuste teadetele võib jälgida muud teavet objektide kohta.

Lülituste loendamine on vajalik hoolduste ja remontide plaanimisel. Lülitite normaalasendid liituvad elektrivõrgu normaalskeemiga, mis peaks antud olukorras (suvi, talv vms) tagama elektrivõrgu optimaalse talitluse. Mittenormaalasendite esiletoomine (nt värvitooniga) võimaldab lihtsalt kindlaks teha, kas on tegemist normaalskeemiga või mitte.

Lüliti asendite imiteerimisel juhtimiskorraldust tegelikkuses ei täideta, kuid võrgu skeem (värvused jm) kuvaril muutub. Kuna muutused piirduvad andmebaasiga, võib sel teel parandada sidehäirete ja muude asjaolude tõttu esinevaid kõrvalekaldeid. Mõeldav on ka harjutada (dispetšivalmendi asemel) lülitamist. Sel juhul taastatakse andmebaasi seis harjutusseansi lõpus.

Talitusandmed värskendatakse andmehõivesüsteemis pärast katkestusi enamasti automaatselt. Kui see nii ei ole või kui soovitakse olukorda kontrollida, võib andmed esile tuua sellekohase toiminguga. Värskendamine õnnestub muidugi vaid siis, kui andmed on alajaamas tegelikult mõõdetud ja lokaalselt talletatud.

Mõõdetavatele suurustele antakse enamasti neli piirväärtust: ülemine ja alumine hoiatus- ja alarmipiir. Mõeldavad on ka võimalikkuse piirid, mille ületamine osutab mõõtesüsteemi veale. Alajaamasisesel sideprotokollil IEC 870-4-103 on selleks otstarbeks ületäitumise bitt, mis saab väärtuse 1, kui mõõtmine on väljaspool mõõtepiirkonda. Nii viitab näiteks suur voolu väärtus fiidris. Vältimaks ülemäära suure arvu hoiatuste ja alarmide genereerimist, võib piiri asemel anda mittetundlikkuse ala. Sel juhul genereeritakse sündmus alasse sisenemisel ja väljumisel, mitte aga liikumisel ala sees. Mittetundlikkuse ala on vajalik nullväärtusele, sest fluktuatsioonid mõõtesüsteemis võivad näidata nullist erinevat tulemust ka siis, kui seade on välja lülitatud.

Automaatika ohjamine tähendab ennekõike releekaitse, taaslülitamise- ja reservi lülitamise automaatide sisse- ja väljalülitamisi. Nende seadmete sätteid on võimalik kaugmuuta uute alajaamade mikroprotsessoripõhiste koht- ja fiidriterminalide korral. Näitena olgu toodud firma ABB *SPACOM*-releed ja *REF*-fiidriterminalid. Sarnaseid seadmeid tarnib Siemens ja teised firmad.

5.3 Dispetšisüsteemi konfigureerimine

Dispetšisüsteemi tarkvara koosneb ühtsest või hajutatud baassüsteemist ning side-seadmete, tööjaamade ja perifeeriaseadmete tarkvarast. Konfigureerimine tähendab dispetšisüsteemi tarkvara kohandamist konkreetse elektrivõrguga. Allpool vaadeldakse konfigureerimist firma ABB dispetšisüsteemi *MicroSCADA* näidetel.

5.3.1 Konfigureerimise eesmärgid

Dispetšisüsteemi *MicroSCADA* funktsioonid on jaotatud erinevate serverite vahel.

- Süsteemiserver *SYS500* kogub sideserveri *COM500* kaudu elektrivõrgu jälgimiseks ja juhtimiseks vajalikke andmeid, haldab ja teenindab andmebaasi, korraldab andmevahetust ja suhtlemist tööjaamadega lähivõrgus, juhib perifeeriaseadmeid, korraldab päringuid, teeb aruannete koostamiseks vajalikke arvutusi, korraldab sidet teiste rakenduste ja süsteemidega ning teeb varukoopiaid.
- Sideserver *COM500* täidab andmete kogumise, sorteerimise ja jaotamise toiminguid. *COM500* toetab erinevaid sideprotokolle, pollinguviise ja side-meediaid. Väiksema infomahuga rakenduste korral on *COM500* integreeritav *SYS500*-ga, mis vähendab süsteemi riistvara maksumust. Konfigureerimisega määratakse sideserveri koht andmehõivesüsteemis kui ülem-alluv või võrdõigusvõrgu sõlm.

Kogu süsteemi toimimist jälgib valvur (*watchdog*), kes kontrollib andmesidevõrgu sõlmede seisundit, sõlmedevahelisi ühendusi, andmevahetust jm. Avastatud ebakõlade puhul püüab valvur neid kõrvaldada, minimeerides võimalikku infokadu.

Dispetšisüsteemi konfigureeritakse üksikute rakenduste kaupa, mis kuuluvad mingisse baassüsteemi. Erinevaid baassüsteeme ühendab sidesüsteem (joonis 5.12). Esmaseks ülesandeks ongi luua üldine konfigureerimisskeem, mille põhisõlmedeks on baassüsteemid ja sideserverid. Lisaks on skeemis veel tööjaamad, printerid ja muud välisseadmed.

Baassüsteemid toimivad süsteemiserverites. Andmesidet korraldavad sideserverites asuvad programmid. Andmeside korraldatakse loogiliste objektide vahel. Neid ühendab sidevõrk, mille kaudu peetakse sidet erinevate protokollide vahendusel.

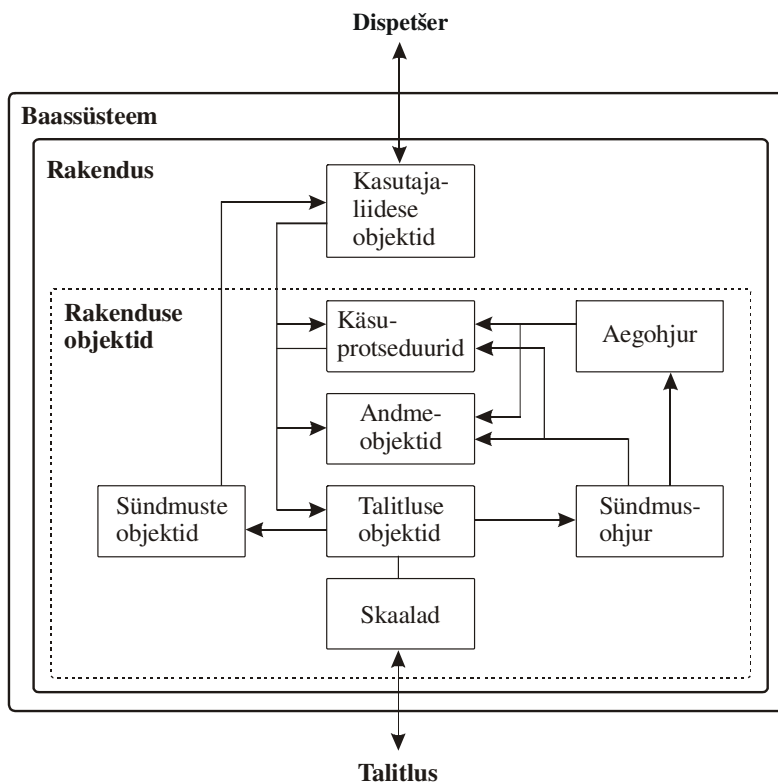
Konfigureerimise põhiülesanne sidesüsteemi kujundamise kõrval on luua rakendusi (pildid, dialoogid, andmebaasid jm) ja tagada nende funktsionaalsus. Rakenduste üldisi omadusi konfigureerib süsteemi administraator, kellel on dispetšisüsteemi suhtes kõrgeimad volitused (5.3.4). Rakenduste funktsionaalsust (mõõteandmete piirväärtused, pildil esitatavate mõõteandmete koosseis, värvid jm) konfigureerib süsteemiinsener või ka dispetšer. Konfigureerimise töövahendid kuuluvad *MicroSCADA* teekidesse, millest põhiline on *LIB500*. Rakendused põhinevad *SCIL*-keelel (*Supervisory Control Implementation Language*).

5.3.2 Rakenduste konfigureerimine

Rakendus on dispetšisüsteemi tarkvarapakett, mis on kujundatud mingite eesmärkide täitmiseks. Rakenduse tunnuseks on ühine andmebaas, sarnane kasutajaliides ja kindlaksmääratud kasutajad. Rakenduse konfigureerimine tähendab kasutajaliidese üldiste omaduste fikseerimist, andmebaaside struktuuri loomist ja kasutaja õiguste (volituste) kinnistamist nii isikutele kui konsoolidele. Mingi rakendus võib olla ette nähtud näiteks võrgurajooni või suurema alajaama juhtimiseks. Omaette rakendusteks on dispetšivalmendi juhtimiskeskuse mudel ja dispetšisüsteemi jälgimissüsteem.

Rakenduse konfigureerimine seisneb kitsamas mõttes kasutajaliidese kujundamises (joonis 5.13). Igal rakendusel on kaks fikseeritud käivituspilti, mida kuvatakse automaatselt iga kord, kui avatakse rakenduse aken või uus konsool. Nende piltidega seondub kasutaja õiguste kontroll, kuvaakende määratlused (nt failide otsimistee ja monitori värvid), esitatakse kasutaja õigustele vastavad menüüd jm. Ülejäänud rakendus koostatakse kasutaja vajaduste kohaselt, järgides põhiprintsiipe ja soovitusi. Rakenduste loomiseks vajalikud vahendid (šabloonid ja standardfunktsioonid) kuuluvad *LIB500*, *LIB510*, *LIB520* jt teekidesse. Vajaduse korral võib kasutaja neid vahendeid muuta ja lisada *SCIL*-keele abil.

Kasutajaliidese kuvaakna pilt (põhikuva) ja pealdis (menüüd, juhtimisnupud, alarmiindikaator jm) on dünaamiliselt seotud rakenduse objektidega nagu talitluse ja



Joonis 5.13 Baassüsteemi rakendus

sündmuse objektid ning käsuprotseduurid. Kõik dünaamilised objektid peegelduvad andmebaasis, mis tagab piltide automaatse vastavuse jooksvatele andmetele. Rakendusse kuuluvad veel sündmuse ohjur ja ajaohjur, mis käivitavad uusi toiminguid mingi sündmuse toimumisel või etteantud ajal.

Rakenduse üldsätetes määratakse vahetustega töötavate kasutajate (dispetšerite) tööaja kestus ja kasutusaja lõppemisest hoiatamise tingimused. Sätestatakse, kas rakendus töötab alajaama või elektrivõrgu juhtimise režiimis. Sellest oleneb mõistete “kaug” ja “kohalik” ning juhtimisõiguste tõlgendus. Keele valiku dialoog võimaldab määrata nii rakenduses kasutatava keele kui ka keele üksikul monitoril. Suve- ja talveaja kasutamine ning lisatunni käsitlemise tingimused on konfigureeritavad. Soovi korral võib sündmuse arhiivis registreerida, milline kasutaja millisel monitoril juhtimiskorralduse andis. Sündmuse kirjeldamiseks on kasutusel viieosaline struktureeritud tekst. Sätetes määratakse, milliseid osi tekstide koostamisel kasutatakse.

Määratakse kindlaks arhiveeritavate mõõteandmete ajaloo ulatus, mis võib olla kuni 5 aastat, mõõtmiste uuendamise sagedus (vaikimisi 3 min), operatiivmälus

säilitatava ajaloo ulatus (8 päeva) ja andmete töötlemise baasperiod (60 min). Aruannete koostamiseks saab määrata nädala alguspäeva ja ööpäeva algustunni. Kui kasutatakse mõõtmisandmete prognoosi, tuleb määrata prognoositava vahemiku ulatus (kuni 15 päeva). Lülitite oleku tunnuseid (alarmeeriv, blokeeritud, side häirete tõttu uuendamata jne) on võimalik näidata erinevate värvide või sellekohaste tähekombinatsioonide (sufiksrite) abil.

Baaspildi menüüd saab konfigurereida kolme erineva grupina. Ühisesse ossa kuuluvad menüüpunktid on samad kõikidel pildidel, selgitusi ja nõu andev menüü osa on rakendusele ühine. Peale selle saab igale pildile määrata oma spetsiifilise osa menüüst. Menüüpunkte võib lisada, redigeerida või muuta mittekasutatavaks. Kasutuses olev menüüpunkt kas näitab pilti, avab dialoogi või täidab kasutaja koostatud programmi.

Uued alajaamad dispetšisüsteemis suurendavad rakenduse andmebaasi mahtu ja vähendavad kõvaketta vaba ruumi. Ketta vaba ruumi jälgib eriprogramm, mis hoiatab, kui vaba ruum muutub väiksemaks kasutaja poolt määratud mahust. Uus rakendus tehakse baassüsteemile teatavaks baassüsteemi konfigureerimisfailis, kus määratakse rakenduse nimi, asukoht, olek, tööjaamade arv, välisseadmed jm.

5.3.3 Rakenduste funktsionaalsuse kujundamine

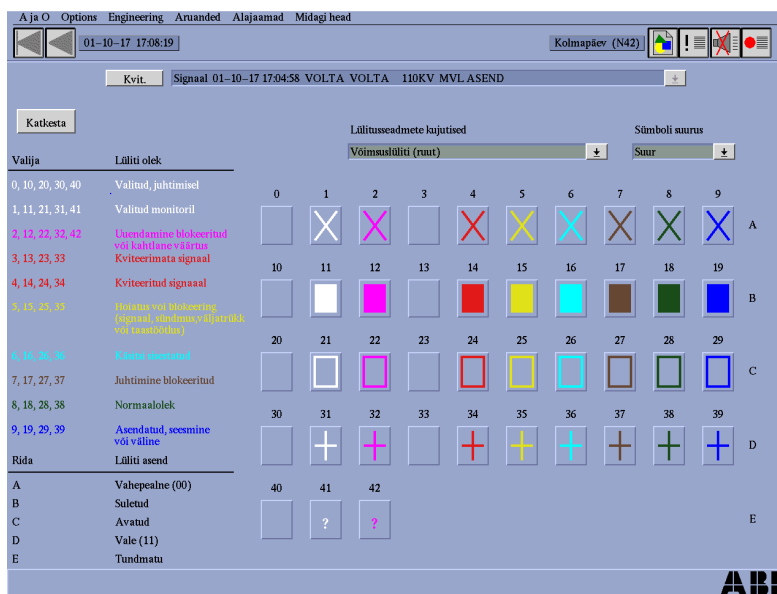
Konfigureerimise etapil eesmärkide ja struktuuride tasemel määratud rakendused vajavad detailset funktsionaalsuse kujundamist. Praktiliselt tähendab see pildiloomet ja andmebaasi moodustamist. *MicroSCADA* korral taandub funktsionaalsuse kujundamine peamiselt pildiloomele, sest standardsete vahendite kasutamisel moodustatakse pildidele vastavad andmebaasiobjektid automaatselt.

MicroSCADA standardfunktsioonid on otstarbe järgi grupeeritud erinevatesse teekidesse. Teegi *LIB500* suuremad funktsioonigrupid on ette nähtud baas- ja sidesüsteemi ning rakenduse töö jälgimiseks, elektriskeemi dünaamiliseks värvimiseks ja detailide (nupud, dialoogid, väljad, loetelud, kerimisribad jm) kujundamiseks. Teek *LIB510* sisaldab vahendeid võrgutopoloogia kirjeldamiseks ning relee-kaitsese, häiresalvesti, kvaliteedi seire, trendide ja aruannete generaatori moodustamiseks. Joonisel 5.14 on šabloonid võimsuslülitite kujutamiseks alajaama skeemil.

Tüüpiline rakenduse pildi näide on alajaama skeem, mille põhikomponentideks on

- skeemi staatiline kujutis
- lülitite, regulaatorite, relee-kaitsese jm olekute dünaamiline esitus
- mõõtmiste ja jälgitavate parameetrite väärtuste ja lubatud piiride kujutamine
- juhtimis- ja reguleerimistoimingute tegemise vahendid
- hoiatustest, alarmidest, side rikketeadetest teavitamine ja nende kviteerimine
- mõõtmiste, asendite ja muu info tõepärasuse kontroll.

MicroSCADA pildiloomet algab baaspildi installeerimisega, millele soovitatakse esmalt kanda alajaama standardfunktsioon. See võimaldab



Joonis 5.14 Võimsuslülitid kujundi šabloonid

- teha üldküsitlust andmete uuendamiseks, kui tekib kahtlus, et mingil põhjusel on automaatne andmete uuendamine ebaõnnestunud
- üle anda alajaama juhtimisõigusi kohalikule remondipersonalile, realiseerides sellega printsiipi, et juhtida saab vaid ühest kohast korraga
- blokeerida alajaamast saabuvat infot, mis alajaamas tehtavate tööde ja testide korral segavad ja häirivad dispetšeri tööd
- imiteerimise abil säilitada dispetšeri kuvaril alajaama normaalskeem, kuigi alajaamas tehtavate tööde ja testide käigus võivad lülitite olekud pidevalt muutuda.

Alajaama standardfunktsiooni konfigureerimine seisneb kasutatavale sideprotokollile spetsiifiliste parameetrite, andmebaasi objektide nimede ja kasutusõiguste grupi määramises. Konfigureeritavate parameetrite hulk oleneb alajaama seadmete ja sideprotokolli tüübist.

Alajaama standardfunktsiooniga sarnaneb fiidri funktsioon, mis toetab jaotusvõrgus tüüpilist olukorda, kus väljuva fiidri kõigi seadmete juhtimine, kaitse ja mõõtmised tehakse ühe seadme, fiidriterminali kaudu. Funktsiooni konfigureeritakse nagu alajaama funktsiooni, lisanduvad vaid fiidriterminali iseärasustega seotud sätted. Nii alajaama kui ka fiidri funktsioonid võib kujundada pildis nähtavatena või mitte-nähtavatena. Funktsionaalsuse tagamiseks on oluline, et loodud oleksid kõik vajalikud andmebaasi objektid.

Lülitusseadmed konfigureeritakse selleks ettenähtud standardfunktsiooniga. Määratakse lüliti nimi, tüüp, omadused ja kujutis ning andmebaasi erinevate objektide koostöö. Lülitusseadme andmehõive ohjamise funktsionaalsus ühtib suurel määral fiidri omaga, puudub andmete uuendamise võimalus ja lisanduvad mõned lülititele spetsiifilised omadused, nagu sisse- või väljalülitamise korralduse andmine olenevata asendist (sundlülitamine), lülitamiste loendamine, normaalasendi meelepidamine jm. Tarkvaraliste blokeeringute ja lukustuste kasutamine või mittekasutamine on jäetud süsteemiinseneri pädevusse ja see pole dispetšerile kättesaadav. Lülitiga seonduva info edastamiseks kasutatakse kümmet värvust, mis mõnel juhul tähelepanu äratamiseks vilguvad. Nii näiteks on kaitsest välja lülitunud lüliti punane ja vilgub seni, kuni dispetšer on teate kviteerinud. Lüliti, mille juhtimine on blokeeritud, on pruun, normaalasendis lüliti aga roheline. Juhtimiseks valitud lüliti muutub valgeks ja vilgub, kuni juhtimiskorraldus on täitmiseks ära saadetud. Lüliti, millega seotud teated on blokeeritud, on kollane, sidehäirete tõttu uuendamata asend on lilla, imiteeritud või asendamistunnusega saabunud asend on sinine jne. Kui andmevahetusprotokoll kindlustab tagasiside juhtimiskorralduste edukuse või tõrke kohta, luuakse selliste teadete vastuvõtmiseks lüliti konfigureerimise käigus vastav andmebaasi objekt. Selline tagasiside hõlbustab tõrke korral põhjuse (sidehäire, täitevahel, blokeering) kindlakstegemist.

Igale mõõtmisele antakse nimi ja luuakse vastav andmebaasi objekt. Standardfunktsioon võimaldab mõõtmiste aknas korraga näidata kuni nelja mõõtmist. Peale jooksva väärtuse fikseeritakse iga mõõtmise kohta suurim ja vähim väärtus ja väärtus, mis mõõtmine näitas, kui aken avati. Neid suurusi saab avatud aknas kustutada ja alustada uuesti suurima ja vähima väärtuse jälgimist. Kõigile mõõtmistele saab määrata suurimad ning vähimad hoiatus- ja alarmipiirid, mille kehtivust jälgitakse numbriliselt või graafiliselt. Mõõtesuuruse muutumist näeb graafiliselt kiirtrendi kujul. Iga mõõtmisega seotakse konfigureerimise käigus skaala, mis teisendab mõõteandmed soovitud ühikute süsteemi.

Trafo standardfunktsiooni abil reguleeritakse pinget ja lülitatakse sisse või välja automaatset pingeregulaatorit. Trafo standardfunktsiooniga saab siduda konfigureeritava akna, milles võib näidata ühte pinge väärtust, pingeregulaatori olekut, trafoastet ja osalust grupireguleerimises.

Alarmi indikatsiooni standardfunktsioon võimaldab siduda dispetšerile olulised alarmeerivad signaalid konkreetse alajaama pildiga. Sellega vabastatakse dispetšer vajalike signaalide otsimisest alarmide nimekirjast. Üks standardfunktsioon käsitleb kuni 8 alarmi. Kui sama alarmi tahetakse näidata erinevates piltides, antakse alarmile lingitunnus ja andmebaasi objekti aadress, kust alarmeeriv väärtus ja tekst saadakse.

Releekaitse ja taaslülitusautomaatika töötamisest alarmeerivaid signaale visualiseeritakse märgendite standardfunktsioonide abil, mis asetatakse võimsuslüliti juurde ja mis muutuvad kaitse töötamisel vilkuvana nähtavaks. Märgendile ilmuv

kujutis informeerib töötanud kaitse liigist või käimasolevast taaslülitamise tsüklist. Kujutistena kasutatakse tavapäraselt releekaitse sümboolikat (nt I>> – voolulõige, AR3 – taaslülitamise kolmas tsükkel). Võimalik on valida 50 erineva releekaitsemärgi ja 10 erineva taaslülitamismärgi vahel. Kui releekaitse töötamisega on kaasnenud ka tagastamist nõudva relee asendi muutus ja see relee on kaugjuhtimise teel tagastatav, siis konfigureeritakse vastavale võimsuslülitile relee tagastamise lisafunktsioon. Märgeendi standardfunktsiooni konfigureerimisel tuleb arvestada kaitserellede eripäradega. Kui kasutatakse *SPACOM*-releede signaale, soovitatatakse luua sündmuste andmebaas *SPACOM*-relee konfigureerimise vahendiga ja siduda see märgeendi funktsiooniga.

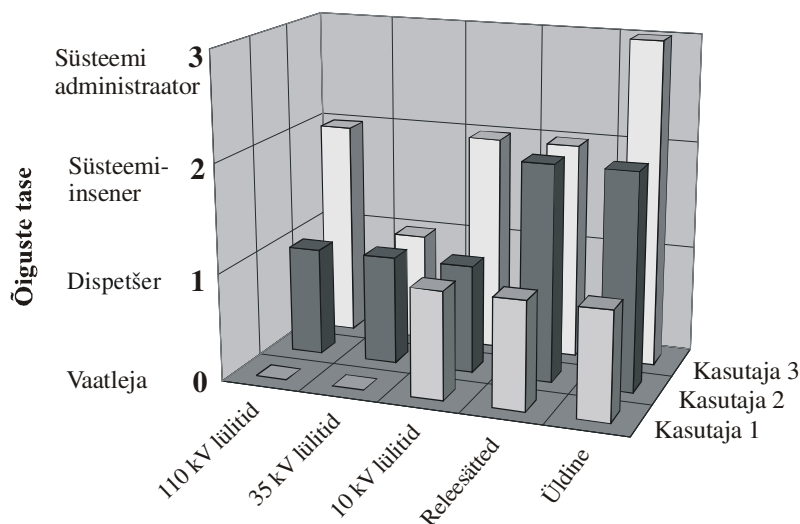
Väiksemate fiidripunktide, trafopunktide, jaotusvõrgu lülituspunktide ja teiste püsivate sideühenduseta objektide juhtimiseks ja jälgimiseks on omad standardfunktsioonid. Kuna jaotusterminalil (*DTU*) on reservtoiteallikana aku, siis jälgitakse ka aku ja terminali kütte seisundit. Akut saab testida, kütet reguleerida ja aku minimaalpinge registraatorit nullida.

5.3.4 Volitamine ja privileegid

Töö alustamisel (sisselogimisel) operaatorikonsoolilt autoriseeritakse esmalt kasutaja. Selleks küsitakse kasutaja nime ja parooli. Nende tunnuste järgi määratakse kasutaja volituste tase, millele lisandub veel konsooli tase. Volituste tase määrab, missuguseid juhtimistegevusi võib kasutaja teha ja milliseid rakendusprogramme kasutada. Kõik hilisema töö käigus toimuvad sündmused, mis johtuvad kasutaja tegevusest, märgistatakse tema tunnusega. Kasutajate tunnused fikseerib süsteemi administraator. Erandina võib parooli muuta kasutaja ise. Näide volituste võimalike tasemete kohta on tabelis 5.1.

Tabel 5.1 Volituste tasemed dispetšisüsteemis

Volituste tase	Kasutaja	Märkused
0	Vaatleja	Vaatleja võib jälgida elektrivõrgu talitlust ja dispetšisüsteemi seisundit, kuid ei saa täita juhtimistegevusi
1	Dispetšer	Dispetšer saab nii jälgida kui juhtida, kuid tema õigused on piiratud
2	Süsteemiinsener	Süsteemiinseneril on kõik õigused, välja arvatud kasutaja tunnuseid muuta
3	Süsteemi administraator	Süsteemi administraatoril on kõik õigused, kaasa arvatud muuta kasutajate nimekirja ja tunnuseid. Süsteemil on vaid üks administraator, kelleks süsteem arvab esimesena registreerinu



Joonis 5.15 Dispetšisüsteemi kasutajate õigused

Õiguste (privileegide) piiramine tähendab näiteks seda, et dispetšer võib seadme juhtimist ka keelata (blokeerida) ning varem seatud blokeeringuid tühistada. Kui aga keelu on lukustamise kujul seadnud süsteemiinsener, siis dispetšer seda muuta ei saa. Õigusi piiratakse ka seadmete ja juhtimisfunktsioonide kaupa (joonis 5.15). Konsoolikohased õigused määravad, milliseid operatiivjuhtimise funktsioone saab antud töökohast täita. Võimalikud funktsioonid esitatakse puustruktuurina. Kui mingi funktsioon ei kuulu antud konsoolile, siis keelatakse täita vaadeldava haru kõigi madalama taseme funktsioone.

Kasutajad võivad süsteemi siseneda ka telefonimodemite vahendusel. Sel juhul luuakse ühendus tagasi helistamisega, et vältida mittevõlgitatud kasutajate süsteemi ühendamist. Sama võtet kasutatakse veebipõhise andmeside korral. Jälgitakse ka süsteemi mittekuuluvate arvutite ja mittekasutatavate portide süsteemi ühendamise katseid. Süsteemi tungijate isikud püütakse hiljem välja selgitada. Tähtsamate ühenduste korral kasutatakse selleks ettenähtud arvutit, tule müüri, mis lisaks kasutajate autoriseerimisele krüpteerib ja dekrüpteerib andmeid.

Operatiivjuhtimise keskkond
