



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Sähköjako- järjestelmän toiminta- varmuuden parantaminen

Väli-raportti

13.4.2012

**Mat-2.4177 Operaatiotutkimuksen
projektityöseminaari**

Antti Aikala
Teemu Käsäkangas
Ilmari Pärnänen (projektipäällikkö)
Outi Pönni
Anton von Schantz

Sisällysluettelo

1. Johdanto	2
2. Tähänastiset toimenpiteet	2
2.1 Tapaamiset PVTT:n kanssa	2
2.2 Työnjako.....	2
2.3 Datan hankinta	2
2.4 Mallin strukturointi ja valinta.....	3
3. Mallin toiminta	4
4. Päivitetty arvio riskeistä	4
5. Jatkotoimenpiteet.....	5
6. Aikataulu.....	5
Lähdeluettelo	6

1. Johdanto

Esittelimme noin kuukausi sitten projektisuunnitelmamme ja olemme tähän mennessä edenneet aikataulun mukaisesti. Ongelma on nyt saatu rajattua niin, että olemme pystyneet muodostamaan ensimmäiset ratkaisumallivaihtoehdot ja ohjelmoimaan niiden pohjalta toimivan työkalun. Mallien toimivuudet ovat vielä kyseenalaisia, joten kokeillaan tarpeeksi erilaisia lähtöasetelmiä. Tulosten pohjalta voimme suorittaa eri menetelmien hyvyystarkastelun. Lopputuloksena toivomme saavamme aikaan jonkin mahdollisimman hyvän yksinkertaistetun mallin pohjalta toimivan työkalun, jota voidaan käyttää sellaisenaan tai sitä on vaihtoehtoisesti myös helppo jatkokehittää PVTT:n tarpeiden mukaan.

2. Tähänastiset toimenpiteet

2.1 Tapaamiset PVTT:n kanssa

Projektisuunnitelman esittelyn jälkeen olemme tavanneet PVTT:n edustajan kahdesti.

- 16.3. Alustavan mallisuunnitelman esittely
- 4.4. Ensimmäisten mallien tulosten esittely ja kommentointi sekä jatkotoimenpiteistä sopiminen

Saimme molemmissa tapaamisissa PVTT:n edustajalta hyödyllisiä neuvoja jatkotoimenpiteiden suhteen, ja jo tekemäämme työhön oltiin myös tyytyväisiä.

2.2 Työnjako

Jaoimme projektin vaatimat työt keskenämme seuraavalla tavalla

- Antti: Ohjelmoiminen, Excel, Matlab
- Anton: Algoritmien vertailu, ohjelmoiminen
- Ilmari: Kokonaisuuden hallinta, vastuu esityksistä ja raporteista
- Outi: Tiedonhaku, väliraportin valmistelu, grafiikka
- Teemu: Tiedonhaku, ohjelmoiminen, loppuraportin valmistelu

Itsenäisen työskentelyn lisäksi ryhmä on kokoontunut säännöllisesti niin tehtävien määrittämissä osissa kuin myös kokonaan tilanteen kartoittamista varten. Työnjako on osoittautunut toimivaksi ja resurssija on allkoitu tarpeiden mukaan.

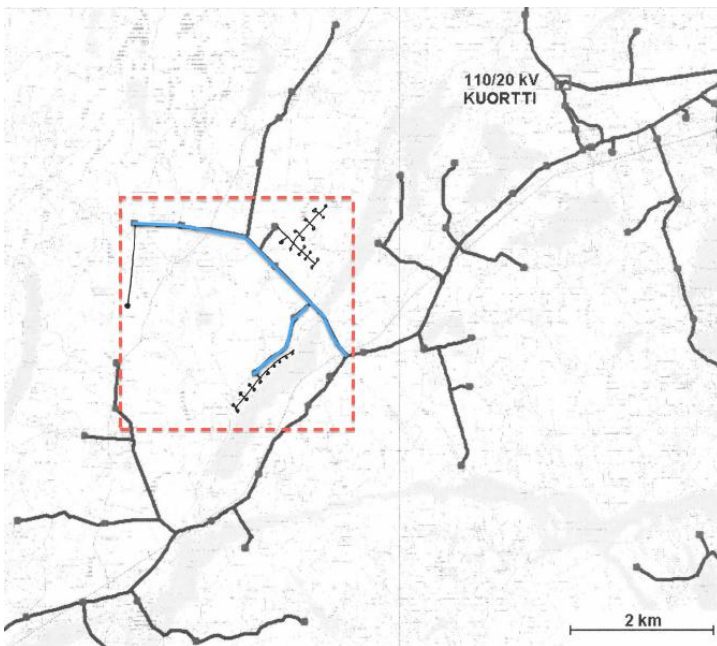
2.3 Datan hankinta

Mallia varten selvitettiin maakaapelin sekä dieselgeneraattoreiden kustannuksia. Energiamarkkinavirastolta [1] saatiin sähköverkkokomponenttien ohjehinnat vuodelle 2012. 20kV maakaapelienn hinnat riippuvat kapasiteetista (1.4–16 MW), ja hinnan vaihtelu on siten suurta: 23–145 k€/km. Yksinkertaistettua mallia varten otetaan näistä keskiarvo 60 k€/km. Hintaan oletetaan mukaan asennus, mutta huoltokustannuksia ei huomioida tässä vaiheessa.

Varavoimakoneen hinnat vaihtelevat puolestaan välillä 8-15 k€ [2], josta otetaan myös keskiarvo 11.5 k€. Varavoimakone on uusittava n. 30 vuoden välein, mutta tätä ei oteta parametriarvoksi yksinkertaistettuun malliin. Koneen huolto on keskimäärin 300 käyttötunnin välein ja huollon hinta on huomattavasti muita kustannuksia pienempi, joten huoltokustannusta ei oteta huomioon.

Lisäksi tietoa löydettiin kotitalouksien sähkönkulutuksesta. Omakotitalo kuluttaa keskimäärin 18.5 MWh/a [3] ja maatila (120 lehmää) keskimäärin 120 MWh/a [4]. Näitä sähkönkulutustietoja voidaan hyödyntää sähkökatkosten kustannuksia laskettaessa ja varavoimakonetta mitoitettaessa.

Sopivaa esimerkkiverkkoa mallin demonstroimiseksi ja testaamiseksi ei suoraan löydetty mistään. Näin ollen käytettiin pohjana kirjallisuudesta löytynyttä kuvaa 20kV keskijänniteverkosta [5], johon piirrettiin testaamiseen sopiva pienjänniteverkko. Kuvassa 1 on esitetty mallin testaamisessa käytetty esimerkkiverkko, jossa tutkittava alue on rajattu punaisiin katkoviivoin, 20kV keskijänniteverkko on esitetty sinisellä ja 0,4kV pienjänniteverkko on esitetty harmaalla. Pienjänniteverkkoja on yhteensä 3 kpl, joista yhdessä on ainoastaan maatila, toisessa on 15 asuintaloa ja kolmannessa 12 kesämökkiä. Keskijänniteverkon pituus on yhteensä 6km, ja pienjänniteverkkojen pituudet 0,7km, 1,5km ja 1km edellä mainitussa järjestyksessä.



Kuva 1: Esimerkkiverkko.

2.4 Mallin strukturointi ja valinta

Mallin ensimmäinen versio rakennettiin mahdollisimman yksinkertaiseksi. Tätä varten tehtiin joukko yleistyksiä:

- Dieselgeneraattoreita on vain yhtä tyyppiä ja ne ovat talokohtaisia.
- Pienjänniteverkoissa ei esiinny silmukoita.
- Tarkastelussa otetaan huomioon vain ilmajohtojen vikaantumiset.
- Ilmajohtojen ikää ja kuntoa ei oteta huomioon, ja ilmajohtot oletetaan päällystämättömiksi.
- Keskitytään tarkastelemaan vioista aiheutuvaa keskimääräistä sähkönjakelun keskeytysaikaa.
- Ei otetaan huomioon lievempiä, ainoastaan tehohäviöön johtavia vikoja; verkon komponentti joko toimii, tai ei toimi.
- Oletetaan, että maakaapelin rakennuskustannukset eivät riipu siirtotehosta.
- Viasta riippuvat kustannukset lineaarisia ja ne alkavat "origosta" eli nollasta.
- Maakaapelin hankinnassa ei oteta huomioon sijaintia verkon osassa, vaan ainoastaan pituus on määritetty.

Verkkomalli rajattiin tarkastelemaan ainoastaan haja-asutusalueita, ja niiden keski- ja pienjänniteverkkoja. Mallissa kustannukset on määritelty sähköyhtiön kannalta.

3. Mallin toiminta

Teimme Excel-pohjan, mihin syötetään optimoitavan verkkomallin tiedot. Excel-tiedostoon tulee syöttää tiedot keskijänniteverkoista sekä pienjänniteverkoista. Eli kuinka pitkiä kaapeliverkot ovat, montako rakennusta kussakin verkossa on sekä paljonko keskeytyskustannuksia rakennukselle aiheutuu sähkökatkoksesta. Seuraavaksi Matlabista ajetaan funktiot, joiden avulla verkon tiedot Excelistä saadaan muutettua sellaiseen muotoon, että eri optimointialgoritmit pystyvät ottamaan ne parametreiksi ja edellä määritelty optimointiongelma saadaan ratkaistua.

Ensimmäistä versiota optimoitiin eri algoritmeilla eivätkä ne toimineet vielä kovin hyvin. Päätettiin muokata malli paremmin optimoituvaksi. Mallin toinen versio oli helpommin optimoituva, mutta laajoilla verkoilla toinenkin versio vaatii vielä edelleen kehittämistä.

4. Päivitetty arvio riskeistä

Riskit ovat pysyneet suurimmaksi osaksi samoina. Datan löytämistä ei kuitenkaan enää lueta riskiksi, sillä mallia varten saatiin tarpeeksi parametreja. Parametreja voidaan myös päivittää tarkemmiksi, mikäli uutta tietoa ilmaantuu. Malli on tarpeeksi geneerinen, joten muodostettua esimerkkiverkkoa monimutkaisempaa sähköverkkoa ei ole tarvetta enää etsiä. Malliin liittyen on ilmaantunut kaksi uutta riskiä, jotka on esitelty taulukossa 1. Muut riskit eivätkä niiden todennäköisyydet ole muuttuneet.

Taulukko 1: Riskitekijät, niiden todennäköisyydet, vaikutukset sekä ennaltaehkäisy-mahdollisuudet.

Riskitekijä	Todennäköisyys	Vaikutus	Ennaltaehkäisy
Projekti viivästyy	alhainen	Projektiä ei saada ajoissa valmiiksi	Projektin aikataulu suunnitellaan tarpeeksi tarkkaan ja asetetaan välitavoitteita.
Tietolähteet eivät ole tarkkoja	alhainen-kohtalainen	Lisätyötä, aiheuttaa paljon muita riskejä	Käytetään tietoa hyväksemme, joka on samaa kaikissa lähteissä.
Malli ei kuvaa todellisuutta tarpeeksi hyvin	kohtalainen	Mallin tulokset eivät ole luotettavia	Testataan mallia riittävästi ja analysoidaan tuloksia.
Algoritmia, joka ratkaisee optimointiongelman, ei löydy	alhainen-kohtalainen	Optimointiongelman ratkaisu ei onnistu	Optimointiongelma ei saa olla liian monimutkainen.
Ei ymmärretä tarpeeksi hyvin toimeksiantajan tarvetta	alhainen	Toimeksiantajalla ei ole käyttöä mallille sekä mallin antamille tuloksille	Pidetään tarpeeksi usein yhteyttä toimeksiantajan kanssa ja esitellään välituloksia.
Ryhmänsisäiset ristiriidat	alhainen	Työn hidastunut eteneminen	Työtehtävät jaetaan mahdollisimman tasaisesti ryhmänjäsenien kesken.
Ryhmien jäsenten poissaolot	alhainen-kohtalainen	Työn hidastunut eteneminen	Tiivis keskinäinen viestintä ja kaiken kerätyn ja tuotetun aineiston säilytys Dropbox-sovelluksessa.

5. Jatkotoimenpiteet

Seuraava askel projektissa on edelleen muokata mallia helpommin optimoitavaksi ja tehdä virheanalyysi luoduille mallin ratkaisualgoritmeille ja parannella algoritmien ja Matlab-koodien toimintaa. Lisäksi ajattelimme kokeilla erilaisia sakko- sekä estefunktioita simuloidun jäähdytyksen tapauksessa ja mahdollisesti vielä muita evolutiivisia algoritmeja optimointitehtävän ratkaisemisessa. Tämän jälkeen valitsemme jonkinlaisen hyvyysmitan mallille, jonka perusteella valitsemme parhaan mahdollisen algoritmin.

Edelleen tarkoituksenamme on tehdä hyvin yksinkertainen optimointi, missä lisätään vaiheittain sähkönsyötön varmuutta parantava komponentti (varavoimakone tai sähköverkon osan kaapelointi) valitsemalla hyöty-investointi suhteeltaan edullisin investointikohde. Tämä luo yhden murtoviivan kustannus-investiointi-kuvaajaan.

Mikäli aika riittää, niin muokkaamme hieman optimointitehtävän formulointia, niin että siinä on mahdollista lokalisoida kohta mihin maakaapelia asennetaan. Joka tapauksessa, saatuaamme parhaan mahdollisen mallin ja ratkaisualgoritmin valittua, niin suoritamme mallille herkkyyksianalyysin. Herkkyyksianalyysissä tutkimme paljonko mallin antamat tulokset muuttuvat mikäli hintaparametrit tai käytettävissä oleva budjetti muuttuu.

Heti kun herkkyyksianalyysit on tehty, niin aloitamme loppuraportin kirjoittamisen. Esittelemme työmme lopulliset tulokset myös PVTT:n omassa seminaarissa, joka pidetään samana päivänä kuin loppuraporttien esittely. Olemme sopineet PVTT:n kanssa, että lähetämme työn tulokset sähköpostitse ennen wappuviikkoa. Mikäli tarve vaatii, niin sovimme heidän kanssaan vielä yhden tapaamisen.

6. Aikataulu

Projektiin liittyvät tärkeät päivämäärät:

- 11.4. Väliraportti valmis
- 13.4. VTT-vierailu, esitys valmis tähän mennessä
- 26.4. Paranneltu, lopullinen malli algoritmeineen valmis
- 11.5. Loppuraportti valmis, esittely PVTT:llä, projekti päättyy

Tähän mennessä projekti on kulkenut hyvin aikataulussa. Ensimmäinen optimointimalli valmistui jopa reilusti aikatauluansa edellä. Mallin parantelemistyöt asettavat haasteita, koska niiden työmäärästä ei ole tarkkaa arviota.

Lähdeluettelo

- 1 Energiamarkkinointivirasto – Sähkönjakeluverkon komponenttien yksikköhinnat 2012. [Internet]. [cited 2012 Mar 13.]. Available from: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=2759&pgid=195>.
- 2 FinGen Oy, sähköpostikeskustelu [Internet].
- 3 Vattenfall. [Internet]. [cited 2012 Mar 13]. Available from: <http://www.vattenfall.fi/fi/omakotitalo.htm>.
- 4 Taavitsainen T, Lappalainen I. Maatilojen energiaohjelma, Energiaa viisaasti maatilalla, Motiva Oy [Internet]. 2011 Apr.
- 5 Lohjala J. Haja-asutusalueiden sähkönjakelujärjestelmien kehittäminen - erityisesti 1000V jakelujännitteen käyttömahdollisuudet. [Internet]. 2005 Available from: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/45440/isbn952214004X.pdf?sequence=1>.