



Muuntajan kaasuanalysaattorin simulointisovellus

Tuomas Teuho

OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

TEUHO, TUOMAS:

Muuntajan kaasuanalysaattorin simulointisovellus

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Lokakuu 2021

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin suurjännitemuuntajan kaasuanalysaattorin toimintaa simuloiva sovellus. Opinnäytetyön tilaajana toimi Tampereen aikuiskoulutuskeskus ja kaasuanalysaattorina Vaisalan kosteus-, vety- ja lämpötilalähetin MHT410. Simulointisovelluksen tavoitteena oli mahdollistaa Tampereen aikuiskoulutuskeskuksen opetuksen kehittäminen kaasuanalysaattorin simulointisovellusta hyödyntäen. Tehtyä simulointisovellusta voidaan käyttää apuna esimerkiksi muuntajan kunnossapidon koulutuksissa.

Simulaatiosovellus toteutettiin Pythonia käyttäen. Python on maailman kolmanneksi suosituin ohjelmointikieli, ja se valikoitui tähän opinnäytetyöhön yksinkertaisuutensa ja helpon opittavuutensa takia. Pythonin graafinen käyttöliittymäpaketti Tkinter soveltui hyvin sovelluksen käyttöliittymän tekoon, joten se oli myös yksi syy käyttää Pythonia.

Simulointisovellukseen toteutettiin erilaisia muuntajan koulutustilanteita, joissa kaasuanalysaattori antaa todellisen kaltaisia mittaustietoja muuntajasta. Koulutustilanteissa koulutettavien on tarkoituksena keksiä paras toimintatapa kyseiseen tilanteeseen sekä havainnoida, miten kaasuanalysaattori näyttää muutokset muuntajassa. Sovellukseen tehtiin myös kaasuanalysaattorin led-tilojen simulointi niiden merkityksen ymmärtämiseksi. Sovellukseen tehtiin lisäksi kunnossapidon asentajille yleinen toimintaohje muuntajan hälyttäessä.

Simulointisovelluksesta luotiin ajettava tiedosto, joka ladattiin Tampereen aikuiskoulutuskeskuksen Nirvan kampuksen tietokoneelle, jossa se on opiskelijoiden käytettävissä. Simulointiohjelman todellinen hyöty nähdään ajan kuluessa, kun Tampereen aikuiskoulutuskeskus on ottanut simulointisovelluksen osaksi opetustaan. Sovelluksesta saattaa tulevaisuudessa olla hyötyä myös Fingrid Oyj:n kunnossapidon asentajille, koska Fingrid on suunnitellut hankkivansa Vaisalan MHT410-kaasuanalysaattoreita suurjännitemuuntajiinsa.

Asiasanat: simulointisovellus, kaasuanalysaattori, muuntaja

ABSTRACT

Tampereen Ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

TEUHO, TUOMAS:
Simulation Application for Transformer Gas Analyser

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 2 pages
October 2021

The purpose of this thesis was to design and create an application that simulates the operation of a high voltage transformer gas analyzer. The thesis was commissioned by the Tampere Adult Education Centre and the gas analyzer was Vaisala's humidity, hydrogen, and temperature transmitter MHT410. The aim of this thesis was to improve the development of teaching with the simulation application at the Tampere Adult Education Centre. The simulation application can be used, for example, in transformer maintenance training.

The simulation application was created using the python programming language. Python is the third most popular programming language in the world and was chosen as the programming language for this thesis due to its simplicity and ease of learning. Python's Tkinter graphical user interface package was well suited for making an interface for this application, which was also one of the reasons to use Python.

The simulation application consists of various transformer training situations, in which the gas analyzer provides different measurement data about the transformer that mimic real life situations. In the training situations trainees are supposed to propose the best solution for each situation, as well as observe how the gas analyzer shows changes in the transformer. Furthermore, the application includes a simulation of the gas analyzer LED states for trainees to learn their meaning. In addition, a general operating instruction was created for the maintenance fitters in case of an alarm activation of the transformer.

An executable file was created from the simulation application, which was downloaded to a computer on the Nirva campus of the Tampere Adult Education Centre, where it is available for the students to use. The real benefits of the simulation application will be seen over time, when the Tampere Adult Education Centre has incorporated the simulation application as a part of their teaching. The application may also be useful for Fingrid Oyj's maintenance fitters in the future, as Fingrid has planned to acquire Vaisala's MHT410 gas analyzers for their high voltage transformers.

Key words: simulation application, gas analyzer, transformer

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TAMPEREEN AIKUISKOULUTUSKESKUS	7
3	MUUNTAJA	8
3.1	Muuntajan kuunnonvalvonta	9
3.2	Muuntajan kaasuanalysaattorit	9
4	SIMULOINTI	12
4.1	Simulointi yleisesti	12
4.2	Tietokonepohjainen simulaatio	13
5	PYTHON-OHJELMOINTIKIELI	16
5.1	Python yleisesti	16
5.2	Tkinter-käyttöliittymäkirjasto	17
6	KAASUANALYSAATTORIN SIMULOINTISOVELLUS	20
6.1	Simuloidut tilanteet	22
6.2	Kaasuanalysaattorin led-tilat	31
6.3	Toimintaohje ja laitteen tiedot	33
7	POHDINTA	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	38
	Liite 1. Vaisala MHT410 tekniset tiedot	38
	Liite 2. Toimintaohje muuntajan hälyttäessä	39

LYHENTEET JA TERMIT

API	Ohjelmointirajapinta (Application programming interface)
EXE	Executable file (ajettava tiedosto)
Graafinen käyttöliittymä	Graafisista komponenteista koostuva tietokoneohjelman käyttöliittymä
H ₂	Vetykaasun kemiallinen merkki
Järjestelmä	Joidenkin periaatteiden mukainen toiminnallinen kokonaisuus (systeemi)
Kaasuanalysointilaitteisto	Laitteisto, jolla analysoidaan muuntaajaan syntyneitä vika-kaasuja
kV	Tuhat volttia (jännitteen yksikkö)
MHT410	Vaisalan kosteus-, vety- ja lämpötilalähetin suurjännitemuuntajan kunnonvalvontaan (Moisture, Hydrogen and Temperature Transmitter)
NaN	Not a Number (määrittelemätön numeroarvo)
PMW	Python kirjasto yhdistettyjen Tkinter-komponenttien rakentamiseen.
ppm	Parts per million (suhdeyksikkö, joka ilmaisee, kuinka monta miljoonasosaa jokin on jostain)
Python	Ohjelmointikieli
RS	Relative saturation (suhteellinen kylläisyys)
Simulointisovellus	Sovellus, jolla jäljitellään todellisuutta tai todellisuuden tilanteita
sr	Rekisteröity säätö
TAKK	Tampereen Aikuiskoulutuskeskus
Tk	Käyttöliittymäkirjasto
Tkinter	Pythonin käyttöliittymäkirjasto
UNIX	Käyttöjärjestelmä
usb	Universal Serial Bus (sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen)
UV	Ultravioletti

1 JOHDANTO

Sähköasemien suurjännitemuuntajien kunnonvalvonta on hyvin tärkeää, että vältytään yllättäviltä muuntajan vikatiloilta. Muuntajan elinikää voidaan pidentää kunnonvalvonnalla turvallisesti ja hallitusti. Muuntajan kuntoa valvotaan erilaisilla valvontalaitteilla, jotka ottavat näytteitä muuntajaöljystä ja analysoivat öljyyn kertyviä vikakaasuja. Vetykaasu (H₂) on yksi näistä vikakaasuista. Sen kasvavalla muodostumisella voidaan usein huomata muuntajassa syntynyt vika ja toimia ajoissa, jotta vältytään käyttökeskeytyksiltä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda Tampereen Aikuiskoulutuskeskukselle opetuskäyttöön simulointisovellus muuntajan kaasuanalysaattori MHT410:n toiminnasta. Simulointisovellus tehdään siksi, että sitä voidaan hyödyntää TAKK:in opetuksessa muuntajien kunnossapidosta sekä kaasuanalysaattorin toiminnasta. Kaasuanalysaattorilla mitataan muuntajaöljyn kosteutta, vetypitoisuutta ja lämpötilaa. Simulointisovelluksen avulla voidaan esittää erilaisia tilanteita, jossa vetykaasua syntyy muuntajaan, ja miten kaasuanalysaattori näyttää kaasujen muodostumisen. Opinnäytetyössä simuloidaan myös kaasuanalysaattorin tilaledien toimintaa. Ledien tiloja simuloimalla voidaan harjoitella laitteen eri toiminta- ja vikatiloja. Tämän avulla kunnossapidon asentajan on helpompi paikantaa, onko vika laitteessa vai muuntajassa. Simulointisovellukseen tehdään lisäksi yleinen toimintaohje muuntajan hälytyksen sattuessa. Simulointisovellusta hyödyntäen Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksen opiskelijat voivat harjoitella muuntajan kunnonvalvonnassa käytettävän kaasuanalysaattorin toimintaa virtuaalisesti TAKK:in sähkökentällä Tampereen Nirvassa.

Python-ohjelmointi on keskeisessä osassa tätä opinnäytetyötä, koska opinnäytetyö toteutetaan kokonaan python-ohjelmointikielen Tkinter-käyttöliittymäkirjastoja käyttäen. Näin siitä saadaan luotua tietokonesovellus Tampereen Aikuiskoulutuskeskukselle.

2 TAMPEREEN AIKUISKOULUTUSKESKUS

Työn tilaajana toimi Tampereen Aikuiskoulutuskeskus TAKK, joka on monialainen ammatillinen kouluttaja ja työelämän kehittäjä. TAKK:ia ylläpitää Tampereen Aikuiskoulutussäätiö sr. Tampereen Aikuiskoulutuskeskukselta löytyy ammatillisia perustutkintoja, ammatti- ja erikoisammattitutkintoja sekä ammatillista lisä- ja täydennyskoulutusta yli 20 ammattialalta. Koulutuksia, toimintaa sekä oppimisympäristöjä kehitetään yhteistyössä eri työelämän ja yritysten kanssa. TAKK:lla opiskelee noin 4 000 opiskelijaa päivittäin ja heillä on kaikkiaan yhteensä yli 11 000 opiskelijaa. (TAKK 2021a)

Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksessa on monipuolisesti eri koulutusmuotoja. Niitä on omaehtoinen koulutus, oppisopimus-, työvoima-, ja henkilöstökoulutus. Omaehtoisessa koulutuksessa voi opiskella sivu- että päätoimisena. Se on tarkoitettu aikuisille, jotka haluavat ylläpitää ja kehittää ammattitaitoaan. Oppisopimuskoulutus on työsuhteeseen perustuvaa koulutusta ja se on suunnattu kaikille ammattitaitoa, tutkintoa tai lisäkoulutusta tarvitseville. Työvoimakoulutus on työ- ja elinkeinohallinnon kautta haettavaa päätoimista koulutusta, joka on tarkoitettu ensisijaisesti työttömille ja työttömyysuhan alaisille aikuisille, jotka ovat suorittaneet oppivelvollisuutensa. Henkilöstökoulutus on yrityksen tai organisaation henkilöstölleen hankkimaa ja kustantamaa koulutusta.

(TAKK 2021b)

Vuosina 2018–2020 Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksen yhtenä hankkeena oli sähköaseman rakentaminen. Sähköaseman tavoitteena oli rakentaa monipuolinen, turvallinen ja laadukas oppimisympäristö sähköverkkoalan koulutuksiin. Oppimisympäristö koostuu 110 kV suurjännitekytkinlaitoksesta ja voimajohdoista. Oppimisympäristön tavoitteena on tarjota opiskelijoille laajempaa ja monipuolisempaa sähköalan opetusta. Myös ammatillista täydennyskoulutuspalveluntarjontaa voidaan laajentaa sähkökentän myötä.

(TAKK 2021c)

3 MUUNTAJA

Muuntaja on sähkölaite, jonka tarkoituksena on muuntaa jännitteen ja sähkövirran suuruutta. Muuntaja rakennetaan useista kierroksiksi taivutetuista johtimista, jota kutsutaan käämitykseksi ja käämityksen sisällä on yhteinen rautasydän. Rautasydän tehdään laminoiduista levyistä vaihtokentän synnyttämien ns. pyörrehäviöiden minimoimiseksi. Muuntajia on sekä yksi tai monivaiheisia, joista jälkimmäisestä on eniten käytössä kolmivaihemuuntajat. (Hietalahti 2011)

Kuvassa 1 on esitetty kuva sähköaseman suurjännitemuuntajasta, joka on saman tyylinen kuin Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksen muuntaja, johon tämä opinnäytetyö perustuu.



KUVA 1. Suurjännitemuuntaja (sst 2020)

Muuntajien avulla voidaan sekä nostaa, että laskea sähköisen järjestelmän jännitetasoa. Kun muuntaja nostaa jännitettä, sitä kutsutaan jännitettä nostavaksi muuntajaksi ja edelleen jännitettä voidaan myös laskea esimerkiksi 20 kV:sta 400 V:iin, kuten tehdään jakeluverkossa. (Hietalahti 2011)

3.1 Muuntajan kuunnonvalvonta

Muuntajan normaali ikääntyminen ja siinä tapahtuvat viat vapauttavat muuntajan sisällä kaasuja rikkomalla muuntajan eristeöljyssä ja paperissa olevien hiilivetyjen sidoksia. Jäljelle jääneet epästabiilit radikaalit ja ionit muodostavat kemiallisten reaktioiden seurauksena kaasumolekyylejä. Kaasut liukenevat öljyyn difusoiutuessaan muuntajan suljetussa tilassa. (Mellin 2016)

Vikakaasut voivat syntyä useasta eri lähteestä kuten esimerkiksi öljymolekyylien hajoamisreaktion seurauksena, paperimolekyylien hajoamisreaktion seurauksena, hajakaasuuntumis-ilmiöiden kautta tai muiden lähteiden, kuten UV-valon aiheuttamana. (Vaisala 2021a)

Muuntajaöljyn kunnonvalvonta on tärkeää, koska sillä voidaan vaikuttaa suuresti muuntajan toimintaan, kestoikään ja turvallisuuteen. Nykyaikaisella jatkuvalla muuntajaöljyn kunnonvalvonnalla voidaan saada jatkuva tieto öljyn mahdollisista muutoksista. Kun muutokset muuntajaöljyssä havaitaan mahdollisimman nopeasti, voidaan välttyä suuremmilta huoltotoimenpiteiltä. Suurempi huoltotoimenpide saattaa tarkoittaa muuntajan lähettämistä huollettavaksi muuntaja-valmistajalle tai yritykselle, joka suorittaa huoltoa. Tämän takia huolto, kuljetus ja huollonaikaisen varamuuntajan tai muun vaihtoehtoisen energianlähteen hankkiminen aiheuttavat suuria kustannuksia. Näin ollen muuntajaöljyn jatkuvalla valvonnalla ja kunnossapidolla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. (Heikkinen 2013)

3.2 Muuntajan kaasuanalyssaattorit

Muuntajan ikääntyminen ja siinä alkava vika voidaan havaita parhaiten muuntajaöljyyn liuenneita kaasuja analysoimalla (Dissolved Gas Analysis, DGA). Erilaisissa vikaantumisprosesseissa syntyy erilaisia kaasuja ja näitä voidaan mitata joko ottamalla näyte muuntajaöljystä ja tutkimalla se laboratoriossa tai sitten muuntajan kylkeen asennettavalla kaasuanalyssaattorilla, joka mittaa arvot itsenäisesti. Kaasuanalyssaattorin etuna on sen mahdollisuus ottaa näytteitä jatku-

vasti ja raportoida näitä tietoja suoraan kunnonvalvontaan. Näin myös inhimillisistä ja ympäristöllisistä tekijöistä johtuvilta mittaushäiriöiltä vältytään (esimerkiksi huolimaton näytteenotto kostealla säällä). (Multirel. n.d)

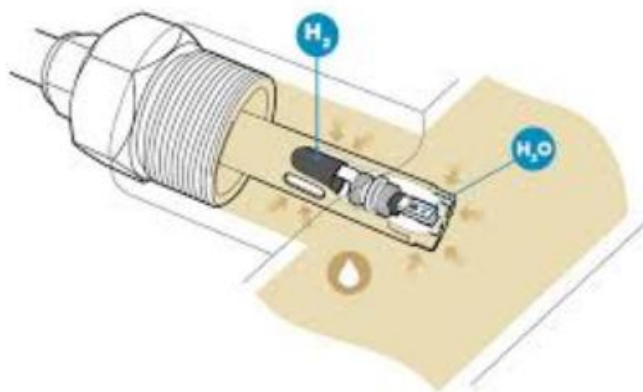
Tarkempiin tuloksiin päästään laboratoriossa tehtävillä näytteillä, mutta kaasuanalysaattoreilla päästään riittävään tarkkuuteen ennalta ehkäisevässä kunnonapidossa, kun halutaan selvittää muuntajan kunnon kehittymistä ja näiden pohjalta arvioida lisätutkimusten ja huollon ajankohtaa. (Multirel. n.d)

Yksi tämänlaisista kaasuanalysaattoreista on Vaisalan MHT410 kosteus-, vety- ja lämpötilalähetin (kuva 2).



KUVA 2. Kosteus-, vety- ja lämpötilalähetin MHT410 (Vaisala 2021b)

MHT410 ottaa mittaukset suoraan muuntajan eristeöljystä (kuva 3) ja antaa näin luotettavan trendin vetypitoisuudesta sekä muita mittaustietoja muuntajasta, kuten mittaustietoja kosteuden vaihtelusta. MHT410:n vetypitoisuuden mittausalue on 0 ... 5000 ppm ja lämpötilan mittausalue on $-40 \dots +120^{\circ}\text{C}$ MHT410 mittaa vesipitoisuutta öljyssä suhteellisen kylläisyyden (%RS) avulla. Suhteellinen kylläisyys osoittaa veden määrän öljyssä 0 ... 100 %RS asteikolla, jossa 0 %RS tarkoittaa, että öljyssä ei ole lainkaan vettä ja 100 %RS tarkoittaa, että öljy on täysin kyllästynyt vedestä. (User Guide 2021, 105) Lisätietoja MHT410:n teknisistä tiedoista on esitetty liitteessä 1.



KUVA 3. MHT410:n mittapää (Promaint 2016)

Lähettimessä ei ole kuluvia osia, kuten erotinkalvoja, pumppuja, letkuja tai paristoja. Näin ollen se on suunniteltu rakenteeltaan kestäväksi. Se on käyttövalmis minuuteissa ja soveltuu asennettavaksi uusiin sekä olemassa oleviin muuntajiin. (Promaint 2016)

4 SIMULOINTI

4.1 Simulointi yleisesti

Simuloinnin perusajatuksena on todellisten tapahtumien looginen tai matemaattinen mallintaminen. Simuloinnin avulla päästään lähelle systeemin todellista käyttäytymistä, ja siinä keskitytään tyypillisesti jonkin tietyn asian tai ilmiön mallintamiseen. Mallin tai siihen vaikuttavan ympäristön parametreja muuttamalla voidaan tehdä päätelmiä mallin käyttäytymisestä eri tilanteissa. Simulaatiota voidaan käyttää moniin eri tilanteisiin. Yksi tyypillinen simuloinnin kohde on kuvata jonkin laitteen tai prosessin toimintaa. (Räsänen 2004, 5)

Simulointiin on olemassa monenlaisia eri simulaattoreita. Jos halutaan esimerkiksi simuloida työn kohdetta, simulaattori voidaan tehdä oikealle työkalulle tai välineelle. Tämänlaisia simulaattoreita ovat esimerkiksi ajosimulaattorit, jossa käytetään oikean auton hallintalaitteita, mutta liikenne- tai työtilanne havaitaan virtuaalisesti videotykin tai muun näytön kuvasta (kuva 4). Pelkkä tietokoneohjelmakin voi toimia simulaattorina. Tässä tapauksessa simulaattoria hallitaan tietokoneen näppäimistön ja hiiren avulla tai sitä varten rakennetulla erikoisohjaimella. (Simulaatio n.d)

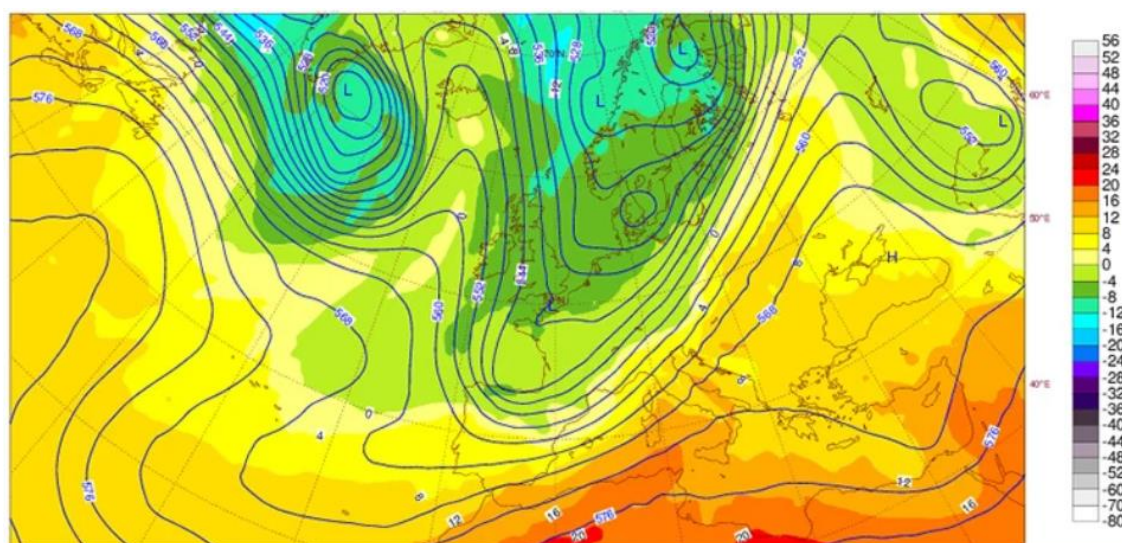


KUVA 4. Ajosimulaattori (Strada n.d)

Simulointia voidaan käyttää oppimisessa ja opetuksessa monella eri tavalla. Oppijan käyttäessä simulaatiota tai simulaattoria, hänelle tulee tuntuma siitä, mitä tapahtuu, kun tekee jotain konkreettista. Kun esimerkiksi kääntää ajoneuvosimulaattorin ohjauspyörää, niin ajoneuvon kulkusuunta muuttuu, mikäli ajoneuvo on liikkeessä. Tämän takia on tärkeää, että opiskelija pääsee itse käyttämään simulaattoria, ettei opetuksessa simulaatiota tai simulaattoria käytä pelkästään opettaja havaintovälineenä. (Simulaatio n.d)

4.2 Tietokonepohjainen simulaatio

Tietokonepohjainen simulaatio on järjestelmän dynaamisten vasteiden esittämistä sitä varten mallinnetun toisen järjestelmän käyttäytymisen perusteella tietokonetta hyödyntäen. Simulaatiossa käytetään matemaattista kuvausta tai mallia todellisesta järjestelmästä tietokoneohjelman muodossa. Tämä malli koostuu yhtälöistä, jotka kopioivat reaali järjestelmän toiminnallisia suhteita. Kun ohjelma ajetaan, tuloksena syntyvät matemaattiset dynamiikat muodostavat vastineen reaali järjestelmän käyttäytymisestä, joka esitetään datana. Simulaatio voi myös olla muodoltaan tietokonegrafiikkakuva, joka esittää dynaamisia prosesseja animoituina. (Britannica 2021) Tietokonepohjaista simulaatiota käytetään esimerkiksi sään ennustamisessa (kuva 5).



KUVA 5. Euroopan keskipitkien ennusteiden keskuksen eli ennustemallin tuottama ennuste. (Ilmatieteenlaitos 2020)

Tietokonesimulaatioita käytetään myös opetuksessa. Tietokonepohjaiset opetus-simulaatiot voidaan määritellä reaali maailman ilmiöiden kontrolloiduksi esityk-siksi. Tämänlaisia opetusmenetelmiä käytetään, kun todelliset kokemukset eivät ole saatavilla tai ei -toivottuja. Simulaatio perustuu yleensä johonkin tunnettuun fyysisten ilmiöiden malliin. Tämä matemaattinen malli voidaan asentaa tietoko-neohjelmaan ja opiskelija voi simuloida ilmiöitä tai prosessia ohjaamalla sitä ja tarkkailemalla sen tuotosta. Tietokonepohjainen simulaatio on yksi tehokkaim-mista opetusmenetelmistä, koska tietokonepohjaiset opetussimulaatiot tarjoavat aidon harjoittelumuodon, kuvausta laitteen tai järjestelmän toiminnasta sekä mo-tivaatiota oppia välttämällä fyysistä vaaraa ja rajoituksia. Lisäksi simulaatiot voivat käyttää strategioita, jotka ovat tehokkaita tukemaan oppilaan oppimista tehtä-västä. (Noushad 2010, 3)

Simulaatiot voidaan luokitella kahteen pääryhmään: niihin, jotka opettavat josta-kin ja niihin, jotka opettavat tekemään jotakin. Simulaatiot, jotka opettavat teke-mään jotakin luokitellaan joko menettely- tai tilannesimulaatioiksi. Ne, jotka ope-ttavat jostakin, luokitellaan joko fyysisiksi tai prosessisimulaatioiksi. (Noushad 2010, 5)

Menettelysimulaatiot

Menettelysimulaatioissa opiskelijalle esitetään ongelma ratkaistavaksi ja hänen on noudatettava tiettyjä menettelytapoja ratkaisun löytämiseksi. Menettelysimu-laatiot opettavat sarjan tapahtumia, josta muodostuu tietty menettelytapa. Tämän tyyppisen simulaation ensisijainen tavoite on opettaa oppilasta tekemään jotain. Tyypillinen esimerkki on lääketieteellinen tilanne, jossa opiskelijan on diagnosoi-tava sairaus tai vaiva. Oppilaalle esitetään oireet ja hänen on noudatettava me-nettelytapoja ongelman ratkaisemiseksi. Haluttuja menettelytapoja saattaa olla useampi kuin yksi, mutta hyvän menettelysimulaation vahvuus on sen kyvyssä tutkia erilaisia keinoja/ratkaisuja ja niiden vaikutuksia. (Noushad 2010, 6)

Tilannesimulaatiot

Tilannesimulaatiot käsittelevät ihmisten asenteita ja käyttäytymistä eri konteks-teissa. Tämän tyyppisen simulaation avulla opiskelija voi tutkia eri lähestymista-pojen vaikutuksia ongelmaan. opiskelijalla on tärkeä rooli ongelman ratkaisemi-nessä. (Noushad 2010, 6)

Fyysiset simulaatiot

Fyysiset simulaatiot esittävät fyysisen esineen tai ilmiön tietokoneen näytöllä ja antavat opiskelijalle mahdollisuuden oppia siitä. Yksi esimerkki tällaisesta simulaatiosta on molekyylien havainnointi lämpötilan ja paineen vaikutuksesta. Opiskelija pystyy manipuloimaan muuttujia nähdäkseen vaikutuksen molekyyliä. Tämäntyyppinen simulaatio tarjoaa oppijalle mahdollisuuksia, joita ei normaalisti olisi tarjolla, koska aika ja koko eivät rajoita simuloinnin mahdollisuuksia. (Noushad 2010, 6)

Prosessisimulaatiot

Prosessisimulaatiot opettavat myös jostakin. Niitä käytetään yleensä havainnollistamaan prosesseja, jotka eivät ole selvästi näkyvissä, kuten esimerkiksi taloustieteen kysynnän ja tarjonnan laki tai väestön kasvun kehitys. Prosessisimulaatioita käytetään tällaisten tilanteiden ennustamiseen.

(Noushad 2010, 6)

5 PYTHON-OHJELMOINTIKIELI

5.1 Python yleisesti

Python on tulkettava korkean tason olio-ohjelmointikieli. Python-ohjelmointikieltä pidetään helppona oppia sen korkean tason sisäänrakennettujen tietorakenteiden takia yhdistettynä dynaamiseen kirjoittamiseen. (What is python n.d) Pythonin syntaksi on tiivistä, yksinkertaista ja helposti luettavaa.

Python-ohjelmointikieli julkaistiin 1990-luvun alussa Alankomaissa, mutta sitä alettiin kehittää jo 1980-luvun lopussa. Pythonin loi alun perin mies nimeltä Guido van Rossum ja sitä kehitteli Python Software Foundation. Kun se julkaistiin, se käytti paljon vähemmän koodia ilmaisemaan käsitteitä verrattuna Java, C++ ja C kieleen. Sen suunnittelufilosofia oli myös varsin hyvä. (Python 2019)

Python tukee useita ohjelmointiparadigmoja myös olio-ohjelmoinnin ulkopuolelta, kuten menettely- ja toiminnallista ohjelmointia. Pythonissa on rajapinnat moniin järjestelmäkutsuihin sekä kirjastoihin ja sitä voidaan laajentaa C tai C++-kielellä. Pythonia voidaan käyttää myös laajennuskielenä sovelluksissa, jotka tarvitsevat ohjelmoitavan käyttöliittymän. Python on myös siirrettävä, joten se toimii monissa Unix -varianteissa, mukaan lukien Linux ja macOS, sekä Windowsissa. (Python 2021a) Pythonia voidaan käyttää moniin tarkoituksiin, kuten verkkosivustojen ja ohjelmistojen kehittämiseen, tehtävien automatisointiin, datan analysointiin ja tietojen visualisointiin.

Pythonin yksinkertaisuus tekee siitä myös hyvän vaihtoehdon graafisten käyttöliittymien ohjelmointiin. Pythonissa on vakio objektilähtöinen käyttöliittymä Tk GUI API:lle nimeltä Tkinter, joka sallii python ohjelmien toteuttaa kannettavia graafisia käyttöliittymiä, joilla on paikallinen ulkoasu. Python/Tkinter käyttöliittymät toimivat muuttumattomina Microsoft Windows, X Windows (Unix ja Linux), ja Mac -tietokoneissa. Ilmaisella PMW laajennuspaketilla voidaan saada lisää kehittyneempiä komponentteja perus Tkinter-kirjaston lisäksi. Lisäksi wxPython GUI API, joka perustuu C++ kielen kirjastoon, tarjoaa vaihtoehdoisen työkalupalkan siirrettävien graafisten käyttöliittymien rakentamiseen Pythonissa. (Lutz &

Ascher 2003, 8) Seuraavassa luvussa esitellään paremmin Tkinter-käyttöliittymäkirjastoa, jota käytettiin tämän opinnäytetyön tekemisessä.

5.2 Tkinter-käyttöliittymäkirjasto

Tkinter (Tk interface) on pythonin yleisimmin käytetty käyttöliittymäkirjasto. Tkinterin avulla pystytään luomaan graafisia käyttöliittymiä käyttäen sen erilaisia käyttöliittymäkomponentteja. Tässä luvussa on esitelty lyhyesti Tkinter-ohjelman alustusta ja yleisimpien komponenttien toimintaa. Tkinter-ohjelma voidaan alustaa kuvan 6 mukaisesti.

```
from Tkinter import *  
  
pohja = Tk()  
pohja.mainloop()
```

KUVA 6. Alustetun ohjelman esimerkkikoodi (Kasurinen 2007, 9)

Aluksi otetaan Tkinter-kirjasto käyttöön kuvan 6 koodirivillä 1. Tämä koodi importoiki kaiken sisällön Tkinter-kirjastosta. Tämän jälkeen luodaan ohjelmalle pohjataso, johon aletaan luomaan käyttöliittymää. Pohjataso luodaan kuvan 6 koodirivillä 2. Ohjelman viimeiselle riville tulee koodi *pohja.mainloop()*, joka käynnistää Tkinter-käyttöliittymän kutsumalla pohjatasoa käynnistysfunktiolla *mainloop*. (Kasurinen 2007, 9, 10)

Komponenttien (*widgets*) avulla lisätään käyttöliittymään toimintoja. Niitä voi olla esimerkiksi tekstikenttä (*Label*), painike (*Button*) tai syötekenttä (*Entry*). Komponenteilla on monia alustusmäärittäjiä, jotka määrittelevät komponentin ulkoasun ym. Komponenttien alustuksen jälkeen ne täytyy pakata. Tämä tapahtuu *pack*-funktiolla, joka on esitetty kuvan 7 koodirivillä 4.

Komponentit voidaan lisätä pohjatasolle tai Frame-komponenttiin (kehyskomponenttiin). Frame toimii kehyksenä muille komponenteille ja sen avulla voidaan ohjata komponenttien järjestystä ja sijoitusta käyttöliittymässä määrittelemällä

pohjatason päälle kehikon, johon komponentteja sijoitetaan. (Kasurinen 2007, 15)

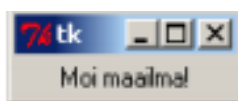
Jos käyttöliittymään halutaan lisätä kuvia tai muita graafisia elementtejä, käytetään Canvas-komponenttia. Canvas-komponentin voi asettaa pohjatasolle tai kehyskomponentin sisään.

Tekstikentillä pystytään lisäämään tekstiä käyttöliittymään. Kuvassa 7 on esitetty esimerkkikoodi, jossa on tekstikenttä ja sen tuottama tulos.

```
from Tkinter import *
pohja = Tk()

tekstikentta = Label(pohja, text="Moi maailma!")
tekstikentta.pack()

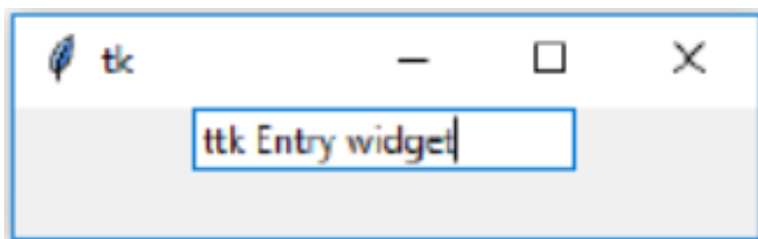
pohja.mainloop()
```



KUVA 7. Esimerkkikoodi tekstikentästä (Kasurinen 2007, 10)

Kuvassa 7 tekstikentän nimeksi on asetettu *tekstikenttä*, ja se on asetettu pohjatasoon (*pohja*). Tekstikentän tekstiksi on valittu "*Moi maailma*".

Entry-komponentti on yksinkertainen syötekenttä, johon käyttäjä voi kirjoittaa tekstiä (kuva 8).



KUVA 8. Entry widget (Moore, A. 2018, 42)

Entry-komponentin voi luoda esimerkiksi koodilla: `my_entry = Entry(root)`. Esimerkissä `my_entry` on widgetin nimi ja `root` on ohjelman pohjataso, johon Entry widget asetetaan.

Button komponentin avulla käyttöliittymään voidaan lisätä painonappeja. Kuvassa 9 on esimerkkikoodi button-komponentin toiminnasta, sekä sen luoma painonappi.

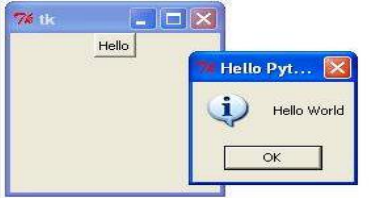
```
import Tkinter
import tkMessageBox

top = Tkinter.Tk()

def helloCallBack():
    tkMessageBox.showinfo( "Hello Python", "Hello World")

B = Tkinter.Button(top, text ="Hello", command = helloCallBack)

B.pack()
top.mainloop()
```



KUVA 9. Button komponentin toiminta (Python 2021b)

Kuvan 9 koodissa luodaan muuttuja *helloCallBack*. Muuttujaan luodaan *tkMessageBox*, eli viesti-ikkuna. Viesti-ikkunan nimeksi laitetaan "*Hello Python*" ja viesti-ikkunan viestiksi "*Hello World*". Lisäksi koodissa luodaan Button komponentti koodilla *B = Tkinter.Button(top, text ="Hello", command = HelloCallBack)*. Kyseinen koodi asettaa napin nimeksi *B*. Nappi asetetaan pohjatasoon nimeltä *top*, napissa lukee teksti *Hello* ja kun nappia painaa, se kutsuu *helloCallBack*-muuttujaa, joka näyttää viesti-ikkunan.

6 KAASUANALYSAATTORIN SIMULOINTISOVELLUS

Työn suunnittelu alkoi yhdessä Fingridin ja Vaisalan edustajien kanssa. Aluksi suunniteltiin toteutustapa, miten voitaisiin esitellä kaasuanalysaattori MHT410:n toimintaa. TAKK:in sähkökentän muuntaja (kuva 10) oli öljytön, joten päädyttiin kehittämään simulointiohjelma, millä voitiin esitellä MHT410:n vikatiloja, tilalevien toimintaa sekä mittaustietoja.



KUVA 10. TAKK:in sähkökentän muuntaja

Simulointiohjelma päädyttiin toteuttamaan kokonaan python-ohjelmakieltä käyttäen, koska johdotus olisi ollut liian haastava kuvan 10 putkien läpi kaivossa vedettävänä. Simulointiohjelmasta tehtiin EXE tiedosto, jota voidaan ajaa TAKK:in tietokoneilta, joihin se on lisätty. Ohjelma voidaan ajaa työpöydän pikakuvakkeen kautta (kuva 11).



KUVA 11. Simulointisovelluksen pikakuvake

Aluksi ohjelmaan luotiin aloitusikkuna, joka on esitelty kuvassa 12. Ikkunaan luotiin tervetuloa-teksti, jossa on tietoa sovelluksesta. Seuraavaksi aloitusikkunaan luotiin työkalupalkki, mihin lisättiin tilanteet (Situations), MHT410:n led-tilat (MHT410 Status LEDs), laitteen tiedot (Device information) ja toimintaohjevalinta. Nämä vaihtoehdot voidaan nähdä kuvan 12 yläreunassa. Työkalupalkki luotiin Tkinterin menukomponenttia käyttäen. Aloitusikkunaan lisättiin myös kuva MHT410-kaasuanalysointilaitteesta Tkinterin canvas-komponenttia hyödyntäen.



KUVA 12. Simulointiohjelman aloitusikkuna

6.1 Simuloidut tilanteet

Yksi simulointiohjelman osista oli simuloidut tilanteet, joissa simuloidaan käytännön tilanteita, joita saattaisi tulla vastaan. Tilanteita oli yhteensä kuusi ja niiden lisäksi ohjelmaan tehtiin vielä mukautettu tilanne. Simuloituihin tilanteisiin päästään aloitusnäytön työkalupalkin Situations-kohdasta. Tilanteissa pystytään tarkistelemaan MHT410:n mittaustietoja tietyiltä aikaväleiltä. Tilanteissa löytyy vetytrendi, jossa ajan mittaväli on kuukauden välein. Oikeassa lähettimessä mittausväli on paljon tiheämpi, mutta harvempi väli riittää datan havainnollistamiseksi simulointisovelluksessa. Vetytrendin lisäksi tilanteissa on myös analogialähtöjen mittaustiedot. Mittaustiedoista voidaan tarkistella seuraavia arvoja:

- 1 h sekä 24 h vetypitoisuuden keskiarvo öljyssä
- Vetypitoisuuden muutosnopeus päivässä, viikossa sekä kuukaudessa.
- Öljyn kosteuden suhteellinen kylläisyys, vesiaktiivisuus, nykyinen vesipitoisuus öljyssä sekä 24 h keskiarvo vesipitoisuudesta öljyssä
- Vesipitoisuuden muutosnopeus päivässä, viikossa sekä kuukaudessa
- Muuntajaöljyn lämpötila

Tilanteissa pystytään ottamaan lisäksi ns. usb-yhteys MHT410-lähettimeen ja katsomaan tarkempia tietoja laitteesta, kuten esimerkiksi onko siinä vikatiloja päällä. Tilanteiden työkalupalkissa on vaihtoehdot "Virhetaulukot" (taulukot 1 ja 2) sekä "Ratkaisu". Virhetaulukoista pystytään tarkastelemaan MHT410:n antamien vikatilojen merkityksiä ja toimintaohjeita niiden ratkaisemiseen. Ratkaisu vaihtoehdosta nähdään tilanteen mahdollinen ratkaisu, mutta käytännössä tilanteisiin saattaa olla aina enemmän kuin yksi oikea ratkaisu.

TAULUKKO 1. Modbus-virhetaulukko

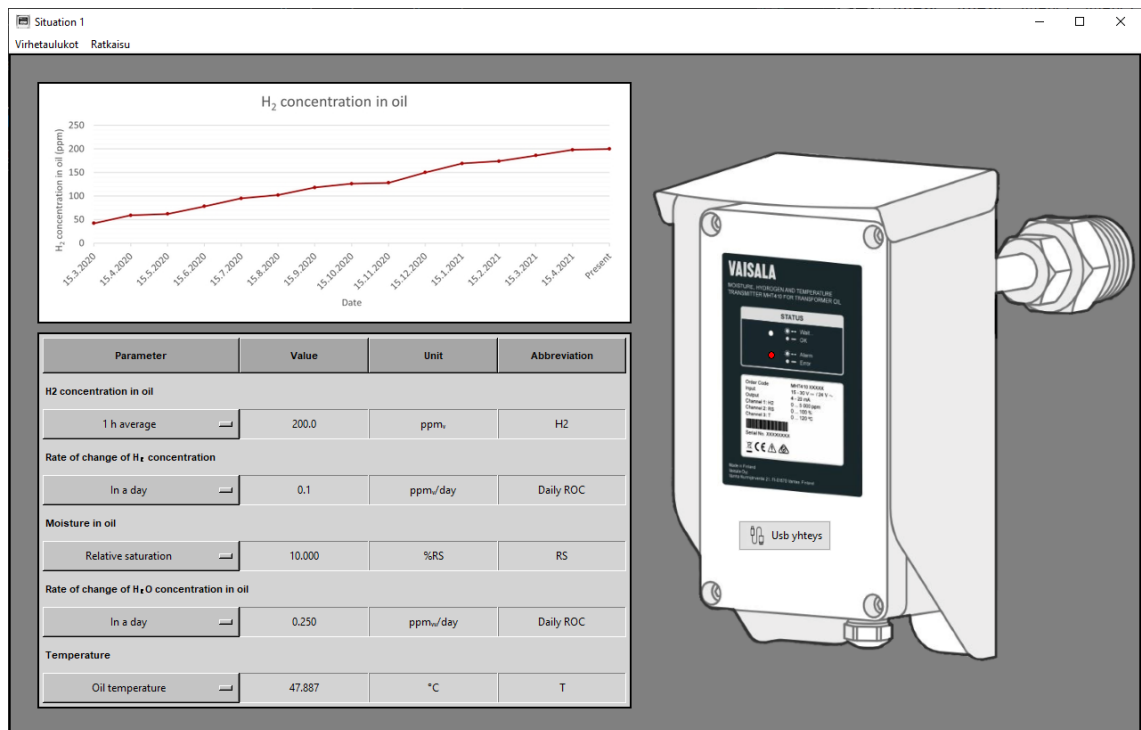
Output (bit mask)	Output name	Notes
0	Status OK	-
1	Critical Error active	Maintenance needed. Contact Vaisala technical support.
2	Error active	Device may recover automatically
4	RH measurement error	Reboot MHT410. Wait for the status LED to turn solid green, and check the operation of the transmitter. Contact Vaisala technical support.
8	T measurement error	Reboot MHT410. Wait for the status LED to turn solid green, and check the operation of the transmitter. Contact Vaisala technical support.
16	H ₂ measurement error	Reboot MHT410. Wait for the status LED to turn solid green, and check the operation of the transmitter. Contact Vaisala technical support.
32	Other error	Contact Vaisala technical support.
64	H ₂ alarm level exceeded	-

TAULUKKO 2. Vaisala Industrial Protocol-virhetaulukko

Error number and text	Description	Action
0001 Temperature measurement error	Temperature measurement raw value is outside the allowed range.	Reboot MHT410. Wait for the status LED to turn solid green, and check the operation of the transmitter. Contact Vaisala technical support.
0002 Frequency measurement error	Moisture measurement raw value is outside the allowed range.	Reboot MHT410. Wait for the status LED to turn solid green, and check the operation of the transmitter. Contact Vaisala technical support.
0004 H ₂ measurement error	H ₂ module has reported an error	Reboot MHT410. Wait for the status LED to turn solid green, and check the operation of the transmitter. Contact Vaisala technical support.
0008 H ₂ module communication error	No message was received from H ₂ module in the last 5 seconds.	Reboot MHT410. Wait for the status LED to turn solid green, and check the operation of the transmitter. Contact Vaisala technical support.
0010 RH sensor failure	Readings from the humidity sensor are missing or out of range.	Reboot MHT410. Wait for the status LED to turn solid green, and check the operation of the transmitter. Contact Vaisala technical support.
0020 Temperature too high/low	Measured temperature is outside the error limits (below -45 or above +125 °C (below -49 or above +257 °F)).	Ensure that the operating temperature is within the valid range -40 ... +120 °C (-40 ... +248 °F). Contact Vaisala technical support

Tilanne 1

Simulaatiosovelluksen tilanteen 1 käyttöliittymä on esitetty kuvassa 13. Tilanteessa 1 muuntajan vetykaasun määrä on noussut hälytysrajan yli, joka tässä tilanteessa on 200 ppm, mutta käytännössä hälytysrajaa voidaan muuttaa haluttaessa. Lisäksi voidaan huomata, että lähettimen led-valo vilkuttaa punaista valoa. Kaasuanalysaattorin analogialähtöjen antamia mittausrvoja voidaan tarkistaa kuvan 13 vaaleanharmaasta laatikosta. Vetytrendiä seurattaessa huomataan, että vetykaasu on noussut hitaasti tasaista tahtia. Vikakaasupitoisuuden nousuun liittyvässä hälytyksessä tulee olla aina yhteydessä kantaverkkokeskukseen.



KUVA 13. Tilanteen 1 käyttöliittymä

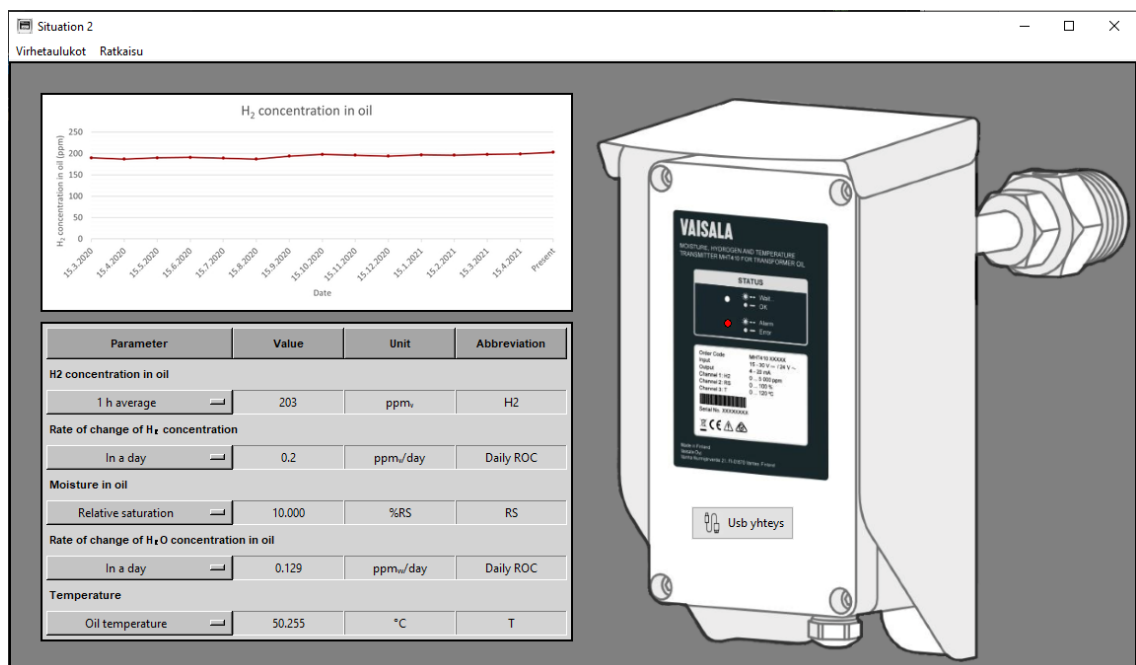
Kun simulointisovelluksen tilanteessa 1 otetaan yhteys laitteeseen kuvan 13 kaasuanalysaattorin päällä olevaa painiketta painamalla, huomataan että lähettimessä ei ole muita vikatiloja päällä (errs). Lisäksi laiteyhteyden kautta nähdään kolme viimeisintä mittausta (log print 3), jossa voidaan myös huomata, että viimeisimmässä mittauksessa H₂ hälytys on lauennut. Laiteyhteyden ikkuna on esitetty kuvassa 14.

Vaisala Industrial Protocol										
errs										
No errors										
log print 3										
Index	Reset	Days	Uptime	Total	Time	RS(%)	H2O(ppm)	Temp (C)	H2(ppm)	Flags
4	5	0	00:52:05	0	13:14	10.000	13.800	47.750	199.9	N
5	7	0	00:12:43	0	13:14	10.000	13.850	47.772	199.9	N
6	10	0	00:03:15	0	13:26	10.000	13.900	47.887	200.0	H2alarm

KUVA 14. Tilanteen 1 laiteyhteyden ikkuna

Tilanne 2

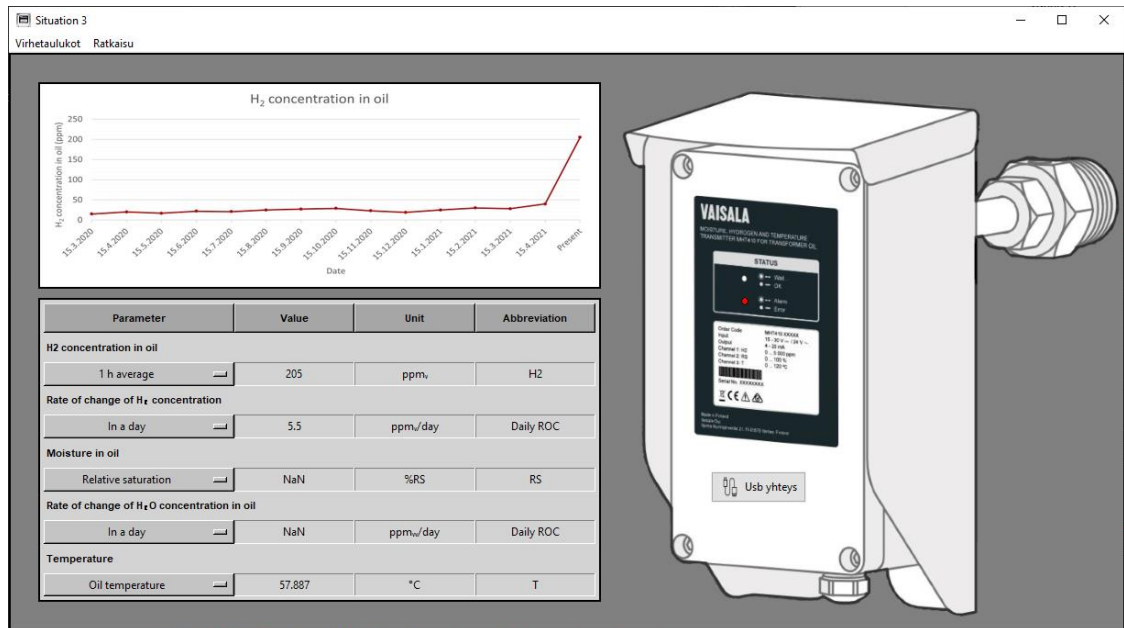
Tilanteessa 2 vetykaasu on pysynyt koko ajan lähellä hälytysrajaa (200 ppm) ja sitten käynyt nopeasti hälytysrajan yli. MHT410 hälyttää, ja kun siihen otetaan yhteys, huomataan että laitteessa ei ole aktiivisia vikatiloja päällä. Tilanne on yksi esimerkki muuntajaöljyn käyttäytymisestä, kun sen vetypitoisuus on lähellä hälytysrajaa ja esimerkiksi lämpötilasta johtuen vetypitoisuus nousee hetkellisesti hälytysrajan yli. Tilanteen 2 käyttöliittymä on esitetty kuvassa 15.



KUVA 15. Tilanteen 2 käyttöliittymä

Tilanne 3

Tilanteessa 3 muuntajaöljyn vetypitoisuus on pysynyt tasaisen matalana pitkään, mutta noussut sen jälkeen hälyttävää nopeutta hälytysrajan yli. Tämänlainen tilanne on yleensä hyvin vaarallinen. Tilanteen 3 käyttöliittymä on esitetty kuvassa 16.



KUVA 16. Tilanteen 3 käyttöliittymä

Kun simulointisovelluksen tilanteessa 3 otetaan laiteyhteys MHT410:een niin huomataan, että siinä on myös RH-anturin vikatila päällä ja tästä syystä lähetimen kosteusmittaus ei toimi (kuva 17). Tässä tilanteessa lähetin pitäisi käynnistää uudelleen ja odottaa, että lähetimen led-valo muuttuu vihreäksi. Jos tämän jälkeen tilanne ei ole korjautunut, tulisi ottaa yhteyttä Vaisalan tekniseen tukeen.

The screenshot shows the following error and log data:

```

errs
0010 RH sensor failure

log print 3

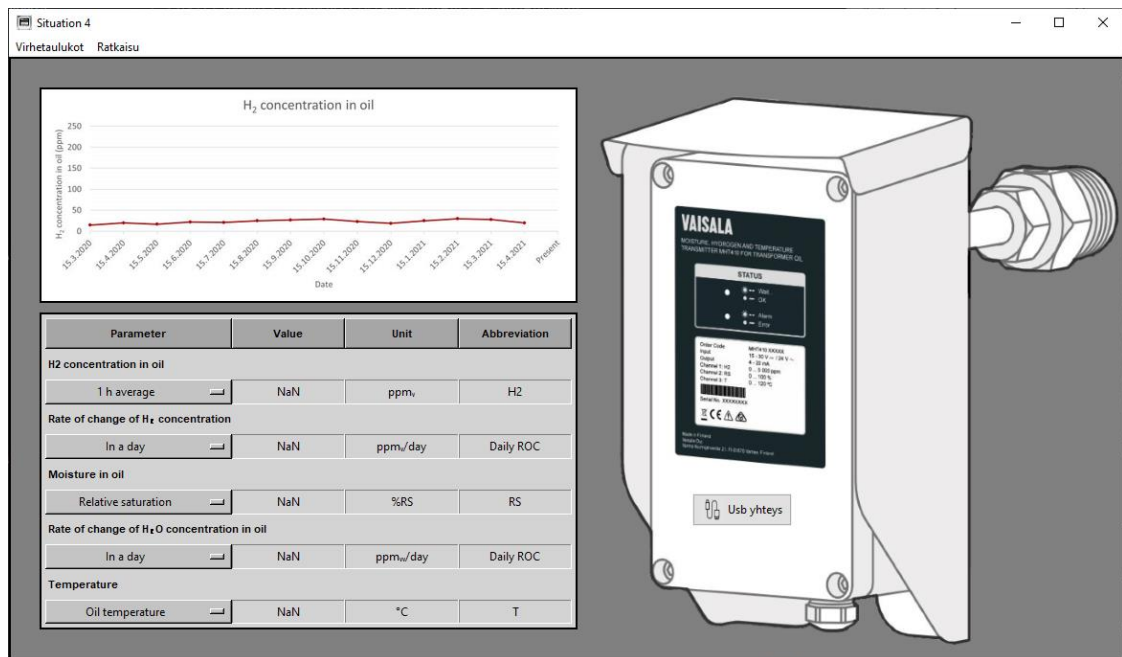
```

Index	Reset	Days	Uptime	Total Time	RS(%)	H ₂ O(ppm)	Temp (C)	H ₂ (ppm)	Flags
4	5	0	00:52:05	0 13:14	-	-	47.750	194.1	N
5	7	0	00:12:43	0 13:14	-	-	50.772	199.5	N
6	10	0	00:03:15	0 13:26	-	-	57.887	205.0	H ₂ alarm

KUVA 17. Tilanteen 3 laiteyhteyden ikkuna

Tilanne 4

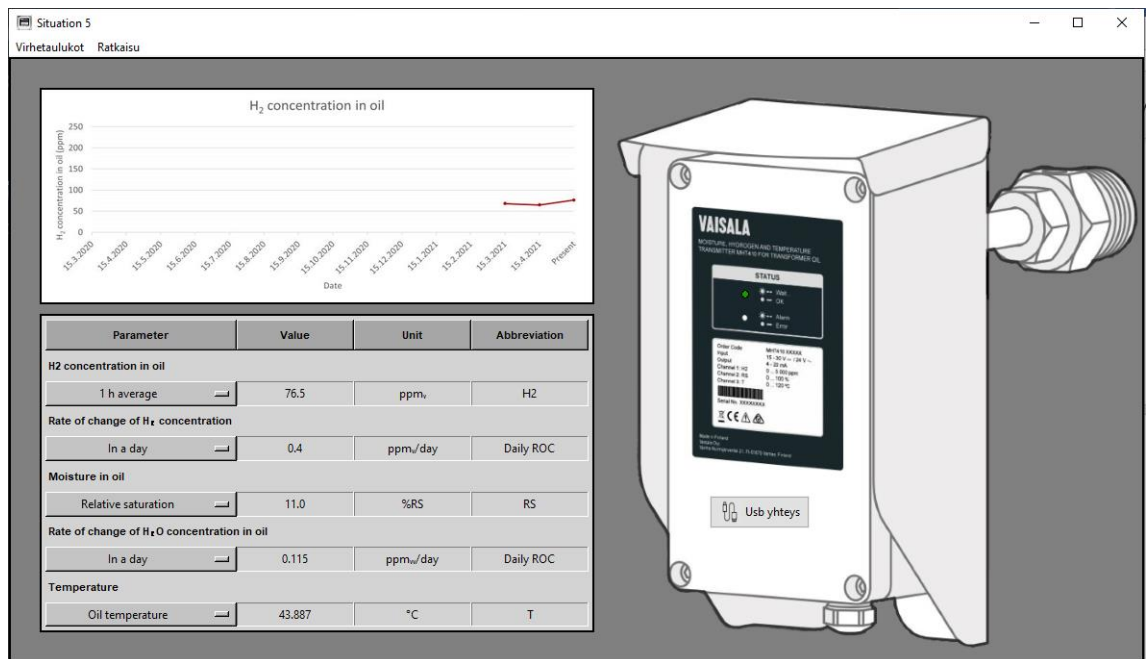
Tilanteessa 4 lähettimen led-valot eivät pala ollenkaan ja siitä ei saada mittaus-tietoja ollenkaan ulos. Tilanteessa lähettimen syöttövirta on todennäköisesti katkennut. Ensiksi tulisi tarkistaa syöttövirta. Tämän jälkeen laitteeseen otetaan yhteys ja tarkistetaan mahdolliset virhetiedot. Mutta jos tilanne ei ratkea, tulisi ottaa yhteyttä Vaisalan tekniseen tukeen. Tilanteen 4 käyttöliittymä on esitetty kuvassa 18.



KUVA 18. Tilanteen 4 käyttöliittymä

Tilanne 5

Tilanteen 5 käyttöliittymä on esitetty kuvassa 19. Tilanteessa 5 lähettimellä on mitattu vetydataa vasta kaksi kuukautta. Vetytrendi näyttää hyvältä ja mittausarvot täsmäävät vetytrendin kanssa. Lähetin on myös "ok" tilassa ja led-valo palaa vihreänä. Kaikki näyttää päältäpäin hyvältä.



KUVA 19. Tilanteen 5 käyttöliittymä

Tarkastellessa kuitenkin mittausarvoja laiteyhteyden kautta huomataan, että analogialähdön ja digitaalilähdön arvot eivät täsmää. Digitaalilyhteydellä vedyn (H₂) mittausarvo näyttääkin n. 15 ppm (kuva 20), vaikka analogialähdön vetymittaus näyttää 76,5 ppm. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että H₂-kanavan analogiatulon milliampeeriviesti on skaalattu väärin. Tässä tilanteessa H₂-kanavan skaala on 0–1000 ppm, mutta se onkin skaalattu 0–5000 ppm, joten mittausarvo vääristyy. Vastaavanlaisissa tilanteissa tulisi tarkastaa mittauspiirien kytkennät ja skaalaukset.

Vaisala Industrial Protocol

errs
No errors

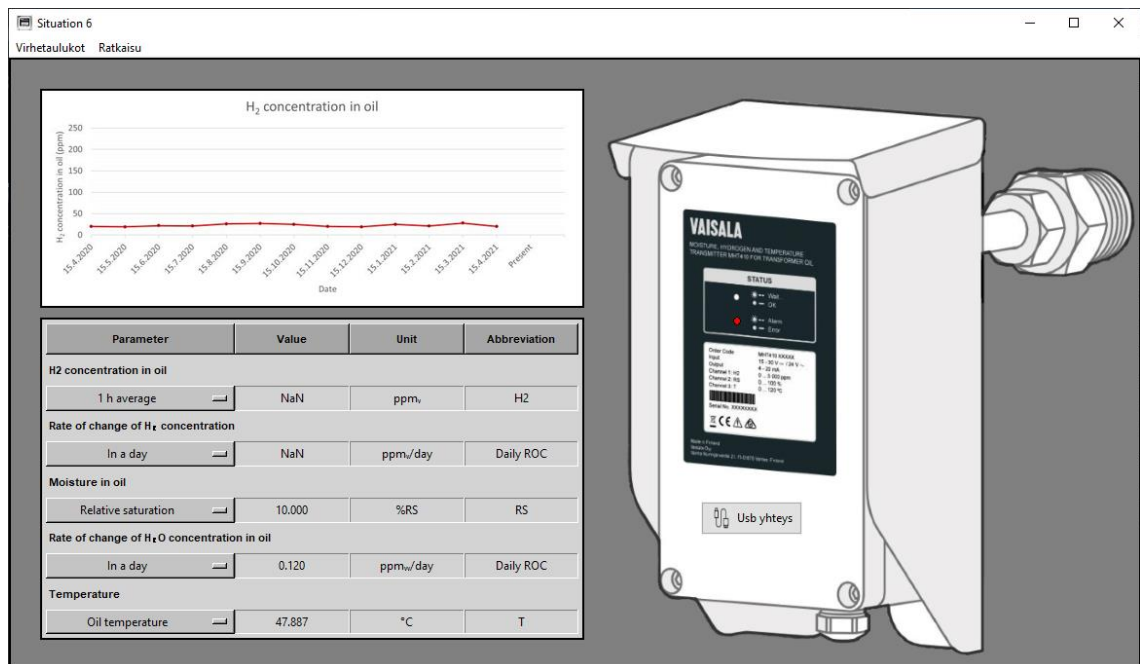
log print 3

Index	Reset	Days	Uptime	Total	Time	RS(%)	H ₂ O(ppm)	Temp (C)	H ₂ (ppm)	Flags
4	5	0	00:52:05	0	13:14	10.000	11.100	43.750	15.1	N
5	7	0	00:12:43	0	13:14	10.000	11.200	43.772	15.2	N
6	10	0	00:03:15	0	13:26	10.000	11.320	43.887	15.3	N

KUVA 20. Tilanteen 5 laiteyhteyden ikkuna

Tilanne 6

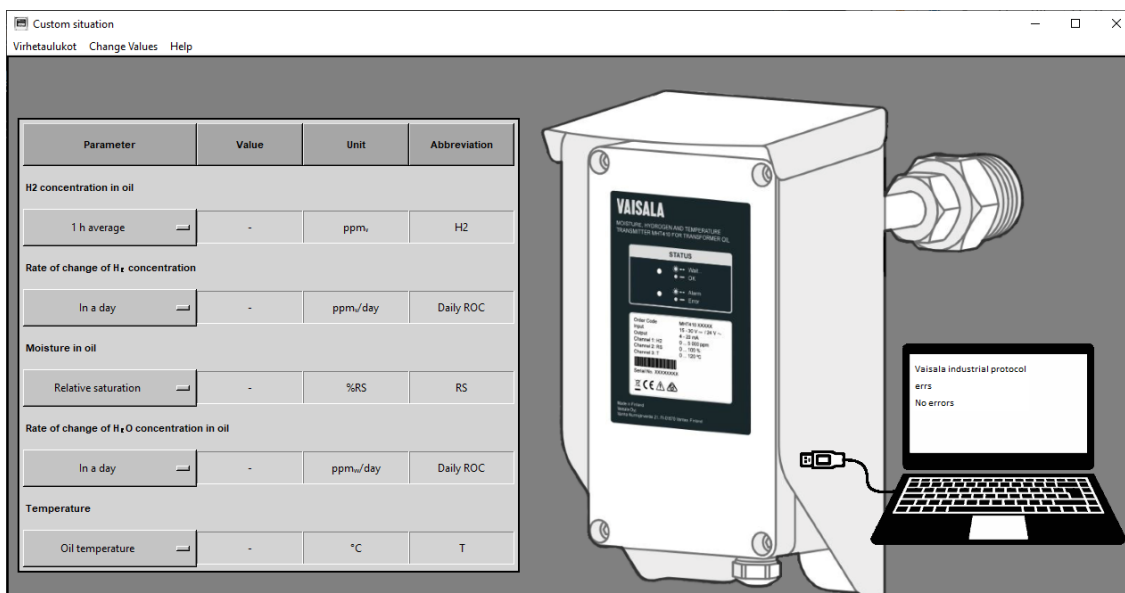
Tilanteessa 6 laite on vikatilassa eikä vedyn mittaustietoja saada luettua ollenkaan, mutta muut mittaukset toimivat oikein. Kun laitteeseen otetaan usb-yhteys huomataan, että laitteessa on "H2 module communication error" eli kommunikointivika vetyanturin kanssa. Kun tarkastellaan virhetaulukkoja huomataan, että tilanteessa pitää koittaa käynnistää lähetin uudelleen, ja jos ongelma ei ratkea niin pitää ottaa yhteysttä Vaisalan tekniseen tukeeseen. Tilanteen 6 käyttöliittymä on esitetty kuvassa 21.



KUVA 21. Tilanteen 5 käyttöliittymä

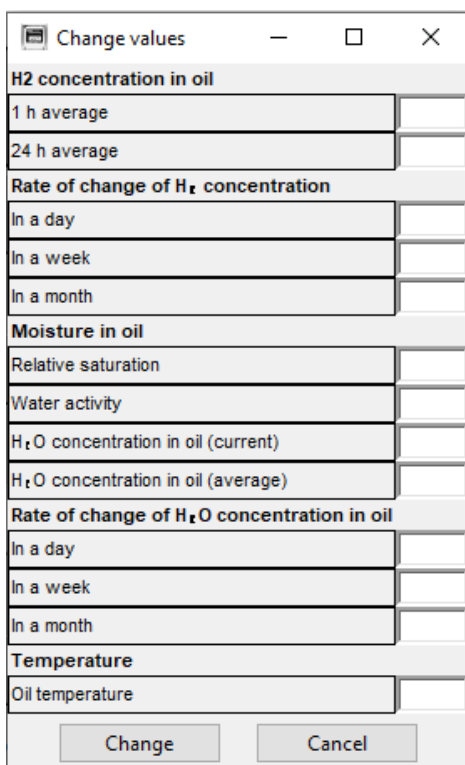
Mukautettu tilanne

Mukautetussa tilanteessa voidaan muuttaa mittausrvoja, vikatiloja sekä ledien tiloja, jotta saadaan simuloitua haluttua tilannetta. Näin saadaan luotua täsmälleen haluttu tilanne, mitä ei tehdyistä vakiotilanteista välttämättä löydy. Mukautetun tilanteen käyttöliittymä on esitetty kuvassa 22.



KUVA 22. Mukautetun tilanteen käyttöliittymä

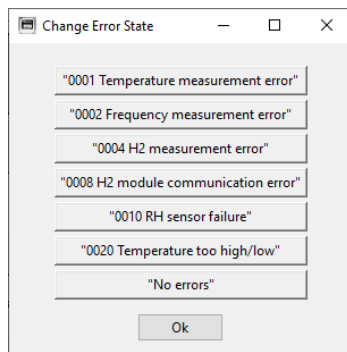
Valitsemalla ylävalikosta 'Change Values', ja painamalla 'Change Measurement Values' painiketta päästään ikkunaan, jossa voidaan vaihtaa kaikkien MHT410:n analogilähtöjen mittausarvoja (kuva 23), jotka olivat myös lueteltuna kappaleen 6.1 alussa.



Kuva 23. Mittausarvojen muuttamisvalikko

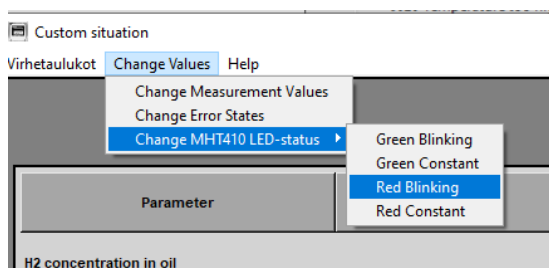
Muutokset hyväksytään painamalla Change-painiketta. Jos jotkut kohdat jätetään tyhjiksi, niille annetaan arvoksi 'NaN'.

Vikatiloja voidaan vaihtaa valikon Change Error States-kohdasta. Erilaisia vikatiloja on yhteensä kuusi ja niistä voi laittaa kerrallaan yhden aktiiviseksi (kuva 24).



Kuva 24. Vikatilojen muuttamisvalikko

MHT410:n ledin tiloja voidaan vaihtaa valitsemalla 'Change MHT410 LED-status', ja painamalla haluttua ledin tilaa (kuva 25).



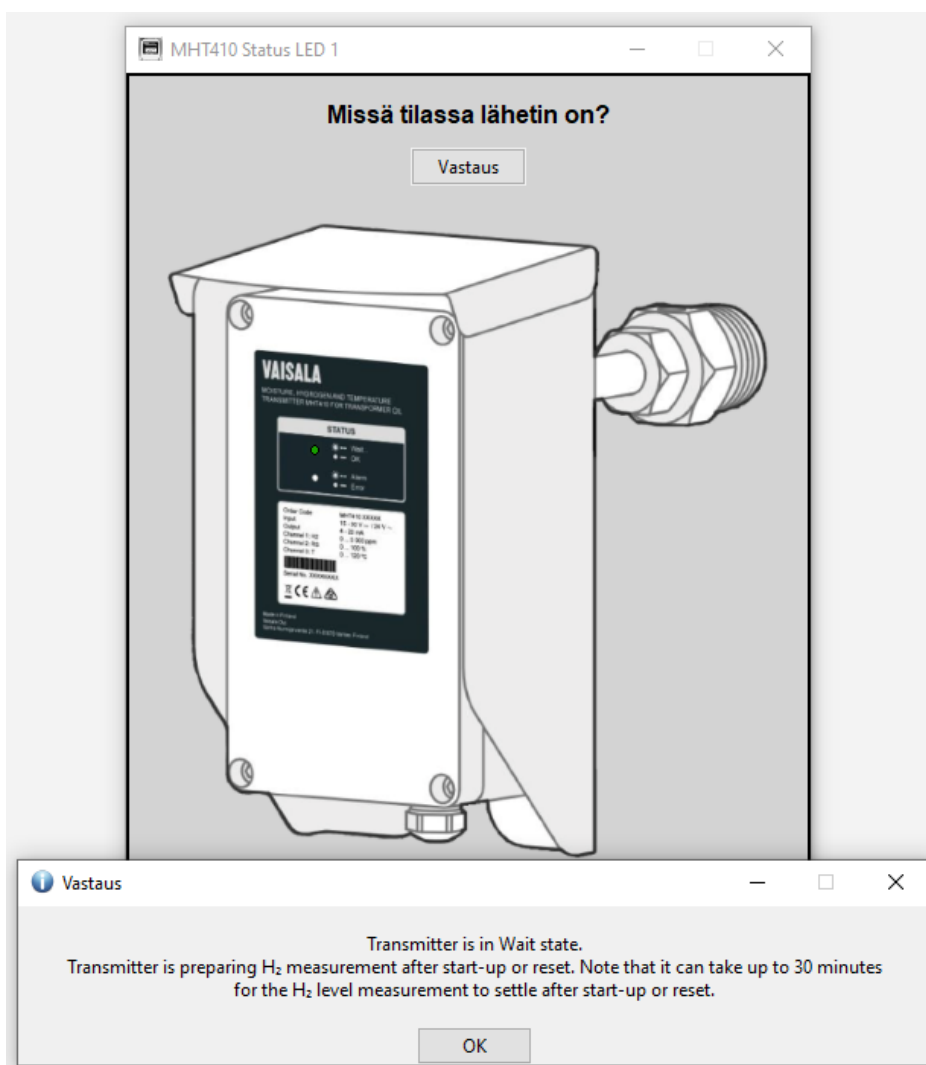
Kuva 25. Led-tilan muuttamisvalikko

Valitettavasti vetytrendiä mukautettuun tilanteeseen ei saatu sen liian haasteellisen ohjelmoinnin sekä ajan puutteen takia.

6.2 Kaasuanalysaattorin led-tilat

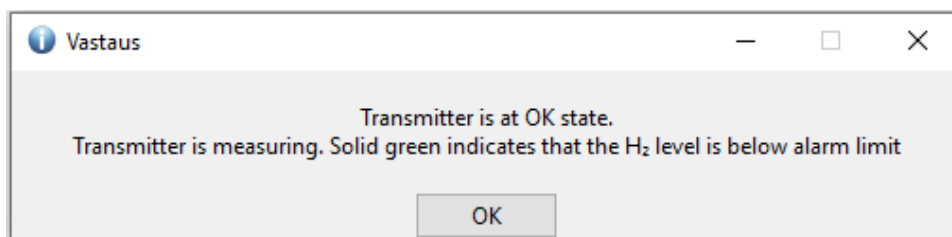
Ohjelmaan tehtiin osio, missä voidaan katsoa MHT410:n eri led tilat ja tarkistella mitä ne tarkoittavat. Led-tiloja oli yhteensä neljä: vihreä vilkkuva, vihreä pysyvä, punainen vilkkuva ja punainen pysyvä.

Kun led-valo vilkkuu vihreänä, MHT410 on odotustilassa. Tässä tapauksessa lähetin valmistautuu vedyn mittaukseen käynnistyksen tai uudelleenkäynnistyksen jälkeen. Lähettimellä saattaa kestää jopa 30 minuuttia asettua oikeaan mitta-arvoon uudelleenkäynnistyksen jälkeen. Kuvassa 26 on esitelty simulointiohjelman lähettimen odotustilan ikkuna ja sen kuvaus.



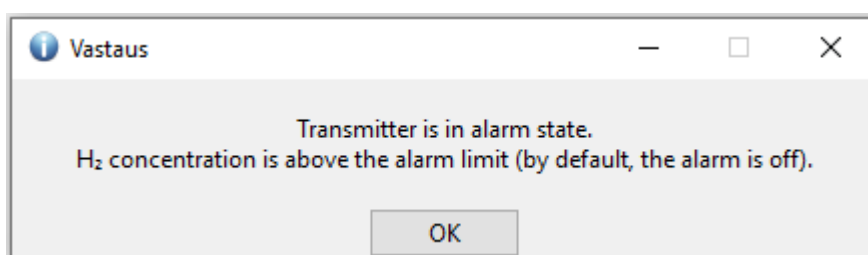
KUVA 26. Lähettimen odotustilan ikkuna sekä englanninkielinen kuvaus

Kun led-valo pysyy vihreänä, MHT410 on "OK"-tilassa. Lähetin mittaa vetyä ja muita suureita. Pysyvä vihreä valo ilmaisee, että vetypitoisuus on hälytysrajan alapuolella. Kuvassa 27 on esitelty simulointiohjelman lähettimen "OK"-tilan kuvaus.



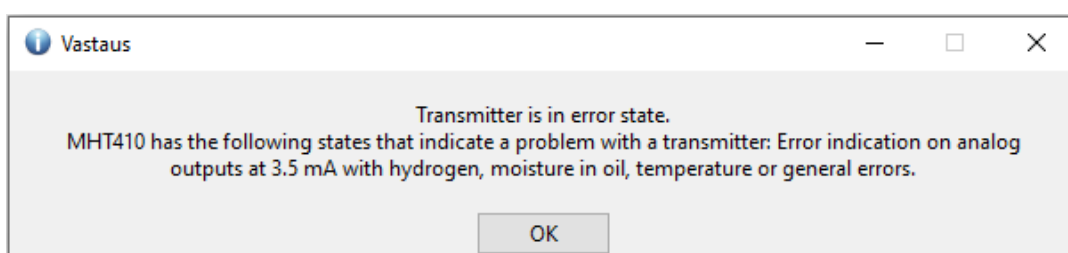
KUVA 27. Lähettimen "OK"-tilan kuvaus

Kun led-valo vilkkuu punaisena, MHT410 on hälytystilassa. Tässä tapauksessa vetypitoisuus on ylittänyt hälytysrajan. Kuvassa 28 on esitelty simulointiohjelman lähettimen hälytystilan kuvaus.



KUVA 28. Lähettimen hälytystilan kuvaus

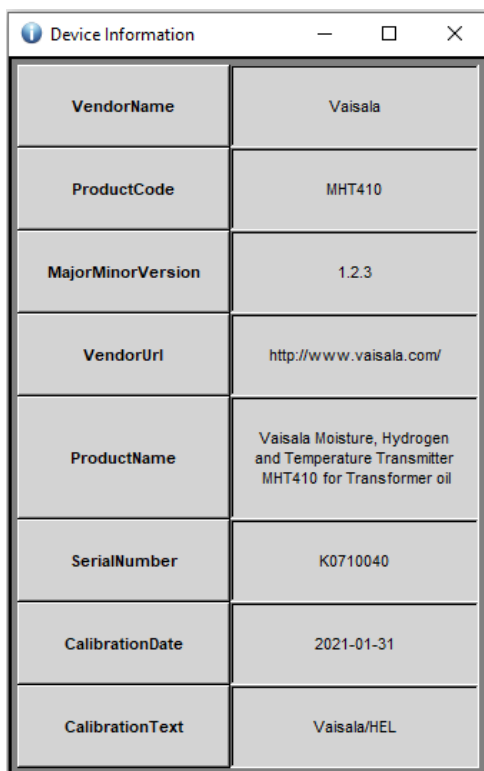
Kun led-valo pysyy punaisena, MHT410 on vikatilassa. Tässä tapauksesta analogialähdöstä saadaan ulos 3.5 mA virtaviesti. Lisätietoja vikatiloista saadaan ottamalla laiteyhteys lähettimeen. Kuvassa 29 on esitelty simulointiohjelman lähettimen vikatilan kuvaus.



KUVA 29. Lähettimen vikatilan kuvaus

6.3 Toimintaohje ja laitteen tiedot

Ohjelmaan tehtiin laitteen tiedot -kohta (Device information), jossa on esitelty kuvitteellisen MHT410-laitteen tiedot, että niitä voidaan tarkastella haluttaessa. Laitteen tiedot -ikkuna on esitelty kuvassa 30.



VendorName	Vaisala
ProductCode	MHT410
MajorMinorVersion	1.2.3
VendorUrl	http://www.vaisala.com/
ProductName	Vaisala Moisture, Hydrogen and Temperature Transmitter MHT410 for Transformer oil
SerialNumber	K0710040
CalibrationDate	2021-01-31
CalibrationText	Vaisala/HEL

KUVA 30. Laitteen tiedot

Ohjelmaan tehtiin lisäksi yleinen toimintaohje muuntajan hälyttäessä. Toimintaohjeessa on esitetty turvallinen sekä oikeaoppinen tapa toimia muuntajan hälytyksen sattuessa. Toimintaohje tehtiin yhdessä Fingrid:in edustajien kanssa. Toimintaohje on esitetty liitteessä 2.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä simulointisovellus suurjännitemuuntajan kaasuanalysaattorin toiminnasta. Tavoitteena oli, että simulointisovelluksella pystyttäisiin simuloimaan muuntajan vika ja hälytystiloja sekä kaasuanalysaattorin antamia mittaustuloksia niistä tilanteista. Työn suunnittelu alkoi yhdessä TAKK:in, Fingridin ja Vaisalan edustajien kanssa. Yhdessä päädyttiin ratkaisuun, että tehtäisiin virtuaalinen simulointisovellus kaasuanalysaattorin toiminasta, ja johon luotaisiin myös yleinen toimintaohje muuntajan hälytyksen tapahtuessa. Lisäksi aluksi oli tarkoitus tehdä kaasuanalysaattorin ledien simulointi arduinolla sekä kaasuanalysaattori MHT410:n kylmäversiolla. Tästä ideasta kuitenkin luovuttiin, ja päädyttiin tekemään ledien simulointi myös virtuaalisesti liitettynä simulointiohjelmaan. Työn lopputuloksena valmistui onnistunut simulointiohjelma muuntajan kaasuanalysaattorin toiminnasta, joka voidaan liittää mukaan TAKK:in opetukseen.

Simulointisovellus oli kustannustehokas, koska se tehtiin kokonaan virtuaaliseksi sovellukseksi toisin kuin alkuperäisessä suunnitelmassa, jossa siihen piti lisätä fyysisiä elementtejä kuten arduinolla ohjattavat led-valot, jotka olisi asetettu Vaisalalta saadun lähettimen ns. kylmän version sisään, eli pelkän rungon ilman elektroniikkaa. Tästä ideasta luovuttiin kytkentöjen haastavuuden takia, koska johtimet olisi pitänyt vetää kaivossa sähkökentän valvontakopilta muuntajalle. Osasyynä oli myös sääolosuhteet, koska laite olisi asennettu ulos ja se olisi rajoittanut arduinon osien kestoa. Koska ohjelma on kokonaan virtuaalinen, sen saa siirrettyä käytännössä mihin tahansa koneelle käytettäväksi haluttaessa, joten myös tämän takia ratkaisu oli lopulta parempi.

Simulointisovellukseen tuli yhteensä kuusi eri tilannetta, miten kaasuanalysaattori toimisi tietyissä käytännön tilanteissa. Kehitysehdotuksena sovellukseen voitaisiin lisätä lisää yleisimpiä tilanteita, tai kehittää sovelluksen mukautettua tilannetta vielä enemmän opetukseen soveltuvaksi, esimerkiksi ohjelmoimalla siihen osio, jossa voidaan muunnella vetytrendiä. Nykyisessä ohjelman mukautetussa tilanteessa vetytrendiä ei keretty ohjelmoimaan ollenkaan. Ohjelmaa voidaan tarvittaessa tulevaisuudessa kehittää helposti muokattavan koodinsa ansiosta.

LÄHTEET

- Britannica. 2021. Computersimulation. Luettu 15.9.2021.
<https://www.britannica.com/technology/computer-simulation>
- Heikkinen, K. 2013. Muuntajaöljyn kunnossapito ja automaattinen kunnonvalvonta. Promaint. Luettu 3.5.2021.
<https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Muuntajaoljyn-kunnossapito-ja-automattinen-kunnonvalvonta>
- Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. 1. painos. Vantaa. Hansaprint Oy.
- Ilmatieteenlaitos. 2020. Sääennusteen synty. Luettu 17.9.2021.
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/saaennusteen-synty>
- Kasurinen, J. 2007. Python -Tkinter ja graafinen käyttöliittymä. Luettu 6.5.2021.
http://www2.it.lut.fi/project/MASTO/material/Python-Tkinteropas_LTY2007.pdf
- Lutz, M. & Ascher, D. 2003. Learning Python. 2. painos. Gravenstein Highway North, CA. O'Reilly Media, Inc.
- Mellin, T. 2016. Öljyriteisten tehomuuntajien liuenneiden kaasujen analyysi. aaltodoc.aalto.fi. Luettu 26.7.2021.
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/23299/master_Mellin_Toni_2016.pdf?sequence=1&is
- Moore, A. 2018. Python GUI Programming with Tkinter. Develop Responsive and powerful GUI Applications with Tkinter. Birmingham: Packt Publishing, Limited.
- Multirel. n.d. Kaasujen valvonta ja analysointi. Kaasuanalysointit. Luettu 27.7.2021.
<https://multirel.fi/sahkonlaatu-ja-mittalaitteet/kaasuanalysointit/>
- Noushad, H. 2010. Computer-Based Instructional Simulations in Education: Why and How. Luettu 17.9.2021.
https://www.researchgate.net/publication/272505693_Computer-Based_Instructional_Simulations_in_Education_Why_and_How
- Promaint. 2016. Laite- ja korjaustekniikat. Luettu 30.7.2021.
[https://promaintlehti.fi/Laite-ja-korjaustekniikat/Vaisala-MHT410-antaa-reaaliaikaista-tietoa-muuntajan-vikatilanteista/\(offset\)/13](https://promaintlehti.fi/Laite-ja-korjaustekniikat/Vaisala-MHT410-antaa-reaaliaikaista-tietoa-muuntajan-vikatilanteista/(offset)/13)
- Python. 2019. History of Python. Luettu 7.9.2021.
<https://www.geeksforgeeks.org/history-of-python/>
- Python. 2021a. What is Python?. Luettu 2.9.2021.
<https://docs.python.org/3/faq/general.html#what-is-python>

Python. 2021b. Tkinter Button. Luettu 5.7.2021.
https://www.tutorialspoint.com/python/tk_button.htm

Räsänen, S. 2004. Verkko-opetuksen tietotekniikkaa - Simulaatio opetuksessa. raportti B/2004. Kuopion yliopisto: tietojenkäsittelyn laitos.
<http://www.cs.uku.fi/tutkimus/publications/reports/B-2004-3.pdf>

Simulaatio. n.d. Opetusmenetelmät opetuksen monipuolistajana. Luettu 30.7.2021.
<http://www.oamk.fi/amok/oppimat/LO/Opetusmenetelmat06a/html/simulaatio.html>

sst. 2020. Yhteistyössä on voimaa: Järvi-Suomen Energia hankkii päämuuntajia verkkoyhtiöiden yhteishankinnassa
<https://www.sttinfo.fi/tiedote/yhteistyossa-on-voimaa-jarvi-suomen-energia-hankkii-paamuuntajia-verkkoyhtioiden-yhteishankinnassa?publishe-rlid=69817668&releaseld=69888643>

Strada. n.d. Simulaattori. Strada ajokoulupalvelut. Haettu 30.7.2021.
<https://www.strada.fi/pimeanajo-simulaattorilla/>

TAKK. 2021a. Tampereen Aikuiskoulutuskeskus TAKK. Luettu 27.4.2021.
<https://www.takk.fi/fi/takk/tampereen-aikuiskoulutuskeskus/>

TAKK. 2021b. Koulutusmuodot ja opintoetuedet. Luettu 3.5.2021.
<https://www.takk.fi/opiskelijaksi/koulutusmuodot-ja-opintoetuedet/>

TAKK. 2021c. Sähkökentän rakentaminen. Luettu 3.5.2021.
<https://www.takk.fi/takk/hankkeet/paattyneet-hankkeet/sahkoaseman-rakentaminen/>

User Guide. 2021. Vaisala Moisture, Hydrogen and Temperature Transmitter for Transformer Oil MHT410. Luettu 30.8.2021
<https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/MHT410-User-Guide-M211737EN.pdf>

Vaisala. 2021a. Esite. Miksi ja mitä muuntajan vikakaasuja tulee mitata? Luettu 5.6.2021. <https://www.vaisala.com/fi/file/38071/download?token=C291HcaR>

Vaisala. 2021b. Kosteus-, vety- ja lämpötilalähetin MHT410. Haettu 30.8.2021
<https://www.vaisala.com/fi/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/instruments-industrial-measurements/mht410>

What is python?. N.d What is python? Executive Summary. Luettu 6.5.2021.
<https://www.python.org/doc/essays/blurb/>

LIITTEET

Liite 1. Vaisala MHT410 tekniset tiedot

Tekniset tiedot

Mittalaitteen suorituskyky

Vety	
Mittausalue (öljyssä)	0-5 000 ppm _v
Tarkkuus ¹⁾	±10 % lukemasta tai ±15 ppm _v (suuremman mukaan)
Toistettavuus	±10 % lukemasta tai ±15 ppm _v (suuremman mukaan)
Ajin havaitsemisraja	15 ppm _v
Tyypillinen pitkän aikavälin stabiilisuus	3 % lukemasta/vuosi
Ristikkäisherkeyttä muille kaasuille	< 2 % (CO ₂ , C ₂ H ₂ , C ₂ H ₄ , CO)
Vasteaika	E3 % kokonaisvasteesta: 2,5 h (kun anturi ei ole referenssilämpötilassa) 90 % kokonaisvasteesta: 17 h
Lämpenemis aika	2 h, 12 h täyteen suorituskykyyn
Anturi	Puolijohdeanturi, jossa on katalyyttinen palladium-nikkeliöljy
Öljyn kosteus	
Mittausalue (öljyssä)	0-100 %RS / a ₀ 0-1
Vasteaika (90 % täydestä vasteesta +20 °C:n lämpötilassa liikkumattomassa öljyssä)	10 min
Anturi	HUMICAP [®] ISOL2
Tarkkuus (mukaan lukien epälineaarisuus, hystereesi ja toistettavuus):	
0-90 %RS	±2 %RS (a ₀ ±0,02)
90-100 %RS	±3 %RS (a ₀ ±0,03)
Lämpötila	
Mittausalue	-40 ... +120 °C
Tarkkuus +20 °C:n lämpötilassa	+0,2 °C
Anturi	Pt1000 RTD, luokka F03 IEC 60751

¹⁾ Ilmoitettu tarkkuus on kalibrointitarkkuus käytettäessä mittauskaasun kaasun öljynäytteitä. Käytettyjen kantojen tai vaihtokäytökäytön on oltava öljynäytteen erillisen kalibrointitarkkuuden (öljyn kalibrointi) mukaan.

Tulot ja lähdöt

Käyttöjännite	15-30 VDC, 24 VAC (±15 %) (palkaani-esteti erotettu virtalähde) ¹⁾
Virtakuutus	Tyypillinen 4 W, enintään 12 W
Analogilähdet (virta) ¹⁾	
Kanavat	Kolme erotettua 4-20 mA:n kanavaa (ilmukauvirta)
Ulkoinen kuorma	Enintään 500 Ω
Virta-tilan ilmaisu laitevirheen tapauksessa	3,5 mA (oletus), käyttäjän määrittämissä kullekin kanavalle
mA-lähdön tarkkuus +20 °C:n lämpötilassa	±0,125 % täydestä asteikosta
Analogilähtöjen lämpötilariippuvuus	±0,006 %/°C täydestä asteikosta
Digitaallilähdet ¹⁾	
Liitännät	Erotettu RS-485, vuoroauntainen RS-485 (huoltoportti, ei erotettu)
Protokollat	Modbus RTU, DNP3, ASCII-sarjailähtö
Ruuviliittimet	Johdinkoko AWG 22-14 Yksijohdin (kanta) 1,5 mm ² Säikeellinen johdin (joustava) 1,0 mm ² Suositeltu johtimen momentti 0,4 Nm

¹⁾ Ennenkäyttöohjeita IEC 61010-1

Mekaaniset tiedot

Lähtimen mekaaninen liitäntä	1,5" NPT (urot)
Lämpöeristys (valinnainen, käytetään Indigo 520:n kanssa)	M20x15 kaapelilla, jonka halkaisija on 5-9 mm
Lämpöeristys (valinnainen)	M20x15 kaapelilla, jonka halkaisija on 8-11 mm
Lämpöeristys (valinnainen)	M20x15 kaapelilla, jonka halkaisija on 11-14,5 mm
Ponsariputkilaitin (valinnainen)	1/2" NPT
Liityntäkaapeli (valinnainen, erillisenä)	5 m, ulkohalkaisija 9,2 mm
Liitäntäkaapeli (valinnainen)	10 m, ulkohalkaisija 9,2 mm
Liitäntäkaapeli (valinnainen, käytetään Indigo 520:n kanssa)	10 m, ulkohalkaisija 6,2 mm
Kotalon materiaali	Al: 10 Mg
IP-luokka	IP66
Lähtimen paino ilman kaapeleita	4,7 kg
Itsediaagnostiikan tulos	Tilan merkivalot, analogilähtö, Modbus
Integroidut tietojen kirjausominaisuudet	Hahtumaton muisti, jopa 44 vuoden tallennus oletuskirjauksella
Ykkösten toimintatietojen raportit	Kalibrointiraportit kosteudelle, vedylle ja lämpötilalle; mittapöytävuototestiraportti (5 bar, nimellinen)
Tuotantokausi	5 vuotta

Käyttöympäristö

Öljyn tyyppi	Mineeraliöljy / luonnollinen esteröily / syntetisoinen esteröily
Öljyn lämpötila	-20 ... +75 °C
Käyttölämpötila (elektronikka)	-40 ... +60 °C
Säilytyslämpötila	-40 ... +60 °C
Käyttökoostumus	0-100 % RH, kondensoitua
Painekesto (mittapöytä, lyhytaikainen)	Enintään 10 baaria
Painekesto (mittapöytä, jatkuva)	Enintään 4 baaria
Lämpötilakesto, anturipää	-40 ... +120 °C
Sisäinen lyhytaikaisten virtakatkosten suojaus	> 3 s
EHC-standardi EN 61325-1, turvallisuus-käyttö, CISPR22-luokan B päästöarajat tasavirtakäyttöä	Täyttää standardin IEC 61000-6-5 vaatimukset seuraavissa testissä: IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-6, IEC 61000-4-8, IEC 61000-4-11, IEC 61000-4-12, IEC 61000-4-16, IEC 61000-4-17.



VAISALA

www.vaisala.com

Julkaisija: Vaisala | B211484F1-F © Vaisala 2020

Käikki oikeudet pidätetään. Kaikki logot ja tuotenimet ovat Vaisalan tai sen kumppanien tavaramerkkejä. Tämän asiakirjan sisältämien tietojen jäljentäminen, siirtäminen, jakelu tai tallentaminen on ehdottomasti kielletty. Kaikkia tietoja – myös teknisiä – voidaan muuttaa ilman erillistä ilmoitusta.

Liite 2. Toimintaohje muuntajan hälyttäessä

Toimintaohje muuntajan hälyttäessä

TOIMINTAOHJE MUUNTAJAN HÄLYTTÄESSÄ

Valvomo soittaa palveluntoimittajan varallaolijalle ja ilmoittaa tulleista hälytyksistä.

Palveluntoimittaja saapuu asemalle ja tarkastaa paikallistyöaseman hälytykset. Tarkastellaan ovatko hälytykset edelleen samat, ovatko ne muuttuneet tai onko tullut uusia hälytyksiä. Samalla katsotaan myös mittaustietoja.

Lähestyttäessä muuntajaa

Arvioidaan työturvallisuusriskit ja varmistetaan oma turvallisuus.

Muuntajan tarkastaminen

Muuntajalle tehdään aistien varainen tarkastus (äänet, hajut, vuodot). Tarkastetaan muuntajan yleinen kunto silmämääräisesti. Kaikista havaituista poikkeamista ilmoitetaan valvomoon.

Vikatilanteen arviointi

Pyritään luomaan kokonaiskuva tilanteesta. Onko kyseessä yksittäinen virheellinen hälytys vai muuntajan vakava vikatilanne?

Jos tulee useita peräkkäisiä hälytyksiä esim. kaasurelehälytys, on aina epäiltävä vakavampaa vikaa.

Vikakaasuanalysaattorin mittaustulosten tarkastus

Vikakaasupitoisuuden nousuun liittyvässä hälytyksessä ollaan yhteydessä valvomoon.

Mittaustietojen perusteella päätetään, onko muuntajasta tarvetta ottaa öljynäyte laboratorioon tai analysoidaanko öljynäyte kannettavalla vikakaasuanalysaattorilla.

Jos muuntajan käyttöä ei voida jatkaa, päätöksen muuntajan irti kytkemisestä verkosta tekee valvomo.

Vikakaasuanalysaattorin toimintakunnon tarkastus

Vikakaasuanalysaattorin toimintakunto arvioidaan. Tarvittaessa tarkastetaan mittaussiirit. Onko esimerkiksi hälytyspiirit kytketty ristiin (esim. vikakaasupitoisuus ja kosteuspiitoisuus)?

Laitevikatapauksessa laaditaan vikailmoitus.