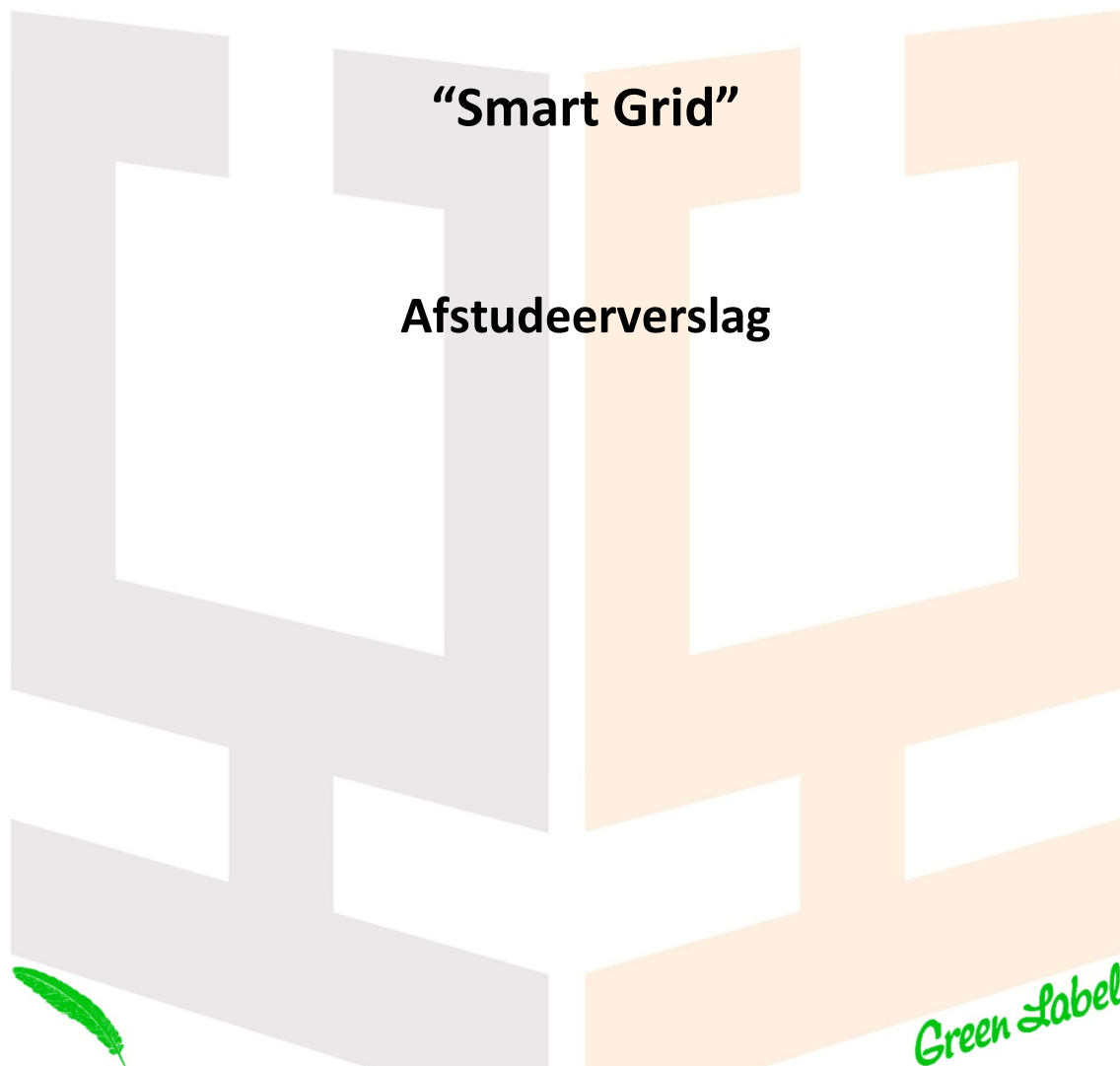


auteur / student	Danny Koch
studentnummer	1594417
cursus / onderdeel / code	afstuderen / afstudeerverslag / TEET-VABACHEX-13
datum	28-03-2014



auteur / student	Danny Koch
studentnummer	1594417
studentenmail / bedrijfsmail	danny.koch@student.hu.nl / dkoch@vdsijs.nl
cursus / onderdeel / code	afstuderen / afstudeerverslag / TEET-VABACHEX-13
1 ^e / 2 ^e examiner	Peter Bardoel / Erik Karsemeijer
bedrijfsnaam	Van der Sijs Techniek en Automatisering BV
bedrijfsbegeleider	Henk Roest
datum / plaats	28-03-2014 / Wijk bij Duurstede
versie	V2.2

Verklaring Hogeschool

Het bestuur van de Stichting Hogeschool Utrecht te Utrecht aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade voortvloeiende uit het gebruik van enig gegeven, hulpmiddel, werkwijze of procedure in dit verslag beschreven. Vermenigvuldiging zonder toestemming van de auteur(s) en de school is niet toegestaan. Indien het afstudeerwerk in een bedrijf is verricht, is voor vermenigvuldiging of overname van tekst uit dit verslag eveneens toestemming van het bedrijf vereist.

Versiebeheer

In het versiebeheer wordt bijgehouden wat en wanneer er iets veranderd is in het document. Dit wordt bijgehouden in de versielijst. De distributielijst laat zien aan wie, welke versie van het document zal worden overhandigd.

De onderstaande personen zijn direct betrokken bij dit project en dit document is dan ook aan hen getoond.

Versielijst

Datum gereed	Versie	Revisie door	Omschrijving
03-02-2014	1.0	Danny Koch	Vervaardigen van document.
13-02-2014	1.1	Danny Koch	Verbeteringen t.b.v. feedback bedrijfsbegeleider.
17-02-2014	1.2	Danny Koch	Spelling- en grammaticacontrole.
05-03-2014	2.0	Danny Koch	Verbetering t/m hoofdstuk 2, feedback schoolbegeleider.
19-03-2014	2.1	Danny Koch	Verbetering gehele document, feedback schoolbegeleider.
28-03-2014	2.2	Danny Koch	Verbeteren gehele document, feedback bedrijfsbegeleider.

Distributielijst

Naam	Functie	Inlevervorm (digitaal/hard-copy)	Revisie -versie			
			1.2	2.1	2.2	
Danny Koch	afstuderende	Digitaal	X	X	X	
Henk Roest	bedrijfsbegeleider	Digitaal	X	X	X	
Peter Bardoel	1 ^e examiner	Digitaal	X		X	
Erik Karsemeijer	2 ^e examiner	Digitaal	X		X	
Onderwijsbureau	-	Digitaal/Hard-copy				

Samenvatting

Voor u ligt het afstudeerverslag van Danny Koch, afstuderende aan de opleiding Industriële Automatisering (IA). Dit verslag beschrijft het complete traject van de afstudeerstage. De afstudeerstage en het afstudeerproject zijn gerealiseerd bij het bedrijf Van der Sijs Techniek en Automatisering BV.

Het project bestaat uit drie op zichzelf staande systemen die aan elkaar gekoppeld worden. Voor deze koppeling staat een Human Monitoring Interface (HMI) centraal en zal geprogrammeerd moeten worden. Het gaat hier om de volgende drie systemen:

Zonnepanelen

Op het dak van Van der Sijs zijn zonnepanelen aangelegd. De opgewekte vermogens wil het bedrijf in kaart brengen en op de HMI zichtbaar maken.

Elektrische laadpalen

Op de parkeerplaats van het bedrijf staan twee elektrische laadpalen. Hier kunnen elektrische auto's hun batterij opladen. Voor het opladen van (meerdere) auto's is een groot vermogen vereist. Dit vermogen is in het bedrijfspannd niet altijd beschikbaar. Daarom moet hier een slimme koppeling geprogrammeerd worden die het laadproces van de auto's regelt. Ook dit vermogen van de laadpalen wil het bedrijf in kaart brengen en op de HMI zichtbaar maken.

Verlichting

Daarnaast heeft Van der Sijs de doelstelling om het bedrijfspannd energiezuiniger te maken. Het gaat hier in dit project alleen om het lichtverbruik. Onderzocht moet worden of het energieverbruik ten behoeve van de verlichting teruggebracht kan worden.

Nadat de opdracht en de specifieke eisen van het project uitgewerkt zijn, wordt het onderzoek naar de probleemstellingen beschreven. Onderzocht is hoe de eisen van de opdrachtgever en de probleemstellingen gerealiseerd kunnen worden. Uit verschillende onderzochte oplossingen wordt een keuze gemaakt.

Deze oplossingen zijn uitgewerkt in verschillende detailontwerpen. Denk hier aan communicatie overzichten, elektrische tekeningen en flowcharts voor de software. Deze ontwerpen zijn in de implementatiefase gerealiseerd.

Conclusie

Het resultaat van dit project is een koppeling tussen drie systemen, verwerkt in een HMI. Van de laadpalen en zonnepanelen worden de energiewaarden opgeslagen (getrend). Deze energiewaarden kunnen op de HMI weergegeven worden.

Voor de koppeling tussen de systemen wordt een bedieningspaneel van het merk Exor gebruikt. Dit touch panel wordt geprogrammeerd met het softwarepakket: jMobile. Hiermee kunnen dynamische pagina's gemaakt worden die systeemwaarden uit het veld weergeven. Het communiceert met alle Modbus/TCP en Konnex/Europese installatie bus (KNX/EIB) componenten in de installatie. Het werkgeheugen van de HMI wordt zwaar belast door de verwerking van informatie achter de schermen. Ik adviseer om een losse Programmable logic controller (PLC) te realiseren die geen gebruik maakt van het werkgeheugen van het scherm.

Zonnepanelen en elektrische laadpalen

Het verbruik van de laadpalen en de opbrengst van de zonnepanelen wordt gemeten door energiemeters van Phoenix Contact. De hoofdverdeler wordt gemeten door een slimme energiemeter eveneens van Phoenix Contact.

Een stroomberekening begrenst het laadvermogen van een elektrische auto. Wanneer de stroom door de hoofdverdeler te groot wordt zal de laadstroom direct verlaagd worden.

Verlichting

De verlichting in de werkplaatsen is geautomatiseerd met KNX componenten. Het bedrijfspan van Van der Sijs heeft twee zaaghokken. Hier zijn aanwezigheidssensoren geïnstalleerd die de verlichting direct schakelen bij binnenkomst. De HMI kan nu ook de verlichting aan- of uitschakelen. Op een plattegrond van het bedrijfspan kan de verlichting op de HMI bediend worden. Daarbij schakelt dit bedieningsscherm in de pauze automatisch de verlichting uit.

Inhoudsopgave

Voorwoord	12
Inleiding.....	13
Documentstructuur	14
1 Afstudeerbedrijf	15
2 Organisatie en werkwijze	16
2.1 Organisatie	16
2.2 Werkwijze.....	17
3 Projectomschrijving en opdracht	18
3.1 Probleemstellingen	18
3.2 Afstudeeropdracht	19
3.3 Eisen en randvoorwaarden	20
3.3.1 Eisen van de opdrachtgever	20
3.3.2 Eisen van de Hogeschool.....	21
3.3.3 Randvoorwaarden	22
3.4 Eindproducten.....	22
4 Onderzoek	23
4.1 Overview.....	24
4.2 Component onderzoek.....	25
4.2.1 Energiemonitoring.....	25
4.2.2 Signalen van beveiligingsautomaten.....	29
4.2.3 Galvanische scheiding in communicatielijnen.....	32
4.2.4 Electric vehicle charge controllers.....	33
4.2.5 Drukknoppen bedieningspaneel	37
4.2.6 Energiezuiniger bedrijfspan.....	39
4.2.7 Touch panel	42
4.2.8 Keuze conclusie	43
4.3 Theoretisch onderzoek.....	45
4.3.1 Energiemeters voor de laadpalen	45
4.3.2 Voordelen van energiemeting per laadpaal.....	46
4.3.3 Afbouwen	48
4.3.4 Overbelasting door terugleveren	50
4.4 Methodiek	51
4.4.1 Aandachtspunten van onderzoek.....	51

4.4.2	Informatie vergaring.....	51
5	Ontwerp	53
5.1	Functional Design Specification.....	53
5.1.1	HMI-lijst	53
5.1.2	Piping and Instrumentation diagram	54
5.1.3	Communicatie overzicht.....	54
5.2	Technical Design Specification	55
5.2.1	Elektrische tekeningen	55
5.2.2	Software	58
6	Testfase	70
7	Realisatie	71
7.1	Globale fasering.....	71
7.2	Realisatie per fase / mijlpaal	72
7.2.1	Algemene fase	72
7.2.2	Analysefase.....	72
7.2.3	Onderzoeksfase	72
7.2.4	Ontwerpfase.....	72
7.2.5	Implementatiefase	72
7.2.6	Testfase	73
8	Eindproduct	74
8.1	Resultaat.....	74
8.2	Evaluatie	75
8.3	Conclusie	75
8.4	Aanbevelingen.....	76
8.4.1	Laadpalen	76
8.4.2	KNX/EIB.....	76
8.4.3	Het touch panel	77
9	Proces en planning	78
9.1	Projectaanpak.....	78
9.1.1	Projectmanagement modellen.....	78
9.1.2	Conclusie	79
9.1.3	Documentatie.....	80
9.2	Strokenplanning	80

9.3	Calculatie uren en kosten.....	81
9.3.1	Personeelskosten	81
9.3.2	Materiaalkosten	81
9.4	Projectevaluatie.....	82
9.4.1	Modellen evaluatie.....	82
9.4.2	Planning evaluatie	82
10	Reflectie.....	84
10.1	Reflectie technische competenties	84
10.2	Reflectie professionele competenties.....	85
10.3	Profielschets	86
	Nawoord.....	87
	Afkorting en begrippen	88
	Bronnen.....	90
	Bijlage	91

Lijst van afbeeldingen

Afbeelding 1 Bedrijfslogo van Van der Sijs Techniek en Automatisering BV, Green Label	15
Afbeelding 2 Photo-Voltaic zonnepanelen op het bedrijfspand van Van der Sijs.....	24
Afbeelding 3 Twee laadpalen met permanente laadkabel (groen) en plug-in socket.....	24
Afbeelding 4 Centraal drukknoppen bedieningspaneel in de binnenkomsthal.....	24
Afbeelding 5 eTOP515 touch panel van Exor.....	25
Afbeelding 6 Energiemeter MA600 van Phoenix Contact.....	26
Afbeelding 7 Energiemeter A43 van ABB.....	26
Afbeelding 8 Staafstroom transformator 50A-5A van Phoenix Contact.....	28
Afbeelding 9 Digitale I/O Plug-in module voor de HMI.....	29
Afbeelding 10 Remote I/O station met Modbus/TCP.....	30
Afbeelding 11 Digitale ingangen module met KNX/EIB van GIRA.....	30
Afbeelding 12 Ethernet switch met twee glasvezelpoorten van Phoenix Contact.....	32
Afbeelding 13 Netwerkisolator met twee RJ45, tot 100 Mbit/s van Phoenix Contact.....	32
Afbeelding 14 Plug-in laadkabel.....	33
Afbeelding 15 Laadcontroller van Bals Elektrotechnik.....	34
Afbeelding 16 Laadcontroller van Phoenix Contact.....	34
Afbeelding 17 Laadcontroller van Siemens.....	35
Afbeelding 18 Lock Release module met UPS van Phoenix Contact.....	36
Afbeelding 19 PLCM02 Plug-in module voor de HMI.....	38
Afbeelding 20 Voorbeeld van een TL-verlichting van Philips.....	40
Afbeelding 21 Voorbeeld van een LED-verlichting van Philips.....	40
Afbeelding 22 KNX/EIB Aanwezigheidssensor van Gira.....	40
Afbeelding 23 Achterzijde van een eTOP beeldscherm met ingeplugde module.....	43
Afbeelding 24 Totaal meting van een Renault Twizy en Mitsubishi Outlander.....	47
Afbeelding 25: 1,5 Ampère onder de stroombegrenzing.....	48
Afbeelding 26 Laadstroom afbouwen van Renault Twizy.....	49
Afbeelding 27 Laadstroom afbouwen van Mitsubishi Outlander.....	49
Afbeelding 28 Voorbeeld van parameter instellingen schakelactor HVK.....	63
Afbeelding 29 Functie aan groepsadres koppelen.....	64
Afbeelding 30 Hoofdmenu HMI.....	66
Afbeelding 31 Elektrische laadpalen overzicht.....	66
Afbeelding 32 Overzicht laadpalen.....	67
Afbeelding 33 Zonnepanelen overzicht.....	68
Afbeelding 34 Stroom en vermogen uit het net.....	68
Afbeelding 35 KNX verlichting bedrijfspand Van der Sijs.....	69
Afbeelding 36 Loopverlichting, minimale verlichting in de werkplaatsen.....	69
Afbeelding 37 Laden van een Renault Zoë.....	74

Lijst van figuren

Figuur 1 Organogram met de samenwerkingsverbanden omtrent de student.....	16
Figuur 2 Omvormers van de zonnepanelen.....	19
Figuur 3 Energiemeters in de hoofdverdeelkast.....	28
Figuur 4 Vereenvoudigd overzicht van de remote I/O station.....	32
Figuur 5 Voorbeelden van verschillende fasen aansluitingen.....	46
Figuur 6 Vereenvoudigd communicatie overzicht.....	54
Figuur 7 Aanwezigheid van de auto's optellen.....	60
Figuur 8 Laadpaal/auto aanwezig.....	60
Figuur 9 Totale laadstroom berekenen.....	60
Figuur 10 Stroomoverschot berekenen.....	60
Figuur 11 Stroomoverschot wordt nul of verdeeld over de laadpalen.....	61
Figuur 12 Overvloed verdelen.....	62
Figuur 13 Timer tbv verlichting WC hal 3.....	63
Figuur 14 GAMP- of V-model, geeft structuur in een project.....	79

Lijst van tabellen

Tabel 1 Gegevens van direct betrokkenen van de student.....	17
Tabel 2 Afweging energiemonitoring.....	27
Tabel 3 Prijsopgave van energiemeters.....	27
Tabel 4 Afweging signalen van beveiligingsautomaten.....	31
Tabel 5 Afweging Electric Vehicle Charge Control.....	36
Tabel 6 Afweging drukknoppen bedieningspaneel.....	39
Tabel 7 Oplossingen om energie in het bedrijfspannd te besparen.....	42
Tabel 8 Voorbeeld KNX overzicht.....	58
Tabel 9 Fase verdeling over de vier laadpalen.....	59
Tabel 10 Overvloed verdelen voorbeeld 1.....	61
Tabel 11 Overvloed verdelen voorbeeld 2.....	62
Tabel 12 Voorbeeld KNX groepsadressen overzicht.....	64
Tabel 13 Projectfasen met alle mijlpalen.....	71
Tabel 14 Personeelskosten tbv Smart Grid.....	81

Lijst van grafieken

Grafiek 1 Stroomoverschot (blauw) van het bedrijfspannd.....	45
--	----

Voorwoord

Dit is het afstudeerverslag van het “Smart-Grid” project, geschreven door Danny Koch, student van de Hogeschool Utrecht (HU). Het gaat hier om een vierdejaars afstudeerproject voor de opleiding Industriële Automatisering. Dit project is uitgevoerd bij het bedrijf Van der Sijs Techniek en Automatisering BV te Wijk bij Duurstede. Een afdeling van het bedrijf, genaamd Green Label, verstrekt aan mij de opdracht.

Het project bestaat hoofdzakelijk uit het ontwikkelen van een koppeling tussen zonnepanelen, de verlichting en laadpunten voor elektrische auto's. De informatie en bediening van de installatiedelen komen samen in één HMI. Dit project is in 13 weken gerealiseerd en wordt afgesloten met dit afstudeerverslag. Voorafgaand aan deze 13 weken is een startdocument geschreven. Hierin worden de eisen van de opdrachtgever en plan van aanpak beschreven welke ook in dit verslag zijn verwerkt. Dit is gedaan zodat het gehele afstudeertraject in dit verslag te lezen is.

Dankwoord

Graag wil ik een aantal woorden van dank wijden aan personen die bijgedragen hebben aan het project en het resultaat.

Ik wil als eerste Henk Roest bedanken voor de hulp en begeleiding van mijn afstudeerproject. Ook wil ik mijn directe collega's van de software afdeling, Martijn van Eck en Walter de Kruif bedanken voor het meedenken in het project en de prettige werksfeer. De directeur John Lugthart wil ik bedanken voor de mogelijkheid dit mooie en interessante project te doen. Irene de Crom bedank ik voor de interesse in de nieuwe HMI en het ter beschikking stellen van haar elektrische auto om de laadpunten te kunnen testen.

Ad Kok wil ik bedanken voor de ondersteuning, bestellingen en controleren van mijn tekeningen. Hierbij wil ik ook Bert Koetsier bedanken voor de hulp en kennis in elektrische componenten en het tekenen hiervan.

Ik wil Erwin Rus bedanken voor het meedenken en het regelen van monteurs voor het (ver)bouwen van de installaties. Daarbij ook de monteurs uit de werkplaats die meegedacht hebben en voor de medewerking tijdens het verbouwen van de verlichting. In het bijzonder Cor Veenendaal, Dave Kranenburg, Stefan Markies en Mike Overvest, voor het (ver)bouwen van de installaties.

Mijn schoolbegeleider bedank ik voor het nakijken van de verslagen. Daarbij ook voor de begeleiding tijdens dit afstudeerproject.

Als laatste wil ik Wim de Leeuw bedanken voor alle (technische) informatie met betrekking tot laadpalen. Hij heeft ons bijgehouden in de ontwikkelingen in de laadpalen wereld zodat wij hier op in konden springen.

Ik vond het zeer aangenaam bij Van der Sijs af te studeren. Er hing een prettige sfeer binnen het bedrijf en met de collega's die mij graag wilden helpen in het project. Ik heb hier veel geleerd over de nieuwe branche van laadpalen en elektrische auto's. Daarnaast heb ik veel geleerd over de schakel- en verdeelkasten die het bedrijf produceert.

Inleiding

Aan het einde van de opleiding Industriële Automatisering op de Hogeschool Utrecht moet er een afstudeeropdracht bij een bedrijf uitgevoerd worden. Voor de invulling van deze opdracht moet door de student zelf een bedrijf en een Hoger Beroepsonderwijs (HBO) waardige opdracht verworven worden.

Opdracht

Voor mijn invulling heb ik een opdracht gevonden bij het bedrijf Van der Sijs Techniek en Automatisering BV te Wijk bij Duurstede.

Een afdeling van het bedrijf, genaamd Green Label, houdt zich bezig met laadstations, zonnepanelen en domotica. Dit zijn op zichzelfstaande installaties zonder onderlinge koppeling. De wens van het bedrijf is deze installaties in één totaal oplossing bij de klant te realiseren. Voor de koppeling tussen deze drie systemen moet daarom een “Smart-Grid” ontwikkeld worden. Dit is tevens de opdracht van het afstuderen. In deze opdracht zal een Human Monitoring Interface centraal staan waarin deze koppelingen samenkomen, bediend en gevisualiseerd kunnen worden.

Doel

Het doel van de opdracht is het ontwerpen van het Smart-Grid en programmeren van de HMI en PLC. De energie van de zonnepanelen installatie moet getrend en weergegeven worden. Daarbij moet op een efficiënte manier energie over de op te laden aanwezige auto's verdeeld worden. Hier zal ik me dan ook mee bezig houden. Daarbij moet er onderzoek gedaan worden naar het installeren van KNX in het bedrijfspand, welke bediend kan worden op de HMI. Een gedeelte hiervan zal gerealiseerd worden. Door energiemonitoring, verdeling en KNX te combineren ontstaat er Domotica. Domotica is het integreren van technologie en diensten om de kwaliteit van het wonen en leven te verbeteren.

Photo-Voltaic zonnepanelen

In deze installatie worden zonnepanelen of Photo-Voltaic (PV) panelen gebruikt. Dit zijn panelen die zonne-energie omzetten in elektriciteit.

Een PV paneel absorbeert de fotonen afkomstig van de zon en zet dit om in elektrische spanning. Het Griekse woord Photos betekend licht en Voltaic is de eenheid van spanning. Omdat het hier om Photo-Voltaic zonnepanelen gaat zal het in dit verslag als PV installatie/panelen vernoemd worden.

Documentstructuur

Voordat we diep in de theorie van dit project duiken zal hier eerst de structuur van het verslag beschreven staan. Dit document is geschreven zoals het project verlopen is. De hoofdstukken staan in teken van de achtereenvolgende fases die het project doorlopen heeft.

Te beginnen met het bedrijf waar het project wordt uitgevoerd. In het eerste hoofdstuk wordt het afstudeerbedrijf en haar werkzaamheden beschreven. Vervolgens wordt kort beschreven hoe de organisatie rondom de student er uitziet. In hoofdstuk drie komen de opdracht, probleemstellingen en eisen van de opdrachtgever aan de orde. Wat moest er in dit project gerealiseerd worden en waar moest het eindproduct aan voldoen.

Nadat de opdracht bekend en gedocumenteerd was, is onderzoek gedaan naar mogelijke oplossingen voor de probleemstellingen. Deze oplossingen zijn te vinden in hoofdstuk 4 Onderzoek. Uit de onderzochte oplossingen is een keuze gemaakt. Deze keuzes zijn aan het einde van het hoofdstuk samengevat.

Na het onderzoek naar oplossingen is er onderzoek verricht naar theoretische aspecten. Welke metingen moeten er verricht worden om het overschot te berekenen? Wat doet een elektrische auto tijdens het laden?

Deze oplossingen en theorie zijn uitgewerkt tot detailontwerpen. Flowcharts, (elektrische) tekeningen en software programma's zijn gemaakt en worden in het hoofdstuk 'Ontwerp' behandeld.

Na de detailontwerpen en realisatie moet de installatie getest worden. Auto's worden opgeladen om het systeem te testen. Met een validatiedocument wordt de realisatie van eisen van de opdrachtgever getoetst.

Hoofdstuk 7 Realisatie beschrijft het realisatieproces van dit project. Het project ondervond verschillende fases welke in dit hoofdstuk uitgewerkt zijn.

Hoofdstuk 8 Eindproduct beschrijft kort en concreet wat de installatie (delen) doet en kan. Naast dat de installatie getoetst is door de opdrachtgever wordt hier beschreven of de wensen gerealiseerd zijn.

Tijdens de realisatie zijn er aspecten naar boven gekomen die in de installatie gebouwd kunnen worden. Naast mogelijke niet gerealiseerde onderdelen wordt dit als aanbeveling gedocumenteerd voor de opdrachtgever. Dit kunnen vervolgprojecten of -onderzoeken zijn die niet meer binnen dit project te realiseren waren.

Na de aanbevelingen wordt het proces en de planning beschreven. Welke methodes of modellen zijn er in dit project gebruikt? In paragraaf 9.4 Projectevaluatie, worden deze methodes en modellen geëvalueerd. Zijn deze gekozen modellen voor dit project goed gekozen?

Het project en ook dit verslag wordt afgesloten met een reflectie en nawoord van de student. Achter in dit verslag is een bijlage te vinden met de afkortingen en begrippen die in dit verslag gebruikt worden.

1 Afstudeerbedrijf

Er is een afstudeeropdracht gevonden bij het bedrijf Van der Sijs. In dit hoofdstuk zal het bedrijf en haar werkzaamheden beschreven staan. Het bedrijf is sinds begin vorig jaar een nieuwe tak van techniek ingegaan. Dit onder de naam Green Label.

Mijn positie binnen het bedrijf zal onderaan dit hoofdstuk aan de orde komen.

Van der Sijs Techniek en Automatisering BV is een elektrische panelenbouwer die zowel besturingspanelen als energieverdelers ontwerpt en assembleert. De besturingskasten hebben diverse in- en uitgaande signalen die veelal verwerkt worden door een PLC of computer. Het bedrijf bedient het hele traject van ontwerp tot en met het in bedrijfstellen van een installatie en de nazorg daarvan.

De energieverdelers zijn systemen waarbij het binnenkomende vermogen wordt verdeeld over diverse uitgangen. De stroomsterkte kan hier variëren van 6 tot 6300 Ampère.

Van der Sijs, als paneelbouwer, weet dus als geen ander wat er komt kijken bij het integreren van een veilige, kwalitatieve en technische toepassing in de schakelkast.

Als aanvulling op de activiteiten, gaat het bedrijf een nieuwe tak van techniek in. In deze tak gaat het vooral om duurzame energie. Deze afdeling heet Green Label, zie Afbeelding 1 Bedrijfslogo van Van der Sijs Techniek en Automatisering BV, Green Label.

Green Label is op te delen in:

- Zonnepanelen en windenergie;
- Laadstations voor elektrische voertuigen;
- Domotica.



Afbeelding 1 Bedrijfslogo van Van der Sijs Techniek en Automatisering BV, Green Label.

Op het dak van het bedrijfspand liggen 189 PV panelen. Op de parkeerplaats staan twee laadpalen. Met deze laadpalen kunnen vier elektrische auto's opgeladen worden. De vier laadpunten worden in dit verslag ook wel benoemd als vier laadpalen.

Deze laadpalen en zonnepanelen wil Van der Sijs gaan verkopen. Speerpunt daarbij moet de “totaaloplossing” worden. Verschillende systemen moeten gekoppeld worden en alle relevante informatie moet gepresenteerd kunnen worden. Het bedrijfspand wordt hierbij geschikt gemaakt als “etalage”. Potentiële klanten kunnen hier komen kijken hoe Van der Sijs deze producten bij de klant kan realiseren.

Het personeel van Van der Sijs bestaat uit 40 fulltime werknemers. Het bedrijf heeft één vestiging in Wijk bij Duurstede. Het bedrijfspand bestaat uit drie assemblagehallen en enkele kantoorruimten voor het engineeren, ontwerpen, tekenen en programmeren van de elektrische kasten. Ze opereert hoofdzakelijk binnen Nederland met grote projecten voor de overheid en waterschappen.

Mijn positie binnen het bedrijf bevindt zich hoofdzakelijk op de programmeerafdeling. Voor Green Label zal ik een visuele koppeling maken tussen de PV panelen op het dak, de laadstations en een domotica applicatie voor het bedrijfspand. Alle systemen zullen samenkomen op één HMI van waaruit alles uitgelezen, geanalyseerd en bediend kan worden.



2 Organisatie en werkwijze

In dit hoofdstuk wordt de organisatie rondom de student beschreven. Hier is ook beschreven hoe de werkwijze van de opdracht en de student is. Denk aan afspraken en vergadermomenten met examinatoren en de bedrijfsbegeleider. Deze organisatie en werkwijze zijn aan het begin van dit afstudeerproject beschreven.

Over de planningen en projectaanpak kan meer gelezen worden in hoofdstuk 9 Proces en planning.

2.1 Organisatie

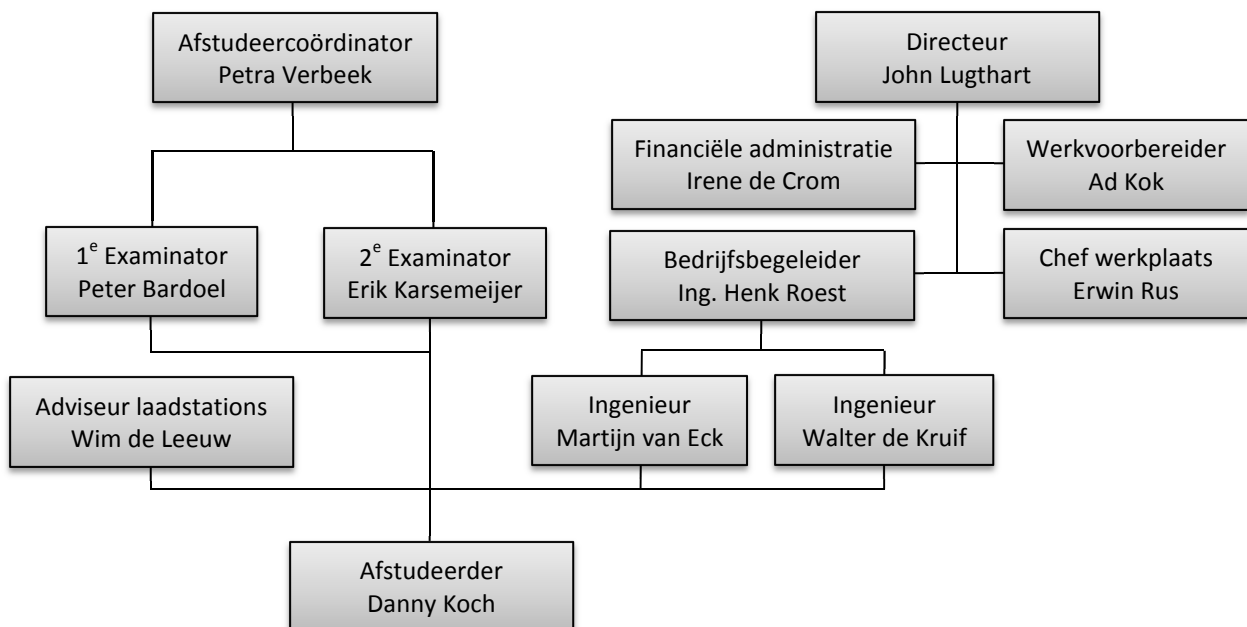
De organisatie rondom de student wordt in deze paragraaf besproken. Tijdens de opdracht word ik begeleid door de bedrijfsbegeleider. Hij begeleidt mij in het proces naar het eindproduct. Aan de opdrachtgever leg ik verantwoording af en hij zal naast de schoolexaminatoren het uiteindelijke eindproduct beoordelen.

De opdracht wordt door Henk Roest namens Green Label verstrekt. Henk is tevens de bedrijfsbegeleider en zal mij hulp en/of bijsturing verlenen waar nodig is. Naast de bedrijfsbegeleider zal Martijn van Eck mij begeleiden in het programmeren van de software. Martijn is binnen het bedrijf de specialist in zonnepanelen en bijbehorende omvormers. Walter houdt zich vooral bezig met het programmeren van PLC's en touch panels.

Wim de Leeuw, gepensioneerd leraar aan de IVA te Driebergen, is de adviseur op het gebied van elektrische laadstations en elektrische auto's.

Vanuit de Hogeschool is Peter Bardoel de eerste examinator. De eerste examinator beoordeelt naast de tweede examinator de verslagen. De tweede examinator is naast de beoordelaar ook de schoolbegeleider van de student.

Zie Figuur 1 Organogram met de samenwerkingsverbanden omtrent de student.



Figuur 1 Organogram met de samenwerkingsverbanden omtrent de student.

Zoals hiervoor al is beschreven zal deze opdracht door een student uitgevoerd worden. De gegevens van de student met daarnaast ook de gegevens van de begeleiders en examinatoren zijn te zien in Tabel 1 Gegevens van direct betrokkenen van de student.

Naam	Functie	E-mail	Telefoon nr.
Danny Koch	Student (st.nr. 1594417)	danny.koch@student.hu.nl	06-48145264
Henk Roest	Bedrijfsbegeleider	h.roest@vdsijs.nl	06-55835109
Petra Verbeek	Afstudeercoördinator	petra.verbeek@hu.nl	06-23342734
Peter Bardoel	1 ^e Examinator	peter.bardoel@hu.nl	06-12666865
Erik Karsemeijer	2 ^e Examinator/begeleider	erik.karsemeijer@hu.nl	06-22704732

Tabel 1 Gegevens van direct betrokkenen van de student.

2.2 Werkwijze

Deze opdracht duurt een half jaar en er zijn mensen van verschillende instanties bij betrokken. Denk aan de Hogeschool en het bedrijf. Zaak is om iedereen op de hoogte te houden van de vorderingen van de opdracht. Hieronder is vastgelegd hoe dit zal gebeuren, naast nog enkele andere afspraken.

Er zal tijdens de reguliere werktijden van het bedrijf gewerkt worden aan de afstudeeropdracht. Hier wordt uitgegaan van een werkweek van 40 uur met een gemiddelde werkdag van 8 uur. Door het bedrijf is een werkplek ter beschikking gesteld waaraan gewerkt kan worden. Dit betreft een bureau met computer/laptop. Voor de opdracht is de software aanwezig die nodig is om te kunnen programmeren en verslagen te kunnen schrijven.

Aan het eind van elke week zal met de bedrijfsbegeleider overlegd worden over de stand van zaken. Zo kan de begeleider zien in hoever de opdracht vordert en kan eventueel bijsturen. De werkplek van de bedrijfsbegeleider bevindt zich in dezelfde kantoorruimte als de afstudeerder. De student kan op deze manier om sturing vragen wanneer hij dit nodig acht.

De student zal zijn planning op een zichtbare plek ophangen waar iedereen het kan bezichtigen. Zo kan er eventueel controle en/of bijsturing op de student uitgeoefend worden.

Aan het begin van elke week zal er geïnventariseerd worden wat er die week moet gebeuren. Er wordt gekeken of het project nog op schema ligt door op de planning te kijken. Wanneer het project te ver achterop de planning begint te raken, zal ik hier zelf aan de bel moeten trekken. Ik zal zelf de planning bijhouden en eventueel wijzigen of aanvullen wanneer dit nodig is.

Ik onderhoud ook contact met mijn schoolbegeleider. De schoolbegeleider zal op de hoogte gehouden worden van de grote lijnen van de vordering van het afstuderen. Ik zal mijn begeleider elke vrijdag per mail op de hoogte houden. Hierin wordt de stand van zaken beschreven en de werkzaamheden van die week.

3 Projectomschrijving en opdracht

Tijdens het afstuderen is een opdracht uitgevoerd. Deze opdracht is door het bedrijf verstrekt en verwacht een bepaald resultaat van de afstudeerder. De eisen van de opdrachtgever en de verwachte eindproducten zijn aan het eind van dit hoofdstuk opgesomd. Door dit goed te formuleren en bij goedkeuring van de opdrachtgever, is het voor iedereen duidelijk wat er opgeleverd gaat worden. In de eerste paragraaf worden de probleemstellingen van dit project beschreven. Vervolgens wordt de opdracht uitgewerkt. Aan het eind van het afstuderen kan dit hoofdstuk gebruikt worden om te toetsen of de juiste producten zijn vervaardigd.

3.1 Probleemstellingen

Voor het project zijn enkele probleemstellingen geformuleerd. Deze zullen eerst onderzocht moeten worden en kunnen vervolgens in het bedrijfspannd gerealiseerd worden. De probleemstellingen zijn onderverdeeld in de volgende vier categorieën:

- Algemeen;
- Zonnepanelen;
- Laadpalen;
- Verlichting.

Deze paragraaf wordt afgesloten met de hoofdprobleemstelling welke SMART geformuleerd is.

Algemeen

Op het dak van het bedrijfspannd liggen nu 189 PV panelen en op de parkeerplaats staan twee laadpalen voor vier elektrische auto's.

De energiegegevens van de PV panelen en de laadpalen moeten op een scherm zichtbaar gemaakt worden. Zo kan per laadpaal het verbruik en per zonnepaneel de opbrengst uitgelezen worden.

- Hoe kan de energie uit het net, de PV panelen en de laadpalen gemanaged worden en op een HMI gepresenteerd worden?

Zonnepanelen

De spanning van de zonnepanelen is te groot om direct het lichtnet te kunnen voeden. Daarom wordt de spanning van de PV panelen door middel van twee verschillende systemen omgevormd naar lichtnet spanning. Zie Figuur 2 Omvormers van de zonnepanelen. Beide systemen hebben ten opzichte van elkaar voor- en nadelen en deze moeten op de HMI zichtbaar gemaakt worden.

- Hoe kunnen de voor- en nadelen in kaart gebracht worden en kan hier een analyse van gemaakt worden om aan de klanten te kunnen presenteren?

Laadpalen

Wanneer er meerdere elektrische auto's aan het laden zijn vraagt dit een dermate groot vermogen, welke niet door de hoofdvoeding geleverd kan worden. Met slimme communicatietechnieken is het mogelijk om elke laadpaal afzonderlijk zijn laadvermogen terug te laten brengen. Op deze manier kan de energie die “overblijft” gelijkmatig verdeeld worden. De energie die overblijft of energieoverschot is de energie die nog uit het net gehaald kan worden zonder dat de hoofdzekering overbelast raakt. Gelijkmatig verdeelt wil zeggen dat er voor auto's, die op dezelfde fase laden, evenveel vermogen ter beschikking gesteld wordt.

- Hoe kan voorkomen worden dat de hoofdvoeding niet overbelast raakt bij het laden van meerdere auto's?
- Hoe kan het energieoverschot gelijk verdeeld worden over de op te laden auto's?

Verlichting

Daarnaast heeft Van der Sijs de doelstelling om het bedrijfspannend energiezuiniger te maken. Het gaat hier vooral om het lichtverbruik. Tijdens de werkuren verbruikt de verlichting de meeste energie. Onderzocht moet worden of het energieverbruik voor de verlichting teruggebracht kan worden. Dit kan met behulp van KNX sensoren die de afwezigheid van personeel controleert.

- Hoe kan het energieverbruik van het bedrijf teruggebracht worden door gebruik te maken van KNX, afhankelijk van een kosten/baten analyse voor een ideale terugverdientijd?

Deze stellingen resulteren in de volgende hoofdprobleemstelling: Hoe kan ik een Smart-Grid softwarematig ontwerpen en programmeren in 13 weken bij Van der Sijs Techniek en Automatisering BV, te Wijk bij Duurstede, waarmee de PV panelen, laadstations en KNX geanalyseerd en/of bediend kan worden?

3.2 Afstudeeropdracht

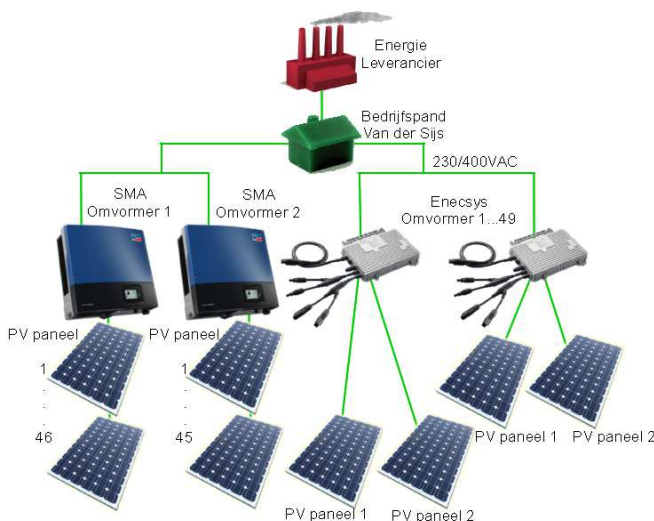
In de vorige paragraaf zijn de probleemstellingen van het project kort besproken. Hier zal het project uitgebreider uitgewerkt staan. Na deze paragraaf zijn de eisen van de opdrachtgever uitgewerkt in een pakket van eisen en randvoorwaarden.

Algemeen

De opdracht betreft het ontwerpen en programmeren van een systeem dat de laadstations, PV systeem en de domotica kan managen, ook wel “Smart-Grid” genoemd. Technisch is dit zeker mogelijk, maar dergelijke totaaloplossingen worden nog maar zelden toegepast.

Voor de uitvoering van de opdracht staat een HMI centraal. Dit moet het punt worden waarop alle systemen samenkomen, bediend en gevisualiseerd kunnen worden. Er zal dus een interface gemaakt moeten worden voor het domotica systeem in het bedrijfspannend, voor de zonnepanelen en de laadstations.

Daarbij is het de wens om de systemen (laadstations, PV panelen en domotica) met webbrowsers uit te kunnen lezen en te presenteren op de website van het bedrijf: www.vdsijs.nl.



Figuur 2 Omvormers van de zonnepanelen.

het merk SMA. Op de omvormer worden meerdere lijnen van zonnepanelen aangesloten.

De twee soorten omvormers hebben ten opzichte van elkaar voor- en nadelen in de energieopwekking. Deze voor- en nadelen moeten op de HMI zichtbaar gemaakt worden. Op deze manier kunnen de verschillende omvormers met elkaar vergeleken worden.

Zonnepanelen

De opgewekte energie van de PV panelen zal ook op de HMI weergegeven worden. De gelijkspanning van de PV panelen wordt door twee verschillende systemen omgevormd naar drie fasen 400V wisselspanning (Vac). Zie Figuur 2 Omvormers van de zonnepanelen.

Het eerste systeem vormt de spanning, van 98 zonnecellen per tweetal, om naar lichtnet spanning. Dit gebeurt met Enecsys micro-omvormers. Micro wil zeggen dat er één of twee zonnepanelen aan één omvormer worden gekoppeld.

De spanning van de overige 91 panelen wordt omgevormd door twee Sunny Tripower omvormers. Dit zijn Multi-string omvormers van

Laadpalen

Ook zal er intern een “Smart-Grid” ontworpen en gerealiseerd dienen te worden. Dit Smart-Grid houdt in dat er een vermogensberekening is die de hoofdvoeding beveiligt. Het energieverbruik van de laadstations zullen worden gemonitord. Door een slimme (communicatie-) koppeling tussen laadstation en elektrische auto kan het laadvermogen geregeld worden.

De hoofdverdeler van het bedrijfspannd wordt door de energieleverancier beveiligt tegen overbelasting. Dit gebeurt met behulp van 63A smeltpatronen per fase. Bij het laden van meerdere auto’s kunnen deze patronen door overbelasting doorgebrand worden. Onderzocht en gerealiseerd moet worden hoe deze overbelasting voorkomen kan worden.

Verlichting

Het domotica of KNX systeem betreft alleen de verlichting. Er zal onderzoek worden gedaan naar de mogelijkheden van aanwezigheids- en lichtsensoren. Hierin worden kosten en de terugverdienperioden onderzocht. De opdracht is om het bedrijfspannd energie zuiniger te maken. De uitkomst wordt als advies aan de opdrachtgever voorgelegd.

In ieder geval zal het centrale bedieningspaneel (welke nu uit drukknoppen bestaat) in de binnenkomsthal vervangen worden door de HMI. De HMI zal met behulp van KNX de verlichting schakelen in de drie werkplaatsen van het bedrijfspannd.

3.3 Eisen en randvoorwaarden

Door de opdrachtgever en door de Hogeschool zijn er eisen gesteld aan het afstuderen van de student. De opdrachtgever vraagt vooral een product op te leveren. Van de Hogeschool wordt er verwacht dat er gedocumenteerd en het functioneren van de student bewezen wordt. Om alles overzichtelijk te krijgen zijn in dit hoofdstuk alle eisen op een rijtje gezet.

3.3.1 Eisen van de opdrachtgever

Samen met de opdrachtgever en alle betrokkenen van de installatie hebben we de eisen en randvoorwaarden samengesteld. Deze zijn hieronder opgesomd en door de opdrachtgever gecontroleerd en goedgekeurd.

Ook hier worden dezelfde vier categorieën gehanteerd:

- Algemeen;
- Zonnepanelen;
- Laadpalen;
- Verlichting.

Algemeen

- Het systeem moet gerealiseerd worden met de producten die de opdrachtgever aan de student verstrekt. Wanneer er extra producten nodig blijken te zijn, valt dit onder aanbeveling of investeringsvoorstel.
- Er moet op de HMI met gebruikers en wachtwoorden gewerkt worden als er via het scherm instellingen gewijzigd kunnen worden.
- Er moet een screensaver op de HMI gemaakt worden.
- Voor de HMI zal een bedieningshandleiding worden opgeleverd.
- Energieverdeling moet in kaart gebracht worden.
- De trending van de HMI moet ook via browsers of met smart-phone’s uitgelezen kunnen worden. Het bedrijf wil de trending ook op de Van der Sijs site kunnen laten zien.

Zonnepanelen

- De energie van het net en PV panelen moeten getrend, gemonitord en vergeleken worden op de HMI. Dit moet presenteerbaar zijn voor klanten van het bedrijf.
- Op het display moet de energie opbrengst per soort omvormer en per paneel getoond worden. Zo kunnen de voor- en nadelen van de omvormers beredeneerd worden.
- Wanneer de installatie werkend is zal er een analyse worden gedaan naar de elektrische installatie. Denk aan de verschillen tussen de SMA en Enecsys omvormers.
- Onderzocht moet worden of de hoofdzekering beveiligd moet worden tegen het terugleveren naar het net. Indien dit het geval is dan moet hier ook een programma voor geschreven worden.

Laadpalen

- Wanneer hoofdstroom, stroom of de overspanningsbeveiligingen van de oplaadpalen is afgeschakeld dan moet dit op de HMI afgebeeld worden.
- Er moet een programma komen die het energieoverschot gelijk verdeeld over de aanwezige op te laden auto's. Rekening houdend met één fase en drie fasen.
- Geprogrammeerd moet worden dat de hoofdzekering van het pand beveiligd wordt tegen overbelasting door het opladen.
- Wanneer een auto aan het systeem gekoppeld wordt moet deze direct opgeladen worden. Indien er een losse oplaadkabel gebruikt wordt moet deze direct vergrendeld worden aan de laadpaal. Wanneer de chauffeur zijn auto weer wil gebruiken dan moet, via de eigen auto of de HMI, de kabel weer worden vrijgegeven. (i.v.m. kabel diefstal).
- Op de HMI moeten oplaadtijden en de laadstroom van het opladen weergegeven worden.

Verlichting

- Er moet een applicatie op de HMI geprogrammeerd worden welke het huidige bedieningspaneel met drukknoppen vervangt.
- Onderzocht moet worden of de verlichting in de productiehallen automatisch geschakeld kunnen worden op aanwezigheid en invallend buitenlicht.
- Benodigde producten zullen op kosten en baten geanalyseerd worden.

3.3.2 Eisen van de Hogeschool

De Hogeschool stelt ook een aantal eisen aan het afstuderen. Denk hier aan verslaglegging van analyses en het professioneel functioneren van de student. Deze eisen zijn hier onder elkaar gezet.

- Vier weken na de start bij het bedrijf moet er een startdocument afstuderen ingeleverd worden.
- Er wordt een tussentijdse beoordeling ingeleverd over het professioneel functioneren van de student, gekeken naar de eerste vier weken van het afstuderen. Zie bijlage 1B, Professioneel functioneren Startdocument.
- Aan het einde van het afstuderen zal een afstudeerverslag opgeleverd worden. De deadline staat op 17 weken na de start van het afstuderen.
- Bij dit afstudeerverslag hoort een complete beoordeling professioneel functioneren, beoordeeld door de bedrijfsbegeleider. Zie bijlage 11, Professioneel functioneren Afstudeerverslag.
- De vier weken na het inleveren van het afstudeerverslag zal de student reflecteren op wat er tijdens het afstuderen geleerd is.
- Om aan te tonen dat de afstudeerder aan het competentieprofiel van de opleiding voldoet, presenteert en verdedigt hij het afstudeerproject in een afstudeerzitting.

3.3.3 Randvoorwaarden

Er zijn een aantal onderdelen waar de student zich niet mee bezig zal houden. Dit zal gebruikt worden om de grenzen van de opdracht te bepalen.

- Het domotica systeem betreft alleen de verlichting in de productiehallen. Overige regelingen worden hier niet in opgenomen.
- De eventuele toepassing van intelligentie zoals aanwezigheids- of lichtsensoren vallen onder het advies rapport, welke de student dient uit te brengen.
- Er wordt wel van de student verwacht dat het bestaande drukknop bedieningspaneel vervangen wordt door een domotica systeem. Daarbij worden de huidige pulsdrukknoppen en eventueel het pulsrelais gebruikt. Zo hoeven er geen kabels naar de verlichting gelegd te worden en de lokale bediening in de hallen blijven bruikbaar.
- Bij het opladen van elektrische auto's wordt uitgegaan van wisselspanning. Er wordt dus niet met gelijkspanning opgeladen.
- De elektrische auto's moeten voldoen aan de Europese standaarden. Hier buiten kunnen aansluit sockets en laadkabels anders zijn.
- Het afstudeerbedrijf heeft besloten te werken met leveranciers die willen sponsoren in materiaal. Hierdoor is de keuze aan merken en typen componenten voor de student beperkt.
- De toe te passen software voor de interne Smart-Grid bestaat uit jMobile, ETS en Codesys. Deze drie software pakketten worden door het bedrijf ter beschikking gesteld.
- De student mag gebruik maken van boven genoemde software pakketten, maar deze moeten bedien- en instelbaar zijn vanuit één HMI.

3.4 Eindproducten

In de afstudeeropdracht zullen een aantal producten opgeleverd worden. Deze zijn niet altijd duidelijk uit de eisen van de opdrachtgever op te maken. Daarom worden hier de eindproducten nog een keer kort opgesomd om aan te geven wat er opgeleverd gaat worden.

Ten behoeve van Van der Sijs zullen de volgende producten worden opgeleverd:

- Advies rapport met kosten/baten analyse voor de verlichting in de productiehallen;
- Functie van drukknop bedieningspaneel vervangen door HMI;
- Een werkende Smart-Grid om de hoofdvoeding te beveiligen tegen hoge stroomsterkten;
- Informatie van de PV panelen en laadpalen op HMI zichtbaar maken;
- Via software gepland en geregeld laden van elektrische auto's;
- Bedieningshandleiding voor de installatie;
- Kosten/baten analyse van het elektrische systeem.

Ten behoeve van de Hogeschool Utrecht worden de volgende producten opgeleverd:

- Startdocument afstuderen;
- Tussentijdse beoordeling professioneel functioneren;
- Afstudeerverslag;
- Eind beoordeling professioneel functioneren;
- Afstudeerpresentatie;
- Afstudeerverdediging.

4 Onderzoek

Nu de eisen en probleemstellingen van het project bekend zijn, kan hier onderzoek naar worden gedaan. Dit gebeurt in de onderzoeksfase. In de onderzoeks- of analysefase gaat het vooral om onderzoek doen en het analyseren daarvan. Daarbij moet er kennis opgedaan worden over verschillende elektrische modules en het programmeren hiervan. Voor de problemenstellingen zijn oplossingen onderzocht en zullen hier behandeld worden. Deze oplossingen zijn op verschillende criteria beoordeeld en tegen elkaar afgewogen. Het resultaat van deze afwegingen is als advies aan de opdrachtgever voorgelegd zodat deze een overwogen oplossing kon kiezen. De gekozen oplossingen zijn uiteindelijk gerealiseerd tijdens de implementatiefase.

Tijdens de onderzoeksfase is eveneens onderzocht hoe de hoofdvoeding tegen overbelasting van het elektrisch laden beschermd kan worden. Daarna volgde een onderzoek naar de verdeling van het energieoverschot. Enkele resultaten van deze onderzoeken worden in dit hoofdstuk behandeld. Waar komt bijvoorbeeld het energieoverschot vandaan? Andere onderzoeken worden uitgebreid behandeld in paragraaf 5.2.2 Software. Dit om overlapping in dit verslag te voorkomen.

Om gespecificeerd onderzoek te doen zijn de probleemstellingen hier verder uitgewerkt in onderzoeksvragen. De volgende vragen zijn onderzocht en geanalyseerd:

- Is het gekozen bedieningsscherm geschikt voor dit project?
- Hoe kan de energie uit het net, de PV panelen en de laadpalen gemanaged worden en op een HMI gepresenteerd worden?
- Hoe kunnen de voor- en nadelen van de omvormers op de HMI in kaart gebracht worden?
- Hoe kan de hoofdvoeding beveiligd worden tegen overbelasting van het terugleveren van energie?
- Hoe kan softwarematig voorkomen worden dat de hoofdvoeding niet overbelast raakt bij het laden van meerdere auto's?
- Hoe kan het energieoverschot berekend worden?
- Hoe kan het energieoverschot gelijk verdeeld worden over de op te laden auto's?
- Welke Electric Vehicle Charge Controllers (EVCC) zijn er op de markt die de wensen van de opdrachtgever kunnen vervullen?
- Hoe kan het energieverbruik door de verlichting in de productiehallen teruggebracht worden?
- Hoe kan de verlichting geschakeld worden door middel van de gekozen HMI?

De analysevragen zijn onderzocht en zijn in de volgende paragrafen uitgewerkt. In paragraaf één van dit hoofdstuk wordt de beginsituatie geschetst. Vanuit deze situatie is het onderzoek verricht. In de tweede paragraaf worden de verschillende oplossingen voor enkele probleemstellingen besproken worden. Daarbij is onderzoek gedaan hoe de eisen van de opdrachtgever gerealiseerd kunnen worden. De oplossingen worden in deze paragraaf tegen elkaar afgewogen. De derde paragraaf behandelt het theoretische onderzoek. Er is onderzoek gedaan naar de HMI die gebruikt moet worden en de theorie over het elektrisch opladen van auto's. In de laatste paragraaf wordt de onderzoeksmethodiek besproken.

4.1 Overview

Hier zal eerst beschreven worden wat de situatie van de installatie is bij aanvang van de onderzoeksfase. Dit om een goed overzicht te krijgen in welke situatie het onderzoek heeft plaatsgevonden.

Door het bedrijf is er al op het gebied van de laadpalen en PV panelen veel onderzoek gedaan. De laadpalen en PV panelen zijn bij aanvang van het afstuderen geïnstalleerd.

Door het bedrijf is een HMI vastgesteld en ter informatie kort beschreven.

Zonnepanelen

Op het dak van het bedrijfspand liggen 189 Photo-Voltaic zonnepanelen die via een omvormer aan de PV verdeelkast (PVK) aangesloten zijn. Uit deze verdeelkast komt een spanning die voor het lichtnet gebruikt kan worden. De zonnepanelen zijn te zien in Afbeelding 2 Photo-Voltaic zonnepanelen op het bedrijfspand van Van der Sijs.



Afbeelding 2 Photo-Voltaic zonnepanelen op het bedrijfspand van Van der Sijs.

Laadpalen

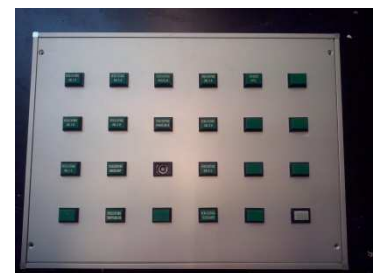
Er is een laadpalenverdeelkast (LPK) gemaakt die de twee laadpalen op de parkeerplaats kan voeden. Elke laadpaal heeft een permanente (vaste) oplaadkabel en een socket voor een plug-in oplaadkabel. Dit is te zien in Afbeelding 3 Twee laadpalen met permanente laadkabel (groen) en plug-in socket. Elk laadpunt beschikt over een Electric Vehicle Charge Controller. Dit is een laadcontroller die een drie fasen voedingsrelais schakelt. Daarbij stuurt de controller een stroombegrenzingssignaal naar de auto. Zonder bovenliggende geprogrammeerde intelligentie kunnen deze EVC controllers een auto opladen.



Afbeelding 3 Twee laadpalen met permanente laadkabel (groen) en plug-in socket.

Verlichting

In de kantoorruimten kan het licht lokaal aan- of uitgeschakeld worden. In de productiehallen en het magazijn kan de verlichting met behulp van pulsdrukknoppen bediend worden. In de binnenkomsthal hangt een bedieningspaneel met drukknoppen die de verlichting in de productiehallen ook centraal kan schakelen. Zie Afbeelding 4 Centraal drukknoppen bedieningspaneel in de binnenkomsthal. De pulsdrukknoppen in de productiehallen en het bedieningspaneel schakelen een bipolair relais van General Electric (GE) in de hoofdverdeelkast (HVK). Deze relais of pulsactoren schakelen ieder een deel van de verlichting in de productiehallen en magazijn. Verder is er geen domotica in de vorm van KNX/EIB geïnstalleerd.



Afbeelding 4 Centraal drukknoppen bedieningspaneel in de binnenkomsthal.

HMI

In dit project staat een HMI centraal. Als HMI is door de opdrachtgever een touch panel vastgesteld. Dit scherm is een must voor dit project en er mag geen andere HMI gekozen worden. Om deze reden is er niet naar andere beeldschermen of touch panels onderzoek gedaan.

Het gaat hier om een HMI van het merk Exor. Hiflex is onze vertegenwoordiger van het scherm. Het scherm is een UniOP eTOP515 HMI met een 15 inch aanraakscherm. Zie Afbeelding 5 eTOP515 touch panel van Exor.



Afbeelding 5 eTOP515 touch panel van Exor.

4.2 Component onderzoek

In de analysefase is er onderzoek gedaan naar de probleemstellingen en de eisen van de opdrachtgever. Voor de problemenstellingen en eisen zijn oplossingen onderzocht. In deze paragraaf worden verschillende componenten behandeld die een oplossing kunnen bieden aan een probleem. Deze oplossingen zijn aan de opdrachtgever voorgelegd en er is een keuze uitgemaakt. We beginnen hier met de componenten van de energiemonitoring. Vervolgens worden componenten ten behoeve van de laadpalen behandeld. Onderzochten componenten voor de vervanging van het drukknoppen bedieningspaneel zullen hierna volgen. Aan het einde van deze paragraaf worden de gekozen componenten nog eens samengevat.

4.2.1 Energiemonitoring

De wens is om de energie opwekking van de PV panelen en het verbruik van het bedrijfspand op het scherm weer te geven. Hier zijn oplossingen voor gevonden en onderzocht. Na een korte beschrijving van deze oplossingen worden de selectiecriteria toegelicht. Vervolgens wordt de gekozen oplossing onderbouwd. Hierna is een vervolgonderzoek gedaan naar het gekozen component.

De volgende oplossingen zijn onderzocht:

- PV omvormers, energiewaarden van de omvormers zijn met behulp van een webpagina weer te geven.
- Energiemeters van Phoenix Contact, deze meten de spanning en stroom over/door een kabel.
- Energiemeters van ABB, deze meten de spanning en stroom over/door een kabel.

Er zijn nog meer merken die energiemeters leveren. In dit project zijn alleen de A merken onderzocht en de merken waarvan Van der Sijs afnemer van is. Het bedrijf wil het totale systeem ook aan klanten in het buitenland verkopen. Het is daarom verstandig om A merken te gebruiken die wereldwijd opereren. Daarom is hier voor Phoenix Contact en ABB gekozen.

Oplossingen

Photo-Voltaic omvormers.

De omvormers van de PV panelen meten de stroom en spanning die ze omvormen. Deze informatie sturen de omvormers naar een server van het desbetreffende merk. Dit kan via webpagina's weer uitgelezen worden. De omvormers van de PV panelen kunnen de informatie over het vermogen niet direct aan de HMI leveren. Het softwareprogramma van de HMI, jMobile, bevat wel een functie om webpagina's te laden. De HMI kan de informatie presenteren die de webpagina te bieden heeft.

De waarden op deze webpagina's worden letterlijk met de hele pagina weergegeven. Deze waarden kunnen dus niet verwerkt worden in een eventuele formule. Het verwerken van de waarden in formules en grafieken is wel een eis van de opdrachtgever. Dit is met de omvormers niet mogelijk en is dus als oplossing afgefallen.

Energiemeters van Phoenix Contact.

Het vermogen kan met behulp van energiemeters of kWh-meters uit de voedingskabel van de omvormers gemeten worden. Zie als voorbeeld Afbeelding 6 Energiemeter MA600 van Phoenix Contact. Het vermogen per omvormer soort kan gemeten worden. Hiermee kan niet opgemeten worden wat er per PV paneel opgewekt wordt. Het gemiddelde per paneel kan wel met een formule berekend worden. Het totale vermogen of stroom wordt simpelweg gedeeld door het aantal zonnepanelen.

In Tabel 2 Afweging energiemonitoring is af te lezen aan welke criteria dit merk voldoet.



Afbeelding 6 Energiemeter MA600 van Phoenix Contact.

Energiemeters van ABB.

Deze oplossing is niet veel anders dan de oplossing van Phoenix Contact, alleen gaat het hier om het merk ABB. ABB heeft ook energiemeters die dezelfde metingen verrichten. Zie als voorbeeld Afbeelding 7 Energiemeter A43 van ABB. In deze energiemeter wordt het vermogen en kWh berekend. De ABB meters kunnen geen negatief kWh bijhouden zoals de Phoenix modules. Het negatieve vermogen (of kWh) is het vermogen dat aan het net teruggeleverd wordt.



Afbeelding 7 Energiemeter A43 van ABB.

Afweging

Er zijn vijf criteria waaraan de oplossingen worden getoetst. Aan elk criterium is een wegingsfactor gesteld welke in Tabel 2 Afweging energiemonitoring, af te lezen zijn. De factoren zullen hier kort besproken worden.

Scherms configuratie: Het is configureerbaar dat gekozen waarden op één scherm weergegeven worden. Dit is bijvoorbeeld handig om verschillende waarden met elkaar te kunnen vergelijken.

Actuele waarden: De actuele waarden kunnen op de HMI weergegeven worden.

Negatief vermogen: Vermogen dat aan het net geleverd wordt kan op de HMI weergegeven worden.

Geen stroomtrafo: Sommige energiemeters kunnen niet direct de stroom door een kabel meten. Deze hebben een stroomtransformator nodig die de stroom door de kabel naar een kleinere stroom omvormt. Het vergt meer manuren om dit in te bouwen.

Uitbreidbaarheid: Het is mogelijk in de toekomst meer energiemeters aan elkaar te koppelen.

Investing: De aanschafprijs wordt hier afgewogen. Een hogere investering betekent minder punten.

Voor de criteria is een wegingsfactor gebruikt van 1 t/m 2. Een 1 is laag of minder zwaar en een factor 2 is hoog of zwaar.

De puntenschaal loopt van 0 t/m 2 waarbij de oplossing een nul krijgt wanneer het niet aan de criteria voldoet. De oplossing krijgt twee punten wanneer het volledig voldoet. 1 Punt wordt gegeven wanneer het niet volledig is.

	Scherm configuratie	Actuele waarden	Negatief vermogen	Geen stroomtrafo	Uitbreidbaarheid	Investering	Totaal
Phoenix	2	2	2	0	2	1	
ABB	2	1	0	2	1	2	

Wegingsfactor	1	2	1	1	1	2	
Phoenix	2	4	2	0	2	2	12
ABB	2	2	0	2	1	4	11

Tabel 2 Afweging energiemonitoring.

Uit Tabel 2 Afweging energiemonitoring, is af te lezen dat de twee merken (bijna) evenveel punten scoren. Om de informatie over de vermogens te verkrijgen is gekozen voor de energiemeters van Phoenix Contact. Phoenix kan wel negatief vermogen meten en scoort hier punten mee ten opzichte van de ABB.

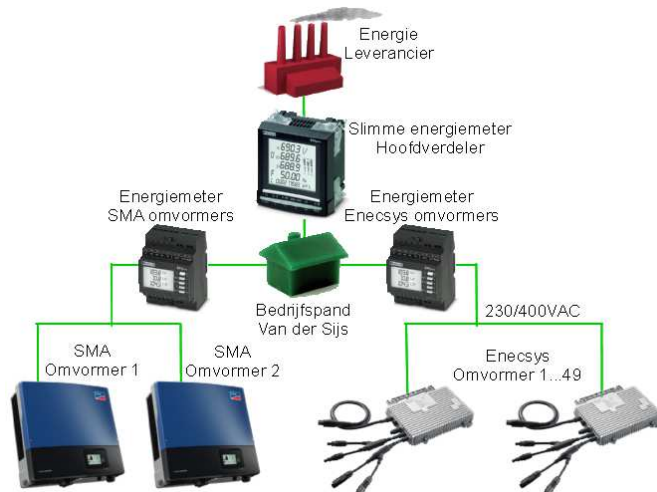
De actuele waarden kan de HMI met behulp van Modbus uit de Phoenix energiemeter halen. ABB energiemeters hebben een M-bus dat minder standaard is.

Bij investering scoort ABB beter omdat de Ethernet communicatiemodule van Phoenix Contact duur is. Zie Tabel 3 Prijsopgave van energiemeters. Deze communicatie module is vereist om met de HMI te communiceren. Met behulp van deze communicatiemodule is het wel gemakkelijker en goedkoper om meer metingen bij te plaatsen. Daarom worden er meer punten onder uitbreidbaarheid bijgeschreven voor Phoenix en minder bij het merk ABB.

Merk	Energimeter	Com. module	Totaal prijs
Phoenix Contact	MA600 = €444, -	ETH/RS-485 = €600, -	€444, - + €626, - + €600, - = €1.670, -
	MA250 = €313, - 2 x MA250 = €626, -	n.v.t.	
ABB	A43 = €490, - 3 x A43 = €1.470, -	n.v.t.	€1.470, -

Tabel 3 Prijsopgave van energiemeters.

Er zijn drie energiemeters benodigd voor de installatie. Eén meter om de hoofdvoeding te meten en twee voor de zonnepaneleninstallatie. Zie Figuur 3 Energimeters in de hoofdverdeelkast.



Figuur 3 Energiemeters in de hoofdverdeelkast.

Stroomtransformatoren

De energiemeters van Phoenix Contact meten de stroom met behulp van staaf stroomtransformatoren. Zie Afbeelding 8 Staafstroom transformator 50A-5A van Phoenix Contact. Deze inductie opnemers worden om een voedingskabel gemonteerd. Aan de primaire kant zijn ze 50A en aan de secundaire kant 5A. Bij het laden van auto's boven de 50A kan er geen meting verricht worden. Omdat het laden boven de 50A een dermate groot vermogen vereist kan dit (bijna) alleen verwezenlijkt worden met hulp van de PV panelen. Auto's met een laadstroom boven de 50A komen ook nog niet vaak voor. Deze stroomtransformator geeft als voordeel dat de meting tot 50A nauwkeuriger is in vergelijking met trafo's van 100A of 150A.



Afbeelding 8 Staafstroom transformator 50A-5A van Phoenix Contact.

Nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van de energiemeters is voor de stroom- en spanningsmeting 0,2 procent over de hele range van de meter. (EEM-MA250 meet instrument, zonder jaar (z.j.)). Het vermogen dat de meter berekend heeft een nauwkeurigheid van 0,5 procent. De meetwaarden worden op de HMI weergegeven waarbij deze foutmarge te verwaarlozen is.

De energiemeters meten met de stroomtransformatoren van 0 tot 50A. De spanningsrange is 50 tot 519Vac. De foutmarge in de energiemeter wordt als volgt berekend:

$$\text{Stroom foutmarge} = (50A - 0A) * \pm 0,002 = \pm 0,1A.$$

$$\text{Spanning foutmarge} = (519Vac - 50Vac) * \pm 0,002 = \pm 0,938Vac.$$

Conclusie

De volgende onderzoeksvragen kunnen na dit onderzoek beantwoord worden:

- Hoe kan de energie uit het net, de PV panelen en de laadpalen gemanaged worden en op een HMI gepresenteerd worden?
- Hoe kunnen de voor- en nadelen van de omvormers op de HMI in kaart gebracht worden?

De energie uit het net en de PV panelen worden gemeten met energiemeters. De eTOP515 kan met behulp van Modbus/TCP de energiemeter uitlezen. De meetwaarden kunnen numeriek op het scherm weergegeven worden. Het scherm kan meetwaarden trends waarna het in een grafiek op het scherm zichtbaar gemaakt kan worden.

In paragraaf 4.3 Theoretisch onderzoek, wordt beschreven hoe de energie van de laadpalen verkregen wordt.

De meetwaarden van de SMA en Enecsys energiemeter kunnen in één grafiek weergegeven worden. De opgeleverde energie uit de SMA en Enecsys omvormers kunnen dan met elkaar vergeleken worden. Op deze manier kunnen de voor- en nadelen van de verschillende omvormers op de HMI in kaart gebracht worden.

4.2.2 Signalen van beveiligingsautomaten

In de laadpalenverdeelkast en de zonnepanelenkast zijn de beveiligingen voorzien van hulpcontacten. Dit zijn hulpcontacten op de overspannings-, hoofdstroom-, stuurstroom- en aardlekbeveiligingen (OSB, HFS, SSB en ARL). Wanneer bijvoorbeeld door een storing een beveiligingsautomaat afvalt, moet dit op de HMI weergegeven worden. De hulpcontacten kunnen niet direct op de HMI aangesloten worden. Daarom zijn er drie componenten onderzocht die een signaal afgeven wanneer een beveiliging uitvalt. Het gaat hier om de volgende componenten:

- HMI in- and output (I/O) module;
- Remote I/O station;
- KNX/EIB modules.

Dit zijn componenten die gebruik kunnen maken van de communicatieprotocollen waar de HMI al gebruik van gaat maken. Dit is Modbus of een KNX protocol. Met het oog op toekomstige projecten is er een KNX/EIB verbinding naar de laadpalen- en PVkast getrokken.

De opdrachtgever geeft als Nice-To-Have aan om handmatig het laadproces te kunnen stoppen of starten. Dit moet dan buiten de HMI omgaan. Wanneer de communicatie of de HMI in storing staat of uitvalt, wil het bedrijf het laden hardwarematig kunnen starten of stoppen. Onderzocht is of deze wens met de genoemde componenten gerealiseerd kan worden. Dit is ook in de beoordeling van de componenten opgenomen.

Oplossingen

Hier worden de onderzochte componenten behandeld. Er wordt een korte beschrijving van de mogelijkheden van de componenten gegeven. Vervolgens zullen ze tegen elkaar afgewogen worden.

HMI I/O module

Bij het touch panel kan Hiflex modules leveren met digitale in- en uitgangen. Zie Afbeelding 9 Digitale I/O Plug-in module voor de HMI. Deze module wordt achter op de eTOP515 touch panel geplaatst. Zie Afbeelding 23 Achterzijde van een eTOP beeldscherm met ingeplugde module. De hulpcontacten van de beveiligingsautomaten kunnen direct op de module aangesloten worden.

Om handmatig het laadproces te stoppen of te starten moeten er tussen de uitgangen en de laadcontrollers een relais geplaatst worden. Deze relais kunnen met de hand aan- of uitgeschakeld worden.



Afbeelding 9 Digitale I/O Plug-in module voor de HMI.

Remote I/O station

In de LPK en de PVK kan een in- en uitgangenstation worden geplaatst. Deze modules communiceren door middel van Modbus/TCP met het touch panel. Zie Afbeelding 10 Remote I/O station met Modbus/TCP. De hulpcontacten worden op de ingangen aangesloten. Ook hier moeten vier relais geplaatst worden om elk laadproces handmatig te starten of te stoppen. Een extra in-/uitgangen kaart toevoegen is geen grote investering en is gemakkelijk uitbreidbaar.

In de remote I/O module is een Watchdog in te stellen zodat de communicatie bewaakt wordt. Na het laatste communicatiebericht wordt een Watchdog timer gestart. Voordat de timer afloopt moet er opnieuw een bericht ontvangen zijn. Gebeurt dit niet dan zal de Watchdog in storing vallen. Dit is in verband met de bovengenoemde beveiligingen niet onbelangrijk.



Afbeelding 10 Remote I/O station met Modbus/TCP.

KNX/EIB modules

Er zijn digitale ingangen modules met KNX/EIB interface op de markt. De hulpcontacten van de beveiligingen kunnen hierop aangesloten worden. Via KNX kan een signaal naar de HMI gestuurd worden wanneer een beveiliging uitvalt. Zie Afbeelding 11 Digitale ingangen module met KNX/EIB van GIRA. Actoren of digitale uitgangen modules met KNX/EIB en handbediening kunnen op de laadcontrollers aangesloten worden. Echter zijn er geen KNX/EIB modules in combinatie met actoren en digitale uitgangen. Dit maakt de handmatige aansturing een grote investering.

De KNX modules moeten apart in ETS geprogrammeerd worden. De vorige oplossingen hebben geen bijkomstige software nodig.



Afbeelding 11 Digitale ingangen module met KNX/EIB van GIRA.

Afweging

Er zijn zeven criteria waarop de oplossingen worden getoetst. Aan elk criterium is een wegingsfactor gesteld en zullen hier kort besproken worden. De afweging zal geschieden in Tabel 4 Afweging signalen van beveiligingsautomaten.

Betrouwbaarheid:	De communicatie betrouwbaarheid wordt hier afgewogen. Denk aan communicatiefouten of het mislopen van een bericht/signaal.
Watchdog:	Controleert of de communicatie nog in werking is.
Galvanische scheiding:	In de kasten wordt met grote vermogens gewerkt. Hier wordt getoetst of er een galvanische scheiding in de communicatielijn gerealiseerd kan worden.
Ingangen hulpcontacten:	Heeft het component (digitale) ingangen voor de hulpcontacten. Moet een component aan voldoen. Oplossingen die dit niet bezitten zijn voor het onderzoek al afgevallен.
Uitgangen Enable:	Met een uitgang kan het laadproces gestart worden. Eventueel met behulp van een relais voor de handbediening.
Handbediening:	Kan het laden hardwarematig gestart of gestopt worden? Bij gebruik van een relais worden minder punten verrekend.
Investering:	De aanschafprijs wordt hier afgewogen. Een hogere investering betekent minder punten.

Er zijn twee afwegingen met dezelfde componenten onderzocht. In de eerste afweging zijn de componenten zo geconfigureerd dat ze de hulpcontacten kunnen “lezen”. In de tweede afweging zijn er uitgangen meegenomen om de Nice-To-Have te kunnen realiseren.

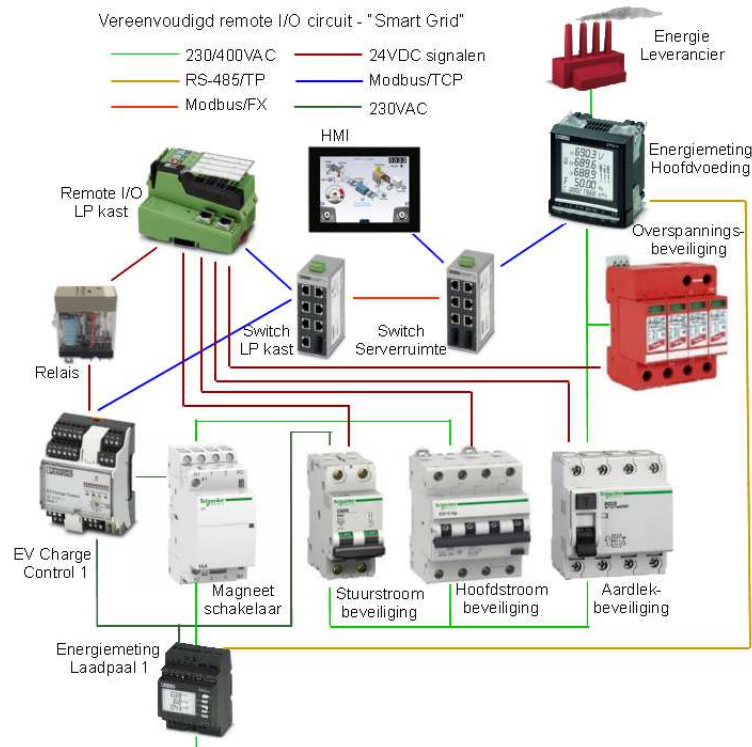
Voor de criteria is hier een wegingsfactor gebruikt van 1 t/m 3. Een 1 is niet zo belangrijk en een factor 3 is erg belangrijk.

De puntenschaal loopt van 0 t/m 2 waarbij de oplossing een nul krijgt wanneer het niet aan de criteria voldoet. De oplossing krijgt twee punten wanneer het volledig voldoet. 1 Punt wordt gegeven wanneer het niet volledig is. Dit factor- en wegingsstelsel wordt voor de komende afwegingen gebruikt.

	Betrouwbaar- heid	Watchdog	Galvanische scheiding	Ingangen hulpcontacten	Uitgangen Enable	Hand- bediening	Investering	Totaal
Alleen ingangen								
Remote ingangen	1	2	2	2	0	0	2	
KNX binaire ingangen	1	0	0	2	0	0	1	
HMI I/O module	2	0	0	2	2	0	1	
Met uitgangen								
Remote I/O	1	2	2	2	2	1	2	
KNX BI + actor	1	0	0	2	2	2	1	
HMI I/O module	2	0	0	2	2	1	1	
Wegingsfactor	3	1	2	3	2	1	3	
Alleen ingangen								
Remote ingangen	3	2	4	6	0	0	6	21
KNX binaire ingangen	3	0	0	6	0	0	3	12
HMI I/O module	6	0	0	6	4	0	3	19
Met uitgangen								
Remote I/O	3	2	4	6	4	1	6	26
KNX BI + actor	3	0	0	6	4	2	3	18
HMI I/O module	6	0	0	6	4	1	3	20

Tabel 4 Afweging signalen van beveiligingsautomaten.

Het remote I/O station scoort de meeste punten, vooral wanneer de uitgangen meegerekend worden. De remote I/O is direct in jMobile uit te lezen zonder bijkomstige software programma. Voor de hardwarematige handbediening zijn relais aangesloten op de uitgangen. Bij activering van een relais zal het contact een signaal op de Enable ingang van de laadcontroller geven. De remote I/O is ook de goedkoopste oplossing. Zie Figuur 4 Vereenvoudigd overzicht van de remote I/O station.



Figuur 4 Vereenvoudigd overzicht van de remote I/O station.

In dit figuur is schematisch te zien hoe de vier beveiligingen met het remote I/O station zijn verbonden. Elk laadpunt heeft een stuurstroom, hoofdstroom en aardlekbeveiliging. Tussen de uitgang van station en de laadproces-Enable-poort van de laadcontroller is een relais geplaatst. Dit relais kan hardwarematig aan- of uitgezet worden.

4.2.3 Galvanische scheiding in communicatielijnen

In de laadpalenkast wordt er met grote vermogens gewerkt. Dit geldt ook voor de PVkast waar het vermogen van de zonnepanelen binnen komt. De voedingskabels worden op stroom en overspanning beveiligd. Zo kan een stroomstoring niet overslaan naar andere verdeelkasten in het bedrijfspan. Alle communicatiemodules in de kasten zijn onderling verbonden met ethernet. Het is mogelijk dat een stroomstoring alle aangesloten ethernet modules (of poorten) doorbrandt.

Daarom is ervoor gekozen om drie switches met glasvezel poorten te plaatsen.

Zie Afbeelding 12 Ethernet switch met twee glasvezelpoorten van Phoenix Contact. In de laadpalen- en PVkast wordt een switch geplaatst en één in de serverruimte. Op de switch in de serverruimte zijn de HMI en de Modbus/TCP modules in de hoofdverdeelkast gekoppeld. De switches in de laadpalen- en PVkast zijn door middel van glasvezel met de switch in de serverruimte verbonden. Dit is te zien in paragraaf 5.1.3 Communicatie overzicht, Figuur 6 Vereenvoudigd communicatie overzicht.

Door de glasvezel loopt geen stroom(signaal) en figureert op deze manier als galvanische scheiding. Een galvanische scheiding is een scheiding tussen twee elektrische circuits. Dit is een veiligheidsmaatregel dat voorkomt dat onveilige stromen tussen de verschillende circuits over kan slaan. Bij een stroomstoring in een ethernet poort van een module zal dit dus niet overslaan naar poorten buiten deze kast.

Door de glasvezelverbinding ontstaat ook een duidelijk visuele scheiding tussen de drie installaties. Zonder deze verbinding werken de systemen ook afzonderlijk.



Afbeelding 12 Ethernet switch met twee glasvezelpoorten van Phoenix Contact.



Afbeelding 13 Netwerkisolator met twee RJ45, tot 100 Mbit/s van Phoenix Contact.

Deze verbinding kan ook gerealiseerd worden met een gewone Ethernet kabel. Dit was goedkoper geweest mede omdat een extern bedrijf de glasvezel verbinding heeft aangelegd. Om toch een galvanische scheiding tussen de switches te realiseren was een netwerkisolator voldoende. Een netwerkisolator is te zien in Afbeelding 13 Netwerkisolator met twee RJ45, tot 100 Mbit/s van Phoenix Contact. De netwerkisolator van Phoenix Contact kost €141, -. Deze zijn in vergelijking met de glasvezelverbinding goedkoop en bij verschillende fabrikanten te verkrijgen. Een echte glasvezel verbinding geeft echter de beste scheiding. Daarom is hier uiteindelijk voor gekozen.

4.2.4 Electric vehicle charge controllers

Een EVCC is een controller die het opladen van de auto regelt. Daarbij controleert de module bijvoorbeeld de maximale stroomcapaciteit van plug-in oplaadkabel. Een plug-in oplaadkabel is een losse laadkabel. Zie Afbeelding 14 Plug-in laadkabel, losse laadkabel die in de auto en in de elektrische laadpaal geplugd wordt. Deze kabels kunnen bij inpluggen in de laadpaal eventueel vergrendeld worden. De andere kant van de laadkabel wordt in de auto ingeplugd. De vergrendeling wordt door de EVC Controller aangestuurd.



Afbeelding 14 Plug-in laadkabel, losse laadkabel die in de auto en in de elektrische laadpaal geplugd wordt.

Permanente laadkabels zijn kabels die vast aan de laadpaal hangen. Het uiteinde kan direct in de elektrische auto ingeplugd worden. Voor deze kabel wordt de maximale stroom op de laadmodule ingesteld en zal niet gemeten worden.

Momenteel worden er door vele producenten EV Charge Controllers ontwikkeld en geproduceerd. Het communicatieprotocol tussen de laadcontroller en de auto zijn voor alle merken hetzelfde. De laadcontrollers controleren de plug-in laadkabel en communiceren over een communicatielijijn (CP). Met een puls breedte modulatie (PWM, Pulse Width Modulation) signaal geven ze aan de auto aan, wat de maximaal toelaatbare laadstroom is. Dit is allemaal opgenomen in Europese standaarden. Dit heeft ook met de elektrische auto branche te maken. Alle elektrische auto's van verschillende merken moeten kunnen laden bij verschillende merken laadpalen. Met deze regels en standaarden ga ik mij niet mee bezig houden in dit project. Daarom zal ik hier ook niet dieper op ingaan.

Hoewel alle EVC controllers dus uiteindelijk hetzelfde doen, hebben sommige merken extra opties toegevoegd. Deze opties zullen hier behandeld worden. Om het kort en bondig te houden heb ik enkele standaard opties en de speciale opties van een paar merken opgesomd.

Standaard opties

- Proximity meting (PX): meet de spanning over de weerstand in de plug-in oplaadkabel voor de maximale stroomcapaciteit. Weerstand wordt gemeten tussen de PX en aarde (PE) kabel.
- Control Pilot (CP): spanningsmeting over weerstanden in de auto. De CP wordt tijdens het laden ook gebruikt om het Pulse Width modulation signaal over te sturen.
- Vergrendeling van de plug-in laadkabel met vergrendeldetectie.
- Enable ingang om het laden te starten en/of te stoppen.
- Status weergave van EV Charge Controller op de module.
 - Status A / status 65: Geen auto aangesloten, laadmodule is in rust.
 - Status B / Status 66: Auto aangesloten, maar laadt niet op.
 - Status C / Status 67: Batterij van de auto wordt opgeladen.
- Contact om de één of drie fasen voedingsrelais te schakelen.
- Contact om eventueel een ventilator te schakelen. Bij grote stroomsterkten kan de laadpaal warm worden. Met deze ventilator kan oververhitting voorkomen worden.
- Error of storingsuitgang.

Van de volgende merken zijn de laadcontrollers onderzocht:

- Bals Elektrotechnik;
- Phoenix Contact;
- Siemens.

Oplossingen

Bals Elektrotechnik

In Afbeelding 15 Laadcontroller van Bals Elektrotechnik. is een plaatje van de laadcontroller te zien. Op de EV Charge Controller kan hardwarematig een maximale stroom ingesteld worden. De module heeft een analoge ingang voor temperatuurmeting. Bij een ingegeven temperatuur kan eventueel een ventilator ingeschakeld worden. Met een schakeluitgang kan de afdekklep van de plug-in socket vergrendeld worden. De maximale laadstroom kan tijdens het laden gewijzigd worden door middel van een analoge ingang. Echter moet een voorziening getroffen worden om deze analoge ingang met de HMI aan te sturen. Bals heeft als enige een RGB-uitgang op zijn laadcontroller. Hiermee kan de status van de laadpaal aangegeven worden. Systeemwaarden van de controller kunnen alleen met RS-485/RS-232 uitgelezen worden.

Bals Elektrotechnik wil geen prijzen vrijgeven van zijn laadmodules. Daarom kan ik hier geen prijs indicatie van geven.



Afbeelding 15
Laadcontroller van Bals
Elektrotechnik.

Phoenix Contact

Op de EV charge controller van Phoenix kan hardwarematig een maximale laadstroom ingesteld worden. Via Modbus/TCP kan de laadstroom tijdens het laden veranderd worden. De module heeft ingangen voor ver-/ontgrendeling van laadkabel en om de EVCC beschikbaarheid aan of uit te zetten. Het heeft digitale uitgangen voor plug-in laadkabel vergrendelvraag, auto en laadmodule gereed.

Statussen en in-/uitgangen van de module kunnen ook via Modbus uitgelezen worden.

De laadcontroller van Phoenix bezit indicatie led's voor power, error, auto aanwezig en laden is actief. Zie Afbeelding 16 Laadcontroller van Phoenix Contact. Een Phoenix Contact EV charge controller kost €310, -



Afbeelding 16
Laadcontroller van Phoenix
Contact.

Siemens

Siemens heeft meerdere series Siplus oplaadmodules. De lagere series beschikken alleen over de standaard opties. Een voorbeeld hiervan is te zien in Afbeelding 17 Laadcontroller van Siemens. De hogere series beschikken over extra opties. De hogere serie heeft een TCP/internet protocol (IP) en/of RS232 interface voor uitlezing en laadstroom regeling. Ze kunnen de afdekklep van de socket vergrendelen en hebben extra I/O die vrij programmeerbaar zijn. De module kan de temperatuur en luchtvochtigheid in de laadpaal controleren.



Afbeelding 17 Laadcontroller van Siemens.

De standaard oplaadmodule van Siemens kost €250, - en de hogere series met communicatie interface beginnen bij €380, -.

Afweging

Er zijn acht criteria opgesteld waaraan de laadcontrollers worden getoetst. Aan elk criterium is een wegingsfactor gesteld welke in de tabel af te lezen zijn. De factoren zullen hier kort besproken worden. Zie Tabel 5 Afweging Electric Vehicle Charge Control.

Act. Max. str. :	Kan tijdens het laden de stroombegrenzing aangepast worden. Om de hoofdverdelers in het pand niet te overbelasten is dit belangrijk. Hierbij scoort TCP hoger dan analoog omdat hier een extra voorziening voor nodig is.
Status uitlezing:	Hier wordt afgewogen of de status van het laden door de HMI uitgelezen kan worden.
Extra in-/uitgangen:	Bij deze criteria wordt afgewogen of de module extra in- of uitgangen heeft.
Status van I/O:	Kan de status van de in- en uitgangen uitgelezen worden.
Vergr. afdekklep:	Hier worden twee punten toegekend als de laadmodule de afdekklep kan vergrendelen. Geen punten als de module dit niet kan.
RGB-uitgangen:	Het is een Nice-To-Have om op de laadpaal de status van het laden met kleur verlichting weer te kunnen geven.
Temp./vocht meting:	Heeft de module een temperatuur- of luchtvochtigheidsmeting of ingang hiervoor.
Investering:	De aanschafprijs wordt hier afgewogen. Een hogere investering betekent minder punten. Voor de laadmodule van Bals is de gemiddelde prijs genomen.

Vanwege de verschillen in laadmodules bij Siemens worden er twee controllers getoetst. Een laadmodule met de standaard opties (Siemens 1) en de duurdere laadmodule met de extra opties (Siemens 2).

	Act. max. str.	Status uitlezing	Extra in- /uitgangen	Status van I/O	Verg. afdekkele	RGB- uitgangen	Temp./voch t meting	Investering	totaal
Bals	1	1	0	0	2	2	1	1	
Phoenix Contact	2	2	1	2	0	0	0	1	
Siemens 1	0	0	0	0	0	0	0	2	
Siemens 2	2	2	2	2	2	0	2	0	

Wegingsfactor	3	3	2	1	1	1	1	3	
Bals	3	3	0	0	2	2	1	3	14
Phoenix Contact	6	6	2	2	0	0	0	3	19
Siemens 1	0	0	0	0	0	0	0	6	6
Siemens 2	6	6	4	2	2	0	2	0	22

Tabel 5 Afweging Electric Vehicle Charge Control.

De eerste standaard Siemens module heeft geen extra opties en scoort alleen punten bij investering. De laadmodule is bedoeld als standalone in bijvoorbeeld een openbare laadpaal. De tweede duurdere versie van Siemens scoort de meeste punten omdat het de meeste opties heeft. De Phoenix Contact laadcontroller bezit alleen de belangrijkste opties en is iets goedkoper dan de tweede module van Siemens. Er is hier gekozen voor de EV Charge controller van Phoenix Contact. Deze controller bezit de opties waaraan de laadcontroller moest voldoen (EV charge control, z.j.).

Lock release

De stekker van de plug-in laadkabel wordt bij het inpluggen in de laadpaal automatisch vergrendeld. Met behulp van een 24V motor wordt een palletje in de stekker gedrukt. De laadcontroller moet de vergrendeling ook weer opheffen. De laadcontroller stuurt de 24V motor weer de andere kant op. De stekker wordt ontgrendeld bij een aansturing op de vergrendel ingang van de controller of wanneer de auto volgeladen is.

Bij een spanningsuitval kan de controller de 24V motor niet meer aansturen. De stekker kan dan pas weer ontgrendeld worden als de spanningsuitval verholpen is. Phoenix Contact heeft hier een oplossing voor in de vorm van een Lock Release module. Deze module voert de ver-/ontgrendel commando's van de laadcontroller uit. Bij een spanningsuitval zal de Lock Release met behulp van een batterij de laadkabel automatisch ontgrendelen. Deze module is te zien in Afbeelding 18 Lock Release module met UPS van Phoenix Contact.

Van der Sijs wil alle mogelijkheden aan de klanten laten zien. Daarom is ervoor gekozen deze module toe te voegen.

Verschillende merken geven wel aan dat ze een Uninterruptible Power Supply (UPS) in hun laadcontroller willen bouwen. De hier genoemde Lock Release is dan in de controller ingebouwd. Tijdens dit onderzoek heeft echter nog geen enkel merk dit gerealiseerd.



Afbeelding 18 Lock Release module met UPS van Phoenix Contact.

4.2.5 Drukknoppen bedieningspaneel

Een onderdeel van het project is het vervangen van het drukknoppen bedieningspaneel in de binnenkomsthal. Dit bedieningspaneel schakelt de pulsactoren van General Electric in de HVK. De actor toggled bij een opgaande flank van een spanning uit een drukknop. Op deze manier toggled de actor tussen aan en uit.

Er is onderzocht of het verkregen touch panel ook deze functies over kan nemen. Er zijn oplossingen bedacht om de input op de HMI om te zetten naar het schakelen van de verlichting. Het gaat hier om de volgende oplossingen:

- HMI In-/Output module;
- Remote I/O station;
- KNX interface van HMI;
- Plug-in PLC met KNX.

Deze oplossingen zijn hieronder uitgeschreven.

Oplossingen

Hier worden vier oplossingen voorgelegd welke tegen elkaar worden afgewogen. Voor elke oplossing zijn eerst de belangrijkste voor- en nadelen beschreven. Vervolgens worden de criteria behandeld waartegen de oplossingen worden afgewogen.

HMI In-/Output module

De digitale in- en uitgangen module uit paragraaf 4.2.2 Signalen van beveiligingsautomaten, kan ook hier een oplossing bieden. De uitgangen kunnen geen grote vermogens schakelen. Door gebruik te maken van de bestaande bipolaire actoren kunnen er wel vermogens geschakeld worden. Het drukknoppen bedieningspaneel kan op deze manier één op één overgenomen worden door het touch panel. De pulsdrukkers in de werkplaatsen blijven hierbij zoals ze zijn.

De terugmelding van de pulsactoren kunnen op de ingang aangesloten worden. In een dynamisch scherm op de HMI kunnen deze meldingen weergegeven worden.

Remote I/O station

Dit is hetzelfde I/O station als in paragraaf 4.2.2 Signalen van beveiligingsautomaten. Hierbij worden zwaardere uitgangen gebruikt waarmee de verlichting direct geschakeld kan worden. Wanneer de vermogens te groot worden dan kan ervoor gekozen worden om (de oude) pulsactoren of relais te gebruiken.

Op de ingangen kunnen de pulsdrukkers worden aangesloten. Via Modbus/TCP wordt er informatie uitgewisseld met de HMI. Dit is een goedkope oplossing en eenvoudig te programmeren in de HMI. Een extra in-/uitgangen kaart toevoegen in verband met uitbreiding is geen grote investering.

KNX interface van HMI

Het eTOP beeldscherm bevat een KNX interface. Een voorbeeld van een eTOP beeldscherm is te zien in Afbeelding 5 eTOP515 touch panel van Exor. Met de KNX interface kunnen berichten naar KNX/EIB actoren worden verstuurd die de verlichting aan- of uitschakelen. Op de actoren zijn buttons verwerkt voor de handbediening.

Een nadeel is dat de pulsdrukkers in de werkplaats de actoren niet direct kan schakelen. Om dit te verwezenlijken moet er een KNX/EIB binaire ingangsmodule bijkomen. De pulsdrukkers kunnen ook vervangen worden door KNX knoppen.

Met de KNX interface kan er ook KNX/EIB binaire uitgangsmodule aangesproken worden. De uitgangen geven een puls op de oude bipolaire actoren waardoor de verlichting geschakeld wordt. Hierbij blijven de pulsdrukkers in de werkplaats bruikbaar.

Plug-in PLC met KNX

In paragraaf 4.2.2 Signalen van beveiligingsautomaten, is al vermeld dat de Hiflex ook over Plug-in modules beschikt. De plug-in module, PLCM02, heeft een KNX/EIB interface waar het eTOP scherm gebruik van kan maken. Deze module is te zien in Afbeelding 19 PLCM02 Plug-in module voor de HMI.

Een voordeel van deze module is dat er meer functies toegevoegd kunnen worden. Er kunnen programma's geschreven worden ter ondersteuning van de Smart Grid. Met deze oplossing wordt het KNX op dezelfde manier gebruikt als in de vorige oplossing.

Een nadeel van de PLC kan zijn dat het de Central Processing Unit (CPU) van de HMI gebruikt. Hierdoor wordt de HMI aanzienlijk langzamer.



Afbeelding 19 PLCM02 Plug-in module voor de HMI.

Het voordeel van KNX is dat er veel extra opties gerealiseerd kunnen worden. Denk aan meerdere groepen tegelijk schakelen of toevoeging van licht- en aanwezigheidssensoren. Er zijn veel producenten die deze KNX/EIB actoren aanbieden. Denk aan merken als Schneider, ABB, Gira of JUNG.

Afweging

Er zijn zeven criteria waarop de oplossingen worden getoetst. Aan elk criterium is een wegingsfactor gesteld welke af te lezen zijn in Tabel 6 Afweging drukknoppen bedieningspaneel. De factoren zullen hier kort besproken worden.

- Pulsactor verwijderen: Het is een Nice-To-Have om de bipolaire actoren te verwijderen. Hier worden een paar punten mee gescoord.
- I/O afstembaar: Hier wordt getoetst of de hoeveelheid I/O's specifiek afstembaar zijn voor de wens. Wanneer deze in- en uitgangen goed af te stemmen zijn zal dit kosten besparen.
- Uitbreidbaarheid: Het is mogelijk in de toekomst meer drukknoppen of verlichting aan het systeem toe te voegen.
- Extra opties: Zijn er extra opties toe te voegen, softwarematig of hardwarematig? Geen Must-Have dus lager scoren.
- Gebruik pulsdrukknoppen: Zijn de pulsdrukknoppen in de werkplaats nog te gebruiken. Wanneer hier extra componenten nodig zijn, worden er minder punten verrekend.
- Handbediening: Hier wordt afgewogen of de verlichting, buiten de HMI om, geschakeld kan worden. Bijvoorbeeld tijdens een HMI of communicatiestoring.
- Investeringskosten: De aanschafprijs wordt hier afgewogen. Een hogere investering betekent minder punten.

	Pulsactor verwijderen	I/O- afstembaar	Uitbreid- baarheid	Extra opties	Gebruik pulsdrukknop	Hand- bediening	Investering	Totaal
HMI I/O module	0	0	1	1	2	2	1	
Remote I/O	1	2	2	1	2	0	2	
KNX interface van HMI	1	1	2	1	1	2	1	
Plug-in PLC met KNX	2	1	2	2	1	2	0	
Afwegingsfactor	1	2	3	1	3	2	3	
HMI I/O module	0	0	3	1	6	4	3	17
Remote I/O	1	4	6	1	6	0	6	24
KNX interface van HMI	1	2	6	1	3	4	3	20
Plug-in PLC met KNX	2	2	6	2	3	4	0	19

Tabel 6 Afweging drukknoppen bedieningspaneel.

In de afwegingstabel is af te lezen dat de oplossing met remote I/O de meeste punten krijgt. De remote I/O scoort overal punten behalve bij de handbediening. Bij een storing of hardware fout kan de verlichting niet aan- of uitgezet worden.

Er bestaan maar twee soorten I/O modules voor de eTOP schermen waardoor de in- en uitgangen bijna niet af te stemmen zijn op de wens. Daarbij zijn de I/O beperkt tot 20 digitale in- en 12 digitale uitgangen.

De opdrachtgever koos ervoor de verlichting te schakelen met KNX/EIB componenten. Hierdoor ontstaat een duidelijke scheiding tussen de aansturing van de laadpalenkast met Modbus/TCP en het lichtcircuit met KNX.

Om het eTOP scherm van meer rekenkracht te voorzien is daarom gekozen voor de Plug-in PLC met KNX interface. De rekenkracht wordt gebruikt om het energieoverschot en de verdeling hiervan te berekenen. Zie paragraaf 5.2.2 Software. De antwoorden uit deze berekeningen zal de HMI naar de laadmodules sturen.

4.2.6 Energiezuiniger bedrijfspan

Een wens van de opdrachtgever Green Label is om het bedrijfspan van Van der Sijs energie zuiniger te maken. Op werkdagen wordt er gemiddeld over de gehele dag 23kW verbruikt door het bedrijfspan. Dit gaat hoofdzakelijk in de verlichting en computer verbruik zitten.

Er wordt in de productiehallen en kantoorruimten gebruik gemaakt van TL-verlichting van 58W. In totaal zijn dit 220 TL-lampen. De kosten worden per jaar berekend in Bijlage tabel 1 Kosten en terugverdientijd berekeningen van verlichting. Per jaar wordt er ongeveer € 3.000,- aan energie voor de verlichting betaald. Hier is uitgegaan van 2.500 werkuren en € 0,0758/kWh (Energie jaaroverzicht Nuon, 2011).

Er zijn enkele oplossingen onderzocht om op de verlichting energie te besparen. Het gaat hier om de volgende oplossingen:

- Efficiënte TL-verlichting;
- LED-verlichting;
- Aanwezigheidssensoren;
- Meer lichtgroepen (af)schakelen.

Oplossingen

Hier worden vier oplossingen voorgelegd welke tegen elkaar worden afgewogen. Bij de beschrijvingen van de oplossingen horen tabellen die in de bijlage zijn toegevoegd. In deze tabellen worden kosten en terugverdientijden berekend. Na de beschrijving van de oplossingen zullen ze tegen elkaar afgewogen worden.

Efficiënte TL-verlichting

Er kan gekozen worden om de verlichting te vervangen door efficiëntere TL-verlichting. Zie Afbeelding 20 Voorbeeld van een TL-verlichting van Philips. Bij efficiëntere TL-verlichting kun je denken aan de TL5 High Efficiency verlichting van Philips. Deze verbruiken 35 Watt en hebben geen voorschakelapparatuur van 15 Watt. De terugverdientijd is berekend in Bijlage tabel 1 Kosten en terugverdientijd berekeningen van verlichting. Door de juiste verlichting te kiezen kunnen de armaturen hergebruikt worden. Een nadeel van high efficiency verlichting is dat het aantal lumen een stuk lager ligt. 5.000 Lumen voor de huidige verlichting tegen 3.325 Lumen voor de high efficiency verlichting.



Afbeelding 20 Voorbeeld van een TL-verlichting van Philips.

LED-verlichting

De verlichting kan ook vervangen worden door LED-verlichting. Zie Afbeelding 21 Voorbeeld van een LED-verlichting van Philips. Dit is een duurdere investering omdat de armaturen geheel vervangen moeten worden. De LED-modulen verbruiken wel een stuk minder vermogen. Philips heeft bijvoorbeeld LED-modules van 12 Watt en geven 3.500 lumen af. Deze 3.500 lumen zijn in vergelijking met de TL-lampen niet zo veel maar deze branden wel allemaal één kant op. In het bedrijfspand hangen 220 TL-lampen. De LED-modulen kunnen de kantoren en hallen met de helft van de verlichting doen. Dit scheelt in de aanschafprijs. De kosten en terugverdientijd wordt berekend in Bijlage tabel 1 Kosten en terugverdientijd berekeningen van verlichting. Hierin zijn de vervangingskosten niet in mee gerekend. De prijzen voor de verlichting komen uit een offerte van Philips, 2009. Uit de tabel is op te maken dat de terugverdientijd van efficiënter TL-verlichting 7,6 jaar duurt. Voor de LED-verlichting is dit 13 jaar.



Afbeelding 21 Voorbeeld van een LED-verlichting van Philips.

In de tabel is uitgegaan van 250 werkdagen per jaar en 10 uur per werkdag. Collega's beginnen rond 6 uur en andere eindigen 12 uur later. In deze 12 uur staat gemiddeld 2 uur lang de verlichting uit. Energieverbruik door overwerken en pauzes zijn hier niet in opgenomen. De kosten per kWh komen uit de Nuon jaaropgave 2012 van het bedrijf.

Aanwezigheidssensoren

Een totaal andere oplossing is het uitschakelen van de verlichting met aanwezigheidssensoren. Zie als voorbeeld Afbeelding 22 KNX/EIB Aanwezigheidssensor van Gira. De kantoorruimten en productiehal 2 worden niet altijd bemand terwijl de verlichting wel brandt. Ook in de pauze wordt vaak het licht in de drie productiehallen aangelaten. Deze oplossing kan geïmplementeerd worden wanneer ervoor gekozen wordt om de verlichting door middel van KNX te schakelen. Er bestaan veel aanwezigheidssensoren die op KNX werken en lichtgroepen kunnen schakelen. Daarbij zijn er lichtsensoren in de aanwezigheidssensoren ingebouwd. Daarmee kunnen lichtgroepen uitgeschakeld worden bij veel invallend zonlicht.



Afbeelding 22 KNX/EIB Aanwezigheidssensor van Gira.

In Bijlage tabel 2 Berekening van kostenbesparing d.m.v. aanwezigheidssensoren., zijn voor de productiehallen berekend wat de terugverdientijd van de sensoren is. Dit wanneer de verlichting uitgeschakeld wordt in de pauzes door middel van aanwezigheidssensoren.

Meer lichtgroepen (af)schakelen

Om efficiënter met energie om te gaan kan het licht ook in groepen uitgeschakeld worden. In de productiehallen hangen lange rijen TL-bakken. Door deze in groepen te verdelen kunnen, bijvoorbeeld bij lichtinval van buiten, delen (eerder) uitgeschakeld worden. Om dit te realiseren moeten meer schakelapparatuur gemonteerd en kabels getrokken worden.

Met gebruik van meer aanwezigheidssensoren kan er ook werkplek georiënteerd verlichting geschakeld worden. Vooral in de kantoorruimtes kan dit gerealiseerd worden. Met de werknemers moet ondervonden worden of het uitschakelen van de verlichting als vervelend ervaren wordt. Als iemand alleen achtergelaten wordt in een kantoorruimte, dan zal de verlichting om hem heen uitgaan. Dit geeft snel een eenzaam en geïsoleerd gevoel. Van te voren is niet duidelijk hoe vaak de verlichting extra uit zal gaan waardoor het lastig is de besparing te berekenen.

Wanneer er gekozen wordt om de verlichting te vervangen dan kan dit ook gelijk geïmplementeerd worden. In combinatie met KNX kan er op deze oplossing goed ingesprongen worden. Dit is afhankelijk van de gekozen oplossingen in de vorige analyse hoofdstukken. Wanneer daar niet voor gekozen wordt is deze oplossing op zichzelf staand een dure investering.

Afweging

Er zijn vier criteria waarop de oplossingen worden getoetst. Aan elk criterium is een wegingsfactor gesteld welke af te lezen zijn in Tabel 7 Oplossingen om energie in het bedrijfspannd te besparen. De factoren zullen hier kort besproken worden.

Investering:	De aanschafprijs wordt hier afgewogen. Een hogere investering betekent minder punten. Omdat de kosten hier ver uiteen lopen weegt deze criteria hoog.
Terugverdientijd:	Hier wordt de afweging gemaakt ten behoeve van de terugverdientijd. Is de terugverdientijd kort dan krijgt de oplossing meer punten dan wanneer de terugverdientijd langer is.
Implementatiekosten:	Hier wordt afgewogen hoeveel het kost om de oplossingen in het bedrijfspannd te implementeren. Denk aan vervangen van verlichting of het aanleggen van kabels.
Energiebesparing:	Hier wordt afgewogen hoeveel energie er per jaar zal worden bespaart.

	Investering	Terug-verdientijd	Implemen-tatie kosten	Energie-besparing	Totaal
Efficiënter TL	1	1	0	2	
LED-verlichting	0	0	0	2	
Aanwezigheidssensor	2	2	2	0	
Meer lichtgroepen	2	1	1	0	
Afwegingsfactor	3	2	1	3	
Efficiënter TL	3	2	0	6	11
LED-verlichting	0	0	0	6	6
Aanwezigheidssensor	6	4	2	0	12
Meer lichtgroepen	6	2	1	0	9

Tabel 7 Oplossingen om energie in het bedrijfspand te besparen.

Alleen de LED-verlichting komt slecht uit de test. Dit heeft te maken met de grote investeringskosten van de verlichting. De terugverdientijd is door deze kosten erg lang, namelijk 13 jaar.

De andere drie oplossingen eindigen dicht bij elkaar. De investeringskosten voor meer groepen en aanwezigheidssensoren zijn laag. Deze oplossingen scoren weer minder bij besparing. In vergelijking met LED- of efficiëntere verlichting bespaart het bijna niets. Ongeveer € 200, - per jaar voor de sensoren tegen € 1.600, - per jaar voor de efficiëntere TL verlichting.

Er kunnen vragen gesteld worden aan de betrouwbaarheid van deze tabel omdat de prijzen ver uitelkaar liggen. Daarbij komt dat de dekking van de laatste twee oplossingen anders zijn dan de eerste twee oplossingen.

Ik stel voor om aanwezigheidssensoren in de kantoren en productiehallen te realiseren. Dit is een goedkope oplossingen in vergelijking met het vervangen van de verlichting. Wanneer het budget geen rol speelt is de LED-verlichting de beste oplossingen. Dit zal per jaar verreweg de meeste energie besparen.

4.2.7 Touch panel

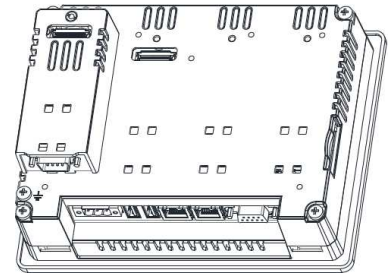
Als HMI is door de opdrachtgever een touch panel vastgesteld. Dit touch panel is een must voor dit project. Daarom is er naar dit specifieke paneel onderzoek gedaan. Hiervoor is onder andere de documentatie (eTOP515 touch panel, 2012) van het scherm gebruikt.

Het gaat hier om een HMI van het merk Exor. Hiflex is de vertegenwoordiger van het scherm en bezit ook een klantenservice voor het programmeren ervan. Het is een UniOP eTOP515 HMI met een 15inch aanraak scherm.

Er is veel kennis binnen het bedrijf over deze schermen en over de programmeersoftware hiervan: jMobile. Deze HMI kan geheel van de grond af geprogrammeerd worden. De software ondersteunt een grote lijst aan communicatieprotocollen waaronder Modbus en KNX. Het scherm, de eTOP515, kan met maximaal vier protocollen tegelijk geprogrammeerd worden.

Hardware

In het beeldscherm zitten twee ethernet, een Secure Digital (SD) en twee Universal Serial Bus (USB) poorten. Door middel van de Ethernet poort kan het beeldscherm (via een server) aan een computer gekoppeld worden om de software erin te laden. De USB-poorten kunnen gebruikt worden om het geheugen uit te breiden. Aan de achterkant van het beeldscherm bevinden zich twee optionele plug-in poorten waar speciale eTOP modules ingeplugd kunnen worden. Dit kunnen bijvoorbeeld I/O- of andere communicatiemodules zijn. Zie Afbeelding 23 Achterzijde van een eTOP beeldscherm met ingeplugde module. Een nadeel is dat de modules gebruik maken van de CPU van het beeldscherm. Hierdoor kan het scherm zwaar belast worden.



Afbeelding 23 Achterzijde van een eTOP beeldscherm met ingeplugde module.

HMI op afstand uitlezen

Een Nice-To-Have van de opdrachtgever is dat de HMI op afstand uitgelezen kan worden. Dit kan bijvoorbeeld met een webbrowser of via smart phone's zijn.

Het op afstand uitlezen was met de jMobile software van Hiflex (nog) niet mogelijk. In september gaf Hiflex aan dat er eind oktober een update kwam met HTTP5 functies. Hiermee kan het scherm met behulp van browsers overgenomen worden. Deze update is eind december verschenen.

Er is nog meer onderzoek gedaan naar deze HMI. De uitkomsten van deze onderzoeken zijn in de software verwerkt. Dit is verder beschreven in paragraaf 5.2.2 Software.

4.2.8 Keuze conclusie

Voor de drie systemen zijn veel componenten onderzocht. Deze zijn in de paragrafen hiervoor besproken en tegen elkaar afgewogen. Met de opdrachtgever is in overleg een keuze gemaakt. De gemaakte keuzes zijn hier bij elkaar gezet.

Human monitoring interface

Voor aanvang van het project was er door de opdrachtgever een keuze gemaakt voor een HMI scherm. De keuze was gevestigd op een touch panel van het merk Exor. Dit was al vastgesteld en niet meer onderhandelbaar. De eTOP515 is het grootste scherm uit zijn serie en wordt geprogrammeerd met jMobile. Hiermee kunnen dynamische pagina's gemaakt worden die systeemwaarden uit het veld kunnen weergeven.

Met Modbus/TCP communiceert het met de componenten hieronder. De Exor eTOP touch panels zijn gemaakt om informatie af te beelden. Berekeningen doen met deze verkregen informatie is omslachtig en beperkt. Daarom is ervoor gekozen een plug-in PLCM02 te gebruiken achterop de HMI. Deze kan continu complexe berekeningen uitvoeren. De PLC beschikt daarnaast over een KNX/EIB interface waar de HMI ook gebruik van kan maken. Via de PLCM02 kunnen er berichten naar specifieke KNX groepsadressen gestuurd worden. Mede door de toekomstwensen om de verlichting geheel via het scherm met KNX te bedienen is voor deze combinatie gekozen. De PLC wordt geprogrammeerd met het software programma Codesys.

De PLCM02 met Codesys software wordt nu gebruikt om de vermogensberekening voor de laadpalen uit te voeren. (Codesys PLCM02, z.j.) Een nadeel van de plug-in module is dat het gebruik maakt van het werkgeheugen van het touch panel. Naast dat het scherm met 13 Modbus modules communiceert (zie bijlage 3A, communicatie overzicht) en 14 trends moet verwerken, wordt het werkgeheugen van het scherm zwaar belast.

Een ander nadeel van Codesys is dat het niet gebruik kan maken van de Ethernet interface van de HMI. Het kan alleen variabelen uitwisselen met het eTOP beeldscherm. Eigenlijk schrijft en leest het beeldscherm in de variabelen van de PLC. Het scherm figureert dan als doorgeefluik voor de Codesys PLC. Hiervoor moet het scherm veel werk verrichten en het kost veel tijd om te programmeren.

Energiemonitoring

Het verbruik van de laadpalen en de oplevering van de PV panelen wordt opgemeten door zes EEM-MA250 energiemeters van Phoenix Contact. Voor elk omvormer type en elk laadpunt één energiemeter. De hoofdverdeler wordt gemeten door een slimme EEM-MA600 energiemeter. Deze meter meet het totale verbruik van het bedrijfspand en hoeveel er aan het lichtnet geleverd wordt bij een zonnige dag.

Een communicatie gateway met RS-485 / Ethernet module koppelt de EEM-MA250 meters met RS-485. De communicatie moduul is achterop de EEM-MA600 gemonteerd. De HMI benadert de gateway met Modbus/TCP en kan op deze manier alle energiemeters uitlezen.

Nadeel van de meters van de laadpalen is dat deze metingen niet voor verrekening gebruikt mogen worden. Energiemeters die hiervoor gebruikt mogen worden zijn duurder en heeft te maken met de kwaliteitsklasse van de meting.

Electric vehicle charge controller

Voor de oplaadcontrollers is gekozen voor vier Phoenix Contact EV charge controllers. Voor elk laadpunt één en voor de plug-in laadpunten een Lock release module. De charge controller wordt met Modbus/TCP uitgelezen en krijgt de maximale laadstroom van de HMI. Met behulp van een relais op de Enable ingang kan het laden gestart of gestopt worden. Dit relais kan door de HMI geactiveerd worden via de Remote I/O station.

Remote I/O kopstation

Op de HMI wordt weergegeven of de verschillende beveiligingen in de verdeelkasten nog actief zijn. De hulpcontacten van de beveiligingen geven een signaal op de ingangen van het station. Er is gekozen voor een Remote I/O met Modbus/TCP van Phoenix Contact. Dit station heeft acht digitale ingangen en vier digitale uitgangen. Er is een extra achtvoudig digitaal ingangenkaart bijgeplaatst om alle hulpcontacten uit te kunnen lezen.

De digitale uitgangen activeren de relais zodat de HMI het laden kan starten of stoppen.

KNX/EIB modules

De verlichting in de werkhallen wordt geschakeld door twee zestienvoudige schakelactoren met KNX van het merk Gira. De pulsdrukknoppen in de werkhallen geven een signaal op een achtvoudige binaire ingangsmodule. Hier zijn er momenteel drie van nodig.

In de twee zaaghokken in de hallen zijn KNX aanwezigheidssensoren van Gira opgehangen. Bij aanwezigheid stuurt het een groepsbericht naar de KNX actor dat de verlichting geschakeld moet worden.

De HMI leest en schrijft in de groepsadressen van de KNX modules. Het kan de status van de actoren (en dus de verlichting) weergeven en aansturen.

Het nadeel van de KNX schakelactoren en de KNX binaire ingangen is dat ze beperkt geprogrammeerd kunnen worden in ETS. De functies zijn bijvoorbeeld beperkt in het aantal groepsadressen waaraan een ingang of actor gekoppeld kan worden.

Met behulp van deze gekozen componenten is het mogelijk de wensen van de opdrachtgever te vervullen. Energiemonitoring van de PV panelen en laadpalen is mogelijk. Met behulp van de energiemeters wordt er in de PLCM02 een stroombegrenzing voor elke laadpaal berekend. Het vervangen van het drukknoppen bedieningspaneel kan gerealiseerd worden met het touch panel en de KNX componenten. In hoofdstuk 5 Ontwerp is te lezen hoe deze componenten tot het eindproduct leiden.

4.3 Theoretisch onderzoek

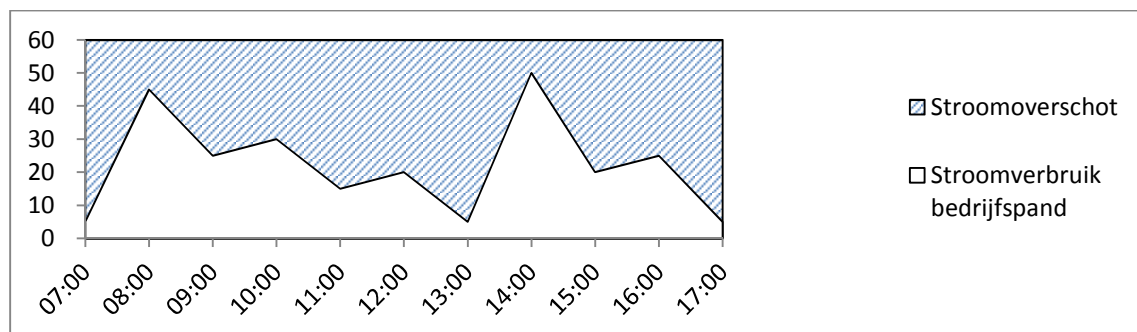
De probleemstellingen kunnen niet allemaal beantwoord worden met componenten. Hier was ook theoretisch onderzoek voor nodig. De theorie zal gebruikt worden om het Smart Grid te ontwerpen. De vindingen uit het theoretisch onderzoek kunnen bijvoorbeeld voor de software gebruikt worden.

Deze paragraaf begint met enkele theoretische aspecten over elektrische laadpalen. Waar komt het stroomoverschot vandaan? Waarom zijn er energiemeters per laadpaal geplaatst? Deze vragen krijgen hier een antwoord. Verder komt het afbouwen van de laadstroom door de elektrische auto aan de orde. Waarom wordt de laadstroom door de auto verlaagd als de batterij nog niet vol is? Aan het eind van deze paragraaf volgt een theoretisch onderzoek naar het vermogen van de PV panelen. Kan de hoofdvoeding overbelast raken door het terugleveren van vermogen van de zonnepanelen?

4.3.1 Energiemeters voor de laadpalen

De hoofdvoeding wordt met drie smeltpatronen beveiligd. Het is niet de bedoeling dat deze patronen elke keer doorbranden bij het laden van meerdere auto's. Daarom is onderzoek gedaan naar de probleemstellingen om de laadstroom dusdanig te regelen dat de hoofdvoeding niet overbelast raakt.

Tijdens dit onderzoek naar de Smart-Grid vermogensberekening werd een probleem ontdekt. De energiemeting op de hoofdvoeding bleek niet alle informatie te kunnen leveren die voor de berekening nodig was. Om het stroomoverschot te berekenen moet het verbruik van het pand gemeten of berekend worden. Het “Overschot” is namelijk, het verschil tussen het maximale verbruik uit het net en het verbruik van het bedrijfspand. Zie Grafiek 1 Stroomoverschot (blauw) van het bedrijfspand. In de grafiek is het witte vlak het stroomverbruik van het bedrijfspand. Het blauwe gedeelte het is het “Overschot”. Het maximale stroomverbruik (per fase) is in het bedrijfspand 63 Ampère. Dit overschot kan gebruikt worden om elektrische auto's op te kunnen laden.



Grafiek 1 Stroomoverschot (blauw) van het bedrijfspand.

De slimme energiemeter meet het totale verbruik van het bedrijfspand. Na realisatie van de laadpalen valt het verbruik van het opladen ook onder het verbruik van het bedrijfspand. De laadstroom van de auto's moet dus van het verbruik afgetrokken worden. Hiermee wordt voorkomen dat het berekende overschot zal gaan pendelen. En wanneer het overschot pendelt, zal de laadstroom ook gaan pendelen.

De maximale laadstroom wordt voor elke laadpaal berekend. Hoe dit gebeurt is te lezen in paragraaf 5.2.2 Software. De berekende laadstroom is bekend en kan dus van het verbruik van het bedrijfspan afgetrokken worden. Op deze manier kan het stroomoverschot berekend worden.

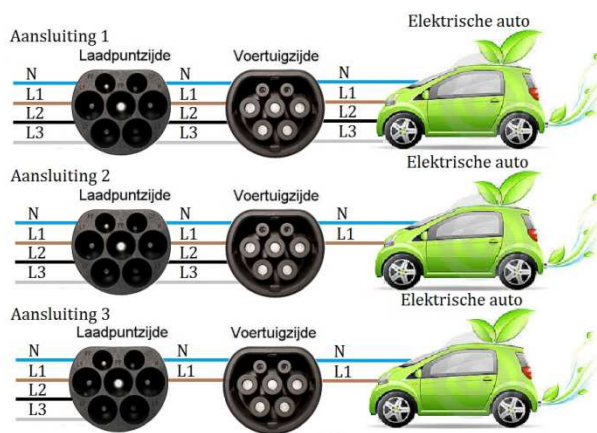
Bij het opladen van verschillende elektrische auto's is ondervonden dat de instelling van de laadstroom anders kan zijn dan de actuele laadstroom. Zie Afbeelding 25: 1,5 Ampère onder de stroombegrenzing. Deze actuele laadstroom wordt door de auto uiteindelijk zelf geregeld. Deze stroom communiceren de auto's niet naar buiten. Om het stroomoverschot te berekenen zal de laadstroom dus door energiemeters gemeten moeten worden.

Er is overwogen om één energiemeting voor alle vier de laadstations te installeren in plaats van één energiemeting per laadstation. Dit is een stuk goedkoper en hiermee kan het probleem opgelost worden. Echter geeft het veel voordelen om per laadstation een meting te verrichten. Op de HMI kan bijvoorbeeld per laadstation het vermogen en stroom uitgelezen worden.

4.3.2 Voordelen van energiemeting per laadpaal

Het berekenen van het “Overschot” kan gerealiseerd worden met één meting. Deze kan het verbruik van de vier laadpalen samen meten. Dit is goedkoper dan per laadpaal een energiemeter te plaatsen. Er is toch gekozen om per laadpaal een meter te plaatsen omdat dit veel voordelen geeft. Deze voordelen zijn onderzocht en worden in deze paragraaf behandeld.

Bij het opladen van verschillende elektrische auto's is ondervonden dat de stroombegrenzing anders kan zijn dan de actuele laadstroom. Deze actuele laadstroom wordt door de auto uiteindelijk zelf geregeld. Deze stroom communiceren de auto's niet naar buiten en zal dus door energiemeters per laadpaal gemeten moeten worden. Met een meting per laadpaal kan de echte actuele laadstroom per auto op de HMI weergegeven worden.



Zie Figuur 5 Voorbeelden van verschillende fasen aansluitingen. In dit figuur zijn drie auto's met plug-in laadkabel te zien. De laadpuntzijde wordt in de laadpaal gedrukt. De laadpuntzijde is met één of drie fasen verbonden met de voertuigzijde. De voertuigzijde wordt ingeplugd in de auto.

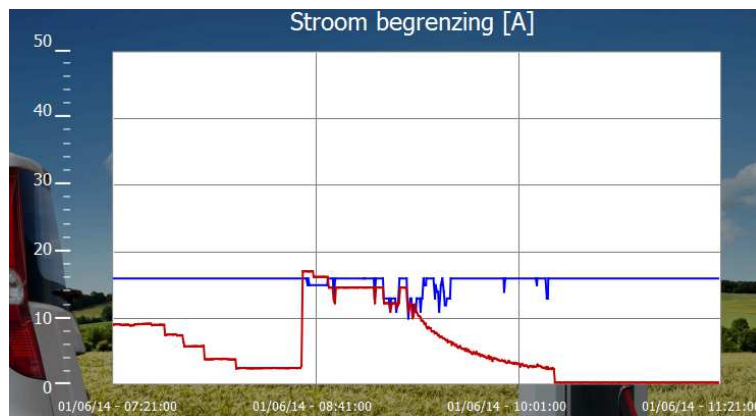
Figuur 5 Voorbeelden van verschillende fasen aansluitingen.

De laadstroom wordt door een energiemeter gemeten bij inschakeling van het voedingsrelais. Tijdens het laden met drie fasen is de stroom opname per fase theoretisch gelijk. In geval van aansluiting 1 in Figuur 5 Voorbeelden van verschillende fasen aansluitingen. Eén fase auto's en één fase laadkabels hebben vaak een drie fasen aansluiting. De overige twee fasen zijn dan leeg. In Europa gebruiken deze auto's en laadkabels altijd de eerste fase. Zie aansluiting 2 en 3 in Figuur 5 Voorbeelden van verschillende fasen aansluitingen. Daarom zou een stroommeting van alleen de eerste fase voldoende zijn voor de stroomberekening.

Bij gebruik van aansluiting 1 kan de vermogensmeting van de eerste fase simpelweg verdrievoudigd worden. Een nadeel is dat niet gecommuniceerd kan worden of de auto aansluiting 1 of 2 gebruikt. De eigenaar van de auto zou dit in het bedieningspaneel in moeten voeren.

Voordeel van de drie fasen meting per laadpaal is dat de stroom van de eerste fase in een grafiek weergegeven kan worden. Immers is deze hetzelfde als de andere twee fasen mits deze gebruikt worden. In dezelfde grafiek kan het totaal opgenomen vermogen weergegeven worden. Het totaal vermogen door alle drie de fasen komt uit één register. Voor het totale vermogen maakt het niet uit of er één of drie fasen gebruikt worden.

Een energiemeting per laadpaal heeft nog een voordeel. Bij een totale meting van de vier laadpalen is het niet te onderscheiden hoeveel een auto opneemt. Zie Afbeelding 24 Totaal meting van een Renault Twizy en Mitsubishi Outlander. De blauwe grafiek geeft de berekende stroombegrenzing aan voor elke auto's. De rode grafiek is de totale laadstroom van de auto's. Aan het begin van de grafiek is één auto aan het laden. Deze auto is aan het “afbouwen” dat te zien is aan het trapedeelte. Lees voor de functie van het afbouwen verder onder paragraaf 4.3.3 Afbouwen. Iets voor de tijdlijn 08:41u wordt een tweede auto ingeplugd. Dit is te zien aan de plotselinge stijging van stroomverbruik. Op dat moment is niet bekend hoeveel stroom de tweede auto opneemt. Met een energiemeter per laadpaal wordt dit afzonderlijk gemeten. Dan kan er wel weergegeven worden wat elke auto apart aan stroom opneemt.

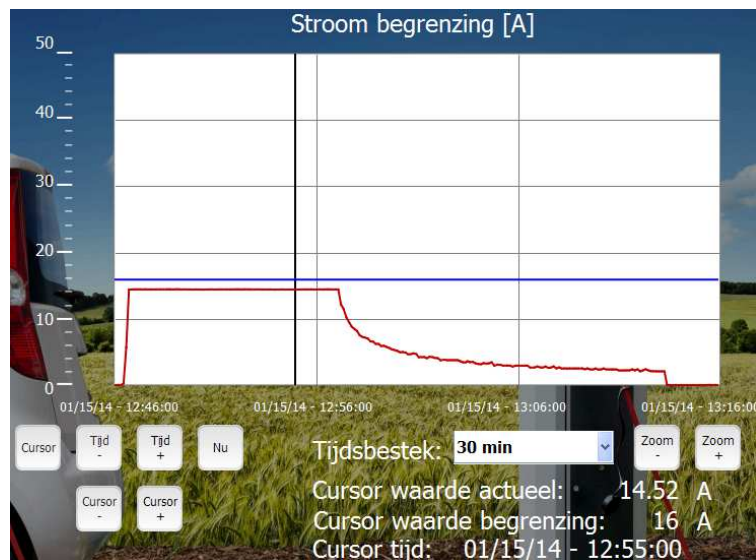


In de grafiek is een meting van de totale laadstroom van twee elektrische auto's te zien (rood). De grafiek begint met het laden van een Renault Twizy. Voor de tweede tijdlijn wordt een Mitsubishi Outlander aangesloten. Hier is niet te zien hoeveel stroom elke auto opneemt.

Afbeelding 24 Totaal meting van een Renault Twizy en Mitsubishi Outlander.

De batterijlader van de auto stelt zijn laadstroom onder de stroombegrenzing in. Dit in verband met beveiligingen in de batterijlader. Het verschil tussen laadstroom en stroombegrenzing kan oplopen tot 1,5 Ampère en is bij elke auto anders. Zie Afbeelding 25: 1,5 Ampère onder de stroombegrenzing. De zwarte verticale cursorlijn geeft onder de grafiek de stroom op dat moment aan. Bij een stroommeting per laadpaal kan dit op het scherm weergegeven worden. De eigenaar van de auto kan op deze manier zien hoe snel zijn auto oplaadt. Dit zal minder zijn dan in het autoboekeje beschreven staat. Deze verlaging van laadvermogen heeft ook weer gevolgen voor de totale oplaadtijd.

In elke afbeelding waar een grafiek van de stroombegrenzing is weergegeven is de blauwe grafiek de stroombegrenzing. De rode grafiek is de actuele laadstroom van de auto('s).



In deze grafiek is het laadproces van een Mitsubishi Outlander te zien. Er is genoeg stroom beschikbaar waardoor de stroombegrenzing continu 16A is (blauw). De batterijlader bouwt de laadstroom iets voor 13:00u af.

Afbeelding 25: 1,5 Ampère onder de stroombegrenzing.

Conclusie

Met dit onderzoek kunnen de volgende onderzoeksvragen beantwoord worden:

- Hoe kan het energieoverschot berekend worden?
- Hoe kan het energieoverschot gelijk verdeeld worden over de op te laden auto's?
- Hoe kan softwarematig voorkomen worden dat de hoofdvoeding niet overbelast raakt bij het laden van meerdere auto's?

Het energieoverschot kan berekend worden met de volgende formule:

Energieoverschot = maximale energie – energieverbruik bedrijfspan.

De “maximale energie” wordt begrensd door de hoofdvoeding van het bedrijfspan. Het

“energieverbruik bedrijfspan” wordt berekend met deze formule:

Energieverbruik bedrijfspan = energieverbruik hoofdverdeler - totaal oplaadenergie.

Het “energieverbruik hoofdverdeler” komt uit de slimme energiemeter. Het “totaal oplaadenergie” is de som van de energiemeters van de vier laadpalen.

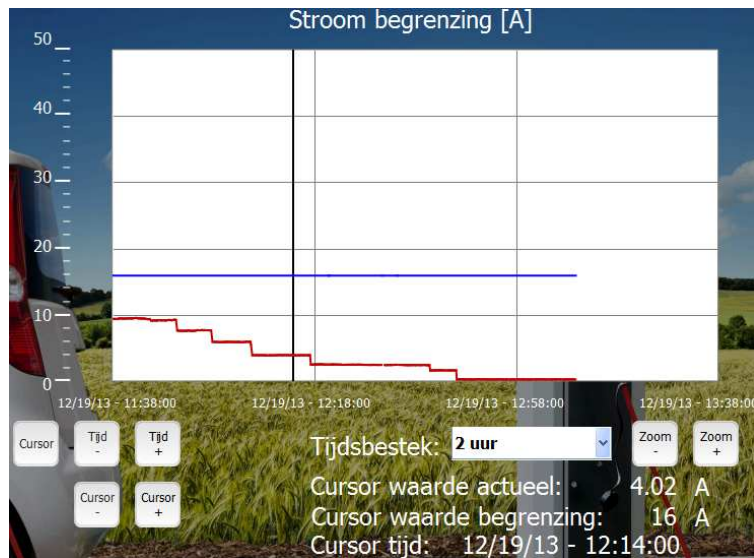
Dit energieoverschot wordt simpelweg door het aantal op te laden auto's gedeeld. Op deze manier kan het energieoverschot gelijk verdeeld worden over de op te laden auto's.

De totale oplaadenergie is gelijk of kleiner dan het berekende energieoverschot. Hiermee zou de hoofdvoeding niet overbelast kunnen raken bij het laden van meerdere auto's. In paragraaf 5.2.2 Software, is te lezen hoe dit in de software geïmplementeerd is.

4.3.3 Afbouwen

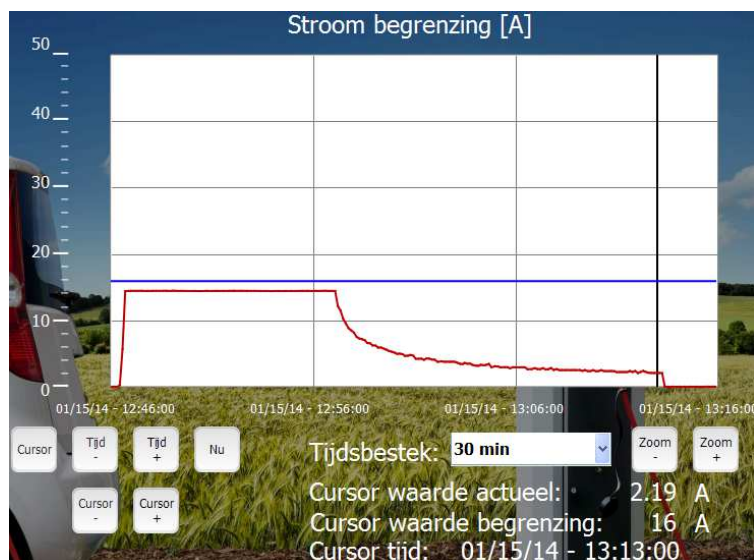
De elektrische auto's hebben een interne beveiliging voor de batterij. De auto's zullen de laadstroom afbouwen wanneer de batterij bijna vol is. Dit begint meestal rond de 85%. Sommige auto's bouwen trapeziumvormig af en andere met een dal parabool. Zie Afbeelding 26 Laadstroom afbouwen van Renault Twizy. Zie ook Afbeelding 27 Laadstroom afbouwen van Mitsubishi Outlander. Dit afbouwen wordt niet door de auto gecommuniceerd. Door een meting per laadpaal te verrichten wordt dit zichtbaar.

Zoals in de vorige paragraaf beschreven is, wordt over de auto's een laadstroom verdeeld. Echter zal de auto tijdens het afbouwen hier geen gebruik van maken. Dit is te zien in Afbeelding 26 Laadstroom afbouwen van Renault Twizy. Hier is in dit project niets mee gedaan. Aanbeveling hierover worden gedaan in paragraaf 8.4 Aanbevelingen, Laadpalen.



Afbeelding 26 Laadstroom afbouwen van Renault Twizy.

In deze afbeelding is te zien hoe een Renault Twizy zijn laadstroom “afbouwt”. De batterijlader van de elektrische auto doet dit bij ongeveer 85% volgeladen batterij. De blauwe grafiek laat de stroombegrenzing zien. De rode grafiek is de actuele laadstroom.



Afbeelding 27 Laadstroom afbouwen van Mitsubishi Outlander.

In deze afbeelding wordt de laadstroom van een Mitsubishi Outlander weergegeven. De batterij is na ongeveer 10min bijna vol ($\approx 85\%$). De batterijlader bouwt de laadstroom in een dal parabool af.

De auto's zijn opgenomen in de stroomberekeningen maar maken geen gebruik van de stroom die tot beschikking is gesteld. Zie de cursorlijn in Afbeelding 27 Laadstroom afbouwen van Mitsubishi Outlander. Voor de auto is 16A beschikbaar maar het gebruikt maar 2,19A.

Met een stroommeting per laadpaal kan dit waargenomen worden. Door dit terug te koppelen in de stroomberekening kan de niet gebruikte stroom, gebruikt worden voor andere auto's. Dit is tijdens de testfase geconstateerd en niet in de installatie geïmplementeerd. Dit wordt als aanbeveling gedocumenteerd.

4.3.4 Overbelasting door terugleveren

De hoofdvoeding is met drie smeltpatronen van 63 Ampère per fase beveiligd. In de regel mag deze langdurig met 105% belast worden voor leveren of ontvangen. Kortstondig zal een smeltpatroon een hogere stroom toestaan. Wanneer dit te vaak of te lang gebeurt zal hier toch beschadiging optreden. De zonnepanelen kunnen op een zonnige dag veel energie opwekken. Onderzocht is of deze opwekking dermate groot is dat de smeltpatronen door kunnen smelten.

Dit kan voorkomen wanneer de PV panelen veel energie leveren en het bedrijfspannand weinig verbruikt. Bijvoorbeeld in het weekend.

Terugleveren

Van de 189 PV panelen worden er 98 panelen per tweetal door Enecsys modules omgevormd. Deze PV panelen kunnen met zijn tweeën maximaal 480 Watt leveren. Ook wel 480 Wattpiek [Wp] genoemd.

De overige 91 zonnepanelen zijn over twee SMA omvormers verdeeld. Hier komt per omvormer maximaal 9000 Wp uit. Samen kunnen alle PV panelen op een koude zonnige dag maximaal 41.720 Wattpiek leveren. Dit is verder uitgewerkt in Bijlage tabel 3 Vermogensberekening van de PV panelen op het dak. Deze 41.720 Watt delen we door de spanning van 240 Volt. Dan komen we op ongeveer 174 Ampère. De cosinus phi is opgemeten en is dusdanig hoog dat deze op één gesteld is. Dit betekent dat er per fase 58 Ampère geleverd kan worden. Dit is door de leverancier van de omvormers en PV panelen de theoretisch maximale opbrengst.

Er zijn in de nacht metingen verricht over het stroom verbruik van het bedrijfspannand. Dit is het stroomverbruik van het bedrijfspannand dat altijd aanwezig is. Denk aan de server, koelkasten en stand-by apparatuur. De metingen van het stroom verbruik:

Stroom 1^e fase: 5,11A

Stroom 2^e fase: 7,64A

Stroom 3^e fase: 4,24A

De meting in de nacht is te zien in Bijlage afbeelding 1 Vermogens- en stroommeting van het bedrijfspannand tijdens de nacht.

De onderzoeksvraag luidt:

- Hoe kan de hoofdvoeding beveiligd worden tegen overbelasting van het terugleveren van energie?

Uit deze paragraaf kan geconcludeerd worden dat de PV panelen de hoofdzekering niet kunnen overbelasten. De hoofdvoeding hoeft niet beveiligd te worden tegen overbelasting van het terugleveren van energie. In de software hoef ik hier dus geen rekening mee te houden.

4.4 Methodiek

Zoals hiervoor beschreven, is er onderzoek verricht naar de probleemstellingen. Voor dit onderzoek zijn enkele aandachtspunten opgesteld. Tijdens het onderzoek is aan deze punten gehouden om een beter resultaat te verkrijgen.

Na deze aandachtspunten wordt de gebruikte bronvergaring beschreven. Waar kan de informatie over mogelijk oplossingen opgevraagd worden? Hoe kunnen vragen over producten beantwoord worden?

4.4.1 Aandachtspunten van onderzoek

Tijdens het onderzoek moeten enkele aandachtspunten in het achterhoofd gehouden worden. Deze punten worden voor het onderzoek beschreven en in het onderzoek gebruikt. Op deze manier kan er een beter resultaat uit het onderzoek komen.

De volgende punten vereisen aandacht:

- Onderzoeksvragen;
- Onafhankelijkheid;
- Betrouwbaarheid.

Onderzoeksvragen

Om gespecificeerd onderzoek te doen zijn de probleemstellingen en eisen uitgewerkt in onderzoeksvragen. De onderzoeksvragen zijn met oplossingen beantwoord en tegen elkaar afgewogen.

Onafhankelijkheid

Er is onderzoek gedaan naar componenten van verschillende merken. Binnen het bedrijf heersen vooroordelen over bepaalde merken. Deze vooroordelen en meningen liepen uiteen en verschilden per collega.

Om een onafhankelijk resultaat uit het onderzoek te halen zijn deze meningen en voorkeuren zoveel mogelijk opzij gezet.

Betrouwbaarheid

Het onderzoek naar oplossingen voor de probleemstellingen moet betrouwbaar zijn. Daarom worden bronnen gecontroleerd op juistheid. De informatie over producten van merken kunnen op internet opgevraagd worden. Beschreven mogelijkheden van deze componenten zijn soms onvolledig of (nog) niet mogelijk.

Veel voorkomend zijn innovaties van producten die nog niet gerealiseerd of toepasbaar zijn. Door direct contact op te nemen met het desbetreffende merk kan de betrouwbaarheid van de informatie gecontroleerd worden. Dit kan per mail gebeuren maar telefonische contact geniet hier de voorkeur.

4.4.2 Informatie vergaring

Om onderzoek te doen naar de geformuleerde onderzoeksvragen worden verschillende bronnen vereist. Bronnen die algemene informatie verschaffen over oplossingen of bronnen van specifieke merken. Op deze manier wordt het onderzoek ook uitgevoerd. Beginnend met een algemeen onderzoek naar verschillende oplossingen of merken. Vervolgens wordt specifiek onderzoek gedaan. In opgevraagde documentatie of direct contact met producenten.

De volgende bronnen kunnen gebruikt worden om de onderzoeksvragen te beantwoorden:

- Online;
- Literatuur;
- Telefonisch.

Online

De meeste bronnen kunnen direct op het internet opgezocht worden. Welke merken of componenten kunnen oplossingen bieden? Wat zijn de mogelijkheden van deze producten? Wanneer er onderzoek in de breedte heeft plaats gevonden kan er ingezoomd worden naar geselecteerde oplossingen of merken.

Hierbij kan online een bron zijn maar de volgende bronnen kunnen ook van grote toepassing zijn.

Literatuur

Van veel merken, waar Van der Sijs afnemer van is, is al documentatie in huis. Hieruit kan veel informatie gehaald worden. Mogelijk hebben collega's al kennis in huis over de te onderzoeken producten. Met de kennis van collega's moet er aandacht besteed worden aan het punt onafhankelijkheid.

Documentatie van merken over producten zijn niet altijd online te verkrijgen. Is dit niet mogelijk dan kunnen documentaties of brochures opgevraagd worden bij een merk. (Technische) documentatie over producten zijn vaak concreet en betrouwbaar. Hierin staat vast wat het product wel of niet kan. Door documentatie van verschillende producten en/of merken naast elkaar te leggen kan de beste oplossing geselecteerd worden.

Brochures daarentegen staan vaak beschreven met toekomstige innovaties van producten. Dit kan een vernieuwing of verbetering van een product zijn die nog niet gerealiseerd of toepasbaar is. De betrouwbaarheid van deze brochures moet gecontroleerd worden.

Telefonisch

Het controleren op betrouwbaarheid kan gebeuren via mail of telefonisch contact. Veel merken zijn bereid mee te werken/denken aan oplossingen voor je probleem of vragen. Door contact op te nemen met vertegenwoordigers of verkopers kan je je vragen aan ze voorleggen. Dit kan bij veel vragen per mail of direct per telefoon. Van der Sijs heeft veel contact met merken zodat snel de juiste persoon benaderd kan worden.

5 Ontwerp

Om de drie systemen naar wens te realiseren zijn er ontwerpen gemaakt. Met een ontwerp kan door de opdrachtgever getoetst worden of zijn wens juist gerealiseerd gaat worden. Wanneer de opdracht verkeerd geïnterpreteerd is, kan bij het ontwerp nog wijzigingen worden aangebracht alvorens over te gaan naar de realisatie fase.

De ontwerpen worden gecontroleerd door specialisten. Mogelijk kunnen er simulaties gemaakt worden om het ontwerp te controleren. Denk hier bijvoorbeeld aan de softwareprogramma's. Na controle door experts en goedkeuring kan het ontwerp uiteindelijk gerealiseerd worden.

In dit project hebben er meerdere ontwerpfases plaatsgevonden. Dit omdat er drie verschillende systemen opgeleverd moesten worden. Uit deze fases kwamen verschillende (elektrische) tekeningen of flowcharts. De ontwerpen zullen hier behandeld en onderbouwd worden. Dit document zal niet gebruikt worden om het systeem te realiseren. Dit document wordt wel gebruikt om het systeem te beschrijven en (documentatie) keuzes te onderbouwen. Daarom zal er voor de technische documentatie vaak naar het technisch constructie dossier (TCD) verwezen worden.

Om te beginnen wordt eerst de Functional Design Specification (FDS) beschreven. In dit document worden alle functies van de componenten en (deel) systemen benoemd. Samen met de communicatie overzichten, Cause & Effect diagrammen en flowcharts van de drie systemen. De tweede paragraaf behandelt de Technical Design Specification (TDS). Tot de TDS behoren de elektrische tekeningen en software documenten die bij de realisatie vereist zijn. Zonder deze tekeningen kan een monteur geen installatie maken. De programmeur moet met de software documenten het complete softwareprogramma kunnen schrijven.

5.1 Functional Design Specification

De Functional Design Specification is een onderdeel van het TCD. De belangrijkste onderdelen zullen in deze paragraaf behandeld worden. De volgende onderdelen worden hier behandeld:

- HMI-lijst;
- Piping and instrumentation diagram;
- Communicatie overzicht.

De ontwerpdocumenten die hierbij horen zijn, vanwege hun grootte, in de bijlage bijgevoegd. In het FDS wordt alles beschreven wat er in de installatie moet komen. Vanuit de functionele beschrijvingen van de installatie wordt vervolgens de TDS gemaakt.

5.1.1 HMI-lijst

Nu de componenten voor het project bekend zijn worden deze componenten samengevoegd. Dit mondt uit in een PLC-lijst. In deze lijst staan alle verdeel- en schakelkasten in de installatie. Onder elke kast worden de componenten beschreven met alle belangrijke in- en uitgangen. Voor de software worden de benodigde registers van het component opgesomd. Eventueel worden merken, types en vermogen enzovoorts benoemd. Deze lijst kan groeien en krimpen naarmate het project vordert. De lijst moet bij elke verandering bijgewerkt worden.

In dit project wordt geen echte PLC toegepast waardoor het een HMI-lijst is geworden. Dit zal voor de inhoud geen verschil maken. In bijlage 3, HMI-lijst is dit document te vinden.

5.1.2 Piping and Instrumentation diagram

Bij de HMI-lijst hoort een Piping and Instrumentation diagram (P&ID). Dit is een plattegrond van alle pijpen en instrumenten die bij de installatie horen. In dit project worden geen pijpen gebruikt. Daarom is van het bedrijfspan van Van der Sijs een schematische plattegrond getekend met daarin de kasten en veldcomponenten. In bijlage 2A, Plattegrond Smart Grid is deze plattegrond te zien. Hierin zijn ook de communicatielijnen weergegeven.

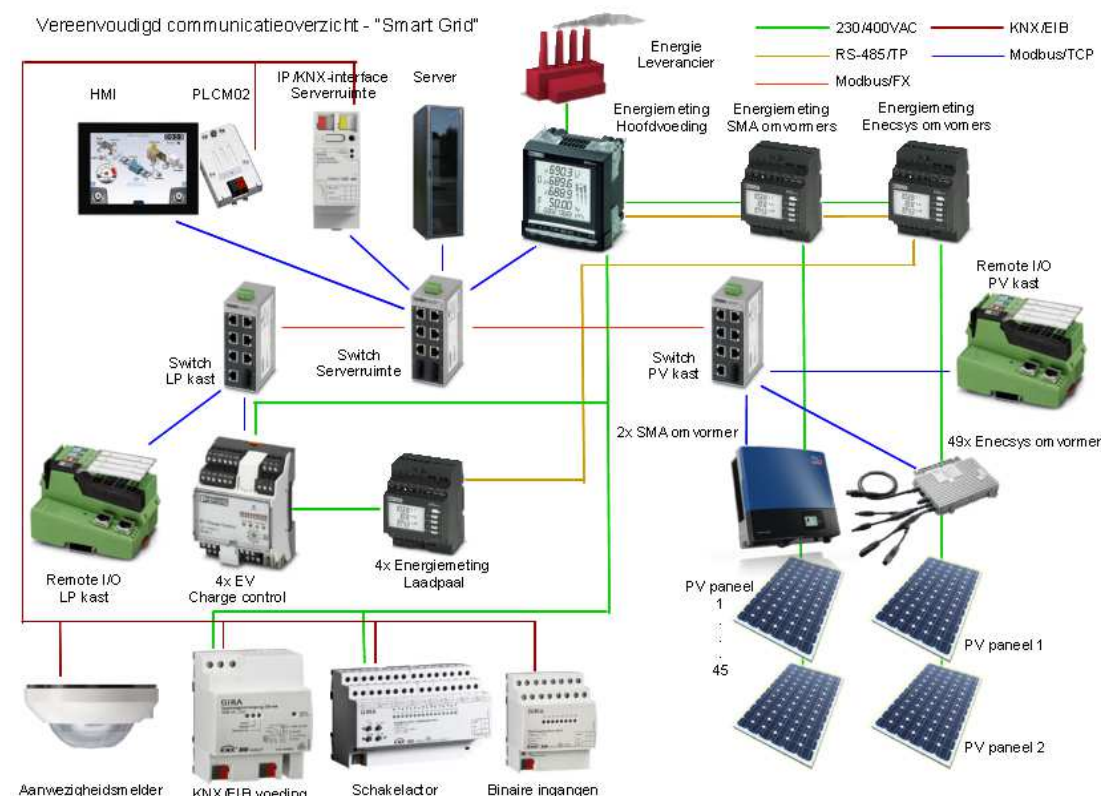
Op de plattegrond zijn de verdeel- en schakelkasten opgenomen die in dit project van toepassing zijn. Dit geldt ook voor de verlichting en (puls-) drukknoppen. Kantoren op de eerste verdieping die niet in de installatie worden verwerkt zijn uit de tekening weggelaten. Voor de verlichting in de kantoren beneden geldt hetzelfde. Hierdoor blijft de tekening overzichtelijker en is duidelijk welke kantoren niet meegenomen worden in de installatie.

5.1.3 Communicatie overzicht

Het touch panel moet met de PLCM02, dertien Modbus en acht KNX componenten communiceren. Om het overzicht te behouden in de IP en KNX adressen zal dit goed gedocumenteerd moeten worden. Dit geldt ook voor de variabelen die gecommuniceerd gaan worden.

Wanneer alle componenten in het project bekend zijn, kunnen de communicatie overzichten gemaakt worden. In de bijlage onder HMI-lijst is de bijlage 3A, Communicatie overzicht te vinden. Hierin zijn alle componenten opgesomd. Bij elk component is het communicatieprotocol en zijn individuele adres te vinden. De programmeur gebruikt dit document om de communicatie tussen de HMI en de componenten op te zetten.

In bijlage 4, communicatie overzicht Smart Grid, is een schematisch communicatie overzicht bijgevoegd. In deze tekening is te zien hoe de componenten met de verschillende communicatielijnen met elkaar verbonden zijn. Een vereenvoudigde versie is te zien in Figuur 6 Vereenvoudigd communicatie overzicht.



Figuur 6 Vereenvoudigd communicatie overzicht.

De genoemde documenten in deze paragraaf zijn, net als de HMI-lijst en de plattegrond, onderdeel van de Functional Design Specification. De FDS is aan de bijlage toegevoegd en behandelt onder andere de Functional logics en de Range Alarm Trip Time Schedule (RATTS) van de installaties.

Deze RATTS is te vinden in bijlage 2, Functional Design Specification en beschrijft wat er moet gebeuren wanneer een alarm zich voordoet. In dit afstudeerverslag zal ik niet diep op de overige bijlagen ingaan maar zal een korte beschrijving geven. Voor het ontwerp en de werking van de installatie verwijs ik naar het FDS en de volgende bijlagen:

- Bijlage 3B, HMI tags: Dit beschrijft alle variabelen die de HMI gebruikt en uit het veld ophaalt.
- Bijlage 3C, HMI trends: Hier worden alle variabelen beschreven die getrend worden. Deze trends zijn op de HMI in grafieken weer te geven.
- Bijlage 3D, HMI alarm overzicht: Hier worden alle alarmen van de HMI weergegeven.
- Bijlage 3E, HMI scheduler: Hier worden alle tijdgebonden acties van de HMI weergegeven. Er wordt bijvoorbeeld op een vast tijdstip in de pauzes de verlichting uitgeschakeld.
- Bijlage 3F, HMI data transfer: De waarde van een variabele wordt gekopieerd naar een variabele uit een ander protocol. Eén variabele kan namelijk niet aan twee protocollen gekoppeld worden.
- Bijlage 3M, Codesys tags: Dit document beschrijft alle variabelen die gebruikt worden in Codesys. Enkele hiervan zullen op de HMI weergegeven worden.

Enkele documenten uit bijlage 3 zijn hier niet genoemd. Deze zullen in dit verslag uitgebreider aan de orde komen.

5.2 Technical Design Specification

De User Requirements Specification (URS) is verwerkt in paragraaf 3.3 Eisen en randvoorwaarden. Het beschrijft wat de eisen van de opdrachtgever zijn voor dit project. Deze eisen zijn omgezet naar een functionele beschrijving en vervolgens verwerkt in gedetailleerde technische tekeningen. Deze tekeningen horen bij het Technical Design Specification. De TDS voor dit project beschrijft de elektrische tekeningen en de geprogrammeerde software van de installatie.

5.2.1 Elektrische tekeningen

In het TDS worden de gedetailleerde technische tekeningen behandeld. In dit project bestaan deze detailontwerpen uit elektrische tekeningen voor de installatie. Het gaat hier om detailontwerpen voor de volgende installatie onderdelen:

- Laadpalenkast;
- Hoofd- en onderverdeelkast;
- KNX/EIB documenten.

Deze ontwerpen heb ik getekend en door specialisten van het bedrijf laten keuren. Hierna zijn deze detailontwerpen door monteurs in het bedrijfspannd geïmplementeerd.

Laadpalenkast

In bijlage 5A, E-tekeningen LPK, zijn de elektrische tekeningen van de laadpalenkast te vinden. De detailtekeningen zijn getekend in AutoCAD. Dit is op de computers geïnstalleerd en kon direct gebruikt worden. Een andere keuze om de elektrische tekeningen te vervaardigen was E-plan. Hier heb ik geen ervaring mee en is binnen het bedrijf op twee computers gelicenseerd.

In de tekeningen van de laadpalenkast zijn alle componenten verwerkt die nodig zijn om vier auto's op te laden. Laadpunt 1 en 3 zijn uitgewerkt met een plug-in socket. In de plug-in socket is een DC-motor ingebouwd. Met deze DC-motor kan de plug-in laadkabel vergrendeld worden. Met een vergrendelcontact kan de EV charge controller detecteren of de laadkabel vergrendeld is. De DC-motor en de vergrendeldetectie zijn bij laadpaal 2 en 4 weggelaten. Dit omdat hier een permanente laadkabel gebruikt wordt.

Alle energiemeters en automaten hebben een tekening nummer gekregen. In grote installaties wordt dit gebruikt om het component in de kast, terug te kunnen vinden in de elektrische tekeningen. Deze apparatuurcodering bestaat uit een bladnummer, apparaatcode en stramien nummer. Wanneer het component is opgenomen in de HMI-lijst dan staat de PID code onderaan de tekening, net als de naam en de locatie van het component.

Aardlek type B.

In de meeste auto's wordt een omvormer gebruikt om de laadspanning om te zetten naar batterijspanning. Hierbij is het theoretisch niet mogelijk dat de auto vermogen teruglevert. Het auto merk Renault heeft een Caméléon omvormer voor zijn batterij. Dit heeft voor Renault verschillende voordelen waar ik niet op in zal gaan. Een nadeel is dat er geen galvanische scheiding tussen de auto en de laadpaal is. Bij een fout of storing in de Renault kan de omvormer, spanning op de aarde van de laadkabel zetten. Een aardlekbeveiliging type A kan dit niet detecteren waardoor overal in het systeem spanning op de aarde staat.

Een aardlekautomaat type B zal dit wel detecteren en in deze situatie afschakelen. Om deze reden is er in dit systeem een Aardlek type B geïnstalleerd.

Busverbinding

De laadpalenkast staat in de vergaderruimte van het bedrijfspand. De wens is in de toekomst de vergaderruimte ook aan de KNX/EIB te leggen. Echter moeten er voor de verlichting en drukknoppen veel voorzieningen getroffen worden. Omdat voor dit project kabels naar de laadpalenkast getrokken moesten worden is de verbinding voor KNX/EIB hier al neergelegd. Dit is in de tekening opgenomen. In de bus-kabel voor KNX zitten vier aders waarvan twee gebruikt worden voor KNX. In de bus verbinding tussen de laadpalenkast en de hoofdverdeelkast worden de andere twee aders gebruikt voor RS485. Dit is de verbinding van de energiemeters in de LPK en de communicatie gateway module in de HVK. Deze module is in de component keuze, paragraaf 4.2.1 Energiemonitoring al behandeld.

Hoofd- en onderverdeelkast

Bij de elektrische tekeningen in bijlage 5B, E-tekeningen HVK en OV1 tbv KNX, is ook de hoofd- en onderverdeelkast te vinden. Hierin zijn de componenten opgenomen die de verlichting met KNX kunnen schakelen. Denk hier aan de KNX schakelactoren, KNX binaire ingangen tbv de pulsdrukkers en verlichtingsgroepen. Verlichtingsgroepen en wandcontactdozen die niet in het KNX systeem worden geïmplementeerd zijn niet in de tekening opgenomen. Deze onderdelen vallen buiten dit project.

Stroomautomaten en verlichtingsgroepen in de tekening zijn bestaande groepen. Deze zijn uit oude elektrische tekeningen van de HVK en OV1 overgenomen. Dit geldt ook voor de fase waaraan de verlichting is aangesloten. Dit is in de nieuwe situatie niet veranderd.

Componenten die terug te vinden zijn in de HMI-lijst hebben een PID-code. De tekening is na keuring door monteurs in het bedrijfspand geïmplementeerd.

Verbouwing

De verlichting in de tekeningen zijn bestaande lampen in de werkplaatsen. De voeding voor de lampen moesten van de pulsactoren overgezet worden naar de KNX schakelactoren. Tijdens realisatie moesten de groepen van de verlichting uitgeschakeld worden. Dit is voor de monteurs in de werkplaats niet aangenaam. Daarom was het overzetten van de verlichting in het weekend gepland. Voor de verbouwing is een plan van aanpak gemaakt met alle taken. Er is onderscheid gemaakt tussen taken die doordeweeks konden worden gedaan en taken die echt in het weekend moesten. Dit plan van aanpak moest ervoor zorgen dat alles voor het weekend voorbereid was. Dit document is te vinden in Bijlage 6, Plan van Aanpak tbv verbouwing.

Tijdens dit project is in hal drie een zaaghok gemaakt waarvan de verlichting nu ook met KNX geschakeld wordt. Voor de verbouwing van dit zaaghok zijn kabels getrokken voor (krachtstroom) wandcontactdozen (WCD's) en verlichting. De kabels voor dit project zijn hierbij direct meegetrokken. Daarom staan deze taken niet in het plan van aanpak.

Uiteindelijk is er gekozen de weekendtaken naar doordeweeks te verplaatsen. In de eerste hal waren geen monteurs aanwezig en in hal drie hebben ze een halve middag in het daglicht gewerkt. Na realisatie is de verlichtingsinstallatie getest aan de hand van bijlage 9, Testrapport tbv Smart Grid.

KNX/EIB Documenten

Voor de KNX installatie is een bus schema getekend, te vinden in bijlage 5C, KNX EIB tekeningen. Hierin zijn de KNX modules met bijbehorend functies verwerkt. Bij elke functie is het gekoppelde groepsadres beschreven. Deze groepsadressen zijn terug te vinden in bijlage 3K, KNX groepsadressen. Een functie is in het KNX softwareprogramma “ETS” een functieblok die aan een groepsadres te koppelen is. Deze functieblokken kunnen vaak naar wens geconfigureerd worden. Een functie van een schakelcontact in een actor kan bijvoorbeeld reageren op een groepsadres. Bij schakelen kan de actor een retouremelding geven. Deze functieblok “retouremelding” wordt weer aan een ander groepsadres gekoppeld.

In bijlage 3G, KNX ingangen overzicht, zijn de KNX componenten met de functies en gekoppelde groepsadressen opnieuw beschreven. Bijlage 3H, KNX retour melding overzicht en bijlage 3I, KNX HMI overzicht, horen ook bij dit overzicht. Hierin is gedocumenteerd welke functie informatie naar een groep verstuurt en welke functie alleen luistert naar de groep. Een voorbeeld is te zien in Tabel 8 Voorbeeld KNX overzicht. In de tweede kolom staan de componenten met daaronder de functies. De functies in kolom twee sturen informatie naar de groepsadressen. Door de functie naar rechts te volgen kom je bij het individuele adres, I/O poort, groepsadres en uiteindelijk de informatie die de functie verstuurt bij activering. Door deze kolom naar boven te volgen kom je uit bij de I/O poort en het individuele component adres. De functies die bij deze I/O poort hoort, lezen continu de status van het groepsadres.

KNX overzicht

	Omschrijving				verl. hal 1 zaaghok	verl. hal 1 midden	verl. hal 1 zijkant	verl. hal 2 raamkant
nr.		Adres			1.1.5	1.1.5	1.1.5	1.1.5
			I/O	Groepsadr	A2	A3	A4	A5
1	Binaire ingangen 1 HVK							
2	Binnenkomst sensor	1.1.10	E1	7/0/0				
3	inbraakbeveiliging geactiveerd	1.1.10	E2	0/4/0	uit	uit	uit	uit
4	*	1.1.10	E2	0/4/1				
5	PD('s) tbv verl. hal 1 zaaghok	1.1.10	E3	1/0/3				
6	PD('s) tbv verl. hal 1 midden	1.1.10	E4	1/0/1		om		
7	PD('s) tbv verl. hal 1 zijkant	1.1.10	E5	1/0/2			om	
8	PD('s) tbv verl. hal 2 raamkant	1.1.10	E6	2/0/0				om

Tabel 8 Voorbeeld KNX overzicht.

Bijlage 3J, KNX IO is een korte samenvatting van de KNX componenten in de verdeelkasten. Alle in- en uitgangen zijn vermeld en wat eraan gekoppeld is. Bij een storing of spanningsuitval van het KNX/EIB kan met de hand de verlichting geschakeld worden. Dit document hangt nu in de verdeelkasten zodat de gewenste uitgang met de hand bediend kan worden.

5.2.2 Software

Voor de laadpalen, zonnecellen en het KNX systeem zijn er drie software programma's geschreven. Deze drie programma's zijn in de volgende drie software pakketten geprogrammeerd:

- Codesys;
- ETS;
- jMobile.

De stroomberekening is in de PLCM02 geïmplementeerd. Dit is in Codesys software geschreven. Parallel aan de stroomberekening is een extra programma geschreven ten behoeve van het KNX. Bijvoorbeeld een tijdfunctie voor de WC in hal 3.

In het software programma ETS4 zijn de KNX modules geprogrammeerd. Configuratie, individuele- en groepsadressering van de KNX modules wordt in ETS4 geschreven en naar de KNX/EIB bus gedownload.

De overkoepelde software is in jMobile geschreven voor het eTOP515 touch panel. Het software programma maakt de koppeling tussen de drie systemen. De drie programma's zullen in deze paragraaf behandeld worden.

Codesys

De plug-in PLCM02 achterop de eTOP515 is geprogrammeerd met het Codesys softwarepakket. Codesys kent vele programmeertalen zoals Ladder Diagram, Functie blok diagram en Sequential Function Chart (SFC) die een ander programma kan activeren.

In Codesys zijn twee programma's geschreven.

Het eerste programma dat behandeld wordt is de stroomberekening. Dit is geschreven in Structure Tekst (ST) omdat lange formules hier beter te programmeren zijn dan in de andere talen.

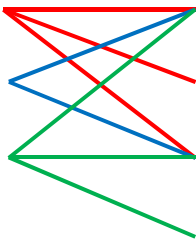
Het tweede programma is de timer ten behoeve van de WC verlichting in hal 3.

Stroomberekening

De stroomberekening is geschreven om de hoofdzekering van het bedrijfspand te beschermen. Naast de smeltpatronen zal de stroomberekening de overbelasting door het opladen van elektrische auto's voorkomen worden. De hoofdzekering is voor 63A per fase met een smeltpatroon afgezekerd. Voor een korte tijd mag er meer stroom uit het net getrokken worden. Dit heeft op lange duur gevolgen voor het smeltpatroon.

Laadpaal 1 en 3 gebruiken drie fasen en kunnen 32A per fase leveren. Mits de plug-in laadkabel en de auto dit toelaat.

De twee laadpalen met een permanente laadkabel kunnen met één fase maximaal 16A aan de auto leveren. Laadpaal 2 levert uit fase 1 en laadpaal 4 uit fase 3. Zie Tabel 9 Fase verdeling over de vier laadpalen. Hiervoor is gekozen om de stroombelasting te verdelen over de drie fasen. Daarbij belast het bedrijfspand fase 2 het meest.

Fase uit bedrijfspand	Verbinding	Laadpaal nr.	Type laadkabel	Aantal fase(n)	Max. stroom per fase
Fase 1		Laadpaal 1	Plug-in	3 fasen	32 Ampère
Fase 2		Laadpaal 2	Permanent	1 fase	16 Ampère
Fase 3		Laadpaal 3	Plug-in	3 fasen	32 Ampère
		Laadpaal 4	Permanent	1 fase	16 Ampère

Tabel 9 Fase verdeling over de vier laadpalen.

De EV Charge Controllers communiceren met een puls breedte modulatie de maximale stroom begrenzing door naar de auto. De auto laadt zijn batterij op met een laadstroom onder deze begrenzing. Door de begrenzing dus te verlagen zal de auto zijn laadstroom verlagen en kan voorkomen worden dat de hoofdzekering overbelast raakt. Dit is al behandeld in paragraaf 4.3 Theoretisch onderzoek.

De stroomberekening berekent hoeveel stroom er beschikbaar is voor de laadpalen. In bijlage 2B, Stroomberekening is in een flowchart te zien hoe dit in de PLCM02 gerealiseerd wordt. Ik zal hier stap voor stap door het proces heen gaan.

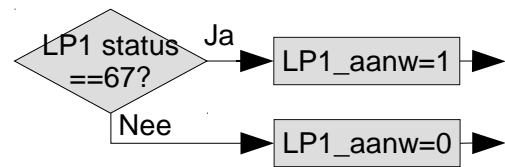
De laadcontroller heeft een statusverwerking die in de berekening gebruikt wordt om te “tellen” hoeveel auto's er op elke fase aanwezig zijn.

Status A / status 65: Geen auto aangesloten, laadmodule is in rust.

Status B / Status 66: Auto aangesloten maar niet aangemeld. Komt voor wanneer de batterij vol is.

Status C / Status 67: Auto heeft zich aangemeld en wil zijn batterij opladen.

Bij status A en B wordt de laadpaal niet in de berekening opgenomen. Bij status C of 67 wil de auto opladen en zal in de berekening verwerkt worden. Zijn aanwezigheid wordt in variabelen opgeslagen. Zie Figuur 8 Laadpaal/auto aanwezig. Vervolgens wordt de aanwezigheid per fase bij elkaar opgeteld. Dan weet je hoeveel auto's er per fase aanwezig zijn. Zie Figuur 7 Aanwezigheid van de auto's optellen.



Figuur 8 Laadpaal/auto aanwezig.

$I1_aanw = LP1_aanw + LP2_aanw + LP3_aanw$
 $I2_aanw = LP1_aanw + LP3_aanw$
 $I3_aanw = LP1_aanw + LP3_aanw + LP4_aanw$

Figuur 7 Aanwezigheid van de auto's optellen.

Nu dit bekend is wordt het stroomoverschot per fase berekend. Dit gebeurt met de volgende formule:

Stroomoverschot fase 1 = maximale stroom – stroomverbruik bedrijfspan.

De “maximale stroom” is de stroom per fase die uit het net getrokken mag worden. Dit is in te stellen op de HMI maar mag niet meer zijn dan de hoofdzekering aankan. Met het “stroomverbruik bedrijfspan” wordt het verbruik van het pand bedoeld. Dit is zonder het verbruik van de laadpalen. Het stroomverbruik wordt niet door een energiemeter gemeten. Het “stroomverbruik bedrijfspan” kan worden berekend met deze formule:

$I1_LPtot = LP1_I + LP2_I + LP3_I$
 $I2_LPtot = LP1_I + LP3_I$
 $I3_LPtot = LP1_I + LP3_I + LP4_I$

Figuur 9 Totale laadstroom berekenen.

Stroomverbruik bedrijfspan = stroomverbruik hoofdverdeler – actuele totale laadstroom.

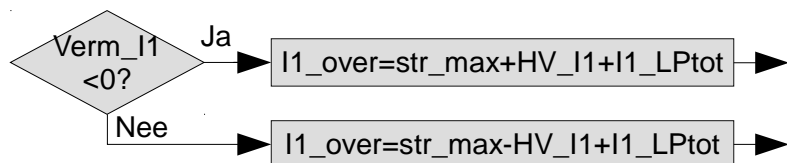
Het “stroomverbruik hoofdverdeler” wordt gemeten door de slimme energiemeter op de hoofdvoeding. Dit is behandeld in paragraaf 4.2.1 Energiemonitoring. De “actuele totale laadstroom” is de som van de meting Laadpaal 1, 2, 3 en 4. Zie Figuur 9 Totale laadstroom berekenen. De nieuwe formule wordt dan:

Stroomoverschot fase 1 = maximale stroom + actuele laadstroom – stroomverbruik hoofdverdeler.

Echter geldt deze formule alleen wanneer er stroom uit het net getrokken wordt. Op een zonnige dag kan er energie aan het net geleverd worden. De energiemeter zal een positief stroom weergeven terwijl de stroom de andere kant op stroomt. Alleen het vermogen zal negatief worden. Wanneer er energie geleverd wordt, moet de formule veranderd worden in:

Stroomoverschot fase 1 = maximale stroom + actuele laadstroom + stroomverbruik hoofdverdeler.

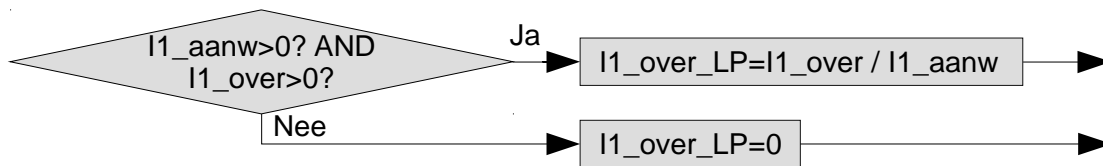
Resultaat in Figuur 10 Stroomoverschot berekenen.



Figuur 10 Stroomoverschot berekenen.

De berekende stroom moet nul worden als er geen auto op de betreffende fase aanwezig is. Dit geldt ook wanneer het stroomoverschot negatief is. Een negatief overschot komt voor wanneer het bedrijfspan meer verbruikt dan de maximale stroom.

In de berekeningen die komen gaan is het verstandig geen negatieve waarden te gebruiken. Daarom wordt gecontroleerd of de stroomoverschot niet negatief is. Zie Figuur 11 Stroomoverschot wordt nul of verdeeld over de laadpalen.



Figuur 11 Stroomoverschot wordt nul of verdeeld over de laadpalen.

Nu het stroomoverschot berekend is moet het verdeeld worden over de op te laden auto's. Het stroomoverschot per fase wordt gedeeld door de som van de aanwezige auto's op dezelfde fase:
Stroom per laadpaal op fase 1 = stroomoverschot fase 1 / aantal auto's aanwezig op fase 1.
 Zie Figuur 11 Stroomoverschot wordt nul of verdeeld over de laadpalen.

Laadpaal 2 en 4 mogen maximaal 16A leveren. De permanente laadkabels mogen namelijk met maximaal 16A laden. Met de vorige formule kan er meer stroom ter beschikking worden gesteld dan de laadpaal mag leveren. Dit kan nadelig zijn voor laadpalen die wel meer mogen leveren. Een voorbeeld aan de hand van Tabel 10 Overvloed verdelen voorbeeld 1.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Overschot totaal	36A	40A	40A
Overschot per laadpaal	18A (36A / 2 auto's)	25A	30A
Stroom laadpaal 2 (Permanente laadkabel)	16A (maximaal 16A)	-	-
Stroom laadpaal 3 (Plug-in laadkabel)	18A (maximaal 32A)	18A	18A
Overvloed van laadpaal 2	2A	-	-
Na verrekening Stroom laadpaal 3	20A (18A + 2A)	20A	20A

Tabel 10 Overvloed verdelen voorbeeld 1.

Door de volgende berekening kan laadpaal 3 de “overvloed” van laadpaal 2 krijgen:
Stroom per laadpaal fase 1 = Stroom per laadpaal fase 1 + overvloed / (aantal aanwezig fase 1 – 1).
 In de berekening is te zien dat het overvloed verdeeld wordt over de overige auto's op diezelfde fase. Stel voor dat er ook een auto op laadpaal 1 met drie fase aan het laden is. Dan moet het overvloed van laadpaal 2 over twee auto's verdeeld worden.

Laadpaal 1 en 3 gebruiken drie fasen. De laadstroom van deze laadpalen moet begrensd worden tot de fase met het kleinste overschot. Hierdoor kan het voorkomen dat er voor laadpaal 3 op fase 1 stroom verdeeld is, die laadpaal 3 niet gebruikt. Voorbeeld: Laadpaal 2 gebruikt fase één en laadpaal 3 gebruikt alle drie de fasen. Zie Tabel 11 Overvloed verdelen voorbeeld 2.

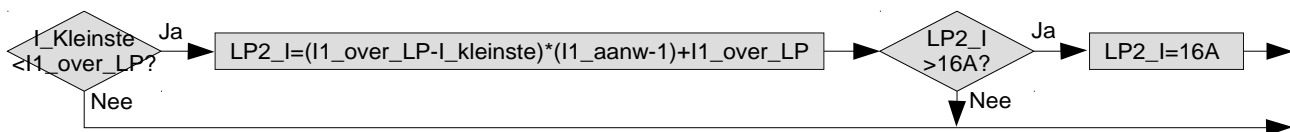
	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Overschot totaal	20A	15A	7A
Overschot per laadpaal	10A (20A / 2 auto's)	15A	7A
Stroom laadpaal 2	10A	-	-
Stroom laadpaal 3	7A	7A	7A
Overvloed van laadpaal 3	3A	8A	-
Na verrekening Stroom laadpaal 2	13A (10A + 3A)	-	-

Tabel 11 Overvloed verdelen voorbeeld 2.

Laadpaal 3 krijgt op de eerste fase 10A. Omdat fase 3 een kleiner overschot heeft, moet laadpaal 3 laden met 7A. De stroom die laadpaal 3 op de eerste fase niet gebruikt moet naar laadpaal 2 doorgespeeld worden. Dit gebeurt met de volgende berekening:

$Stroom\ LP2 = (Stroom\ per\ laadpaal\ fase\ 1 - kleinste\ stroom\ van\ drie\ fase) * (aantal\ op\ fase\ 1 - 1) + stroom\ LP2.$

Het verschil tussen de stroom van laadpaal 2 en de kleinste stroom wordt nu het overvloed genoemd. Dit “overvloed” wordt vermenigvuldigd met het aantal auto's op dezelfde fase. Hierbij mag hij zichzelf niet mee tellen dus “aantal op fase 1” – 1 auto. Voorbeeld: Wanneer een auto op laadpaal 1 erbij komt is het overvloed 3A per auto. Dan krijgt laadpaal 2 de 3A * 2 auto's erbij. De stroom van laadpaal 2 mag niet boven de 16A uitkomen. Is dit het geval dan wordt de laadstroom 16A gemaakt. Zie Figuur 12 Overvloed verdelen.



Figuur 12 Overvloed verdelen.

Het stroomoverschot per laadpaal wordt aan het eind van het programma de stroombegrenzing voor de laadpalen. De HMI stuurt de nieuwe begrenzing naar de EV Charge Controller. De laadcontroller zal het vervolgens naar de auto communiceren.

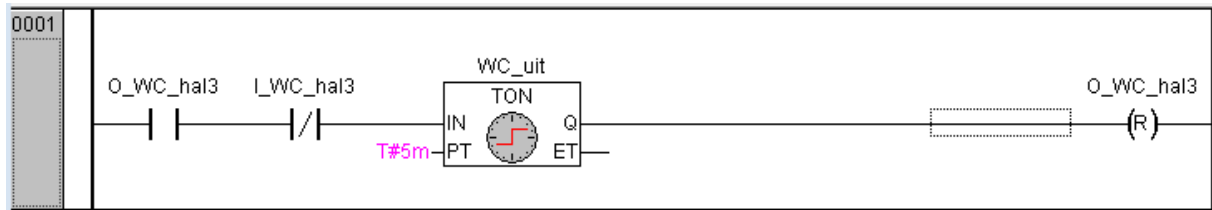
De berekeningen die hier als voorbeeld gebruikt zijn, hadden betrekking op de eerste fase. Elke cyclus worden deze berekeningen voor alle drie de fasen uitgevoerd. Elke seconde zal de PLCM02 dit programma uitvoeren. De PLC doet er een paar micro seconden over om het programma uit te voeren. Om hoge belasting van de CPU van het touch panel te voorkomen is de cyclustijd op één seconde gesteld. Daarnaast geven de energiemeters elke seconde een nieuwe meetwaarde.

Op de HMI is een button geplaatst die de stroomberekening stopt. Vervolgens kan de stroombegrenzing per laadpaal met de hand ingevoerd worden. Hierbij wordt niet meer door de software gecontroleerd of de hoofdverdelers overbelast raakt. Daarom is deze button alleen zichtbaar wanneer er als administrator is ingelogd.

Tijd functie WC hal 3

De verlichting in de WC in hal 3 had voor de verbouwing een tijdschakelaar. Na 5min ging automatisch de verlichting uit. Nu de verlichting aan het KNX is aangesloten moet de tijdschakelaar softwarematig gerealiseerd worden. De pulsdrukkings in de WC zijn aangesloten op een KNX binaire ingang. Met een puls schakelt de verlichting direct aan met behulp van de KNX schakelactor. In de Codesys wordt een Timer gestart. Wanneer de Timer na 5min afloopt, zal er een “uit” (reset) bericht naar de

schakelactor worden verstuurd. De verlichting in de WC gaat weer uit. Zie Figuur 13 Timer tbv verlichting WC hal 3. O_WC_hal3 is de retouremelding van de schakelactor. Wanneer de verlichting in de WC aan is, zal de Timer gestart worden. I_WC_hal3 is de ingang van de pulsdrukpers in de WC. Opnieuw indrukken van een pulsdrukker (I_WC_hal3) resulteert in het herstarten van de Timer.



Figuur 13 Timer tbv verlichting WC hal 3.

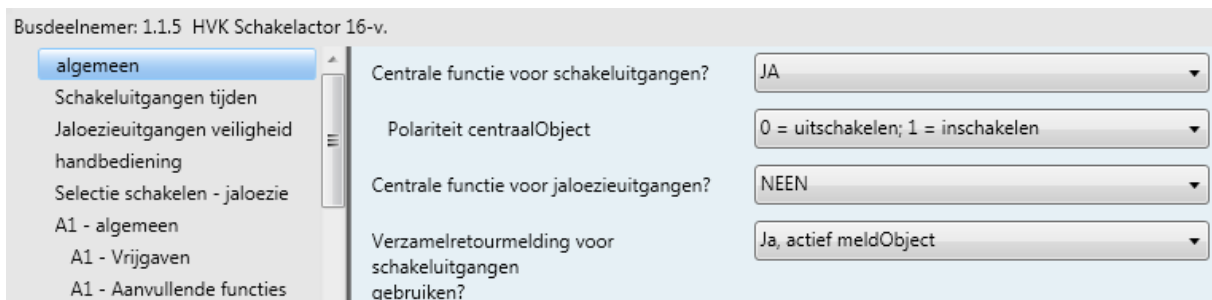
Het schakelen van de verlichting gebeurt in dit systeem met “aan” of “uit” of ook wel Boolean (1 of 0). Het gebruik van ladder diagrammen is hier een uitstekende programmeertaal voor. Extra functies ten behoeve van het KNX kunnen in dit programma toegevoegd worden. Voor dit project is het bij deze functie gebleven.

ETS4

Het software programma ETS4 is de standaard voor domotica systemen geworden. In mijn Minor op de Hogeschool Utrecht heb ik een cursus ETS programmeren gevolgd. Dit heeft mij geholpen het systeem op te kunnen zetten.

Het programma begint met de hardwarematige componenten in te stellen met individuele adressen (bijvoorbeeld 1.1.23). In dit systeem zijn alle KNX modules in één KNX/EIB lijn aangesloten. Dit resulteert dat alle modules in de eerste zone (1.*.*) en op de basislijn (1.1.*) zijn aangesloten. Het derde nummer is het module nummer. De combinatie van de drie nummers moet voor elke module anders zijn. Dit is te vergelijken met een IP-adres van de computer.

Alle KNX modules worden in de basis lijn toegevoegd en vervolgens geconfigureerd. Elke KNX module heeft zijn eigen parameters die met pull down menu's ingesteld kunnen worden. Zie Afbeelding 28 Voorbeeld van parameter instellingen schakelactor HVK.



Afbeelding 28 Voorbeeld van parameter instellingen schakelactor HVK.

Door de configuratie wordt de functie van de module aan- of uitgezet. Deze functies moeten aan een groepsadres gekoppeld worden. Deze groepsadressen kunnen geheel naar eigen wens opgebouwd worden. Ik heb een veel gebruikte standaard gebruikt die te zien is Tabel 12 Voorbeeld KNX groepsadressen overzicht.

De hoofdgroepen zijn de gebouwdelen in het bedrijfspand. De middengroep geeft de soort functie aan. Het groepsadres geeft de groep of in dit geval de verlichting aan.

Hoofdgroep	Middengroep	Groepsadres	Totaal groepsadres
<i>Gebouw deel</i>	<i>Soort functie</i>	<i>Groep</i>	
1: hal 1	0: Schakelen	0: Verl. zaaghok	1/0/0
1: hal 1	0: Schakelen	1: Verl. Midden	1/0/1
1: hal 1	1: Dimmen	-	1/1/-
1: hal 1	2: Scene	-	1/2/-
1: hal 1	3: Status	0: Verl. Zaaghok	1/3/0
1: hal 1	3: Status	1: Verl. Midden	1/3/1
1: hal 1	4: Centrale functies	-	1/4/-
1: hal 1	5: Rolluiken	-	1/5/-
1: hal 1	6: Tijd- en logische func.	-	1/6/-
1: hal 1	7: HVAC (klimaatbeheer)	-	1/7/-
2: hal 2	0: Schakelen	0: Verl. raamkant	2/0/0
2: hal 2	Enz.		

Tabel 12 Voorbeeld KNX groepsadressen overzicht.

In dit project gaat het alleen om het schakelen van verlichting. Daarom worden alleen de middengroepen “Schakelen” en “Status” (en soms Centrale functies) gebruikt. In de tabel is te zien dat de verlichting van het zaaghok geschakeld wordt in groep 1/0/0. De retourmelding van de schakelactor wordt aan groep 1/3/0 gekoppeld. In de meeste gevallen is de software zo geschreven dat groep 1/0/0 en groep 1/3/0 bij elkaar horen. Het enige verschil is de middengroep. Dit houdt het programmeren overzichtelijker.

Nu kunnen de functie van de KNX modules aan een groepsadres gekoppeld worden. Dit gebeurt door simpelweg de functie in het groepsadres te slepen. Zie Afbeelding 29 Functie aan groepsadres koppelen.



Afbeelding 29 Functie aan groepsadres koppelen.

Aan de hand van de KNX overzichten worden alle functies van de KNX modules aan een groepsadres gekoppeld. Dit gebeurt aan de hand van bijlage 3G, KNX ingangen overzicht, bijlage 3H, KNX retour melding overzicht en bijlage 3I, KNX HMI overzicht. Binaire ingangen die een contact van een schakelactor schakelen, worden aan hetzelfde groepsadres gekoppeld.

Wanneer alles naar wens geconfigureerd, geadresseerd en gekoppeld is kan deze software naar de KNX modules gedownload worden. Voor het KNX systeem is een KNX/IP-interface gekocht. Via zijn IP-adres kunnen de KNX modules benaderd worden. De KNX/IP-interface is aangesloten op de server en kan door elke computer op het bedrijfsnetwerk aangesproken worden.

KNX modules configuratie

De wens is uiteindelijk alle verlichting en wandcontactdozen in het bedrijfspand op KNX/EIB aan te sluiten en te bedienen. Het bedrijf is niet voor niets een Automatiseringsbedrijf en wil op deze manier het bedrijfspand automatiseren. Ze willen met de tijd en techniek meegaan.

Dit afstudeerproject moet hier een begin in de automatisering zijn. Te beginnen met het oude drukknoppen paneel te vervangen door een dynamisch touch screen.

In de zaaghokken in de productiehallen wordt de verlichting geschakeld door middel van aanwezigheidssensoren. Monteurs lopen hier met zware deuren en montageplaten waardoor ze geen handen vrij hebben om het licht aan te zetten. Met sensoren gaat dit automatisch.

Er is hier gekozen voor KNX aanwezigheidssensoren met een registratie veld van 360 graden. Met infrarood kunnen ze nauwkeurig elke beweging waarnemen. In de zaaghokken wordt bij het gebruik van de boorkolommen niet veel bewogen. Daarom moet elke kleine beweging waargenomen worden zodat de verlichting niet steeds uitvalt.

De sensoren bevatten ook een helderheidsmeter. Met een schemerniveau kan ingesteld worden dat de verlichting niet aangeschakeld wordt bij voldoende invallend buitenlicht. Afhankelijk van de locatie van de aanwezigheidssensor zal hier een schemerniveau in [Lux] ingesteld worden. Op werkplekken waar machinaal arbeid verricht wordt, is minimale lichthoeveelheid van 1.500 [Lux] vereist. Dit staat beschreven in de Arbowet (Wetten van de overheid, 2014). Dit is erg minimaal en er is daarom gekozen deze op 2.000 [Lux] in te stellen. Dit is in de sensor het hoogste schemerniveau.

Bestaande pulsdrukken in de werkplaatsen blijven in gebruik. Met behulp van binaire ingangen in de verdeelkasten wordt het signaal van deze pulsdrukken vertaald naar een “om” bericht. Dit wil zeggen dat de verlichting aan gaat als het uit is en uit gaat als het aan is. KNX actoren in de verdeelkasten reageren op deze berichten en schakelen de aangesloten verlichting aan of uit.

Er is gekozen om centraal in de verdeelkasten KNX ingangen en actoren te gebruiken. De verlichting in de werkplaatsen worden al met een schakeldraad vanuit de verdeelkasten geschakeld. De werking blijft dus hetzelfde, hoewel het met KNX eenvoudiger is in de toekomst wijzigingen aan te brengen of functies toe te voegen. Een wijziging kan softwarematig gerealiseerd worden zonder hardwarematig een verandering aan te brengen.

Met een signaal van de pulsdrukken kunnen bijvoorbeeld meerdere functies gekoppeld worden. Bij één keer drukken wordt het licht aan-/uitgeschakeld en bij twee seconden de knop indrukken wordt een scene geschakeld. Bijvoorbeeld een scene waarin de verlichting van een looproute geschakeld wordt wanneer het overal donker is. Zie Afbeelding 36 Loopverlichting, minimale verlichting in de werkplaatsen. Dit kan niet met ETS in de gekozen KNX modules geprogrammeerd worden omdat ze daar niet geavanceerd genoeg voor zijn. In combinatie met de Codesys PLC kan deze functie wel geprogrammeerd worden.

jMobile

De software in het touch panel koppelt de drie systemen aan elkaar. De drie systemen kunnen standalone, dus zonder de HMI werken. Echter zal het scherm energiewaarden opslaan (trends) zodat het later in een grafiek opgevraagd kan worden. Ik zal hier een korte beschrijving van de pagina's op het scherm geven. Voor een uitgebreid overzicht van de pagina's en onderliggende software wordt doorverwezen naar bijlage 7B, beeldplaatjes HMI en bijlage 7C, Software achter beeldplaatjes. Een overzicht met parameters en acties op de pagina's zijn te zien in Bijlage 7A, Touch panel paginaoverzicht. Deze bijlagen zijn samengevoegd als bedieningshandleiding voor de installatie.

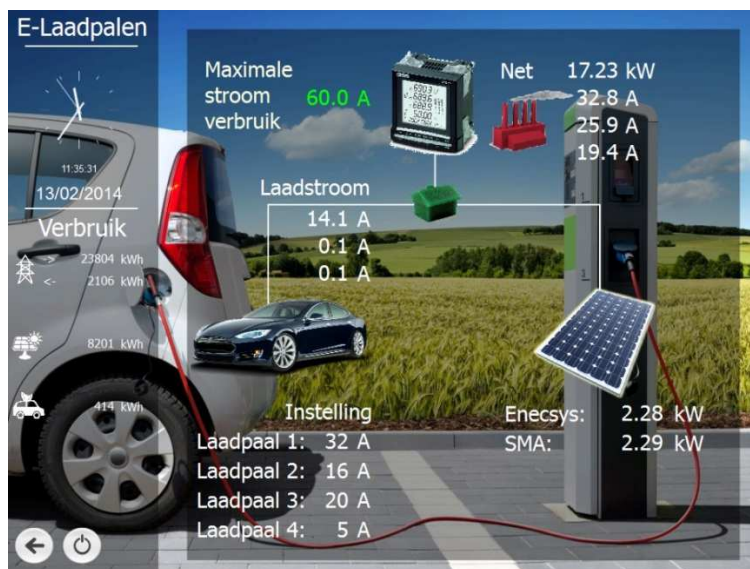
Bij aankomst bij de HMI zal het scherm een Screen Saver weergeven. Na de laatste bediening zal het scherm in 60sec naar de Screen Saver gaan. Met een druk op het scherm verschijnt het hoofdmenu. In het midden is een rotatie menu zichtbaar welke naar de verschillende installatiedelen navigeren. Zie Afbeelding 30 Hoofdmenu HMI.



Afbeelding 30 Hoofdmenu HMI.

Op elke pagina is links in beeld de paginanaam, de tijd, de datum en het bedrijfsverbruik te zien. Door op de zijkant van het rotatie menu te drukken draait het menu rond. Het pictogram op de voorgrond kan gekozen worden door erop te drukken.

De Tesla navigeert naar Afbeelding 31 Elektrische laadpalen overzicht.



Afbeelding 31 Elektrische laadpalen overzicht.

Rechts bovenaan het scherm is het verbruik van het bedrijf weergegeven. Links is het maximale stroomverbruik weergegeven. Het getal is groen en wil zeggen dat het instelbaar is. De getallen onder de laadstroom geven de totale laadstroom van de vier laadpalen per fase aan. De instellingen voor de laadpalen worden berekend door de PLCM02. Zoals al verteld is, geeft de instelling of stroombegrenzing, niet aan met hoeveel de auto oplaadt. Onder het zonnepaneel staat het geleverde vermogen uit de twee soorten omvormers.

Na het drukken op de auto wordt een overzicht weergegeven van de vier laadpalen. Zie Afbeelding 32 Overzicht laadpalen. Na inpluggen van de auto verschijnt op de screen saver een pop-up. Door op deze pop-up te drukken kan de chauffeur zich aanmelden.

In de software zijn vier elektrische auto's geprogrammeerd. Drie collega's hebben een elektrische auto. Mijn bedrijfsbegeleider heeft een Mitsubishi Outlander. Wanneer hij zich aanmeldt komt zijn auto in beeld. De chef van de werkplaats heeft een Renault Twizy zoals in de afbeelding is te zien. Het plaatje is gekoppeld aan de gebruiker. Van nieuwe gasten is niet bekend welke auto ze hebben. In dit geval komt er een Tesla in beeld.



Afbeelding 32 Overzicht laadpalen.

Door op de auto of tekst te drukken verschijnt een detailoverzicht van de laadpaal. Stroombegrenzing, laadstroom en vermogens worden weergegeven. In een grafiek kan het verbruik van de laadpaal in de geschiedenis bezichtigd worden. Zie Afbeelding 25: 1,5 Ampère onder de stroombegrenzing. Zie ook op pagina 48, Afbeelding 26 Laadstroom afbouwen van Renault Twizy.

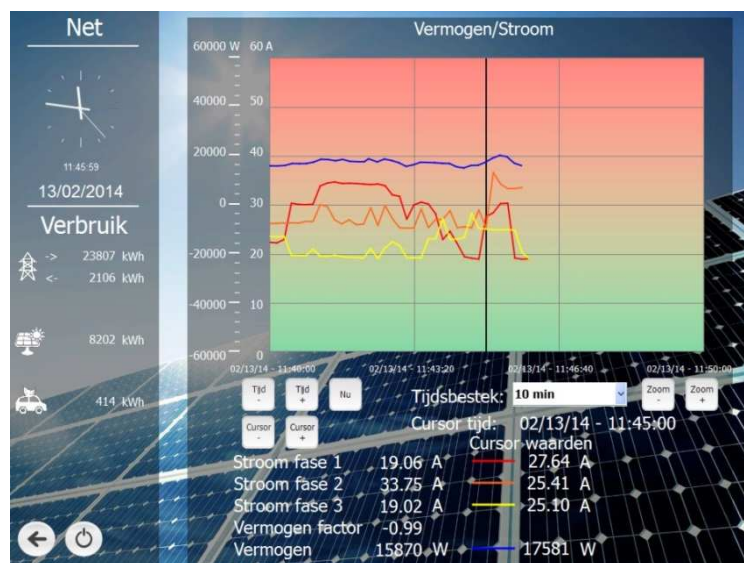
Links onder in beeld zijn twee buttons weergegeven. Dit is de “vorige pagina” button en de “home” button. Zie bijvoorbeeld Afbeelding 32 Overzicht laadpalen. Elke pagina heeft deze twee buttons.

In het hoofdmenu gaan we verder met de zonnepanelen. Er verschijnt een overzicht van de energiemeters met het vermogen uit/naar het net, de SMA en Enecsys omvormers. Zie Afbeelding 33 Zonnepanelen overzicht. Door op een meting te drukken verschijnt er een detailoverzicht. Zie Afbeelding 34 Stroom en vermogen uit het net.



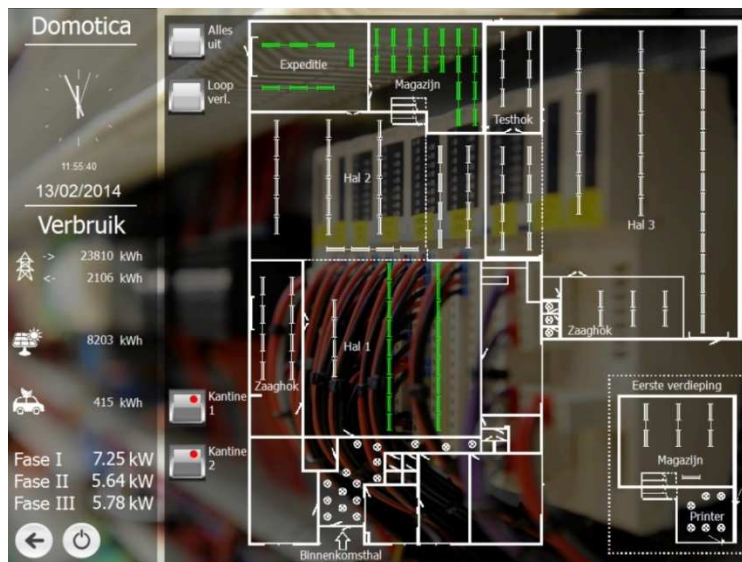
Afbeelding 33 Zonnepanelen overzicht.

Onderaan het scherm is een grafiek te zien. Zie Afbeelding 33 Zonnepanelen overzicht. Hier kunnen de twee soorten PV omvormers met elkaar vergeleken worden. De totale opbrengst en de opbrengst per zonnepaneel worden numeriek en in een grafiek weergegeven. Deze vergelijking was een eis van de opdrachtgever.



Afbeelding 34 Stroom en vermogen uit het net.

In het detail overzicht van de energiemeting op de hoofdverdeler wordt de stroom per fase en het totale vermogen in een grafiek weergegeven. Hier kan je uren naar kijken. Wanneer iemand in het bedrijf zijn krultang of verlichting aanzet, springt de stroom van de desbetreffende fase omhoog. Door op de lamp in het hoofdmenu te drukken verschijnt Afbeelding 35 KNX verlichting bedrijfspand Van der Sijs.



Afbeelding 35 KNX verlichting bedrijfspand Van der Sijs.

Het scherm laat een schematische weergave van het bedrijfspand zien. Elke lamp die aan het KNX verbonden is, is op dit scherm te bedienen. Druk op een lamp het zal aan of uit gaan. Verlichting die aan staat zal groen gekleurd zijn. Lampen die uit staan zijn wit.

De kantine boven het zaaghok in hal 3 is aan het eind van het project aan het KNX toegevoegd. Hiervoor zijn twee buttons aangemaakt die elk een deel van de kantine bedienen. Links bovenaan het scherm staat een button die alle lampen uitzet. De button loopverlichting zet de verlichting aan zoals te zien is in Afbeelding 36 Loopverlichting, minimale verlichting in de werkplaatsen. De laatste collega controleert 's avonds de buitendeuren en heeft deze minimale verlichting nodig.



Afbeelding 36 Loopverlichting, minimale verlichting in de werkplaatsen.

Op het hoofdmenu is ook een configuratie en inlog logo te zien. De gebruiker kan alleen in het configuratie scherm komen door in te loggen als administrator. Op het configuratie scherm kunnen systeeminstellingen gewijzigd worden. Dit mag alleen de administrator doen en is daarom afgeschermd.

6 Testfase

Na de implementatie van de verschillende systemen is een testfase ingesteld. Aan de hand van een testdocument worden de systemen gevalideerd op de werking. De opdrachtgever heeft aan het begin van het project eisen gesteld aan deze afstudeeropdracht. Deze zijn gedocumenteerd in paragraaf 3.3 Eisen en randvoorwaarden. Aan het eind van het project is samen met de opdrachtgever aan de hand van het validatierapport bepaald of aan deze eisen zijn voldaan. Het validatierapport van de projecteisen is bijgevoegd in bijlage 9, Testrapport tbv Smart Grid installatie.

De KNX installatie is aan de hand van de detailtekeningen en de werking van de installatie getoetst. Zie ook paragraaf 9.4.2 Planning evaluatie. Het ontwerpen van de stroomberekening is in de planning naar voren geschoven omdat dit eerder geïmplementeerd moest worden. Hierdoor zijn er alleen detailtekeningen gerealiseerd en geen test of validatierapporten. Aan de hand van de detailtekeningen is de installatie getoetst. Het testrapport van Bijlage 9, Testrapport tbv Smart Grid, is wel gebruikt om de eisen van de opdrachtgever te toetsen.

Alvorens er met echte auto's werd geladen is in Excel een simulatie gemaakt. Hierin worden de meetwaarden van de energiemetingen ingevuld zoals het laad- en pandverbruik. Hier kon elk scenario nagebootst worden. Een scenario uit deze simulatie is te zien in bijlage 8, Simulatie Stroomberekening.

De laadpalen installatie is stap voor stap in de software na gelopen. Met het laden van verschillende auto's en verschil in aantal auto's is de software getest. Instellingen zijn veranderd om de werking te controleren. Dit werkt naar behoren maar is niet gedocumenteerd.

7 Realisatie

Dit is een afstudeeropdracht en er zullen producten en software programma's geschreven worden. Onder andere voor de school zullen documenten gemaakt worden om het werk van de afstudeerder te onderbouwen.

Projecten moeten gestructureerd verlopen en het werk wordt ingecalculeerd. Dit zal uiteindelijk resulteren in een planning die nageleefd moet worden.

In dit hoofdstuk zal deze structuur vastgelegd worden en de planning duidelijk worden.

7.1 Globale fasering

De afstudeeropdracht duurt 21 weken. Voor de student en betrokkenen wordt het overzichtelijk als het project in fases opgedeeld wordt. Daarom zijn voor dit project de volgende fases gedefinieerd:

- Algemene fase
- Analysefase
- Onderzoeksfase
- Ontwerpfase
- Implementatiefase
- Testfase

Aan elke fase zijn werkzaamheden en mijlpalen gekoppeld. Een mijlpaal is een punt in het project waarbij belangrijke documenten of producten gerealiseerd moeten zijn. Het vaststellen van mijlpalen helpt alle betrokkenen duidelijkheid te krijgen in de tijdsplanning. In Tabel 13 Projectfases met alle mijlpalen., is een overzicht van deze mijlpalen te vinden. Benoemde documenten zullen in de volgende paragraaf per fase behandeld worden.

Fase	Mijlpaal	Gereed
Analysefase	Plan van aanpak (PvA)	Week 40
Analysefase	User Requirements Specification	Week 42
Analysefase	Analyse	Week 45
Analysefase	Startdocument (PvA + Analyse)	Week 46
Analysefase	Tussen beoordeling professioneel functioneren	Week 42
Onderzoeksfase	Performance Qualification (PQ)	Week 47
Onderzoeksfase	Functional Design Specification	Week 48
Onderzoeksfase	Operation Qualification (OQ)	Week 48
Ontwerpfase	Technical Design Specification	Week 50
Ontwerpfase	Installation Qualification (IQ)	Week 50
Implementatiefase	Installaties maken	Week 3
Implementatiefase	Software programma's schrijven	Week 3
Testfase	Installation Qualification (laten) uitvoeren	Week 4
Testfase	Operation Qualification (laten) uitvoeren	Week 4
Testfase	Performance Qualification (laten) uitvoeren	Week 5
Algemene fase	Eindverslag	Week 7
Algemene fase	Professioneel functioneren	Week 7
Algemene fase	Presentatie/verdediging	Week 15

Tabel 13 Projectfases met alle mijlpalen.

7.2 Realisatie per fase / mijlpaal

Elke fase heeft zijn werkzaamheden en mijlpalen. De tijdspanne van deze mijlpalen zijn te zien in Tabel 13 Projectfases met alle mijlpalen. Hier zal per fase beschreven worden wat er in de fases gebeurt en wat de mijlpalen in houden. De meeste mijlpalen zijn documenten die vervaardigd zullen worden. Veel documenten horen bij een projectaanpak waarvoor de student gekozen heeft. Over deze aanpak is meer te lezen in hoofdstuk 9 Proces en planning.

7.2.1 Algemene fase

Deze fase staat boven de andere fases en heeft de duur van het hele project. In deze fase wordt gewerkt aan het verzamelen van documenten die in het eindverslag gepresenteerd kunnen worden. Informatie die belangrijk zijn voor de eindpresentatie en handleidingen voor de opdrachtgever. Deze fase zal, net als het afstuderen, afgerond worden met een eindpresentatie en een verdediging.

7.2.2 Analysefase

In deze analyse- of onderzoeksfase wordt er zoveel mogelijk informatie verkregen over de opdracht. Denk aan informatie over de bestaande onderdelen en hoe de te realiseren installatie zou moeten werken. Dit wordt gedocumenteerd in het startdocument. In dit startdocument is onder andere de User Requirements Specification verwerkt. De validatie hierop, de Performance Qualification, zal in de onderzoeksfase uitgewerkt worden. Validatie rapporten zijn checklists die tijdens de testfase gebruikt worden om de installatie te testen.

Om tot een goed URS te komen zal er met de opdrachtgever gesproken moeten worden. Deze stelt enkele eisen aan de opdracht van de student welke in paragraaf 3.3 Eisen en randvoorwaarden, beschreven zijn.

7.2.3 Onderzoeksfase

Dit is de tweede fase van de opdracht. Op reactie van de URS zal er een PQ geschreven worden. Hoofdzakelijk zal in deze fase specifiek naar de installatie gekeken worden. Er wordt nu de Functional Design Specification opgesteld. Dit is een ontwerp over de werking van de installatie(s). Om tot een goed FDS te komen moet het URS dus goed beschreven zijn. Wanneer de eisen van de opdrachtgever foutief beschreven zijn, zal er een foutief ontwerp gemaakt worden. Verder kan er met behulp van de in de analyse beantwoorde vraagstukken een gedegen FDS opgesteld worden.

7.2.4 Ontwerpfase

Wanneer de onderzoeksfase is afgerond zal er een duidelijk beeld van de opdracht en de werking van de installatie verkregen zijn. In de ontwerpfase wordt de installatie ontworpen naar de wensen van de opdrachtgever. Hieruit komen detailontwerp documenten van de installatie(s). Het document welke bij de ontwerpfase hoort is het TCD. Het Technisch Constructie Dossier heeft verschillende onderliggende documenten die in de loop van het project vervaardigd worden. Dit zijn de URS, FDS (ook wel FS genoemd), TDS (of DS), IQ, OQ en PQ. Zie ook paragraaf 9.1.1 Projectmanagement modellen.

7.2.5 Implementatiefase

Na de ontwerpfase komt de implementatiefase. In deze fase wordt, aan de hand van de tekeningen en flowcharts, de programma's geschreven (geprogrammeerd). De besturingskasten worden bedraad aan de hand van de elektrische tekeningen welke gemaakt zijn in de ontwerpfase. Dit proces kan alleen goed verlopen als de documenten uit de vorige fases goed zijn beschreven. Bij een slecht of verkeerd ontwerp zal een installatie gemaakt worden die zijn doel niet bereikt of helemaal niet werkt.

Wanneer de installatie afgerond is, kan de installatie getest worden.

7.2.6 Testfase

De laatste fase van dit project is de testfase. Hierin worden alle vervaardigde producten en software programma's getest. Wanneer de student klaar is met het testen van de installatie en akkoord is met de werking ervan, kan de installatie worden getest door een externe partij. Deze externe partij controleert aan de hand van de validatie documenten of de installatie voldoet aan alle eisen. Deze partij kan de opdrachtgever zelf zijn of ander betrokken collega's uit het bedrijf.

8 Eindproduct

De opdrachtgever had een wens, dat resulteerde in deze afstudeeropdracht. Voor de opdracht is onderzoek gedaan naar mogelijke oplossingen. Uit deze oplossingen zijn keuzes gemaakt en vervolgens uitgewerkt in verschillende detailontwerpen. Vanuit het ontwerp zijn modules besteld en zijn collega's bezig geweest de installatie te realiseren. Dit resulteert in drie verschillende installaties die doormiddel van een HMI met elkaar verbonden zijn.

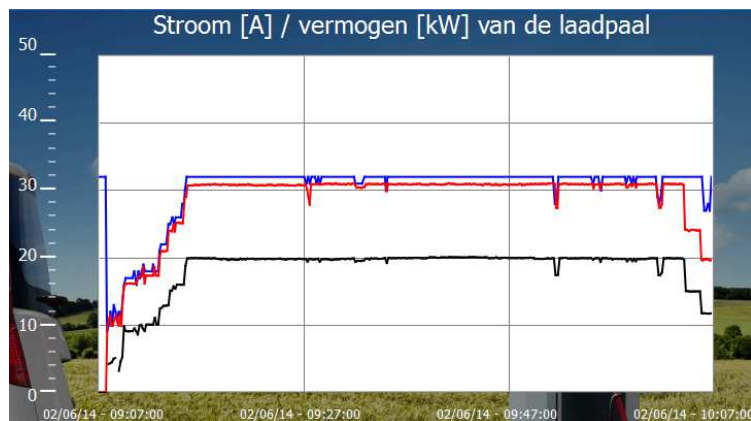
In dit hoofdstuk wordt er met een kritisch oog naar het eindresultaat gekeken. In hoeverre voldoet de installatie aan de eisen? Hoe goed is de installatie? Het is resultaat geëvalueerd en hier wordt een conclusie uitgetrokken.

In de laatste paragraaf zullen aanbevelingen ten behoeve van dit project worden gedaan. Denk aan vervolgprojecten of -onderzoeken.

8.1 Resultaat

Het resultaat van dit project is een koppeling tussen drie systemen, verwerkt in een HMI. De HMI trend informatie van de laadpalen en Photo-Voltaic zonnepanelen. Deze meetresultaten kunnen op het bedieningsscherm weergegeven worden.

De stroomberekening begrenst het laden van een auto. Wanneer de stroom door de hoofdverdeler te groot wordt zal de laadstroom direct afbouwen. Dit is te zien in Afbeelding 37 Laden van een Renault Zoë. Blauw geeft de begrenzing weer en rood de laadstroom. Wanneer de chauffeur zich aanmeldt op het bedieningsscherm zal het laadproces gestart worden.



In de afbeelding hiernaast zijn drie grafieken te zien. Blauw is heir de stroom begrenzing voor de auto. Rood is de actuele laadstroom van de batterij. Zwart is het laadvermogen van de batterij.

Afbeelding 37 Laden van een Renault Zoë.

Met behulp van het touch panel kan de KNX verlichting bediend worden. Met de veegfunctie of “alles uit”-button kan alle verlichting uitgeschakeld worden. De pulsdrukken schakelen de juiste verlichting aan en de aanwezigheidssensoren reageren direct bij binnenkomst. Op het domotica scherm is links onderin het scherm het verbruik per fase te zien. Zie Afbeelding 35 KNX verlichting bedrijfspand Van der Sijs. Het personeel wordt op deze manier bewust van de energie die ze verbruiken.

8.2 Evaluatie

In de paragraaf worden de installatie en de HMI geëvalueerd. Hoe goed is het de installatie geworden? Wat kan de installatie nu echt?

Verlichting

Het oude drukknoppen bedieningspaneel is vervangen door het nieuwe touch panel. Met de nieuwe dynamische plattegrond op het scherm kan de verlichting naar wens bediend worden. Dit was eerst alleen zichtbaar met tekst op de drukknoppen. Bij inschakeling van de beveiligingsinstallatie wordt overal de, op KNX aangesloten, verlichting uitgeschakeld. De pulsdrukknoppen in de werkplaatsen hebben dezelfde functie als voorheen wat gewenst is voor de monteurs. Voor uitbreiding kunnen er softwarematig extra functies aan de pulsdrukknoppen geprogrammeerd worden. Zie ook paragraaf 8.4 Aanbevelingen.

De wens in de toekomst is om het KNX systeem over het gehele bedrijf uit te breiden. Dit is in het ontwerp meegenomen. De basis KNX/EIB lijn ligt nu in het bedrijfspan. Bij uitbreiding kunnen, met de juiste componenten, aftakkingen gemaakt worden naar andere ruimtes. Op het scherm kunnen dynamische pagina's bij geprogrammeerd worden voor deze nieuwe ruimtes.

Stroomberekening

Na een laatste test voor de laadpalen is de stroomberekening software iets aangepast. Dit maakte het programma robuuster. Het werkt op de 10mA nauwkeurig en begrenst de laadstroom tot onder de gewenste instelling.

HMI

Zoals in het onderzoek beschreven staat wordt het scherm zwaar belast. Het ophalen en verwerken van alle informatie duurt soms enkele seconden. Dit is merkbaar wanneer een grafiek veel trendwaarden op moet halen. Het benaderen van het scherm via internet wordt het paneel teveel. Dit is in het project ook niet meer verder uitgewerkt. Dit is eis waaraan niet voldaan kan worden.

Op het scherm wordt veel gebruik gemaakt van plaatjes en teksten. Door simpelweg op een plaatje of tekst te drukken wordt een nieuw scherm geladen met meer details hierover. De gebruiker wordt steeds dieper meegenomen naar meer details tot uiteindelijk het laatste detail in een grafiek wordt weergegeven. Met de vorige en home button, die altijd op dezelfde plaats staan, kan er terug genavigeerd worden.

8.3 Conclusie

Nu er geëvalueerd is kan er een conclusie getrokken worden. Dit is een eindoordeel over de installatie.

De koppeling tussen de drie installatie is gerealiseerd. Alle drie de installaties kunnen standalone werken. Door de koppeling naar het scherm kan alles aangestuurd en uitgelezen worden. Voor de monteurs is in de verlichting niets veranderd omdat de pulsdrukknoppen dezelfde verlichting schakelen.

De hoofdverdeler wordt door de PLCM02 beveiligd tegen overbelasting door het laden van elektrische auto's. Het vermogen wordt gelijkmatig over de auto's verdeeld. De opgenomen stroom en vermogen door de auto's wordt getrend en kan op de HMI terug bekeken worden.

Door alle communicatie tussen de HMI en alle componenten is het scherm langzaam. Bij het switchen van pagina's duurt het een seconde voordat de waarden vernieuwd worden. Bij weergave van trendgegevens in grafieken is meer tijd nodig. Na een paar seconden worden de waarden pas weergegeven. Dit kan per grafiek verschillend zijn.

Na de release van de nieuwe versie van jMobile is onderzocht of de HMI webpagina's kon maken. Dit bleek het geval te zijn maar enkele functies konden niet via webpagina weergegeven worden. Trend grafiek die op het scherm zichtbaar zijn, kunnen bijvoorbeeld niet op een webpagina weergegeven worden. Dit was een wens van de opdrachtgever maar is niet gerealiseerd.

8.4 Aanbevelingen

Tijdens de implementatie van dit project kwamen er steeds meer nieuwe mogelijkheden naar boven. Door bewegingen op laadpaalgebied werden er nieuwe ideeën opgedaan die aan de installaties toegevoegd kunnen worden.

Domotica in een huis of bedrijfspand is nooit af. Het kan altijd mooier of voor de mens gemakkelijker. Elk detail zou in theorie automatisch kunnen. Tijdens het project zijn al veel toevoegingen gedaan zoals de aanwezigheidssensoren. Elke collega heeft zijn eigen ideeën en toevoegingen over de installatie.

In deze paragraaf zullen deze toevoegingen, uitbreidingen en mogelijke vervolgprojecten behandeld worden. De aanbevelingen hebben betrekken tot de volgende (deel)systemen:

- Laadpalen;
- KNX/EIB;
- Het touch panel.

8.4.1 Laadpalen

Ik heb gemerkt dat de wereld rondom de elektrische auto's en laadpalen een enorme vlucht maakt. Door de groei veranderen ook de wensen rondom deze wereld.

Er zijn veel mogelijkheden te realiseren welke ik hier zal aanbevelen:

- Om gebruik te maken van bijvoorbeeld fiscale voordelen adviseer ik het verbruik per gebruiker te registreren.
- Ik adviseer het prioriteit laden te implementeren: Een gebruiker moet over twee uur weg dus de auto moet snel volgeladen worden. Dit ten koste van mogelijk andere op te laden auto's.
- Als aanbeveling stel ik voor om een bericht naar de gebruiker te sturen wanneer zijn auto volgeladen is. De HMI kan dit bijvoorbeeld per mail doen.
- Er kan een bericht verstuurd worden wanneer de verwachte laadtijd van de auto is verlengd. Dit wordt aanbevolen voor gebruikers die niet de hele dag de tijd hebben om te laden.
- Ik adviseer het afbouwen van de laadstroom van een auto in de stroomberekening op te nemen. Zie paragraaf 4.3.3 Afbouwen. De berekende laadstroom voor deze auto kan aan andere auto's verleend worden.

8.4.2 KNX/EIB

Nu de basis van het KNX/EIB is gelegd kan dit naar de andere kantoorruimtes uitgebreid worden. In dit project is hier rekening mee gehouden. Het zal echter een groot project zijn dit overal te realiseren. Ik adviseer de volgende onderzoeken/opties te verwezenlijken:

- Onderzocht moet worden hoe de verlichting in de overige ruimten bekabeld is. Delen van het bedrijfspand zijn zo oud dat niemand weet hoe het precies bekabeld is.
- Ik zal aanbevelen om in de werkplaatsen, kantoor- en magazijnruimtes aanwezigheidssensoren te plaatsen. Bij afwezigheid van personeel staat hier erg vaak de verlichting aan.

- Onderzocht kan worden hoe de KNX installatie de wandcontactdozen uit kan schakelen. De WCD's in de werkplaats en kantoren staan 's nacht onder spanning. Daarbij laten monteurs hun elektrische gereedschap in het stopcontact zitten. Dit wordt aanbevolen vanwege de brandveiligheid en verloren energie aan stand-by apparaten.

Voor dit laatste adviseer ik met een KNX schakelactor een voedingsrelais te schakelen. Per wandcontactdoos groep kan het relais 's avonds uitgeschakeld worden. Ik beveel aan dit in de verdeelkast te doen zodat er geen kabels getrokken hoeven te worden.

8.4.3 Het touch panel

Uit de conclusie is gekomen dat het scherm zwaar belast wordt. De PLCM02 gebruikt zijn CPU, het communiceert met 13 Modbus componenten en scan het KNX/EIB af op berichten. Het wordt gebruikt als doorgeefluik voor de Codesys programma's. Het scherm houdt 14 trends bij met het maximaal aantal monsters. Dit maakt het scherm zichtbaar langzamer. Ik beveel aan te onderzoeken of het scherm sneller kan worden gemaakt. Misschien is een andere HMI met meer werkgeheugen toch verstandiger.

Ik adviseer ook te onderzoeken of het mogelijk is een aparte PLC te realiseren. Denk aan een PLC met eigen CPU die geen gebruik maakt van het werkgeheugen van de HMI.

9 Proces en planning

Tijdens de analyse- of onderzoeksfase is er onderzoek gedaan naar enkele projectmanagement technieken. Onderzocht is welke techniek of combinatie van technieken het beste op het project van toepassing zijn. Deze technieken zullen het project en de projectleden structuur geven. Op deze manier blijft het project overzichtelijk en zal leiden tot een beter resultaat.

Om de hele opdracht procesmatig te beheersen is een planning gemaakt. In dit hoofdstuk is ook vastgelegd welke software wordt gebruikt en hoe de documentatie opgebouwd is. Denk aan lay-out, te gebruiken programma's, lettertype en tekengrootte. Verder wordt beschreven hoe het project procesmatig beheerst is. De planning van het project komt aan de orde en de gemaakte uren en kosten. In de laatste paragraaf zal het proces, de planning en gekozen modellen geëvalueerd worden.

9.1 Projectaanpak

In deze paragraaf worden de projectmodellen en documentatie afspraken beschreven. Er zijn enkele modellen onderzocht waaruit vervolgens een keuze gemaakt is. Het gekozen projectmodel heeft invloed op de (stroken)planning.

Deze afspraken zijn aan het begin van dit project gemaakt.

9.1.1 Projectmanagement modellen

De volgende projectmanagement modellen zijn onderzocht:

- Watervalmodel;
- Spiraalmodel;
- Rational Unified Process (RUP);
- Scrum.

Het ontwerpen van (technische) documentatie wordt gedaan volgens het Good Automated Manufacturing Practice (GAMP) model. Deze modellen zullen hier ook beschreven worden.

Watervalmodel

Het watervalmodel is gebaseerd op het beeld van een waterval. Stappen en processen volgen elkaar op en overlappen elkaar niet. Hierbij is het niet de bedoeling dat je achteruit gaat. Net als bij het bouwen van een huis wordt er na het bouwen van de muren niets meer gedaan aan de fundering.

Spiraalmodel

Het spiraalmodel kent vier fases die in een spiraal achtereenvolgens worden uitgevoerd. Na de uitvoering van de vier fases kan worden besloten om de vier stappen te herhalen of het project te beëindigen. In dit model wordt er vanuit gegaan dat activiteiten met een hoog risico als eerste worden uitgevoerd. Op deze manier wordt het mogelijk gemaakt om een bepaald deel van het systeem te implementeren, terwijl een andere deel nog ontworpen moet worden.

Rational Unified Process

RUP: het Rational Unified Process is afgeleid van het spiraalmodel. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat het (bijna) niet mogelijk is om een heel systeem in één keer te bouwen. Vereisten kunnen veranderen in de loop van het project door technische beperkingen, veranderende eisen/wensen of beter begrip van het daadwerkelijke probleem. Incrementeel ontwikkelen (groeit in aantal en/of omvang) stelt je in staat om het project in een aantal deelproducten en deze afzonderlijk van elkaar op te leveren. De opdrachtgever kan hierop feedback geven wat weer meegenomen kan worden naar het volgende deelproduct.

Scrum

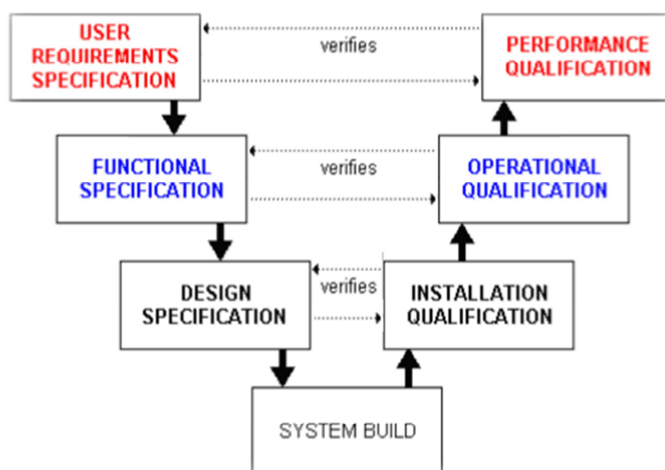
Bij scrum wordt gewerkt met meerdere teams die een onderdeel gaan realiseren. Hierbij wordt dus tegelijk aan stappen en processen gewerkt. Op vaste tijdstippen van de dag of week wordt er besproken wat iedereen heeft gedaan, gaat doen en wat de problemen zijn.

GAMP

GAMP, wat staat voor Good Automated Manufacturing Practice, concentreert zich hoofdzakelijk op het ontwerpen van (technische) documenten. Door dit goed te doen, zal er minder snel een foutief product opgeleverd worden. Daarnaast houdt het zich bezig met controle documenten om het gerealiseerde product te controleren op fouten. Denk aan controle documenten met klanten wensen of technische aspecten.

In vorige (school) projecten is ondervonden dat het ontwerpen van een systeem volgens het GAMP-model gestructureerd en overzichtelijk verloopt. Voor de FDS is er bijvoorbeeld duidelijk beschreven welke documentatie gemaakt moet worden. Wanneer dit goed gevolgd wordt zal er niets vergeten worden. Het gaat hier onder andere om de functionele beschrijving, State Transition Matrix, Control Narratives en de instrument index of ook wel Range Alarm Trip Time Schedule (RATTS) genoemd.

Het GAMP-model is te visualiseren door een V-vorm, dit is te zien in Figuur 14 GAMP- of V-model, geeft structuur in een project.



In het model is te zien dat elke specification een qualification heeft. Dit zijn de controledocumenten die gebruikt worden tijdens de testfase. Hiermee kan gecontroleerd worden of de installatie voldoet aan wat er op papier beschreven is.

Figuur 14 GAMP- of V-model, geeft structuur in een project.

9.1.2 Conclusie

Nu enkele projectmodellen onderzocht zijn kan er een keuze gemaakt worden. Welke modellen zijn het best geschikt voor dit project?

Er is gekozen voor een combinatie van project modellen. Voor het ontwerp wordt het GAMP-model gebruikt. Ik zal hoofdzakelijk te werk gaan volgens het watervalmodel. In principe zal ik zelf het project realiseren en kan dus niet meerdere processen tegelijk uitvoeren.

Wanneer ik collega's taken laat verrichten kan dit volgens het Scrum model gebeuren. Denk aan het bouwen van besturings- en verdeelkasten.

Het project bestaat uit drie hoofdonderdelen met drie software pakketten. Deze deel onderdelen zullen afzonderlijk van elkaar opgeleverd worden. Mijn opdrachtgever kan hier direct feedback op geven zodat dit verwerkt en naar het volgende onderdeel meegenomen kan worden. Dit volgt het RUP model.

9.1.3 Documentatie

Over de documentatie zijn aan het begin van het project afspraken vastgelegd. Dit om bijvoorbeeld de lay-out van verschillende documenten in dit project hetzelfde te houden.

Verder zijn er nog enkele afspraken over onder andere de verslaglegging en opmaken:

- Tekst documentatie zal verwerkt worden in Microsoft Word 2007 of hoger (.docx)
 - Er zal hierin gewerkt worden met een gestandaardiseerde opmaak voor hoofdstukken
 - In koptekst staat: “Smart Grid” – naam van het verslag.
 - In voettekst is het logo van Van der Sijs en de Hogeschool Utrecht afgebeeld (Documentatie Template.docx).
 - Elke tabel of afbeelding zal worden voorzien van een op zichzelf staande bijschrift.
 - Het lettertype is Calibri (hoofdttekst), grote 11 en geen tussen ruimten.
 - Voor hoofdverslagen als startdocument en afstudeerverslag wordt het Format Verslag gebruikt. (Format verslag SharePoint, 02-02-2011)
- Planning wordt verzorgd in GanttProject.
- Presentatie worden ondersteund met Microsoft PowerPoint 2007 of hoger (.pptx).

Op het bedrijf zijn er geen licenties voor Microsoft Project. Met de tegenhanger, GanttProject, kan hetzelfde gerealiseerd worden. De planning kan hier gemakkelijk bijgewerkt worden en geeft overzichtelijk de status van alle stappen weer.

De uren die gewerkt worden aan een project moeten ingevuld worden in Syntess. Dit kan met behulp van een webbrowser benaderd worden. Hier worden de gewerkte uren aan het juiste project gekoppeld.

9.2 Strokenplanning

Voor dit project is een strokenplanning gemaakt. Het project is in grote lijnen opgedeeld in de verschillende fases. Deze zijn ook terug te vinden in de planning met de bijbehorende werkzaamheden. Fases en werkzaamheden kunnen elkaar enigszins overlappen. De planning maakt ook duidelijk welke werkzaamheden elkaar opvolgen. De opvolgende werkzaamheden kunnen dan (gedeeltelijk) niet verricht worden wanneer de vorige niet afgerond is.

Er werd getracht de planning wekelijks te controleren en waar nodig bij te stellen. Er is geprobeerd het project aan deze planning te houden. Echter blijkt dat hiervan afgeweken moest worden om de stroomberekening eerder te realiseren. Over de rede hiervan kan meer gelezen worden in paragraaf 9.4.2 Planning evaluatie. Dit had grote gevolgen voor de rest van planning. De aangepaste planning is te zien in bijlage 10A, Aangepaste planning.

De eerste versie van dit afstudeerverslag was afgekeurd en moest verbeterd worden. Met de feedback van de schoolbegeleider is het verslag verbeterd. Hiervoor is een nieuwe planning gemaakt om het verslag te verbeteren. De planning van het verbetertraject is in bijlage 10B, planning verbeteren afstudeerverslag. De planning zoals het bedoeld was hoort bij bijlage 1, Startdocument Afstuderen. Het is te vinden onder bijlage 1A, planning Startdocument.

9.3 Calculatie uren en kosten

De kosten van het project zijn hoger uitgekomen dan berekend was. Dit geldt zowel voor de componenten die besteld zijn als voor de personeelskosten. In deze paragraaf worden deze kosten onderbouwd.

9.3.1 Personeelskosten

In totaal zijn er twee maanden extra gepland voor het verbeteren van projectverslagen. Dit is weergegeven in Tabel 14 Personeelskosten tbv Smart Grid. De uitkomst is dat het aantal werkdagen met twee maanden is overschreden.

Hierbij komt dat de personeelskosten hoger zijn geworden omdat mijn afstudeerstagecontract verlengd is.

Werknemer	Werkzaamheden	Startdatum	Kosten/dag	Aant. dagen	Totale kosten
Mike Overvest	Vorbereiden verlichtingsinst.	13-1-2014	€ 280,00	2	€ 560,00
Cor Veenendaal	Verlichtingsinst. realiseren	15-1-2014	€ 280,00	11	€ 3.080,00
Dave Kranenburg	Verlichtingsinst. realiseren	20-1-2014	€ 280,00	10	€ 2.800,00
Mike Overvest	LPK verbouwen: energiemeters	15-1-2014	€ 280,00	3	€ 840,00
Stefan Markies	Restpunten verlichtingsinst.	29-1-2014	€ 280,00	3	€ 840,00
Danny Koch	Startdocument tbv Smart Grid	23-9-2013	€ 25,00	20	€ 500,00
	Verbeteren Startdocument	21-10-2013	€ 25,00	20	€ 500,00
	Realisatie tbv Smart Grid	18-11-2013	€ 25,00	40	€ 1.000,00
	Documenteren tbv Smart Grid	27-1-2014	€ 25,00	15	€ 375,00
	Afronden afstudeerstage 1/2	17-2-2014	€ 25,00	10	€ 250,00
	Verbeteren Afstudeerverslag	3-3-2014	€ 25,00	20	€ 500,00
	Afronden afstudeerstage 2/2	31-3-2014	€ 25,00	10	€ 250,00
	Boeken op project: 13P00381		Totaal	164	€ 11.495,00

Tabel 14 Personeelskosten tbv Smart Grid.

9.3.2 Materiaalkosten

Voor de installaties van dit project zijn materialen besteld. Hier zal beschreven staan of alle materialen en componenten van te voren gecalculeerd zijn. Mogelijk zijn achteraf componenten bijbesteld.

De kosten voor de componenten in de installatie zijn te vinden in bijlage 3N, Bestellijst zonnepanelen en laadpalen en bijlage 3L, KNX bestellijst (Gira KNX/EIB componenten, z.j.). De bestellijst zonnepanelen en laadpalen is aan het begin van dit project samengesteld. Deze kosten zijn dus vooraf gecalculeerd. Voor de laadpalen zijn later in het project vier energiemeters bijgeplaatst.

De verlichtingsinstallatie met KNX is in de loop van het project ook steeds verder uitgebreid. Er zijn bijvoorbeeld drie aanwezigheidsensoren bijbesteld. De KNX bestellijst is een investeringsvoorstel en is niet voor het project ingecalculeerd.

Er is voor het project geen investeringsplafond vastgesteld door het bedrijf. Hierdoor is het niet vast te stellen of de materiaalkosten overschreden zijn. Elke bestelling moest wel besproken worden met de opdrachtgever.

9.4 Projectevaluatie

De projectaanpak is bij aanvang van dit project beschreven. Getracht werd deze aanpak vast te houden. Het kan voorkomen dat projecten anders verlopen dan gepland was. Er kan van projectmodel veranderd worden omdat dit beter bij het project blijkt te passen.

In deze paragraaf wordt geëvalueerd of de modellen en planning juist gekozen zijn.

Tijdens het project zijn in de planning (grote) wijzigingen aangebracht. Deze wijzigingen zijn aan het einde van deze paragraaf beschreven.

9.4.1 Modellen evaluatie

De projectmanagement modellen zijn goed gekozen. Dit waren de volgende modellen:

- Watervalmodel: Ik heb volgens dit model aan het project gewerkt.
- Scrum: Collega's die werk voor het project verrichten zijn parallel uitgevoerd.
- RUP: De drie installatie zijn na elkaar gerealiseerd. De opdrachtgever kon feedback geven op een installatie (-deel) zodat dit meegenomen kon worden in de volgende installatie.

Volgens deze gekozen modellen is het project verlopen. Monteurs realiseerden de installatie('s) terwijl ik tegelijk de software kon schrijven. Het ontwerpen van de installatie was niet parallel te realiseren omdat ik dit alleen deed. Dit is volgens het watervalmodel uitgevoerd.

Het GAMP-model is gebruikt om de drie installatie te ontwerpen. Volgens dit model is het FDS gedetailleerd beschreven zodat niets uit de installatie onbehandeld blijft. Vanuit dit punt is de installatie verder uitgewerkt in technische documenten.

Door het omgooien van de planning zijn de qualification niet uitgewerkt. Het was goed geweest dit alsnog te documenteren. Hierdoor kon aan het einde van het project de installatie gecontroleerd worden op het ontwerp en projecteisen. Dit is meer een verkeerde keuze in de planning geweest dan een verkeerde keuze in ontwerp model.

9.4.2 Planning evaluatie

De planning zal in de paragraaf geëvalueerd worden. Is het project verlopen zoals gepland is of waren er aanpassingen vereist? Uit deze paragraaf zal blijken of ik bekwaamd ben om een goede planning te maken. Wat kan ik leren van dit project met betrekking tot de planning?

In de planning zoals het aan het begin van het project gemaakt is, is duidelijk een watervalmodel te herkennen. Stappen en taken volgen elkaar op. Er moesten drie installaties ontworpen en gerealiseerd worden. Wegens de korte periode van het afstuderen staat de planning vol met taken en is het strak gepland. In de planning was weinig ruimte voor verandering of vertraging.

Achteraf had de planning ruimer en globaler opgezet moeten worden. Ik merk dat ik dit in mijn planning blijf doen. Ik moet leren ruimer en globaler te plannen. Daarbij komt dat er vaker, voor een deadline, een aantal dagen uitloop ingepland moeten worden. Hiermee kunnen veranderingen of vertragingen opgevangen worden.

Volgens de planning moest na de FDS, de TDS gemaakt worden. Echter was de wens van de opdrachtgever dat de stroomberekening eerder gemaakt werd. Dit omdat er steeds vaker meerdere auto's tegelijk opgeladen werden. De stroomberekening zou volgens de planning tijdens de “software programmeren” gerealiseerd worden. Hiervoor is de planning compleet omgegooid.

Wanneer de stroomberekening geïmplementeerd was, is direct doorgedaan met de KNX installatie. Door deze veranderingen is er geen tijd vrijgemaakt om de qualification te maken. De software en elektrische installaties zijn nu getoetst aan de hand van de detailtekeningen en de werking van de installaties.

Het tijdgebrek als gevolg van de verandering in de planning had voorkomen kunnen worden. Door bijvoorbeeld een uitloop in de planning vast te leggen. Voor de taken had ook meer tijd ingepland kunnen worden. Hierdoor loopt het project minder vertraging op.

10 Reflectie

Nu het afstudeerproject afgesloten wordt zal ik terug kijken naar de prestatie en functioneren van mijzelf. Dit wordt uitgeschreven in deze zelfreflectie.

De reflectie wordt onderverdeeld in technisch en professionele competenties. Deze competenties zijn afkomstig van de Professionalisering gedragskenmerken, 2013. Genoemde competentie voorafgaand met BoE komen uit het Bachelor of Engineering, 2012.

10.1 Reflectie technische competenties

In deze paragraaf worden de technische competenties gereflecteerd. Competenties waar ik in dit project mee te maken heb gehad zullen worden behandeld.

PM6.1 Past een projectmethodiek toe.

Aan de start van het project heb ik projectmodellen onderzocht. Daarbij is geanalyseerd welke in dit project toegepast kunnen worden. Aan de hand van de gekozen methodieken is een planning gemaakt om de tijd in te schatten. Echter moest ik hiervan afwijken omdat de implementatie van een deelproject zo snel mogelijk plaats moest vinden.

Er is onderzoek gedaan naar terugverdientijden van KNX oplossingen. Ik heb een bestellijst voor de KNX componenten gemaakt om de kosten te berekenen. (Te vinden in bijlage 3L, KNX bestellijst.) Ik heb geleerd dat er veel onderzoek moet worden verricht naar de materialen en middelen die gebruikt gaan worden. Door de tijd, geld en materialen te onderzoeken en te documenteren kan ik de opdrachtgever een beter voorstel doen.

PM6.2 Formuleert projectprobleemstellingen en opdracht.

Bij het startdocument bleek dat ik de opdracht niet goed geformuleerd had. De examinatoren hadden een ander beeld van de opdracht dan de opdrachtgever en de student. De stroomberekening was als onderdeel even groot als de toepassing van KNX in het bedrijf. Door aanpassing en de randvoorwaarden beter te documenteren was de opdracht duidelijker.

Hier heb ik geleerd probleemstellingen en projectopdrachten beter te formuleren en de randvoorwaarden uitgebreider op te zetten.

PM6.4 Levert projectmethode specifieke documentatie op.

Na het startdocument ben ik begonnen met specifiek onderzoek in het project. Het gekozen ontwerpmodel GAMP schreef voor om een URS, FDS en TDS te ontwerpen. De eisen van de opdrachtgever zijn verwerkt in paragraaf 3.3 Eisen en randvoorwaarden. Het volledige FDS is in bijlage 2 toegevoegd. Het TDS is in dit verslag uitgewerkt en de technische detail ontwerpen van het TDS zijn in de bijlage bijgevoegd. Met deze documenten kon de hele installatie gebouwd worden. Echter zijn de validatierapporten niet gedocumenteerd omdat deze fases door planning wijziging overgeslagen zijn. De installatie is getoetst met behulp van de detailldocumenten en op de eisen van de opdrachtgever.

Hier heb ik geleerd dat er tijdens de testfase installatie onderdelen niet getoetst worden en later voor problemen kunnen zorgen. Achteraf moest dit alsnog gewijzigd worden in de installatie of software.

10.2 Reflectie professionele competenties

Hier zullen de professionele competentie aan de orde komen.

MC2.4 Onderscheidt hoofd- en bijzaken in verwoording en onderbouwing.

Ik blijf het moeilijk vinden hoofd- en bijzaken gescheiden te houden. Ik wil graag elk detail benoemen en realiseren. Hier moet ik aan werken omdat er veel tijd kwijt is aan de bijzaken. De bijzaken wil ik documenteren omdat de angst heerst onderdelen te missen of over het hoofd te zien. Tijdens de realisatie van producten of software merk ik dit ook. Ik ben veel tijd kwijt aan details en onderdelen die geen prioriteit hebben. Het moet van mij direct mooi en perfect zijn terwijl er later misschien wijzigingen nodig zijn. Dit is een aandachtspunt voor mij.

RZ1.1 Heeft professionele houding.

MC2.5 Vraagt actief om feedback en formuleert eigen feedback constructief.

SW3.6 Staat open voor andere meningen en visies

Aan het begin van het project vond ik het moeilijk collega's om hulp, kennis of feedback te vragen. Door meer contact te leggen met collega's merkte ik dat ze mij graag wilden helpen. Hierdoor ging het mij makkelijker af om meningen of hulp te vragen. Hulp in het controleren van ontwerp tekeningen of het regelen van bestellingen bij leveranciers. Ik heb geleerd dat ik om hulp kan vragen om bijvoorbeeld onderdelen in de installatie te realiseren. Door hulp of om een mening te vragen zijn collega's bereid te helpen en mee te denken.

Door aan de monteurs in de werkplaats hun mening over de KNX installatie te vragen, weet ik wat er nog toe te voegen is aan de installatie of wat er anders geprogrammeerd moet worden.

Al ben ik hierin gegroeid, zal ik hier toch aan moeten blijven werken en (nog) meer contact opzoeken bij collega's.

RZ1.6 Zet kritiek om tot persoonlijke ambities.

Wanneer ik niet of te laat om hulp vraag kan dit resulteren in kritiek. Collega's waren bereid mij te helpen als ik ernaar vroeg. Het liep fout wanneer ik de verkeerde mensen of te laat om feedback of controle vroeg. Als er achteraf om feedback gevraagd wordt kan het al te laat zijn. Door collega's is dit uitgesproken zodat ik hier iets mee kan doen. Hier heb ik van geleerd en loop gemakkelijker naar collega's toe.

BoE: 5c Betreft medewerkers actief en doelgericht en creëert draagvlak om het gezamenlijk einddoel te behalen.

Tijdens het project zijn verschillende monteurs bezig geweest de (deel)installatie(s) te realiseren. Er zijn detaildocumenten gemaakt zodat de monteurs doelgericht te werk konden gaan. Met een planning voor de verbouwing ten behoeve van de KNX installatie konden specifieke taken afgerond worden.

De meningen van de monteurs over de KNX installatie zijn belangrijk. Zij werken elke dag in de zaaghokken en maken gebruik van de installatie. Deze zijn aangehoord en in de software aangebracht.

BoE: 8b Heeft zich flexibel opgesteld. Beweegt mee in onverwachte, veranderende situaties.

De wereld rondom de elektrische auto's is sterk aan het veranderen. Hierdoor zijn ook enkele wensen veranderd in dit project. Denk aan het wel of niet direct laden wanneer de auto ingeplugd wordt. Hier ben ik goed mee omgegaan en heb dit in de software aangepast.

De verandering in de planning om de stroomberekening eerder te realiseren heeft grote gevolgen gekregen. Een deel van het ontwerpen en de documentatie die hierbij hoort zijn achteraf gemaakt. Dit vond ik moeilijk om aan te werken en alsnog de documentatie te maken. Hier had ik de planning beter bij moeten houden. Documentatie die overgeslagen was, had in de planning verplaatst moeten worden.

Wanneer een vergelijkbare situatie zich voordoet moet ik hier beter op letten.

10.3 Profielschets

Op basis van bovenstaande reflectie beschrijf ik hier mijn profielschets.

Mijn ambitie ligt voor mij hoofdzakelijk in het programmeren van PLC's of in soortgelijke projecten, een HMI. Het oplossen van technische/softwarematige problemen is mijn ding. Problemen uitdenken en vervolgens in een PLC implementeren vind ik heel leuk. Hierbij overleg ik met collega's om samen een oplossing te creëren. Ik vind het prettig om samen met collega's te werken. Probleemstellingen oplossen zal ook mijn invulling zijn binnen een team.

Mijn opdrachtgever geeft mij een probleemstelling en ik zal een softwarematige oplossing ontwerpen. Hierbij moet ik in het achterhoofd houden dat ik niet veel tijd kwijt kan zijn aan bijzaken van het probleem. Denk ook aan oplossingen die buiten de randvoorwaarden vallen. Ik wil de oplossing te uitgebreid of te mooi maken in plaats van concreet.

Tijdens deze stage ben ik achter gekomen dat plannen of de planning bijhouden geen sterk punt van mij is. Vooral als wegens omstandigheden de planning omgegooid moet worden.

Leiding geven is ook geen sterk punt. Dit heb ik in dit project niet hoeven te doen. Monteurs werden voor mij geregeld en bijsturing van mij was hierbij genoeg.

Doorslaggevende keuze vind ik moeilijk om te nemen. Zowel binnen als buiten mijn beroepsprofiel. Nu ik dit weet kan ik hier rekening mee houden in mijn latere loopbaan. Ik zal hier aan werken en waar nodig hulp vragen aan collega's.

Nawoord

Met veel plezier heb ik aan dit afstudeerproject gewerkt. Het programmeren van het bedieningsscherm vond ik erg leuk omdat het resultaat direct zichtbaar was. Het uitdenken van de stroomberekening was moeilijk maar zeer interessant. Wanneer de installatie gebouwd is en de werking van de berekeningen in een grafiek zichtbaar wordt ontstaat een euforisch gevoel. Wanneer bijvoorbeeld de verlichting reageert bij een aanraking op het scherm.

Ik kan urenlang de grafieken bestuderen waarin verschillende elektrische auto's aan het laden zijn. Hoe het laadproces reageert op veranderingen in verbruik van het pand en opbrengsten van het dak. Door dit project heb ik veel geleerd over de nieuwe wereld van het elektrisch laden en rijden. Dit resulteert in grote interesse voor elektrische auto's die ik op de weg tegenkom.

Ik ben tevreden met het resultaat en vind persoonlijk dat de HMI pagina's er mooi uitzien. De wil om steeds meer mooie dingen aan het scherm toe te voegen was groot. Daarom vond ik het jammer dat het project afgesloten moest worden en er een verslag moest worden gemaakt. De gezellige collega's die bereid waren mij te helpen en het leuke project laten mij terug kijken op een mooi afstudeerproject.

Afkortingen en begrippen

- CPU Central Processing Unit, processor van een computer.
- EIB Europese installatie bus is een databus dat het transport mogelijk maakt van digitale gegevens voor het aansturen van intelligente gebouwen.
- EVCC Electric Vehicle Charge Control, is een laadcontroller voor het opladen van elektrische auto's.
- FDS (FS) Functional Design Specification, Functionele documentatie over de werking van de installatie.
- FX Hardware communicatieverbinding in de vorm van glasvezel.
- GAMP Good Automated Manufacturing Practice.
- HBO Het Hoger Beroepsonderwijs is een onderwijsvorm binnen het hoger onderwijs in Nederland en Vlaanderen.
- HVK Hoofdverdeelkast, hier komt de voeding van het bedrijfspannend binnen. Deze grote meterkast verdeelt de voeding over het pand.
- HMI Human Monitoring Interface, hiermee wordt de eTOP515 bedoeld, ook wel het beeldscherm of touch panel genoemd.
- HU Hogeschool Utrecht, fusie van enkele hogescholen in de stad en provincie Utrecht.
- IA Industriële Automatisering, technische HBO opleiding.
- I/O In- en uitgangen (Engels is In- and Output).
- IP Internet protocol.
- IQ Installation Qualification, testrapport over de installatie.
- KNX Konnex, Communicatieprotocol dat wordt toegepast in gebouwautomatisering en domotica.
- LPK De laappalenkast of laadpalenverdeelkast voedt de laadpalen op de parkeerplaats.
- Modbus Gestandaardiseerde seriële communicatieprotocol.
- OQ Operational Qualification, testrapport over technische documentatie.
- PLC Programmable Logic Controller, aan de hand van signalen op de ingangen, stuurt het uitgangen aan.
- PQ Performance Qualification, testrapport dat controleert of de wensen zijn vervuld.
- PV Photo-Voltaic, zonnepanelen die energie van de zon in elektriciteit omzetten.
- PVK Dit is de elektrische kast waar het vermogen van de zonnepanelen binnenkomt.
- RS485 RS485 is een half-duplex (tweedraads) of full-duplex (vierdraads) seriële interface voor telecommunicatie en wordt veel gebruikt als veldbus in de industrie.
- RUP Rational Unified Process, projectmanagementmodel om gestructureerd een project te doorlopen. Afgeleid van het spiraalmodel.
- Scrum Projectmanagementmodel om gestructureerd een project te doorlopen. Komt uit de rugbysport.
- SD Een Secure Digital card is een geheugenkaart die is opgebouwd met flashgeheugen.
- SFC Sequential Function Chart. Dit is een programmeertaal die veel gebruikt wordt in procesinstallaties.
- SMA Sunny Tripower omvormer van het merk SMA.
- SMART Specifiek Meetbaar Acceptabel Realistisch en Tijdgebonden. Het SMART-principe wordt gebruikt voor het eenvoudig en eenduidig opstellen en controleren van doel- en probleemstellingen.
- ST Structure Tekst, dit is een programmeertaal waarin taken achterelkaar uitgevoerd worden. Wordt geschreven in bijvoorbeeld C++.
- TCD Technisch Constructie Dossier, (technische) documentatie zoals tekeningen en schema's over de installatie.

- TCP Transmission Control Protocol, werkt bovenop het IP.
- TDS Technical Design Specification, hierin zijn alle technische detail documentatie in verwerkt.
- Trafo Transformator, zet ingaande spanning/stroom om naar een gewenste andere uitgaande spanning/stroom.
- Trenden Het opslaan van meetwaarden. Dit kan in grafieken opgehaald worden.
- URS User Requirements Specification, eisen van de opdrachtgever.
- USB Universal Serial Bus.
- Vac Voltage in Alternating Current: wisselspanning.
- WCD Wandcontactdoos of stopcontact.
- z.j. Zonder jaar. Gebruikte bronnen worden vermeld met het jaar van publicatie. Wanneer het jaar niet te achterhalen is dan zal er z.j. worden vermeld.

Bronnen

eTOP515 touch panel. Opgeroepen op 26-09-2013, van:

<http://www.hiflex.nl/wp-content/uploads/producten/exor-hmi/etop-500-serie/ptn0356-3-UniOP-eTOP515.pdf>

Codesys PLCM02. Opgeroepen op 04-10-2013, van:

www.codesys.com & <http://www.hiflex.nl/index.php/componenten/codesys/>

EV charge control. Opgeroepen op 27-09-2013, van:

<http://catalog.phoenixcontact.net/phoenix/treeViewClick.do?reloadFrame=true&UID=2902802&parentUID=>

Gira KNX/EIB componenten. Opgeroepen op 01-10-2013, van:

http://katalog.gira.de/nl_NL/dir.html?id=422091

EEM-MA250 meet instrument. Opgeroepen op 04-10-2013, van:

<https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?uri=pxc-oc-itemdetail%3Apid=2901363&library=usen&tab=1>

Wetten van de overheid, 2014. Opgeroepen op 13-12-2013, van:

http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/Hoofdstuk6/Afdeling2/Artikel63/geldigheidsdatum_02-02-2014

Document: Energie jaaroverzicht Nuon, 31-12-2011 tot 10-12-2012

Document: Format verslag SharePoint, 02-02-2011

Document: Offerte van Philips Licht, 30-01-2013.

Document: Bachelor of Engineering, 11-2012.

Document: Professionalisering gedragskenmerken, v3.6.3 15-10-2013.

Bijlage

Tabellen

- Bijlage tabel 1 Kosten en terugverdientijd berekeningen van verlichting.
- Bijlage tabel 2 Berekening van kostenbesparing d.m.v. aanwezigheidssensoren.
- Bijlage tabel 3 Vermogensberekening van de PV panelen op het dak.

Afbeelding

- Bijlage afbeelding 1 Vermogens- en stroommeting van het bedrijfspand tijdens de nacht.

Bijlage 1, Startdocument Afstuderen

- Bijlage 1A, Planning Startdocument
- Bijlage 1B, Professioneel functioneren Startdocument

Bijlage 2, Functional Design Specification

- Bijlage 2A, Plattegrond Smart Grid
- Bijlage 2B, Stroomberekening

Bijlage 3, HMI-lijst (A3)

- Bijlage 3A, Communicatie overzicht
- Bijlage 3B, HMI tags
- Bijlage 3C, HMI trends
- Bijlage 3D, HMI alarm overzicht
- Bijlage 3E, HMI scheduler
- Bijlage 3F, HMI Data transfer
- Bijlage 3G, KNX ingangen overzicht (A3)
- Bijlage 3H, KNX retour melding overzicht (A3)
- Bijlage 3I, KNX HMI overzicht (A3)
- Bijlage 3J, KNX IO
- Bijlage 3K, KNX groepsadressen (A3)
- Bijlage 3L, KNX bestellijst
- Bijlage 3M, Codesys tags
- Bijlage 3N, Bestellijst zonnepanelen en laadpalen

Bijlage 4, Communicatie overzicht – Smart Grid

Technical Design Specification

- Bijlage 5A, E-tekeningen LPK (V2.0)
- Bijlage 5B, E-tekeningen HVK en OV1 tbv KNX (V1.1)
- Bijlage 5C, KNX EIB tekeningen (V1.1)

Bijlage 6, Plan van Aanpak tbv verbouwing

Bedieningshandleiding Smart Grid

- Bijlage 7A, Touch panel paginaoverzicht
- Bijlage 7B, Beeldplaatjes HMI
- Bijlage 7C, Software achter beeldplaatjes

Bijlage 8, Simulatie Stroomberekening



Bijlage 9, Testrapport tbv Smart Grid

Planning afstuderen

- Bijlage 10A, Planning afstuderen
- Bijlage 10B, Planning verbeteren Afstudeerverslag

Bijlage 11, Professioneel functioneren Afstudeerverslag

Bijlage tabel 1 Kosten en terugverdientijd berekeningen van verlichting.

	Huidige	Efficiënter TL	LED	
Aantal armatuur	110	110	110	stuks
Aantal lampen	220	220	110	stuks
Lumen	5000	3325	3500	lm
Kosten/lamp	-	110,00	330,00	Euro
vermogen/lamp	73	35	12	Watt
Werkuren	2500	2500	2500	uren
Kosten kWh	0,0758	0,0758	0,0758	Euro
Kosten lampen	-	12.100,00	36.300,00	Euro
Energie/jaar	40150	19250	3300	kWh
Kosten/jaar	3043,37	1459,15	250,14	Euro
Besparing/jaar	-	1584,22	2793,23	Euro
Terug verdientijd	-	7,6	13,0	jaren

Bijlage tabel 1 Kosten en terugverdientijd berekeningen van verlichting.

In bijlage tabel 1 is uitgegaan van 250 werkdagen per jaar en 10 uur per werkdag. Collega's beginnen rond 6uur en andere eindigen 12 uur later. In deze 12 uur staat gemiddeld 2 uur lang de verlichting uit. Energieverbruik door overwerken en pauzes zijn hier dus niet in opgenomen. De kosten per kWh, namelijk € 0,0758 per kWh, komen uit de Nuon jaaropgave 2012 van het bedrijf. De huidige TL-lampen zijn 58 Watt en hebben een voorschakelapparatuur van 15 Watt. Dit maakt samen 73 Watt per lamp.

Bijlage tabel 2 Berekening van kostenbesparing d.m.v. aanwezigheidssensoren.

	Hal 1	Hal 2	Hal 3	Totaal	Eenheid
Aantal TL-lampen	48	36	54	138	Stuks
Vermogen/lamp + voorschakelapp.	73	73	73	73	Watt
Totaal lamp vermogen	3504	2628	3942	10074	Watt
kWh/pauze (1uur)	3,504	2,628	3,942	10,074	kWh
Kosten/kWh	0,0758	0,0758	0,0758	0,0758	Euro
Besparing/pauze	0,266	0,199	0,299	0,764	Euro
Besparing/jaar	67,73	50,80	76,19	194,72	Euro
Prijs/aanw. sens.	300,00	300,00	300,00	900,00	Euro
Terug verdientijd	4,4	5,9	3,9	4,6	Jaren

Bijlage tabel 2 Berekening van kostenbesparing d.m.v. aanwezigheidssensoren.

In bijlage tabel 2 zijn voor de productiehallen berekend wat de terugverdientijd van de sensoren zijn. Dit wanneer de verlichting uitgeschakeld wordt in de pauzes door middel van aanwezigheidssensoren. Hier wordt ervan uitgegaan dat in elke pauze het licht aangelaten wordt. Hier is uit op te maken dat het 5,4 jaar duurt voordat de aanwezigheidssensoren zijn terugverdiend.

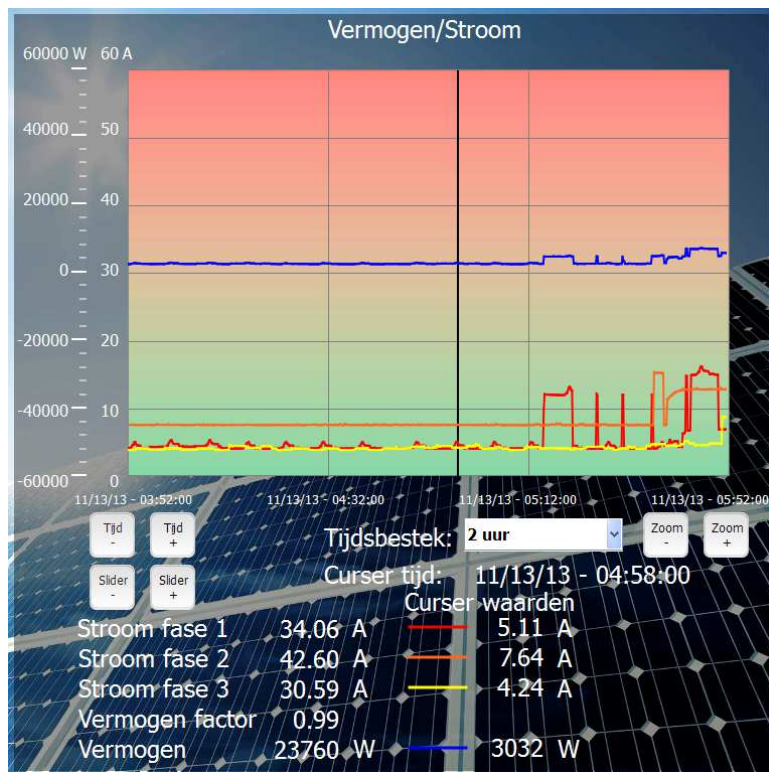
Tabel 3 Vermogensberekening van de PV panelen op het dak.

	SMA	Enecsys	Enecsys	Eenheid
Aantal panelen	89	45	46	stuks
Vermogen/paneel	240	200	200	Watt
Aantal omvormers	49	1	1	stuks
Vermogen/omvormer	480	9000	9200	Watt
Totaal vermogen	23520	9000	9200	Watt
Totaal dak vermogen	41720			Watt

Bijlage tabel 3 Vermogensberekening van de PV panelen op het dak.

In bijlage tabel 3 wordt het totale vermogen berekend dat uit de PV panelen op het dak komt. In totaal is dit 41.720 Watt. Dit delen we door de spanning van 240 Volt. Dan komen we op ongeveer 174 Ampère. De cosinus phi is opgemeten en is dusdanig hoog dat deze op één gesteld is. Dit betekent dat er per fase 58 Ampère geleverd kan worden. Daarmee is bewezen dat de hoofdvoeding niet over belast kan raken door het terugleveren van energie.

Bijlage afbeelding 1 Vermogens- en stroommeting van het bedrijfspand tijdens de nacht.



Bijlage afbeelding 1 Vermogens- en stroommeting van het bedrijfspand tijdens de nacht.

De meetwaarden zijn afkomstig uit een energiemeter op de hoofdvoedingskabel van het bedrijfspand. Te zien is dat de eerste werknemer rond kwart over vijf binnen komt en de verlichting aanzet.