

Projektthemen „Smart Energy System Lab“

Ansprechpartner(in)

Anne-Christin Süß (anne-christin.suess@kit.edu)

Übersicht

Thema	Projektverantwortliche(r)
Echtzeitsimulation und Power-Hardware-in-the-Loop	Sophie An (sophie.an@kit.edu) Jan Wachter (jan.wachter@kit.edu)
Smart plug firmware extension for advanced energy measurements	Simon Grafenhorst (simon.grafenhorst@kit.edu)
Distinguishing electric appliances connected to smart plugs	Simon Grafenhorst (simon.grafenhorst@kit.edu)
Datentransport aus verschiedenen Messgeräten für elektrische Verbraucher und Erzeuger	Peter Moster (peter.moster@kit.edu) Nico Berwanger (nico.berwanger@kit.edu)
Regelbarer Ortsnetztransformator - Echtzeitsimulation und Power-Hardware-in-the-Loop Modellierung	Friedrich Wiegel (friedrich.wiegel@kit.edu)
Control of a multi-terminal DC Microgrid	Ömer Ekin (ömer.ekin@kit.edu)
Reverse Engineering einer Modbus RTU Kommunikation und Simulation des Controllers	Kaibin Bao (kaibin.bao@kit.edu)

Thema: Echtzeitsimulationen und Power-Hardware-in-the-Loop

Aufgabenstellung:

Die Anlagen im Smart Energy System Control Laboratory (SESCL) des EnergyLab 2.0 stellen eine einzigartige Infrastruktur zum Testen neuer Netzstrukturen, leistungselektronischer Geräte und Regelungsstrategien in einem echten Microgrid dar, das galvanisch vom öffentlichen Netz getrennt werden kann. Besonders interessant ist es deshalb untypische Netzsituationen und Grenzzustände und das Verhalten der Netzteilnehmer bei diesen zu betrachten, die im öffentlich betriebenen Netz schnell unterbunden werden müssen.

In diesem Projekt gibt es mehrere Teilaufgaben, die dazu beitragen, einen neuen 4-Quadranten Leistungsverstärker (OPAL-RT Microgrid Testbench) in die bereits bestehende Struktur des SESCL Labors zu integrieren und neue Funktionen bereit zu stellen. Beispiele sind:

- Simulation von Netzfehlerzuständen für „microgrid-under-test“ Szenarien
 - o Recherche zu typischen/relevanten Netzfehlern (bspw.: Voltage sags, Phase-angle jumps)
 - o Genauere Betrachtung eines spezifischen Szenarios
 - o Modellierung des Szenarios in Matlab/Simulink bzw. RT-Lab
 - o Einbinden des Modells in die Hardware der Testbench
 - o Integration in weitere (vorgefertigte) Modelle z.B. Microgrid, Generator, Lasten
 - o Analyse des Verhaltens der verbundenen Elemente
 - o Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse

- Entwicklung eines Umrichtermodells (netzfolgend/stützend/bildend) für FPGA-Echtzeitsimulationen
 - o Recherche zu Umrichterschaltungen und Modellen
 - o Auswahl von einem/zwei Umrichtern zur Modellierung
 - o Einlernen in die eHs Software von in RT-Lab (Matlab/Simulink)
 - o Erstellen eines Modells für den ausgewählten Umrichter
 - o Ausführen des Modells auf den FPGA-Simulationsrechner der Testbench
 - o Evtl. Einbindung in (bereits existierende) weitere Modellteile
 - o Validierungsversuche durchführen
 - o Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse

Anzahl der Studenten:

Max. 4

Gewünschtes Studienfach:

- Informatik
- Maschinenbau
- Mechatronik und Informationstechnik
- Elektrotechnik

gewünschte Vorkenntnisse/Wissensstand:

Grundlagen Matlab/Simulink

Grundwissen Stromnetze/Stromrichter wünschenswert, aber nicht zwingend

Thema: Smart plug firmware extension for advanced energy measurements

Aufgabenstellung:

Smart plugs can not only be used to switch connected appliances off and on, they are sometimes also able to monitor the energy consumption and other quantities. However, the open-source firmware for the ESP 8266 based plugs is made specifically for smart home applications and does not support advanced settings for energy monitoring. Therefore, a firmware extension for the smart plugs would expand the capabilities of these devices.

In this project the open-source firmware "Tasmota" (written in C programming language) will be modified such that a higher logging frequency, other logging protocols and a more accurate energy monitoring are supported. This new firmware is then evaluated and the measurements of the smart plugs are compared to professional measurement products.

Anzahl der Studenten:

1

Gewünschtes Studienfach:

- Informatik
- Maschinenbau
- Mechatronik und Informationstechnik
- Elektrotechnik

gewünschte Vorkenntnisse/Wissensstand:

programming skills required

Thema: Distinguishing electric appliances connected to smart plugs

Aufgabenstellung:

Smart home devices are becoming more and more popular in recent years. Because they are always connected to the internet, privacy concerns often arise. The smart home devices send data to the servers of the manufacturer and observe the users daily life. Smart plugs for example sometimes are able to log the power consumed by the connected appliances. Based on these logs, it is possible to generate device specific power consumption signatures. With the use of pattern matching, classification, and machine learning algorithms, these signatures can be used to distinguish between different connected appliances.

The goal of this lab project is to evaluate the feasibility of identifying different household appliances such as a fridge, a printer, a microwave and others, using smart plug measurements. This includes experiments with multiple smart plugs and different measurement settings (such as accuracy, frequency, available sensors, ...). Furthermore, correlating measurements from multiple smart plugs in the same household could lead to a more detailed picture of the daily routine of the members of the household.

Anzahl der Studenten:

1

Gewünschtes Studienfach der Studenten:

- Informatik
- Maschinenbau
- Mechatronik und Informationstechnik
- Elektrotechnik

gewünschte Vorkenntnisse/Wissensstand:

basic knowledge in MQTT/ InfluxDB / Python

Thema: Datentransport aus verschiedenen Messgeräten für elektrische Verbraucher und Erzeuger

Aufgabenstellung:

In Energiesystemen gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Geräten, zum Beispiel zur Energiemessung. In unserem System sind mehrere sehr unterschiedliche Messgeräte vorhanden. Die Messungen sollen aber in gleicher Weise für Anwender nutzbar gemacht werden. Es soll ein Softwaresystem gebaut werden, welches Daten von heterogenen elektrischen Messsystemen annimmt und zur weiteren Nutzung homogen verarbeitet, speichert und darstellt. Dazu stellen wir den Stack MQTT, Influx, Telegraf und Grafana als Infrastruktur bereit. Alternativ können auch eigene Dienste programmiert werden.

Anzahl der Studenten:

Bis zu 5

Gewünschtes Studienfach:

- Informatik
- Maschinenbau
- Mechatronik und Informationstechnik
- Elektrotechnik

gewünschte Vorkenntnisse/Wissensstand:

Grundkenntnisse in der Programmierung, Datenbanken, Nutzung von APIs. Programmiersprache Python oder bevorzugt Go. Sie sollten wissen, was der Begriff „semantisches Datenmodell“ bedeutet, sowie den Unterschied zwischen Stammdaten und Metadaten kennen.

Thema: Regelbarer Ortsnetztransformator - Echtzeitsimulation und Power-Hardware-in-the-Loop Modellierung

Aufgabenstellung:

Das Smart Energy System Control Laboratory verknüpft die Theorie mit der Praxis. Viele Fragestellungen der Energiewende lassen sich nur mit umfangreichen Simulationen und aufwändigen Modellen der Energienetze, Einspeiser, Speicher und Abnehmer sowie Betriebsmitteln beantworten. Hierfür sind exakte Modelle der Anlagenbestandteile eine wichtige Voraussetzung.

In diesem Projekt gilt es, ein echtzeitsimulationsfähiges Modell eines im Labor verfügbaren regelbarer Ortsnetztransformator (RONT) zu erarbeiten und das Verhalten dieses mittels Power-Hardware-in-the-Loop in Microgrid-unter-Test Umgebung zu evaluieren. Hierfür setzen sich die Interessenten im ersten Schritt mit der grundlegenden Funktionsweise eines RONTs auseinander. Anschließend erfolgt die Recherche und Interpretation der Spezifikationen der zu modellierenden Betriebsmittel. Die Erstellung eines MATLAB/Simulink basierten offline Modells mit dem Ziel, das Verhalten und die Eigenschaften des RONTs im Kontext einer minimalen Simulationsumgebung adäquat repräsentieren zu können, stellt ein Zwischenziel dar. Auf den Ergebnissen aufbauen erfolgt die Migration des Modells ins RT-LAB als Echtzeitsimulationsumgebung, welches anschließend auf den Opal-RT Echtzeitsimulationsrechner ausgeführt wird. In der Endphase des Projektes erfolgt die Validierung des Modells mittels Integration eines 4-Quadranten Leistungsverstärker zur Übersetzung der Steuersignale ins Leistungssignale. Dabei erfolgt Analyse des Verhaltens des Modells im Rahmen der erarbeiteten Microgrid-Under-Test Szenarien. Die Bewertung der geleisteten Arbeit erfolgt basierend auf der Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse.

Anzahl der Studenten:

Max. 2

Gewünschtes Studienfach:

- Informatik
- Maschinenbau
- Mechatronik und Informationstechnik
- Elektrotechnik

gewünschte Vorkenntnisse/Wissensstand:

- Grundlagen Matlab/Simulink oder vergleichbares
- Grundwissen Stromnetze/Wechselstromtechnik/Energietechnik wünschenswert, aber nicht zwingend

Thema: Control of a multi-terminal DC Microgrid

Aufgabenstellung:

Direct Current (DC) based Microgrids are getting more into the focus of research due to the fact that most renewable energy sources, storages, and loads are DC technology-based. To ensure the operation of the network, reliable control algorithms are necessary.

Within the scope of this lab course, existing control approaches will be investigated at the Energy Lab 2.0 in a real microgrid.

The tasks will be:

- Implement a buck and a boost converter model in Simulink (framework will be given by the supervisor).
- Design an MPPT Algorithm for a PV converter.
- Design a PI-Controller for the converter.
- Connect a battery via boost and a variable load via buck converter to a grid.
- Connect the PV via an MPPT-based converter to the grid.
- The control algorithm should be evaluated (accumulated offset, stability, robustness, practically)
- Build the grid with real components in the lab (supervisor should check before turning it on)

Either:

- Add another Batterie to the system and check the interconnection
- Add secondary control

Or

- Add a DC-AC converter to the system
- Design a bidirectional control for the DC-AC converter

Anzahl der Studenten:

2-4

Gewünschtes Studienfach:

- Informatik
- Maschinenbau
- Mechatronik und Informationstechnik
- Elektrotechnik

gewünschte Vorkenntnisse/Wissensstand:

Control theory (at least one basic lecture)

Basic knowledge in Matlab and Imperix

ower electronics (basic knowledge semiconductor)

Thema: Reverse Engineering einer Modbus RTU Kommunikation und Simulation des Controllers

Aufgabenstellung:

Für Controller-in-the-Loop-Evaluationen möchten wir Komponenten möglichst einzeln testen und alles andere simulieren.

Das trifft auch auf unseren regelbaren Ortsnetztransformator zu, dessen Kommunikationseinheit mit einer Motorsteuereinheit via Modbus RTU kommuniziert.

Wir möchten die Motorsteuereinheit in Zukunft simulieren und werden dazu das Modbus RTU Kommunikationsprotokoll reverse engineerieren und darauf aufbauend einen Simulator erstellen.

Sollten wir das unerwarteterweise sehr schnell umsetzen, warten genügend andere Komponenten, die wir derselben Prozedur unterziehen werden.

Anzahl der Studenten:

2

Gewünschtes Studienfach der Studenten:

- Informatik
- Maschinenbau
- Mechatronik und Informationstechnik
- Elektrotechnik

gewünschte Vorkenntnisse/Wissensstand:

some programming experience in any language is highly advised