

SUPER-HIT

Software-based User-centric Platform for Enhanced Remote-control of Hybrid Intelligent Transformers

Programm / Ausschreibung	IWI 24/26, IWI 24/26, Basisprogramm Ausschreibung 2025	Status	laufend
Projektstart	02.01.2025	Projektende	30.04.2026
Zeitraum	2025 - 2026	Projektlaufzeit	16 Monate
Keywords			

Projektbeschreibung

Die alternde Infrastruktur des weltweiten Stromnetzsystems führt zu Ineffizienzen, Unzuverlässigkeit und erhöhter Ausfallanfälligkeit. Es sind erhebliche Wartungs- und Modernisierungsarbeiten notwendig, um diesen Problemen entgegenzuwirken. Weiters führt die Integration erneuerbarer Energiequellen wie Solar- und Windenergie in das Netz aufgrund ihrer intermittierenden und variablen Natur zu Komplexität. Jedoch ist das Erreichen eines Gleichgewichts zwischen Angebot und Nachfrage kompliziert und erfordert fortschrittliche Energiespeicher- und -managementlösungen. Das Netz ist auch anfällig für verschiedene Störungen, die von extremen Wetterereignissen über Cyberangriffe bis hin zu physischen Angriffen reichen.

Die Implementierung von Smart-Grid-Technologien ist von entscheidender Bedeutung, wenn es darum geht ein nachhaltig stabiles und zukunftsfähiges Stromnetzsystem realisieren zu können. Inhalt dieses Projekts ist die Entwicklung einer umfassenden Softwarelösung zur Steuerung von Transformator-Netzwerken. Dabei werden modernste Sensoren, Kommunikationsnetzwerke und Datenanalysen zur Optimierung des Netzbetriebs in einem Gesamtkonzept vereint, wodurch die Effizienz gesteigert wird und automatisierte Reaktionsmechanismen ermöglicht werden. Die Erfassung der geographischen Distribution einzelner Transformator-Stationen und ihres Verhaltens dient dabei als Ausgangsbasis für die Entwicklung von (Forecasting-)Algorithmen, die automatisch Lastanpassungen auslösen und so eine gleichmäßige Lastverteilung im Trafonetz ermöglichen, Überlastungen vermeiden und die Energieverteilung optimieren.

Ziel dieses Projekts ist es, eine Plattform zu entwickeln, die einzelne Trafostationen überwachen und ein Gesamtbild des Netzzustands liefern kann. Aufgrund seiner innovativen Hardware-Lösungen ist IONATE bereits in der Lage, viele Probleme zu lösen, darunter die Optimierung von elektrischen Parametern wie Spannungspegel und Kapazität oder Bandbreitenanpassung, jedoch nur für einzelne Punkte im Netz. Wir wollen unsere Expertise erweitern und unser Know-how auf das gesamte Netz anwenden, mit dem Ziel, einen komplexen und revolutionären Netzsteuerungs- und Optimierungsmechanismus zu entwickeln, der auf fortschrittlicher Datenanalyse und Optimierung durch maschinelles Lernen basiert.

Es ist noch unklar, wie bei der Aufnahme von Hochfrequenzdaten von mehreren Transformatoren eine Überforderung der Verarbeitungskapazität des Systems vermieden werden kann und wie mit Konnektivitätsverlusten umgegangen werden muss. Weiters unklar ist, wie das Zusammenführen verschiedener Datentypen (strukturiert, unstrukturiert, Zeitreihen) so realisiert werden kann, dass die Datenqualität und Modellgenauigkeit nicht beeinträchtigt wird und welche Algorithmen-Konzepte und -Kombinationen zu aussagekräftigen Forecasting-Ergebnissen führen werden, bzw. wie eine effektive automatisierte Lastanpassung in der extensiven Realumgebung erreicht werden kann.

Es muss ein Echtzeit-Monitoring-System entwickelt werden, welches durch Sensorintegration relevante Transformator-Parameter bezieht. Ein Fernsteuerungsmechanismus soll es den Operatoren erlauben, die Transformator-Konfiguration über einen sicheren und effizienten Kommunikationskanal zu ändern. Dazu muss ein Steuerungsinterface entwickelt werden, welches auch deren geographische Distribution integriert. Auf der Grundlage von Prognosen und Analysen werden flexible Reaktionskapazitäten für externe Flexibilitätsmarktplattformen bereitgestellt und koordinierte Sollwertreaktion definiert. Weiters wird eine automatisierte Berichterstellung realisiert, welche die Leistung des Transformators über Kennzahlen ausgibt. Prognosemodelle werden durch iterative Verbesserung optimiert und zur automatisierten Lastanpassung abgestimmt. Weiters werden Techniken wie k-Nearest Neighbour (KNN), Random Forest (RF) und Multi-Layer Perceptron (MLP)-Ansätze zur Analyse von Hochfrequenzdaten eingesetzt, um Muster im Zusammenhang mit der Leistung des Transformators, Lastschwankungen und potenziellen Anomalien erkennen zu können.

Endberichtkurzfassung

Es konnte eine funktionsfähige und weitgehend reproduzierbare Forecasting- und Analysebasis aufgebaut werden. Der größte Mehraufwand entstand durch die aufwendige Beschaffung, Harmonisierung und Aufbereitung heterogener Datensätze aus unterschiedlichen Quellen. Insgesamt wurden robuste Datenpipelines, Feature-Engineering-Methoden sowie erste belastbare Prognosemodelle entwickelt und erfolgreich getestet.

Parallel dazu wurden zentrale Systemkomponenten umgesetzt: ein skalierbarer Forecasting-Service, eine fehlertolerante ML-Pipeline, sowie ein umfassend erweitertes Visualisierungs- und Dashboard-System. Durch den Ausbau der Infrastruktur (z.B. Kubernetes, APIs, Task-Queue, RBAC) und der UI-Funktionalitäten konnte eine solide technische Basis geschaffen werden, auch wenn die finale Validierung der Prognosefunktionen aufgrund fehlender Felddaten noch aussteht. Ein besonders anspruchsvoller Forschungsteil war die Rekonstruktion der „Original Load“, da der aktive Transformator Messwerte physikalisch verändert. Erste experimentelle und modellbasierte Ansätze wurden entwickelt, jedoch bleibt die finale Lösung offen und erfordert Felddaten zur Validierung. Im Embedded- und Gerätemanagement-Bereich wurden stabile Kommunikationsstrukturen, Failsafe-Mechanismen sowie Test- und Debugging-Tools entwickelt.

Die Systemintegration ist weitgehend abgeschlossen, inklusive Cloud-Deployment, Schnittstellen und Demonstration. Die tatsächliche Lastoptimierung wird jedoch erst nach Feld-Inbetriebnahme bewertet werden können.

Projektpartner

- IONATE GmbH