

UNTERSUCHUNG DER INTEROPERABILITÄT VERSCHIEDENER NETZPLANUNGSWERKZEUGE

Frey FLOREZ¹, Sultan Nasiruddin AHMED², Nickan GOLESTANI³, Niklas ERLE⁴,
Santiago MESA⁵

Inhalt

Die Erreichung der klimapolitischen Ziele der Europäischen Union erfordern eine weitreichende Veränderung des Energiesystems. Die deutschen Übertragungsnetzbetreiber untersuchen im Rahmen von Netzplanungsprozessen notwendige Netzausbau- und -verstärkungsmaßnahmen, um auch zukünftig eine zuverlässige und sichere Netzinfrastruktur bereitzustellen [1].

Die Randbedingungen und Bewertungskriterien für die Netzplanungsprozesse sind in den Planungsgrundsätzen der deutschen Übertragungsnetzbetreiber zusammengefasst. Insbesondere relevant sind dabei Lastfluss- und Kurzschlussstromberechnungen, Untersuchung von Stabilitätskriterien und die Versorgungszuverlässigkeit [2]. Um allen Aspekten der Netzplanung gerecht zu werden sind in der Regel mehrere Netzplanungswerkzeuge notwendig. Die Interoperabilität der Netzplanungswerkzeuge ist eine zunehmend wichtige Fragestellung in der Anwendung.

Im Rahmen dieses Beitrags wird daher ein Vergleich zwischen den zwei Netzplanungswerkzeugen INTEGRAL⁶ und PowerFactory⁷ durchgeführt. Der Fokus liegt dabei auf den Unterschieden der integrierten Modelle. Weiterhin werden Möglichkeiten dargestellt, um Differenzen zwischen den Netzbetriebsmittelmodellen zu beheben.

Methodik

Unit Tests

Dieser Beitrag fokussiert auf folgende Netzbetriebsmittelmodelle:

- Zwei- und Dreiwicklungstransformatoren (T2W und T3W), Phasenschiebertransformatoren (PST)
- Flexible AC Transmission Systems (FACTS): Static Synchronous Series Compensator (SSSC)

Die Modellierung der Netzbetriebsmittelmodelle für Lastfluss- und Kurzschlussberechnungen wird in den Netzplanungswerkzeugen detailliert beschrieben^{6,7}.

Aufgrund unterschiedlicher Anforderungen der Nutzer an die Netzplanungswerkzeuge weichen die verwendeten Datenmodelle voneinander ab. So werden Impedanzen in Power Factory grundsätzlich im Per-Unit-System angegeben, in INTEGRAL erfolgt keine Normierung auf die Bezugsgröße. Weiterhin werden in Power Factory explizite Vorgaben für die stufenabhängige Kurzschlussleistung u_k und Kurzschlussleistung P_k vorgegeben. INTEGRAL nutzt eine verallgemeinerte Approximation in Abhängigkeit von der aktuellen Stufenstellung s , sowie den Werten für u_k und P_k in Mittelposition ($s = s_{mit}$), Minimalposition ($s = s_{min}$) und Maximalposition ($s = s_{max}$):

$$u_k(s) = u_{k,s=s_{mit}}(as^2 + bs + 1), \text{ mit } a = \frac{u_{k,s=s_{max}} + u_{k,s=s_{min}} - 2u_{k,s=s_{mit}}}{2u_{k,s=s_{mit}}s_{max}^2} \text{ und } b = \frac{u_{k,s=s_{max}} - u_{k,s=s_{min}}}{2u_{k,s=s_{mit}}s_{max}}$$

$$P_k(s) = P_{k,s=s_{mit}}(cs^2 + ds + 1), \text{ mit } c = \frac{P_{k,s=s_{max}} + P_{k,s=s_{min}} - 2P_{k,s=s_{mit}}}{2P_{k,s=s_{mit}}s_{max}^2} \text{ und } d = \frac{P_{k,s=s_{max}} - P_{k,s=s_{min}}}{2P_{k,s=s_{mit}}s_{max}}$$

¹ Dr.-Ing. Frey Florez TransnetBW GmbH, f.florez@transnetbw.de, <https://www.transnetbw.de/>

² Sultan Nasiruddin Ahmed, FGH GmbH, sultan.ahmed@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

³ Nickan Golestani, FGH GmbH., nickan.golestani@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

⁴ Niklas Erle, FGH e.V., niklas.erle@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

⁵ Santiago Mesa, Smart Wires Inc, santiago.mesa@smartwires.com, <https://www.smartwires.com/>

⁶ INTEGRAL, FGH GmbH, <https://www.fgh-ma.de/>

⁷ PowerFactory, DlgSILENT GmbH, <https://www.digsilent.de/>

Im Rahmen von Unit Tests werden die Netzbetriebsmittelmodelle individuell getestet. Zu diesem Zweck werden Leistungsfluss- und Kurzschlussstromberechnungen unter Variation der Modellparameter durchgeführt. Das Regelungsverhalten lastflusssteuernder Netzbetriebsmittel (SSSC und PST) wird über ein äquivalentes, paralleles Netzbetriebsmittel, welches jedoch nicht gestuft wird, getestet.

In der Langfassung dieses Beitrags sind die zugrundeliegenden Betriebsmittelmodelle genauer beschrieben.

Integrationstest

Die Abbildung der Interdependenzen zwischen verschiedenen Modellen werden anhand des IEEE 39-Bus Testsystems geprüft [3]. In beiden Netzplanungswerkzeugen wird das Testsystem modelliert und anschließend eine Lastflussberechnung durchgeführt.

Ergebnisse

Unit Tests

Die Ergebnisse der Unit Tests können Tabelle 1 entnommen werden. Insgesamt wurden 1094 Sensitivitätsrechnungen für die betrachtet. Die Berechnungsergebnisse zeigen eine hohe Kohärenz zwischen den beiden Netzplanungswerkzeugen. Lediglich bei Lastflussberechnungen von Zweiwicklungstransformatoren im Bereich kleiner Übertragungsleistungen ergeben sich maximale relative Abweichungen ($\Delta_{rel,max}$) größer 1 %. Hierbei sind absolute Abweichungen von ca. 110 kW zu beobachten. Aufgrund der insgesamt sehr niedrigen Abweichungen werden die Unit Tests als erfolgreich bewertet.

Netzbetriebsmittel	T2W		T3W	PST	SSSC
Berechnungsverfahren	Lastfluss	Kurzschluss	Kurzschluss	Lastfluss	Lastfluss
Variationen	472	60	60	502	48
$\Delta_{rel,max}$	2.9 %	0,12 %	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1%

Tabelle 1: Ergebnisse der Unit Tests

Integrationstest

Auf Basis des IEEE 39-Bus Testsystems ergibt sich in beiden Netzplanungswerkzeugen ein konvergenter Lastfluss. Dabei ergeben sich maximale relative Abweichungen von 0,003 % in der Knotenspannung und 0,1% im Spannungswinkel. Aufgrund der lediglich minimalen Abweichungen ist dieser Test erfolgreich.

Referenzen

- [1] TransnetBW GmbH; TenneT TSO GmbH; Amprion GmbH; 50Hertz Transmission GmbH, „Netzentwicklungsplan Strom 2030,“ 2019.
- [2] TransnetBW GmbH; TenneT TSO GmbH; Amprion GmbH; 50Hertz Transmission GmbH, Grundsätze für die Ausbauplanung des deutschen Übertragungsnetzes, 2020.
- [3] R. P. Payasi1, A. K. Singh1 und D. Singh2, Planning of different types of distributed generation with seasonal mixed, 2012.