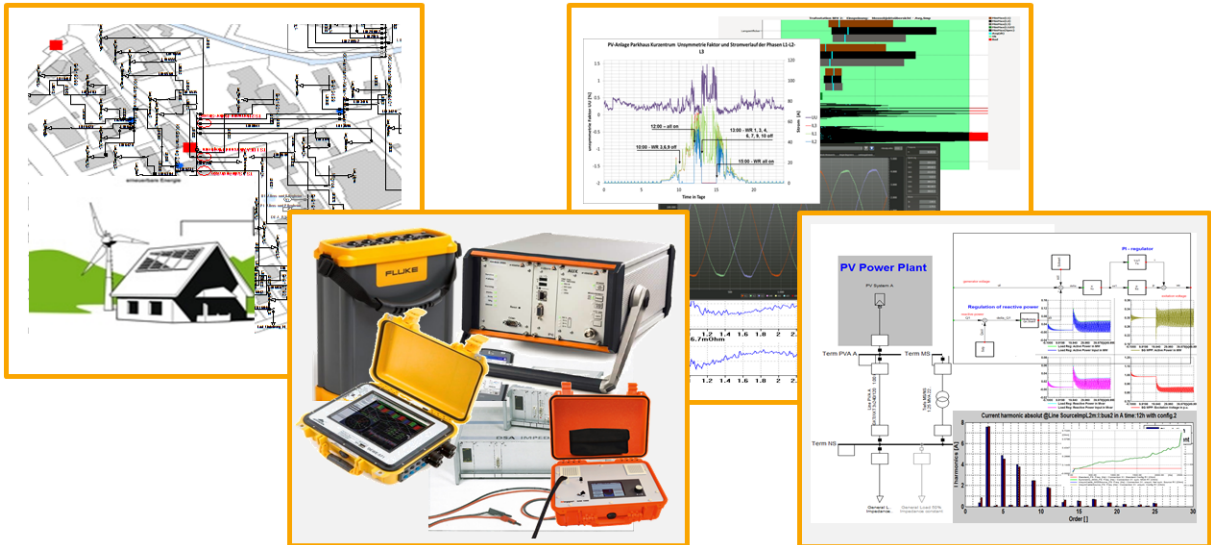




Schlussbericht 24.10.2016

Swinging Grids

Messung und Modellierung von Schwingungsphänomenen in Verteilnetzen





Berner
Fachhochschule

Datum: 24.10.2016

Ort: Nidau

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Netze
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

AEW Energie AG, CH-5001 Aarau
BKW Energie AG, CH-3000 Bern 25
Energie Service Biel/Bienne, CH-2504 Biel
Energie Thun AG, CH-3600 Thun
Repower AG, CH-7742 Poschiavo
EWZ, CH-8050 Zürich

Auftragnehmerin:

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik (BFH-TI)
Quellgasse 21
CH-2503 Biel
www.ti.bfh.ch

Projektleiter:

Prof. Michael Höckel, Berner Fachhochschule, michael.hoeckel@bfh.ch

Autoren:

Andreas Gut, Berner Fachhochschule, andreas.gut@bfh.ch
Prof. Michael Höckel, Berner Fachhochschule, michael.hoeckel@bfh.ch
Niklaus Schneeberger, Berner Fachhochschule
Dominik Amrein, Berner Fachhochschule
Stefan Schori, Berner Fachhochschule, stefan.schori@bfh.ch

BFE-Bereichsleitung: Dr. Michael Moser, michael.moser@bfe.admin.ch

BFE-Programmleitung: Dr. Michael Moser, michael.moser@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/501071-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Zusammenfassung

Da die optimale Nutzung der Verteilnetze genaue Kenntnisse der Vorgänge voraussetzt, wurden in diesem Projekt „Swinging Grids“ kritische Netze erfasst und vorhandene Auswirkungen gemessen. Mittels Simulationen auf Basis von geeigneten und verifizierten Modellen sind die Grenzen der Belastbarkeit aufgezeigt worden. Anhand der Untersuchungsergebnisse wurden Empfehlungen in Bezug auf den Netzanschluss von modernen Kundenanlagen erarbeitet.

Das Projekt „Swinging Grids“ hat den gesamten Frequenzbereich von quasi 0 Hz bis 150 kHz beleuchtet. Im Allgemeinen sind die Niederspannungsnetze auch mit der Integration verschiedener Spannungsregler oder Wechselrichter mit Regelfunktionen stabil. Es wurde gezeigt, dass der entscheidende Schlüsselfaktor für die Stabilität der Niederspannungsnetze die frequenzabhängige Netzimpedanz (fNI) ist. Instabilitäten treten vor allem durch ein ungünstiges Zusammenspiel von Schwingungen oberhalb der Grundschwingung mit der frequenzabhängigen Netzimpedanz auf. Subsynchroner Schwingungen sind zwar messbar, die dabei auftretenden Instabilitäten korrelieren aber kaum mit diesen. Einzelne Kundenanlagen können aufgrund einer unvorteilhaften Kombination von Regelparametern und frequenzabhängiger Netzimpedanz zu einer erhöhten Stromverzerrung bis hin zum instabilen Betrieb neigen. Dies ist abhängig von Hersteller und Typ der eingesetzten Geräte sowie von der am Anschlusspunkt vorherrschenden fNI . Insbesondere für Kundenanlagen mit nichtlinearer Technologie sind einige einfache Zusatzempfehlungen formuliert worden, welche dabei helfen, kritische Netze vorgängig zu untersuchen oder nachträglich die richtigen Grössen zu beachten um Ursachen und Lösungen für erhöhte Oszillationen oder den instabilen Betrieb eines Umrichters zu finden.

Résumé

Comme l'exploitation des réseaux de distribution électrique exige des connaissances précises des procédés, on a saisi dans ce projet „Swinging Grids“ des réseaux sensibles et mesuré les répercussions existantes. Avec des simulations à la base des modèles appropriés et vérifiés on a mis en évidence les limites de la charge admissible. A l'aide des résultats de recherche on a élaboré des recommandations concernant le branchement au réseau des installations des clients modernes.

Le projet „Swinging Grids“ a s'occupée tout le domaine des fréquences de quasiment 0 Hz à 150 kHz. En général les réseaux basse tension sont stables même après l'intégration des différents régulateurs de tension ou des onduleurs avec fonctions de réglage. On a démontré que le facteur-clé décisif pour la stabilité des réseaux basses tensions est l'impédance du réseau dépendant de la fréquence. Des instabilités apparaissent surtout lors des interactions défavorables avec des oscillations au-dessus de la fréquence fondamentale avec l'impédance du réseau dépendant de la fréquence. Certes, des oscillations sous-synchrones sont mesurables, mais les instabilités qui apparaissent en même temps sont à peine en corrélation avec ceux-là. Certaines installations clients peuvent tendre, grâce à une combinaison défavorable des paramètres de régulation et l'impédance du réseau dépendant de la fréquence, à des distorsions de courant surélevées jusque au régime instable. Cela dépend du fabricant et du modèle des appareils utilisés ainsi que de l'impédance du réseau dépendant de la fréquence dominante au point de raccordement. En particulier pour les installations clients avec une technologie non-linéaire on a formulé quelques recommandations supplémentaires simples, qui aident lors d'une analyse précédente des réseaux sensibles ou à respecter ultérieurement les grandeurs correctes pour trouver les causes et solutions des oscillations accrues ou du régime instable d'un onduleur.



Summary

The optimal use of the distribution grids needs a good knowledge base of the dependencies. The project „Swinging Grids“ aimed to investigate critical grids, where existing effects were measured and the limits of charging by regulated devices were shown by adequate models. On this base, recommendations for the assessment of connection requests in respect of control systems were elaborated.

The project „Swinging Grids“ monitored the whole frequency area between nearly 0 Hz and 150 Hz. Basically, low voltage grids with regulated transformers and converters with regulation functionalities are stable. It has been shown that the key factor of the stability of low voltage grids is the frequency-dependent grid impedance. Instabilities are occurring especially by an unfavourable interaction of oscillations above the fundamental with the frequency-dependent grid impedance. Subharmonic oscillations are indeed measurable, but there is hardly any correlation with the instabilities. Single customer installations with an unfavourable combination of control parameters and frequency-dependent grid impedance can initiate harmonic distortions ending in an instable operation. This depends on the manufacturer, the device type and on the frequency-dependent grid impedance at the point of common coupling (PCC). Especially for customer installations with non-linear technologies, simple recommendations have been formulated, which help to analyse the grids ex post or to focus on the important parameters ex ante to identify the reasons for the disturbances.