

VERGLEICHSKRITERIEN ZUR OBJEKTIVEN BEWERTUNG VON INSELNETZDETEKTIONSVERFAHREN IM VERTEILNETZ

Sebastian PALM¹, Peter SCHEGNER¹

Inhalt

Die zunehmende Dezentralisierung der elektrischen Energieerzeugung durch dezentrale Erzeugungsanlagen (DEA) führt im verstärkten Maße zum Phänomen der ungewollten Inselnetze. Es handelt sich dabei um Teilnetze, die nach einer Trennung vom vorgelagerten Netz nicht spannungslos werden und deren Leistungsbilanz ungewollt durch DEA aufrechterhalten wird. Zur Abschaltung solcher Teilnetze wurden zahlreiche verschiedene Inselnetz-Detektionsverfahren (IDV) entwickelt. In dieser Veröffentlichung werden die wichtigsten Detektionsverfahren vorgestellt und unter Anwendung realitätsnaher Modelle von DEA und verschiedener Modelle elektrischer Lasten (EL) miteinander verglichen. Dazu werden neue, allgemeingültige Vergleichskriterien eingeführt, die insbesondere die Wirksamkeit und Detektionsgeschwindigkeit objektiv bewerten.

Methodik

Für verschiedene Erzeuger- und Lastkombinationen (siehe Bild 1) werden Simulationen zur ungewollten Inselnetzbildung durchgeführt. Dabei werden nicht nur die perfekt ausgeglichenen Fälle mit $\Delta P \approx 0$ und $\Delta Q \approx 0$, sondern auch größere Wirkleistungs- und Blindleistungsdifferenzen zwischen DEA und EL berücksichtigt. Zum Zeitpunkt $t = 0$ s wird die Verbindung zum vorgelagerten Netz geöffnet. Fälle, in denen eine elektrische Insel nicht innerhalb von 5 s beendet werden kann, werden der nichtdetektierbaren Zone (NDZ) zugeordnet. Diese ist schematisch in Bild 2 dargestellt.

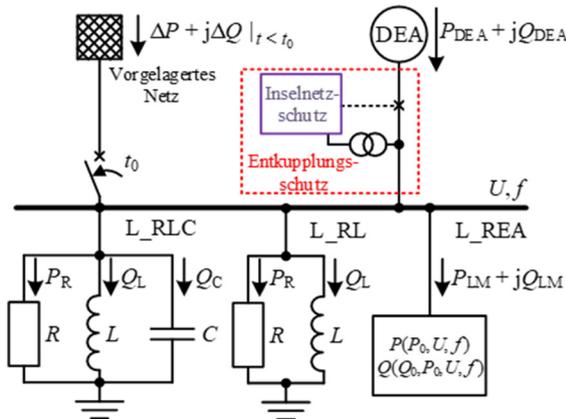


Abbildung 1: Vereinfachte Schaltung mit verschiedenen DEA- und EL-Modellen an einer gemeinsamen Sammelschiene

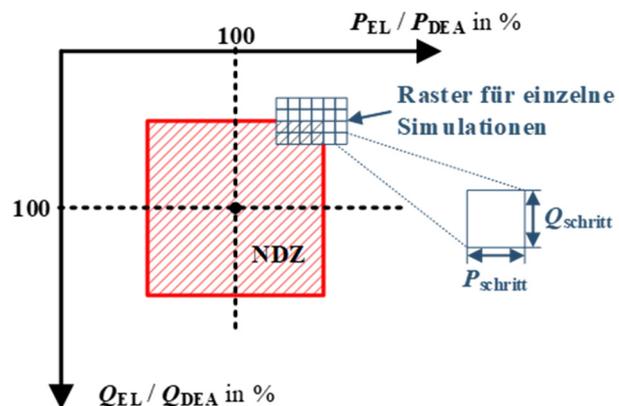


Abbildung 2: Schema einer Nichtdetektierbaren Zone (NDZ) mit einem beispielhaften Raster für einzelne Simulationen

Um nun verschiedene IDV miteinander vergleichen zu können, werden belastbare und allgemeingültige Vergleichskriterien benötigt. Dazu werden für jedes Verfahren zwei neue Parameter aus den Ergebnissen der Simulation bestimmt.

Der erste Parameter A_{NDZ} beschreibt die Größe der NDZ in den untersuchten Fällen. Der Parameter ergibt sich mit Gl. (1). Für jede DEA- bzw. EL-Kombination i wird die Anzahl an nichtdetektierten Simulationsfällen mit $N_{NDZ, i}$ zusammengezählt. Die Gesamtfläche der NDZ A_{NDZ} wird durch Multiplikation von N_{NDZ} mit den Simulationsschrittweiten für Wirk- und Blindleistung (siehe Raster in Bild 2) ermittelt. Um direkt die Verbesserung einschätzen zu können, die durch ein IDV erzielt wird, kann der Parameter size of NDZ (kurz SI_{NDZ}) nach Gl. (2) genutzt werden. Hierbei wird A_{NDZ} auf den Referenzwert beim Standardverfahren des Entkopplungsschutzes (Spannungs- und Frequenzschutz, D_UFS) bezogen.

¹ Technische Universität Dresden, Mommsenstraße 10, 01062 Dresden, Tel.: +49 351 463-33094/34374, {sebastian.palm|peter.schegner}@tu-dresden.de, www.tu-dresden.de/ing/elektrotechnik/ieeh/ev

Dementsprechend weist D_UFS den Wert $S_{NDZ} = 1,0$ auf und zusätzliche IDV müssen diesen Wert möglichst stark reduzieren.

$$A_{NDZ, IDV} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_{NDZ, i} \cdot P_{\text{schritt}} \cdot Q_{\text{schritt}} \quad (1)$$

$$S_{NDZ} = \frac{A_{NDZ, IDV}}{A_{NDZ, ref}} \quad (2)$$

Der zweite Parameter ist die durchschnittliche Detektionszeit t_D , die ein Maß dafür ist, wie schnell erfolgreiche Detektionen erfolgten. Mit der Summenverteilung der einzelnen Detektionsfälle $F(t)$ kann der zweite Parameter über Gl. (3) als Zeitfläche der noch nicht erfolgten Detektionen berechnet werden. Diese Zeitfläche ist in Bild 3 beispielhaft für das Verfahren D_UFS mit orange markiert. Auch für diesen Parameter kann eine Normierung auf die Referenzzeit $t_{D, ref}$ bei D_UFS nach Gl. (4) erfolgen. Zusätzliche IDV müssen den Parameter S_{NDZ} und bestenfalls auch T_{INDZ} verringern.

$$t_{D, IDV} = \int_0^{5s} F(5s) - F(t) dt \quad (3)$$

$$T_{INDZ} = \frac{t_{D, IDV}}{t_{D, ref}} \quad (4)$$

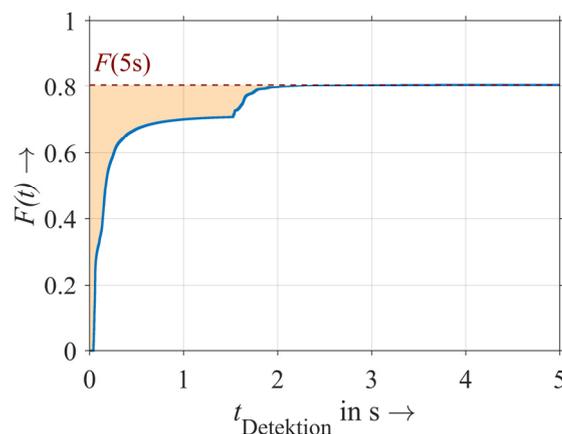


Abbildung 3: Summenverteilung der Detektionszeiten bei Spannungs- und Frequenzschutz

Es wurde ein neues Bewertungsverfahren entwickelt, mit dem es möglich ist, die Wirksamkeit und Geschwindigkeit verschiedener IDV objektiv und unter identischen Bedingungen zu vergleichen. Es wurden umfangreiche Simulationen durchgeführt um die Wirksamkeit verschiedener IDV zu untersuchen und anhand der neuen Vergleichskriterien zu bewerten. Es zeigte sich, dass viele IDV erhebliche Verbesserungen des Verhaltens im Falle von ungewollten Inselnetzbildungen bewirken. Die Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit der Detektion wurde in vielen Situationen erhöht. Allerdings gibt es für fast alle IDV bestimmte Last- und Erzeugerkombinationen, die dazu führen, dass eine Detektion unmöglich wird.

Es zeigte sich ebenfalls, dass die in bisherigen Untersuchungen oftmals als worst-case angenommene RLC-Parallelschaltung in keiner Situation tatsächlich die kritischste Last war. Aufgrund der geforderten Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz, die sich bei RLC-Lasten eher positiv auf die Detektion von ungewollten Inselnetzen auswirkt, sind die Fälle der RL-Last und eines aus Messungen gewonnenen Lastmodells (L_REA) wesentlich kritischer. Da die DEA in Zukunft in zunehmendem Maße zur Blindleistungsbereitstellung beitragen müssen, dürfen die Fälle des Blindleistungsausgleichs zwischen DEA und EL keinesfalls vernachlässigt werden.