

EIN BEITRAG ZUR AUTOMATISIERTEN NETZREKONFIGURATION IN DER NIEDERSPANNUNG

Daniel HERBST¹, Robert SCHÜRHUBER¹, Ernst SCHMAUTZER¹

Einleitung

Einhergehend mit den politischen Zielen einer möglichst ökonomisch und ökologisch verträglichen Stromversorgung ergeben sich unter anderem neuartige Herausforderungen für die elektrischen Energieversorgungsnetze. Beispielsweise resultiert dies in der vermehrten Durchdringung der Niederspannungsverteilnetze (d.h. sowohl Niederspannungsverteil- als auch -verteilernetze, 230/400 V) mit dezentralen, erneuerbaren Energiequellen wie beispielsweise Photovoltaikanlagen oder aber auch leistungsstarken Verbrauchern, zB Ladestationen für Elektrofahrzeuge, Klimaanlage bzw. Wärmepumpen [1]. Traditionelle Planungskriterien, wonach im Wesentlichen mit Lastflüssen von großen Erzeugungseinrichtungen (situiert in höheren Spannungsebenen) hin zu dezentralen Verbrauchern (im Niederspannungsnetz) kalkuliert wird, sind dabei nicht mehr anwendbar. Eine entsprechende Umkehr des Lastflusses von dezentralen Erzeugern hin zu übergeordneten Netzebenen sowie die bereits genannten, neu hinzukommenden leistungsstarken Verbraucher können dabei zu lokalen Überlastungen des konventionellen, radial betriebenen Niederspannungsnetzes führen [2].

Eine mögliche Abhilfe ist dabei eine temporäre, automatisierte Netzrekonfiguration bzw. eine Vermaschung auf der Niederspannungsebene. Dieser Beitrag stellt einen dafür im Kontext des Forschungsprojekts Power System Cognification (PoSyCo) entwickelten Algorithmus vor und vermittelt einen Eindruck der praktischen Umsetzungsmöglichkeiten und Bewertung der Netzrekonfiguration und der zu bevorzugenden Lastverteilung im Verteilnetz unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf den Netzschutz und die Schutzmaßnahmen anhand eines eigens dafür aufgebauten Labordemonstrators.

Methodik

Die in der Einleitung beschriebene temporäre Rekonfiguration (zB Umschaltung im Netz) bildet eine Möglichkeit zur Bewältigung der genannten zukünftigen Herausforderungen in Niederspannungsverteilnetzen. Die dafür entwickelte Methodik bzw. der zugehörige Algorithmus evaluiert dabei sämtliche mögliche Netzkonfigurationen aus einer bestehenden Netztopologie und priorisiert diese hinsichtlich der folgenden unterschiedlichen Kennzahlen (en. key performance indicators, KPIs: Einhaltung der Spannungsgrenzen, zulässige Auslastung einer Leitung, Gesamtverluste eines (Teil-)Netzes, Auslastungsreduktion einer Leitung, Distanz zwischen ausgelasteter Leitung und Schaltelement/Leistungsschalter und Vermaschung des (Teil-)Netzes. [3-5]

Für ein Niederspannungsverteilnetz(-Segment), dessen grundsätzliche Topologie beispielsweise drei Umschalt- bzw. Rekonfigurationsmöglichkeiten (sprich Schaltelemente) bietet, ergeben sich im Sinne der Booleschen Algebra $2^4 = 16$ unterschiedliche Netzkonfigurationen, wofür der in Python entwickelte Algorithmus mit Hilfe der Netzberechnungssoftware DlgSILENT PowerFactory 16 Lastflussberechnungen der einzelnen Netzkonfigurationen durchführt. Die dabei generierten Ergebnisse bilden die Grundlage zur Bewertung der verschiedenen Netzkonfigurationen anhand der KPI-Berechnungen und führen schließlich zu einem Priorisierungsvorschlag. Jene mit der höchsten Priorität (= niedrigster Wert der Summen der einzelnen KPIs je Netzkonfiguration) wird damit als zu bevorzugende Konfiguration ermittelt und als Vorschlag bspw. dem entsprechenden Netzbetrieb/ Operator angezeigt. [3-5] Abbildung 1 stellt das Ergebnis einer Evaluierung unterschiedlicher Konfigurationen eines Teils eines beispielhaften Niederspannungsverteilnetzes basierend auf den beschriebenen sechs KPIs – wobei diese einer Sensitivitätsanalyse hinsichtlich verschiedener Gewichtungen im Bereich von 0,05 bis 4,0, unterzogen sind – in Form eines Carpet Plots dar. Man erkennt im oberen Teil die einzelnen Netzkonfigurationen in Abhängigkeit der Variation der Gewichtungsfaktoren $k_{KPI,m}$ jeweils von 0,05 bis 4,0 wobei die dabei dargestellte Priorisierung in Form der diskreten Farbskalierung (grün bis rot) zu

¹ TU Graz – Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Inffeldgasse 18/I, A-8010 Graz, +43 316 873-7551, office.ian@tugraz.at, iean.tugraz.at

verstehen ist. Ein niedriger Wert (grün) stellt eine bevorzugte Konfiguration dar, ein hoher Wert (rot) eine zu vermeidende. Der durchwegs konstante Farbverlauf des oberen Plots in horizontaler Richtung (zB hellgrün bei Netzkonfiguration 8) lässt dabei bspw. auf ein stabiles Verhalten der entsprechenden Konfiguration in Bezug auf unterschiedliche KPI-Gewichtungen schließen.

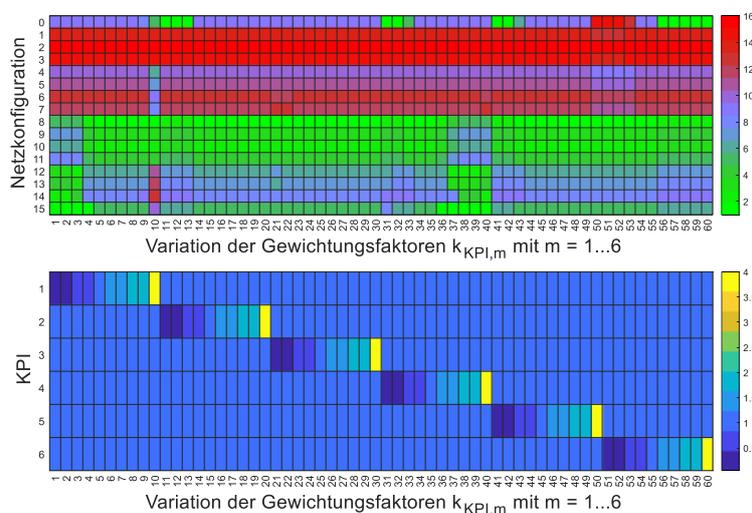


Abbildung 1: Carpet Plot der Priorisierung der unterschiedlichen Netzkonfigurationen 0 bis 15 anhand der sechs KPIs in Abhängigkeit von Gewichtungsfaktoren $k_{KPI,m}$ für ein beispielhaftes Niederspannungsverteilstnetz vgl. [4-5]

Schlussfolgerungen und Ausblick

Der entwickelte Algorithmus zur automatisierten Rekonfiguration zeigt in ersten Tests an digitalen Netzmodellen unterschiedlicher Niederspannungsverteilstnetze (urban, rural und synthetisch) stabile Resultate hinsichtlich einer Verbesserung der Lastsituation (zB bessere Leitungsauslastung, Reduktion der Verluste, Vermeidung von Überlastung, Gewährleistung der Spannungsqualität) sowie der Beständigkeit gegenüber variierten KPI-Gewichtungsfaktoren. In einem weiteren Schritt sind Untersuchungen hinsichtlich Skalierbarkeit und Reproduzierbarkeit angedacht. Weiters wurde ein Labordemonstrator mit vier Niederspannungskompaktleistungsschaltern entwickelt und aufgebaut [5-7], an welchem die Erprobung des realitätsnahen Einsatzes des Algorithmus geplant ist.

Danksagung

Die beschriebene Methode wurde im Zuge des von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und dem österreichischen Klima- und Energiefonds (KLIEN) finanzierten Leitprojekts PoSyCo – Power System Cognification (#867276) entwickelt.

Referenzen

- [1] Republic of Austria - Federal Ministry for Sustainability and Tourism, Republic of Austria - Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology, “#mission2030 - The Austrian Climate and Energy Strategy”, 2018.
- [2] Einfalt, A., Brunner, H., Prügler, W., et al., “Efficient Utilization Of Existing Grid Infrastructure Empowering Smart Communities”, IEEE ISGT NA, Washington DC/USA, 2020.
- [3] Herbst, D., Schürhuber, R., Lagler, M., et al., “Low-Voltage Grids in Transition – Automatic Grid Reconfiguration Approach for Future Smart Grid Challenges”, CIRED, 2021.
- [4] Herbst, D., Schürhuber, R., Schmutzner, E., et al., „Entwicklung und Evaluierung eines Algorithmus zur automatisierten Rekonfiguration von Niederspannungsnetzen“, e&i Elektrotechnik und Informationstechnik, Ausgabe 08.2021, Wien/AT, 2021, <https://doi.org/10.1007/s00502-021-00939-5> (aufgerufen am 12.November 2021).
- [5] Herbst, D., „Ein Beitrag zu neuen Ansätzen im Niederspannungsschutz“ (Arbeitstitel), Dissertation, Technische Universität Graz, laufend.
- [6] Promberger, M., „Labordemonstrator zur automatisierten Rekonfiguration im Niederspannungsnetz“, Masterarbeit, Technische Universität Graz, 2021.
- [7] Griesser, R., „Automatisierung eines Kompaktleistungsschalter-Labordemonstrators mit Python Kommunikation“, Masterarbeit, Technische Universität Graz, 2021.