

1 Aufgabe

Der Distributor D aus DK hat im heimischen Markt Erfahrung im Anschluss von dezentralen Erzeugungsanlagen. Durch die Nähe zu Deutschland plant Distributor D den Markteintritt mit einer **griechischen Kleinwindanlage** (im folgenden EZE genannt) im deutschen Markt. **Ab 2021 sollen 20 EZE aufgestellt werden.**

Der Distributor D kennt sich mit den Netzanschlussrichtlinien in Deutschland nicht aus und hat dazu keine eigene Expertise im Haus. Der Distributor D hat daher die HTW Berlin mit der Anfertigung eines Gutachtens zur Beantwortung der unten dargestellten Fragestellungen beauftragt. Es soll eine schriftliche Ausarbeitung vorgelegt werden.

1.1 Rechtliche Begutachtung

Die EZE hat eine **Nennleistung von 100 kW**, eine **Nabenhöhe von 50m** und ist **bereits vielfach in Griechenland und den USA aufgestellt worden** – allerdings mit einem **anderen Umrichter**, dessen Zulassung in Deutschland unwahrscheinlich ist. Daher soll die WEA mit dem Umrichter eines deutschen Herstellers ausgestattet werden.

In Deutschland steht seit Mitte 2019 bereits eine EZE mit Anschluss ans Niederspannungsnetz.

Erste Marktstudien zeigen, dass **70% an ein kundeneigenes Mittelspannungsnetz angeschlossen werden können, 30 % sollen in Zukunft in Inselnetzen errichtet werden.**

10 der für 2021 geplanten EZE mit Anschluss ans Mittelspannungsnetz sollen **in bestehenden Mischparks** (PV, Biogas, im folgenden EZA genannt) aufgestellt werden. Die bestehenden **EZA haben mindestens eine Netzanschlussleistung von 1 MW.**

Fragen

1. **Welche grundsätzlichen Varianten der Netzanschlusszertifizierung (EZE und EZA) für die o.g. EZA in 2021 müssen betrachtet werden und welche Zertifikate davon müssen noch erstellt werden, welche sind bereits vorhanden?**
2. **Welche Maßnahmen müssen geplant und umgesetzt werden, um alle 20 EZE in 2021 aufzustellen?**

1.2 Technische Begutachtung

1.2.1 Referenz-Steuerungskennlinie

Um die Funktion des Umrichters zu testen soll dieser mit einer **Steuerkennlinie** versehen werden. Dazu soll vorläufig auf bestehende Modelle größerer Anlagen zurückgegriffen werden.

Zeigen Sie anhand solch eines Modells, wie der Zusammenhang von Drehzahl und Leistung oder Moment (als Steuerungskennlinie) für eine WEA mit Hilfe der Software QBlade berechnet werden kann.

Hinweis: Berechnen Sie ein $p_{Cp} - \lambda$ -Kennfeld und die Steuerkennlinie in QBlade und setze sie diese gemäß Anleitung in das Matlab-Modell ein.

1.2.2 Simulationen Netzfehler als Plausibilitätsprüfung

Untersuchen sie mit diesem Modell **3-phasige Fehler** mit einem **Spannungseinbruch auf 75%+-10 % sowie 50%+-10% und 25% +- 10% der Nennspannung im Fehlerpunkt**, sowie einem **Widerholungsfehler** mit gescheiterter Auto-Wiederzuschaltung (AWE) mit einer Dauer von 500ms zwischen den zwei Fehlern.

Die Simulationen sollen aufzeigen, dass der Umrichter **die-zentral** Anforderungen gemäß VDE-ARN-4110 bzw. TR4 erfüllt, insbesondere (immer die Mitsystemwerte betrachten!):

- a) das durchfahren von Netzfehlern ohne Abschaltung
- b) die Einspeisung von Blindstrom mit einer definierten Verstärkung (d.h. einem Verhältnis zwischen Änderung der Spannung und Änderung des Blindstroms, jeweils in p.u.) für einen Spannungseinbruch auf 75% der Nennspannung.
- c) bzw. die Einspeisung von Blindstrom mit 1 p.u. Nennwirkstrom bei Spannungseinbrüchen auf 25% der Nennspannung
- d) bzw. bei einem Spannungseinbruch auf 50%: Erreicht der Blindstrom schon 100% Nennblindstrom? Falls nicht, welcher Wert wird erreicht und welche Verstärkung (Änderung Blindstrom geteilt durch Änderung Spannung in p.u.. In den deutschen Anforderungen wird diese Verstärkung oft als „k-Faktor“ bezeichnet) stellt sich ein?
- e) Für die Einbrüche auf 75%, 50% und 25%: Bestimmen sie jeweils die „Einschwingzeit“ des Blindstroms (Mitsystemwert), (Fehlerzeitpunkt bis der Blindstrom 90% des Endwerts erreicht hat). Liegt dies Anstiegsgeschwindigkeit des Blindstroms wie gefordert bei weniger als 60 ms?

Stellen sie die Ergebnisse für jede Simulation graphisch (mindestens Spannung, Wirkstrom und Blindstrom im Mitsystem) und tabellarisch (Spannung, Wirkstrom und Blindstrom vor dem Fehlereintritt und im Mittelwert während des Fehlers in p.u. oder %) für das Mitsystem dar.

Eine genauere Berechnung mit realen Anlagendaten soll später erfolgen und ist nicht Teil dieses Gutachtens.

1.2.3 Anforderungen der VDE AR-4110 – Anschluss am Mittelspannungsnetz

Auf der Basis der vorliegenden **Prüfstandsmessungen** einer kleineren Variante des Umrichters soll abgeschätzt werden, **ob die EZE die dynamischen Anforderungen beim Spannungseinbruch LVRT am Mittelspannungsnetz erfüllt.**

- a) **bestimmen Sie für die Messungen Spannung und Blindstrom im Mitsystem und berechnen sie die Blindstromverstärkung („k-Faktor, siehe 1.2.2 b) im Mitsystem.**
- b) **bestimmen Sie für die Messungen zusätzlich Spannung und Blindstrom im Gegensystem und berechnen sie die Blindstromverstärkung („k-Faktor, siehe 1.2.2 b) auch für das Gegensystem.**

Stellen sie die Ergebnisse für jede Simulation graphisch (mindestens Spannung, Wirkstrom und Blindstrom im Mitsystem sowie (mindestens Spannung, Wirkstrom und Blindstrom im Gegensystem) und tabellarisch (Spannung, Wirkstrom und Blindstrom vor dem Fehlereintritt und im Mittelwert während des Fehlers in p.u. oder %) für das Mit- und Gegensystem dar.

Messungen nach TR3 an der ersten EZE in Deutschland zeigen, dass die Netzurückwirkungen erfüllt werden.

1.2.4 Untersuchung Inselnetz

Der Umrichter kann mit zwei unterschiedlichen Regelungsverfahren ausgestattet werden, eines davon ist nach Aussagen des Umrichter-Herstellers für den Betrieb in Inselnetzen geeignet.

Beschreiben Sie kurz die Anforderungen für den Betrieb von Inselnetzen und schätzen sie anhand der Messungen ab, ob die Aussagen des Umrichterherstellers plausibel sind.

Stellen sie dazu für die Messungen mit Inselnetzbildung folgende Werte im Diagramm dar:

- a) **Wirkstrom, Blindstrom, Spannungsbetrag und Spannungswinkel im Mitsystem, sowie Frequenz**
- b) **Wirkstrom, Blindstrom, Spannungsbetrag und Spannungswinkel im als Momentanwerte**

Welche Aussagen lassen sich aus den Diagrammen folgern?

2 Bericht

Erstellen sie einen Bericht zu den oben aufgeführten Punkten.

~~Für die Kalkulation der Markteintrittskosten der ersten 20 WEA fehlen die Aspekte zum Netzanschluss.~~ **Der Distributor D benötigt von einem Sachverständigen eine Bewertung des Planungsstandes bzw. eine Bewertung der zu erwartenden Risiken des Projektes.**