

Positionspapier

**Modellbildung und Simulation von internen
Prozessen in Anlagen mit Gas- und
Dampfturbinen sowie Gasmotoren
Unsicherheiten und Risiken bei der
Prozesssimulation**

28.04.2025

Lobbyregisternummer:
R000802

VDMA Power Systems und seine Arbeitsgemeinschaften vertreten die Hersteller und Zulieferer von Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen. Dazu zählen Motorenanlagen, Thermische Turbinen und Kraftwerke, Brennstoffzellen, Wasserkraft- und Windenergieanlagen (WEA), Speicher- und Sektorkopplungstechnologien sowie Netztechnik. Die VDMA Arbeitsgemeinschaft Windindustrie vertritt darüber hinaus die Breite der herstellenden Windenergiezulieferindustrie.

Zertifizierungsunternehmen und Netzbetreiber fordern zunehmend den Einsatz und die Herausgabe von Modellbildungs- und Simulationsverfahren für Gas- und Dampfturbinenanlagen sowie Gasmotoren, um das Verhalten der Anlagen am Netz unter Berücksichtigung verschiedener System- und Fehlerzustände bewerten zu können.

Aus Sicht von VDMA Power Systems könnte ein solches Prüf- und Nachweisverfahren dazu führen, dass bei alleiniger Betrachtung der elektrischen Komponenten in der Simulation ein Verhalten der Gesamt-Typ1-Anlage erhofft wird, welches in der Praxis zu Fehleinschätzungen führen kann, z. B. bei simulativen Nachweisen des RoCoF-Verhaltens. Aufgrund der Komplexität lässt sich der thermodynamische Prozess der Gasturbinen /-motoren nicht im Detail nachbilden, um alle relevanten Daten für transiente Vorgänge zu erhalten.

Aus Sicht der Anlagenhersteller ist es nicht explizit die Aufgabe von Netzanschlussrichtlinien, Vorgaben an die Modellierung von Primärprozessen der EZE zu definieren. Welchen Detaillierungsgrad die Simulationsmodelle aufweisen müssen, ob EZE-interne Zwischengrößen und Prozesse abgebildet sind und wie genau diese internen Signale mit dem Verhalten der realen EZE übereinstimmen, obliegt den Herstellern. Der Anlagenhersteller ist aufgrund seiner Erfahrung in der Lage, individuell zu entscheiden, wie Struktur und Parametrierung des (Primär-)Prozess-Modells aussehen kann und ob z. B. die Nachbildung verschiedener Ventile mit festzulegendem Detailgrad notwendig ist, um das elektrische Verhalten der EZE mit ausreichender Genauigkeit nachzubilden. Als wichtige Größe im Simulationsmodell ist der Ausgang des Primärreglers aufzuzeichnen und zu bewerten. Die Verwendung von internen Prozessgrößen (wie Druck- und Temperaturmessungen, zahlreichen Ventil- und Schaufelstellungen etc.) zur Bewertung der Einflusses auf das elektrische Verhalten der Anlage (wie die Wirkleistungsabgabe) ist sehr schwierig und selbst für Spezialisten des Primärprozesses eine große Herausforderung.

Der Ansatz, durch die Simulation der internen Prozesse einen Rückschluss auf das RoCoF-Verhalten zu erreichen, ist trügerisch und kann weder weitere Erkenntnisse noch Sicherheiten für die Netzbetreiber generieren, die nicht schon durch eine Herstellererklärung abgedeckt wären (siehe hierzu auch den Brief „PG RoCoF-Verständnis und -Nachweise“ des VDMA an den VDE-FNN).

Die Prozesse in Erzeugungseinheiten wie Gas- und Dampfturbinen sowie Gasmotoren sind äußerst komplex und variieren stark in jedem Projekt, jeder Anlage und an jedem Standort. Eine standardisierte und detaillierte Abbildung des thermodynamischen Prozesses in Simulationsmodellen ist daher nicht möglich.

Es muss in der Verantwortung des Herstellers liegen, in welchem Detaillierungsgrad dieser die thermodynamischen Prozesse abbildet. Hierbei muss gewährleistet sein, dass der damit verbundene Aufwand stets im Verhältnis zum definierten Ziel steht und das Modell weiterhin rechenfähig bleibt. Eine Validierung interner Größen aus dem Verbrennungsprozess ist jedoch abzulehnen, da sie nicht zur Verifizierung der elektrischen Größen notwendig sind. Falls die geforderte Genauigkeit bei der Validierung nicht erreicht werden kann, müssen die Genauigkeitsanforderungen offen und transparent zwischen den Projektbeteiligten diskutiert und Lösungen erarbeitet werden. Abweichungen müssen hierbei möglich sein, sofern sie technisch begründbar sind. Diese Ergebnisse und Erfahrungen müssen transparent in die Erarbeitung neuer Anforderungen einfließen.

Es sind eine Reihe weiterer rechtlicher Aspekte aus Sicht der Hersteller von Erzeugungseinheiten unzureichend betrachtet und zwingend zu klären. Ein zentraler Aspekt ist die Frage, wer die finanziellen Risiken trägt, falls die entwickelten Modelle nicht die angestrebte Genauigkeit erreichen. Diese Unsicherheit stellt ein erhebliches Problem dar, da ungenaue oder fehlerhafte Modelle zu unerwartet hohen Kosten und folgeschweren Fehlentscheidungen führen können.

Darüber hinaus führen die steigenden Anforderungen an die Modellgenauigkeit sowie die damit verbundenen Entwicklungskosten bei den Anlagenherstellern zu höheren Produktionsausgaben. Diese Kosten werden letztlich an die Endverbraucher weitergegeben – über höhere Anlagenpreise und damit steigende Stromgestehungskosten.

Gerade mit Blick auf Deutschland, das bereits heute zu den Ländern mit den höchsten Strompreisen zählt, ist diese Entwicklung besonders kritisch. Weitere Kostensteigerungen wirken sich negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft aus und belasten Industrie wie auch private Haushalte gleichermaßen.

Darüber hinaus bleibt offen, wie mit Systemen umgegangen wird, die aufgrund von Teilausfällen oder geänderter Betriebsführung nicht mehr den idealisierten oder theoretischen Modellen entsprechen. In solchen Fällen wird es zu Diskrepanzen zwischen den simulierten und realen Betriebsbedingungen kommen, was zu unvorhergesehenen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Anlagen führen könnte.

Besonders kritisch wäre es, wenn durch Unsicherheiten in den Simulationsanforderungen Projekte verzögert und damit Netzanschlüsse für wichtige, systemdienliche Anlagen verschoben werden. Eine solche Entwicklung wäre für die Stabilität des Energiesystems nicht tragbar, da dringend benötigte Erzeugungskapazitäten aufgrund strittiger Modellanforderungen nicht ans Netz gehen könnten.

Von besonderer Bedeutung für den Hersteller ist die Frage nach dem Schutz geistigen Eigentums. Für alle aktuellen Projekte werden individuelle Vertraulichkeitsvereinbarungen (NDA) zwischen den beteiligten Parteien (Hersteller, Anlagenbetreiber, Zertifizierer, Netzbetreiber etc.), die Simulationsmodelle nutzen, vereinbart. Für den Bereitsteller der Simulationsmodelle (Anlagenhersteller) ist es nicht vertretbar, vertrauliche Informationen ohne entsprechende Schutzklauseln herauszugeben.

Der Zertifizierungsprozess kann eine detaillierte Offenlegung interner Strukturen erfordern, was das Risiko birgt, dass proprietäres Know-how in die Hände Dritter gelangt. Die Vielzahl an Parteien und Schnittstellen im Zertifizierungsprozess erhöhen das Risiko, dass internes Know-how unbefugt weitergegeben wird. Zudem könnte die Weitergabe gegen gesetzliche Vorgaben und firmeninterne Compliance-Richtlinien verstoßen.

Es muss unbedingt gewährleistet und reguliert sein, dass die empfangenden Parteien über die gleichen Cyber-Security-Standards verfügen und diese zu berücksichtigen haben, wie die Hersteller bzw. Bereitsteller der Daten. Bei Nichteinhaltung besteht ein weiteres Risiko für den Verlust vertraulicher Informationen.

Durch unkontrollierten Informationsabfluss könnte ein Vertrauensverlust bei Kunden, Partnern und Investoren die Folge sein.

Eine Lösung könnte aus Sicht der Hersteller die Nutzung von vordefinierten IEEE-Modelle wie beispielsweise IEEEG1 und LCFB1 für Dampfturbinen, GGOV1 und CIGRE für Gasturbinen sowie DEGOV/DEGOV1 für Gasmotoren sein. Diese bieten seit Jahrzehnten eine solide Grundlage für die Modellierung von Erzeugungseinheiten und werden kontinuierlich durch internationale Normungsorganisationen weiterentwickelt.

Besonders das DEGOV(1)-Modell, das ursprünglich für Diesel-Motoren-Aggregate entwickelt wurde, hat sich auch für Gas-Motoren-Aggregate als nützlich erwiesen, wo es mit

entsprechender Parametrierung in spezifischen Fällen eingesetzt werden kann. Es bleibt jedoch zu beachten, dass die vereinfachte Natur solcher Modelle ihre Anwendung auf komplexe physikalische und thermodynamische Grenzbereiche einschränkt.

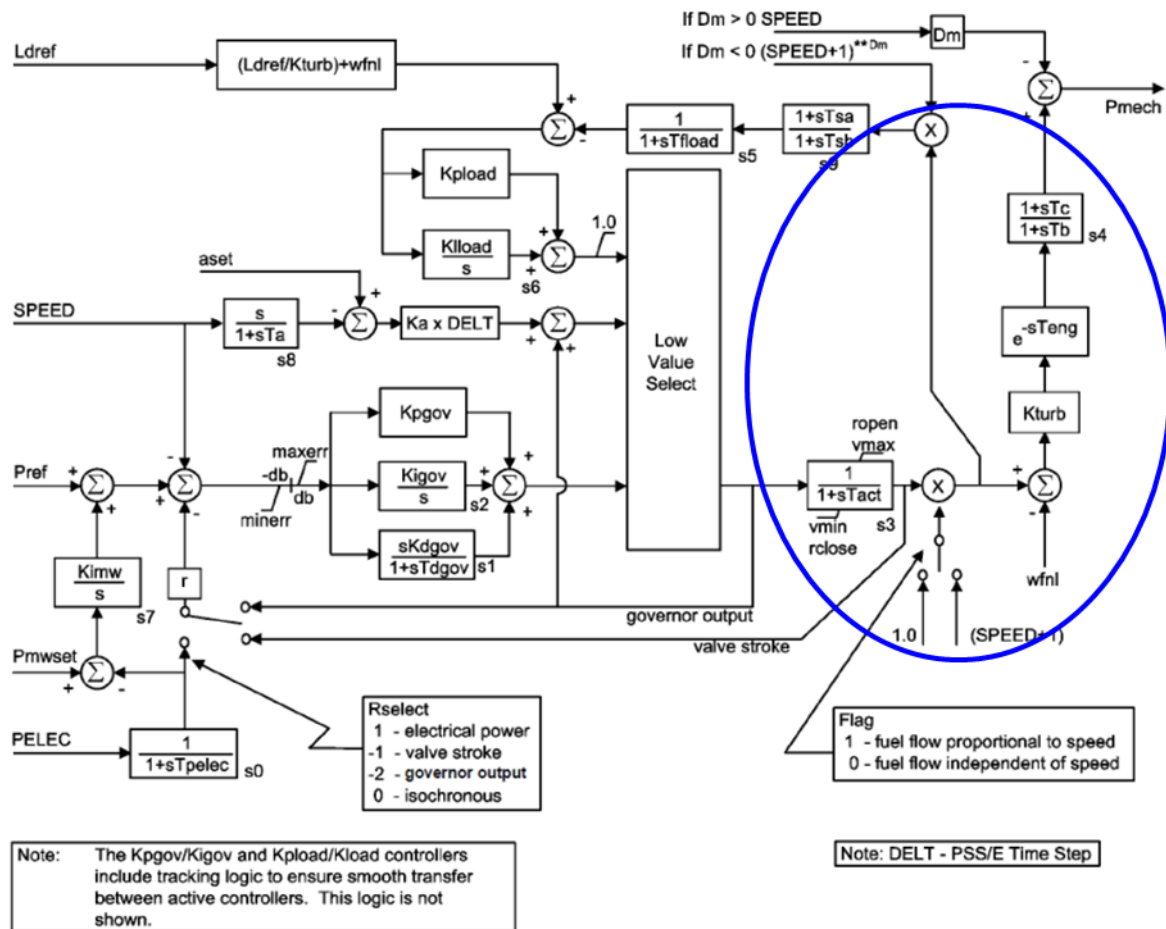
Verweisen möchten wir weiterhin auf die VDI/VDE 3524 - Blatt 2, die sich mit der Modellierung und Simulation des mechanischen Systems von Kraftwerksblöcken befasst. Diese befindet sich gerade in der Erstellung, um die wesentlichen Festlegungen aus der bestehenden Normung zusammenzufassen und die Erfahrungen aus der Praxis für die Anwendung zur Verfügung zu stellen.

Es bleibt festzuhalten, dass sich diese Normen in der Praxis bewährt haben und ein wichtiges Instrument sind, um die Interoperabilität und Standardisierung in der Branche sicherzustellen. Für viele Anwendungen ermöglichen sie, wie oben beschrieben, eine schnelle und effiziente Modellierung.

Neben den oben genannten Standards zeigt die Erfahrung, dass in bestimmten Fällen, insbesondere bei der Modellierung komplexer Dampfturbinen, die vordefinierten Modelle nicht immer die nötige Detailtiefe aufweisen. Daher haben viele Hersteller die Möglichkeit genutzt, eigene, spezialisierte Modelle zu entwickeln, die eine noch genauere Abbildung der realen Systemdynamik ermöglichen.

In diesen Fällen könnte die Nutzung detaillierter „user-defined“ Modelle eine wertvolle Ergänzung darstellen. Diese könnten in einer geschützten Form bereitgestellt werden, wobei nur definierte Messgrößen veröffentlicht werden, um die Vertraulichkeit zu wahren. Modellinterne Parameter, wie Ventilstellungen, sind dabei nicht erforderlich, da sie für die Verifizierung nicht notwendig sind.

Insgesamt bieten die bestehenden Normen und Standards eine solide Grundlage für eine effiziente Modellierung, während spezialisierte Modelle noch genauere Simulationen ermöglichen.



Ein weiterer wichtiger Punkt ist die fehlende Standardisierung von Simulations-Software. Derzeit sehen sich Anlagenhersteller weltweit mit unterschiedlichen Modellanforderungen konfrontiert, die in verschiedenen Softwareprogrammen umgesetzt werden müssen. Dies führt zu einem ineffizienten und kostspieligen Prozess, da die Modelle für verschiedene Plattformen wie PSS/E, PSCAD oder ETAP konvertiert werden müssen; dies ist ein aufwendiger Schritt, der durch die proprietären Dateiformate der Softwarehersteller zusätzlich erschwert wird. Dies könnte und sollte vermieden werden.

Auch in Deutschland zeigt sich das Problem der fehlenden Standardisierung deutlich. Anlagenhersteller erstellen hochpräzise Modelle für Zertifizierungen, diese sind jedoch von den Übertragungsnetzbetreibern häufig gar nicht oder lediglich in kleinem Rahmen nutzbar, da diese mit anderen Softwarelösungen, Standards und geringerer Detailtiefe arbeiten. Dies führt zu unnötigen Doppelarbeiten und hohen Kosten für die gesamte Branche.

Obwohl bereits seit Jahren in Deutschland und Europa über generische Modelle für sowohl Typ-1- als auch Typ-2-Anlagen diskutiert wird, konnte bislang keine einheitliche Lösung etabliert werden. Die bestehenden Netzanschlussbedingungen regeln zwar die Anforderungen für Anlagenbetreiber und Hersteller, doch es fehlt eine zentrale Vorgabe für Softwarehersteller, eine standardisierte Modell-Schnittstelle zu implementieren. Um dies umzusetzen, sind Softwarehersteller in die Pflicht zu nehmen.

Andere Industrien zeigen, dass eine solche Standardisierung möglich ist. In der Automobilbranche existieren bereits standardisierte Schnittstellen, die einen verschlüsselten, aber universellen Austausch von Modellen ermöglichen. Viele Anbieter von Netzsimulations-/Netzberechnungssoftware sind bislang nicht zur Implementierung solcher Standards verpflichtet.

Eine einheitliche Modell-Schnittstelle würde die Interoperabilität verbessern, Kosten reduzieren und den Zertifizierungsprozess erheblich vereinfachen. Ohne eine solche Standardisierung bleibt die Umsetzung von Netzanschlussbedingungen unnötig komplex und ineffizient.

Alle hier aufgeführten offenen Fragen zeigen, dass eine praxisnahe und wirtschaftlich tragfähige Lösung gefunden werden muss, um die Interessen aller Beteiligten zu berücksichtigen und gleichzeitig die Netzstabilität nicht zu gefährden.

Als marktaktive Unternehmen orientieren sich unsere Mitglieder an globalen Rahmenbedingungen, technologischen Entwicklungen und wirtschaftlichen Anreizen. Hersteller von Erzeugungsanlagen entwickeln daher keine spezifischen Lösungen nur für Deutschland, sondern müssen weltweit wettbewerbsfähige Produkte anbieten. Somit orientieren sie sich in ihren Entwicklungen und Nachweisen an diesen Standards. Nationale Sonderwege gefährden hingegen den Ausbau von Erzeugungskapazitäten in Deutschland und damit auch die Netzsicherheit.

Ansprechpartner

Sebastian Steul
VDMA Power Systems
Email: Sebastian.steul@vdma.org