KTA 3102.5

Auslegung der Reaktorkerne von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren

Teil 5: Systematische und statistische Fehler bei der thermohydraulischen Kernauslegung des Kugelhaufenreaktors

Diese Regel wurde veröffentlicht im BAnz. Nr. 162a vom 03.09.86.

Der KTA hat auf seiner 47. Sitzung beschlossen, diese HTR-Regel nicht mehr in die Überprüfung gemäß Abschnitt 5.2 der Verfahrensordnung des KTA einzubeziehen.

Inhalt

Seite

Vorbemerkung 2

1 Anwendungsbereich 2

2 Begriffe 2

3 Grenzwerte für die thermohydraulische Kernauslegung 2

4 Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung 2

4.1 Systematische Fehler 2

4.2 Statistische Fehler 3

Anhang A Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird 3

Vorbemerkung

(1) Das Regelvorhaben KTA 3102 "Auslegung der Reaktorkerne von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren" umfaßt den Gesamtbereich der Kernauslegung. Innerhalb des Bereiches der thermodynamischen und strömungstechnischen Kernauslegung gasgekühlter Hochtemperaturreaktoren werden folgende Sachgebiete bearbeitet:

Teil 1: Berechnung der Helium-Stoffwerte (liegt als Regel vor)

Teil 2: Wärmeübergang im Kugelhaufen (liegt als Regel vor)

Teil 3: Reibungsdruckverlust in Kugelhaufen (liegt als Regel vor)

Teil 4: Thermohydraulisches Berechnungsmodell für statiostationäre und quasistationäre Zustände im Kugelhaufen (liegt als Regel vor)

Teil 5: Systematische und statistische Fehler bei der thermohydraulischen Kernauslegung des Kugelhaufenreaktors.

(2) Im vorliegenden Teil 5 werden die systematischen und statistischen Fehler der berechneten Brennelement- und Kühlgastemperaturen zusammengestellt, die zum Nachweis der Einhaltung vorgegebener Grenzwerte für die thermohydraulische Kernauslegung zu erfassen sind.

(3) Auf der Grundlage des thermohydraulischen Berechnungsmodells wird mit der Fehleranalyse sichergestellt, daß die komponenten- und systembezogenen Grenzwerte bei allen Be triebszuständen des Reaktorkerns nicht über schritten werden.

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist für den Kugelhaufenkern von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren anzuwenden. Sie behandelt die Anforderungen an eine Analyse der Fehler der berechneten Gas- und Brennelementtemperaturen im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen.

(2) Festlegungen von Zahlenwerten für die einzelnen Fehlerarten sowie für die komponenten- und systembezogenen Grenzwerte sind nicht Gegenstand dieser Regel.

2 Begriffe

(1) Nominalwerte der thermohydraulischen Kernauslegung

Die Nominalwerte der thermohydraulischen Kernauslegung sind das Ergebnis der thermohydraulischen Berechnungen ohne Berücksichtigung systematischer und statistischer Fehler.

(2) Statistische Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung

Statistische Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung sind Abweichungen von den Nominalwerten, die durch Ungenauigkeiten der empirischen Korrelationen und durch Ungenauigkeiten oder Schwankungen der den Rechnungen zugrundegelegten Eingangsdaten verursacht werden.

(3) Statistische Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung, globale

Globale statistische Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung sind Abweichungen von den Nominalwerten, die durch an jedem Ort des Reaktorkerns wirksame Ungenauigkeiten von Eingangsdaten und empirischen Korrelationen verursacht werden.

(4) Statistische Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung, lokale

Lokale statistische Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung sind Abweichungen von den Nominalwerten, die durch statistisch verteilte, nur in lokalen Bereichen wirksame Schwankungen von Eingangsdaten verursacht werden.

(5) Systematische Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung

Systematische Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung sind bekannte oder unterstellte Abweichungen von den Nominalwerten, die einer statistischen Behandlung nicht zugeführt werden können.

3 Grenzwerte für die thermohydraulische Kernauslegung

Hinweis:
Grenzwerte gemäß "Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke", Bekanntmachung des BMI vom 21.10.77, sind diejenigen Werte der Zustandsgrößen von Anlagenteilen, Systemen oder darin enthaltenen Medien, bei deren Einhaltung ein Versagen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen mit angemessenem Sicherheitsabstand ausgeschlossen ist.

(1) Zur Erhaltung der Wirksamkeit der Aktivitätsrückhaltebarrieren des Brennelements sind Grenzwerte für die folgenden Größen vorzugeben:

a) maximale Temperatur der beschichteten Brennstoffteilchen im Brennelement,

b) maximale Temperatur der Brennelementoberflächen,

c) maximale Differenz der Temperaturen in einem Brennelement.

(2) Da die Wirksamkeit der Aktivitätsrückhaltebarrieren in den Brennelementen von Temperatur und jeweiliger Expositionszeit abhängt, ist es zulässig, diese Grenzwerte für verschiedene Zeitintervalle gestaffelt anzugeben.

(3) Zum Schutz der dem Reaktorkern nachgeschalteten Komponenten und Systeme sind Grenzwerte für die Gastemperaturen am Kernaustritt vorzugeben.

(4) Zum Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte sind die systematischen und statistischen Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung zu erfassen.

4 Fehler der thermohydraulischen Kernauslegung

4.1 Systematische Fehler

4.1.1 Modellvereinfachungen

(1) Bei Ergebnissen von vereinfachten zylindersymmetrischen Berechnungsverfahren sind die 3-dimensionalen Effekte

a) nichtzentrale Schüttkegel,

b) nichtzentrale Kugelabzugsrohre,

c) Seitenreflektorausbuchtungen,

d) eingefahrene Absorberstäbe,

e) azimutale Asymmetrien in der Zu- und Abströmung,

f) azimutales Profil der Leistungsdichteverteilung

durch Korrekturzuschläge zu den Nominalwerten der Gas- und Brennelementtemperaturen zu erfassen.

(2) Werden die Temperaturen in den Brennelementen mit homogenisierten Leistungsdichteverteilungen berechnet, so

ist die Temperaturdifferenz zwischen Brennstoffteilchen und der umgebenden Brennstoffzone durch Korrekturzuschläge zu erfassen.

4.1.2 Numerisches Lösungsverfahren

Die Auswirkungen der bei der Lösung der thermohydraulischen Berechnungsgleichungen verwendeten räumlichen und zeitlichen Diskretisierung auf die Temperaturverteilungen sind zu erfassen.

4.1.3 Lückengrad der Kugelschüttung

Werden die Strömungs- und Temperaturverteilungen in der Kugelschüttung vereinfachend mit konstantem Lückengrad berechnet, ist die Auswirkung der systematischen Änderungen des Lückengrades an der seitlichen Berandung und im Bereich von Absorberstäben zu erfassen.

4.2 Statistische Fehler

4.2.1 Globale statistische Fehler

4.2.1.1 Neutronenphysikalische Kernauslegung

Die Auswirkungen der aus der neutronenphysikalischen Kernauslegung herrührenden Ungenauigkeiten der Leistungsdichteverteilung in der Kugelschüttung auf die berechneten Temperaturverteilungen sind als globale statistische Fehler zu erfassen. Dabei sind die axialen und radialen Leistungsdichteprofile so zu normieren, daß die Gesamtleistung der Kugelschüttung erhalten bleibt.

4.2.1.2 Empirische Korrelationen

Die Auswirkungen der Ungenauigkeiten

a) der Berechnungsgleichung für die Helium-Stoffwerte nach KTA 3102.1,
b) der Berechnungsgleichung für den Wärmeübergangskoeffizienten in der Kugelschüttung nach KTA 3102.2,
c) der Berechnungsgleichung für den Reibungsdruckverlustbeiwert der Kugelschüttung nach KTA 3102.3,
d) der Berechnungsgleichung der effektiven Wärmeleitfähigkeit der Kugelschüttung,
e) der Berechnungsgleichung für die Temperatur- und Neutronenfluenz-Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit in den Kugeln,
f) der Berechnungsgleichung der volumenbezogenen spezifischen Wärme der Kugeln,
g) des mittleren Lückengrades der Kugelschüttung

auf die berechneten Temperaturverteilungen sind als globale statistische Fehler zu erfas sen.

4.2.1.3 Randbedingungen

Die Auswirkungen der Ungenauigkeiten

a) der vorgegebenen Betriebsvariablen Gasdurchsatz, Gaseintrittstemperatur, Druck und Gesamtleistung,
b) der Wärmeübertragung an allen Berandungen der Kugelschüttung,
c) der aus- und eintretenden Kühlgasströme am Seitenreflektor und an eingefahrenen Absorberstäben im Reaktorkern,
d) der Druckverlustbeiwerte von radial abgestuften Kühlgasbohrungen im Bodenreflektor

auf die berechneten Temperaturverteilungen sind als globale statistische Fehler zu erfassen.

Hinweis:
Globale statistische Fehler können durch Anwendung des thermohydraulischen Berechnungsmodells für die Kugelschüttung mit veränderten Eingangsdaten abgeleitet werden.
Bei der Superposition unabhängiger globaler statistischer Fehler darf ihre Häufigkeitsverteilung berück sichtigt werden.

4.2.2 Lokale statistische Fehler

Die Auswirkungen der herstellungsbedingten Schwankungen der Brennelementeigenschaften:

a) Dicke der brennstofffreien Schale,
b) Schwermetalleinsatz,
c) Wärmeleitfähigkeit

und die Auswirkungen von lokalen Schwankungen des Mischungsverhältnisses von Kugeln mit unterschiedlichen Leistungen auf die berechneten Temperaturverteilungen sind als lokale statistische Fehler zu erfassen.

Hinweis:
Lokale statistische Fehler der Brenn elementtemperaturen können direkt aus den berechneten lokalen Nominalwerten abgeleitet werden.
Bei der Superposition unabhängiger lokaler statistischer Fehler darf ihre Häufigkeitsverteilung berücksichtigt werden.

Anhang A

Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

(Verwiesene Bestimmungen gelten nur in der im Anhang angegebenen Fassung)

KTA 3102		Auslegung der Reaktorkerne von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren
	(6/78)	Teil 1: Berechnung der Helium-Stoffwerte
KTA 3102.2	(6/83)	Teil 2: Wärmeübergang im Kugelhaufen
KTA 3102.3	(3/81)	Teil 3: Reibungsdruckverlust in Kugelhaufen