Dokumentationsunterlage zur Regelerstellung

'KTA 3104: Ermittlung der Abschaltreaktivität

Fassung 2/79

1 Auftrag des KTA

Der Kerntechnische Ausschuss hat am 5.6.1974 den Normenausschuss Kerntechnik im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. mit der Vorbereitung eines Regelentwurfs "Rechnerische und experimentelle Ermittlung der Abschalt-reaktivität" beauftragt.

2 Personelles

2.1 Zusammensetzung des Arbeitsgremiums

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.2 Zusammensetzung des KTA-Unterausschusses REAKTORKERN

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.3 Zuständiger Mitarbeiter der KTA-Geschäftsstelle

Freund KTA-Geschäftsstelle, Köln

(für ad-hoc-Arbeitsgruppe ABSCHALTSYSTEME und Unterausschuss REAKTORKERN)

3 Erstellung des Regelentwurfs

Der Beschluss des KTA, eine Regel "Rechnerische und experimentelle Ermittlung der Abschaltreaktivität" zu erstellen, sah zunächst eine Bearbeitung der Fragen der experimentellen Ermittlung der Abschaltreaktivität vor.

Das Arbeitsgremium erarbeitete einen ersten Regelentwurfsvorschlag in sieben Sitzungen. Dieser lag dem Unterausschuss REAKTORKERN (UA-RK) auf seiner 6. Sitzung am. 12.2.1976 als Beratungsunterlage vor. Nach einer eingehenden Diskussion beschloss der UA-RK, den Regelentwurfsvorschlag zur Überarbeitung an das Arbeitsgremium zurück zuweisen.

Das Arbeitsgremium überarbeitete den Regelentwurfsvorschlag unter Berücksichtigung der Anregungen des UA-RK in zwei weiteren Sitzungen und verabschiedete den Regelentwurfsvorschlag einstimmig. Der zweite Regelentwurfsvorschlag und eine Stellungnahme des Arbeitsgremiums zu den Anregungen des UA-RK lagen diesem auf seiner 7. Sitzung am 29.6.1977 vor. Der UA-RK fasste einstimmig den Beschluss, dass vor Weitergabe an den KTA eine Überarbeitung des Regelentwurfsvorschlags durch die KTA-Geschäftsstelle im Einvernehmen mit dem Obmann des Arbeitsgremiums erfolgen sollte und, dass dieser Regelentwurfsvorschlag dem UA-RK auf seiner nächsten Sitzung vorzulegen ist.

Der abermals überarbeitete Regelentwurfsvorschlag wurde mit dem Obmann des Arbeitsgremiums in einem Gespräch am 20.1.1978 abgestimmt und vom UA-RK auf seiner 8. Sitzung am 22.2.1978 behandelt. Der UA-RK beschloss mehrheitlich, den vorliegenden Text dem KTA zur Prüfung und Stellungnahme vorzulegen. Zu der Regelentwurfsvorlage sind Änderungsvorschläge eingegangen seitens:

- Badenwerk AG,
- Babcock-Brown Boveri Reaktor GmbH,
- Bundesministerium des Innern,

- Arbeitsgemeinschaft Kerntechnik der IG-Metall-ÖTV,
- Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG,
- Reaktor-Sicherheitskommission.

Der UA-RK beschloss auf seiner 10. Sitzung am 7.9.1978, dass unter Beteiligung des Haupteinwenders, der Arbeitsgemeinschaft Kerntechnik der IG-Metall-ÖTV, und des Arbeitsgremiums eine Meinungsbildung zu den eingegangenen Änderungsvorschlägen herbeigeführt werden soll. In einer eintägigen Sitzung erarbeitete der oben angeführte Kreis eine Regelentwurfsvorlage, die fast alle Anregungen und Änderungsvorschläge berücksichtigt. Diese Regelentwurfsvorlage lag dem UA-RK zu seiner 11. Sitzung am 14.12.1978 vor. Der UA-RK fasste den einstimmigen Beschluss, der KTA möge auf seiner 20. Sitzung am 20.2.1979 beschließen, die Regelentwurfsvorlage, KTA-Dok.-Nr. 3104/78/7, als Regelentwurf zu verabschieden.

Bei der Bearbeitung des Regelentwurfs wurde das Thema "Reaktivitätsanforderungen an Stellstäbe" als Lücke zwischen den Regelvorhaben KTA 3103 und KTA 3104 erkannt. Auf Antrag des UA-RK erteilte der KTA dem Normenausschuss Kerntechnik im DIN den Auftrag, einen Regelentwurfsvorschlag zu "Reaktivitätsanforderungen an die Stellstäbe von Leichtwasserreaktoren (KTA 3105)" vorzubereiten. Der Zwischenbericht dieses Arbeitsgremiums wurde im UA-RK diskutiert. Der UA-RK hält eine Weiterbehandlung des Regelvorhabens KTA 3105 nicht für Sinnvoll, solange keine allgemeine Klassifikation der in Betracht zu ziehenden Störfälle seitens des Unterausschusses KOORDINIERUNG VON STÖRFALLFRAGEN vorliegt.

Das Kapitel "Nachweis der Abschaltreaktivität" ist in der überarbeiteten Fassung des Regelentwurfsvorschlags nicht mehr enthalten. Es wird für sinnvoll gehalten, dies beim Regelvorhaben KTA 3105 zu behandeln.

4 Anmerkungen zu dem Regelentwurf

Bei routinemäßigen Bestimmungen und Nachweisen der Abschaltreaktivität spielen, wie in der Kernauslegung allgemein, rechnerische Verfahren die Hauptrolle. Die dabei angewandten Rechenverfahren sind dieselben, wie sie für die neutronenphysikalische Auslegung der Reaktorkerne angewandt werden. Das Arbeitsgremium ist jedoch der Meinung, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur relativ wenige Anforderungen an Rechenverfahren regelfähig sind. Diese Anforderungen sind in dem vorliegenden Regelentwurf enthalten. Demgegenüber erscheinen dem Arbeitsgremium die Anforderungen an die einschlägigen experimentellen Verfahren im größeren Umfang regelfähig. Diese nehmen daher in dem vorliegenden Regelentwurf einen verhältnismäßig breiten Raum ein.

Vom Thema her am nächstliegenden sind experimentelle Verfahren zum Nachweis der Abschaltreaktivität selbst. Diese Verfahren spielen praktisch jedoch nur beim Siedewasserreaktor eine größere Rolle. Beim Druckwasserreaktor wird die Abschaltreaktivität dagegen vorwiegend indirekt aus einer Reaktivitätsbilanz ermittelt, in der die Reaktivitätsäquivalente verschiedener Zustandsänderungen miteinander kombiniert werden. In diesem Fall knüpft die experimentelle Verifikation der Abschaltreaktivität an die Messung verschiedener Reaktivitätsäquivalente an. Es war daher notwendig, auch die Verfahren zur Messung von Reaktivitätsäquivalenten in die Regel aufzunehmen.

Die Methoden,. die zur Messung der Abschaltreaktivität und von Reaktivitätsäquivalenten an Kernkraftwerken im Einzelfall angewandt werden, werden bestimmt durch

a) die spezielle Aufgabenstellung,

b) die technischen Randbedingungen der Reaktoranlage und

c) die aus den physikalischen Grundlagen abgeleiteten messtechnischen Prinzipien.

Zu a)

Zur Aufgabenstellung gehören zum Beispiel

- welche Größen gemessen werden sollen, zum Beispiel
  - die Abschaltreaktivität selbst;
  - Reaktivitätsquivalente von Zustandsänderungen, zum Beispiel für folgende Zustandsparameter:
    - Kühlmittel- oder Moderatortemperatur
    - Brennstofftemperatur
    - Konzentration von Xe und anderen instabilen Spaltprodukten
    - Brennstoffabbrand
    - die Wirksamkeit von Steuerstäben und gelösten Neutronenabsorbern;
- ob das Ergebnis in absoluten Einheiten oder in Form von äquivalenten Zustandsänderungen vorliegen soll;

- ob es sich um eine Verifikationsmessung an einem Referenzkern oder um einen Routinenachweis handelt;
- welche Genauigkeit (im Sinne von systematischer Fehlerfreiheit) bzw. welche Reproduzierbakriet (z. B. bei Differenzmessungen) erforderlich ist.

Zu b)

Zu den technischen Randbedingungen der Reaktoranlage gehören:

- Aufbau und Auslegung der Gesamtanlage,
- die vorhandenen Neutronenflussdetektoren,
- die Systeme zur Reaktivitätssteuerung,
- die Systeme zur Herstellung und Stabilisierung der erforderlichen Betriebszustände (Komponenten und leittechnische Systeme),
- die Instrumentierung zur Erfassung der relevanten Zustandsvariablen,
- die einzuhaltenden sicherheitstechnischen Bedingungen und
- die Einordnung der Messung in das übergeordnete Betriebsprogramm der Anlage.

Die unter a) und b) genannten sehr unterschiedlichen Aufgabenstellungen und Randbedingungen haben einen relativ großen Einfluss auf die angewandten Methoden. Diese gestalten sich dementsprechend vielfältig. Wesentlich ist hier aber, dass sich die Methoden alle auf die Anwendung relativ weniger messtechnischer Prinzipien zurückführen lassen. Das Arbeitsgremium war daher der Meinung, dass aus dem Gesamtkomplex des Regelthemas nur der Teil c) regelfähig sei. Es sind daher in der Regel nur die messtechnischen Prinzipien beschrieben.

Konsequenzen aus dieser Sachlage sind:

- Die Regel konnte keine einfachen, eindeutigen und vollständigen Anweisungen für alle Anwendungsfälle geben.
- Die Anwendungs- und Genauigkeitsbereiche der erwähnten Messprinzipien konnten nicht exakt abgegrenzt werden.

Zu der häufig aufgeworfenen Frage nach der Genauigkeit der Verfahren ist folgendes zu sagen:

Die Messung des Reaktivitätsverhaltens von Leistungsreaktoren unterscheidet sich von den meisten anderen in der Technik vorkommenden messtechnischen Aufgabenstellungen in wesentlichen Punkten:

1. Die Reaktivität ist ihrer Natur nach eine komplexe Funktion zahlreicher Variablen, die den Zustand des Reaktorkerns beschreiben und die selbst in den meisten Fällen ortsabhängig sind.
2. Die Reaktivität kann nicht direkt gemessen werden, wie zum Beispiel eine Prozessvariable, sondern sie muss indirekt aus dem Zeitverlauf eines Messsignals erschlossen werden (im Fall der kinetischen Reaktivitätsmessung), oder sie wird aus einem Vergleich verschiedener kritischer Zustände (bei statischen Messungen) abgeleitet.

   In beiden Fällen sind analytische Modelle zur Auswertung erforderlich; im Fall der kinetischen Verfahren ist dies die Reaktorkinetik; im Fall der statischen Substitutionsverfahren sind dies die Verfahren der stationären Kernberechnung.
3. In den meisten Fällen ist das Ergebnis der ausgewerteten Messung immer noch, nicht die Abschaltreaktivität selbst oder das gesuchte Reaktivitätsäquivalent; das Ergebnis bekommt vielmehr eine endgültige Bedeutung erst im Zusammenhang mit weiteren interpretierenden oder ergänzenden theoretischen Verfahren.

Die Frage nach der Genauigkeit der Methoden ist daher zu einem wesentlichen Teil eine Frage nach den systematischen Fehlern der für die Auswertung und Interpretation verwendeten analytischen Modelle. Mit dieser Frage stößt man aber in ein sehr komplexes, grundlagennahes Gebiet vor, das sich einer Erfassung durch ein technischen Regelwerk weitgehend entzieht. Dementsprechend finden sich ,in dem Regelentwurf auch wenig konkrete Angaben zu Genauigkeitsgrenzen.

Bei der Bearbeitung des Regelentwurfs wurde der Stand der Technik sowie die bisherige Praxis im Genehmigungsverfahren berücksichtigt. Das Arbeitsgremium vertritt die Meinung, dass mit den beschriebenen Verfahren ein ausreichendes Instrumentarium zur Verfügung steht, das es gestattet, die notwendigen Nachweise der Abschaltreaktivität zu erbringen.

Zu 1 "Anwendungsbereich"

Der Regelentwurf beschreibt die sich aus den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke von 21.10.1977, insbesondere den Kriterien 1.1 und 5.3, ergebenden Anforderungen hinsichtlich der bei der Ermittlung der Abschaltreaktivität anzuwendenden Verfahren.

Der Regelentwurf gilt, gemäß dem KTA-Auftrag, für Kernkraftwerke mit Druck- und Siedewasserreaktoren. Das Arbeitsgremium ist jedoch der Meinung, dass der Regelentwurf mit einigen Ergänzungen auch auf andere Reaktortypen anwendbar ist. Der Unterausschuss REAKTORKERN hat einer Erweiterung des Anwendungsbereiches über den KTA-Beschluss hinaus nicht zugestimmt.

Zu 2 "Begriffsbestimmungen"

Die Begriffsbestimmung "2.1 Abschaltreaktivität" ist als eindeutig und klar genug anzusehen. Das Arbeitsgremium sieht keinen Grund, von der gegebenen Begriffsbestimmung abzugehen, die inhaltlich mit DIN 25 405 und mit der VDI/VDE-Richtlinie 3528 übereinstimmt. Unter den Worten "vorgesehene Einrichtungen" sind bei Leichtwasserreaktoren sowohl die Stäbe als auch das Bor zu verstehen. Es ist nicht nur das Schnellabschaltsystem zu betrachten.

Maßeinheiten für die Reaktivität: Die Reaktivität wird als Absolutwert mit der Einheit 1 oder in Prozent angegeben. Kinetisch gemessene Reaktivitäten werden auch als Verhältnis $^{p}_{ß\text{-}eff}$ mit der Einheit 1 Dollar ($) angegeben.

Dabei bedeutet $ß_{eff}$ den effektiven Anteil der verzögerten Neutronen an den insgesamt erzeugten Neutronen.

Zu 5 "Kinetische Verfahren zur Reaktivitätsmessung“

In dem Abschnitt 5.1.1 "Inverse Punktkinetik" wird angeführt, dass "zur Bestimmung dir Reaktivität ein ortsabhängiges Kinetikmodell verwendet werden kann". Besondere Anforderungen an die ortsabhängige Kinetik werden in dem Regelentwurf nicht angeführt.