

Dokumentationsunterlage zur Erstellung der Regel

KTA 3706

Wiederkehrender Nachweis der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit von elektro- und leittechnischen Komponenten des Sicherheitssystems

Inhalt

1. Auftrag des KTA.
2. Mitwirkende
3. Verlauf der Erstellung der REV
4. Zum Regelinhalt

1. Auftrag des KTA

Der KTA fasste am 14.06.1983 folgenden Beschluss:

Beschluss-Nr. 32/4.1/1 vom 14.06.1983

Der Vorbericht KTA-Dok.-Nr. 3706/83/1 ist für die Vorbereitung eines Regelentwurfs geeignet.

Die Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE) wird federführend beauftragt, einen Regelentwurfsvorschlag

KTA 3706 "Nachweis der Beständigkeit von elektrischen Einrichtungen unter Störfallbedingungen"

Mit Dokumentationsunterlage durch ein Arbeitsgremium erstellen zu lassen.

Für andere Reaktortypen als den LWR (z. B. HTR) sind bei der Regelbearbeitung entsprechende Festlegungen zu treffen, falls diese regelfähig erscheinen.

Die Besetzung des Arbeitsgremiums und der hinzuzuziehenden Fachleute soll so gewählt werden, dass einerseits die Gebiete Elektrotechnik, Isolierstofftechnik, Radiologie, thermische und radiologische Ausbreitung in der Anlage, Störfallfragen und Prüffeldtechnik vertreten sind und andererseits die praktischen Erfahrungen mit Typprüfungen zur Störfallfestigkeit eingebracht werden.

Es ist ein Arbeits- und Terminplan aufzustellen.

Beschluss-Nr: 32/4.1/2 vom 14.06.-1983

Der Unterausschuss STARKSTROM wird beauftragt, in Zusammenarbeit mit den Unterausschüssen INSTRUMENTIERUNG UND REAKTORSCHUTZ und RADIOAKTIVITÄTSÜBERWACHUNG, den Regelentwurfsvorschlag zu KTA 3706 "Nachweis, der Beständigkeit von ,elektrischen Einrichtungen unter Störfallbedingungen" zu überprüfen und eine Beschlussvorlage für den KTA zu erarbeiten.

Der KTA fasste weiterhin am 27.06.1989 folgenden Beschluss

Beschluss-Nr. 43/4.8/1 vom 27.06.1989

Der KTA nimmt den Zwischenbericht zu KTA 3706 zustimmend zur Kenntnis.

Der Zwischenbericht ist gekennzeichnet als KTA-Dok.-Nr: 3706/89/2.

2. Mitwirkende

An der Erstellung der Regelentwurfsvorlage (REV) waren beteiligt:

2.1 Unterausschuss ELEKTRO- und LEITTECHNIK

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

KTA-Geschäftsstelle: Dr. Schallehn

2.2 DKE-Arbeitsgremium GAR 967.1.6:

Das Arbeitsgremium setzt sich aus folgenden Herren zusammen:

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

3. Verlauf der Erstellung der REV

Das Arbeitsgremium GAK 967.1.6 der DKE hat die REV in insgesamt 25 Sitzungen bearbeitet. In den Jahren 1989 bis 1991 trat eine Unterbrechung in der Bearbeitung ein, weil verschiedene Forschungsarbeiten der Hersteller, der Betreiber und des Bundes zunächst abgeschlossen werden mussten um grundlegende Erkenntnisse zu gewinnen. Das Arbeitsgremium hat auf seiner 25. Sitzung am 25. Juni 1993 die Fertigstellung der REV ohne Gegenstimmen festgestellt.

Der Unterausschuss ELEKTRO- UND LEITTECHNIK hat die REV auf seiner

18. Sitzung am 10./11. Dezember 1992

19. Sitzung am 09./10. März 1993 .

20. Sitzung am 15./16. April 1993

jeweils in gemeinsamer Sitzung mit dem Arbeitsgremium bearbeitet. Sofern im UA-EL noch Einwände gegen die Fertigstellung der REV bestanden, wurden diese auf der 25. Sitzung des Arbeitsgremiums einvernehmlich bearbeitet.

Somit wird die Fassung 06/93 der REV den Fraktionen, des KTA mit der Bitte um Stellungnahme übergeben.

Die Ergebnisse aus dem Fraktionsumlauf wurden im DKE-Arbeitsgremium in drei Sitzungen bearbeitet. Das Arbeitsgremium GAK 967.1.6 hat am 17.01.1994 die Überarbeitung der REV mit der Bearbeitung aller Einwendungen abgeschlossen. Das GUK 967.1 hat am 02.02.1994 dieser Fassung der REV mit geringfügigen Änderungen zugestimmt und beschlossen, sie dem KTA-Unterausschuss ELEKTRO- UND LEITTECHNIK zu übergeben.

Der Unterausschuss ELEKTRO- UND LEITTECHNIK hat die REV auf seiner 23. und 24. Sitzung überarbeitet. Auf seiner 24. Sitzung beschließt der Unterausschuss ELEKTRO- UND LEITTECHNIK, dem KTA zu empfehlen, die REV in der Fassung 04/94 als Regelentwurf zu beschließen.

Auf seiner 48. Sitzung am 14.06.1994 beschließt der KTA die Annahme als Regelentwurf.

4. Zum Regelinhalt

Zum Titel der Regel:

Mit der Wiederaufnahme der Bearbeitung des Regelvorhabens wurde 1992 eine Einschränkung auf dem "wiederkehrenden," Nachweis der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit Vorgenommen, um dem dringenden Regelungsbedarf für ältere Kernkraftwerke zu genügen.

Zu Abschnitt 5.1, "Allgemeine Grundsätze"

1. Allgemeines

Im Rahmen der Typprüfung werden störfallfest auszulegende Komponenten und Geräte einer Vorbeanspruchung unterzogen, deren Aufgabe es ist, einen Zustand herzustellen, der dem angenommenen Ende ihrer Einsatzzeit im Kernkraftwerk entspricht.

Da Typprüfungen im allgemeinen vor dem Einsatz der Geräte im Kernkraftwerk abgeschlossen sein müssen, sind die betrieblichen Beanspruchungen durch zeitraffende Prüfschritte aufzubringen. Im Gegensatz zum Einsatz im Kernkraftwerk können die dazu notwendigen Belastungen aus prüftechnischen Gründen im allgemeinen nur nacheinander, also sequentiell aufgebracht werden.

Die bei der Voralterung zur Anwendung kommenden zeitraffenden Testverfahren verwenden, Beschleunigungsfaktoren von ca. 400 bis 1000. Dies entspricht einem Versuchszeitraum von ca. 300 bis 800 Stunden: Auf die Problematik der Extrapolation von Kurzzeitversuchsergebnissen auf die Betriebszeit des Kernkraftwerkes wird in // -besonders hingewiesen. Die zeitliche Reichweite der so erzielten Resultate ist heute nicht unumstritten /2/, /3/, /4/, /5/.

2. Thermische Alterung

Das Alterungsmodell nach Arrhenius für einfache Komponenten und Materialien kann als abgesichert angesehen werden. Die Anwendung dieses Modells für komplexe Komponenten und Geräte, die sich aus einer Vielzahl von verschiedenen Materialien zusammensetzen, z.8. für Messumformer, stößt jedoch schnell an die Grenzen der praktischen Realisierbarkeit. Diese ergibt sich aus der Notwendigkeit, für jedes Material, das einer thermischen Alterung im vorgesehenen Temperaturbereich unterliegen kann, den richtigen und aktuellen Werkstoffparameter, nämlich die Aktivierungsenergie, aus einer geeigneten Datenbank auszuwählen. Aus der Schar der Aktivierungsenergien ist dann diejenige für das weitere Vorgehen auszuwählen, welche das Alterungsverhalten im ungünstigsten Sinne beeinflusst. Neben dem soeben geschilderten Aspekt muss die Frage beachtet werden, ob die einer generischen Datenbank entnommene Aktivierungsenergie für ein bestimmtes Material das tatsächliche Stoffverhalten hinreichend genau beschreibt. Wie der Fehlerfunktion für die Arrheniusgleichung entnommen werden kann, haben bereits kleine Parameterstreuungen starke Auswirkungen auf das Ergebnis.

3. Radiologische Alterung

Die grundsätzliche Bedeutung des Dosisleistungseffektes ist seit Beginn der 80-iger Jahre bekannt /6/, /7/, /8/, /9/. Unter der Voraussetzung einer gleichbleibenden Gesamtdosis wird eine deutlich zunehmende Materialschädigung bei abnehmender Dosisleistung beobachtet /10/. Dieser Effekt wird maßgeblich von der Diffusionsgeschwindigkeit des Luftsauerstoffs in das organische Probenmaterial bestimmt. Bei Abwesenheit von Sauerstoff (z. B. bei einem inertisierten Containment) tritt dieser stark materialabhängige Zusammenhang nicht auf. Bezüglich der Bedeutung und der Auswirkung dieses Effektes auf das radiologische Alterungsverhalten von Materialien ist nur wenig bekannt /1/. Materialabhängige Datensammlungen zur Quantifizierung dieses Effektes stehen im Gegensatz zur Aktivierungsenergie für die Anwendung beim Arrheniusschen Alterungsmodell nicht zur Verfügung. Bezüglich des Dosisleistungseffektes ist jedoch festzuhalten, dass die in Deutschland bisher applizierte Dosisleistung von 500 Gy/h im internationalen Vergleich die niedrigste Dosisleistung überhaupt ist (z. B. sind nach IEEE 323 Werte von 5 1 Mrad/h (10 kGy/h) zugelassen und werden in aller Regel auch in dieser Höhe angesetzt).

Verbunden mit dem bisher bei den Typprüfungen angewandten 250 kGy-Konzept für die integrale betriebliche und störfallbedingte Strahlenbelastung findet damit qualitativ eine Berücksichtigung des Dosisleistungseffektes statt, insbesondere wenn die aktuellen Erkenntnisse bezüglich der tatsächlich im Betrieb und im Störfall auftretenden Strahlenbelastung mit berücksichtigt werden. Wenn einmal von einigen wenigen Extrempositionen abgesehen wird, liegen die entsprechenden Werte für die Mehrzahl (ca. 90...95 %) aller Elektro- und Leittechnikkomponenten und Geräte im Bereich 5 30 kGy für den Normalbetrieb und 5 10 kGy für den Störfall in den DWR-Anlagen. Der erste Wert ist zwischenzeitlich durch umfangreiche Langzeitdosimetrien in verschiedenen deutschen Kernkraftwerken belegbar, der letztere Wert ist u. a. auch durch Erkenntnisse des TMI-Störfalles und bessere Berechnungsmöglichkeit abgesichert.

4. Sequentielle Prüfungen zur Simulation der betrieblichen „Alterung“

Die Simulation der betrieblichen Einsatzzeit erfolgt überwiegend aus prüftechnischen Gründen sequentiell, d. h. nach der thermischen Voralterung erfolgt die Bestrahlung. Verschiedene Literaturstellen z. B. /11/ weisen auf die Existenz „synergetischer“ Effekte hin, die sich durch das

gleichzeitige Einwirken verschiedener Alterungseinflüsse im Kernkraftwerk ergeben und deren Erfassung bei Anwendung sequentieller Prüfmethode nicht beurteilt werden kann. Allerdings enthalten die verfügbaren Quellen hierzu wenig konkrete und teilweise sogar widersprüchliche Aussagen. Bei Siemens/KWU durchgeführte Arbeiten /12/ zur Untersuchung des Langzeitverhaltens von Containmentkabeln weisen auf die Existenz synergetischer Effekte hin. Deren praktische Auswirkung bei den im Betrieb von Kernkraftwerken vorherrschenden niedrigen Umgebungstemperaturen und Strahlenbelastungen sind jedoch aus ingenieurmäßiger Sicht als gering einzuschätzen.

5. Bewertung

Obwohl die bisherigen Prüfannahmen (z. B. niedrige Dosisleistung bei der radiologischen Voralterung) auch im internationalen Vergleich z. T. als konservativ angesehen werden müssen und obwohl die Prüfannahmen dem derzeitigen Wissensstand und dem Stand der Technik entsprechen, ist die Aussage über die tatsächliche zeitliche Reichweite (z. B. 40 Reaktorbetriebsjahre) der im Rahmen der Typprüfungen geführten betrieblichen Vorbeanspruchungen nicht ausreichend belastbar.

Andererseits weisen verschiedene Untersuchungen, z.B. bereits in der Vergangenheit durchgeführte experimentelle Überprüfungen der tatsächlichen Störfallfestigkeit von z.B. im Containment eingebauten Geräten, auf vorhandene Sicherheitsmargen hin. Es ergibt sich hiernach ein Zeitraum von ca. 15 Kernkraftwerksbetriebsjahren, in welchem die Störfallfestigkeit aus ingenieurmäßiger Sicht als gegeben angesehen werden kann und ein störfallbedingtes Komponentenversagen ausgeschlossen werden kann.

6. Ausblick

Es ist zu erwarten, dass durch die systematische Einführung des wiederkehrenden Nachweises der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit über die Palette der verschiedenen störfallfesten Komponenten und durch die Anwendung dieses Verfahrens bei einer größeren Zahl von Kernkraftwerken belastbare und repräsentative Resultate erzielt werden, die es nach einiger Zeit gestatten werden; konkretere Aussagen über die Prüfintervalle der Typprüfung abgeben und Korrekturen zu längeren Prüfintervalen vornehmen zu können. Weitere wissenschaftliche Erkenntnisse können dann ebenso berücksichtigt werden, wie eventuelle Aus- und Rückwirkungen auf das Prozedere zeittraffender und sequentieller Typprüfverfahren /13/.

Zu Abschnitt 6 "Austausch von Komponenten oder Bauteilen"

a) Der Austausch von Komponenten besteht im Ersatz einer Komponente durch eine typ- und baugleiche oder ähnliche Komponente, welche die entsprechenden Qualifizierungen (Typprüfung) aufweist und die geforderten Funktionen beherrscht. Die Qualifizierungen sind komponentenspezifisch durch entsprechende Nachweise zu bestätigen. Diese Nachweise müssen vor Beginn der Ersatzinstallation vorliegen.

Unter der Ähnlichkeit einer Komponente ist zu verstehen, dass gegenüber der zu ersetzenden Type, eine identische oder erweiterte Funktionsbeherrschung gewährleistet wird, dieses Ziel jedoch mit anderen Mitteln erreicht wird. Dies können abweichende Typen- und Baureihen, sowie andere Materialien und Konstruktionen sein.

b) Im Vorhaben SR 441 (ALSTER) wird auf Seite 12 ausgeführt:

"Der prophylaktische Austausch von Komponenten ... stellt auch keine verlässliche Lösungsmöglichkeit dar, da der Zuverlässigkeitsgewinn bezogen auf den Tauschzyklus bisher nicht ausreichend quantifizierbar ist. In der Regel wird man bestrebt sein, eine "betriebsbewährte" Komponente möglichst lange zu nutzen. Mit dem großflächigen Austausch "bewährter Technik", gegen neue Einrichtungen wird nicht unmittelbar eine höhere Gerätezuverlässigkeit erreicht. Bei neuen Komponenten tritt erst die Phase der Frühausträge mit gleichfalls hoher Ausfallrate überwunden werden, es sei denn, es werden künstlich vorgealterte Komponenten eingesetzt. Bei der Errichtung einer Anlage wird die Frühausträgephase in der Regel durch den zeitlichen Vorlauf im Zuge der monatelangen Inbetriebsetzung abgedeckt. Beim Austausch von Komponenten einer älteren Anlage fehlt eine entsprechende Vorlaufzeit".

Der hier geschilderte Nachteil des vorbeugenden Komponentenaustauschs kann leicht durch eine zeitliche und redundanzweise Staffelung umgegangen werden. Bei einer viersträngigen Anlage bietet sich der Austausch der betr. Komponenten einer Redundanz je Betriebsjahr z. B. während der Revisionsphase an. Unter ingenieurmäßigen Gesichtspunkten kann davon ausgegangen werden, dass mögliche Frühausfälle entsprechend der "Badewannenkurve" überwiegend nach einem oder spätestens nach zwei Betriebsjahren aufgetreten sein werden. Damit können mögliche Folgeauswirkungen auch rechtzeitig erkannt und geeignete Maßnahmen eingeleitet werden.