DIN 25475-2:2009-05 (D)

Kerntechnische Anlagen - Betriebsüberwachung - Teil 2: Schwingungsüberwachung zur frühzeitigen Erkennung von Änderungen im Schwingungsverhalten des Primärkreises von Druckwasserreaktoren

Inhalt

Seite

Vorwort 5

1 Anwendungsbereich 5

2 Normative Verweisungen 6

3 Begriffe 6

4 Beschreibung der Überwachungstechnik 6

5 Anforderungen an das Schwingungsüberwachungssystem 9
5.1 Prinzipieller Aufbau und Auslegungskriterien 9
5.2 Messwerterfassung 11
5.3 Signalaufbereitung 21
5.4 Signalanalyse 21
5.5 Signaldarstellung 21
5.6 Kalibrierung 22

6 Inbetriebsetzung 22
6.1 Allgemeines 22
6.2 Systemprüfungen 22
6.3 Messungen während der Inbetriebsetzung der Reaktoranlage 23

7 Durchführung der Überwachung 23
7.1 Allgemeines 23
7.2 Voraussetzungen 24
7.3 Messungen 25
7.4 Überwachung 26
7.5 Überprüfung des Überwachungssystems 31

8 Dokumentation 32

Anhang A (informativ) Schwingungsüberwachung, Beispiel 1 34
A.1 Allgemeines 34
A.2 Überwachung der Komponenten des Primärkreises und der Reaktordruck-behälter-Einbauten 34
A.3 Frequenzselektive Überwachung der Wellenschwingungen der Hauptkühl-mittelpumpen 36

Anhang B (informativ) Schwingungsüberwachung, Beispiel 2 46
B.1 Überwachung der Komponenten des Primärkreises und der Reaktordruckbehälter-Einbauten 46
B.2 Frequenzselektive Überwachung der Wellenschwingungen der Hauptkühlmittelpumpen 48

Anhang C (informativ) Beispiel für das Signalverhalten bei einem Wellenanriss 60

Literaturhinweise 62

Bilder

Bild 1 — Prinzipielle schwingungstechnische Zusammenhänge am Primärkreis 7
Bild 2 — Beispiele von Signalverläufen und zugehörigen Autoleistungsdichtespektren 8

Bild 3 — Schema eines Schwingungsüberwachungssystems 10
Bild 4 — Beispiel einer Anordnung der Aufnehmer für eine 4-Loop-Druckwasserreaktoranlage 13
Bild 5 — Seismischer Absolutwegaufnehmer 16
Bild 6 — Fernkalibrierbarer Relativwegaufnehmer 17
Bild 7 — Piezoelektrischer Druckaufnehmer 18
Bild 8 — Neutronenionisationskammer 19
Bild 9 — Wellenschwingungsaufnehmer 20
Bild 10 — Peakänderungen bei Änderungen des Merkmals Frequenz, Magnitude und Form (idealisiert) 24
Bild 11 — Mögliches Vorgehen beim Vergleich von Betriebsmessungen BM mit der gültigen Referenzmessung (hier RM 01) 26
Bild 12 — Beispiel für den optischen Vergleich zweier Autoleistungsdichtespektren aus Referenzmessung und einer Betriebsmessung 28
Bild 13 — Beispiel für den optischen Vergleich zweier Effektivwertspektren aus Referenzmessung und einer Betriebsmessung 30
Bild 14 — Trends der Effektivwerte 31
Bild A.1 — Autoleistungsdichtespektrum mit markierten Komponentenfrequenzen 37
Bild A.2 — Autoleistungsdichtespektrum mit markierten Komponentenfrequenzen und überwachten Frequenzbändern 38
Bild A.3 — Frequenztrend (Pendelschwingung des Reaktordruckbehälters) ohne Überschreiten der Aufmerksamkeitsschwellen 40
Bild A.4 — Frequenztrend (erste Schemelbiegeschwingung) mit Überschreiten einer Aufmerksamkeitsschwelle 40
Bild A.5 — Quotientenspektrum der Autoleistungsdichte aus Betriebsmessung und Referenzmessung eines Absolutwegaufnehmersignals 41
Bild A.6 — Wasserfalldarstellung von Autoleistungsdichtespektren eines Absolutwegaufnehmersignals 41
Bild A.7 — Wasserfalldarstellung von Quotientenspektren mit definierten Aufmerksamkeits-schwellen, berechnet für die Autoleistungsdichtespektren von Bild A.6, bezogen auf das Referenzspektrum von RM01 42
Bild A.8 — Vergleich des Effektivwertspektrums einer Betriebsmessung mit dem der Referenzmessung 43
Bild A.9 — Trends der Effektivwertspektren (Wasserfalldiagramm) 43
Bild A.10 — Trends der drehzahlharmonischen Effektivwerte (Trenddiagramm) 44
Bild A.11 — Wellenorbits und Wellenschwingungssignale einer Betriebsmessung und einer Referenzmessung 45
Bild B.1 — Vergleich von Autoleistungsdichtespektren (Referenz- und Betriebsmessung) mit überwachten Frequenzbändern 51
Bild B.2 — Jahrestrendverläufe der drei überwachten Merkmale Frequenz, Magnitude und Diskriminante in den Frequenzbändern von Bild B.1 (im Original in Farbe) 52
Bild B.3 — Ergebnisse der Schwingungsüberwachung in Form eines Statusplots (Ausschnitt): Spektren der Referenzmessung und der letzten Betriebsmessung mit farbcodierten überwachten Frequenzbändern, darunter jeweils zugehörige Trenddarstellungen des angewählten überwachten Merkmals (hier Frequenz) 54
Bild B.4 — Spektrenfolge eines Relativwegaufnehmersignals in Wasserfalldarstellung mit einer Peakänderung (Magnitude) im nicht automatisch überwachten Frequenzbereich 55
Bild B.5 — Spektrenfolge eines Relativwegaufnehmersignals in Wasserfalldarstellung mit einer Peakänderung (Frequenz) im nicht automatisch überwachten Frequenzbereich 56
Bild B.6 — Effektivwertspektrum der Referenzmessung und Effektivwertspektren von Betriebsmessungen 57
Bild B.7 — Trends der Änderungen der drehzahlharmonischen Anteile zweier Wellenschwingungssignale einer Hauptkühlmittelpumpe in einem BEZ 58
Bild C.1 — Beispiel für Trends des maximalen Wellenausschlags und der drehzahlharmonischen Effektivwerte bei einem Wellenanriss 61

Tabellen

Tabelle 1 — Spektrenvergleich aus Bild 12 29
Tabelle A.1 — Beispiel einer ausgefüllten Tabelle zur Überwachung der Komponenten des Primärkreises 39
Tabelle A.2 — Auszug einer Überwachungstabelle für Hauptkühlmittelpumpen-Wellenschwingungen (Abkürzungen, siehe Legende zu Tabelle A.1) 44
Tabelle B.1 — Beispiel einer ausgefüllten Tabelle zur Festlegung der Merkmale Diskriminante, Frequenz und Magnitude 50
Tabelle B.2 — Ergebnisse einer Schwingungsüberwachung mit Angabe der überwachten Merkmale, bei denen Aufmerksamkeitsschwellen überschritten wurden 53
Tabelle B.3 — Frequenzbänder, Bandgrenzen, Referenzwerte und Ansprechwerte am Beispiel zweier Wellenschwingungs- und Relativwegsignale 59