

# 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 Reaktordruckbehälter-Einbauten .....	34
A.3 Frequenzselektive Überwachung der Wellenschwingungen der Hauptkühlmittelpumpen .....	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
<b>Bilder</b>	
Bild 1 — Prinzipielle schwingungstechnische Zusammenhänge am Primärkreis .....	7
Bild 2 — Beispiele von Signalverläufen und zugehörigen Autoleistungsdichtespektren.....	8

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

## **Tabellen**

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