



## Leitfaden

### **E – 021 – DE      Revisionskonzept für Stromgeneratoren**

**TE-EE                  Energy Management and Electrical Engineering**

Anwendungsbereich:	Europa (K+S Business Units)
Fachgebiet:	Energy Management and Electrical Engineering
Ursprungssprache:	Deutsch
Veröffentlichung:	Intranet, Extranet
Anwender:	K+S Mitarbeiter, Auftragnehmer, Lieferanten und Kooperationspartner

Ersatz für Dokument:	-
Letzte Überarbeitung:	--
Autor:	Matthias Lückert / Alexander Röhl / Roland Israel
Abteilung:	TE-EE



0	Änderungsverzeichnis	3
1	Geltungsbereich	4
2	Mitgeltende Normen, Richtlinien	4
3	Abkürzungen	4
4	Vorgehensweise	4
5	Erläuterung der Revisionsschritte und -arten	5
6	Untersuchungsmethoden für alle Revisionsarten nach VGB-Richtlinie	7
7	Beschreibungen einiger Untersuchungsmethoden	9
8	Leistungsumfang der Hauptrevisionen (HR) für Schenkelpolläufer	11
9	Leistungsumfang der Hauptrevisionen (HR) für Turboläufer	14
10	Revisionszeitpunkt	18
10.1	Allgemein	18
10.2	Berechnung der äquivalenten Betriebszeit gemäß den betrieblichen Beanspruchungen	18
10.3	Berechnungsbeispiel der äquivalenten Betriebszeit eines Stromgenerators	20



## 0 Änderungsverzeichnis

Ausgabe	Name	Umfang	Art der Änderung
2019 - 11	Hinze / Lückert		Erstmalige Erstellung
2019 - 12	Hinze		Anpassungen
2022 - 03	Israel / Röhl		Ergänzungen / Prüfung / Anpassung auf VGB-S-167 03/2021
2022-04	Lückert		div. Anpassungen
2022-04	Röhl		Prüfung & Freigabe



## 1 Geltungsbereich

Dieser Leitfaden gilt für die Revisionsarbeiten von Drehstromgeneratoren von Dampf- und Gasturbinen sowie BHKWs und beschreibt die Untersuchungsmethoden sowie Mess- und Prüfsysteme für die Stillstandsdiagnose der eingesetzten Generatortypen. Für die eingesetzten Generatortypen sind zugeschnittene Leistungsumfänge beschrieben und als Tabelle dargestellt; diese sind bei den Generatorprüfungen umzusetzen.

## 2 Mitgeltende Normen, Richtlinien

Dieser Leitfaden basiert auf der VGB-Richtlinie „Revisionsempfehlungen für Turbogeneratoren (VGB-S-167-00-2021-03-DE)“.

## 3 Abkürzungen

A	Alle Bauteile
ST	Ständer
L	Läufer
ER	Erstrevision
KR	Kurzrevision
ZR	Zwischenrevision
HR	Hauptrevision
B	Revision nach Bedarf, keiner Revisionsart zugeordnet, abhängig vom Zustand der Maschine
X	Angabe der typischen Bedingungen für die Prüfung
(X)	Prüfung, die nur bei speziellen Bedingungen zum Einsatz kommt (hohe Kosten, konstruktive Gründe)

## 4 Vorgehensweise

### Revisionsinhalte

Dieser Leitfaden systematisiert die Untersuchungen für die Revisionsarten

- Erstrevision (ER),
- Kurzrevision (KR),
- Zwischenrevision (ZR),
- Hauptrevision (HR),
- Bedarfsrevision (B)

mit Bezug zu den jeweiligen Normen und Richtlinien, die bei den Revisionsschritten durchzuführen sind.

Dieser Leitfaden unterscheidet in seinen Vorgaben zwischen den Generatortypen



- Schenkelpolläufer:  
Hauptmerkmal zur Unterscheidung: Drehzahl bis  $1500 \text{ min}^{-1}$  im 50 Hz-Netz
- Turboläufer (auch Vollpolmaschine):  
Hauptmerkmale zur Unterscheidung Drehzahl bis  $3000 \text{ min}^{-1}$  im 50 Hz-Netz;  
schlanke, lange Bauweise.

Basierend auf den VGB-Empfehlungen ist unter **Pos. 6** der Leistungsumfang für eine typische Hauptrevision gemäß **Pos. 8 und 9** eingefügt, die in das individuelle Leistungsverzeichnis kopiert werden kann. Teile davon sind für ein Leistungsverzeichnis von Erst-, Kurz-, Zwischen- und Bedarfsrevision zu verwenden.

Wichtige Untersuchungsmethoden sind unter **Pos. 7** kurz beschrieben; detaillierte Beschreibungen sind in der VGB-S-167-00-2021-03-DE nachzulesen.

### Revisionszeitpunkte

Die Ermittlung des Revisionszeitpunktes für die Hauptrevision kann aus den Betriebsdaten als äquivalente Betriebszeit ermittelt werden (s. **Pos. 10**). Es wird empfohlen, zwischen den Hauptrevisionen eine oder mehrere Kurz- und Zwischenrevisionen durchzuführen, die nicht zwingend in gleichen Abständen durchgeführt werden müssen.

Die letzte Kurz- oder Zwischenrevision vor deiner Hauptrevision sollte dazu genutzt werden, die Hauptrevision optimal vorzubereiten.

### Allgemeines

Alle Untersuchungen und Revisionen werden im Stillstand durchgeführt.

Für eine hohe Aussagekraft der Ergebnisse müssen die Messungen stets nach demselben Messaufbau und unter denselben Bedingungen wie die vorangegangenen Messungen durchgeführt werden.

Als Ergebnis dient nicht der absolute Wert einer Messung, sondern der Verlauf der Messwerte über die durchgeführten Messungen.

## 5 Erläuterung der Revisionsschritte und -arten

### Erstrevision

Die Erstrevision soll dazu dienen, Schwachpunkte nach der Lieferung, Inbetriebnahme und erster Betriebszeit von ca. 10.000 bis 20.000 h aufzudecken; diese Revision wird häufig vor dem Ende der Garantie oder Gewährleistungszeit durchgeführt; ein Teil der Untersuchungsschritte erfordert eine Teildemontage von Komponenten.

Der Umfang der Maßnahmen ist maximal wie bei Hauptrevision anzusetzen.



### **Kurzrevision**

Die Kurzrevision dient im Wesentlichen zum frühzeitigen Erkennen von Zustandsveränderungen am Generator. Der Zeitpunkt wird in der Regel durch den Stillstand anderer Kraftwerkskomponenten verursacht. Es sind keine Demontearbeiten durchzuführen.

Diese Revision kann aufgrund ihres geringen Umfanges auch bei ungeplanten Stillständen gut umgesetzt werden und soll den Umfang der Zwischenrevision optimal vorbereiten.

### **Zwischenrevision**

Die Zwischenrevision dient im Wesentlichen einer umfangreichen Inspektion und kleineren Instandsetzungen. Der Zeitpunkt wird in der Regel durch den Stillstand anderer Kraftwerkskomponenten verursacht. Im Gegensatz zur Kurzrevision sind Demontearbeiten durchzuführen; der Läufer wird jedoch nicht ausgebaut.

### **Hauptrevision**

Die Hauptrevision dient der umfassenden Inspektion und Instandsetzung des Generators. Inhaltlich ist sie wie eine Zwischenrevision, jedoch mit Ausbau des Läufers zu sehen.

### **Bedarfsrevision**

Die Bedarfsrevision wird im Revisionsumfang, abhängig vom Zustand der Maschine, individuell festgelegt. Sie dient im Wesentlichen der Untersuchung von Auffälligkeiten und/oder der gezielten Beseitigung von Mängeln.

## 6 Untersuchungsmethoden für alle Revisionsarten nach VGB-Richtlinie

Lfd.Nr.	Untersuchungsmethode	Bau- teil	Anmerkungen	Revisionsart				
				KR	ZR	ER	HR	B
1	Teilentladungsmessung	ST	Nach IEC 60034-27-1		X	X	X	X
2	Verlustfaktormessung	ST	IEC 60034-27-3		X	X	X	X
3	Isolationswiderstand und Polarisationsindex	ST	Grenzwert nach IEC 60034-27-4	X	X	X	X	X
4	Wicklungswiderstand	ST	Gleichspannungsmessung			X		X
5	Hochspannungsprüfung mit Wechselspannung	ST	IEC 60034-1					X
6	Hochspannungsprüfung mit Gleichspannung	ST	Gemäß IEC 60034-1 nur in Sonderfällen, wenn keine Hochspannungsprüfung mit Wechselspannung möglich					X
7	Isolationsprüfung, isolierte Spannbolzen des Blechpaketes	ST	Zugänglichkeit ist Voraussetzung				(X)	X
8	Magnetisierungsprüfung Blechpaket („Vollfluss“-Messung) Beanspruchung der Blechpaket-Isolierung mit mind. 80 % der Längsspannung	ST	Geeignet für Erkennung von Fehlern bzw. Schäden in der Blechpaket-Isolierung (auch niederohmig nichtmetallisch)			(X)	(X)	X
9	Magnetisierungsprüfung Blechpaket (Teilfluss-Messung) Isolierung Blechpaket mit ca. 5% der Längsspannung, z. B. über Detektionsspulen, Sensoren	ST	Geeignet für Erkennung mechanischer Beschädigungen im Blechpaket (metallische Schlüsse)  Im Allgemeinen durchführbar bei eingebautem Läufer (abhängig von Luftspaltgeometrie)		(X)	(X)	(X)	X
10	Überprüfung der Blechpaketpressung	ST	Im Endzonenbereich, visuelle Befundung mit Hilfsmitteln				X	X
11	Nutverteilungsprüfung	ST	z. B. Federwegmessung oder Impulsantwort (manueller oder automatischer Klopfest); nicht für Ganztränkung, stark abhängig von der Ausführung der Nutverteilung, besondere Bedeutung, wenn ohne Nutkopffeder		(X)	X	X	X
12	Wickelpfedschwingungen	ST	Impulshammervverfahren einschl. Modalanalyse nach IEC 60034-32			X	(X)	X
13	Dichtheitsprüfung Kühlwassersystem Ständerwicklung mittels Druck oder Vakuum	ST				X	X	(X)
14	Dichtheitsprüfung H2-Anlage einschl. Generatorgehäuse	ST	Dichtheitsprüfung nach jedem Öffnen des Generators, Leckagesuche nach Befund	X	X	X	X	(X)

(Abkürzungen: KR: Kurzrevision; ZR: Zwischenrevision; ER: Erstrevision; HR: Hauptrevision  
B: Bedarfsrevision)



Lfd.Nr.	Untersuchungsmethode	Bauteil	Anmerkungen	Revisionsart				
				KR	ZR	ER	HR	B
15	Durchflussmessung Ständerkühlwasser	ST	Möglichst Einzelabmessung, ersatzweise Gesamtabwick- lung Erfassung hydraulischer Widerstand Kann ggf. entfallen, wenn Temperaturüberwachung der Einzelstäbe vorhanden			(X)	X	
16	Hauptstromdurchführung	ST	Demontage und Durchführung folgender Prüfungen: elektri- sche Prüfungen (TanDelta, TE und HS) und Dichtigkeitsprü- fungen, ggf. Austausch (Liefer- zeiten beachten)				(X)	
17	Nutwiderstandsthermometer	ST	Funktionsprüfung, Isolations- widerstand			X		
18	Isolationswiderstand	L	Grenzwert nach IEC60034- 27-4 Abhängig von der Bauart	X	X	X	X	X
19	Windungsschlussmessung	L	Geeignete Messverfahren: Im- pulsmessung (RSO-Messung), Polvergleichsmessung, Impedanzmessung, möglichst drehzahlabhängig Streuflussmessung Wellenspannungsmessung 1) bei Schleifringläufer auch in ZR möglich)		1)	X	X	X
20	Hochspannungsprüfung mit Wechselspannung	L	Nach IEC 60034-1 Hinweis: bes. Bedeutung nach Kappenremontage					X
21	Hochspannungsprüfung mit Gleichspannung	L	Gemäß IEC 60034-1 nur in Sonderfällen, wenn keine Hochspannungsprüfung mit Wechselspannung möglich, Hinweis: bes. Bedeutung nach Kappenremontage					X
22	Rissprüfungen: Ultraschall, Magnetpulver-Prüfung oder Far- beindringverfahren („liquid pe- netrant“)	L	Für alle demontierten rotieren- den Teile (Kappen, Lüfter)				X	
23	Dichtheitsprüfung an der H2-Ab- dichtung der Stromzuführung der Läuferwicklung	L	Im Allgemeinen Bestandteil der Prüfungen nach lfd. Nr. 14				(X)	
24	Dichtheitsprüfung des Wasser- kreislaufes bei wassergekühlten Läufern	L					X	
25	Visuelle Inspektion	A	Mit Unterstützung durch Endo- skopie und Roboteruntersu- chung	(x)	X	X	X	X
26	Lager		Zustand Lauffläche und Isolati- onswiderstand			X	X	X

Tabelle 2: Untersuchungsmethoden an elektrischen Aktivteilen von Turbogeneratoren im Stillstand bei den verschiedenen Revisionsarten (Abkürzungen: KR: Kurzrevision ZR: Zwischenrevision ER: Erstrevision; HR: Hauptrevision; B: Bedarfsrevision)



## 7 Beschreibungen einiger Untersuchungsmethoden

### Isolationswiderstandsmessung und Polarisationsindex

Zweck	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung des Feuchte- und Verschmutzungszustandes und daraus resultierend eine Entscheidungshilfe ob eine Reinigung oder Trocknung notwendig ist</li> <li>Überprüfung der Eignung für den weiteren Betrieb bzw. weitere Messungen</li> <li>grobe Fehlersuche</li> </ul>
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>IR_1</math>, <math>IR_{10}</math></li> <li>Polarisationsindex (PI)</li> <li>Isolationszeitkonstante</li> <li>Ladekennlinie</li> </ul>
Grenzwerte	Nach IEC60034-27-4 (DIN VDE 0530-27-4:2015-5) <ul style="list-style-type: none"> <li><math>IR_1 = 100 \text{ M}\Omega</math></li> <li><math>PI = 2,0</math></li> </ul>

### Verlustfaktormessung

Zweck	<ul style="list-style-type: none"> <li>den Grad der Aushärtung des Isoliersystems feststellen</li> <li>hinweise auf die Häufigkeit von Hohlstellen und Delaminierungen erkennen</li> </ul>
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\tan \delta</math> Kennlinie</li> <li><math>\tan \delta_{0,2}</math></li> <li><math>\Delta \tan \delta / 0,2 U_N</math></li> </ul>
Grenzwerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Für die Gesamtwicklung ist eine Definition eines Grenzwertes nicht möglich. Als Orientierungswert können die Grenzwerte für die Einzelspulen dienen.</li> </ul>

### Teilentladungsmessung

Zweck	<ul style="list-style-type: none"> <li>Feststellung von Veränderungen, als Folge von Beschädigungen an der Isolation</li> </ul>
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scheinbare Ladung <math>q</math></li> <li>Teilentladungseinsetzspannung <math>U_i</math> bzw. Teilentladungsaussetzspannung <math>U_e</math></li> <li>Impulshäufigkeit <math>n</math></li> <li>Phasenwinkel <math>\phi</math></li> <li>Verschieden Auswertediagramme</li> </ul>
Grenzwerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durch Dämpfung, Verzerrung, Reflexion und das Übersprechen von Wanderwellensignalen ist eine Kalibrierung nicht möglich, wodurch es keine Grenzwerte gibt.</li> </ul>



### Hochspannungsprüfung mit Wechsel- und Gleichspannung

Zweck	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachweis der Spannungsfestigkeit der Isolierung</li> <li>• Dient zum Aufspüren von Schwachstellen in der Isolierung</li> </ul>
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alles in Ordnung – Isolierung ist Spannungsfest oder</li> <li>• Durchschlag – defekte Isolierungen müssen getauscht werden</li> </ul>
Prüfung mit Gleichspannung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Beschädigungsgefahr; diese Untersuchungsmethode sollte nur im Ausnahmefall und mit Bedacht erfolgen.</li> </ul>

### Visuelle Kontrolle

Zweck	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feststellung des Zustandes (Verschmutzung, erkennbare lose Teile, beschädigte Teile, Risse, usw.)</li> </ul>
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zustandserfassung</li> <li>• Kann bei der Beurteilung von Messungen helfen</li> </ul>



## **8 Leistungsumfang der Hauptrevisionen (HR) für Schenkelpollläufer**

### **Übersicht**

- A: Arbeiten am Ständer
- B: Arbeiten am vorderen und hinteren Generatorlager
- C: Arbeiten am Induktor
- D: Arbeiten an der Erregermaschine
- E: Arbeiten am Generatorluftkühler

### **Hinweise:**

- (1) Die Demontage der Generatoren ist vor Beginn der Revisionsarbeiten individuell mit dem Auftragnehmer zu vereinbaren.**
- (2) Besonderheiten des Generatortyps können zu Abweichungen des Leistungsumfanges führen.**

### **A. Arbeiten am Ständer**

1. Manuelles Reinigen mit Elektreiniger, Trockeneisreinigung bei sehr starken Verschmutzungen (inkl. Trocknen und Imprägnieren)
2. Kontrolle der Nutkeile auf Festsitz und Beschädigung
3. Kontrolle der Wickelkopfdistanzstücke und Bandagierung auf Festsitz und Schäden
4. Kontrolle der Wickelkopfabstützung, der Schaltleitungen und Schaltleitungsabstützung auf Schäden und Lockerungen
5. Kontrolle der Wickelkopfisolation und deren Versiegelung auf Schäden
6. Kontrolle der Pressplatten des Blechpaketes auf Festsitz und Sicherung
7. Kontrolle der Wicklungsausleitung einschließlich Generatorklemme und aller sonstigen Klemmbretter auf Schäden
8. Untersuchung des Blechpaketes auf Lockerung und eventuell vorhandenen Blechschluss oder Eisenbrand
9. Kontrolle der Oberflächenversiegelung
10. Kontrolle der Widerstandsthermometeranschlüsse
11. Messung der Isolationswiderstände der Ständerwicklung der Einzelstränge nach IEC 60034-27-4



12. Ständerpaketprüfung mittels Hochinduktionsmethode mit thermovisuellem  
Prüfung
13. Verlustfaktor  $\tan \delta$  und Kapazitäts-Messung nach IEC 60034-27-3
14. Verlustfaktor-Änderung  $\Delta \tan \delta$  Messung nach IEC 60894
15. Dielektrische Antwortmessung in Funktion der Frequenz
16. Teilentladungsmessung nach IEC 60034-27-1
17. Wicklungswiderstandsmessung und Funktionskontrolle der  
Ständertemperaturmessung nach HS-Prüfung

## **B. Arbeiten am Induktor**

1. Reinigung mit Elektroreiniger, Trockeneisreinigung bei sehr starken Verschmutzungen  
(inkl. Trocknen und Imprägnieren)
2. Rundlaufkontrolle
3. Prüfung der Lüfterschaufeln mit Ultraschall auf Rissfreiheit
4. Kontrolle der Lüfterschaufeln auf Schäden und Festsitz
5. Lagerstellen glätten
6. Kontrolle der Polschenkelabstützung auf Schäden und Festsitz
7. Kontrolle der Polkeile auf Schäden und Festsitz
8. Kontrolle der Zuleitungen auf Schäden und Festsitz
9. Kontrolle der Pole auf Querschluss und Erdschluss
10. Wicklungswiderstandsmessung der einzelnen Pole
11. Kontrolle der Dichtflächen auf Schäden
12. Kontrolle der Wuchtgewichte auf Festsitz und Sicherung
13. Kontrolle der Induktorwicklung im zugänglichen Bereich auf Lockerung oder  
Schäden
14. Kontrolle der Dioden und der RC-Glieder auf Schäden (Visuell und  
messtechnisch) und Festsitz
15. Kontrolle der Kupplungsplanflächen auf Druckstellen
16. ZfWP der Scherbolzen
17. Messung des Isolationswiderstandes des Induktors
18. Messung des Wicklungswiderstandes
19. Dynamisches Wuchten bei Nenndrehzahl



Bei Maschinen mit Schleifringsystemen:

- 20. Messung Spannungsabfälle an den zugänglichen Kontaktstellen des Schleifringsystems mit 100A oder 0,1 x I<sub>ern</sub>, wenn die konstruktive Ausführung des Induktors die Messung zulässt
- 21. Rundlaufkontrolle Schleifringe, minimales Überdrehen und polieren der Schleifringe (bei Bedarf)
- 22. Kontrolle der Bürstenhalter und Federn

### **C. Arbeiten am vorderen und hinteren Generatorlager**

- 1. Demontage, Reinigen, Befund
- 2. Spiele messen
- 3. Lagerböcke und –deckel reinigen
- 4. Kontrolle der schwimmenden Schneiden-Dichtung
- 5. sämtliche Bohrungen frei machen
- 6. Kontrolle Lagermetallbindung
- 7. Kontrolle der Teilflächen auf Ebenheit, bei Bedarf öldicht nacharbeiten
- 8. Nullbohrung herstellen Ausrichten der Kugeldurchmesser der Unterschale
- 9. Lagerbohrung fertiggearbeiten
- 10. Einschaben der Lagerflächen, Druckellipse einarbeiten
- 11. Ölkammern freifräsen
- 12. Übergänge verziehen, Einlaufkanten verrunden

### **D. Arbeiten an der Erregermaschine**

- 1. Manuelles Reinigen mit Elektroeiniger, Trockeneisreinigung bei sehr starken Verschmutzungen (inkl. Trocknen und Imprägnieren)
- 2. Kontrolle der Kupplung
- 3. Kontrolle der Erregermaschine auf Verschmutzung
- 4. Kontrolle der Lagerabdichtung auf Ölaustritt
- 5. Kontrolle des Lagers
- 6. Sichtkontrolle der Wicklungen und aller sonstigen Baugruppen im zugänglichen Bereich auf Schäden, Lockerung oder Alterung



7. Rundlaufkontrolle der Erregermaschine
8. Messung des Isolations- und Wicklungswiderstandes der Ankerwicklung, der Erreger-, Wendepol- und Kompensationswicklung nach IEC 60034-27-4
9. Abdrehen und Aufarbeiten der Rotorerdschlussüberwachung / sofern nötig Austausch der Kohlen

#### **E. Arbeiten am Generatorluftkühler**

1. Manuelles Reinigen des Kühlers
2. Ausrichtung ggf. verbogener Lamellen
3. Neu Eindichten des Kühlers in den Anschlussbereichen
4. Druckprobe der Wasserseite (Dauer 1min)

## **9 Leistungsumfang der Hauptrevisionen (HR) für Turboläufer**

### **Übersicht**

- A: Arbeiten am Ständer
- B: Arbeiten am vorderen und hinteren Generatorlager
- C: Arbeiten am Induktor
- D: Arbeiten an der Erregermaschine
- E: Arbeiten am Generatorluftkühler

**Hinweis: Besonderheiten des Generatortyps können zu Abweichungen des Leistungsumfanges führen.**

#### **A. Arbeiten am Ständer**

1. Manuelles Reinigen mit Elektreiniger, Trockeneisreinigung bei sehr starken Verschmutzungen (inkl. Trocknen und Imprägnieren)
2. Kontrolle der Nutkeile auf Festsitz und Beschädigung
3. Kontrolle der Wickelkopfdistanzstücke und Bandagierung auf Festsitz und Schäden
4. Kontrolle der Wickelkopfabstützung, der Schaltleitungen und Schaltleitungsabstützung auf Schäden und Lockerungen



5. Kontrolle der Wickelkopfisolation und deren Versiegelung auf Schäden
6. Kontrolle der Pressplatten des Blechpaketes auf Festsitz und Sicherung
7. Kontrolle der Wicklungsausleitung einschließlich Generatorklemme und aller sonstigen Klemmbretter auf Schäden
8. Untersuchung des Blechpaketes auf Lockerung und eventuell vorhandenen Blechschluss oder Eisenbrand
9. Kontrolle der Oberflächenversiegelung
10. Kontrolle der Widerstandsthermometeranschlüsse
11. Messung der Isolationswiderstände der Ständerwicklung der Einzelstränge nach IEC 60034-27-4
12. Ständerpaketprüfung mittels Hochinduktionsmethode mit thermovisueLLer Prüfung
13. Verlustfaktor  $\tan \delta$  und Kapazitäts-Messung nach IEC 60034-27-3
14. Verlustfaktor-Änderung  $\Delta \tan \delta$  Messung nach IEC 60894
15. Teilentladungsmessung nach IEC 60034-27-1
16. Dielektrische Antwortmessung in Funktion der Frequenz
17. Wicklungswiderstandsmessung und Funktionskontrolle der Ständertemperaturmessung nach HS-Prüfung

## **B. Arbeiten am vorderen und hinteren Generatorlager**

1. Reinigen, Befund
2. Spiele messen
3. Lagerböcke und –deckel reinigen
4. Kontrolle der schwimmenden Schneiden-Dichtung
5. Sämtliche Bohrungen frei machen
6. Kontrolle Lagermetallbindung
7. Kontrolle der Teilflächen auf Ebenheit, bei Bedarf öldicht nacharbeiten
8. Nullbohrung herstellen Ausrichten der Kugeldurchmesser der Unterschale
9. Lagerbohrung fertiggearbeiten
10. Einschaben der Lagerflächen, Druckellipse einarbeiten
11. Ölkammern freifräsen
12. Übergänge verziehen, Einlaufkanten verrunden



### **C. Arbeiten am Induktor**

1. Reinigung mit Elektroreiniger, Trockeneisreinigung bei sehr starken Verschmutzungen (inkl. Trocknen und Imprägnieren)
2. Rundlaufkontrolle
3. Ziehen der Kappenringe vom Läufer
4. Prüfung der Kappenisolation, Austausch sofern beschädigt
5. Prüfung der Kappringe mit Ultraschall auf Rissfreiheit
6. Prüfung der Spulenverspannung im Bereich der Kappenringe ggf. Nacharbeiten
7. Remontage der Kappenringe
8. Oberflächenrissprüfung (an den stark belasteten, gefährdeten Stellen)
9. Lagerstellen glätten
10. Kontrolle der Lüftungsritzen/Lüftungsklötze auf Verstopfung und festen Sitz
11. Reinigung der Lüftungskanäle im Rotor
12. Kontrolle der Polkeile auf Schäden und Festsitz
13. Kontrolle der Zuleitungen auf Schäden und Festsitz
14. Kontrolle der Kappenringsitze auf Schäden und Festsitz
15. Kontrolle der Lagerzapfen auf Schäden
16. Kontrolle der Dichtflächen auf Schäden
17. Kontrolle der Lüfterschaufeln auf Schäden und Festsitz
18. Prüfung der Lüfterschaufeln mit Ultraschall auf Rissfreiheit
19. Kontrolle der Wuchtgewichte auf Festsitz und Sicherung
20. Kontrolle der Induktorwicklung im zugänglichen Bereich auf Lockerung oder Schäden
21. Kontrolle der Dioden und der RC-Glieder auf Schäden und Festsitz (visuell und messtechnisch),
22. Kontrolle der Kupplungsplanflächen auf Druckstellen
23. ZfWP der Scherbolzen
24. Messung des Isolationswiderstandes des Induktors
25. Messung des Wicklungswiderstandes
26. Dynamisches Wuchten bei Nenndrehzahl





Bei Maschinen mit Schleifringsystemen:

27. Messung Spannungsabfälle an den zugänglichen Kontaktstellen des Schleifringsystems mit 100A oder  $0,1 \times I_{err,n}$ , wenn die konstruktive Ausführung des Induktors die Messung zulässt
28. Rundlaufkontrolle Schleifringe, minimales Überdrehen und polieren der Schleifringe (bei Bedarf)
29. Kontrolle der Bürstenhalter und Federn

#### **D. Arbeiten an der Erregermaschine**

1. Manuelles Reinigen mit Elektroreiniger, Trockeneisreinigung bei sehr starken Verschmutzungen (inkl. Trocknen und Imprägnieren)
2. Kontrolle der Kupplung
3. Kontrolle der Erregermaschine auf Verschmutzung
4. Kontrolle der Lagerabdichtung auf Ölaustritt
5. Kontrolle des Lagers
6. Sichtkontrolle der Wicklungen und aller sonstigen Baugruppen im zugänglichen Bereich auf Schäden, Lockerung oder Alterung
7. Rundlaufkontrolle der Erregermaschine
8. Messung des Isolations- und Wicklungswiderstandes der Ankerwicklung, der Erreger-, Wendepol- und Kompensationswicklung nach IEC 60034-27-4
9. Abdrehen und Aufarbeiten der Rotorerdschlussüberwachung

#### **E. Arbeiten am Generatorluftkühler**

1. Manuelles Reinigen des Kühlers
2. Ausrichtung ggf. verbogener Lamellen
3. Neu Eindichten des Kühlers in den Anschlussbereichen
4. Druckprobe der Wasserseite (Dauer 1min)

## 10 Revisionszeitpunkt

### 10.1 Allgemein

Vom Generatorhersteller wird im Allgemeinen eine äquivalente Betriebszeit bis zur Hauptrevision von 50.000 bis 70.000 h angegeben, wobei für Generatoren ab dem Lieferjahr 2010 eine Zeit von maximal 80.000 h angesetzt werden kann. Zwischen den Hauptrevisionen oder in der Zeit von der Erst- bis zur ersten Hauptrevision sollten Kurz- und Zwischenrevisionen eingeplant werden.

### 10.2 Berechnung der äquivalenten Betriebszeit gemäß den betrieblichen Beanspruchungen

Für die Ermittlung eines Zeitpunktes für die Hauptrevision kann die äquivalente Betriebszeit ( $T_{\text{ä}}$ ) ermittelt werden. Sie ist ein Hilfsmittel, mit welchem die betriebliche Beanspruchung des Generators abbildet werden kann.

Die äquivalente Betriebszeit wird nachfolgender Formel ermittelt:

$$T_{\text{ä}} = K_1 \cdot T_1 + K_2 \cdot T_2 + n \cdot T_3$$

#### Kurzbeschreibung der Formelfaktoren

Faktor	Kurzbeschreibung	Einheit
$T_{\text{ä}}$	Äquivalente Betriebszeit in Stunden	h
$K_1$	Bewertungsfaktor für die Beanspruchung während des Leistungsbetriebes	-
$T_1$	Leistungs-Betriebszeit in Stunden	h
$K_2$	Bewertungsfaktor für die Beanspruchung während des Drehwerksbetriebs	-
$T_2$	Drehwerksbetriebszeit in Stunden	h
$n$	Anzahl der Starts	Stück
$T_3$	Bewertungszeit für die Beanspruchung durch einen Start in Stunden	h / Start
S	Generatorscheinleistung	MVA



### **Bewertungsfaktor $K_1$**

Der Bewertungsfaktor  $K_1$  dient zur Bewertung der Beanspruchung im Leistungsbetrieb und ist für die Beanspruchung gemäß Auslegung auf

$$K_1 = 1 \text{ (-)}$$

zu setzen (Empfehlung).

### **Leistungsbetriebszeit $T_1$**

Betriebszeit des Generators mit Stromproduktion

### **Bewertungsfaktor $K_2$**

Dieser Bewertungsfaktor dient zur Berücksichtigung der Beanspruchung des Drehwerksbetriebes auf den Läufer und wird gemäß nachstehender Formel berechnet. Der Faktor steigt mit zunehmender Generatorleistung und somit steigender Rotorlänge; er ist auf 0,5 begrenzt, da ab einer bestimmten Größe der Maschine die Bauart nicht länger wird, sondern sich der Durchmesser durch den Einsatz von mehrpoligen Generatoren vergrößert.

$$K_2 = \frac{1}{4000} \cdot S + 0,2 \text{ (-)}$$

### **Drehwerksbetriebszeit $T_2$**

Betriebszeit des Generators ohne Stromproduktion

### **Bewertungszeit für Start-Stopp-Zyklen $T_3$**

Diese Bewertungszeit wird benötigt, um den Einfluss der Starts zu berücksichtigen; diese Zeit wird gemäß nachstehender Formel berechnet und ist im Wesentlichen von der Generatorscheinleistung  $S$  abhängig.

Während eines Start- und Stoppvorganges entstehen unterschiedlich schnelle Temperaturanstiege im Kupfer und Eisen der Maschine. Durch die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Materialien kommt es zu Relativbewegungen, die einen erhöhten Verschleiß bewirken.



Der Mindestwert für  $T_3$  beträgt 10 Stunden, der Maximalwert 25 Stunden.

$$T_3 = 0,015 \cdot S + 7 \text{ (h)}$$

### 10.3 Berechnungsbeispiel der äquivalenten Betriebszeit eines Stromgenerators

#### Beispiel

Generatorscheinleistung  $S = 7,125 \text{ MVA}$

Formel-faktor	Beschreibung	Einheit	Wert
T1	Leistungsbetriebszeit	h	8000
K1	Bewertungsfaktor für die Beanspruchung während des Leistungsbetriebszeit	-	1
T2	Drehwerksbetriebszeit in Stunden	h	500
K2	Bewertungsfaktor für die Beanspruchung während der Drehwerksbetriebszeit (maximal 0,5)	-	0,202
T3	Bewertungszeit für die Beanspruchung durch einen Start in Stunden: Minimal 10h, maximal 25h (Die Formel ergibt für dieses Beispiel 7,1068)	h	10,00
n	Anzahl der Start-Stopp-Zyklen	Stück	10
<b>T<sub>ä</sub></b>	<b>Äquivalente Betriebszeit</b>	<b>h</b>	<b>8201</b>