



DIAGNOSEVERFAHREN FÜR LASTSTUFENSCHALTER IN TRANSFORMATOREN

Möglichkeiten moderner Messverfahren zur Zustandserfassung
Omicron Diagnosewoche 2019, Lindau, 27. Februar 2019, MR-CSTA P. Schmitt



ZIELE EINER ZUSTANDSDIAGNOSE



- | Wenn Wartungsstrategien von klassischer zeitbasierter Wartung zu zustandsorientierter Wartung hin verändert werden sollen, sind Methoden zur Beurteilung dieses Zustands notwendig.
- | Dabei soll die Betriebssicherheit auf einem zu definierendem geforderten Niveau gehalten werden.
- | Zustandsdiagnosen sollen Auskunft über den Zustand eines Assets geben um daraus einen Handlungsbedarf ableiten zu können

MESSTECHNIK IST KEIN SELBSTZWECK



Messungen sollen Fakten zur Beantwortung von Fragen und Argumente zur Fällung von Entscheidungen liefern

- | Definition von Fragestellungen auf Basis der situativen Informationen
- | Analyse potentieller Zustandsszenarien
- | Festlegung von Methoden, die in der Lage sind die unterschiedlichen Zustandsszenarien zu detektieren.
- | Definition von Reaktionsszenarien
- | Gegenüberstellung von Zustands- und Reaktionsszenarien
- | Umsetzung sinnvoller Messmethoden
- | Analyse der Ergebnisse
- | Festlegung weiterer Schritte

ZUSTANDSSZENARIEN FÜR LASTSTUFENSCHALTER



Welche Veränderungen zum Neuzustand wirken sich auf die Betriebssicherheit von Laststufenschaltern aus:

- | Verschleiß des mechanischen Systems
- | Veränderungen der Kontakte
 - | stromschaltende Kontakte im Lastumschalttereinsatz (Verschleiß durch Abbrand)
 - | leistungslos schaltende Kontakte (Kontaktdruck, Fremdschichten)
- | Veränderungen am Isolationszustand
 - | Ölqualität
 - | Zustand der Isolationsstrecken in Festkörperisolationen
- | Belastungssituation des Laststufenschalters

MESSMETHODEN ZUR BEURTEILUNG VON LASTSTUFENSCHALTERN



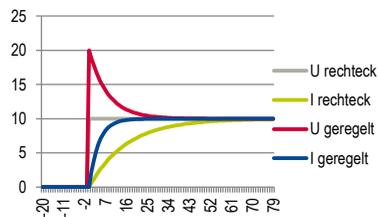
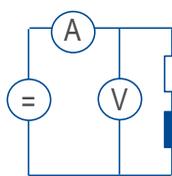
- | klassische Widerstandsmessung
- | Übersetzungsmessung
- | Dynamische Widerstandsmessung (Tapscan DRM®)
- | Vibroakustische Messung (Tapscan VAM®)
- | Wählerkontrollmessung
- | Schaltablaufmessung

MESSMETHODEN



Klassische Widerstandsmessung

- Ermittlung des Gleichstromwiderstandes in allen Stufen durch Strom-Spannungsmessung



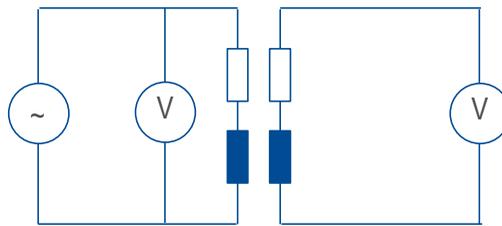
- Es können Widerstandsveränderungen des Stromweges von Durchführung zu Durchführung detektiert werden, die entweder größer als die übliche Varianz sind, oder eine ungewöhnliche Charakteristik haben.

MESSMETHODEN



Übersetzungsmessung

- | Stufenweiser Vergleich von Eingangs- und Ausgangsspannungen (AC), Betrachtung der Speiseströme



- | Kontrolle der Verschaltung von Wicklung und Stufenschalter beim Neubau und Reparaturen.
- | Detektierbar sind getrennte oder falsche Anschlüsse, sowie ungewollte Parallelwege (auch vergleichsweise höher ohmig).



Dynamische Widerstandsmessung (Tapscan DRM®)

I Prinzip:

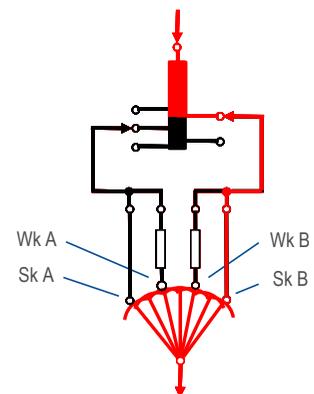
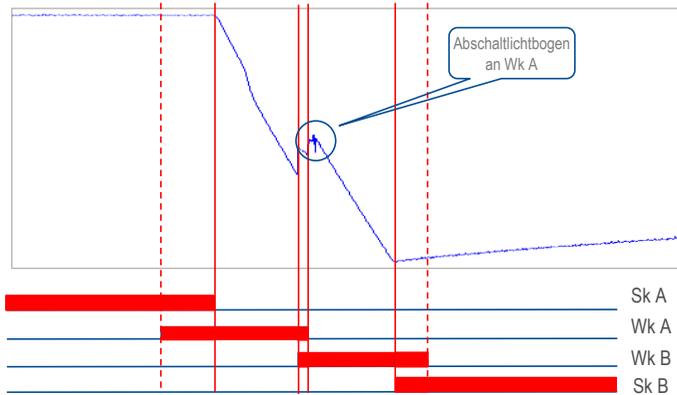
- I Messaufbau analog zu einer klassischen Widerstandsmessung, wobei die Spannungsquelle eine geregelte Ausgangsspannung benötigt sowie Strom und Spannung im Zeitbereich gemessen werden.
- I Während der Lastumschaltung des Laststufenschalters wird schrittweise der ohmsche als auch der induktive Widerstand der Wicklung verändert. Der daraus folgende Einfluss auf den Stromverlauf wird aufgezeichnet und kann analog zu einer Schaltablaufmessung ausgewertet werden.
- I Sichtbar werden alle Schaltpunkte des Schaltablaufes, bei denen sich eine Veränderung im Scheinwiderstand der Wicklung ergibt.

MESSMETHODEN



Dynamische Widerstandsmessung (Tapscan DRM®)

I Beispiel für eine DRM Stromkurve



MESSMETHODEN



Vibroakustische Messung (Tapscan VAM®)

- | Am Transformator werden ein oder mehrere piezoelektrische Sensoren an sinnvollen Punkten angebracht. Deren Signale werden mit MHz Samplerate abgetastet (Abtasttheorem: mind. 10 fache Abtast- wie Auswertefrequenz notwendig)
- | Messung ist online möglich, jedoch wird das Auffinden geeigneter Sensorpunkte aufwändiger.



Montage auf dem Trafotank



Anschluss der Sensoren am Meßgerät



Montage auf dem LU-Deckel



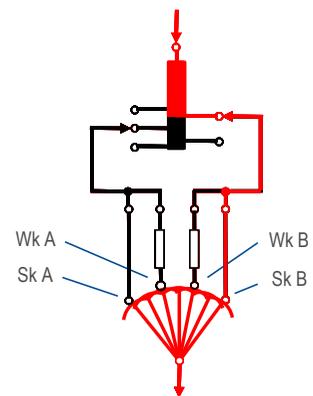
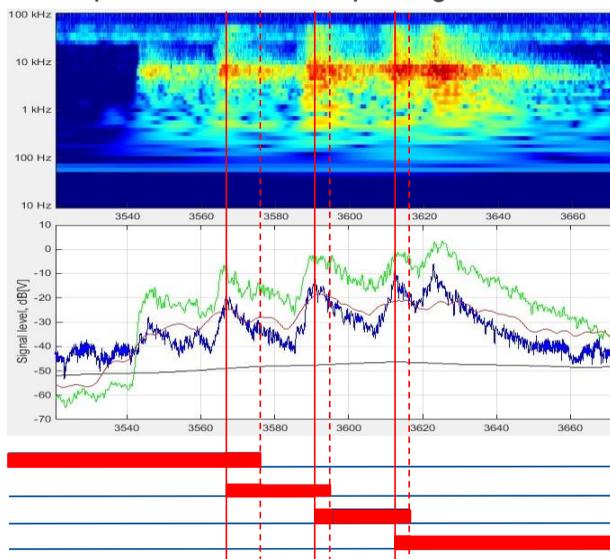
Aufnahme der Schwingungsdaten

MESSMETHODEN



Vibroakustische Messung (Tapscan VAM®)

I Beispiel für ein VAM Spektrogramm

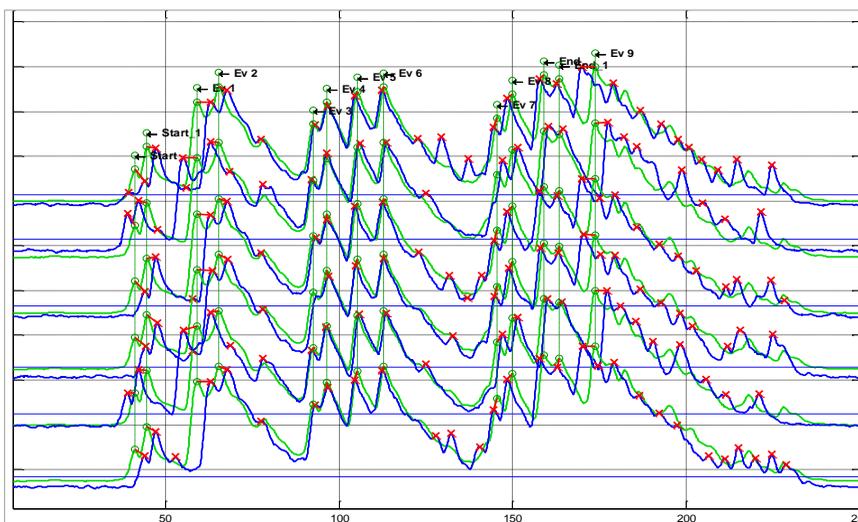


MESSMETHODEN



Vibroakustische Messung (Tapscan VAM®)

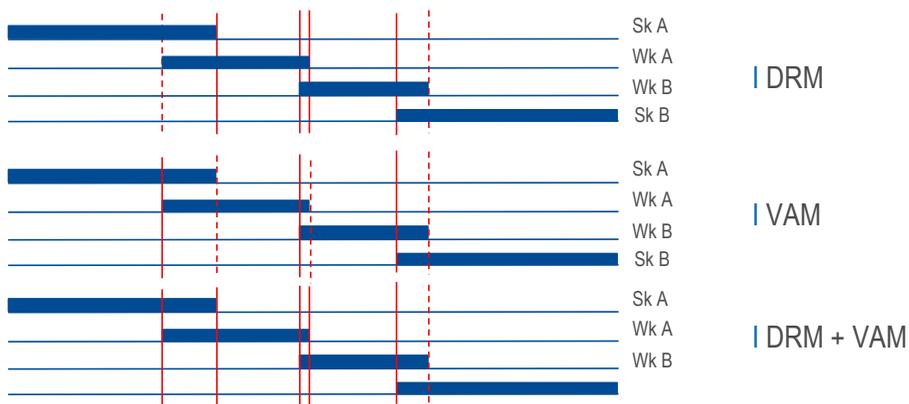
- | Berechnung von Referenzkurven
- | Vergleich von Kurvenscharen sehr flexibel möglich



MESSMETHODEN

Kombination Tapscan DRM[®] mit Tapscan VAM[®]

| detektierbare Schaltzeitpunkte:



| Die Gesamtinformation wird durch Kombination beider Messmethoden größer. Eine Unterscheidung rein mechanischer Geräusche von Bewegungen der schaltenden Elemente wird wesentlich eindeutiger.

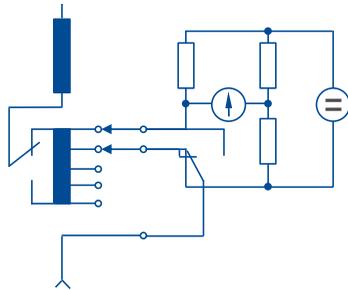
MESSMETHODEN



Wählerkontrollmessung

I Prinzip

- I Hochstrom Wheatstone Messbrücke (1 - 300 A DC)
- I Messung über eine Stufenwicklung (Austausch Laststufenschaltersersatz gegen Meßeinsatz)
- I Vergleich von Widerständen ($1\mu\Omega$ - 1Ω) bei kleinem und großem Messstrom
- I Detektion von Fremdschichten und Kontakt- bzw. Verbindungsproblemen



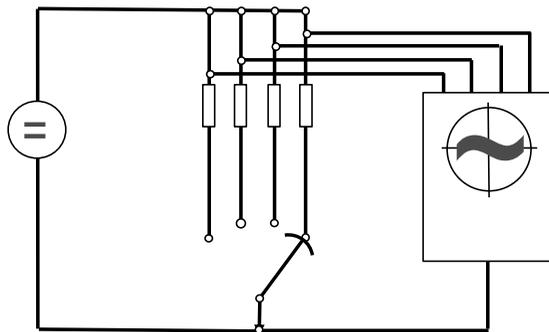
MESSMETHODEN



Schaltablaufmessung

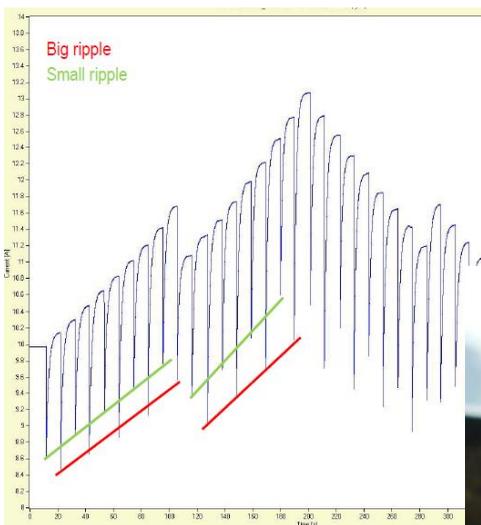
| Prinzip

- | Die einzelnen Strompfade eines Lastum Schalters werden auf Messkreise geschaltet und digital aufgezeichnet. Gemessen wird fließender Strom an Stelle von Potentialen um Fehlmessungen zu vermeiden.
- | Detektierbar sind die Schaltzeiten aller gemessenen Kontakte.





PRAXISBEISPIEL 1: DRM

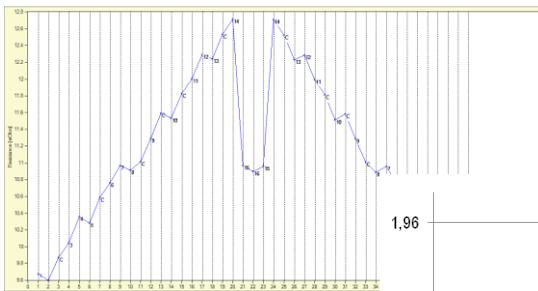


Bei der Betrachtung der DRM Graphen, fällt in der Übersicht schon ein unterschiedliches Schaltverhalten in jeder zweiten Schaltung auf.

Eine Inspektion des Lastumschalters zeigte zu stark verbrauchte Abbrandkontakte.



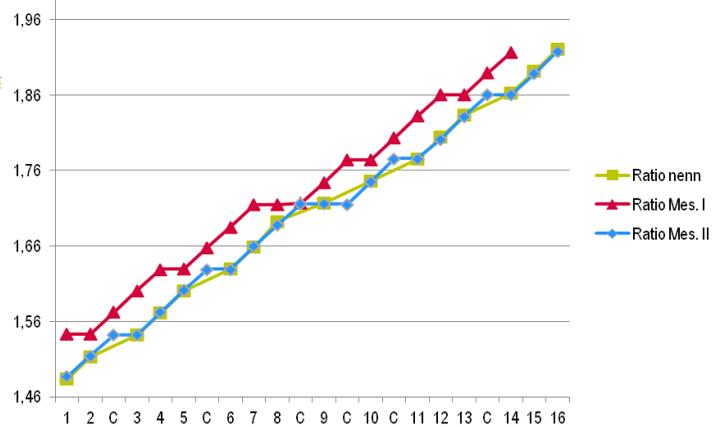
PRAXISBEISPIEL 2: WIDERSTANDSMESSUNG



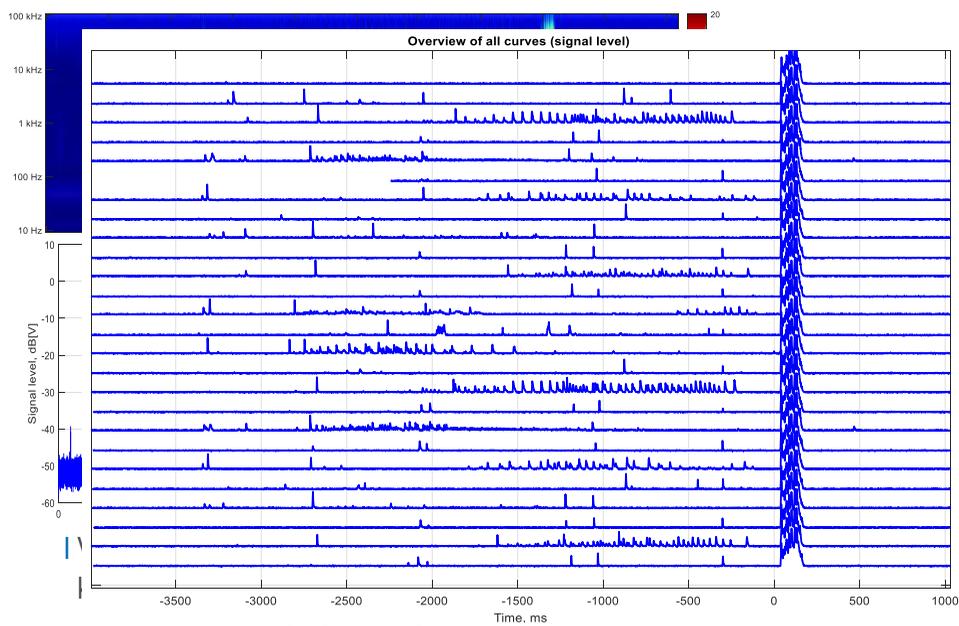
Der Graph zeigt einen ungewöhnlichen Verlauf in den Stufen 15 und 16.

Eine Übersetzungsmessung bestätigte die Diagnose „um zwei Stufen verkuppelt“

Eine Messung nach Kupplungskorrektur zeigt den erwarteten Verlauf.



PRAXISBEISPIEL 3: VAM



Die Korrelation zu Stufen und Schaltrichtungen kann zur Beurteilung herangezogen werden.

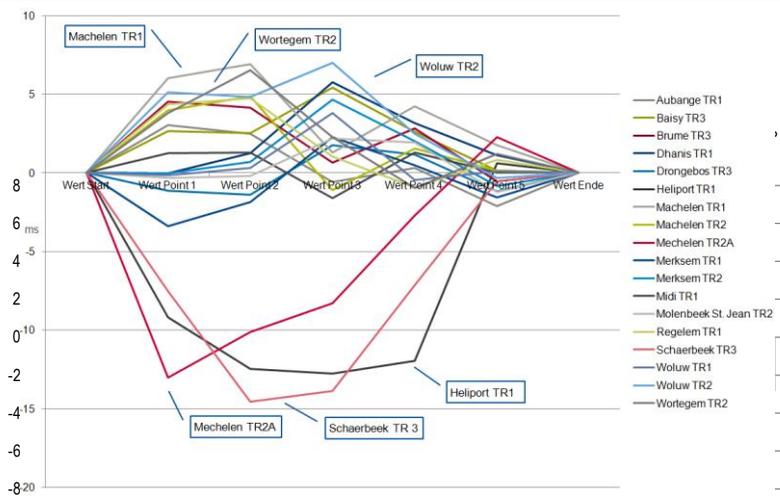
PRAXISBEISPIEL 4: VAM - REIHENUNTERSUCHUNG



- | Ausgangssituation: Ein europäisches EVU hat eine große Flotte Laststufenschalter in Betrieb deren Hersteller nicht mehr existiert, und für die keinerlei Ersatz- bzw. Wartungsteile verfügbar sind.
- | Zielsetzung: Da es unrealistisch ist alle Schalter kurzfristig auszutauschen, wird eine Priorisierung der Dringlichkeit in der Flotte benötigt.
- | Rahmenbedingungen: Die Schalter selbst und ihre Detailkonstruktion sind MR nur durch Fotos bekannt. Messungen sollen unter Netzlast stattfinden können.
- | Ansatz: Welche Laststufenschalter weichen aus der Gesamtgruppe auffällig ab?



PRAXISBEISPIEL 4: VAM - REIHENUNTERSUCHUNG



|| Vergleich der Umschalzeiten mit dem Mittelwert.
Vergleich normaler Umschalzeiten

|| Eine Priorisierung und Handlungsempfehlung wurde möglich

ZUSAMMENFASSUNG



- | Die Entwicklungen der letzten Jahre eröffnen neue Möglichkeiten der Diagnose, insbesondere zur Messung von Schaltabläufen ohne den Laststufenschalttereinsatz ausbauen zu müssen.
- | Messungen sind dann sinnvoll, wenn die Ergebnisse Argumente und Fakten liefern, die Fragen beantworten und Entscheidungen ermöglichen. Eine Betrachtung der „Pain and Gain“ Situation ist sinnvoll und notwendig.
- | Klassische Meßmethoden sind durch die neuen Messmethoden nicht abgelöst sondern ergänzt worden.

THE POWER BEHIND POWER.

www.reinhausen.com



ZUR PERSON

**Dipl. Ing. (FH) Peter Schmitten**

| verantwortlich für Transformator Diagnostik und Messungen bei der Maschinenfabrik Reinhausen GmbH Regensburg

| Erfahrungen

| Anstellung im Lastverteiler eines großen Energieversorgungsunternehmens

| 16 Jahre Troubleshooting Ingenieur bei MR

| seit 2015 verantwortlich für den Bereich Messungen und Diagnostik an Transformatoren

| p.schmitten@reinhausen.com

| +49 941 4090 7850