



Steuerungs- und Überwachungssysteme für das Lebensdauer-Management von Stufenschaltern und Transformatoren

Dr. Karsten Viereck
Maschinenfabrik Reinhausen GmbH

1.0 Einleitung

Das von den Betreibern von Stufenschaltern und Transformatoren angestrebte Asset-Management zur Kostenreduzierung der Betriebsmittel, erfordert zunehmend eine präzise Einschätzung ihrer aktuellen Betriebsparameter.

Die Hardwareplattform TAPCON® ermöglicht deshalb durch ihre vielfältigen Ausführungsvarianten die Umsetzung in die unterschiedlichsten Systemlösungen.

Diese reichen vom Spannungsregler für Transformatoren, über Systeme zur Bestimmung des Betriebszustandes eines Stufenschalters bis zum Monitoringsystem für Transformatoren. Dabei ist der Ersatz früherer komplexer Lösungen durch anwendernahe Systemlösungen als Werkzeug zur Umsetzung einer zustandsabhängigen Instandhaltung ein Kernthema. Gleichzeitig ermöglicht die vorhandene Technik die Weiterleitung der Informationen auf der Basis aller gebräuchlichen Leittechnikprotokolle so auch entsprechend der neuen objekt-orientierten Übertragungsnorm IEC61850.

2.0 Die Hardwareplattform TAPCON®

Seit etwa acht Jahren wird bei der Maschinenfabrik Reinhausen an der Integration von elektronischen Komponenten in den Motorantrieb gearbeitet, wobei hier zunächst nur relativ einfache Lösungen und Geräte zur Anwendung kamen, die vor allem als Messwertumsetzer eingesetzt wurden und so u.a. nur eine einfache analoge Signalübertragung sicherstellen konnten.

Beginnend mit dem Entwicklungsprojekt „Integrierter Motorantrieb“ entstanden komplexere Lösungen wie z.B. die sogenannte Monitoringbox, die in umfangreichen Feldversuchen erfolgreich erprobt wurde und 1996 auf der Cigre in Paris der Fachwelt präsentiert wurde. Die Entwicklung des Motorantriebes ED eröffnete die Möglichkeit, Elektronik innerhalb eines Motorantriebes in standardisierten 19“-Baugruppenträgern zu installieren.

Ein Meilenstein in dieser Entwicklung war die Überleitung des Tap Managers® TM100 als komplexes Stufenschalter-Monitoringsystem in die Serienfertigung.

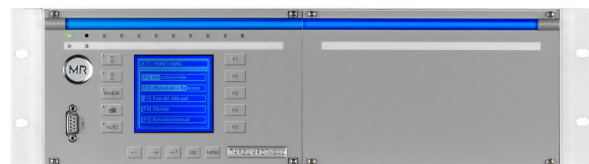
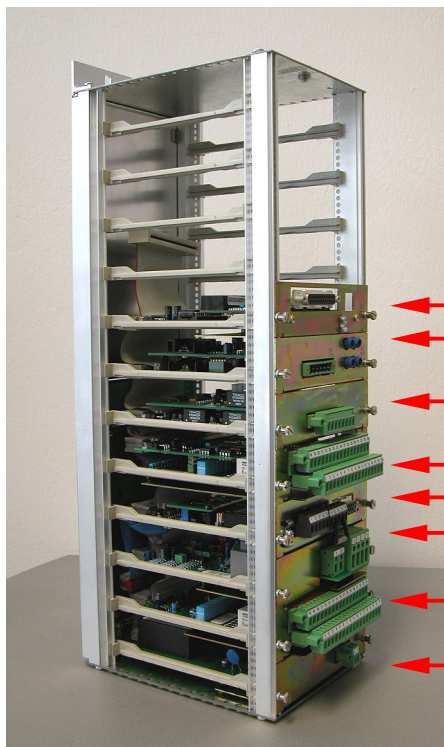
Dieses Produkt ergänzt seit 1997 ohne wesentliche Änderungen das Typenspektrum der Elektronikprodukte der MR.

Im Anschluss an die Entwicklung des Tap Managers TM100 erfolgte die Entwicklung von zwei Typenreihen von Spannungsreglern. Mit der Forderung nach einem grafikfähigen, modular aufgebauten Spannungsregler entstand der TAPCON®240, der seit 2001 vertrieben wird.

Die einzelnen Baugruppen dieses Gerätes sind hierbei in ein genormtes 19“-Rack eingebaut, welches wiederum bei Bedarf in einen Motorantrieb montiert werden kann.

Bereits während der Planung des Reglers wurde besonderer Wert auf ein modulares Konzept gelegt, um im Verlauf der Weiterentwicklung aus diesem Pool von Baugruppen schöpfen zu können. Verfügbar sind zurzeit 24 verschiedene elektronische Komponenten, die sich in folgende Aufgabenbereiche gliedern lassen:

- digitale Ein- und Ausgabeplatinen:
binär, codiert oder als separater Ein-/Ausgang
- analoge Ausgangsplatinen für alle Standardwerte
- analoge Eingangsplatinen für alle Standardwerte
- Eingangs-Platinen für Strom- und Spannungswandler kaskadierbar
- CPU-Platine mit und ohne Speichererweiterung und CAN-Bus-Interface
- Schnittstellenplatinen für Übertragungsprotokolle auf der Basis RS232 / RS485
- Sensorinterface auf der Basis einer RS485-Schnittstelle
- Leittechnikinterface von IEC60870 bis zur IEC61850, LSA, MODBUS oder DNP3.0
- Interface zur SPS-Kopplung über Profibus DP
- Modem-Ausrüstung analog, ISDN, GSM
- Vollgrafikfähige Display-Baugruppe
- On Board Netzteile von 18V DC bis 265V AC



- Leittechnikinterface
- Analog-Eingänge
- Analog-Ausgänge
- BCD-Ein- und Ausgänge
- CPU mit CAN-Bus u. Speichermodul
- Strom- und Spannungswandler
- binäre Ein- und Ausgänge
- Weitbereichsnetzteil

Bild 1: 19“-Baugruppenträger der TAPCON® - Hardwareplattform



Die schon gegenwärtig verfügbaren Funktionsbaugruppen erlauben damit sehr vielfältige Kombinationen, um kundengerechte Spannungsregler realisieren zu können. Diese reichen von einfachen Spannungsreglern für Mittelleistungstransformatoren bis zu Wirkleistungsregelsystemen für Phasenschieber im Grenzleistungsbereich.

3.0 Produkte auf der Basis der Hardwareplattform TAPCON®

3.1 Spannungsregler

Einer der Hauptanwendungsbereiche der verfügbaren Hardware sind selbstverständlich die Spannungsregler für Transformatoren mit der Bezeichnung TAPCON®240 und TAPCON®260.

Beide Regler enthalten die gleichen Basismodule, die mit der gleichen Parametrierungs- und Auswertesoftware mit der Bezeichnung „TAPCON-trol System“ parametrierbar und visualisiert werden können.

Während der Spannungsregler TAPCON®240 als fertige Systemlösung mit dazugehöriger Firmware verfügbar ist, zeichnet sich der 260 in jedem Fall durch seine kunden- und aufgabenspezifisch ausgeführte Hard- und Software aus.

Die Kommunikation von Reglern untereinander, z.B. bei der Parallelschaltung von Transformatoren, ist durch den geräteübergreifenden CAN-Bus sichergestellt.

Ergänzt werden kann der Spannungsregler durch das Zusatzgerät „LIMITVOLT“, das zur Überwachung der gesamten Regelstrecke Transformator → Stufenschalter → Motorantrieb → Spannungsregler genutzt wird.

Damit die TAPCON®-Hardware zur Überwachung von Betriebsmitteln verwendet werden kann, ist neben der Fähigkeit mit der Stationsleittechnik kommunizieren zu können, ein Messwertspeicher von entscheidender Bedeutung.

Für alle weiteren Detailinformationen zum Thema Spannungsregler sei auf die MR-Webseite: <http://www.reinhausen.com/mr/de/products/electronics/tapcon/> verwiesen.

3.2 Überwachungssysteme für Stufenschalter

TAPGUARD™ 240

Als erstes Überwachungssystem für Stufenschalter wurde unter Nutzung der TAPCON®-Baugruppen der TAPGUARD™240 mit dem Ziel der Optimierung der Instandhaltung von unter Isolieröl schaltenden Stufenschaltern (OILTAP) entwickelt.

Die Entwicklung des Gesamtsystems TAPGUARD trägt damit dem Trend vom Übergang von der zyklischen Instandhaltung zur zustandsorientierten Instandhaltung bei den Netzbetreibern Rechnung. Das Haupteinsatzgebiet sind dabei Transformatoren mittlerer und hoher Leistung.

Das System berechnet die wichtigsten Instandhaltungskriterien des Stufenschalters und zeigt unmittelbar den aktuellen Wartungszustand, sowie die Zeit bis zur nächsten Wartung des Schalters an. Bei der Programmierung des Gerätes wurde besonderer Wert auf die Darstellung von klar strukturierten Betriebsführungsinformationen gelegt, die ohne Expertenwissen über den Stufenschalter sofort für die Planung und Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen genutzt werden können.

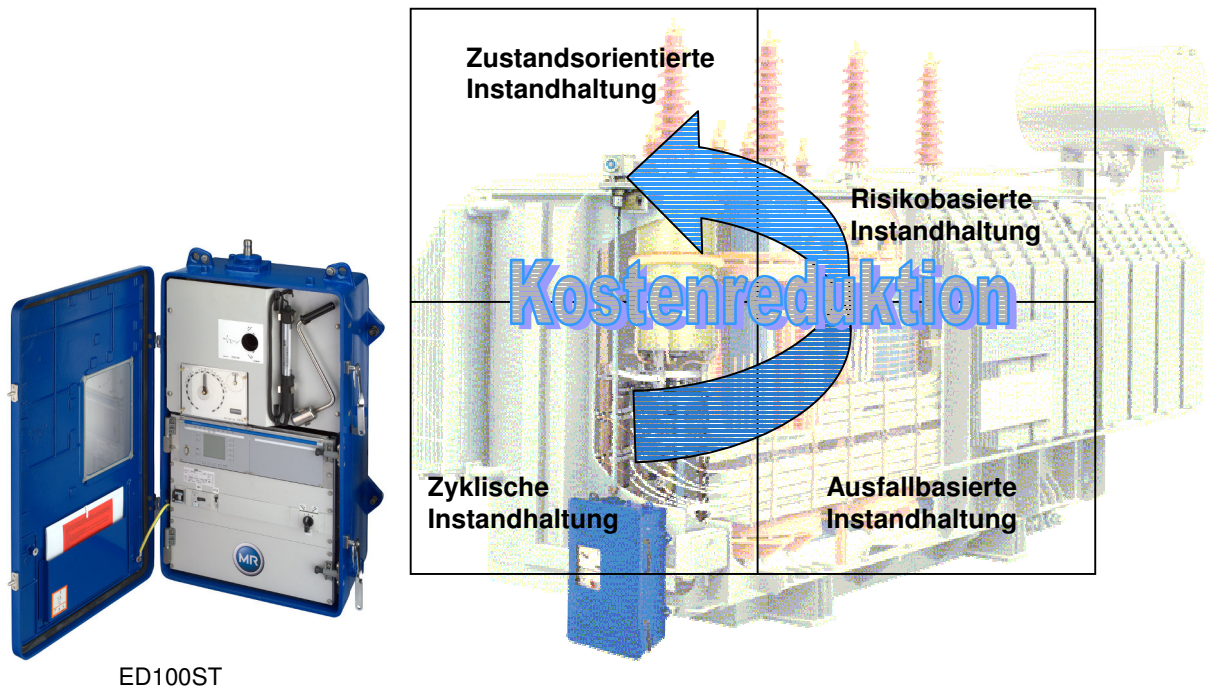


Bild 2: Veränderte Instandhaltungsstrategien bei Netzbetreibern

Der Betreiber der Stufenschalters erhält über den TAPGUARD™240 dieses Expertenwissen visuell aufbereitet. Sobald das Gerät aus seinen Berechnungen erkennt, dass ein Servicezeitpunkt für ein Zustandskriterium am Stufenschalter erreicht ist, gibt der TAPGUARD über einen Relaiskontakt eine Meldung und eine visuelle Warnung ab.



Jedem Kriterium ist eine Funktionstaste zugeordnet, die bei Betätigung weitere Informationen zum jeweiligen Betriebsmittelzustand anzeigt (z.B. Hochrechnung der Zeit bis zur nächsten Wartung). Damit lassen sich durch den Betreiber der Anlage wesentlich effizienter Instandhaltungszeitpunkte planen und durchführen. Weiterhin wurden Funktionen für die tägliche Betriebsführung integriert: So kann der Anwender ein Kriterium nach Wahl (schaltzahl- oder zeitabhängig) für eigene Betriebsführungsaufgaben nutzen. Eine „Lebenslaufakte“ zeigt lückenlos die Zeitpunkte und Inhalte aller Instandhaltungsmaßnahmen an.

Bei der Entwicklung des TAPGUARD™240 wurde dabei besonderer Wert auf die Vereinfachung von Planung und Installation des Systems gelegt. Alle notwendigen Informationen zur Zustandsbewertung des Stufenschalters sind vergleichbar mit denen eines normalen Spannungsreglers, insbesondere sind die Werte von:

- Laststrom
- Stufenstellung

unmittelbar am Gerät verfügbar. In Verbindung mit dem im TAPGUARD gespeicherten Expertenwissen und den dazugehörigen Berechnungsalgorithmen werden zusätzlich die Informationen über

- Verschleißteile
- Ölwechsel
- Kontaktabbrand
- Ölprobe

ausgegeben. Auf Grund der Tatsache, dass hier die gleiche Hardware wie bei einem Spannungsregler verwendet wird, können alle Funktionen auch gleichzeitig auf einem schon bereits vorhandenen Spannungsregler in einer Schaltwarte oder Motorantrieb installiert werden (Update auf die TAPGUARD-Funktionen).

Durch den Einsatz des TAPGUARD im Motorantrieb ist eine wesentliche Verlängerung der Zeiten bis zur nächsten Wartung des Stufenschalters möglich. Dies ist im konkreten Fall jedoch von der Art des Einsatzes dieses Stufenschalters und dessen Belastung abhängig. Verfügbar ist dieses System für alle MR-Schalter, auch älterer Bauart.

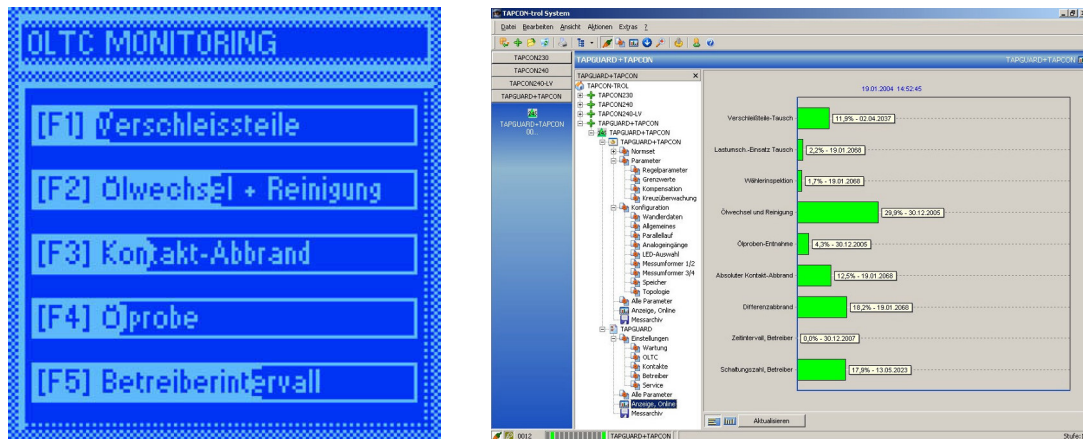


Bild 3: TAPGUARD™240 Betriebszustandsanzeige und Desktop-Visualisierung

TAPGUARD™260

In der Erweiterung des TAPGUARD™240 vereint das Stufenschalter-Monitoringsystem TAPGUARD™260 die Features eines klassischen Monitoringsystems, wie des Tap-Managers® TM100, mit den Eigenschaften, die der zustandsoptimierten Instandhaltung und der Verlängerung der Wartungsintervalle des Betriebsmittels Stufenschalter dienen. Gleichzeitig werden hier alle Erfahrungen, die beim weltweiten Serieneinsatz des TM100 in den vergangenen sechs Jahren gesammelt wurden, verarbeitet.

Dies betrifft vor allem Zusatzfeatures für den US-Markt, wie auch die Trennung von Steuer- und Monitoringfunktionen im Motorantrieb.

Die Temperaturüberwachung wurde auf acht Sensoren erweitert, um auch z.B. drei Lastumschalter, die von einem Motorantrieb aus betrieben werden, überwachen zu können (Phasenschieber). Alle Features zur Überwachung der mechanischen Funktionen eines Stufenschalters, wie sie schon im TM100 enthalten waren, werden hierbei übernommen. Dies betrifft unter anderem die

- Drehmomentüberwachung in Echtzeit, online,
- die Analyse der Funktionsabläufe im Stufenschalter (Fensterstechnik),
- die Positionsbestimmung des Wählers sowie
- die Schaltüberwachung des Lastumschalters

Als Basis dienen dazu die Daten, wie sie bei der Endprüfung des jeweiligen Stufenschalters aufgezeichnet werden, unter anderem auch der Fingerprint des Drehmomentverlaufes.

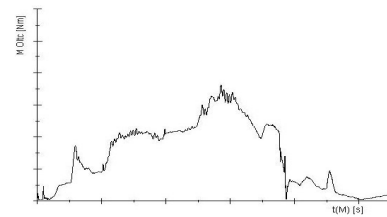
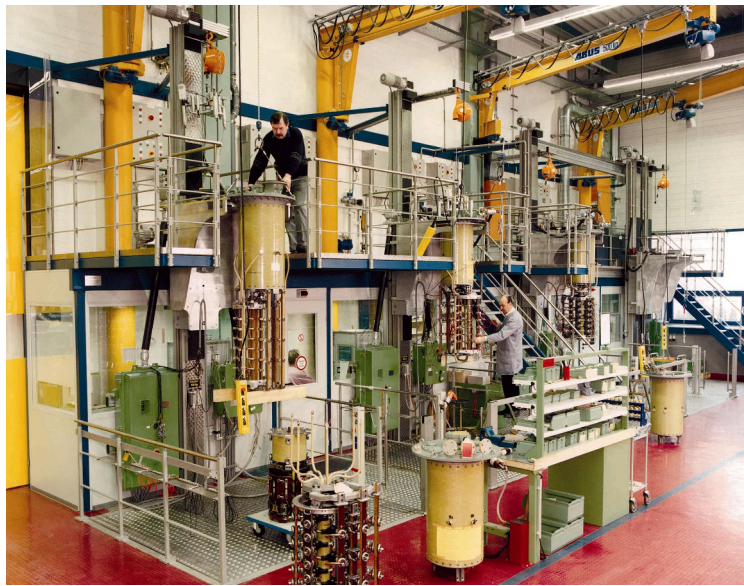


Bild 4: Prüfung der Stufenschalter auf dem Prüfständen der Stufenschalterendmontage und Aufzeichnung der Drehmomentkennlinien (Fingerprint)

Neben der zustandsabhängigen Instandhaltung des Stufenschalters ist mit diesem System auch die Verhinderung eines mechanischen Ausfalles durch prognostizierende Diagnostik realisierbar. Weiterhin wird in Verbindung mit der Visualisierungssoftware TAPCON-trol eine transparente Betriebsführung der Einheit Stufenschalter – Motorantrieb ermöglicht. Während bisher zur Datenübertragung in die Leittechnik oder zur Kommunikation mit einem Transformatoren-Monitoringsystem fast ausschließlich LWL-Technik über MODBUS RTU als Übertragungsprotokoll zur Anwendung kam, können jetzt durch den Einsatz der Kommunikations-Baugruppe des TAPCON®, Daten in allen bei der MR verfügbaren Standardprotokollen übertragen werden. Durch den modularen Aufbau ist auch gewährleistet, dass ein einfacher Wechsel der Hardware möglich ist: RS232 auf RS485, LWL oder Modem.

Der Endausbau des TAPGUARD™260 beinhaltet ebenfalls die Übertragung über Ethernet mit dem objektorientierten Übertragungsprotokoll der IEC61850, wie sie gegenwärtig schon für die Spannungsregler zur Anwendung kommt.

3.3 TRAFOGUARD™ 240

Da die TAPCON®-Hardware direkt im Motorantrieb installiert werden kann, bietet es sich an, aus den vorhandenen Hard- und Softwaremodulen ein Monitoringsystem für Transformatoren zu entwickeln.

Ziel ist es dabei ein System zu schaffen, das im mittleren Leistungsbereich angesiedelt ist und dabei die wesentlichen Daten von Sensoren aufzeichnen, verarbeiten, bewerten und weiterleiten kann.

Die Basis dafür bildet der in der Gerätesoftware enthaltene Messwertschreiber mit dem dazugehörigen Flash-Speicher, um die umfangreiche Binärdatenbank ablegen zu können. Es kommen also keinerlei rotierende Speichermedien, wie z.B. Festplatten zum Einsatz, was zwangsläufig die Zuverlässigkeit des Systems erhöht.

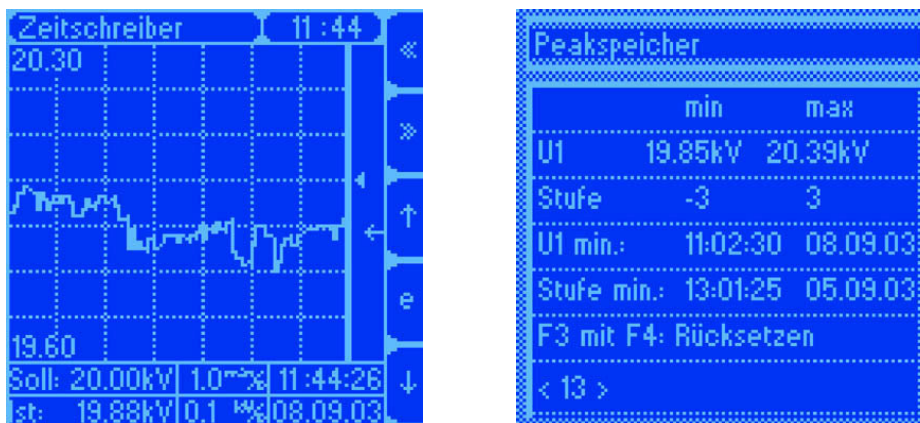
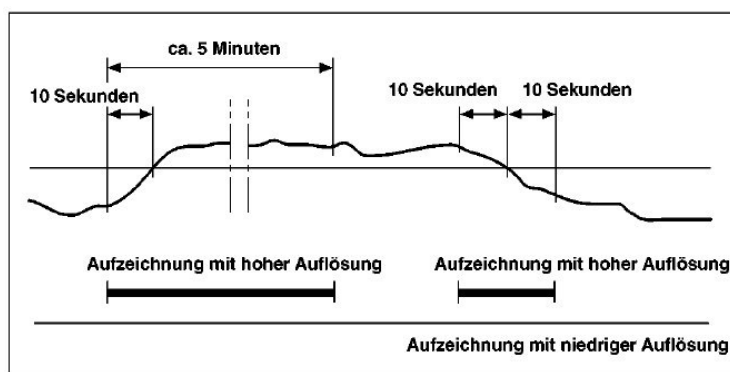


Bild 5: Messwertschreiber und Spitzenwertspeicher im TAPGUARD / TRAFUGUARD

Der Messwertschreiber selbst erlaubt es, eine Eventtriggerung bei der Überschreitung eines Grenzwertes für jeden Kanal zu definieren. Dies bedeutet, dass nicht nur Alarmmeldungen abgesetzt werden können, sondern das auch für den betreffenden Eingang die Aufzeichnungsrate mit einem definierten Vor- und Nachlauf erhöht werden kann.



Minima und Maxima werden je Messeingang separat gespeichert und ermöglichen eine schnelle Information über unvorhergesehene Ereignisse. Diese Datenkanäle können variabel bestückt werden. So ist beispielsweise der Einsatz von Sensoren mit einer analogen Messwertübertragung ebenso möglich, wie die Nutzung eines Sensorbus-

systems auf der Basis der RS485 mit der dazugehörigen Geräteadressierung. Ebenso können über die von vorn herein vorhandenen Binäreingänge Meldungen gesetzt werden. Eine Interface-Platine ermöglicht die Weiterleitung der bewerteten Informationen über ISDN, Analogmodem oder direkt protokollkonform in die Leittechnik.

Eine Beispielkonfiguration könnte wie folgt gestaltet werden:

Kanal 1	Gas-in-Öl-Sensor	Hydran 201Ti	über RS485
Kanal 2	Ölfeuchtesensor	Vaisala HMP228	über RS485
Kanal 3	Öltemperatur Trafo, Öl oben	Messko PWM60	über RS485
Kanal 4	Füllstand AG Transformator	Messko MTO160	über RS485
Kanal 5	Füllstand AG Stufenschalter	Messko MTO160	über RS485
Kanal 6	Öltemperatur Einlauf Kühler	Pt100	über 4 ... 20mA
Kanal 7	Öltemperatur Auslauf Kühler	Pt100	über 4 ... 20mA
Kanal 8	Laststrom Transformator	Dfg.-Stromwandler	über CT, 1A
Binär E1	keine Ölströmung	Qualitrol 092	Binäreingang

Das zur Standardausstattung gehörende CAN-Bus-Interface (Control Area Network) erlaubt weiterhin die Vernetzung mehrerer TRAFUGUARD – Systeme, die bis zu 2km von einander entfernt sein können, so dass ein zweites System zur Fernbedienung und Visualisierung in der Schaltwarte eingesetzt werden kann

Da im TRAFUGUARD die Informationen über die aktuelle Belastung des Transformators und dessen Öltemperaturen verfügbar ist, kann im Gerät auch eine Hot-Spot-Berechnung nach IEC354 durchgeführt werden, um daraus über die Binärausgänge der Hardware eine Kühlanlage in mehreren Stufen zu steuern.

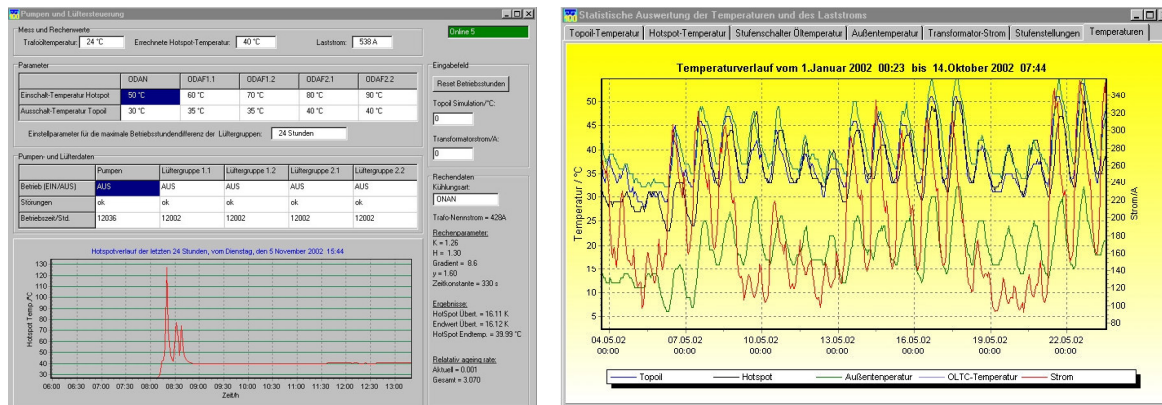


Bild 6: Hot-Spot-Berechnung nach IEC354 und Kühlanlagensteuerung an einem 300MVA-Netzkuppltransformator

Mit der TAPCON[®]-Hardware können anwenderspezifisch vollständige Lösungen für die Überwachung und den Betrieb von Transformatoren erstellt werden, die in erster Linie eine gemeinsame industrialisierte Plattform nutzen und deren Ziel die Ermittlung sowie die Bewertung des Betriebszustandes des jeweiligen Betriebsmittels ist.

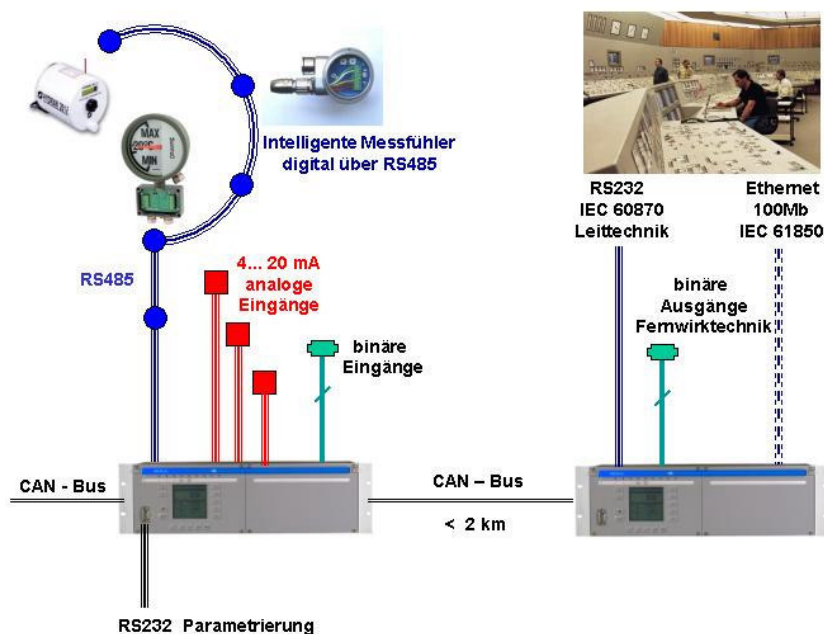


Bild 7: Struktur eines Monitoringsystems auf TAPCON[®]-Basis (TRAFUGUARD[™]240)

4. Ausblick

Die weitere Entwicklung der Stufenschalter, so auch die Einführung der Vakuumschalttechnik, und die Nutzung von Monitoring- und Diagnosesystemen für Stufenschalter und Transformatoren werden die bisherigen Wartungskriterien nachhaltig verändern und eine zustandsabhängige Wartung ermöglichen.

Parallel zu den eingeführten Qualitätssicherungssystemen bei der Produktion und Prüfung von Stufenschaltern können diese neuen Systeme ergänzend als Werkzeug zur Steigerung der Betriebszuverlässigkeit dienen und gleichzeitig bei der Planung von Instandhaltungsmaßnahmen Unterstützung leisten, da der Übergang zu einer betriebszustandsabhängigen Wartung durch einen sich weiterhin verstärkenden Kostendruck forciert werden wird.

Aus diesem Grund werden bei der Maschinenfabrik Reinhausen weiterhin umfangreiche Entwicklungen durchgeführt und neue Geräte und Sensoren geschaffen, um den Leistungsumfang von Monitoringsystemen und den Überwachungsgeräten der Transformatoren-Peripherie zu erweitern.

5. Literatur

- [1] K. Viereck:
"Process – oriented monitoring technology in modern control systems",
(IEEE/PES, 1999, New Orleans)
- [2] K. Viereck:
"Control and supervisory system for the live management of load tap-changers",
(CEPSI, 2002, Fukuoka)
- [3] J. Walter:
"TAPGUARD – Zustandsorientierte Instandhaltung von OLTC",
(EW, 11/2003, Frankfurt a.M.)
- [4] K. Viereck:
"Die Applikation und Integration von Monitoring- und Diagnosesystemen in
moderne Überwachungskonzepte von Transformatoren",
(HIGHVOLT-Kolloquium 2003, 2003, Dresden)



Anlage

Aus der TAPCON® – Hardware abgeleitete Gerätefamilie Stand 12/2003:

TAPCON®- Hardware

Spannungsregler

TAPCON®240

Standardregler 1/2 19"-Rack,
kundenspezifisch parametrierbar,
TAPCON-trol - Visualisierung

TAPCON®260

spezielle Hardware-Konfiguration
im 19"-Rack,
kundenspezifische Software,
TAPCON-trol - Visualisierung

Monitoring-Systeme

TAPGUARD™240

System zur zustandsorientierten
Instandhaltung von Stufenschaltern,
im 1/2 19"-Rack,
schalterspezifisch parametrierbar,
TAPCON-trol - Visualisierung

TAPGUARD™260

System zur Überwachung der mechanischen
Funktion und zur zustandsorientierten
Instandhaltung von Stufenschaltern,
im 1/2 19"-Rack,
schalterspezifisch parametrierbar,
TAPCON-trol - Visualisierung

TRAFOGUARD™240

Transformatoren - Monitoringsystem
Flash-Speicher, Bewertung,
im 19"-Rack,
trafospezifisch parametrierbar,
TAPCON-trol - Visualisierung

Sonderlösungen

LIMITVOLT

Spannungsüberwachung,
im 1/2 19"-Rack,
reglerspezifisch parametrierbar,
TAPCON-trol - Visualisierung

COILCON 220

Erdschlussspulen-Regler
im 19"-Rack,
kundenspezifische Software und
Visualisierung von Trench Austria