



Online-Monitoring für
Leistungstransformatoren

PC-Control unter Hochspannung





→ Die Online-Monitoringsysteme von Areva T&D liefern exakte Aussagen über den Betriebszustand von Leistungstransformatoren und liefern damit die Basis für erhöhte Verfügbarkeit, Kostenoptimierung durch zustandsorientierte Instandhaltung sowie die Vermeidung von Fehlern und Ausfallzeiten. Die Steuerungsplattform der neuen Monitoringsysteme MS 2000 Basic und MS 2000 Bushing bilden Beckhoff Embedded-PCs mit hoher Rechenleistung, integrierter Software-SPS sowie modulare I/O-Baugruppen bis hin zur dezentralen Datenerfassung mit einer Abtastrate von 100 kHz.

Areva Transmission&Distribution gehört zu der 2001 gegründeten Areva-Gruppe, einem international führenden Konzern für Energieerzeugung und -verteilung, und beschäftigt 58.000 Mitarbeiter in über 100 Ländern. Als weltweit tätiges Unternehmen für die Entwicklung und Herstellung von Produkten zur Energieerzeugung liefert Areva T&D u. a. Leistungstransformatoren für unterschiedlichste Anwendungen. Das Angebot beginnt bei Installationen mit niedrigster Nennleistung und erstreckt sich bis auf die höchsten verfügbaren Nennleistungen, mit Spannungen bis zu 800 kV. Diese Leistungstransformatoren können in jedem Kraftwerk der Welt eingesetzt werden, egal ob es sich um thermische, konventionelle, kombinierte oder nukleare Kraftwerke handelt oder ob sie mit Wasser oder Wind betrieben werden. Neben den herkömmlichen Leistungstransformatoren zur Energieübertragung, -erzeugung und -verteilung werden auch spezielle Transformatoren, wie Hochspannungsgleichstrom-Wechselrichter, Traktions-, Erdungs-, Reaktor- oder Gleichrichtertransformatoren entwickelt und hergestellt. Leistungstransformatoren sind die Knotenpunkte aller elektrischen Energieversorgungsnetze; d. h. Qualität und Stabilität der Netze sind in hohem Maße abhängig von der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Transformatoren. Um die Optimierung der Betriebsführung zu erreichen und gleichzeitig den Instandhaltungsaufwand zu reduzieren, ist ein kontinuierliches Monitoring zur Zustandsüberwachung und -diagnose sinnvoll und notwendig.



Beckhoff Embedded-PC im Monitoringsystem MS 2000 Basic



Technische Daten/Topologie

I/O-Module MS 2000 Basic

8 analoge Eingänge mit einer Speicherrate bis zu 5 ms (z. B.: 0/4...20 mA, PT100 RTD)

12 digitale Ein- und bis zu 4 digitale Ausgänge (z. B.: Relaiskontakte bis 230 V AC/30 V DC)

I/O-Module MS 2000 Bushing (Add-on zu MS 2000 Basic)

9 analoge Eingänge (Oszilloskopklemmen) mit einer Speicherrate bis zu 10 μ s (z. B.: ± 10 V)

3 digitale Ausgänge (Triggerausgänge)

CPU-Modul

Embedded-PC CX1000, Pentium® MMX 266 MHz, PC/104-Standard, Echtzeituhr

16 MByte Flash-Memory, 32 MByte RAM-Memory

256 MByte zusätzlicher Flash-Speicher (austauschbar)

Schnittstellen: Seriell (RS232) oder

Modem (Fax-Mitteilungen); TCP/IP (RJ 45)

Leistungsfähige Messtechnik

Das MS-2000-Basic-Modul von Areva T&D zeichnet die analogen Eingänge des Laststroms, der Spannung, des Stufungsvorgangs sowie der oberen Öl- und Umgebungstemperatur mit einer Speicherrate bis zu 5 ms auf. Mit Hilfe dieser Messgrößen lassen sich zusätzliche Werte berechnen, wie beispielsweise Hot-Spot-Temperatur, Alterungsrate, Leistung und Lastfaktor. Optional können weitere analoge Eingänge, wie Gas-in-Öl-Gehalt, Ölfeuchte oder zusätzliche Temperaturen etc., in die Bewertung eingebunden werden. Die Messwerte werden über analoge Feldbusklemmen erfasst, die über die integrierte Schnittstelle direkt an den Hutschienen-PC CX1000 adaptiert werden.

Das Modul MS 2000 Bushing wurde speziell zur Überwachung von Hochspannungsdurchführungen von Transformatoren entwickelt. Diese Messung ist entscheidend für die Beurteilung des Betriebszustands, da schadhafte Durchführungen bei Nichterkennung zu einer Zerstörung des gesamten Transformators führen können. In der Vergangenheit wurden die dazu erforderlichen Messungen (Messung der Durchführungskapazitäten C und des Verlustfaktors $\tan \delta$) offline durchgeführt. Dafür mussten der Transformator vom Netz genommen und die Hochspannungsleitungen von den Durchführungen entfernt werden, was einen nicht unerheblichen Aufwand darstellte. Dank moderner Feldbustechnologie und dem Einsatz der schnellen Oszilloskopklemmen von Beckhoff lassen sich diese Messungen nun online, mit Hilfe eines Monitoringsystems, durchführen.

Die Messung des Phasenwinkels zwischen den drei Phasen ermöglicht es, Änderungen des dielektrischen Verlustfaktors $\tan \delta$ zu detektieren. Die Schwierigkeit in der Messtechnik besteht darin, auch sehr kleine Änderungen zu erfassen. Eine Änderung des Verlustfaktors $\tan \delta$ um 0,1 % bedeutet beispielsweise, dass sich die Phase um den Winkel $0,057^\circ$ ändert.

Die Erfassung der Messdaten durch die Oszilloskopklemme, die genau wie eine Klemme zur Analogwerterfassung in das Beckhoff-Busklemmensystem integriert ist, erfolgt mit einem Abtastintervall von 10 μ s (100 kHz), um den Nulldurchgang

der 50/60-Hz-Wechselspannung zu detektieren. Die Messwerte (bis zu 32.000) werden zunächst lokal auf der Klemme gespeichert und anschließend zyklisch von der CPU gelesen. Die hohe Rechenleistung der PC-basierten Steuerung erlaubt die direkte Verarbeitung und Auswertung der Daten. Der Auswerte-Algorithmus interpoliert mit Hilfe der Kreuzkorrelationsfunktion die Messwerte, um die Genauigkeit zu optimieren.

Bei der Erfassung des $\Delta \tan \delta$ muss eine Genauigkeit von mindestens $\pm 0,15\%$ erreicht werden, da sich der Verlustfaktor für die verschiedenen Durchführungsbauarten im Bereich von etwa 0,5 % bewegt und eine maximale Warningschwelle bei ca. 0,7 % angenommen werden sollte. Mit der o. b. Lösung wird eine Genauigkeit von $\pm 0,03\%$ erreicht.

Optimierte Archivierung

Der Embedded-PC ist, als autarkes System, direkt am Transformator installiert. Er ist lüfter- und festplattenlos und dementsprechend robust und wartungsarm. Als Speichermedium für Betriebssystem und Daten dient eine Industrie-Compact-Flash-Card. Ein intelligentes Speichermanagement, das sicherstellt, dass jede Speicherzelle statistisch gleichverteilt beschrieben wird, garantiert die optimale Lebensdauer der CF-Card. Über die Speicherkapazität kann somit der Archivierungszeitraum der historischen Daten (oder das Speicherintervall) konfiguriert werden. In der aktuellen Konfiguration mit einer 1 GByte großen CF-Card werden alle 15 Minuten aktuelle Datensätze gespeichert; der Archivierungszeitraum beträgt für diese Konfiguration beispielhaft 5 Jahre.

Anwenderfreundliche, flexible Konfiguration

PC und Busklemmen bilden zusammen ein modulares System, das sich individuell an die Applikation anpassen lässt. Um eine einfache und zügige Installation und Inbetriebnahme zu gewährleisten, wurden, mit Hilfe der verwendeten TwinCAT-Software, applikationsoptimierte Konfigurationsmodule entwickelt. Das bietet



Kundenvorteile durch Online-Monitoringsysteme

- | erhöhte Verfügbarkeit des Transformators
- | exakte Aussagen über den Betriebszustand von Transformator durchführungen
- | Kostenoptimierung durch zustandsorientierte Instandhaltung
- | Vermeidung von Fehlern, Ausfallzeiten und Kollateralschäden
- | Verlängerung der Restlebensdauer
- | Erhöhung der Energieübertragung durch optimierte Überlastbarkeit

natürlich auch im Servicefall erhebliche Vorteile. So ist beispielsweise für die Hardware ein Autokonfigurationsmodus verfügbar. Jede gesteckte Klemme wird automatisch mit den gewünschten Parametereinstellungen versorgt; das bedeutet:

- | Analogkanäle werden hinsichtlich Filterzeiten, Linearisierungskennlinien, Messbereich und Sensortypen parametrisiert.
- | Bei Oszilloskopklemmen werden Abtastrate, Puffergröße und Triggerart eingestellt.

Auch für die Archivierung der Daten sind einfache Parametrierungs- bzw. Skalierungsoptionen verfügbar:

- | Archivierungsintervall
- | Auswahl von Bewertungs- und Wichtungskriterien für die Messwerte (z. B. Mittelwertbildung oder andere Verfahren)

Fernwartung und Visualisierung inklusive

Als Betriebssystem auf dem Embedded-PC kommt Windows CE zum Einsatz. Die enthaltenen Kommunikationsschnittstellen lassen sich für einen effizienten Fernzugriff nutzen. Dabei wird zwischen zwei Betriebsarten unterschieden, nämlich der Fernwartung der SPS und Datentransfer zur Visualisierung und dem Absetzen von Faxmeldungen im Alarmfall.

TwinCAT bietet vielfältige Fernwartungsmöglichkeiten für die SPS- und Systemprogramme, vom reinen Monitoring von SPS-Variablen bis hin zum Online-Change des laufenden Programms. Darüber kann z. B. der aktuelle Betriebszustand des Transformators beobachtet werden. Genauso wichtig ist das Absetzen von Störmeldungen als Faxmeldung, um das zuständige Servicepersonal zu informieren. Den Fernzugriff ermöglicht ein vor Ort installiertes Faxmodem, das über die serielle Schnittstelle mit dem Embedded-PC kommuniziert. Die Umschaltung der Betriebsarten wird – für den Programmierer komfortabel – mit einem .NET-Programm auf dem Embedded-PC realisiert.

Die Visualisierung erfolgt bedarfsorientiert und ist als Visual-Basic-Programm ausgeführt. Der Visualisierungsrechner wählt sich aus der Ferne über das Modem auf den Embedded-PC ein und kommuniziert über die in TwinCAT integrierte OCX-Schnittstelle mit den Steuerungs- und Messprogrammen oder lädt historische Messdaten zur Auswertung von der CF-Card. Das Speicherintervall ist dabei frei wählbar.

Leistungsfähiges, zukunftssicheres Monitorsystem durch PC-Control

Die Anforderungen, die Monitoringsysteme an die verwendete Systemplattform stellen, werden durch den Embedded-PC CX1000 mit Microsoft-Embedded-Betriebssystem, modularen Busklemmen und TwinCAT-Software in idealer Weise erfüllt. Die PC-CPU ist durch die hohe Prozessorleistung und die integrierte Hardware-FPU (Floating Point Unit) in der Lage, auch komplexe Berechnungen, z. B. mit Real-Zahlen (Kreuzkorrelation), durchzuführen. Gleichzeitig werden über die integrierte Software-SPS viele Analogkanäle mit kurzen Zykluszeiten erfasst. Intelligente Busklemmen, wie z. B. die Oszilloskopklemme, bilden mit einer Abtastrate von 100 kHz die Basis für neue Funktionalitäten.

Die verwendete Plattform bietet darüber hinaus eine große Investitionssicherheit. Die komplette Software wurde mit Standardwerkzeugen entwickelt (IEC 61131-3 für die Messwerverfassung und Auswertung sowie .NET und Visual Basic für die Oberflächen- und Systemprogramme) und ist damit auch in Zukunft verwendbar oder im Bedarfsfall einfach auf andere Plattformen portierbar. Auch die Hardwarebasis bietet jede Menge Reserven.