

KI ZUR ERKENNUNG ABNORMALER SCHALTHANDLUNGEN

DI Dr Werner SCHÖFFER (Artemes), DI Dr Jürgen PLESCH (Artemes), DI Dr
Georg Achleitner (APG)

Artemes GmbH

Eibiswald 105

A-8552 Eibiswald

werner.schoeffer@artemes.org

+43 664 5403106

Kurzfassung: Künstliche Intelligenz ist im Energieversorgungsbereich angekommen. Der Beitrag zeigt, wie KI-Methoden zur Erkennung von fehlerhaften Schalthandlungen in Umspannwerken genutzt werden können.

Zentrale Erfassungseinheiten, welche die gesamte Umspannwerksinfrastruktur überwachen, erkennen Schalthandlungen und entscheiden mit KI und vorher trainierten Schalthandlungen, ob diese richtig abgelaufen oder ob Besonderheiten aufgetreten sind. Der Zentrale Datenbestand aus allen Umspannwerken ist dabei die Wissensbasis.

Abnormalitäten werden automatisch erkannt und in der Folge wird Betriebspersonal darüber in Kenntnis gesetzt. Diese Vorkommnisse werden wiederum bewertet und für künftige Ereignisse in die Datenbank eingepflegt.

Geringster Installationsaufwand ist ein Vorteil des Systems. *Predictive Maintenance* für Schaltapparate ist die andere logische, abgeleitete Anwendung aus diesem gesammelten Wissen.

Die Basis für dieses Verfahren bildet ein Patent, an welchem die TU Graz ebenso beteiligt ist wie die APG.

Weiters gibt das Paper auch Ausblick über andere künftige Anwendungen dieser Zukunftstechnologie.

Keywords: Schaltgeräte, Zustandsüberwachung, Stromverlauf, Künstliche Intelligenz

1 Einleitung

In Hochspannungsanlagen sind Schaltgeräte installiert und übernehmen Aufgaben von Umschaltungen, Freischalten von Anlagenteilen und Erden von freigeschalteten Anlagenteilen. Diese Schalthandlungen werden vom fachkundigen Anlagenbetreibern vor Ort oder ferngesteuert getätigt. Meist besitzt jedes installierte Schaltgerät pro Phase einen Antriebsmotor (drei im Drehstromsystem und zwei im Bahnstromsystem), welcher aus der installierten Gleichspannungsversorgung angetrieben bzw. versorgt wird. An der Quelle der Gleichspannungsversorgung (Batterie) kann durch die messtechnische Erfassung die Auswirkung auf Spannung und Strom erfasst werden. Abhängig vom Schaltgerät (Leistungsschalter, Lastschalter, Trennschalter oder Lasttrennschalter) und von der Spannungsebene (30 / 110 / 220 und 380 kV) gibt es für diese charakteristische Stromverläufe beim Ein- und Ausschalten. Externe Einflüsse wie z.B.: Alterungserscheinungen, Eislast, Komponentenbruch können dazu führen, dass es zu Abweichungen im Stromverlauf kommt. Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit und Qualität jedes einzelnen Schaltgerätes in einer Hochspannungsanlage können neuronale Netzwerke angewendet werden. Das mit bekannten Stromverläufe erlernte Netzwerk kann bei der Durchführung einer Schalthandlung einen Entscheidungsprozess starten und bewerten, ob diese Schalthandlung richtig durchgeführt wurde oder fehlerhaft war. Mit dieser Herangehensweise können vorzeitige Ausfälle erkannt werden und Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagenzuverlässigkeit und Versorgungssicherheit erarbeitet werden.

Die Grundlage für das Verfahren bildet ein Patent der TU Graz und APG [1].

2 Messprinzip und Messsystem

2.1 Messsystem

Für die messtechnische Aufzeichnung wird das Messgerät AM-4 verwendet – siehe Abbildung 1.

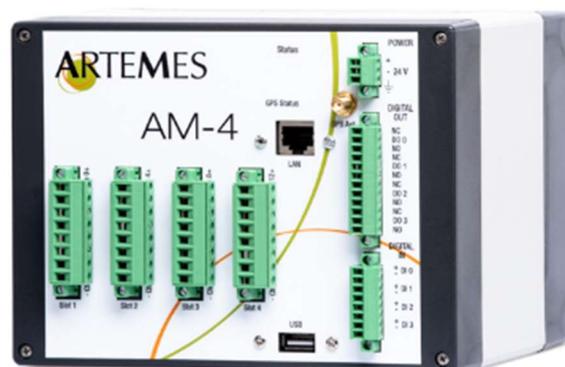


Abbildung 1: Messgerät AM-4 von ARTEMES

Die technischen Daten des Messgeräts AM-4 sind:

- Skalierbare Messeingänge (4 bis 16)
- Digitale Ein- und Ausgänge
- Abtastrate: 10 kHz
- A/D Auflösung: 16 bit
- Stromzange:
 - Dauerstrom: 300 A
 - Spitzenstrom: 500 A DC

Die messtechnische Aufzeichnungsdauer wurde mit 20 Sekunden festgelegt. Bei der Durchführung von Schalthandlungen kommt es zu Stromänderungen, welche zur Auslösung einer Aufzeichnung verwendet wurden.

Das Messsystem mit Peripherie wurde in einer Hochspannungsanlage über einen längeren Zeitraum installiert, sodass eine umfangreicher Rohdatensatz an durchgeführten Schalthandlungen zur Verfügung steht. Während der Messperiode wurden ca. 1600 Messungen aufgezeichnet. Aus dem Rohdatensatz (Stromverläufen) wurden mehrere Parameter erarbeitet und einem neuronalen Netzwerk zum Trainieren und Testen zugeführt.

2.2 Messprinzip

Abbildung 2 zeigt eine schematische für die messtechnische Erfassung der Ströme (links und rechts). Im Regelfall sind in Umspannwerken mindestens zwei Gleichspannungsversorgungen vorhanden, die über eine Diodenschaltung miteinander verbunden sind. Die Messung des Stromes erfolgt direkt an der Basis der Gleichspannungsversorgung. Beide Gleichstromversorgungen liefern einen Teilstrom die mit einem Messgerät aufgezeichnet

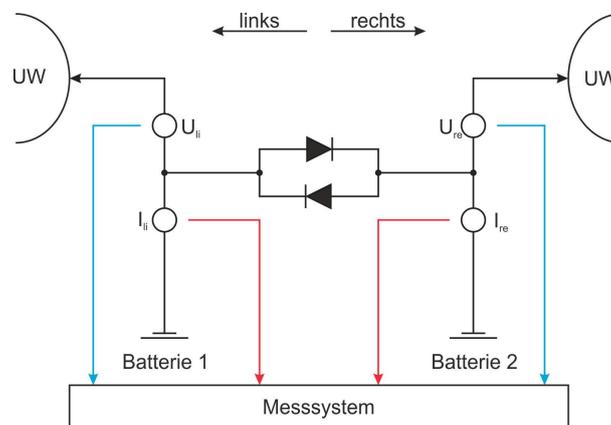


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Messprinzips

Abbildung 3 zeigt eine messtechnische Aufzeichnung der Spannungen und Ströme bei der Durchführung einer Schalthandlung. Es ist zu erkennen, dass beide Teilströme (DC I_{re} und DC I_{li}) einen Beitrag zum Gesamtstrom liefern. Der Grundlaststrom ist von den installierten Verbrauchern im Umspannwerk abhängig und kann mitunter relativ groß sein. Im vorliegenden Fall beträgt der Grundlaststrom ca. 70 A. Die Stromspitze entsteht durch den Anlaufstrom der Antriebe und ist vom Schaltertyp (Leistungsschalter, Lastschalter, Trennschalter oder Lasttrennschalter) abhängig. Die Leistungsaufnahme der Antriebe nimmt nach dem

Zustandswechsel rasch ab, da keine mechanische Leistung an die ansteuernde Mechanik abgegeben werden muss.

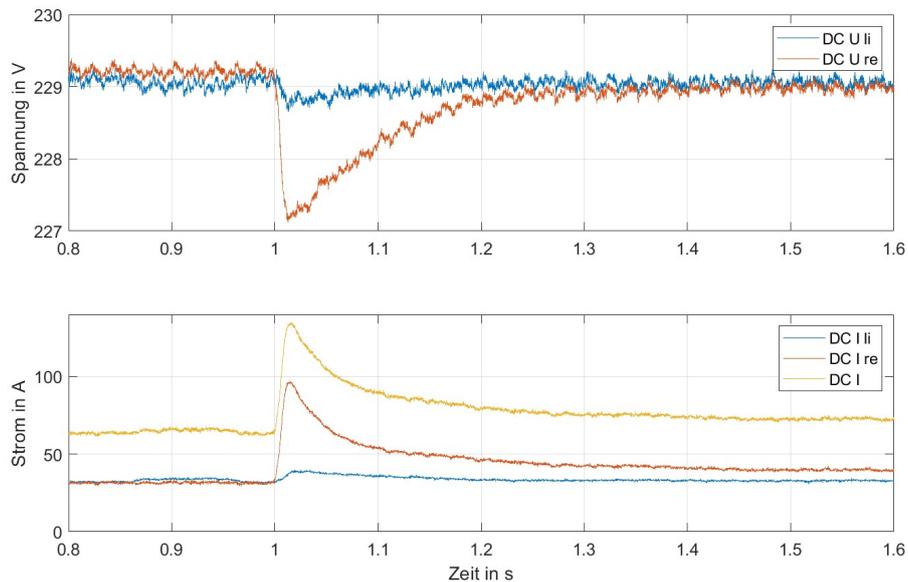


Abbildung 3: Messtechnische Aufzeichnung einer Stromänderung bei der Durchführung von Schalthandlungen

Im Drehstromsystem setzt sich der Gesamtstrom aus maximal drei einander zeitlich überlappender Zustandswechsel und im Bahnsystem aus maximal zwei Zustandswechsel zusammen. Eine zuverlässige messtechnische Aufzeichnung und Überwachung wird dadurch erreicht, dass gleichzeitige Schalthandlungen von mehreren Schaltgeräten an verschiedenen Knoten in Umspannwerken nicht nahezu gleichzeitig stattfinden können (Verriegelung).

3 Server-Client Struktur

Abbildung 4 zeigt die prinzipielle Struktur einer zentralen Datenbank (Server) mit den verteilten Messsystemen (Clients). Die Messsysteme (Clients) sind in verschiedenen Umspannwerken installiert und erhalten die Information vom Server über das Modell des neuronalen Netzwerkes.

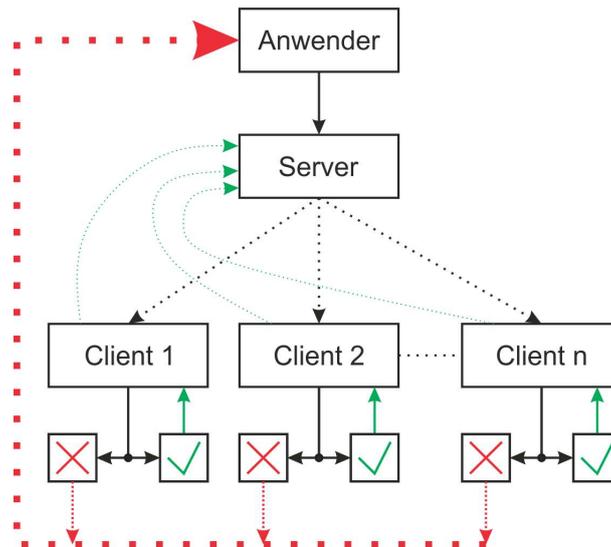


Abbildung 4: Schematische Struktur einer zentralen Datenbank (Server) und den verteilte Messsystemen (Clients)

Nach der Durchführung einer Schalthandlung eines Schalgerätes erfassen die Messgeräte (Clients) die Messsignale nach dem folgenden Ablauf:

- Detektion einer Stromänderung (Trigger)
- Auslösung einer Aufzeichnung des Stromverlaufs für ca. 20 s
- Ermittlung der notwendigen Parameter aus den Rohdaten (Stromverlauf)
- Parameterübergabe an das neuronale Netzwerk
- Ausgabe des neuronalen Netzwerkes:
 - Schalthandlung ist ok: Keine weiteren Aktionen. Die Daten können zum Server übertragen werden, um die Datenbasis der bekannten Schalthandlungen zu erweitern.
 - Schalthandlung ist nicht ok: Senden einer Nachricht an den Anwender (z.B.: E-Mail, Leittechnikprotokoll, ...). Es sind Aktionen des Anwenders zu treffen
 - Schalthandlung ist unbekannt: Senden einer Nachricht an den Anwender. Analyse des Rohdatensatzes und der ermittelten Parameter als Entscheidungshilfe, ob dieser Datensatz neuwertig ist (Einbindung in den Datensatz) oder keine Informationen enthält (Rauschen).
- Der Anwender gibt die neuen unbekanntenen Daten frei und der Server erzeugt ein neues neuronales Netzwerk, welches nach trainieren und testen den Clients (Messgeräten) zur Verfügung steht.

4 Ergebnisse des neuronalen Netzwerkes

Abbildung 5 zeigt die Rohdaten von zwei aufgezeichneten Stromverläufen. Das Ergebnis des neuronalen Netzwerkes mit den ausgewerteten Parametern kann aus Abbildung 6 entnommen werden. Es ist zu erkennen, dass mit dem verwendeten Netzwerk eine eindeutige Klassifizierung zu einem Schaltgerät gefunden wurde, während beim verrauschten Signal keine Zuordnung stattfinden konnte.

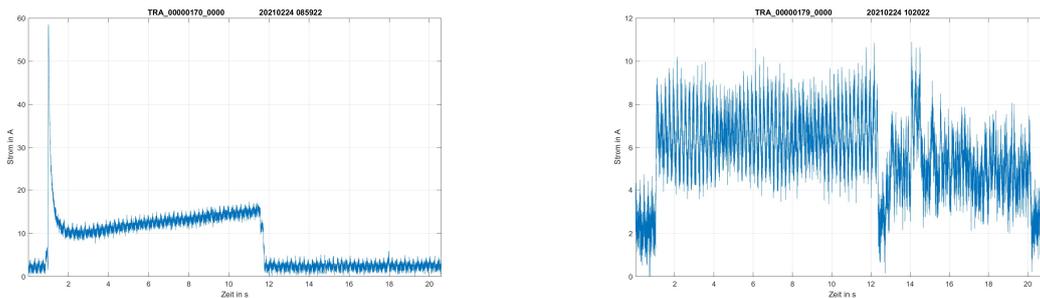


Abbildung 5: Messtechnische aufgezeichnete Schalthandlungen; Links: Schalthandlungen eines Leistungsschalters; Rechts: Fehler-Aufzeichnung

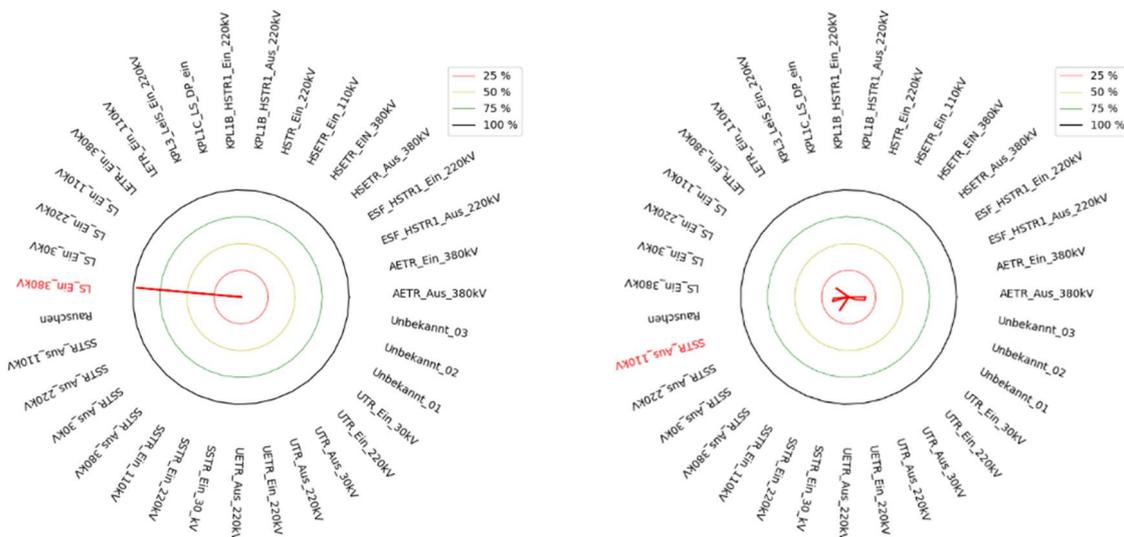


Abbildung 6: Ergebnisse des neuronalen Netzwerkes; Rechts: Schalthandlung eines 380-kV-Leistungsschalters; Rechts: Keine eindeutige Zuordnung möglich

Bei der messtechnischen Untersuchung in einem Umspannwerk wurden ca. 1600 Schalthandlungen in den Spannungsebenen 380 / 220 / 110 / 30 kV erfasst. Mit der Anwendung des neuronalen Netzwerkes konnten die aufgezeichneten Stromänderungen den Schaltgeräten der jeweiligen Spannungsebenen zugeordnet werden. Auch unbekannte Aktivitäten vor Ort wurden vom neuronalen Netzwerk erkannt und konnten anschließend zu Tätigkeiten in der Schaltwarte (Wartungen, Umbauten, Prüfung der Notstrombeleuchtung) zugeordnet werden.

Eine wesentliche Information, die zur Verfügung stehen kann, ist das Leittechnik Protokoll. Dieses beinhaltet die folgenden Informationen:

- Welches Schaltgerät wurde geschaltet (Eindeutige Nummer für jeden Schalter)
- Position des Zustandes vor der Schalthandlung (Ein oder Aus)
- Position des Zustandes nach der Schalthandlung (Aus oder Ein)

Mit den Informationen des Leittechnikprotokolls und der Anwendung eines neuronalen Netzwerkes entsteht ein redundantes Informationssystem. Bei Schalthandlungen von der Ferne (Hochspannungsanlage wird ferngesteuert) oder vor Ort (Aktivitäten in der Schaltwerte) erfolgen Einträge ins Leittechnikprotokoll. Erfolgt jedoch die Betätigung eines Schaltgerätes direkt in der Anlage gibt es keine Einträge im Leittechnikprotokoll. In allen drei Fällen entsteht eine Stromänderung, welche von den Messsystemen erfasst und mit dem neuronalen

Netzwerk analysiert wird. Der Anwender wird bei fehlenden Informationen im Leittechnikprotokoll über händisch getätigte Schalthandlungen in Kenntnis gesetzt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die in Umspannwerken vorhandenen Gleichspannungsversorgungen haben die Aufgabe die Motoren der Schaltgeräte bei der Durchführung einer Schalthandlung mit Energie zu versorgen. Beim Schalten kommt es zu einer Stromänderung, die mit geeigneten Messgeräten aufgezeichnet wird. Aus dem zeitlichen Verlauf des Stromes (Rohdaten) werden Parameter berechnet und einem neuronalen Netzwerk übergeben. Durch Heranziehen eines erlernten und getesteten neuronalen Netzwerkes wird die durchgeführte Schalthandlung des Schaltgeräts bewertet.

Mit Hilfe der messtechnischen Erfassung der Stromänderung und der Anwendung von neuronalen Netzwerken können die Schaltgeräte in ihrer Funktionsqualität überwacht werden. Änderungen und Abweichungen im Stromverlauf eines Schaltgerät können auf fehlerhafte Antriebe bzw. Schalten, Komponentenbruch oder Alterungserscheinungen hinweisen.

Durch die Überwachung und Analyse der Stromänderung bei Schalthandlungen besteht die Möglichkeit auf Änderungen im Schaltablauf zu reagieren, um gezielt Maßnahmen zu setzen, um die Anlagenzuverlässigkeit und Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Solche und ähnliche Predictive Maintenance Anwendungen ergeben sich z.B. auch im Bereich der Schwingungsüberwachung von Lagern in Generatoren und der TE Analyse.

6 Referenz:

[1] EP 3 306 329 A1, Verfahren zum zentralen überwachen von Zustandswechsel einer Anzahl von Komponenten für Hochspannungsanlagen ab 1 kV aufwärts, 11.04.2018, Patentblatt 2018/15