

OFENANWENDUNGEN IM OBEREN LEISTUNGSSEGMENT

AUTOREN: SEBASTIAN REHKOPF UND LAURENC KIRCHNER



VACUTAP® VRL® - DIE NEUE DIMENSION FÜR OFENANWENDUNGEN.



Transformatoren und Stufenschalter für den Prozessbetrieb, wie er z. B. in Stahlwerken vorkommt, sind herausfordernden Betriebsbedingungen ausgesetzt. Neben besonderen Umgebungsbedingungen sind in der Regel hohe Schaltzahlen in kurzen Zeitintervallen charakteristisch für diese Anwendung.

Die Stufenschalter der MR VACUTAP® Reihe, ermöglichen einen optimalen Ofenbetrieb. Mit Einsatz der Vakuumtechnologie und den damit verbundenen großen Wartungsintervallen, minimieren sich Stillstandzeiten und Wartungsarbeiten. Im Vergleich zu Stufenschaltern der herkömmlichen Öltechnologie können die Betriebskosten somit optimiert werden.

Bislang verfügbare Laststufenschalter in Vakuumtechnologie waren mit der elektrischen Lebensdauer von 600.000 Schaltungen optimal für Ofenanwendungen geeignet, jedoch auf einen maximalen Laststrom von 1300 A beschränkt.

Mit der Leistungserhöhung des VACUTAP® VRL® steigt auch der maximal mögliche Laststrom für Ofenanwendungen.

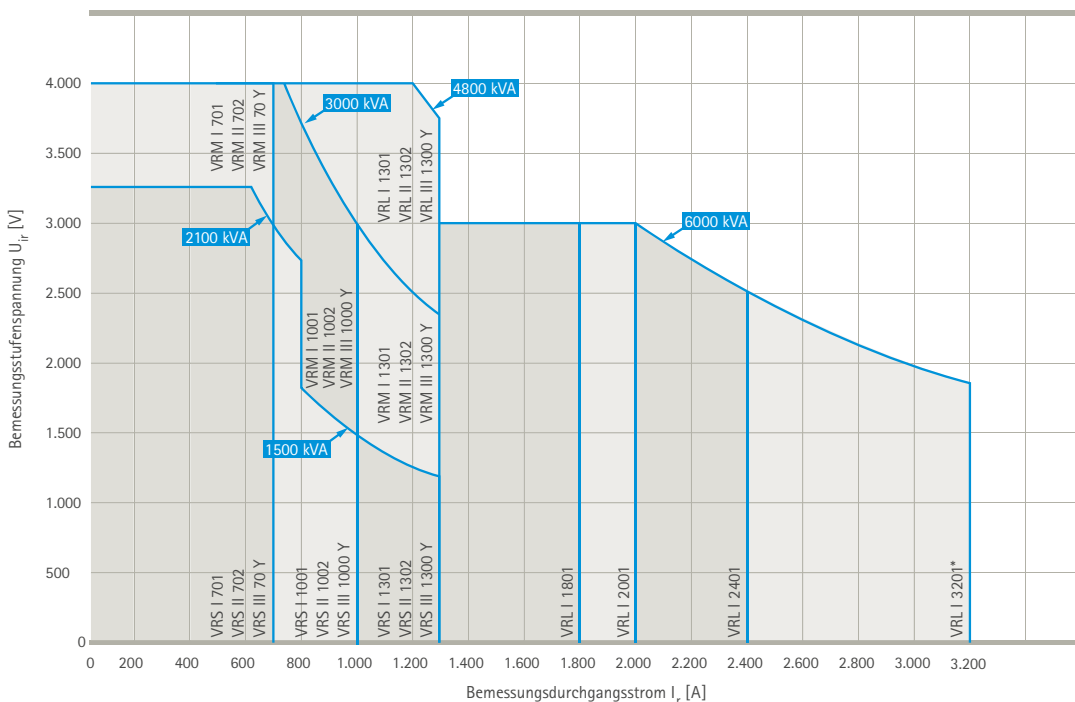


Abbildung 1: Stufenleistungsdiagramm VR

Mit * gekennzeichnete Laststufenschaltertypen sind Sonderanwendungen und nur auf Anfrage erhältlich.

HERAUSFORDERUNGEN IM REELLEN PROZESSBETRIEB.



Die signifikante Erhöhung des zulässigen Laststromes für MR-Vakuumstufenschalter bringt jedoch neue zu berücksichtigende Aspekte mit sich: Je höher der geschaltete Strom in der Vakuumschaltröhre ist, desto stärker ist die Erosion der Kontakte in der Vakuumschaltröhre.

Während der Prüfungen zur Leistungserhöhung des VACUTAP® VRL® ergaben Untersuchungen bei MR, dass mit der Zunahme des Laststromes die elektrische Lebensdauer des Laststufenschalters in den Vordergrund und mechanische Aspekte eher in den Hintergrund treten.

Im Leistungsbereich mit Bemessungsströmen von 1800 bis 3200 A ist die Belastung der Vakuurröhren überproportional hoch und führt somit zu Einschränkungen der elektrischen Lebensdauer.

Bei der Analyse reeller Betriebsdaten von Transformatoren im Prozessbetrieb erkennt man, dass einerseits der Transformator und folglich auch der Stufenschalter meist im Teillastbetrieb agieren und es zudem auch Betriebssituationen gibt, bei denen Schaltungen des Stufenschalters ohne Last- und Kreisstrom, s. g. Leerschaltungen, vorkommen.

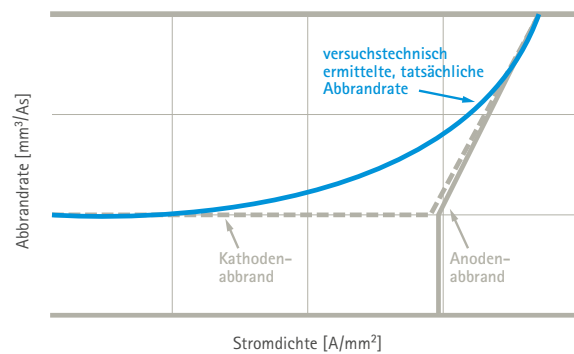


Abbildung 2: Kontaktabbrand in Abhängigkeit der Stromdichte für CuCr-Kontakte (schematisch nach Slade „The Vacuum Interrupter: Theory, Design, and Application“ 2008)

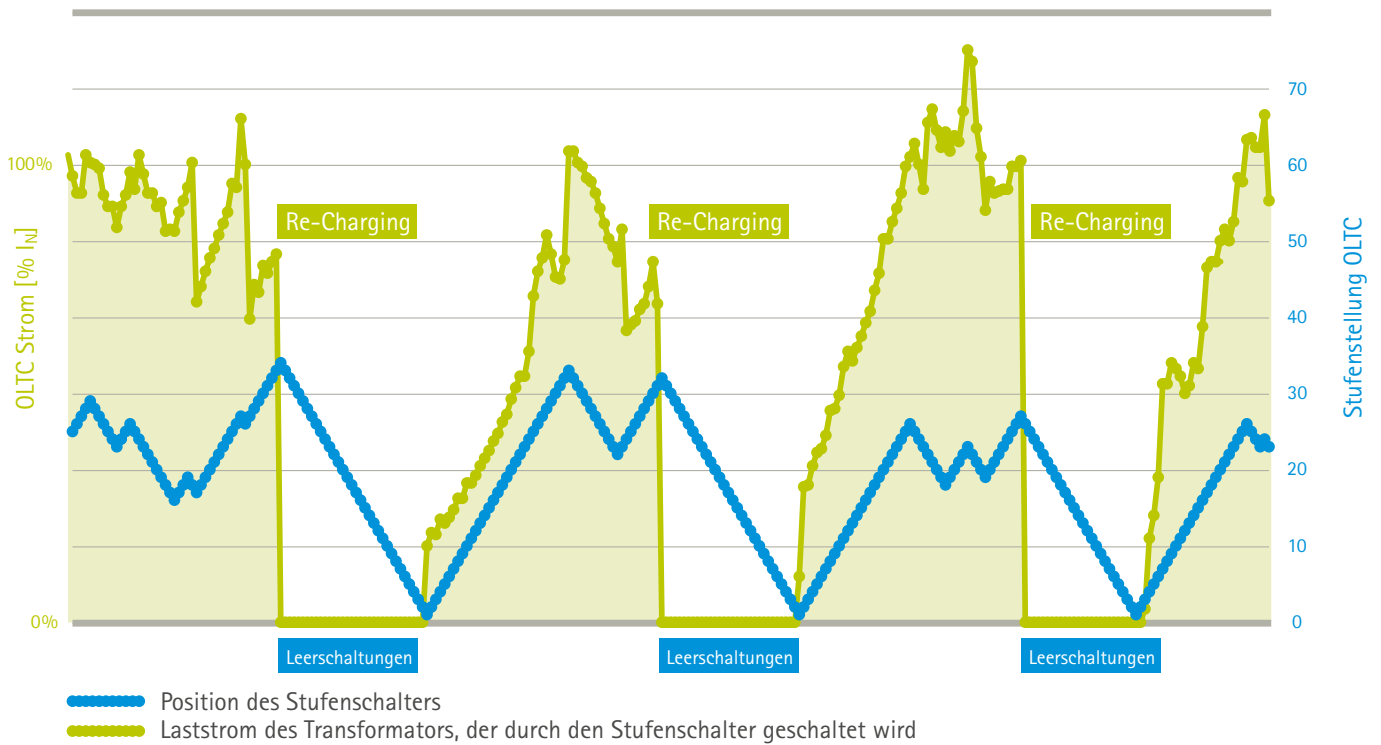


Abbildung 3: Beispieldiagramm Lastprofil und OLTC-Stufenstellung im realen Prozessbetrieb

Die Berücksichtigung oben genannter Betriebsbedingungen (Leerschaltungen & Teillast) war im bislang verfügbaren Leistungsbereich bis 1300 A Bemessungsstrom in Bezug auf die elektrische Lebensdauer nicht notwendig. Um Stufenschalter im Leistungsbereich über 1300 A ökonomisch optimal einsetzen zu können, ist die Betrachtung von Leerschaltungen und Teillast jedoch dringend angeraten. Als Teillast wird hier der Betrieb bezeichnet, der bei < 100% des Nennstroms stattfindet. Die Unterscheidung in Voll- und Teillast ist deshalb so relevant, da, wie oben gezeigt, die Erosion der Kontakte in der Vakuumschaltröhre und damit dessen elektrische Lebensdauer im betrachtete Leistungsbereich maßgeblich vom tatsächlich geschalteten Strom abhängt.

Die Auswertung zahlreicher Betriebsdaten aus dem Prozessbetrieb ergeben ein sehr breites Spektrum an möglichen Lastprofilen. Exemplarisch sind ausgewählte Lastprofile in Abbildung 4 dargestellt. Die Anzahl der Leer- und Teillast-Schaltungen variiert stark und ist individuell abhängig von der Philosophie des Betreibers bzw. den Erfordernissen des Prozesses. Erschwerend kommt hinzu, dass bei der Auslegung des Transformators und des Stufenschalters das zukünftige Lastprofile nicht bekannt ist bzw. der OEM diese Information nicht vom zukünftigen Betreiber zur Verfügung gestellt bekommt.

INDIVIDUELLE LASTPROFILE UND DEREN AUSWIRKUNGEN AUF LEBENSDAUER UND WARTUNG.

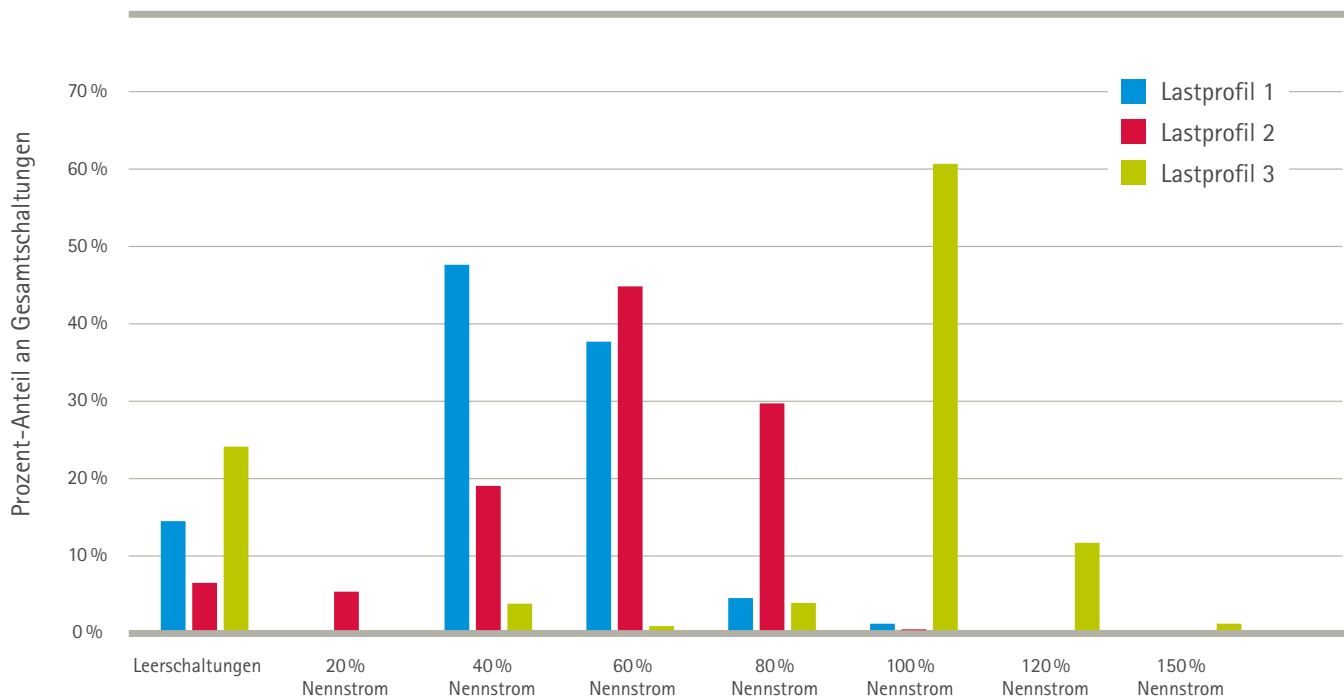


Abbildung 4: Reale Lastprofile von Stufenschaltern im Prozessbetrieb

Im **Lastprofil 1** ist zu sehen, dass ca. 85% der Schaltungen bei 40–60% des Nennstroms und keine Schaltungen oberhalb des Nennstroms durchgeführt werden.

Das **Lastprofil 2** zeigt hingegen eine Verschiebung der Schaltzahlen zu höheren Nennströmen: 75% der Schaltungen finden im Bereich 60–80% des Nennstromes statt.

Das **Lastprofil 3** stellt hier sicherlich in Bezug auf die Belastung für die Vakuumschaltröhre das herausforderndste Szenario dar: die überwiegende Anzahl der Schaltungen findet im Bereich > 100% des Nennstromes statt.

In allen 3 Szenarien liegt der Anteil der Leerschaltungen bei 5–25%.

Wenn die elektrische Belastung für den Stufenschalter nicht erfasst und bewertet wird, muss, um einen sicheren Betrieb über die Lebensdauer gewährleisten zu können, die Annahme getroffen werden, dass Worst-Case-Bedingungen vorliegen.

Dies kann zur Folge haben, dass Wartungsmaßnahmen unnötig früh eingeplant und durchgeführt werden müssen, was zu unnötig hohen OPEX führt. Die Identifikation verschiedener, typischer Lastprofile und die Definition der zugehörigen Randbedingungen für den Betrieb des Laststufenschalters (Wartungsintervalle, Lebensdauer, etc.) ist ein Ansatz, Betreibern die Möglichkeit zu geben, die eigene Betriebssituation abzuschätzen und die Komponenten richtig einzusetzen. Dieser Ansatz erfordert eine genaue Kenntnis über den aktuellen Prozessbetrieb. Sollte es im Betrieb zu Änderungen (z. B. infolge geänderter bzw. optimierter Prozessführung) kommen, sind vorab definierte Rahmenbedingungen und Wartungsintervalle obsolet und eine Neubewertung notwendig.

ÜBERWACHUNG DES PROZESS- BETRIEBES – DIE SICHERE UND WIRTSCHAFTLICHE LÖSUNG.

Eine weitaus exaktere und auch komfortablere Lösung besteht darin, die tatsächlichen Betriebszustände messtechnisch zu monitoren und auf Basis der tatsächlichen Betriebsbedingungen die Belastung und den Lebensdauerverbrauch des Stufenschalters zu bewerten.

Daten wie Laststrom, Stufenspannung, Schaltrichtung des Stufenschalters, Isolierflüssigkeitstemperaturen und weitere Parameter können für nahezu jede Schaltung unterschiedlich sein. Zweckmäßig ist hierfür die messtechnische Erfassung dieser Parameter.

In die Bewertung fließen auch die charakteristischen Daten des Stufenschalters im Allgemeinen und in der speziellen Anwendung ein. So ist beispielsweise die Auswahl des Überschaltwiderstands, die Verschaltung der Vakuumröhren sowie deren Kontaktmaterial und Röhrengometrie in der Lebensdauerberechnung mit zu berücksichtigen. Besonderes Augenmerk liegt auch in der speziellen Einstellung und exakten Vermessung eines jeden einzelnen Geräts, die als Inputparameter an das Monitoring bei der Initialisierung und auch bei jedem OLTC-Tausch übergeben werden.

Basierend auf den gemessenen Daten sowie charakteristischen Parametern des Stufenschalters wird jede Schalthandlung individuell in Echtzeit bewertet und der sich ergebende Lebensdauerverbrauch errechnet. Ein lernender Algorithmus liefert dann die Prognose, wann aus aktueller Sicht das elektrische Lebensdauerende bzw. Wartungsintervall erreicht wird. Diese Prognose des Wartungsintervalls liefert dem Betreiber die Flexibilität, die Wartung des Stufenschalters optimal in den Wartungsplan der Gesamtanlage zu integrieren und so einen wirtschaftlich optimalen Betrieb zu erzielen.

Ein derart gestaltetes und zum Patent angemeldetes Monitoringsystem ist in der Lage, mit ausreichendem zeitlichem Vorlauf, spezifische Hinweise zu notwendigen Wartungsmaßnahmen und zur verbleibenden elektrischen Lebensdauer des Stufenschalters zu geben. Für die in Abbildung 4 dargestellten Lastprofile 1 und 2 würde sich durch das Monitoring die elektrische Lebensdauer um bis zu 100% erhöhen. Selbst ein Transformator mit dem überaus anspruchsvollen Lastprofil 3 (hoher Anteil an Schaltungen bei Nenn- und Überlast) könnte durch eine entsprechende Überwachung um bis zu 50% länger betrieben werden.

Mit Einsatz eines solchen Systems kann die maximal mögliche elektrische Lebensdauer und das größtmögliche Wartungsintervall des Stufenschalters ausgeschöpft werden.

Durch die passgenauen Wartungen bietet das Monitoringsystem für Stufenschalter im Prozessbetrieb über die komplette Lebensdauer hinweg eine nachhaltige und ökonomische Lösung für den Betreiber.

IM FOLGENDEN SIND DIE ÜBERWACHUNGSPARAMETER UND FUNKTIONALITÄT DES MONITORINGSYSTEMS VEREINFACHT DARGESTELLT:

PARAMETRIERUNG

- Überschaltwiderstand
- Kontaktmaterial der Vakuumschaltröhre
- Geometrie und Funktionsgrenzen der Vakuumschaltröhre
- Stufenspannung
- Mess- und Einstellergebnisse des jeweiligen Einzelgeräts

MESSUNG

- Erfassen des Laststromes
- Erfassen von Temperaturen
- Erfassen der Schaltrichtung
- Erfassen der Schalthäufigkeit
- Erfassen des Erregungszustandes des Transformators

BERECHNUNG

- Bewertung der Einzelschaltung unter Berücksichtigung obiger Parameter und Messwerte
- Anrechnung der durchgeführten Schaltung auf die elektrische Lebensdauer
- Anrechnung der Schaltung auf das mechanische Wartungsintervall
- Selbstlernender Algorithmus um das Erreichen der elektrischen Lebensdauer bzw. des Wartungsintervalls zu prognostizieren

WARTUNG & LEBENSDAUER

- Wartungsintervalle und elektrische Lebensdauer werden aus dem Betriebsverhalten antizipiert, individuell errechnet und prognostiziert
- Die Wartung kann immer zum ökonomischen Maximum durchgeführt werden
- Mit dem Wissen über die tatsächliche Belastung des Stufenschalters können technisch nicht unbedingt notwendige Wartungen entfallen und somit Material, Verpackung, Transport- und Arbeitsaufwände eingespart werden

Maschinenfabrik Reinhausen GmbH

Falkensteinstrasse 8
93059 Regensburg, Germany

Phone: +49 941 4090-0

E-mail: info@reinhausen.com

www.reinhausen.com

Please note:

The data in our publications may differ from the data of the devices delivered. We reserve the right to make changes without notice.

IN8772571/00 DE – Ofenanwendungen im oberen Leistungssegment

F0406400 – 05/22 – dp

©Maschinenfabrik Reinhausen GmbH 2022

THE POWER BEHIND POWER.

