

▪ **Elektromagnetische Verträglichkeit in Mittelspannungsschaltanlagen während Schaltungen**

Dipl.-Ing. Dennis Burger

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. S. Tenbohlen
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. V. Hinrichsen, TU Darmstadt
Tag der mündlichen Prüfung: 13.02.2014

Mittelspannungsschaltanlagen sind unverzichtbare Betriebsmittel in elektrischen Energieversorgungsnetzen. Sie überwachen die elektrischen Zustandsgrößen im Netz und ermöglichen durch Schalthandlungen auf Mittelspannungsebene die Veränderung der Netztopologie sowie den selektiven Netzschutz im Fehlerfall.

Schalthandlungen in den Mittelspannungskreisen gehen mit Vor- und Rückzündungslichtbögen an den Schaltkontakten einher, die wiederum transiente Überspannungen mit großen Flankensteilheiten (engl.: very fast transients, kurz: VFTs) erzeugen. Die Überkopplungen dieser breitbandigen Transienten auf die Niederspannungsseite sind bekannt als starke elektromagnetische Störgrößen für die dort eingesetzten elektronischen Schutz- und Steuereinheiten (engl.: intelligent electronic devices, kurz: IEDs). Trotz Erfüllung aller normativ gestellten Anforderungen hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) in Mittelspannungsschaltanlagen werden herstellerunabhängig in einzelnen Schaltanlageninstallationen in der Praxis dennoch schalthandlungsbedingte elektromagnetische Beeinflussungen in Form von Fehlfunktionen der IEDs beobachtet.

In dieser Arbeit werden die verschiedenen Koppelpfade der EMV-Störgrößen von den hochspannungsführenden Primärleitern auf die Niederspannungskomponenten (auch Sekundärkomponenten genannt) untersucht. Besonderes Augenmerk wird auf die Kopplung über die Stromwandler auf die analogen Eingänge der IEDs gelegt, da die Störpegel an diesen Schnittstellen besonders stark sind.

Die während der Schalthandlungen auf die IED-Schnittstellen treffenden EMV-Störgrößen werden hinsichtlich verschiedener Einflussfaktoren wie zum Beispiel Schalterart, Schaltfeldtyp und Lastbedingungen untersucht. Durch Labor- und Vor-Ort-Messungen wird gezeigt, dass das Abschalten von anlagennahen, induktiven Lasten durch vakuumisolierte Leistungsschalter die amplitudenmäßig größten und gleichzeitig breitbandigsten Störgrößen auf der Sekundärseite verursachen. Ähnlich kritische Einzel-Störimpulse, jedoch pro Schaltspiel eine vielfach höhere Anzahl davon, generieren die in der Praxis sehr viel häufigeren SF6-isolierten Trennschalter in Sammelschienenkupplungsfeldern. Die beim Öffnen eines solchen Trennschalters (immer kritischer als der Schließvorgang) generierten Störgrößen stellen das Worst-Case-Szenario hinsichtlich der EMV einer Mittelspannungsschaltanlage während Schalthandlungen dar. Die Gewährleistung eines störungsfreien Schaltanlagenbetriebs erfordert die Berücksichtigung dieses Worst-Case-Schaltfalls in der EMV-Planung.

Die während der verschiedenen Schalthandlungen in den Primärkreisen gemessenen Störgrößen wurden mit den Prüfgrößen bei den normativ geforderten Störfestigkeitsprüfungen im Zeit- und Frequenzbereich verglichen. Es wird gezeigt, dass die realen Schaltstörgrößen im Frequenzbereich ab 10 MHz deutlich stärkere spektrale Anteile besitzen als während der EMV-Typprüfungen hinsichtlich der Störfestigkeit geprüft werden.

Die im realen Schaltanlagenbetrieb vorkommenden Überschreitungen der Prüfpegel werden während der EMV-Typprüfung nicht erkannt, da zum einen die im Feld zu erwartenden Störgrößen nicht abgeschätzt werden. Zum anderen sind die tatsächlich geprüften Störfestigkeitspegel nicht bekannt, denn die Ladespannungen der Prüfgeneratoren sind aufgrund der Generatorinnenwiderstände nicht als tatsächlich geprüfte Pegel anzusehen.

Auf Grundlage dieser EMV-Problemstellung wurde eine neue Methode zur systembasierten Prüfung und Quantifizierung der EMV in Mittelspannungsschaltanlagen unter Schaltbedingungen abgeleitet. Die neue Prüfung basiert auf der Abschätzung der im Schaltanlagenbetrieb maximal zu erwartenden Störpegel unter Berücksichtigung des kompletten Koppelpfades zwischen Störquelle und Störsenke. Nur wenn die abgeschätzten Maximalpegel kleiner sind als die während der EMV-Typprüfung gemessenen Prüfpegel, ist die elektromagnetische Verträglichkeit gewährleistet. Weiterhin gilt die Anforderung aus der Produktfamiliennorm IEC 62271-1, dass der berechnete Störpegel beim Schalten kleiner als 1,6 kV sein soll.

Um den Grad der elektromagnetischen Verträglichkeit quantifizieren zu können, wird der Quotient aus geprüfem Pegel und zu erwartendem Schaltstörpegel als elektromagnetischer Verträglichkeitsindex einer Schaltanlage definiert. Werte über 100 % stehen für eine geringe Eintrittswahrscheinlichkeit einer elektromagnetischen Beeinflussung, geringe Werte für eine hohe.

Die neue Methode wurde in allen ihren Teilschritten und Annahmen mehrfach verifiziert. Sie stellt eine zeit- und kosteneffektive Methode zur systembasierten Prüfung und Quantifizierung der EMV von Mittelspannungsschaltanlagen während Schalthandlungen dar. Durch die Verwendung handlicher Prüfmittel ergibt sich eine Anwendbarkeit der neuen systembasierten EMV-Prüfung als entwicklungsbegleitender Test während der Designphase neuer Primär- und Sekundärtechnikkomponenten.

Abschließend werden die Anwendungsgrenzen der neuen Methode aufgezeigt sowie Maßnahmen diskutiert, wie auf ein negativ ausfallendes Prüfergebnis entlang der Koppelstrecke zwischen Störquelle und Störsenke reagiert werden kann.