

Systemdenken bei der Wahl der Betriebsmittel

Bernd Koetzold, Geschäftsbereich Netzkompensation, Haefely GmbH Müllheim/Baden

1. System Hochspannungsnetze

Betriebsmittel der Elektrischen Energieverteilung und Energieübertragung gelten heute allgemein als ausgereift, d.h. die jeweilige Geräteentwicklung und die Entwicklungsumgebung haben einen technologisch optimierten Stand erreicht.

Als Bestandteil des Systems Hochspannungsnetz erfüllen die Geräte und Anlagen die jeweiligen stationären Schnittstellenvereinbarungen bzw. -bedingungen des Systems, die jedoch nicht beliebige Zustände beschreiben oder ausschließen können. Das vom Ingenieur gewollte Systemverhalten des Betriebsmittels im Netz, die betrieblichen Zustände und bestimmte Störungszustände, werden vom Betriebsmittel mit dem System bestimmungsgemäß erzeugt und ohne Beeinträchtigung getragen.

Ungewollte, unerwünschte oder gar unzulässige Zustände in Form von unverträglichen Spannungen und Strömen können, durch beliebige Ereignisse angeregt, auch immer wieder auftreten nach Maßgabe der auf das System wirkenden summarischen systembezogenen Eigenschaften des Betriebsmittels oder des ganzen Subsystems, z.B. einer Anlage. Es soll gezeigt werden, daß die genaue Kenntnis aller relevanten Eigenschaften eines konkreten Betriebsmittels anzustreben ist, um durch geeignete Maßnahmen, z. B. Anordnung gegebener Betriebsmittel im Netz oder Verbot bestimmter Schaltzustände unzulässige Zustände zu vermeiden, um also dem "idealen" Betrieb eines Hochspannungsnetzes näher zu kommen.

2. Rückwirkungen der Betriebsmittel auf das Netz

Aus der Systemtechnik elektrischer Netze wählen wir für diese Überlegung zwei Stichworte "Netzurückwirkungen" und "Isulationskoordination", die mit der Fähigkeit der Betriebsmittel, Energie kapazitiv und magnetisch speichern zu können, verbunden sind. Unerwünschte Rückwirkungen in Form von Stromüberschwingungen, von Spannungsverzerrungen und von Überspannungen können auch bei für die betriebliche Funktion grundsätzlich korrekter Bemessung und Anordnung der Betriebsmittel unzulässige Maße erreichen.

Am Beispiel von Parallelresonanzen, die in einem Netz auftreten können, dem ein Filterkreis oder auch nur eine Kondensatorbatterie zur Blindstromkompensation hinzugefügt wird, kann gezeigt werden, daß Harmonische Ströme im Frequenzbereich der Parallelresonanz im Parallelschwingkreis verstärkt werden und die Netzüberschwingungen erhöhen sowie das Betriebsmittel Filterkreis und weitere Netzkomponenten belasten.

Diese systemtechnischen Zusammenhänge lassen sich in Modellen des Netzes und seiner Betriebsmittel mathematisch simulieren. Unerläßliche Voraussetzung für eine richtige Simulationsrechnung ist die Modelltreue, die Genauigkeit der relevanten Eigenschaften des Betriebsmittelmmodells. Hochschulen, Anwender und Hersteller haben in der Modellierung existierender Netzbetriebsmittel große Fortschritte erzielt.

Aus der planerischen Simulation der Netzprozesse werden die "idealen" Eigenschaften der Betriebsmittel abgeleitet und ihre jeweilige "richtige" Bemessung bestimmt. Modellierungen einzelner Eigenschaften des Betriebsmittels, die die unerwünschte Rückwirkung mit dem System bewirken, sind Voraussetzung zur Verbesserung des Störungsverhaltens eines Betriebsmittels, beispielweise des Kippschwingungsverhaltens von Wandlern im Netz, worüber in diesem Symposium berichtet wird.

Über die Anwendung mathematisch neuartiger Modelle für Subsysteme wird heute im Symposium am Beispiel der Formulierung Stromwandler-Sättigung und Selektivschutz berichtet werden.

3. Weiterentwicklung des Hochspannungsnetzes

Im wesentlichen wird die Weiterentwicklung des Übertragungs- und Verteilungsnetzes von der möglichst vollkommenen Beherrschung der systemtechnischen Zusammenhänge bestimmt sein. Grundlage und Voraussetzung hierfür sind die ausreichend richtige Modellierung der relevanten stationären und dynamischen Eigenschaften der Betriebsmittel und die ausreichend tiefe Simulation der Netzprozesse. Im Wechselstromnetz kann die Simulation in der Regel auf eine begrenzte Anzahl von Netzknoten oder gar auf ein Subsystem beschränkt werden.

Mit diesen Werkzeugen lassen sich Netze und Betriebsmittel im oben beschriebenen Sinn im Detail verbessern oder von vornherein "besser" anlegen. Beispielsweise ist es eine Selbstverständlichkeit, daß die Entwicklung von Netzurückwirkungskompensatoren sowie die Bemessung und Positionierung von Blindstromkompensationsanlagen im Netz nur auf dem Weg der Modellierung und Simulation zu nachhaltigen Ergebnissen führen. Hier liegt auch die noch wenig genutzte Chance zur Optimierung von Wirk- und Blindleistungsflüssen im stationären wie dynamischen Prozeß des Übertragungsnetzes.

Der Einsatz netzurückwirkungsfreier oder netzurückwirkungsarmer Betriebsmittel, sofern diese das klassische d.h. konventionelle Gerät oder Subsystem substituieren können in seinen betrieblichen Funktionen, ist hier unter diesen Gesichtspunkten zu diskutieren.

Die Überwachung des Netzzustands bzw. des Netzbetriebsmittelzustands in einer on-line-Diagnose ist in der Regel erst in den Anfängen. Netzführungsentscheidungen anhand von on-line-Diagnosen mittels schneller Simulationen werden Systemfehlerentwicklungen und post-mortem-Schutz- und Schaltmaßnahmen vermeiden.