



Doctoral Thesis

Beiträge zur Weiterentwicklung von Netzanalysatoren

Author(s):

Vontobel, Jürg

Publication Date:

1965

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000277511> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Prom. Nr. 3643

Beiträge zur Weiterentwicklung von Netzanalysatoren

Von der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von

JÜRIG VONTOBEL

dipl. El.-Ing. ETH
von Meilen (Kt. Zürich)

Referent: Herr Prof. Dr. K. Berger
Korreferent: Herr Prof. H. Leuthold

Juris-Verlag Zürich
1965

I. EINLEITUNG

Netzanalysatoren zur Messung der transitorischen wiederkehrenden Spannungen in Hochspannungsnetzen, kurz wiederkehrende Spannungen oder Einschwingspannungen genannt, gewinnen heute immer mehr an Bedeutung. Durch den intensiven Ausbau der Hochspannungsnetze, Erhöhung der Leistung durch den Bau von neuen Kraftwerken und immer dichtere Vermaschung der einzelnen Netzteile steigen die Anforderungen an die Leistungsschalter enorm. Es ist deshalb für den Schalterkonstrukteur von grosser Wichtigkeit, die Arbeitsbedingungen, denen der Schalter genügen muss, möglichst genau zu kennen, um wirtschaftliche Lösungen zu erzielen. Die Kenntnis des zeitlichen Verlaufes der Einschwingspannung, speziell von ihrem Anfang bis zum höchsten Scheitel, ist dabei eine der notwendigen Grundlagen. Mit richtig dimensionierten Netzanalysatoren ist es möglich, diese Einschwingspannungen mit genügender Genauigkeit zu ermitteln.

Gegenüber der direkten Messung der Einschwingspannung im Hochspannungsnetz oder deren Berechnung, vorwiegend mit Digitalcomputern [1], [2], [3], hat deren Ermittlung im transienten Netzmodell einige wesentliche Vorteile. Hochspannungsnetze sind normalerweise durch den Betrieb so stark beansprucht, dass sie nur in ganz zwingenden Fällen für Netzversuche zur Verfügung gestellt werden können, und Störungsschreiber sind im allgemeinen zu träge, um ausreichende Informationen zu geben. Ganz abgesehen davon, dass solche Messungen nur in bestehenden Anlagen durchgeführt werden können, ist man für die Projektierung und den Bau von Schaltanlagen ohnehin auf Modellmessungen oder Berechnungen angewiesen. Die Berechnung der Einschwingspannung hat aber lediglich dann Vorteile gegenüber der Modellmessung, wenn es sich um einen einzelnen zu untersuchenden Netzpunkt handelt und das Rechenprogramm bereits erstellt und geprüft worden ist. Handelt es sich aber um das Studium ganzer Hochspannungsnetze oder um die Untersuchung des günstigsten, respektive ungünstigsten Schaltzustandes in einem Netzpunkt, so ist der Netzanalysator vorteilhafter. Ohne Änderungen am Netzwerk kann man alle interessierenden Netzpunkte direkt untersuchen, oder es können durch einfache und übersichtliche Schaltungsänderungen die verschiedenen Schaltzustände studiert werden. Bei der Berechnung muss dagegen für jeden Netzpunkt oder jeden Schaltfall eine separate Berechnung mit den entsprechenden Vorbereitungs- und Auswertearbeiten durchgeführt werden.

In letzter Zeit sind einige solche Netzanalysatoren oder Schwingungsmodelle von verschiedenen Firmen und Instituten gebaut worden [4], [5], [6]. Die Anlagen unterscheiden sich nicht nur im Aufbau, sondern auch in der Arbeitsweise und in der Betriebsfrequenz. Meistens werden im Modellnetz Abschaltungen vorgenommen; weniger häufig wird das sogenannte Strom-Einspritz-Verfahren (current-injection) angewandt. Die Betriebsfrequenz dieser Anlagen liegt zwischen 50 und 500 Hz, und entsprechend sind auch die Grenzfrequenzen verschieden hoch. Ueber die Messgenauigkeit, sowie die Nachbildegengenauigkeit liegen meistens keine Angaben vor, lediglich die Genauigkeit der einzelnen Elemente bei der Betriebsfrequenz wird angegeben.

Die Arbeitsgruppe Nr. 3 des CIGRE-Schalterkomitees (CIGRE: Conférence International des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension), die sich unter anderem mit der Untersuchung wiederkehrender Spannungen in Hochspannungsnetzen befasst, hat zur Abklärung der Genauigkeit von Netzanalysatoren Vergleichsmessungen durchführen lassen. Auf fünf verschiedenen Netzanalysatoren in fünf verschiedenen Ländern wurde im Jahre 1960 ein Netzpunkt eines 220 kV Netzes nachgebildet und die Einschwingspannung gemessen, deren Verlauf von einem Schaltversuch im wirklichen Netz bekannt war. Das Resultat war unbefriedigend. Die Amplitudenwerte wichen nicht nur bis zu 20 % vom Wert des Direktversuches ab, sondern auch die Kurvenformen unterschieden sich ganz erheblich.

Der Misserfolg dieser ersten Vergleichsmessungen hat in der Folge zu einer systematischen Kontrolle der in Netzanalysatoren verwendeten Nachbildungselemente und Nachbildungsmethoden geführt. Diese recht umfangreiche Arbeit wurde, teilweise in Zusammenarbeit mit den an den Vergleichsmessungen beteiligten Netzanalysatorfachleuten, unter dem Patronat der Arbeitsgruppe Nr. 3 des CIGRE-Schalterkomitees durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit sind unter anderem die vom Verfasser gelieferten Beiträge zusammengestellt.

Auf Grund dieser neuen Erkenntnisse wurde der im Jahre 1957 mit Mitteln des Jubiläumsfonds der Eidgenössischen Technischen Hochschule beschaffte Netzanalysator des Hochspannungslabors der Eidgenössischen Technischen Hochschule umgebaut und erweitert. Ein neues Schaltermodell und ein neues Speisegerät wurden entwickelt und gebaut, die Nachbildungselemente teilweise abgeändert oder neu entwickelt und ihre Anzahl erhöht. Durch Einsatz eines modernen Zweistrahloszillographen konnte ferner die Messeinrichtung vereinfacht und dadurch verbessert werden.

Der auf diese Weise ausgebaute Netzanalysator eignet sich besonders zur Messung der Einschwingspannungen im Mitsystem der symmetrischen Komponenten grosser Hochspannungsnetze. Er kann aber auch zur Lösung nichtelektrischer Schwingungsprobleme eingesetzt werden, sofern die zu untersuchenden schwingfähigen Systeme analogen Differentialgleichungen gehorchen.

Damit sind aber die Einsatzmöglichkeiten dieses Netzanalysators noch nicht erschöpft. Ein weiterer Ausbau zur dreiphasigen Darstellung von Hochspannungsnetzen ist lediglich eine Kostenfrage. Der Bau von mehreren unabhängigen Speisegeräten und einer geeigneten Messeinrichtung würde ferner die Messung von Lastflussverteilungen ermöglichen. Nach dem sogenannten "Schritt - für - Schritt" - Verfahren könnten sodann auch Stabilitätsprobleme gelöst werden.