

Der kapazitive Spannungsteiler mit elektronischem Verstärker für SF₆-Anlagen

Raimund Heidingsfelder, Energie- Versorgung Schwaben AG, Stuttgart

Mit Entwicklung der gasisolierten metallgekapselten Schaltanlagen ergab sich die Notwendigkeit, die Spannungswandler dieser Technik anzupassen. Da es anfänglich technische Probleme mit der Folienisolation der induktiven Spannungswandler gab, entschloß man sich bei der EVS dazu, das hochspannungsseitig einfachere und unproblematischere Prinzip des kapazitiven Teilers anzuwenden.

1. Aufbau

1.1 Der kapazitive Teiler

Abbildung 1 zeigt den Schnitt durch einen derartigen Teiler. Er ist in ein Gehäuse eingebaut, das die gleichen Abmessungen wie dasjenige eines induktiven Spannungswandlers hat.

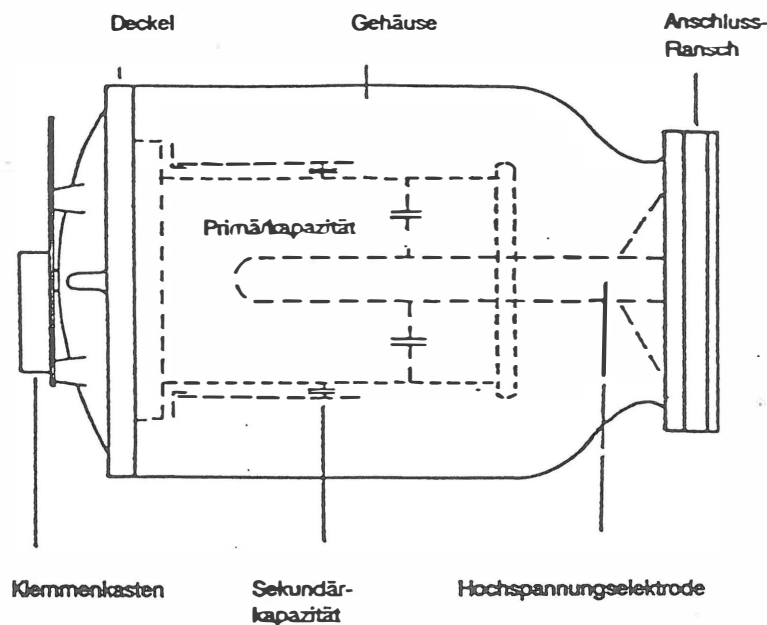


Abbildung 1:
Kapazitiver Spannungsteiler

Bei einer anderen Bauform wird der kapazitive Teiler in Gestalt einer zusätzlichen Schirmelektrode in den Stromwandler integriert. Ein solcher Kombiwandler ist vorteilhaft bei beengten räumlichen Verhältnissen innerhalb der Schaltanlage und ist in Abbildung 2 zu sehen.

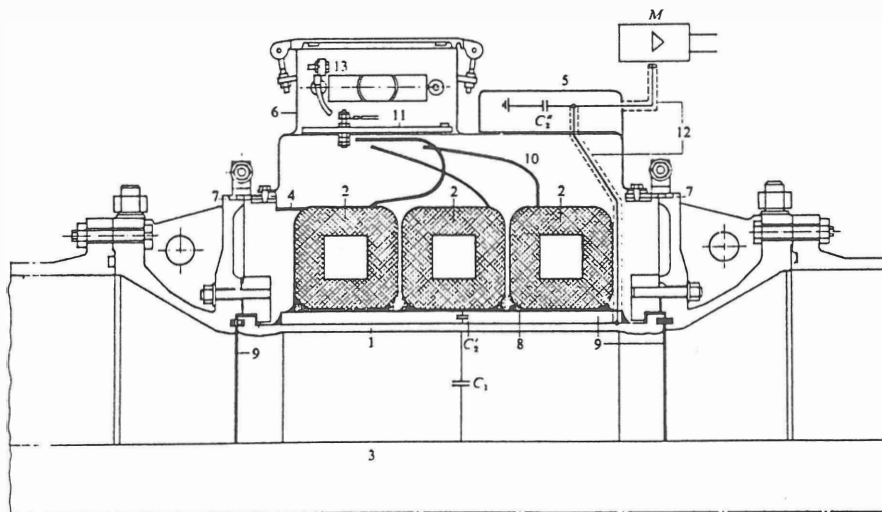


Abbildung 2:
Kapazitiver Spannungsteiler
im Kombiwandler

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 Tragrohr | 10 Stromwandler-Sekundärleitung |
| 2 Stromwandlerkerne | 11 Durchführungsplatte |
| 3 Hochspannungsleiter | 12 Verbindungskabel |
| 4 Mantelblech | 13 Erdungsschraube |
| 5 Kasten für Zusatzkapazität | C1 Hochspannungskapazität |
| 6 Klemmenkasten des Stromwandlers | C2' Isolationskapazität |
| 7 Anschlußflansch | C2'' Zusatzkapazität |
| 8 Erdschirm | M Messverstärker |
| 9 Isolation | |

1.2 Der Meßverstärker

Der kapazitive Teiler benötigt, um die für die Sekundärgeräte notwendige Leistung abgeben zu können, einen elektronischen Leistungsverstärker. Die Eingangsspannung des elektronischen Meßverstärkers und seine Ausgangsspannung können gleich groß sein, der Verstärker arbeitet dann als reiner Impedanzwandler.

Abbildung 3 zeigt das Funktionsschema eines solchen Meßverstärkers.

Die Verstärker sind als 19"-Einschübe aufgebaut und werden pro Feld in einem Schrank betrieben.

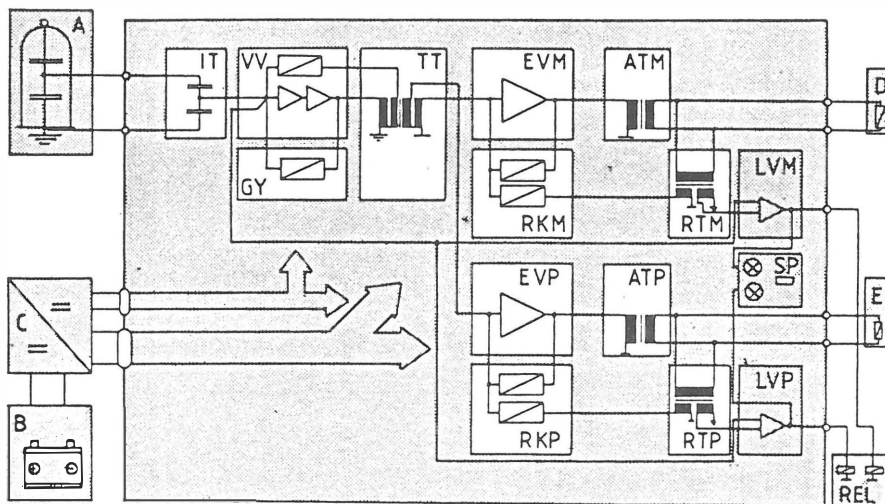


Abbildung 3:
Funktionsschema eines
Meßverstärkers

A Hochspannungsteiler
B Stationsbatterie
C Gleichspannungswandler
IT Interner Teiler
VV Vorverstärker
GY Gyrator
TT Trenntrafo

EVM Endverstärker Messung
RKM Rückkopplung Messung
ATM Ausgangstrafo Messung
EVP Endverstärker Schutz
RKP Rückkopplung Schutz
ATP Ausgangstrafo Schutz

RTM Rückkopplungstrafo Messung
LVM Längsvergleich Messung
SP Speicherprint
D Bürde Messkanal
RTP Rückkopplungstrafo Schutz
LVP Längsvergleich Schutz
E Bürde Schutzkanal
REL Relaisplatine

2. Betriebserfahrungen

Die erste gasisolierte 420-kV-Schaltanlage der EVS wurde 1979 in Betrieb genommen und u.a. mit diesem Meßprinzip ausgestattet. Weitere Anlagen (123 kV und 420 kV) folgten.

An dieser Stelle ist eine Anmerkung zum Schaltanlagenkonzept der EVS nötig.

Die Spannungsmessung in den Leitungsfeldern erfolgt grundsätzlich außerhalb der gasisolierten Schaltanlage im Freien durch kapazitive Spannungswandler. Diese Spannungswandler mit einer Gesamtkapazität von >5000 pF bilden zusammen mit den Überspannungsableitern einen wirksamen Schutz der Schaltanlage vor einlaufenden Blitzüberspannungen. Die Spannungsmessung innerhalb der Anlage mittels kapazitiven Teilern und Meßverstärkern beschränkt sich daher auf Kuppelfelder, Trafo- und Kabelabgänge, in denen kein Anschluß von Freiluftgeräten möglich ist.

Die nunmehr 14-jährige Betriebserfahrung mit diesem Meßprinzip brachte folgende Erkenntnisse:

- Hochspannungsseitig wurden alle Erwartungen erfüllt. Es kam bisher zu keinerlei Störungen.
- Die Meßverstärker bereiten jedoch bis heute Probleme und waren sogar Ursache von betrieblichen Einschränkungen.

Bereits während der Entwicklungs- und Probephase traten wiederholt EMV Probleme auf, die nur mit viel Mühe bewältigt werden konnten. Elektronische Geräte in gasisolierten Schaltanlagen sind in dieser Hinsicht besonders gefährdet, da es dort, insbesondere bei Trennerschaltungen, zu sehr schnellen transienten Vorgängen kommt (very fast transients). Diese steilen Spannungsspitzen werden aufgrund ihrer hochfrequenten Natur in die Sekundärstromkreise eingekoppelt. Sie können dort, wenn nicht geeignete konstruktive Maßnahmen ergriffen werden, Amplituden von mehreren kV erreichen. Deshalb sind der Schirmung, der Schirmerdung und der Leitungsführung der Sekundärleitungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die Geräte müssen ebenfalls in geeigneter Weise geerdet, geschirmt und mit Überspannungsschutzelementen beschaltet sein.

Grundsätzlich ist zu bedenken, daß ein störungsfreies Verhalten der hochspannungsseitigen Elemente eines Meßsystems allein noch keine Garantie für einen ungestörten Betrieb darstellt. Jede sekundärseitige Spannungsänderung wird vom Schutz als Abweichung von den ungestörten Betriebsgrößen wahrgenommen und kann u.U. zu einer Fehlauslösung und einer unerwünschten Versorgungsunterbrechung führen.

Um solche durch Störungen im Meßverstärker hervorgerufene Spannungsänderungen erkennenbar zu machen, besitzen die elektronischen Meßverstärker eine Selbstüberwachung. Hierzu werden z.B. Ein- und Ausgangssignal eines Verstärkers miteinander verglichen. Weichen diese Signale über ein bestimmtes Maß von einander ab, so wird eine Störmeldung erzeugt.

Auch die Spannungsversorgung der Elektronik wird überwacht.

Für den Fall einer Störung des Meßverstärkers, wird über den hierfür vorgesehenen Meldekontakt die Unterimpedanzanregung des Schutzes gesperrt, um eine Fehlauslösung zu vermeiden.

Trotz dieser schaltungstechnischen Vorkehrungen und deren laufender Verbesserungen kam es während des Betriebs zu vereinzelt Fehlauslösungen des Schutzes.

Mit fortschreitendem Alter der Geräte ist eine Zunahme der Ausfälle durch Versagen einzelner Bauteile zu beobachten.

Elektrolytkondensatoren werden nach 10-jähriger Betriebszeit oder bei fälligen Reparaturen ausgewechselt.

Bei speziell für die Meßverstärker zugeschnittenen Bauteilen ist zu befürchten, daß sie bei zukünftigen Ausfällen gar nicht mehr ersetzt werden können, weil sie evtl. nicht mehr lieferbar sind.

Insgesamt haben die Erfahrungen der EVS dazu geführt, daß seit 1991 bei Schaltanlagenerweiterungen die inzwischen ausgereiften induktiven Spannungswandler gegenüber der Teiler- Meßverstärkerlösung bevorzugt werden. Außerdem wurden 1992 und 1993 in einer 420-kV-Anlage die ältesten kapazitiven Teiler mit Meßverstärker durch induktive Spannungswandler ersetzt.

3. Ausblick

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die elektronischen Meßverstärker im praktischen Einsatz nicht die Zuverlässigkeit haben, die man von herkömmlichen Meßwandlern gewohnt ist und die für den Betrieb in einem EVU wünschenswert ist. Diese Erfahrung hat man allerdings auch mit anderen, in der Hochspannungstechnik eingesetzten elektronischen Geräten gemacht. Generell ist für elektronische Baugruppen, die an für die Sicherheit des Netzbetriebs wichtigen Funktionen beteiligt sind, die Forderung nach höchster Zuverlässigkeit zu stellen. Dies ist zu beachten, wenn es darum geht, die altbewährten Meßprinzipien für Strom und Spannung in Hochspannungsschaltanlagen durch nichtkonventionelle Meßwandler abzulösen. Die immer mehr zum Einsatz kommenden modernen Schutz- und Messgeräte verlangen den Messwandlern eine wesentlich geringere Ausgangsleistung ab. Dieser Umstand erleichtert etwas die Erfüllung der hohen Zuverlässigkeitsanforderung.