

# Einführung : anlässlich der Diskussionsversammlung des SEV über Entwicklungstendenzen im Schaltanlagenbau für Mittelspannungen

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :  
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen  
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes  
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **60 (1969)**

Heft 17

PDF erstellt am: **21.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Einführung

### anlässlich der Diskussionsversammlung des SEV über Entwicklungstendenzen im Schaltanlagenbau für Mittelspannungen

Von H. A. Leuthold, Zürich

621.316.37

In der Pionierzeit der Elektrizitätsversorgung war der Schaltanlage zunächst nur eine untergeordnete Bedeutung zuerkannt worden; das Hauptgewicht lag beim Ausbau der Erzeugungsanlagen und der Übertragungs- und Verteilleitungen für die elektrische Energie.

Je mehr sich mit wachsender Kraftwerkleistung und zunehmender Netzausdehnung Störungen durch Überspannungen und Kurzschlüsse häuften und nicht nur unangenehme Betriebsunterbrüche sondern auch zahlreiche Unfälle und schwerwiegende Schäden in den Kraftwerken und Unterwerken verursachten, desto mehr Beachtung mussten die Schalt- und Schutzapparaten und den Schaltanlagen selbst geschenkt werden.

Die Ursache für diese Kalamitäten lag damals in erster Linie beim Ölschalter, der sich — nach anfänglichen Versuchen mit Quecksilber-, Luft- und Wasserschaltern — als tauglichstes Mittel zur Last- und Kurzschlussabschaltung erwiesen und allgemein durchgesetzt hatte.

Wegen ungenügender physikalischer Kenntnisse der Abschaltvorgänge eher empirisch konstruiert, bildeten die beachtlichen Ölvolumina, die die Schalter jener Zeit selbst bei Spannungen von einigen 1000 V zur Lichtbogenlöschung benötigten, eine ständige Gefahrenquelle und führten beim Versagen durch Herausschleudern brennenden Öles und durch Explosionen zu Brandausbrüchen mit starker Rauchentwicklung, die die ganze Schaltanlage beschädigten und zuweilen stark zerstörten.

Solche Vorkommnisse hatten im Jahre 1913 den Schweizerischen Elektrotechnischen Verein und den Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke veranlasst, gemeinsam die «Kommission für Hochspannungsapparate und Brandschutz» — so hiess sie in bezeichnender Weise — unter der initiativen Leitung des Generalsekretärs Prof. Dr. *Walter Wyssling* zu bestellen.

Die «Untersuchungen über den Abschaltvorgang im Hochspannungs-Ölschalter», die im Auftrag der Kommission der damalige Assistent und spätere Nachfolger Wysslings an der ETH, Prof. Dr. *Bruno Bauer*, durchführte und zu seiner Dissertation verwertete, fanden als eine der ersten wissenschaftlichen Arbeiten auf diesem Gebiet weite Beachtung:

Einerseits gaben sie den verschiedenen Firmen der Elektroindustrie wertvolle Impulse, ihre Schalterkonstruktionen im regen Wettbewerb fortlaufend zu verbessern, andererseits den Elektrizitätswerken eine Reihe von Empfehlungen zur Verhütung ausgedehnter Schäden in ihren Schaltanlagen.

Zur gleichen Zeit hatte sich eine weitere Kommission des SEV und VSE mit dem Wesen der inneren und vornehmlich der äusseren Überspannungen befasst, Betriebserfahrungen über die in mannigfacher Weise angebotenen Schutz Einrichtungen wie Hörner, Vielfachfunkenstrecken, Drosselspulen und Kondensatoren und deren Kombinationen gesammelt und praktische Leitsätze für den Schutz elektrischer

Anlagen gegen Überspannungen aufgestellt; sie enthielten auch vorbeugende Massnahmen gegen die Auswirkung von Schäden auf andere Anlagenteile, da die Schutz Einrichtungen beim Ableiten der Blitzenergie häufig zerstört wurden.

Die Wegleitungen und Empfehlungen der beiden Kommissionen hatten zunächst zur Folge, dass in vermehrtem Masse in allen wichtigen Schwerpunkten als Reserve für den Ausfall der Sammelschiene eine weitere Schiene und als Reserve für den Ausfall eines Schalt- und Messfeldes eine Umgehungschiene mit den zugehörigen Kuppel- und Hilfsfeldern vorgesehen und die Schienen selbst durch Längstrenner unterteilt wurden. Nicht selten wurde auch eine Prüfschiene verlangt, um jede durch einen Kurzschluss ausgefallene Leitung zunächst über eine Prüfdrosselspule wieder einschalten zu können.

In baulicher Hinsicht wurden nun die Schaltanlagen — darauf hatte man bisher wenig Rücksicht genommen — in besonders für sie bestimmte Räume und getrennt nach Betriebsspannungen untergebracht, die Ölschalter möglichst weit entfernt von den Sammelschienen, den Trennern und den Messwandlern in einzelnen Zellen oder wie die Transformatoren in abgeschlossenen Kammern angeordnet und die Überspannungsschutz Einrichtungen meist in einem für sie reservierten Geschoss eingebaut.

Die angeführten schaltungstechnischen und baulichen Massnahmen haben bis weit in die 30iger Jahre die Bauweise der Innenraumschaltanlagen bestimmt; ihr grosser Raumbedarf wirkte sich allerdings bei höheren Übertragungsspannungen so ungünstig auf die anteiligen Gebäudekosten aus, dass man bald für Spannungen ab 50 kV Freiluftschaltanlagen entwickelte und wo immer möglich anwendete.

Inzwischen hatten sich die Schalterkonstrukteure sehr intensiv theoretisch und experimentell mit dem Problem der Lichtbogenlöschung befasst und brachten um 1930 die ölarmen Leistungsschalter und die öllosen Druckluftschalter auf den Markt, die seither den alten Ölkesselschalter verdrängt haben und mit den steigenden Ansprüchen an die abzuschaltenden Kurzschlussleistungen für alle üblichen Spannungen weiterentwickelt werden konnten.

Daneben erschienen für mittlere Hochspannungen verschiedene Bauarten von Leistungstrennern — mit sichtbarer Trennstrecke — und von Lastschaltern, die die Abschaltung recht beachtlicher Betriebsströme beherrschen, die der Kurzschlussströme aber vorgeschalteten Sicherungen überlassen müssen.

Fast gleichzeitig konnten die vorhin erwähnten Überspannungsschutz Einrichtungen, die nie befriedigt hatten, durch neu entwickelte Ableiter abgelöst werden, die im wesentlichen aus einer Löschfunkenstrecke und einem mit ihr in Serie geschalteten Paket spannungsabhängiger Widerstände in einer einzigen Säule bestehen.

Die durch sie erzielte sichere Begrenzung der atmosphärischen Überspannungen, deren Erforschung dem Fortschritt der Messtechnik, insbesondere dem Kathodenstrahloscillographen zu verdanken war, erlaubte im weiteren Verlauf der Geschichte eine wirtschaftlich zweckmässige Koordination der Isolationsfestigkeit aller Schaltanlagenelemente gegenüber den inneren und äusseren Überspannungen.

Während noch vor dem 2. Weltkrieg Luft, Öl und keramische Stoffe als Isoliermittel den Schaltanlagenbau beherrschten, haben in den folgenden Jahren die in der chemischen Forschung entwickelten beiden Gruppen der Plaste — die Thermoplaste und die Duroplaste —, bei denen man mit verschiedenen Beigaben und Füllstoffen je nach der Verwendungsart gute Eigenschaften in bezug auf Isolationsfestigkeit, mechanische Festigkeit, Beständigkeit gegen Temperatur, Lichtbögen und Korrosionen usw. erzielen kann, erhebliche Bedeutung erreicht.

Zu den wichtigsten Vertretern können wir wohl bei den Thermoplasten das Polyvinylchlorid und das Polyäthylen und bei den Duroplasten das Polyesterharz und das Epoxydharz zählen.

So hat im Laufe der Zeit das PVC-Kabel für Steuer-, Mess- und Meldezwecke das altbewährte Bleikabel fast gänzlich verdrängt und auch das Polyäthylenkabel wird auf dem Hochspannungsgebiet in vielen Fällen wegen des geringen Raumbedarfes seiner Endarmaturen bevorzugt.

Epoxydharze haben in Innenraumanlagen die keramischen Isolierstoffe bei den Stützern und Durchführungen ersetzt, wobei mit kleineren Abmessungen höhere Umbruchfestigkeit erreicht werden konnte; ferner erlaubten es die Fortschritte in der Giesstechnik, die Kerne und Wicklungen der Messwandler für immer höhere Spannungen vollkommen in Giessharz einzubetten, so dass auch hierbei das Öl als Isolierstoff ausgeschaltet und dazu noch die dynamische Kurzschlussfestigkeit erhöht werden konnte.

Da des weiteren alle Plaste mit geeigneten Methoden gut formbar und verarbeitbar sind, lassen sie sich im Schaltanlagenbau für mannigfache Isolierzwecke als Platten, Kappen, Hauben, Gehäuse usw. herzustellen und verwenden; sie bewähren sich neuerdings auch zur Isolation von Schienen beliebigen Profils in gerader und gebogener Form.

Während die Fortschritte in der Schalter- und Ableitertechnik die Bauweise der Schaltanlagen aller Spannungen beeinflusst hatten, eröffnete die hier skizzierte Entwicklung der Isolierstofftechnik im besonderen bei den Mittelspannungsanlagen — also bis etwa 30 kV — vielfältige neue Möglichkeiten. Die folgenden Ausführungen beziehen sich nur auf diesen Spannungsbereich.

Da die ölarmen und öllosen Leistungsschalter und später auch die Giessharz-Strom- und -Spannungswandler in der Art ihrer Aufstellung und der Führung der Anschlussleitungen viele Freiheiten bieten, ergaben sich im Vergleich zu den vorhin angedeuteten Bauarten mit den früheren Ölkesselschaltern bei den neueren Innenraumanlagen ein geringerer Raumbedarf und eine übersichtlichere und klarere Gliederung.

Diese Vorteile haben sich im besonderen Masse bei Anlagen mit Doppelsammelschiene und Hilfsschiene ausgewirkt, auf die man trotz der erhöhten Betriebssicherheit der Schalt- und Messapparate bei allen wichtigen Unterwerken schon mit Rücksicht auf Unterhalts- und Reparaturarbeiten nicht

verzichten kann. Dagegen konnten nun die aufwendigen Prüfschienen und Prüfdröselspulen weggelassen werden, da die modernen Leistungsschalter mehrmalige Ein- und Ausschaltspiele auf Kurzschlüsse gestatten.

Nachdem die Brand- und Explosionsgefahr praktisch gebannt war, konnten in Anlagen mit mässigen Kurzschlussleistungen und kurzen Kurzschlussdauern, die sich durch die Fortschritte in der Relais- und Selektivschutztechnik ergeben hatten, selbst die Zellenwände zwischen benachbarten Feldern weggelassen und lediglich durch einschiebbare Isolierplatten für Unterhalts- und Reparaturarbeiten ersetzt werden. In neuerer Zeit scheint man den festen Trennwänden zwischen den Feldern wieder den Vorzug zu geben.

Dass man in Anlagen mit Doppelsammelschiene die beiden Systeme mit ihren Trennern soweit entfernt anordnet oder durch Trennwände gegeneinander abschottet, um das Übergreifen von Störungen zu verhindern oder gefahrlos am spannungsfreien System arbeiten zu können, muss nicht besonders betont werden.

In solchen Schaltanlagen, in denen in Folge des Zusammenschlusses sehr grosser Kraftwerkleistungen mit erheblichen Kurzschlusswirkungen zu rechnen ist, haben sich besondere Massnahmen zur Verhütung von Schäden, die durch Lichtbögen hoher Intensität befürchtet werden, als notwendig erwiesen. Da diese z. B. entstehen können, wenn Auspuffgase von Schaltern die Luft über ihrem Standort soweit ionisieren, dass Überschläge zwischen den Phasen erfolgen, oder wenn durch Bedienungsfehler Trenner unter Last gezogen werden oder wenn Sammelschienenkurzschlüsse auftreten, dienen als wirksamer Schutz gegen die gefährlichen Lichtbogenwanderungen der Reihe nach die Schottung zwischen Leistungsschalter und Sammelschienenentrenner, zwischen diesem und der Sammelschiene und letzten Endes noch die Querschottung der Sammelschiene in der Feldteilung.

Eine geringere Raumböhe kann erzielt werden, wenn man anstelle der bisher angenommenen blanken Schienen die vorhin erwähnten kunststoffisolierten Schienen für die Sammelschienen und Verbindungen verwendet, womit eine Lichtbogenwanderung praktisch unmöglich gemacht wird.

Schliesslich sollen auch die «trennerlosen» Schaltanlagen mit auf Wagen montierten Leistungsschaltern erwähnt werden, bei denen Verbindung und Trennung zwischen Sammelschiene und Abgang durch Ein- und Ausfahren des Wagens hergestellt werden. Gegenüber der Bauweise mit Sammelschienen- und Linientrennern benötigen sie eine geringere Raumböhe, aber eine grössere Raumbreite für die Revisionsstellung des aus der Zelle herausgezogenen Wagens.

Neuerdings werden solche Schaltwagen auch für Anlagen mit Doppelsammelschiene verwendet, indem man für jedes Feld zwei komplett ausgerüstete Schaltwagen vorsieht und deren Ein- und Ausfahren in die Betriebs- oder Trennstellung mit den entsprechenden Verriegelungen auch fernsteuern kann.

Soweit meine Ausführungen über die Bauformen mit offenen Einzelzellen, die grundsätzlich in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen stehen und von geschultem Personal bedient werden müssen!

Neben diesen sog. offenen Schaltanlagen sind in den letzten Jahren die gekapselten Schaltanlagen entwickelt worden, sie bestehen aus allseitig mit Blech oder Kunststoffplat-

ten verkleideten Zellen, die im Lieferwerk fertig montiert und verdrahtet werden.

Alle Apparate werden für ein Feld in einem fahrbaren Gestell möglichst eng — zum Teil mit Spezialkonstruktionen für die Schalter und Wandler — untergebracht. An der Vorderseite dieser Wagen sind alle Bedienungs- und Messinstrumente angeordnet.

Um die Zelle von der Sammelschiene und dem zu- oder abgehenden Kabel zu trennen, wird der Wagen herausgezogen, wobei automatisch die spannungsführenden Gegenkontakte an der Sammelschiene und am Kabelende durch mechanisch betätigte Blenden gegen Berührung gesichert werden; dabei ist eine Verriegelung in der Art vorgesehen, dass der Schaltwagen nur bei geöffnetem Leistungsschalter herausgezogen werden kann.

Um möglichst kleine Abmessungen zu erhalten, werden häufig Isolierplatten zwischen den Phasen angeordnet und die hochspannungsseitigen Verbindungen mit isolierten Profilen ausgeführt; auch werden die Sammelschienen von Feld zu Feld geschottet, wieder um die Wanderung von Lichtbögen zu verhindern.

In letzter Zeit sind auch schon giessharzisierte Schaltwagenanlagen, bei denen alle unter Spannung stehenden Teile fast vollkommen mit Isolierstoff umhüllt sind und die Vorderfront recht schmal wird, auf den Markt gekommen.

Besonders kleine Abmessungen werden auch erreicht, wenn man den Leistungsschalter durch einen Lastschalter mit Sicherung ersetzt und auf die Wandler verzichtet.

Damit die gekapselten Schaltanlagen in grossen Serien gefertigt und möglichst preisgünstig angeboten werden können, haben sich bestimmte Standardformen für einzelne Zellentypen herausgebildet, die je nach dem Verwendungszweck der ganzen Anlage mit Einfachsammelschiene oder mit Doppelsammelschiene zusammengestellt werden können.

Beim Vergleich der beiden Bauarten liegt der Hauptvorteil der offenen Schaltanlage darin, dass hier jeder Wunsch bezüglich der Ausführung erfüllt werden kann, dass es für Spannungen, Leistungen und Kurzschlussfestigkeit praktisch

keine Grenzen gibt, und dass alle Anforderungen in bezug auf die Zahl der Sammelschienen, der Trenn- und Kuppelungsmöglichkeiten, den Einbau von Kurzschlussdrosselspulen und Überspannungsableitern sowie in bezug auf die Art der Bedienung, Messung, Schutz und Steuerung viel leichter eingegangen werden kann als bei der gekapselten Bauart, die notwendigerweise als Seriefabrikat nur begrenzten Bedingungen genügen kann.

Wegen dieser Vorteile wird die offene Schaltanlage bei allen grösseren und wichtigen Schaltstationen und Unterwerken der Elektrizitätsversorgung und der Industrie angewendet und dort auch ihre Bedeutung behalten.

Wenn man nun aus der Statistik der Elektrizitätswerke der Schweiz vom Jahre 1963 ersieht, dass damals ca. 700 Transformatorstationen in Kraftwerken, ca. 600 in Unterwerken und fast 20 000 Stationen für die Niederspannungsversorgung bestanden, so lässt sich abschätzen, dass unter dieser letzten Gruppe sehr viele Schalt- und Verteilanlagen kleineren Umfangs mit einfachen Betriebsbedingungen in bezug auf Schaltung, Steuerung und Überwachung enthalten sind.

Man denke dabei an die zahlreichen Verteilstationen für die örtliche Niederspannungsversorgung, aber auch an die Transformatorstationen in den Schwerpunkten von industriellen Werkhallen, Kesselhäusern, von chemischen Fabriken usw., die fast durchwegs von angelerntem Personal bedient und gewartet werden.

In solchen Fällen werden kleine Abmessungen, häufig Schutz gegen Staub und Feuchtigkeit, unbedingte Sicherheit gegen zufällige und fahrlässige Berührung, vollständiger Schutz gegen falsche Bedienung, einfache und schnelle örtliche Montage ohne besondere bauliche Vorbereitungen und Lieferung in kurzer Frist gefordert.

Alle diese Bedingungen erfüllen die gekapselten Schaltanlagen in hervorragender Weise und finden daher auch in vermehrtem Masse Interesse und Anwendung.

**Adresse des Autors:**

Prof. H. Leuthold, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der ETH, Sonneggstrasse 3, 8006 Zürich.