

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 43 (1952)
Heft: 22

Artikel: Elektrische Energieverteilung in den USA
Autor: Minder, P.M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059195>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

wicklung dieses Verkehrs wird sich so gestalten, dass die im Ausgangsfernamt mittels besonderer Fernkennziffern (beispielsweise 014) angerufene Auslandferntelephonistin den gewünschten Teilnehmer im Ausland direkt wählen kann, ohne dass sich im Eingangsbereich eine Telephonistin damit beschäftigen muss. Die Verwirklichung dieses Planes wird seit einigen Jahren im Schosse der Europäischen Fernsprechvereinigung, des Comité Consultatif International Téléphonique (CCIF) studiert und beraten, denn es müssen auch hier gewisse Grundforderungen für das Zusammenarbeiten der in den

verschiedenen Ländern verwendeten Systeme und deren Signalisierungsmethoden aufgestellt werden, wozu Versuche mit Modellausrüstungen durchgeführt werden müssen. Bei der Bildung dieses europäischen Fernsprechnetzes mit halbautomatischem Verkehr dürfte der Schweiz als Drehscheibe für den Transitverkehr und mit bereits vorhandenem automatischem Fernsprechnetz eine wesentliche Aufgabe zukommen.

Adresse des Autors:

G. Klingelßuss, Direktor der Standard Telephon & Radio A.-G., Bubenbergplatz 10, Bern.

Elektrische Energieverteilung in den USA

Von P. M. Minder, Milwaukee (USA)

621.311.1 (73)

Es wird ein genereller Überblick über die nordamerikanische Energieverteilung vermittelt und auf die Unterschiede gegenüber der europäischen Praxis hingewiesen. Die gewählten Abbildungen sind typisch für die amerikanische Verteiltechnik.

Aperçu général de la distribution d'énergie électrique en Amérique du Nord et des différences qu'elle présente par rapport à la pratique européenne. Les illustrations représentent d'une façon typique les systèmes de distribution américains.

1. Allgemeines

Die amerikanischen Verteilanlagen weichen stark von denjenigen in der Schweiz und dem übrigen Europa ab. Die drei Hauptunterschiede in Amerika gegenüber Europa sind die folgenden:

a) Infolge der niedrigen Verbraucherspannung von nur 120/240 V und der relativ grossen Last muss die Hochspannung nahe an den Verbraucher geführt werden. Ein Unterwerk speist einige hundert Verteiltransformatoren von 5 bis 100 kVA, welche in unmittelbarer Nähe der Verbraucher (Wohnhäuser, gewerbliche Betriebe usw.) aufgestellt sind und relativ kurze Sekundärleitungen von 120/240 V ermöglichen.

b) Alle Apparate sind im Freien, d. h. ohne Verwendung jeglichen Mauerwerkes aufgestellt. Dies gilt vom kleinen, unbedienten Unterwerk bis zu den Zählern, welche an der Außenseite der Häuser installiert sind. Mit deren Ausnahme

liegt werden. Diese Praxis der einfachen Freileitungsmontage auf Holzmasten von fast sämtlichen Apparaten für die Energieverteilung ist sicher die billigste. Trotzdem ist die Kontinuität der Energielieferung hervorragend, d. h. die Störanfälligkeit ist gering.

Die Energieverteilung stützt sich ganz auf Freileitungen. Kabelleitungen fehlen fast völlig mit Ausnahme für die Energiebelieferung der unmittelbaren «down town areas» von Großstädten. Fig. 1 zeigt eine der Hauptstrassen im Kern einer Kleinstadt mit 12 000 Einwohnern. Einzelne Leitungen in diesem Bild führen Spannungen bis zu 13 kV.

c) Es werden ausschliesslich direkt wirkende (primäre) Schutzapparate von der Unterwerk-Sammelschiene bis zum Verbraucher verwendet. Praktisch jede abgehende Leitung (feeder) von der Unterwerk-Sammelschiene (substation bus) ist direktwirkend geschützt, d. h. ohne Verwendung von Strom- oder Spannungswandlern. Das gleiche gilt für sämtliche an den Verteilleitungen (distribution line) angeschlossenen und schon vorher aufgezählten Apparaten. Diese sind durchwegs mit sog. cut-outs geschützt, einer Art sichtbar öffnender Hochspannungs-Sicherung.

Je nach Grösse des Unterwerkes beträgt die ankommende Spannung 220, 110, 66 oder 33 kV. Die beiden letzten Werte werden in Amerika als «Unterübertragungsspannungen» (sub transmission voltage) bezeichnet, wobei die 33-kV-Spannung mehr und mehr als Verteilspannung (distribution voltage) erachtet wird. Die gebräuchlichen Verteilspannungen sind die folgenden:

14,4/24,9 kV	Y
13,2/23 kV	Y und Δ
7,62/13,2 kV	Y
7,2/12,5 kV	Y
4,8 kV	Δ
2,4/4,16 kV	Y
2,4 kV	Δ

Die Gründe für die z. T. unbedeutenden Unterschiede zwischen zwei benachbarten Spannungen sind Entwicklungsgeschichtlicher Natur und sollen hier nicht erläutert werden.

Die Verbraucherspannungen an der Sekundärseite der Verteiltransformatoren sind 120 V bzw. 240 V einphasig und 208 V bzw. 240 V dreiphasig.

Im folgenden sollen nun die einzelnen Komponenten eines ganzen Verteilsystems besprochen werden, vom Unterwerk bis zum Verbraucher.



Fig. 1

Typisches «Leitungsgewirr» in einer amerikanischen Kleinstadt. Hochspannungsleitungen bis zu 13 kV werden auch im Stadtzentrum den Strassen entlang geführt zur Speisung der Verteiltransformatoren

sind alle Apparate, wie Verteiltransformatoren, Regulatoren, Kondensatoren usw. mitsamt ihren Schutzapparaten praktisch immer auf Holzmasten direkt unterhalb der Freileitung montiert. Das bedingt, dass sämtliche Apparate für alle Wetterverhältnisse konstruiert sein müssen. Die amerikanische Industrie hat diese Aufgabe glänzend gelöst. Die Apparate können, sowohl im feucht-heissen Südosten, als auch im Norden mit den extrem kalten Wintern ohne Bedenken instal-

2. Unterwerke

Während noch vor 20 Jahren hauptsächlich grosse Unterwerke ausserhalb der Städte aufgestellt wurden, besteht die heutige Tendenz darin, eher kleine Unterstationen direkt im Belastungszentrum eines bestimmten, relativ kleinen Gebietes aufzustellen. Diese als fabrikfertige Einheiten gebauten Unterwerke sind entweder direkt von einem in der Nähe liegenden Kraftwerk oder von einer Überland-Transformerstation mehrseitig gespiesen, meistens mit einer Spannung von 33 oder 66 kV. Da nur diese Unterwerke direkt etwas mit der Verteilung zu tun haben, seien im folgenden nur diese, d. h. hauptsächlich die gekapselten Einheitsunterwerke (unit substation) mit der abgehenden Verteilspannung näher behandelt.

Die Aufstellung von gekapselten Einheits-Unterwerken im Belastungszentrum (load center) hat technische und ökonomische Vorteile: kurze Leitungen zu den Verbrauchern, kleine Spannungsabfälle, günstiger Preis und niedrige Montagekosten. Die unit substations werden in Grössen von etwa 500 bis 5000 kVA dreiphasig gebaut; die Sekundärspannung beträgt meistens 2,4/4,16 kV oder 7,2/12,5 kV. Die Einheiten werden in der Fabrik zusammengestellt und gelangen entweder fertig oder teilweise demontiert zum Aufstellungsort. Dort sind nur die Tragmäste für die ankommenden und abgehenden Leitungen zu erstellen. Bei grösseren Einheiten, welche einen Ölschalter auf der Oberspannungsseite haben, muss dieser meistens noch zusätzlich montiert werden. Es gibt aber bereits Konstruktionen, wo sämtliche Apparate, inklusive dem 33-kV-Ölschalter innerhalb der Kapselung eingebaut sind.

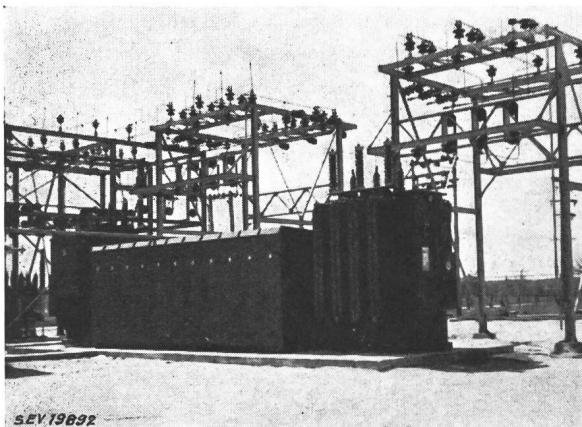


Fig. 2
Einheits-Unterwerk mit zwei 3025-kVA-Transformatoren,
33/2,4 kV

Im Hintergrund links sind die ölschalter sichtbar

Die Unterstationseinheit selbst besteht zur Haupt- sache aus dem Transformator, welcher heute meistens als Dreiphasentyp ausgeführt ist. Bis vor wenigen Jahren wurden in Amerika fast ausschliesslich Einphasentransformatoren in verschiedenen Grössen hergestellt. Falls es sich um grosse Einheiten handelte, wurde immer eine vierte Einheit für den Störungsfall direkt neben den drei angeschlossenen Einphasentypen aufgestellt. Von den häufig verwendeten kleineren, leicht transportierbaren Einheiten

hatte jede Elektrizitätsgesellschaft mehrere Stück auf Lager, bereit zur Auswechslung. Im am «unit substation Transformer» angebauten und unter der gleichen Verschalung befindlichen Apparateschrank ist alles untergebracht, was für den Betrieb und den Schutz der gesamten Unterstation nötig ist. Es ist auffallend, dass bei kleinen Einheiten die Wandler fehlen. Der Transformator ist beidseitig

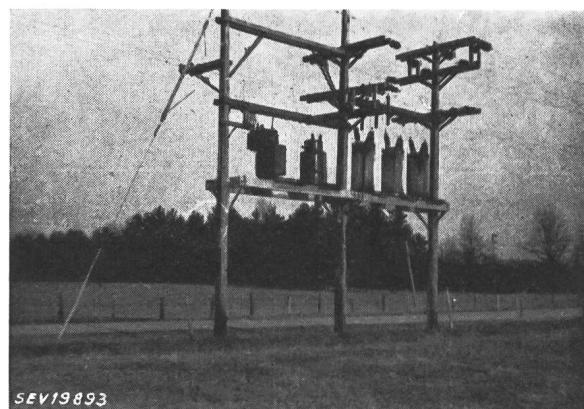


Fig. 3
Einfache Transformatorenstation bestehend aus
drei 100-kVA-Transformatoren, 33/2,4 kV
Daneben ein 50-kVA-Transformator, 2,4 kV, 120/240 V.
Links aussen ist ein Spannungsregulator sichtbar

mit Sicherungen oder direkt wirkenden Schaltern gegen Kurzschluss und grosse Überströme geschützt. Alle grösseren oder speziell wichtigen Einheits-Unterwerke sind zumindest oberspannungsseitig über einen Ölschalter angeschlossen. Dieser wird bei Überströmen (Thermorelais) und Kurzschlüssen über Stromwandler und Relais ausgelöst. Die hierzu nötigen Akkumulatorenbatterien befinden sich entweder ebenfalls im Apparateschrank oder seltener in einem nahen Häuschen. Je nach Grösse, Bestimmungszweck und Hersteller sind weitere Hilfsapparate eingebaut, wie Spannungsregler, Relais, Zähler usw.

Fig. 2 zeigt ein Einheitsunterwerk mit zwei 3025-kVA-, 33/2,4-kV-Transformatoren. Fig 3 gibt einen Eindruck von einer ganz einfachen Transformatorenstation in einer ländlichen Gegend. Hier reduzieren drei 100-kVA-Einphasentransformatoren die Spannung von 33 kV auf 2,4 kV; ein 50-kVA-Transformator versorgt zusätzlich einige nahe Farmen mit Energie von 120/240 V.

3. Leitungen

Wie bereits erwähnt, wird die Energie in Amerika praktisch nur mittels Freileitungen weitergeleitet. Diese sind immer auf Holzmäste montiert. Oft findet man zwei bis drei Leitungsstränge verschiedener Spannungen auf den gleichen Mast montiert. In ländlichen Gegenden werden die Hochspannungsmäste auch für Telephonleitungen benutzt. Fig. 4 zeigt zwei Mäste, worauf zuoberst zwei dreiphasige Leitungen von 13,2 kV, darunter zwei Dreiphasen-Vierleiterstränge von 2,4/4,16 kV und noch tiefer die in die Häuser abgehenden 120/240-kV-Leitungen befestigt sind.

Über Isolatoranordnung, Leiterabstände, Leiterhöhe über Boden und dgl. bestehen keine einheitlichen Vorschriften. Da die Voraussetzungen und Bedingungen sehr verschiedenartig sind, wechseln sie von Gesellschaft zu Gesellschaft und von Landesteil zu Landesteil.

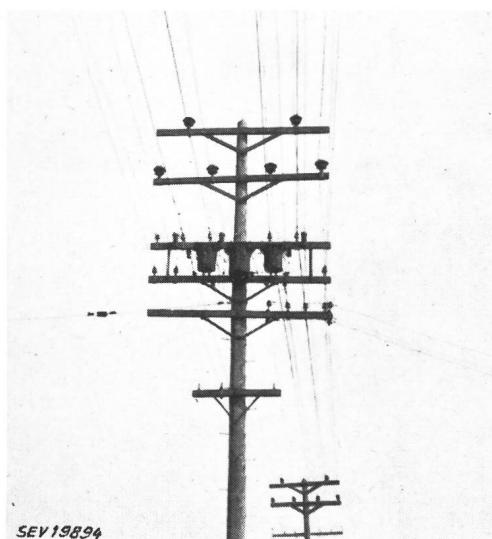


Fig. 4

Typisches Beispiel eines Leitungsmastes mit Leitungen von verschiedener Spannung

Wenn irgendwie möglich, sind alle Verteilleitungen entlang den Strassen und Wegen geführt, damit bei Störungen mit dem Montagewagen direkt an den Störungsherd gefahren werden kann.

4. Schutz- und Schaltpraxis und die dazu verwendeten Apparate

Die eingehende Behandlung des Schutzproblems und die detaillierte Beschreibung der dazu verwendeten Apparate würde den Rahmen dieser Abhandlung weit überschreiten. Hier kann es sich nur darum handeln, die Grundsätze und die Prinzipien klarzulegen. Wie bereits erwähnt, sind fast alle Schutzeinrichtungen in Verteilanlagen direktwirkend, d. h. ein unzulässiger Überstrom verursacht die Abschaltung der Leitung unmittelbar, ohne Hilfe von Wandlern. Die Schutzapparate sind daher teilweise zugleich auch Schaltapparate.

Der Leitungsschutz wird praktisch immer durch «Reclosers» in Zusammenarbeit mit «Sectionalizers» oder durch «cut-outs» übernommen. Die Ausführungsform dieser drei Apparate ist als solche in der Schweiz nicht üblich. Es ist schwer, passende deutsche Ausdrücke für sie zu finden; daher werden in diesem Artikel die amerikanischen Bezeichnungen verwendet.

a) Recloser

Der Recloser ist am Beginn der Freileitung (an der Unterwerksammelschiene) und am Anfang von wichtigen Abzweigungen montiert. Er besteht zur Hauptsache aus einer Magnetspule, welche vom Leistungsstrom ständig durchflossen wird und aus einem automatischen Wiedereinschaltmechanismus, welcher bei den meisten Ausführungsformen hydrau-

atisch betätigt wird, sowie aus den mit der Magnetspule in Serie geschalteten Hauptkontakte. Die ganze Apparatur ist in einem ölfüllten Stahlgehäuse eingebaut. Fig. 5 zeigt drei Reclosers in einer 12,5-kV-Leitung.

Die Magnetspule bestimmt den Nenn- und den Auslösestrom. Nennstromwerte pro Phase sind 5, 10, 25, 50 und 100 A. Der höchst zulässige Kurzschlussstrom ist je nach Typ 150 bis 4000 A. Der Minimalauslösestrom beträgt das Doppelte des Nennstromes. Die Auslösecharakteristik kann eingestellt werden und beträgt bei doppeltem Nennstrom minimal 1 s, maximal 10 s und bei z. B. 20fachem Nennstrom minimal 0,03 s, maximal 0,15 s. Das Charakteristische beim Recloser ist, dass er eine automatische Wiedereinschalteinrichtung besitzt. Nach dem ersten Öffnen der Kontakte infolge eines Überstromes oder Kurzschlusses bleiben diese offen für die Dauer von etwa 1 s, dann schliessen sie automatisch wieder und bleiben geschlossen, falls die Ursache des Fehlstromes in der Zwischenzeit verschwunden ist. Ist dies nicht der Fall, so öffnen und schliessen sich die Kontakte automatisch noch 1- bis 2mal. Ist der Fehler auf der Leitung dauernd, so bleibt der Schalter schlussendlich offen. Erst nach Behebung des Fehlers und wenn die Leitung wieder betriebsbereit ist, betätigt ein Leitungsmonteur einen äusseren Hebel, und der Recloser ist wieder in Betrieb. Durch richtige Einstellung der Auslösecharakteristik und richtige Wahl des Nennstromes der Auslösespulen lässt sich bei Verwendung mehrerer Reclosers der Leitungsschutz selektiv gestalten.

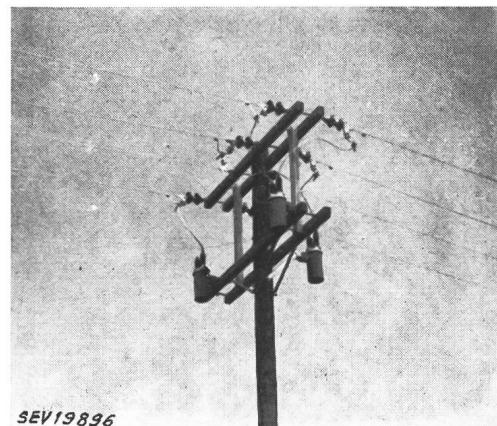


Fig. 5
3 Reclosers in einer 12,5-kV-Leitung

b) Sectionalizer

Der Sectionalizer ist ebenso wie der Recloser, ein in Serie zur Leitung geschalteter Schalter. Er besitzt auch eine Magnetspule und einen zeitverzögerten Ausschaltmechanismus, und ist auch in einem ölfüllten Stahlkessel untergebracht. Im Gegensatz zum Recloser kann aber der Sectionalizer keinen Strom abschalten. Er kann nur in Verbindung mit einem Recloser verwendet werden und muss auf den nächsten, auf der speisenden Seite montierten Recloser so abgestimmt sein, dass bei einem Fehler hinter dem Sectionalizer dieser während der zweiten oder dritten Unterbrechungsperiode des Reclosers seine

Kontakte öffnet und dann offen bleibt, bis der Fehler gefunden und behoben ist. Dann wird er, ähnlich dem Recloser, durch eine Hebelbetätigung des Leitungsmonteurs wieder eingeschaltet. Der Sectionalizer ist dort am Platz, wo möglichst billig eine Zweigleitung selektiv geschützt werden soll. Er ist ein billiges und bewährtes Mittel zur Fehlerlokalisierung, indem er nur fehlerbehaftete Leitungsteile dauernd abschaltet.

c) Cut-outs

Ein «cut-out» ist eine Hochleistungs-Hochspannungssicherung, welche beim Ansprechen die Kontaktstelle sichtbar öffnet; er übernimmt daher auch teilweise die Funktion eines Trenners. Das Grundprinzip besteht darin, dass ein (meistens in einem Fiberrohr befindliches) Sicherungselement beim Ansprechen einen Hebel freigibt, welcher die Kontakte sichtbar und auf die der Isolationsspannung entsprechende Distanz öffnet. Der Lichtbogen wird dabei durch das Sicherungselement selbst gelöscht. Hat ein Cut-out angesprochen, so sieht man das vom Boden aus, und der Leitungsmonteur nimmt mittels der Isolierstange das die Sicherung haltende Konstruktionselement herunter, ersetzt die Sicherung, setzt das Tragelement wieder ein und schliesst den Kontakt. Diese einfache und billige Konstruktion hat sich ausgezeichnet bewährt. Alle Apparate, wie Verteiltransformatoren, Kondensatorbatterien, gewisse Leitungen usw. werden ausschliesslich über Cut-outs gespeist und sind damit gegen Kurzschlüsse und hohe Überströme geschützt. Es sind Ausführungsarten auf dem Markt für alle Nennströme bis 200 A für die Spannungsreihen 5, 7,5 und 15 kV; Spezialkonstruktionen gehen bis zu 45 kV. Die Abschaltleistungen betragen je nach Typ und Klasse bis zu 20 000 kVA. Die Sicherungselemente können so gewählt werden, dass ein selektiver Schutz erreicht wird.

d) Lastschalter

Der Lastschalter hat in Amerika die gleichen Funktionen wie in Europa, nämlich die Zu- und Abschaltung der Normallast. Er selbst kann keine Kurzschlüsse abschalten, muss aber jeden möglichen Kurzschlussstrom aushalten können. Er wird meistens in Verbindung mit einer Hochleistungssicherung verwendet.

e) Überspannungsableiter

In der Anwendungspraxis der Überspannungsableiter besteht kaum ein Unterschied diesseits und jenseits des Atlantik. Es wäre also zwecklos, mehr darüber zu berichten. Einzig soll die Tatsache erwähnt werden, dass in Amerika verhältnismässig mehr Ableiter verwendet werden, erstens weil prozentual mehr Freileitungen als Kabel Anwendung finden, zweitens weil prozentual mehr Hochspannungs-Einzelapparate (Verteiltransformatoren, Reclosers, Kondensatoren usw.) im Freien montiert sind als in Europa.

5. Verteiltransformatoren

Es sei wiederholt, dass praktisch alle Verteiltransformatoren (distribution transformer) auf

Holzmasten im ungefähren geographischen Zentrum ihrer Versorgungsgebiete aufgestellt sind. Die Länge der Sekundärleitung (secondary feeder) eines Transformators bis zum entferntesten Verbraucher beträgt selten mehr als 150 m, meistens nur etwa 50 m. In den Wohn- und Geschäftsquartieren der Städte und der Dörfer erfolgt die hochspannungsseitige Zuleitung der Energie meistens auf der Rückseite von zwei Häuserreihen, von wo dann bei jedem Transformator die Niederspannungsleitungen sternartig in die umliegenden Häuser abzweigen. Fig. 6 zeigt ein solches Beispiel. Für die Speisung von Wohngebieten werden nur einzelne Einphasentransformatoren, zur Speisung von Gewerbe und Industrie immer drei Einphasentransformatoren verwendet.

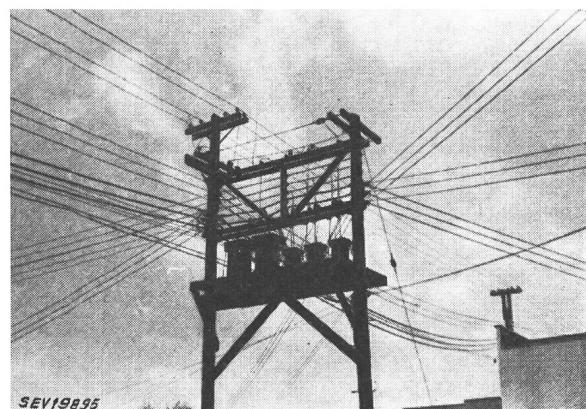


Fig. 6

5 Transformatoren mit zugehörigen Hoch- und Niederspannungsleitungen an der Hinterfront der Häuser, entlang der Hauptstrasse eines Landstädtchens

Die grundsätzlichen Schaltungen sind die folgenden: Sämtliche Transformatoren haben sekundär zwei 120-V-Wicklungen, welche entweder in Serie oder parallel geschaltet werden können. Bei Serienschaltung beträgt die volle Spannung 240 V; der Mittelpunkt mit einer Spannung von 120 V gegenüber den beiden Endpunkten wird bei Einphasenbetrieb immer geerdet. Prinzipiell und über das ganze Land einheitlich beträgt die Spannung für Beleuchtungszwecke 120 V und die Spannung für Heiz- und Kochzwecke 240 V oder 208 V. Bei Einphasenenergieverteilung von 120 bzw. 240 V werden drei Sekundärdrähte zu den Verbrauchern geführt, wovon der mittlere immer geerdet ist. Die Drehstromverteilung geschieht folgendermassen:

Die weit verbreitetste Art ist, dass drei um 120° phasenverschobene 240-V-Sekundärwicklungen (2×120 V in Serie) von drei Einphasentransformatoren im Dreieck verbunden werden. Die drei Eckpunkte werden zu den Verbrauchern geführt, ebenso der Mittelpunkt einer oder aller drei Seiten. Damit erhält jeder Verbraucher 240 V Drei-phasenstrom und 120 V für die Beleuchtung. Man findet oft, dass einer der Dreieckpunkte geerdet wird.

Bei einer zweiten, weniger üblichen Art der Drei-phasenverteilung werden die zwei 120-V-Wicklungen eines jeden der drei Einphasentransformatoren parallel geschaltet und die drei um je 120° ver-

schobenen Spannungen in Stern geschaltet. Damit entsteht eine Phasenspannung von 208 V. Der Sternpunkt ist immer mitgeführt und geerdet.

Alle Ein- und Dreiphasenmotoren sowie alle Wärmeapparate sind für 230 V gebaut und können sowohl mit 240 V als auch mit 208 V betrieben werden.

Je nach den örtlichen Belastungsverhältnissen werden entweder drei gleich grosse Einphasentransformatoren oder zwei kleinere und ein grösserer Einphasentransformator verwendet. Ungleiche Transformatoren dann, wenn neben der gleichmässig verteilten Dreiphasenlast eine erhebliche Beleuchtungslast vorhanden ist. Eine weitere, oft angewandte Methode ist die Aufstellung eines besonderen Transformators für Beleuchtungszwecke zusätzlich zu drei gleich grossen Einphasentransformatoren, welche in diesem Fall nur die Dreiphasenlast zu tragen haben.

Die Leistung der allgemein verwendeten Einphasentransformatoren beträgt 5, 10, 15, 25, 50 oder 100 kVA. Drei Viertel aller in den USA verwendeten Einheiten sind mit Anzapfschalter (tap changer) ausgerüstet. Dieser kann nur im spannungslosen Zustand, bei geöffnetem Stahlkessel betätigt werden. Die Spannungsstufen betragen in den meisten Fällen 2,5 %. Der Standard-Verteiltransformator besitzt keine eigenen Schutzeinrichtungen; er wird immer durch einen Cut-out (Kurzschlußschutz) und einen Überspannungsableiter geschützt. Es gibt jedoch eine sehr verbreitete Ausführungsart von Verteiltransformatoren, die mit allen nötigen und eingebauten Schutzapparaten versehen sind. Diese sog. CSP-Transformer (completely self protected) weisen eine Sicherung zwischen Hochspannungsklemme und Wicklung auf, welche auf interne Durchschläge und Kurzschlüsse reagiert. Auf der Sekundärseite ist innerhalb des Transformatorkessels ein Schalter eingebaut, welcher sowohl bei sekundären Kurzschlägen als auch bei thermischen Überlastungen öffnet. Der für den Überspannungsschutz nötige Ableiter ist aussen am Kessel montiert.

6. Beim Verbraucher

Die meist kurzen Sekundärleitungen werden immer isoliert an die an der Hauswand befestigten Isolatoren geführt und dann verkabelt entlang der Hauswand hinunter zum Zähler fortgesetzt. Die Zähler sind in Amerika immer an der Aussenwand der Häuser in Augenhöhe montiert. Dies hat den praktischen Vorteil, dass der Zählerleser jederzeit seine Ablesungen machen kann. Natürlich müssen bei diesem System die Zähler absolut witterfest sein. Sie müssen auch bei direkter Sonnenbestrahlung im heissen Süden sowie bei -40°C ge-

nau und zuverlässig arbeiten. Vom Zähler geht das Kabel ins Haus, meistens zu einem Verteiltableau im Keller mit Sicherungen, Hilfsschalter, usw. Standard-Sicherungswerte am Hauseintritt sind 15 A für 120 V und 60 A für 240 V. Prinzipiell die gleiche Anordnung findet man bei gewerblichen und industriellen Betrieben, nur sind dort die Leistungen entsprechend grösser.

7. Kondensatorbatterien

Die z. T. recht langen Primärleitungen in ländlichen Gegenden, sowie die stark induktive Belastung in Industriezentren rufen nach lokaler Kompensation der induktiven Blindleistung und nach Spannungshaltung mittels Kondensatorbatterien. Diese sind in Amerika sehr populär. Sie bestehen in den meisten Fällen aus 1 bis 5 Einheiten von 15 oder 25 kVar pro Phase, d. h. die ganze Batterie hat eine Blindleistung von 45 bis 300 kVar. Sie sind wie alle andern Apparate auf den Holzmasten montiert und mittels Cut-out und Überspan-

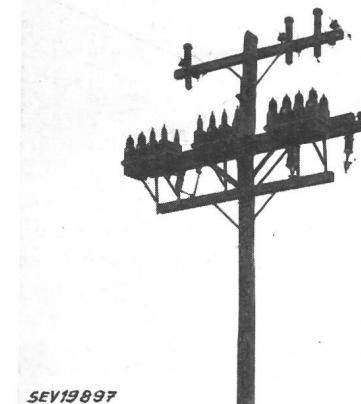


Fig. 7
180-kVar-Kondensatorenbatterie

nungsableiter geschützt. Fig. 7 zeigt eine 180-kVar-Kondensatorbatterie. Überall im Lande, in den Städten und im offenen Feld, sieht man diese Kondensatorenbatterien, und ihre Verbreitung nimmt immer mehr zu. So gibt es Elektrizitätsgesellschaften, die 25 % ihrer gesamten installierten Leistung durch statische Kondensatoren kompensiert haben und für den Endausbau ihrer Anlagen 50%ige Kompensation vorsehen.

Adresse des Autors:

Peter M. Minder, 1653 N. Prospect ave., Milwaukee (Wisconsin), USA.