

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 22 (1931)
Heft: 2

Artikel: Die zukünftige Gestaltung der Energieverteilung in New York
Autor: Aemmer, F.W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060491>

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: 17.02.2026

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

feuer- und explosionsgefährlich ist, und es holt Hilfe, wenn seine Nase die Anwesenheit unverbrannten Leuchtgases wittert.

Die tägliche Unfallziffer wäre bei der Gefährlichkeit des Gases ohne Zweifel um ein Vielfaches grösser ohne diese Aufklärung.

Oder betrachten wir das Verkehrswesen: Welche Sicherheitsaufwendungen werden selbst am kleinsten Kraftwagen vorgeschrieben und welche Gelder werden der Sicherheit des Strassenverkehrs geopfert! Würde jedoch der Presse die Meldung der täglichen Verkehrsunfälle untersagt werden, so würde es zweifellos mehr Verkehrsunfälle geben. Niemand wird aber behaupten wollen, dass durch diese Meldungen der Verkehr abgeschwächt wird; ebenso wenig wird er zurückgehalten durch die Belehrung über die Verkehrsgefahren, die der künftige Autolenker vor Aushändigung seines Führerscheines erhält.

Wenn die Frauen wüssten, welchen Gefahren sie bei Benützung einer Heissluftdusche in der Badewanne ausgesetzt sind, so würden sie diese Apparate nicht mehr in Bäderräumen anschliessen; sie würden andererseits bestimmt nicht auf den wundervollen elektrischen Haartrockner verzichten, sondern sie würden diese Apparate nur in ungefährlichen Räumen verwenden. Sicherlich hätten gar manche

der vorgekommenen elektrischen Unfälle bequem durch bessere Aufklärungsarbeit vermieden werden können. Die unverständige Behauptung von der absoluten Gefährlosigkeit der Elektrizität zwingt aber zur hundertprozentigen Erfüllung dieses Versprechens und drängt damit zu endlosen Schutzmassnahmen.

Natürlich gibt es viele Fälle, wo die aus der Aufklärung resultierende Vorsicht allein nicht genügt und wo der Benutzer sich plötzlich unerwarteten Gefahren gegenüber sieht. Und hier muss die Belehrung erreichen, dass der Verbraucher selbst geeignete Schutzmassnahmen verlangt, von denen ja der Elektrotechnik, wie wir gesehen haben, glücklicherweise genügend zu Gebote stehen.

Die Elektrizität hat sich im Verlaufe zweier Generationen, dank ihrer immer weiter entwickelten Vorsichtsmassnahmen, millionen- und milliardenfach so glänzend bewährt, dass uns vor einer wahrheitsgemässen Aufklärung des Publikums längst nicht mehr bange sein sollte.

Würde mit unseren Ausführungen ein Schritt im Sinne dieser Aufklärungen vorwärts gemacht worden sein, so gereicht diese interessante Diskussion ohne Zweifel der weiteren Entwicklung unserer Elektrotechnik und der Elektrowirtschaft zu bleibendem Segen.

Die zukünftige Gestaltung der Energieverteilung in New York.

Von F. W. Aemmer,

Electrical Engineering Department, New York Edison Company.

621311(73)

Abgesehen vom bestehenden Gleichstromnetz, das nicht mehr wesentlich erweitert, aber vorläufig auch nicht ersetzt werden soll, erfolgt die Energieversorgung New Yorks mittels Einphasen- resp. Dreiphasenstrom von 60 Per/s und 120/208 V. Das hierfür vorhandene «radiale» Verteilungsnetz ist nun teilweise (Anfang 1930: ca. 140 000 kVA) durch ein sogenanntes «Vielfachgespeistes Wechselstrom-Niederspannungsnetz» ersetzt worden; dieses Netz soll nach und nach allgemein eingeführt werden.

Beidseitig jeder Strasse werden in je einem Eisenrohr 3 Einleiterkabel und ein blanker Nulleiter verlegt. An jeder Strassenkreuzung treffen somit 8 Stränge zusammen, die alle ohne Einbau irgendwelcher Sicherungen verspleisst sind, so dass sich das Netz als ein engmaschiger Kupferrost darstellt. Jeder Abonnent wird von den beiden nächstliegenden Strassenkreuzungen her gespeist. Das Löschen von Kurzschlüssen erfolgt ausschliesslich durch Ausbrennen der Fehlerstelle. Eine Unterbrechung der Energielieferung tritt deshalb als Folge von Kurzschlüssen normalerweise nicht ein; nur wenn ein ganzer Verteilstrang zwischen zwei Strassenkreuzungen ausbrennt, was äusserst selten vorkommen soll, können einige Abonnenten in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Auswechslung eines ausgebrannten Kabels soll in wenigen Stunden möglich sein.

Der Autor gibt eine detaillierte Beschreibung dieses interessanten Netzes, dessen Speisung und Schutzeinrichtungen.

Abstraction faite du réseau à courant continu existant, qui ne va plus être notablement agrandi mais dont on n'entrevoit pas encore la suppression non plus, la ville de New-York est alimentée par courant mono- et triphasé de 60 pér/s et 120/208 V. Le réseau de distribution «radial» destiné à cet usage a été remplacé en partie (début 1930: 140 000 kVA env.) par un réseau alternatif à basse tension alimenté en plusieurs points, qui sera peu à peu étendu à toute la ville.

Des deux côtés de chaque rue, 3 câbles à un conducteur ainsi qu'un fil neutre non-isolé sont placés dans un tube en fer. A chaque croisement de rues, 8 conducteurs se rencontrent donc, qui sont épissés deux à deux sans l'intermédiaire de coupe-circuit, de sorte que le réseau consiste en un grillage en cuivre à mailles serrées. Chaque abonné reçoit le courant des deux croisements de rues voisins. Avant qu'un court-circuit s'éteigne, il faut que la place défectueuse brûle complètement; c'est pourquoi les courts-circuits ne provoquent pas, normalement, une interruption de la fourniture d'énergie, sauf si toute la ligne comprise entre deux croisements est détruite, cas très rare et qui n'affecte que quelques abonnés. Le remplacement de câbles brûlés est réalisable en quelques heures.

L'auteur décrit en détail ce réseau intéressant, son alimentation et ses dispositifs de sécurité.

Wie die meisten Städte, die mit dem Bau von elektrischen Verteilsystemen schon vor dem Aufschwung der Wechselstromtechnik begonnen haben, besitzt auch New York ein ausgedehntes Gleichstromnetz, das gewisse Stadtteile mit elektrischer Energie versorgt. Diese Stadtteile umfassen heute die am dichtesten bebauten Geschäftsquartiere, für die in bezug auf die Zuverlässigkeit der Versorgung mit elektrischer Energie die höchsten erreichbaren Anforderungen gestellt werden müssen. Das bekannte Gleichstrom-Dreileitersystem, gespeist von Unterstationen mit Akkumulatorenbatterien als Hilfsstromquellen bei Störungen, hat sich in jahr-

zehntelangem Betrieb ausgezeichnet bewährt, da es diesen Anforderungen in vollem Masse genügen konnte.

Mit der Erkenntnis der Vorteile des Wechselstromes, insbesondere des kleineren Kapitalbedarfes und der grösseren Wirtschaftlichkeit der Verteilanlagen, wurde für die Versorgung der sich neu entwickelnden Gebiete zur Speisung mit Wechselstrom übergegangen. Dabei wurde das sogenannte radiale Verteilsystem eingeführt, wobei gemäss Fig. 1 jede von einer Unterstation ausgehende Speiseleitung ein elektrisch vollständig abgetrenntes Versorgungsgebiet mit Energie beliefert. Bei

Störung in einer solchen Speiseleitung wird die Energiezufuhr zum Versorgungsgebiet der gestörten Leitung so lange unterbrochen, bis die Speisung der ausser Betrieb gesetzten Verteiltransformatoren von einer benachbarten Speiseleitung über Trenner wieder aufgenommen werden kann, die an zweckmässigen Stellen eingebaut sind. Diese Verteil-

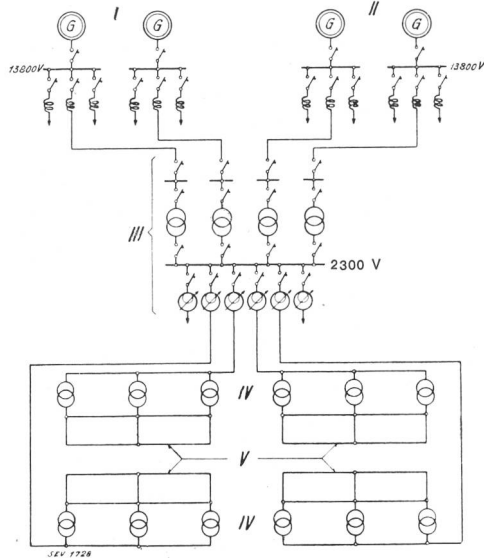


Fig. 1.
Radiales Verteilsystem.

I Kraftwerk A. IV Verteiltransformatoren.
II Kraftwerk B. V 120/208 V-Verteiler.
III Unterwerk.

methode vermag somit nicht die für Geschäftsquartiere verlangte und von dem mit Akkumulatoren-batterien ausgerüsteten Gleichstrom-Dreileitersystem erreichte Betriebssicherheit zu garantieren, und mit dem Anwachsen der Belastung in den mit Wechselstrom versorgten Gebieten machte sich das Bedürfnis nach einer Verteilmethode geltend, welche die ökonomischen Vorteile des Wechselstromsystems mit der Betriebssicherheit des Gleichstrom-Dreileitersystems vereinigt.

Als Resultat der diesbezüglichen Untersuchungen wurde das «Vielfach gespeiste Wechselstrom-Niederspannungsnetz» entwickelt, dessen grundsätzliche Anordnung in Fig. 2 dargestellt ist. Diese neueste Verteilmethode darf heutzutage als ausserhalb des Versuchsstadiums betrachtet werden; denn zu Beginn des Jahres 1930 waren in New York allein solche Wechselstrom-Niederspannungsnetze mit einer totalen Leistung von ca. 140 000 kVA in Betrieb, und auch in verschiedenen andern amerikanischen Städten sind solche vielfach gespeiste Wechselstrom-Niederspannungsnetze eingeführt. Die damit gesammelten günstigen Erfahrungen haben zu dem Entschlusse geführt, das gegenwärtig in New York bestehende radiale Verteilsystem nach und nach in ein vielfach gespeistes Wechselstrom-Niederspannungsnetz umzubauen. Ein Ersatz des Gleichstromnetzes kommt vorläufig nicht in Frage, sondern die beiden Systeme werden in gewissen Stadtteilen nebeneinander bestehen; doch wird ein

weiterer Ausbau des Gleichstromnetzes dadurch vermieden, dass die Lieferung der neu hinzukommenden Belastung nach Möglichkeit vom Wechselstromnetz übernommen wird.

Im nachfolgenden soll versucht werden, eine Beschreibung des zur Versorgung des «Metropolitan District» in New York verwendeten Wechselstromnetzes zu geben, wie es nach vollständigem Umbau des radialen Systemes aufgebaut sein wird. Dabei sollen als Beispiel speziell die Verhältnisse

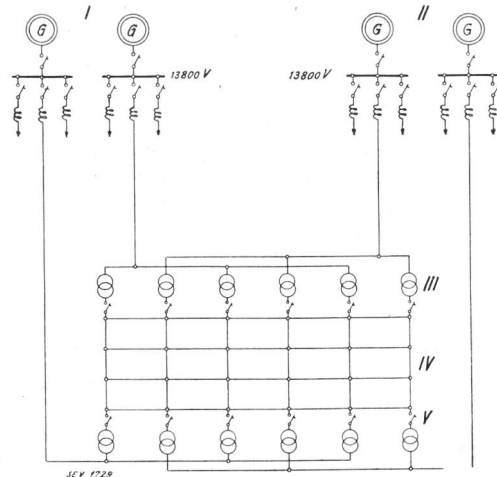


Fig. 2.

Vielfach gespeistes Wechselstrom-Niederspannungsnetz.

I Kraftwerk A. IV 120/208 V-Verteilnetz.
II Kraftwerk B. V Netzschalter.
III Verteiltransformatoren.

in Manhattan, d. h. dem zentralen Teil von New York City, betrachtet werden, wobei jedoch nicht ausser acht gelassen werden darf, dass zur Berücksichtigung spezieller Verhältnisse Abweichungen von dem im nachfolgenden beschriebenen konstruktiven Aufbau vorkommen können, wodurch jedoch der prinzipielle Aufbau des Verteilsystemes nicht geändert wird.

Abgesehen vom bestehenden Gleichstromnetz, das nicht mehr wesentlich erweitert wird, wird elektrische Energie nach Einführung des Wechselstromnetzes nur noch als Einphasenstrom resp. Drehstrom von 60 Per/s, 120/208 V abgegeben, mit Ausnahme einiger weniger Grossabonnenten, welche die Energie direkt in Hochspannung beziehen und verwenden. Die Energielieferung für Licht und Kraft erfolgt über ein gemeinsames 120/208-V-Netz, das die ganze Insel Manhattan umfasst. Dieses Netz ist aufgebaut durch die beidseitig aller Strassen angeordneten Niederspannungsverteiler, in der Regel bestehend aus je 3 Einleiterkabeln von je 108 mm² Kupferquerschnitt mit 2,4 mm Papierisolation und 2,4 mm Bleimantel und einem blanken Nulleiter von 65 mm² aus Kupfer. An jeder Strassenkreuzung treffen sich somit 8 Verteiler, die hier alle ohne den Einbau irgendwelcher Sicherungen verspleisst sind, so dass das ganze Niederspannungsnetz für Manhattan einen engmaschigen Kupferrost von ca. 20 km mittlerer Länge und ca. 3 km mittlerer Breite darstellt.

Abweichend von der in Europa üblichen Praxis werden die Niederspannungsverteiler nicht direkt in die Strassenunterlage eingegraben, sondern in sogenannte Kabelkanäle (ducts), d. h. eingegrabene Eisenrohre von 8 bis 10 cm lichter Weite eingezogen, wobei zur Vermeidung von schädlichen Streufeldern die 3 Einleiterkabel und der blanke Nulleiter eines Verteilers im selben Eisenrohr untergebracht werden. Fig. 3 zeigt die Anordnung der Niederspannungsverteiler für einen typischen Strassenblock. Wie daraus ersichtlich ist, sind in die Kabelkanäle in Abständen von ca. 50 m sogenannte Anschlusskasten (Service Boxes) eingebaut (Fig. 4), in denen die radial zu den einzelnen

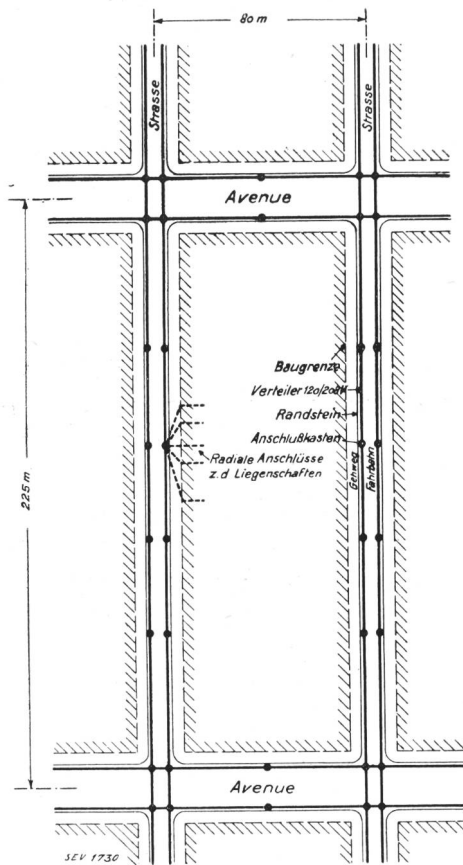


Fig. 3.

Anordnung der Niederspannungsverteiler für einen typischen Strassenblock.

Abonnenten führenden Anschlusskabel an die Verteiler angespleisst sind. In den Strassenkreuzungen führen die Kabelkanäle in sogenannte Kabelgruben (cable manholes), in denen die Spleissungen der sich hier kreuzenden Verteilerkabel unter sich und mit den hier einmündenden, von den Transformatoren kommenden Speisekabeln vorgenommen werden können.

Die Speisung dieses Niederspannungsnetzes, das 1932 eine Spitzenbelastung von ca. 200 000 kVA aufweisen wird, erfolgt über Verteiltransformatoren von je 500 kVA, überlastbar während einer Belastungsspitze auf 750 kVA, die über das ganze Netz zerstreut angeordnet sind. Diese Transforma-

toren speisen das Netz vorzugsweise an einer Strassenkreuzung, d. h. da, wo 8 verschiedene Verteiler zusammentreffen, wobei sich die günstigste Lastverteilung, resp. der kleinste Spannungsabfall im Niederspannungsnetz einstellt. Der gegenseitige Abstand der Verteiltransformatoren hängt von der Lastdichte des Versorgungsgebietes ab und vermindert sich mit zunehmender Lastdichte. Fig. 5 zeigt schematisch, wie das Verteilnetz durch Einbau weiterer Transformatoren einer zunehmenden Last-

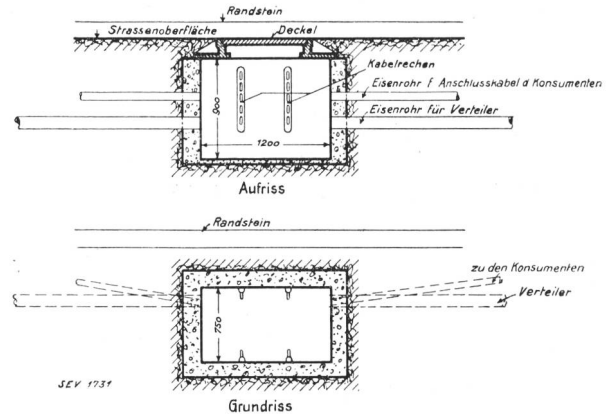


Fig. 4.

Typischer Anschlusskasten.

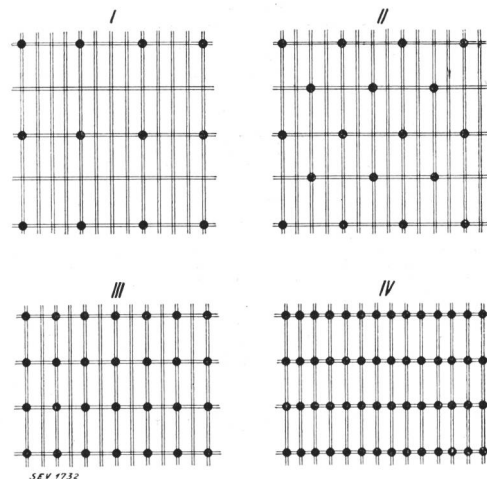


Fig. 5.

Anordnung der Verteiltransformatoren für verschiedene Belastungsdichten.

Die Linien bedeuten Verteiler 120/208 V (beidseitig der Strassen), die Punkte Transformatorstationen 500 kVA.

dichte angepasst wird; doch werden in der Praxis mit Rücksicht auf die unsymmetrischen Lastverhältnisse Abweichungen von der symmetrischen Transformatoranordnung nicht zu vermeiden sein.

Die Transformatoren, die primärseitig in Dreieckschaltung und sekundärseitig in Sternschaltung mit fest geerdetem Nullpunkt ausgeführt sind, werden primärseitig mit der Generatorenspeisung von 13 800 V durch direkt von den Kraftwerken radial ausgehende Leitungen gespeist (Fig. 2). Die beim gegenwärtigen radialen System nach Fig. 1 verwendete Mittelspannung von 2300 V mit der

damit verbundenen mehrfachen Transformierung und deren Verlusten kommt somit in Wegfall, und die Transformatorenstationen für die Transformierung von 13 800 auf 2300 V können ausser Betrieb gesetzt werden.

Im nachfolgenden sei ein solches 13 800-V-Feld näher betrachtet:

Es besteht aus einem Dreileiterkabel, Type Hochstädter, von $3 \times 300 \text{ mm}^2$ Kupferquerschnitt, 5,54 mm Papierisolation und einem Bleimantel von 3,2 mm und ist unter Zwischenschaltung einer Drosselspule von 0,33 Ohm über einen Schalter von 1 500 000 kVA Abschaltleistung an die Sammelschiene des Kraftwerkes angeschlossen. Die Belastung dieses Kabels beträgt unter normalen Betriebsbedingungen während der Belastungsspitze ca. 8500 kVA, so dass eine einzelne Speiseleitung imstande ist, die Speisung von ca. 20 Verteiltransformatoren zu übernehmen. Dabei ist darauf Rücksicht genommen, dass benachbarte Verteiltransformatoren nicht an dieselbe Speiseleitung angeschlossen sind, sondern durch weitgehende Vermaschung mehrerer Hochspannungsleitungen wird erreicht, dass bei Ausserbetriebsetzung einer solchen Leitung der dadurch entstehende Energieausfall sich auf eine grosse Fläche verteilt und von mehreren

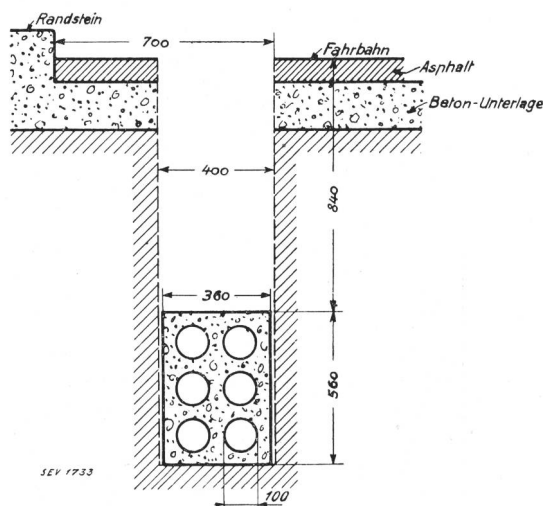


Fig. 6.
Querschnitt durch typischen Kabelkanal.

benachbarten Leitungen gemeinsam gedeckt wird. Während dieses Ausnahmezustandes kann die Belastung dieser Leitungen von 8500 kVA auf 11 000 kVA steigen, ohne dass dadurch die zulässige Kupfertemperatur von 82°C überschritten wird. Auch einige Verteiltransformatoren werden bei einer solchen Störung Ueberlastungen bis auf 150 % während der Belastungsspitze erfahren, worauf jedoch durch spezielle Konstruktion Rücksicht genommen ist.

Die 13 800-V-Kabel sind ähnlich wie Niederspannungsverteiler in Kabelkanäle eingezogen, bestehend aus in Beton eingegossenen Fiberrohren von 8 bis 10 cm innerem Durchmesser oder hergestellt durch Zusammenbau von zweckmässig ge-

formten Tonrohren, wobei auf den Schutz des Bleimantels der Kabel durch eine Armierung verzichtet werden kann. Den Bedürfnissen entsprechend sind mehrere solcher Kabelkanäle zu Kabelzügen vereinigt (Fig. 6), die je nach den örtlichen Verhältnissen in Abständen von ca. 100 m durch Kabelgruben (Cable manholes) (Fig. 7) unterbrochen sind. Die Kabelgruben ermöglichen das Einziehen der Kabel in die Kabelkanäle sowie das Verspleissen der verschiedenen Kabelabschnitte unter sich und mit eventuell benötigten Abzweigungen. Diese in Amerika allgemein verwendete Verlegungsmethode für Hochspannungskabel ermöglicht, ein fehlerhaftes Kabel zwischen 2 Kabelgruben aus dem Kabelkanal auszuziehen und durch ein neues zu ersetzen, ohne in den Strassen irgendwelche Grabarbeiten vornehmen zu müssen. Auf diese Weise kann in den meisten Fällen dank der vorzüglichen Ausrüstung des Reparaturpersonals eine fehlerhafte Speiseleitung in ca. 8 Stunden nach Eintritt der Störung wieder in Betrieb genommen werden, so dass sich Ueberlastungen benachbarter Leitungen auf nicht mehr als eine Belastungsspitze ausdehnen. Die einzelnen Verteiltransformatoren sind mit Kabelendverschlüssen ausgerüstet, an welche die 13 800-V-Kabel direkt ohne Zwischenschaltung eines Schalters oder Trenners angeschlossen sind. Sie besitzen ferner auf der 13 800-V-Seite einen Erdungsschalter, über den die Leitung zur Vornahme von Reparaturen geerdet werden kann. Eine Verriegelung verunmöglicht das Schliessen

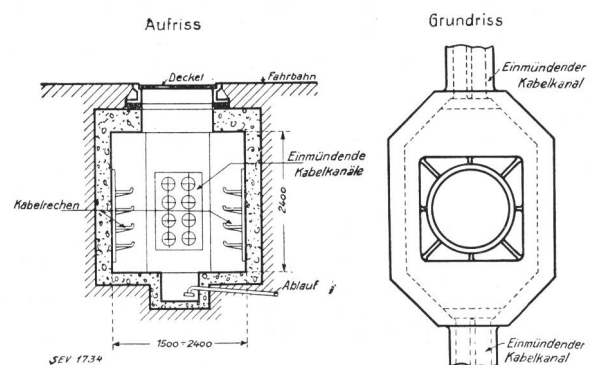


Fig. 7.
Typische Kabelgrube.

dieses Erdungsschalters, solange die Leitung unter Spannung steht. Ausser den Erdungsschaltern und den Oelschaltern in den Kraftwerken sind im 13 800-V-Verteilssystem keine Schalter oder Trenner vorhanden, und das einzige elastische Glied zwischen den Leitungsschaltern in den Kraftwerken und den Zählern der Konsumenten bilden die zwischen die Sekundärklemmen der Verteiltransformatoren und das Niederspannungsnetz eingebauten automatischen Netzschalter mit ihren Schmelzsicherungen und den Betätigungsrelais, auf deren vielseitige Funktionen später näher eingegangen werden soll.

Für den Einbau in die Transformatorengruben werden Dreiphasentransformatoren von je 500 kVA

verwendet, mit denen der Erdungsschalter und der Netzschalter konstruktiv zu einer Einheit zusammengebaut sind (Fig. 8, 10, 11, 12). Transformatoren, Erdungsschalter und Netzschalter sind voll-

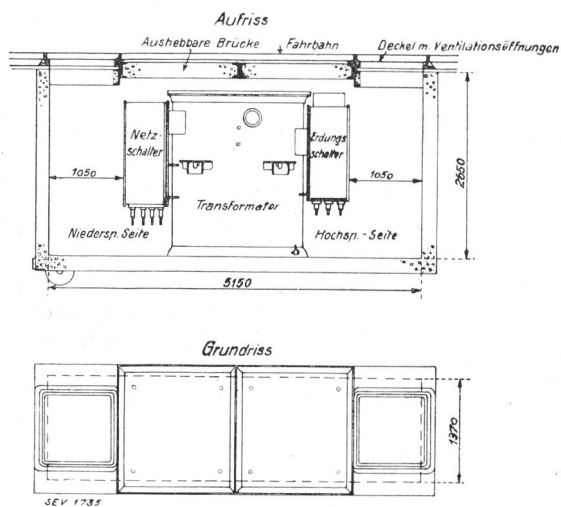


Fig. 8.

Typische Transformatorgrube.

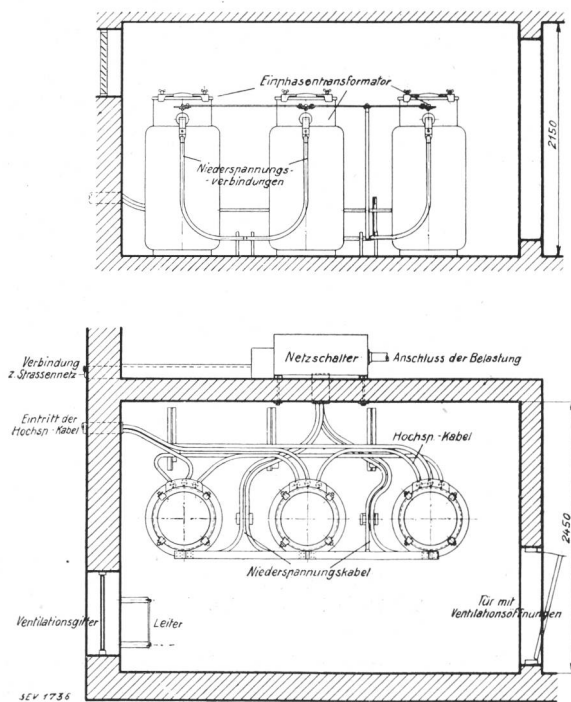


Fig. 9.

Typische Transformatorstation im Innern eines Gebäudes.

ständig wasserdicht gekapselt, um bei den bei starken Regenfällen häufig vorkommenden Ueberschwemmungen von Transformatorgruben eine Störung des Betriebes zu vermeiden.

Für Transformatorstationen, die in feuer-sicheren Gewölben im Innern von Gebäuden untergebracht sind, werden zur Erleichterung des Transportes an Stelle eines Dreiphasentransformators drei Einphasentransformatoren verwendet. Je ein einphasiger Erdungsschalter ist mit jedem der Ein-

phasentransformatoren zusammengebaut, während Netzschalter und Netzrelais separat an geeigneter Stelle im Gewölbe montiert sind (Fig. 9 und 13). Gekapselte Ausführung von Transformator und Netzschalter ist in diesem Falle nicht notwendig, da Transformatorinstallationen im Innern von Gebäuden der Feuchtigkeit nicht ausgesetzt sind.

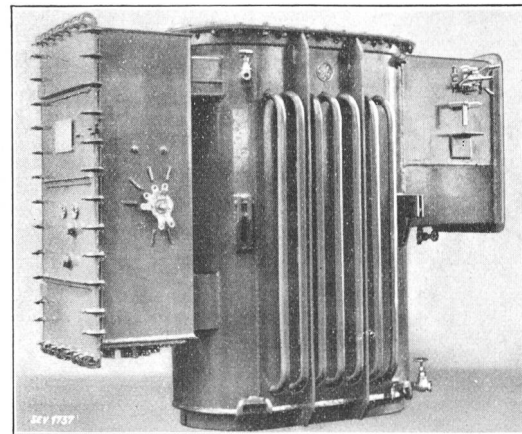


Fig. 10.

Transformator 500 kVA, gekapselt, zum Einbau in Gruben, mit Netzschalter links und Erdungsschalter rechts.

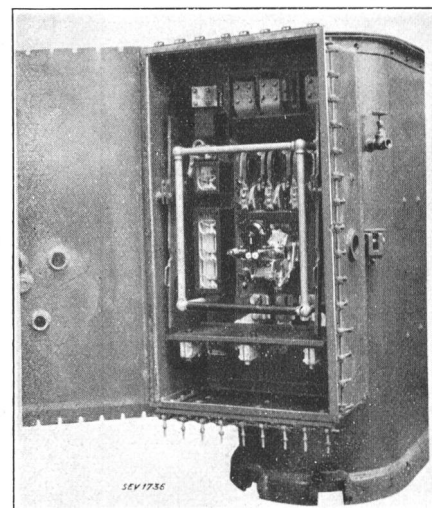


Fig. 11.

Netzschalter des Transformators Fig. 10, geöffnet.

Im nachfolgenden soll auf die Funktionen des Netzschalters und des Netzrelais (Fig. 14) sowie auf das Verhalten des ganzen Verteilsystems unter verschiedenen Betriebsbedingungen und Störungsverhältnissen etwas näher eingegangen werden.

Bei Kurzschluss in einem 13 800-V-Kabel wird das Niederspannungsnetz über die Verteiltransformatoren der beschädigten Speiseleitung auf die Kurzschlußstelle speisen. Die Netzrelais werden unter dem Einfluss des Rückstromes die Netzschalter in ca. 0,25 s öffnen, und auch der Leitungsschalter im Kraftwerk wird infolge des Kurzschlußstromes auslösen, wonach die beschädigte Leitung vollständig abgeschaltet ist.

Soll eine 13 800-V-Leitung zur Vornahme von Reparaturen ausser Betrieb genommen werden, so genügt es, den Leitungsschalter im Kraftwerk zu öffnen. Das Niederspannungsnetz wird dann den Magnetisierungsstrom der Verteiltransformatoren liefern, und die Netzrelais werden unter dem Einfluss des Magnetisierungsstromes die Netzschalter öffnen¹⁾, so dass die Leitung spannungslos wird.



Fig. 12.
Einsenken eines Transformators in die Grube.

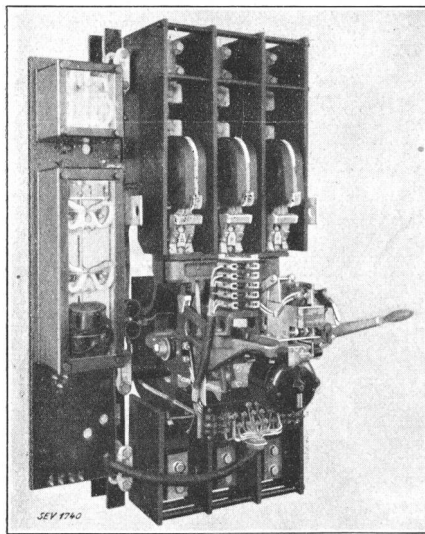


Fig. 13.
Netzschalter mit Netzrelais, ungekapselt, zum Einbau in Transformatorstationen im Innern von Gebäuden.

¹⁾ Mit Rücksicht auf die später erwähnte vollständige Trennung der Betriebe in den Kraftwerken wird es unter Umständen wünschenswert sein, die Empfindlichkeit der Netzrelais herabzusetzen, um ein fehlerhaftes Ansprechen bei mässigen Spannungsungleichheiten der verschiedenen Kraftwerkssammelschienen zu verhindern. Der Magnetisierungsstrom der Verteiltransformatoren wird dann ungenügend sein, um die Netzschalter auszulösen; doch besteht die Möglichkeit, das Auslösen der Netzschalter durch Anschluss einer Belastungsdrosselspule im Kraftwerk (nach Öffnen des Leitungsschalters) zu bewirken.

Nach Schliessen der Erdungsschalter der der Reparaturstelle am nächsten gelegenen Transformatoren kann zur Vornahme der Arbeiten am Hochspannungskabel geschritten werden. Bevor die Leitung nach Beendigung der Arbeiten wieder in Betrieb genommen wird, muss der Isolationszustand durch eine Prüfung mit Hochspannung kontrolliert werden. Diese Prüfung erfolgt durch Anlegen einer Prüfspannung zwischen den drei über die Dreieckswicklungen der Verteiltransformatoren miteinander verbundenen Leitern und dem Bleimantel des Kabels, wobei auch die Transformatorwicklungen auf das Prüfpotential gehoben werden. Infolge der Verwendung von Hochstädter-Kabeln mit einer geerdeten Kupferfolie über der Isolation jedes einzelnen Leiters (oder von Einleiterkabeln für schwach belastete Abzweigungen), können auch Isolationsfehler, die sich unter Umgehung des Bleimantels zwischen zwei Leitern erstrecken, mit die-

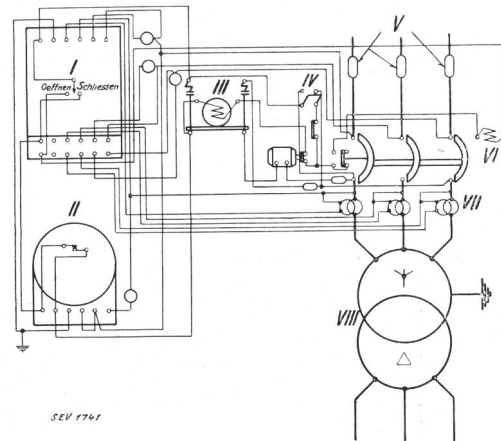


Fig. 14.
Generelles Schaltungsschema einer Transformatoreinheit.
I Netzrelais. II Phasenrelais. III Schütz. IV Messerschalter. V Sicherungen. VI Ausschaltmagnet. VII Stromwandler. VIII Verteiltransformator 13 800/120/208 V, Dreieck/Stern mit herausgeführtem Nullpunkt.

ser Prüfmethode aufgedeckt werden, da sie notwendigerweise die geerdete Kupferfolie berühren müssen. Die Wiederinbetriebsetzung der Leitung nach Beendigung der Isolationsprüfung geschieht einfach durch Schliessen des Leitungsschalters im Kraftwerk. Solange das Kabel und die Verteiltransformatoren unbelastet sind, wird die Spannung an den Sekundärklemmen der Verteiltransformatoren höher sein als die Spannung im Niederspannungsnetz. Die Netzrelais werden unter dem Einfluss dieser Spannungsdifferenz die Netzschalter schliessen, wodurch die Leitung wieder in Betrieb genommen ist.

Bei Kurzschlüssen im Niederspannungsnetz sprechen die Netzschalter nicht an, und das Löschen solcher Kurzschlüsse erfolgt ausschliesslich durch Ausbrennen der Fehler. Bei genügender Grösse des Kurzschlußstromes und geringer Strombelastbarkeit der Fehlerstelle wird das Kabel an der Fehlerstelle vollständig entzweibrennen. Der Bleimantel wird unter dem Einfluss des Lichtbogens gegen-

über dem Kupfer und der Isolation zurückschmelzen, wonach das Löschen des Lichtbogens innerhalb weniger Sekunden erfolgt. Bei dem seltenen Fall eines soliden metallischen Kurzschlusses, bei dem sich kein ausgesprochener Lichtbogen entwickeln kann, oder bei ungenügender Grösse des Kurzschlußstromes kann es vorkommen, dass eine ganze Kabellänge bis zum Spleiss bei der nächsten Strassenkreuzung ausbrennt, doch wird sich der Vorgang nicht weiter ausbreiten, wie die Erfahrung gezeigt hat, da sich von hier aus der Kurzschlussstrom auf mehrere einmündende Stromzweige verteilt, so dass eine Zerstörung dieser Kabel nicht eintritt.

Die Charakteristik der mit den Netzschaltern zusammengebauten Sicherungen ist so gewählt, dass sie nur ansprechen, falls ein Kurzschluss im Niederspannungsnetz in unmittelbarer Nähe des geschützten Verteiltransformators auftritt. Diese Sicherungen sollen nicht dazu beitragen, den Kurzschluss im Niederspannungsnetz abzuschalten, sondern sie haben lediglich einen möglicherweise besonders gefährdeten Verteiltransformator vor der Zerstörung durch den Kurzschlußstrom zu schützen.

Eine Unterbrechung der Energielieferung an die Konsumenten wird normalerweise als Folge von Kurzschlüssen im Niederspannungsnetz nicht vorkommen, da selbst bei vollständigem Entzweibrennen eines Verteilers zwischen zwei Anschlusskasten die Speisung dieser Anschlusskasten trotzdem noch aufrechterhalten wird. Nur bei dem äusserst selten vorkommenden Fall des Ausbrennens eines ganzen Verteilers zwischen zwei Strassenkreuzungen können einige wenige Konsumenten in Mitleidenschaft gezogen werden. Da jedoch diese Verteiler, wie früher erwähnt, in Kabelkanäle eingezogen sind, können sie ohne Grabarbeiten in den Strassen innerhalb weniger Stunden ersetzt werden.

Bei einem Verteilsystem der beschriebenen Anordnung wird die elektrische Energie vom Kraftwerk über viele von einander unabhängige Hochspannungsleitungen und Verteiltransformatoren dem Niederspannungsnetz zugeführt, und jeder einzelne Konsument wird von zwei Richtungen her, d. h. von den beiden ihm zunächst gelegenen Strassenkreuzungen her mit Energie versorgt. Falls einzelne Verteiltransformatoren und Hochspannungsleitungen ausser Betrieb gesetzt werden, bestehen immer noch weitere Leitungszüge, über welche die Speisung des Niederspannungsnetzes aufrechterhalten wird, so dass die Betriebssicherheit der ganzen Anordnung als ausserordentlich gross betrachtet werden kann. Die Betriebssicherheit ist praktisch ebenso gross wie die Betriebssicherheit der das ganze System speisenden Kraftwerkssammelschienen; denn nur bei einer Ausserbetriebsetzung der Kraftwerkssammelschienen wäre auch eine Ausserbetriebsetzung des Niederspannungsnetzes denkbar. Die Betriebssicherheit des ganzen Systems wird noch dadurch erhöht, dass die Speisung des Niederspannungsnetzes von wenigstens zwei voneinander unabhängigen Kraftwerken übernommen wird, die wiederum in mehrere voll-

ständig getrennte Betriebe unterteilt sind (Fig. 2). So wird in New York das Kraftwerk Hell Gate, das eine installierte Maschinenleistung von 500 000 kW besitzt, in vier Betriebe, und das Kraftwerk Sherman Creek, mit einer installierten Leistung von 140 000 kW, in zwei Betriebe unterteilt, in der Weise, dass die an einen Betrieb angeschlossene Generatorenleistung 160 000 kW in keinem Falle überschreitet. Durch diese weitgehende Unterteilung der Kraftwerke wird erreicht, dass selbst bei vollständiger Ausserbetriebsetzung eines Sammelschienenabschnittes der dadurch entstehende Energieausfall gemeinsam von den ungestörten Betrieben übernommen wird, so dass das Niederspannungsnetz nicht wesentlich in Mitleidenschaft gezogen wird. Ausserdem wird dadurch das Problem der Begrenzung der Kurzschlussleistungen für Kurzschlüsse an den Kraftwerkssammelschienen oder an den abgehenden 13 800-V-Kabeln gelöst, was bei den hier in Betracht kommenden Kraftwerksleistungen mit Rücksicht auf die Dimensionierung der Schalter von ausserordentlich grosser Bedeutung ist. Bei einem Kurzschluss in einem 13 800-V-Kabel (Fig. 2) wird von allen Kraftwerkssammelschienenabschnitten nur ein einziger direkt auf die Kurzschlußstelle speisen. Die übrigen Sammelschienenabschnitte sind nur über die Reaktanz der Verteiltransformatoren und über das Niederspannungsnetz mit der Fehlerstelle verbunden, so dass sie nur wenig zur Kurzschlussleistung beitragen werden. Die totale Kurzschlussleistung wird somit bei der hier gewählten vollständigen Trennung der Betriebe bedeutend kleiner sein als bei der vielerorts üblichen Kupplung der Sammelschienenabschnitte über Drosselspulen. Auch der durch den Kurzschluss erzeugte Spannungszusammenbruch wird nur an dem direkt betroffenen Sammelschienenabschnitt zu seiner vollen Auswirkung kommen, bei allen übrigen Sammelschienenabschnitten praktisch aber nicht bemerkbar sein. Die synchronisierenden Ausgleichströme, welche die Generatoren der verschiedenen Sammelschienenabschnitte miteinander im Tritt halten, können nur über die Verteiltransformatoren und das dazwischenliegende Niederspannungsnetz verschoben werden, doch wird die Reaktanz zwischen den einzelnen Sammelschienenabschnitten durch die oben erwähnte Vermaschung der 13 800-V-Leitungen innerhalb der für die Stabilität des Parallelbetriebes zulässigen Grenzen gehalten. Die Stabilität dieses Systems bei Kurzschlüssen im 13 800-V-Netz wird allerdings kleiner sein als bei der üblichen Kupplung der Sammelschienenabschnitte über Drosselspulen im Kraftwerk. Da jedoch sowohl die Grösse der Kurzschlussleistung als auch die Ausdehnung der Spannungssenkung durch die vollständige Trennung der Betriebe verkleinert werden, wird auch die Beeinflussung des ganzen Systems durch den Kurzschluss vermindert, so dass die Verkleinerung der Synchronisierungsfähigkeit zwischen den einzelnen Sammelschienenabschnitten in Kauf genommen werden kann. In der Tat wird das System der verschiedenen, die Stadt New

York versorgenden Gesellschaften schon seit mehr als zwei Jahren mit in den Kraftwerken vollständig getrennten Sammelschienenabschnitten mit vollem Erfolge betrieben.

Die Spannungsregulierung des Niederspannungsnetzes erfolgt ausschliesslich durch Aenderung der Generatorenspannung in Abhängigkeit der Belastung, so dass weder Induktionsregler noch Stufentransformatoren benötigt werden. Das Verteilsystem ist so projektiert, dass die Spannung am Zähler keines Konsumenten während des normalen Betriebes weder 118 V unterschreitet, noch 126 V überschreitet; doch wird für jeden einzelnen Abonnenten die Spannungsvariation in kleineren Grenzen bleiben. Bei Ausserbetriebsetzung einer 13 800-V-Leitung kann die Spannung für einzelne Abnehmer vorübergehend bis auf 114 V sinken, ein Ausnahmezustand, der nicht länger als einige Stunden andauern soll. Mit Rücksicht auf den Spannungsabfall in den Kabeln dürfen die 13,8-kV-Leitungen eine Länge von 10 km nicht überschreiten, eine Bedingung, die bei den in New York vorliegenden Verhältnissen leicht einzuhalten ist. Bis zu dieser Kabellänge ist es möglich, den Spannungsabfall im Kabel durch die beiden an der Transformatoren-Primärwicklung angebrachten Anzapfungen von je $2\frac{1}{2}\%$ zu kompensieren; bei grösseren Kabellängen würde die Verwendung von Induktionsreglern oder Stufentransformatoren notwendig sein.

Ein Niederspannungsnetz in der beschriebenen Anordnung eignet sich zur Speisung einer über das Versorgungsgebiet mehr oder weniger gleichmässig verteilten Belastung, wie sie in den Wohnquartieren und in den mit Kleinindustrie besiedelten Stadtteilen auftritt. Zur Versorgung von räumlich stark konzentrierten Belastungen, wie z. B. von Theatern, Warenhäusern, Hotels und dergleichen müssen spezielle Anordnungen getroffen werden, die sich jedoch im Prinzip von den für das Niederspannungsnetz verwendeten Methoden nicht wesentlich unterscheiden. Je nach der Grösse der Last und der verlangten Zuverlässigkeit der Energieversorgung wird hier die Energieversorgung von zwei oder mehreren Transformatoren gemeinsam übernommen, die im allgemeinen direkt im Gebäude des Abnehmers in möglichster Nähe der Hauptbelastung aufgestellt sind (Fig. 15). Zur Erreichung der verlangten Betriebssicherheit werden diese Transformatoren von Hochspannungsleitungen gespeist, die von verschiedenen Kraftwerkssammelschienen oder gar von verschiedenen Kraftwerken ausgehen. Auf der Niederspannungsseite sind die Transformatoren mit Netzschaltern ausgerüstet, an welche die entsprechend der Anzahl der Transformatoren unterteilte Belastung des Abonnenten angeschlossen ist, und die so entstandenen mehrfachen Betriebe sind unter sich über Drosselspulen gekuppelt. Die Drosselspulen haben den Zweck, Ausgleichströme, die sich bei direkter Kupplung infolge etwaiger Spannungsunterschiede der Hochspannungsleitungen zwischen den einzelnen Transformatoren ausbilden könnten, zu reduzieren. Ihre

Aufgabe wird im Niederspannungsnetz durch die in den Strassen untergebrachten Verteiler übernommen, deren Reaktanz zur Verhinderung schädlicher Ausgleichströme ausreichend ist. Im allgemeinen wird es vorteilhaft sein, wie dies in Fig. 15 angedeutet ist, die zur Speisung der konzentrierten Last eingerichtete Transformatorenstation mit dem Niederspannungsverteilsystem zu koppeln, um so das Verteilsystem von der in der Regel bei diesen mehrfachen Transformatorenstationen vorhandenen Reservekapazität profitieren zu lassen.

Auch zur Speisung der Wolkenkratzer wird ein Wechselstromniederspannungsnetz verwendet, das ähnlich wie das in den Strassen verlegte Niederspannungsnetz aufgebaut ist, sich jedoch hier in vertikaler Richtung erstreckt, wobei die Transformatorenstationen auf verschiedenen Stockwerken des Gebäudes untergebracht sind. So besitzt z. B. das erst kürzlich in Betrieb genommene «Chrysler

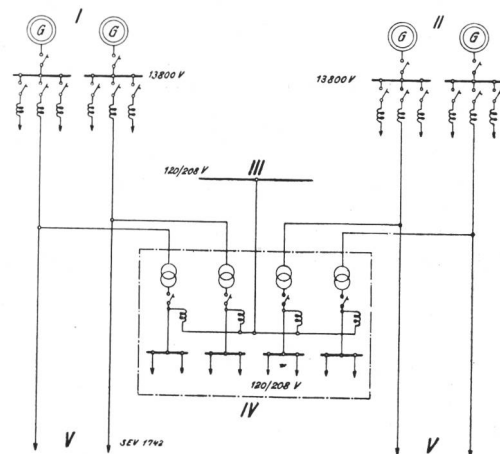


Fig. 15.

Transformatorenstation zur Speisung einer konzentrierten Belastung.

- I Kraftwerk A.
- II Kraftwerk B.
- III 120/208 V-Verteiler in der Strasse
- IV Transformatorenstation für konzentrierte Belastung
- V 13800 V-Speiseleitungen

Building» mit einer totalen Anschlussleistung von ca. 6000 kW und einer Spitzenleistung von ca. 2500 kW je eine Transformatorenstation im Keller, im dreissigsten, im sechzigsten und im zweiundsiebzigsten Stockwerk, welche letztere ausschliesslich der Strahlbelichtung der Dachkonstruktion dient. Jede Transformatorenstation besteht aus vier Transformatorengruppen, die unter sich gemäss Fig. 15 geschaltet sind. Die Speisung der Transformatoren wird von acht Hochspannungsleitungen übernommen. Eine sekundärseitige Verbindung der Transformatorenstationen der verschiedenen Stockwerke ist beim «Chrysler Building» nicht durchgeführt, doch soll sie bei zukünftigen Installationen zur Anwendung gelangen.

Das Prinzip des vielfach gespeisten Niederspannungsnetzes lässt sich somit nicht nur zur Speisung einer über das Versorgungsgebiet gleichmässig verteilten Belastung anwenden, sondern auch zur Bedienung aller derjenigen Grossabnehmer, welche die elektrische Energie in Form von Niederspan-

nung verbrauchen. Einzig gewisse Grossabnehmer, wie Eisfabriken, Stadtbahnen usw., welche die Energie direkt in Hochspannung zum Antrieb grosser Motoren oder Umformer verwenden, werden nach wie vor durch direkten Anschluss an die Hochspannungsleitungen versorgt werden; doch liefert diese Kategorie von Konsumenten nur einen kleinen Beitrag zur Totalbelastung.

Gegenüber den heute allgemein üblichen Verteilmethode, d. h. gegenüber dem Gleichstromnetz oder dem radialen Wechselstromsystem, zeichnet sich das vielfach gespeiste Wechselstrom-Niederspannungsnetz durch eine grössere Oekonomie, sowohl bezüglich der Anlagekosten als auch der Betriebskosten, aus. Unterstationen für die Transformation in Zwischenspannung resp. in Gleichstrom fallen weg, was besonders bei den in New York herrschenden Preisen für Landerwerb von ausschlaggebender Bedeutung ist. Gegenüber dem Gleichstromsystem tritt eine beträchtliche Erspar-

nis an Kupfer auf, und das hat wiederum eine Verbesserung der stellenweise ganz unhaltbaren Zustände in bezug auf die Anhäufung von Kabeln unter der Strasse und den damit verbundenen hohen Erdtemperaturen zur Folge.

Die Betriebskosten werden vermindert, nicht nur durch den Wegfall der Bedienungskosten für die Unterstationen, sondern auch durch den bedeutend höhern Wirkungsgrad dieser Verteilmethode. So betragen die Verluste bei Spitzenlast von der Kraftwerkssammelschiene zum Zähler des Klienten für das vielfach gespeiste Niederspannungsnetz etwa 7% gegenüber 10% für das radiale Verteilsystem und 20% für das Gleichstromsystem.

Diese ökonomischen Vorzüge zusammen mit den vorzüglichen technischen Charakteristiken in bezug auf Betriebssicherheit und Spannungshaltung lassen erwarten, dass das vielfach gespeiste Wechselstrom-Niederspannungsnetz ein weites Anwendungsgebiet finden wird.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Synchron-Netzanschlussuhren.

681.116

Sehr einfache elektrische Uhren sind solche, welche von einem an das allgemeine Verteilnetz angeschlossenen Synchronmotor angetrieben werden. Wenn das stromliefernde Werk dafür sorgt, dass die Frequenz im Mittel konstant bleibt, also auftretende Vor- oder Nacheilungen laufend mittels geeigneter Apparate kontrolliert und kompensiert, so haben diese Uhren eine beliebige hohe Ganggenauigkeit.

Wie wir einer Mitteilung der AEG in der ETZ 1930, Nr. 49, entnehmen, haben eine Reihe deutscher städtischer und Ueberland-Werke Anordnungen getroffen, um durch ständige Ueberwachung und Nachregelung im Netz zeitgenaue Frequenz zu haben. Z. B. installierte die BEWAG (Berliner städtische Elektrizitätswerke A.-G.) in ihrem Grosskraftwerk Klingenberg eine Perioden-Kontrolluhr, die kleinste Abweichungen stark kenntlich macht. Ein Zifferblatt zeigt Abweichungen von ± 30 min, ein zweites solche von ± 1 min an, und auf einem dritten Zifferblatt können Abweichungen auf Bruchteile von Sekunden genau abgelesen werden. Mit Hilfe einer solchen Kontrolluhr im Werk kann daher die mittlere Netzfrequenz und mit ihr die durch das Netz angegebene Zeit auf denkbar höchste Genauigkeit reguliert werden. Die Praxis in so geregelten Netzen hat ergeben, dass die Genauigkeit der angeschlossenen Synchronuhren derjenigen von Präzisionsuhren mehrfach höheren Preises nicht nachsteht.

Ein so reguliertes Netz bietet noch eine Reihe weiterer Vorteile: Antrieb von Schalter- und Zähleruhren der verschiedensten Art, Eignung für Eich- und Messzwecke usw.

Soviel uns bekannt ist, besteht eine derartige Frequenzregulierung in der Schweiz noch nicht. Wir möchten deshalb die schweizerischen Kraftwerksunternehmungen, namentlich die städtischen Werke mit eigenen Kraftwerken, anregen,

die Frequenz in ihren Netzen in der skizzierten Weise zu kontrollieren und auszuregulieren und für den Anschluss von Synchron-Netzanschlussuhren zu werben.

Für diesbezügliche Mitteilungen aus Werksleiterkreisen sind wir dankbar.

Neue Ueberspannungsableiter.

621.316.93.00.14

Von verschiedenen europäischen und amerikanischen Firmen wird in letzter Zeit eine rege Propaganda für neue Ueberspannungsableiter entfaltet, die insbesondere gegenüber atmosphärischen Ueberspannungen eine grosse Schutzwirkung haben sollen¹⁾. Nachdem unsere Messungen von Blitzueberspannungen mittels Kathodenstrahloszillograph in den letzten drei Jahren die Art der Beanspruchung von elektrischen Anlagen durch Blitze haben erkennen lassen, ist geplant, sämtliche oder wenigstens die wichtigsten der heute erhältlichen Ueberspannungsableiter mit Hilfe des Kathodenstrahloszillographen des SEV auf ihre Wirksamkeit hin zu untersuchen. Nach Möglichkeit werden diese bereits begonnenen Versuche im Laufe dieses Jahres durchgeführt werden. Zur Nachahmung der konstatierten Blitzspannungen auf Leitungen soll ein Stossgenerator verwendet werden, der ungefähr dieselbe Beanspruchung der elektrischen Anlagen künstlich erzeugt, wie sie sich bei den Blitzspannungen ergeben hat. Die Resultate dieser Untersuchungen werden im Bulletin bekanntgegeben, um die Anschaffung ungeeigneter Ableiter in Zukunft zu vermeiden und dort, wo der Einbau von Ableitern nötig ist, deren Wahl auf eine solide Grundlage zu stellen.

Dr. Be.

¹⁾ Thyrite-Ableiter (General Electric), Antovalve (Westinghouse), Stosswellenschlucker (Ferranti), Parafoudre Corona (P. Faile, Valenciennes), Kathodenfallableiter (Siemens), Ozelit-ableiter (AEG), Schwingungsbegrenzer (Condensateurs électriques, Fribourg), Bendmann-Ableiter (EAG, Wädenswil) usw.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Kraftwerk Albruck-Dogern.

621.311.21.(494)

In der Konzession 1929 zum Bau des Kraftwerkes Albruck-Dogern (siehe Bull. SEV 1929, Nr. 19, S. 674) war eine Wassernutzung von 750 m³/s vorgesehen. Wie wir der Tagespresse entnehmen, soll das Werk nun für 900 m³/s gebaut werden. Das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk, das mit 77% beteiligt ist, wird die mehr erzeugte Energie zu denselben Bedingungen übernehmen wie den ursprünglich vorgesehenen Anteil.

Vom Eidgenössischen Post- und Eisenbahndepartement erteilte Stromausfuhrbewilligung¹⁾.

Der Stadt Genf wurde unterm 30. Dezember 1930 die vorübergehende Bewilligung V38 erteilt, über den Rahmen der bestehenden Bewilligung Nr. 107 hinaus max. 1500 kW elektrischer Energie, die sie aus den Anlagen der S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse in Lausanne bezieht, während 24 Stunden des Tages an die Etablissements Bertolus, Paris,

¹⁾ Bundesblatt 1931, Bd. I, No. 1, pag. 2.