Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 24 (1933)

Heft: 7

Artikel: Einiges über Projektierung und Ausführung elektrischer Hausinstallationsanlagen

Autor: Roesgen, Marcel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059515

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: 04.12.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:
Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Zürich 4
Stauffacherquai 36/38

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXIV. Jahrgang | N° 7 | Mittwoch, 29. März 1933

Einiges über Projektierung und Ausführung elektrischer Hausinstallationsanlagen.

Von *Marcel Roesgen*, ingénieur au Service de l'Electricité de Genève.

621.315.3

Zur Ergänzung unseres Berichtes über die Neuenburger Tagung der «Elektrowirtschaft» (Bull. SEV 1932, Nr. 24, S. 658) stellten wir nachstehenden Artikel in Aussicht, in dem auf Grund der Erfahrungen der Installationsabteilung des Elektrizitätswerkes Genf einige Fragen über Hausinstallationen behandelt werden. Der Autor berührt darin unter anderem die Einführung der Normalspannung des SEV (220/380 V), die vielen Vorteile, welche die Forderung der Vorlage von Ausführungsplänen bietet, vergleicht die Auf- und Unterputzmontage, verlangt grosse Querschnitte der Leitungen, zweckmässige Steigleitungen und Steckdosen in genügender Zahl an sorgfältig gewählten Stellen, und weist auf die grossen Fortschritte in der Konstruktion des Installationsmaterials hin.

Pour compléter notre compte-rendu de l'assemblée organisée à Neuchâtel par l'Elektrowirtschaft (Bull. ASE 1932, No. 24, p. 658), nous reproduisons ci-dessous un article relatif à quelques problèmes d'installations intérieures. — En se basant sur l'expérience acquise dans ce domaine par le Service de l'Electricité de Genève, l'auteur examine l'introduction de la tension normale de l'ASE (220/380 V) et les avantages nombreux des plans d'installation, compare les montages sur et sous crépi, montre la nécessité de sections de conducteurs suffisantes et des prises de courant nombreuses et judicieusement placées, discute à cette occasion la question des prises de courant dans les chambres de bains et termine en rappelant quels grands progrès ont été accomplis dans la construction du matériel d'installation.

Die Hausinstallationstechnik, die ursprünglich nur der elektrischen Beleuchtung diente, erfuhr mit dem Aufkommen der elektrischen Haushaltungsapparate eine weitgehende Aenderung. Diese Haushaltapparate finden kraft ihrer anerkannten Vor-Vorzüge (Sauberkeit, leichte Bedienbarkeit, vielseitige Verwendbarkeit) grosse und stets wachsende Verbreitung. Zu ihrem Betrieb muss eine leistungsfähige Installation vorhanden sein, die dem Benützer der Apparate volle Sicherheit bietet und den vielseitigen Gebrauch in verschiedenen Räumen ermöglicht. Die Haushaltungsapparate können in zwei Klassen eingeteilt werden:

1. Leichte, hauptsächlich transportable Apparate für kleine Leistungen (höchstens 500 bis 750 W), z. B. Bügeleisen, Staubsauger, Strahler.
2. Schwere, fest installierte Apparate für Leistungen von 1 bis 10 kW; dazu gehören die Tischherde, Kochherde, Heisswasserspeicher, Kühlschränke, Waschmaschinen und Heizöfen.

Zum Anschluss dieser Apparate sind Steckdosen nötig, die an verschiedenen Stellen der Wohnung und unabhängig von gewöhnlichen Beleuchtungsapparaten angebracht werden. Diese Steckdosen müssen derart bemessen sein, dass an ihnen ohne Nachteil eine viel grössere Leistung als die, welche im allgemeinen für die Beleuchtung benötigt wird, abgenommen werden kann.

Diese Notwendigkeit bedingte eine Aenderung der ursprünglich einfachen Hausinstallationstechnik und stellte den Werken und Installateuren seit einigen Jahren eine Reihe von schwierigen Problemen, die durch die neuzeitlichen Baumethoden noch komplizierter geworden sind.

Die Ausführung der elektrischen Hausinstallationen ist in der Schweiz durch die «Vorschriften betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Hausinstallationen» des SEV geregelt. Diese Vorschriften enthalten genaue Angaben für die Projektierung und Verlegung der Leitungen und die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen. Es ist tatsächlich wichtig, dass die Installation derart beschaffen ist, dass der Abonnent ohne Gefahr das Maximum aus ihr herausholen kann und dass Störungen, Kurzschlüsse, Spannungsänderungen oder Stromunterbrüche ihn nicht belästigen, verärgern oder gar zur Rückweisung an und für sich guter Apparate veranlassen.

Verteilspannung.

Eine der wichtigsten Fragen ist die der Verteilspannung. Es sind heute zu viele verschiedene Spannungen [1]) vorhanden; die dadurch bedingten Nachteile, unter denen Abonnenten, Werke, Installateure, Fabrikanten und Verkäufer von Apparaten in gleicher Weise leiden, sollten, wo es möglich ist, durch Spannungsvereinheitlichung beseitigt werden.

[1]) Siehe «Das Vorkommen der verschiedenen Niederspannungen in der Schweiz», Bull. SEV 1931, Nr. 17, S. 445.

Die Spannung von 220/380 V, die vom SEV als Normalspannung angenommen wurde, hatte eine Reihe von Auseinandersetzungen zur Folge. Sie wird hin und wieder als zu hoch und damit als zu gefährlich angesehen. Dazu ist zu bemerken, dass gerade dieses Gefahrmoment die Abonnenten anregt, von Anfang an auf eine gute Installation zu sehen und diese stets in gutem Zustande zu halten; auch werden die Apparate vorsichtiger gehandhabt. Dies sind zwei Punkte, die sicher zur Verminderung der Unfälle beitragen. Im weiteren erlaubt aber die Wahl einer höheren Spannung, die Leistungsfähigkeit eines ungenügend gewordenen Netzes ohne grosse Kosten zu steigern.

Anderseits muss zugegeben werden, dass sich beim Dreiphasensystem die gleichmässige Verteilung der Belastung auf die drei Phasen noch schwieriger gestaltet als beim Einphasensystem mit 3 Leitern oder beim Zweiphasensystem. Dagegen hat die Möglichkeit, beim Dreiphasensystem den Nullleiter für die Erdung benützen zu können, viel zur Vereinfachung der Installation beigetragen. In vielen Fällen werden nun auch Apparate geerdet und damit die Sicherheit erhöht, wo früher von der Verlegung einer besonderen Erdleitung abgesehen wurde, weil diese zu teuer gewesen wäre. Immerhin ist darauf aufmerksam zu machen, dass jedes Netz vor der Benützung des Nulleiters zur Erdung sorgfältig untersucht werden muss, ob es sich dazu eignet, bzw. welche Vorkehren hiefür getroffen werden müssen.

Ausführungsplan der Installation.

Viele Werke verlangen von den Installateuren vor Inangriffnahme der Arbeiten die Vorlage eines nach bestimmten Regeln ausgeführten Planes der betreffenden Installation. Dieses Verfahren bietet beträchtliche Vorteile. Zunächst erlaubt es dem Werke, das Installationsprojekt zu prüfen und sich davon zu überzeugen, ob alle in Frage kommenden Bestimmungen beobachtet sind, ob das Projekt genügende Leiterquerschnitte vorsieht, ob die installierte Leistung dem gestellten Gesuche entspricht usw. Bei der Inbetriebsetzung besitzt das Werk, das ein Doppel des vom Installateur zur Prüfung eingereichten Planes aufbewahrt, genaue Angaben über die betreffende Installation, was die Kontrolle sehr erleichtert. Endlich, und dies ist vielleicht der Hauptvorteil, bekommt das Werk nach und nach eine Sammlung der Pläne sämtlicher Installationen seines Netzes, die bei allfälligen Erweiterungen oder Aenderungen vom beauftragten Installateur konsultiert werden kann; aus den vorhandenen Plänen können in wenigen Augenblicken alle notwendigen Angaben beschafft werden, wofür sonst vielleicht umfangreiche und mit mehr oder weniger Schwierigkeiten verbundene Erhebungen an Ort und Stelle notwendig wären. Diese Vorteile rechtfertigen zweifellos die Mehrarbeit und die Kosten, die naturgemäss mit der Herstellung und der Sammlung dieser Pläne verbunden sind. Statt der Pläne werden manchmal einfachere Schemata gemacht, aus denen die räumlichen Verhältnisse der Installation kaum hervorgehen. Diese Schemata leisten nicht die gleich grossen Dienste wie die eigentlichen Pläne, da mit ihrer Hilfe die Leitungsführung, der Ort der Abzweigdosen, Sicherungselemente usw. nicht ohne weiteres gefunden werden kann, besonders wenn diese absichtlich oder zufällig unsichtbar und versteckt sind.

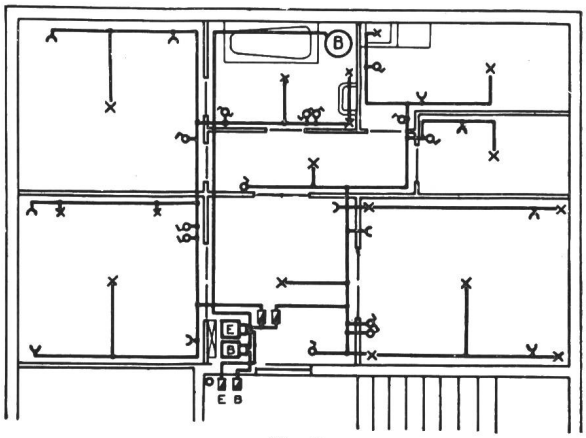

Fig. 1.
Beispiel eines Installationsplanes, der die Anordnung der Lampen und Steckdosen zeigt.

Auf- oder Unterputzmontage.

Die Hausinstallationen können entweder in Auf- oder in Unterputzmontage ausgeführt sein. Die Aufputzmontage ist die einfachere und auch die billigere; sie lässt ohne weiteres den Verlauf der Leitungen und der Zubehör erkennen. Störungen können leicht behoben und Erweiterungen oder Aenderungen der Anlage ohne grosse Schwierigkeiten ausgeführt werden. Anderseits wirft man dieser Montageart vor, dass sie unschön wirke, besonders seit beim Innenausbau der Räume immer weniger Holzverkleidungen zur Verwendung kommen. Dieser Vorwurf ist manchmal übertrieben; man denke nur an die auch nicht eben schönen Zentralheizungsrohre. Es muss jedoch zugegeben werden, dass die Aufputzmontage kaum mit dem heutigen Stil der Architektur harmoniert.

Die mit der Unterputzmontage verbundenen mannigfachen Schwierigkeiten verteuern diese gegenüber der Aufputzmontage um 50 bis 100 %. Die Unterputzmontage, bei der alle Rohre vor der endgültigen Fertigstellung der Mauern, Decken und Fussböden verlegt werden müssen, bedingt ein sehr eingehendes Vorstudium aller Fragen und die Verständigung mit den andern Handwerkern. Die Pflicht, dem Werke vorher die Pläne einzureichen, ist in diesem Falle besonders nützlich, denn sie zwingt den Installateur, und gleichzeitig auch den Architekten und den Abonnenten, das Projekt in allen Einzelheiten zum voraus festzulegen, bevor es zu spät ist.

Im weitern ist bei Unterputzmontagen das Aufsuchen von Fehlern und deren Behebung, die Erweiterung und Aenderung immer mit beträchtlichen Beschädigungen und teuren Wiederherstel-

lungsarbeiten verbunden. Aus diesen Gründen verzichten die Abonnenten dann oft auf Unterputzmontage und lassen ihre Neuinstallation als Aufputzmontage ausführen, ohne Rücksicht auf die ästhetischen Bedenken. Auch hier leistet die Planvorlage grosse Dienste, indem bei der ersten Installation der Abonnent auf die Möglichkeit späterer Erweiterungen aufmerksam gemacht werden kann, wodurch er oft von Anfang an die für allfällige spätere Erweiterungen nötigen baulichen Vorkehren trifft und sich damit Kosten und Aerger erspart. Besonders bei Erweiterung von Unterputzmontagen ist die Plansammlung des Werkes zum Auffinden der versteckten Leitungen sehr wertvoll.

Bei Bauten aus armiertem Beton stösst die Unterputzmontage auf besonders grosse praktische Schwierigkeiten. Wie man weiss, sind in solchen Bauten die Stützsäulen, Träger und Fliese derart knapp berechnet, dass es sozusagen unmöglich ist, später tiefere Kanäle oder Löcher anzubringen, auch aus dem Grunde nicht, weil man schon in wenigen Millimeter Tiefe auf Eisenteile stossen würde. Der Elektriker, der sein Projekt rechtzeitig fertigstellt, kann den Architekten veranlassen, die nötigen Kanäle und Durchführungen vorzusehen. Aber in den meisten Fällen müssen die Leitungen auf den fertigen Beton montiert werden; die vollständige Einbettung der Rohre und vor allem der Dosen ist dann bei der zur Verfügung stehenden dünnen Gipsschicht und der Betondicke, die ohne Nachteil angegriffen werden darf, oft nicht mehr möglich. Das gleiche gilt auch für die dünnen Riegelwände; die Verwendung von weniger tiefen Kasten für Schalter, Steckdosen und Verbindungsdosen (Halbunterputzmontage) erleichtert hier bedeutend die Installation. Diese wichtigen praktischen Schwierigkeiten entgehen oft den Architekten; es wäre daher zu wünschen, dass sie, bevor sie eine neue Konstruktionsmethode einführen, sich eingehend überlegen, welche Folgen diese für das Baugewerbe haben kann.

Installierte Leistung.

Der Elektriker und sein Kunde, die zusammen eine elektrische Installation projektieren, denken im allgemeinen nur an die momentanen Ausgaben; sie kümmern sich aber wenig um die Zukunft. Hier muss das Werk eingreifen, indem es im Hinblick auf spätere Erweiterungen oder auf den späteren Anschluss der immer mehr Verbreitung findenden elektrischen Haushaltungsapparate möglichst reich bemessene Leitungen fordert. Die verlangte Planvorlage erleichtert diese Aufgabe.

Die Steigleitung und die Abzweigung zum Zähler werden aus diesem Grunde reichlich bemessen; der Zähler wird entsprechend der Hauptsicherung und dem Querschnitt der Leitungen gewählt, damit der Abonnent über das Maximum der Leistung verfügen kann. Die Verwendung von überlastbaren Zählern erleichtert dies, ohne dass dadurch die Messgenauigkeit in Frage gestellt wird.

In der Installation selbst kann das Werk dafür sorgen, dass die verschiedenen Stromkreise nicht von Anfang an voll belastet sind; es wird z. B. verlangen, dass bei einer neuen Installation die Anzahl Lampen oder Steckdosen, jede zu 60 W gezählt, 16 pro gesicherten 6-A-250-V-Stromkreis nicht übersteigt. Damit ist noch eine Leistungsreserve für den Anschluss von weiteren 6 Lampen oder Steckdosen vorhanden, was dem Abonnenten oder seinem Nachfolger, der später seine Anlage zu erweitern wünscht, sehr zugute kommt. Die Tatsache, dass die 16 oder 22 Lampen oder Steckdosen pro Stromkreis nie gleichzeitig in Betrieb sind, erlaubt die Verwendung einzelner Apparate für mehrere 100 W Leistungsaufnahme, ohne dass dadurch eine Ueberlastung zu befürchten ist. Dieses System ist der Verwendung von kleinen thermischen Strombegrenzern vorzuziehen, wenigstens soweit es sich um Wohnungen handelt.

Eine andere Regel, die übrigens aus der eben erwähnten folgt, lautet, dass jede Installation zwei verschiedene von einander unabhängige Stromkreise aufweisen soll, sobald die Anzahl Lampen oder Steckdosen eine gewisse Zahl, z. B. 9 bei 125 V oder 16 bei 220 V übersteigt. Auf diese Weise schafft man nicht nur die wünschbare Reserve, sondern man erhöht auch die Betriebssicherheit; denn beim Ansprechen einer Sicherung, hervorgerufen durch eine Ueberlastung oder durch einen Fehler, wird nicht die ganze Installation ohne Licht sein; der Schaden kann schneller und leichter behoben oder dessen Behebung sogar hinausgeschoben werden. Aus dem gleichen Grunde werden die Kühlschränke, die Motoren für die Oelheizungen, die Warmwasserhahnen, die Heisswasserspeicher und die Kochplatten an besondere Stromkreise angeschlossen, sofern dies nicht schon aus tarifarischen Gründen der Fall ist (Fig. 1).

Steckdosen.

Der Gebrauch der transportablen elektrischen Haushaltungsapparate bedingt die Anbringung von Steckdosen an verschiedenen Stellen der Wohnung. In jedem Zimmer sollte wenigstens eine Steckdose vorhanden sein, um die Verwendung von zu langen, gefährlichen Schnurleitungen zu verhüten.

Besonders sollte die Küche mit einer Steckdose an sorgfältig ausgewählter Stelle versehen werden, so dass zum Anschluss von Apparaten keine Fassungssteckdosen mehr verwendet werden und die damit verbundenen Gefahren, besonders die des Entfernens des Schutzringes an der Fassung, wegfallen. Die Steckdose in der Küche würde den Gebrauch des Bügeleisens, des Küchenmotors und der andern transportablen Apparate wesentlich erleichtern; der Wegfall der Fassungssteckdosen würde endlich die Ausrüstung der Küchenlampe mit einem zweckmässigen Diffusor gestatten, anstelle des beleuchtungstechnisch schlechten «klassischen» Emailschirmes.

Ob im Badzimmer eine Steckdose angebracht werden darf, ist umstritten. Der Abonnent, der Heissluftdusche, Brennschere und Strahler benützt, wünscht eine solche. Der Gebrauch dieser

Apparate ist in einem geräumigen Badzimmer mit weniger Gefahr verbunden als in einem kleinen, das gerade gross genug zur Aufnahme der Badewanne ist, von der aus der Benützer gleichzeitig Wasserhahnen und Steckkontakt berühren kann. Steckdosen sollten deshalb nur in wenigstens 1 oder 1,5 m Abstand von der Badewanne geduldet und die transportablen Apparate sollten geerdet werden, wofür Steckkontakte mit Erdungskontakt zu benützen sind. Zur Erhöhung der Sicherheit wäre der Anschluss der Steckdose an einen Transformator zu empfehlen, der die Spannung auf 36 V heruntersetzt, was allerdings mit Bezug auf die Konstruktion der Apparate Schwierigkeiten mit sich bringt.

Beim Disponieren der Steckdosen in einer Wohnung sollte man immer an weitgehenden Gebrauch von transportablen Lampen und leuchtenden Nippsachen, sowie an die Verwendung des Staubsaugers und der Bodenblochmaschine in den Gängen und im Treppenhaus denken.

Installationsmaterial.

Die Konkurrenzverhältnisse, die Mechanisierung der Fabrikation, die Vorschriften und Normalien des SEV beeinflussten die Konstruktion des elektrischen Installationsmaterials in verschiedenen Richtungen. Wenn man einen modernen Schalter z. B. mit einem vor 20 oder 30 Jahren hergestellten vergleicht, so überrascht der erzielte Fortschritt. Leider findet man aber heute oft noch Apparate, die, obwohl sie vom elektrischen und mechanischen Standpunkte aus sehr gut durchkonstruiert sind, in der Praxis nicht befriedigen; die Leitereinführungsöffnungen sind zu eng oder weisen für die Leiter zu starke Krümmungen auf, die Gewinde verderben, wenn die Schrauben bei schlecht gesicherten Klemmen etwas stark angezogen werden, Schrauben und Kanäle sind schwer zugänglich usw. Um diese Uebelstände zu beseitigen, sollten die Fabrikanten ihre Konstruktionen durch Montageversuche prüfen, und zwar unter den Bedingungen der wirklichen Praxis.

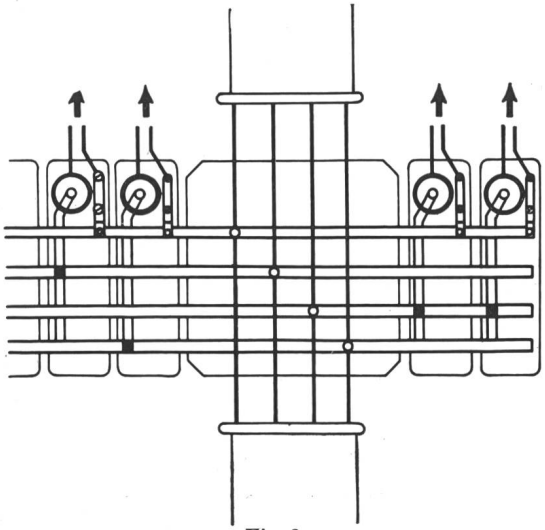

Fig. 2.
Anordnung einer Verbindungsdose mit Sicherungselementen, die beliebig an die verschiedenen Phasen angeschlossen werden können.

Eine andere Art von Schwierigkeiten ist durch die Anwendung des Dreiphasensystems bedingt. Beim Einphasensystem mit drei Leitern oder beim Zweiphasensystem lässt sich die Installation auf zwei Sicherungsgruppen aufteilen, die man auf jeder Seite der Steigleitungsabzweigdose anordnet; auf diese Weise kann man die verschiedenen Elemente mit Hilfe von Schienen verbinden, was eine einfache und übersichtliche Disposition ergibt. Beim Dreiphasensystem besteht diese Möglichkeit nicht mehr, wenn man die Sicherungselemente auf die drei Phasen verteilen will; man muss unübersichtliche Querverbindungen oder Schleifen anbringen, was Kurzschlüsse begünstigt. Um diese Nachteile zu vermeiden, hat man einpolige Sicherungselemente mit vier quer durchgehenden Verbindungsschienen, nämlich drei Phasenleiter und ein Nulleiter, geschaffen; jedes Sicherungselement kann dadurch mit der Nulleiter- oder mit einer der drei Phasenleiterschienen verbunden werden. Eine besondere Abzweigdose enthält ebenfalls die vier durchgehenden Verbindungsschienen und verbindet sie mit den vier Leitern der Hauptleitung. Man kann auf diese Weise die Sicherungselemente zur Ausgleichung der Belastung beliebig auf die drei Phasen verteilen. Dies ist auch noch nach erfolgter Installation möglich, indem nur die Schraube, welche den Kontakt des Sicherungselementes mit der Verbindungsschiene vermittelt, gelöst und bei einer andern Verbindungsschiene eingeschraubt wird.

Die Normalisierung des elektrischen Installationsmaterials durch den SEV bedeutet einen grossen Fortschritt. Sie erlaubt, die Lagerhaltung gewisser Teile zu reduzieren, erleichtert die Reparaturen und Auswechslungen und führt zu einer Senkung der Gestehungskosten. Die Schaffung des Qualitätszeichens des SEV ist ein weiterer Vorteil; es erleichtert den Werken und Installateuren ihre Aufgaben, indem es ihnen Aufschluss über die Qualität der Ware gibt, die sie kaufen. Auch steigert es die Sicherheit der Installationen, weil

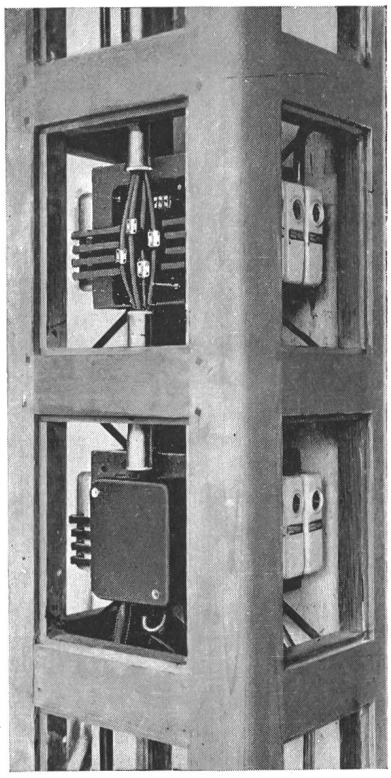

Fig. 3.
Anordnung der in Fig. 2 dargestellten Elemente im Innern einer Holznische.

das Material mit Qualitätszeichen sehr strengen Prüfungen unterworfen wird. Ein Nachteil der Einführung des Qualitätszeichens besteht darin, dass heute der gleiche Apparat von mehreren Fabrikanten in den verschiedensten Modellen, alle mit Qualitätszeichen, geliefert wird; da alle diese Modelle gerechterweise denselben Anspruch auf Zulassung durch das Werk haben, können sich Schwierigkeiten der Lagerhaltung im Hinblick auf die Auswechslung und Reparatur dieser verschiedenen Modelle ergeben.

Die Berechnung eisenloser Schutzdrosselspulen.

Von Prof. Ing. *Robert Edler*, Wien.

Die Nennstromstärke I und die Induktivität L_s cm ($L_s \cdot 10^{-6}$ Millihenry) kann nach den «Leitsätzen für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Ueberspannungen» (Sonderdruck VDE 323) gewählt werden. Ausser den Grundformeln von Stefan und von Hemmeter stehen die bequemeren Näherungsformeln von Korndörfer zur Verfügung; erstere erfordern umständliche Rechnungen, letztere sind viel einfacher und doch hinreichend genau. Alle haben aber den für die praktische Berechnung schwerwiegenden Nachteil, dass sie den Einfluss der Erwärmung im Dauerbetriebe (Nennstrom I) und bei Kurzschluss (Kurzschlußstrom I_K) nicht unmittelbar erkennen lassen, so dass oft Umrechnungen nötig werden, bis man zu einem in jeder Hinsicht befriedigenden Ergebnis gelangt. Der Wunsch, das Kupfergewicht der Spule möglichst klein zu machen, hat nur für den Dauerbetrieb mit dem Nennstrom eine Berechtigung, weil ja eine hohe thermische Kurzschlussfestigkeit der Spule nur durch ein grosses Kupfergewicht erreicht werden kann. Endlich spielen die Werkstätteneinrichtungen und die Geschicklichkeit des Wicklers eine grosse Rolle, weil von ihnen die Ausnutzung der Wickelfläche (Kupferfüllfaktor) abhängt; damit hängt auch der Durchmesserzuwachs des Kupferdrahtes durch die Isolation (Umspinnung, Papierbandumwicklung, Umflechtung) zusammen, der durch die Normblätter für isolierte Drähte (DIN-VDE 6436, April 1926) bestimmt ist.

Der neue Berechnungsweg stützt sich auf die allgemeinen Formeln von Stefan und von Hemmeter und berücksichtigt alle oben erwähnten Einflüsse, er führt aber dabei in sehr einfacher Weise und mit einem nur sehr geringen Aufwand von Rechnungen in jedem Falle unmittelbar zum Ziele, und zwar mit einer für technische Rechnungen vollständig ausreichenden Genauigkeit, da die Fehler, die infolge der herangezogenen Vereinfachungen entstehen, kaum 1 % erreichen.

L'intensité nominale I et l'inductivité L_s cm ($L_s \cdot 10^{-6}$ millihenrys) peuvent être choisies selon les «directives pour la protection des installations électriques contre les surtensions» (tirage à part VDE 323). Outre les formules fondamentales de Stefan et de Hemmeter, on dispose des formules plus pratiques de Korndörfer, donnant une bonne approximation; les premières demandent des calculs compliqués, les secondes sont bien plus simples, tout en étant suffisamment exactes. Néanmoins, toutes ces formules possèdent, pour les calculs pratiques, le grave inconvénient qu'elles ne laissent pas reconnaître sans autre l'influence de l'échauffement en régime permanent (courant nominal I) et lors de courts-circuits (courant de court-circuit I_K), de sorte qu'il est souvent nécessaire d'entreprendre des calculs assez longs pour arriver à un résultat satisfaisant à tous les points de vue. La tendance à réduire le poids du cuivre de la bobine ne se justifie que pour le régime permanent sous le courant nominal, car une haute résistance de la bobine aux courts-circuits ne peut être obtenue qu'en augmentant le poids du cuivre. Finalement, les installations de l'atelier et l'adresse du bobineur jouent un rôle important, car c'est de ces facteurs que dépend l'utilisation de la section de bobinage (facteur de remplissage du cuivre); l'augmentation du diamètre du fil par l'isolement (guipage, tresse, bandage de papier), fixé par les normes pour conducteurs isolés (DIN-VDE 6436, avril 1926) a également son importance.

Le nouveau mode de calcul repose sur les formules générales de Stefan et de Hemmeter et tient compte de tous les facteurs mentionnés plus haut; il conduit dans chaque cas droit au but, très simplement et sans peine, avec une exactitude suffisante pour des calculs techniques, l'erreur causée par les simplifications n'atteignant pas 1 %.

I. Grundformeln.

a) Formel von Stefan.

Die Formel von *Stefan* gilt für die Grenzen $0 \leqq \frac{c}{b} \leqq 1$, also für $c \leqq b$ (Fig. 1). Alle Masse in cm.

Nach *Stefan* [1]) ist dann mit $w =$ Windungszahl:

$$L_s\,(\text{cm}) = w^2 \cdot 4\,\pi \cdot r \cdot \left[\left(1 + \frac{3\,b^2 + c^2}{96 \cdot r^2}\right) \cdot \text{lognat}\,\frac{8 \cdot r}{\sqrt{b^2 + c^2}} - y_1 + \frac{b^2}{16 \cdot r^2} \cdot y_2\right] + K \qquad (1)$$

y_1 und y_2 sind Funktionen von $\frac{c}{b}$; ihre Werte sind an zahlreichen Literaturstellen zu finden, z. B. bei *Orlich* [2]).

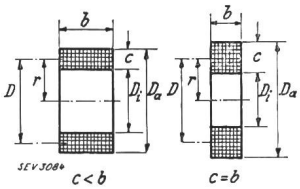

Fig. 1.

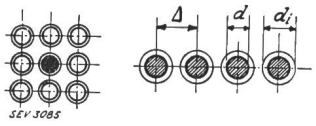

Fig. 2.

K ist ein Korrektionsglied für Runddraht; nach *Stefan* ist bei Berücksichtigung der 8 Nachbardrähte (Fig. 2):

$$K = 4\,\pi \cdot r \cdot w \cdot \left(\text{lognat}\,\frac{\Delta}{d} + 0{,}15494\right) \qquad (2)$$

[1]) *Stefan*, Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften 88/2 (1883), S. 1201; Wiedemanns Annalen der Physik 22 (1884), S. 107; *Orlich*, Kapazität und Induktivität, Verlag Vieweg, Braunschweig (1909), S. 85, Gl. 48a und S. 286, Zahlentafel; *Strecker*, Hilfsbuch für die Elektrotechnik, Verlag Springer, Berlin (1925), 10. Auflage, Bd. I, S. 83. — *Stefans* Formel ist eine Vereinfachung der Formel von *Weinstein* (Wiedemanns Annalen der Physik, Bd. 22 [1884], S. 107; vgl. *Glage*, Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, Bd. 2, S. 509.

[2]) *Orlich*, Kapazität und Induktivität, S. 286.