

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 32 (1941)
Heft: 25

Artikel: Ueber die wesentlichen Bestimmungsgrößen der Ueberspannungsableiter
Autor: Roth, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060053>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephon 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

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

XXXII. Jahrgang

N^o 25

Mittwoch, 17. Dezember 1941

Bericht über die Kurzvorträgeveranstaltung des SEV vom 21. Juni 1941, in Zürich.

Die zweite sog. Kurzvorträgeveranstaltung des SEV, die unter dem Vorsitz von Herrn Dr. h. c. M. Schiesser, Präsident des SEV, am 21. Juni 1941 in Zürich stattfand, war von über 200 Mitgliedern und Gästen besucht. Folgende Vorträge wurden gehalten:

1. Ch. Jean-Richard, Bernische Kraftwerke A.-G., Bern: *La coupure sur une des phases d'un réseau triphasé.*
2. P. Cart, Direktor des EW Le Locle: *Amélioration des conditions de démarrage de moteurs triphasés par la mise en service simultanée de condensateurs.*
3. A. Roth, Direktor der Sprecher & Schuh A.-G., Aarau: *Ueber die wesentlichen Bestimmungsgrössen der Ueberspannungsableiter.*
4. Ch. Degoumois, A.-G. Brown Boveri & Cie., Baden: *Les parafoudres à très haute tension et à très grand pouvoir d'écoulement.*
5. A. Gantenbein, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich: *Forschungsergebnisse im Ueberspannungsableiterbau.*
6. K. Berger, Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen, Zürich: *Der Ueberspannungsschutz von Hausinstallationen.*
7. A. Wertli, A.-G. Brown Boveri & Cie., Baden: *Ueber den Polizeifunk der Stadt Zürich.*
8. B. Storsand, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich: *Grosswasserersetzer.*
9. E. Gerecke, Sécheron S. A., Genf: *Pumpenlose Quecksilberdampfgleichrichter mit Stahlgefäss und Edelgasfüllung.*
Aus Zeitmangel konnte folgendes Referat nicht gehalten werden:
10. Rob. Keller, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden: *Das Flimmern des elektrischen Lichtes, Ursachen und Abhilfsmöglichkeiten.*

Die Referate Nr. 1 und 2 erschienen bereits im Bulletin 1941, Nr. 24, S. 668 und S. 671. Das Referat Nr. 8 erschien in Nr. 22, S. 593. Im folgenden veröffentlichen wir die Referate Nrn. 3, 4, 5, 6, 7 und 10, je mit der Diskussion. Referat Nr. 9 folgt später.

Ueber die wesentlichen Bestimmungsgrössen der Ueberspannungsableiter.

Referat, gehalten an der Kurzvorträgeveranstaltung des SEV vom 21. Juni 1941 in Zürich,

von A. Roth, Aarau.

621.316.933.

Zuhanden der Praxis wird die Bedeutung der Begriffe «Nennspannung», «Nennableitvermögen», «Ansprechspannung bei Stoss» und «Restspannung» erklärt, und es wird dargelegt, welche Rolle diese Grössen bei der Wahl und der Anwendung der Ueberspannungsableiter spielen.

L'auteur explique, à l'intention des praticiens, les notions de «tension nominale», «pouvoir d'écoulement nominal», «tension de fonctionnement au choc» et «tension résiduelle», de même que le rôle que jouent ces grandeurs lors du choix et de l'application des parafoudres.

Ausgehend von den Forschungsarbeiten der FKH und ähnlichen ausländischen Arbeiten haben die drei schweizerischen Firmen, welche Ableiter bauen, in den letzten Jahren eine grosse Entwicklungsarbeit geleistet, um wirklich betriebstüchtige Ableiter zu schaffen. Ich glaube sagen zu dürfen, dass das gesteckte Ziel jetzt weitgehend erreicht ist, wie dies auch aus den von der FKH vorgenommenen Typenproben hervorgeht. Ich darf dies um so eher, als wir alle früher vom Einbau von Ableitern abrieten mit der Begründung, dass ihre Schutzigenschaften und ihre Betriebssicherheit den Betriebsanforderungen nicht genügten. Damit ist der Augenblick gekommen, wo sich der Einbau von Ableitern verallgemeinert und wo sich daher auch Betriebsleiter mit Ableiterfragen beschäftigen müssen, auch solche, die noch keine besonderen Kenntnisse auf diesem etwas abliegenden Sondergebiete besitzen.

Der Betriebsleiter wird als erstes nach den Leitsätzen des SEV vom Jahre 1936 oder zu deren Neuausgabe, deren Entwurf nächstens veröffentlicht wird, und zu den Katalogen der Firmen greifen. Da findet man nun eine ganze Reihe von Begriffsbestimmungen und andere gelehrt scheinende Ausdrücke. Zweck meiner Ausführungen ist, zu zeigen, dass die Sache eigentlich recht einfach ist, es sei denn, dass abnormal schwach isolierte Anlagen vorliegen, wie z. B. bei ältern 50-kV-Netzen. In solchen Ausnahmefällen können aber der Spezial-Ingenieur der Firma oder die FKH zu Rate gezogen werden.

Bei der Wahl eines Ableiters muss man sich nur über zwei Hauptgrössen schlüssig werden: seine *Nennspannung* U_n und sein *Nennableitvermögen*. Der Nennspannung wird oft zu wenig Beachtung geschenkt. Es ist die Spannung, «für die der Apparat bemessen und benannt ist». Sie be-

stimmt die höchste zulässige Betriebsspannung, für welche noch ein sicheres Arbeiten des Ableiters gewährleistet werden kann. Diese liegt nach dem Entwurf der neuen Regeln des SEV für genormte Werte um 15 % über U_n und darf auf keinen Fall überschritten werden. Andererseits sind unnötig hohe Werte der Nennspannung zu vermeiden, da damit auch das Ansprechen erhöht und der Schutzwert verkleinert würde. Der Wahl der Nennspannung kommt praktisch sehr grosse Bedeutung zu. In der Tat ist es oft vorgekommen, dass Apparate mit zu niedriger Nennspannung gekauft wurden, um Einsparungen auf dem Preis zu machen. Z. B. wurde für 33-kV-Netze möglichst noch der Typ 30 kV gewählt. Dies kann sich rächen, da die Betriebssicherheit solcher Apparate ungenügend ist und Durchschläge der Widerstände mit allen ihren unangenehmen Begleiterscheinungen die Folge sein können.

Mehr Ueberlegung erfordert der Entscheid über das gewünschte *Nennableitvermögen*. Dieser Begriff bezeichnet den Höchstwert des Stoßstromes (d. h. des von Blitzschlägen herrührenden Stromes), welchen der Ableiter abführen kann, ohne Schaden zu nehmen. Er wird in Ampere ausgedrückt und auf die Welle $1/30$ bezogen, d. h. einen Stoßstrom von $1 \mu s$ Frontdauer und $30 \mu s$ Halbwertzeit. Die Halbwertzeit ist bekanntlich das Mass für die Dauer des Blitzstromes. Bei längerer Dauer sinkt das Ableitvermögen, bei kürzerer Dauer wird es höher. Die Halbwertzeit von $30 \mu s$ wurde gewählt, weil sie nach unsern heutigen Kenntnissen nicht oft überschritten wird.

Die neuen Leitsätze des SEV sehen vier Nennableitvermögen vor: 1500, 2500, 4000 und 10 000 A. Der nächstliegende Gedanke ist der, Ableiter mit den höchsten Nennableitvermögen zu wählen. Nun hängen aber naturgemäss Preis, Gewicht und Abmessungen vom Nennableitvermögen ab: Man wird sich also fragen, wie gross und von welcher Halbwertzeit die im praktischen Betriebe auftretenden Stoßströme sind. Leider liegen über ihre Höhe nur wenige, über ihre Dauer gar keine Messungen vor. Aufnahmen von Gross & McMorris¹⁾ an 145 dreipoligen Ableitern in Verteilstationen von 11...132 kV Nennspannung während vier Jahren ergaben, dass der Ableiterstrom nur in 4 % der Fälle 4000 A überstieg; in kleinen Transformatorstationen fanden allerdings McEachron & McMorris²⁾ für 24-kV-Netze 4...20 %, je nach Netz. In Anlagen mit Holzmasten waren erwartungsgemäss die Werte höher als in solchen mit Eisenmasten. Leider lassen diese Werte keinen eindeutigen Schluss zu, da, wie bemerkt, die Dauer der Ströme unbekannt ist.

Auch die Rechnung kann nur Anhaltspunkte geben, da es eine Wahrscheinlichkeitsfrage ist, ob und wie stark Aufschaukeln³⁾ auftritt. Eine einfache Stoßspannung von z. B. 500 kV kann rechnungsgemäss auch in Endstationen allerhöchstens 2000 A Ableiterstrom erzeugen. Höhere Werte sind zu er-

warten, wenn die Stromwelle *aufgeschaukelt* wird, wenn also der Blitzschlag in Stationsnähe erfolgt. Verdoppelung erfolgt, wenn bei $30 \mu s$ Blitzdauer die Einschlagstelle näher als 4,5 km von der Station entfernt liegt. Vervierfachung bei 2,2 km. Hier zeigt sich der Faktor Wahrscheinlichkeit.

Wir müssen deshalb heute noch einen erfahrungsmässigen Standpunkt einnehmen. Ich möchte es tun, indem ich von der Ueberlegung ausgehe, dass die Hunderte von alten Ableitern mit 1500 A Nennableitvermögen nur in ganz wenigen Fällen der praktischen Gewitter-Beanspruchung nicht standhielten. Der Schluss ist wohl gestattet, dass moderne Ableiter mit 4000 A Nennableitvermögen eine vollständig ausreichende Sicherheit bieten.

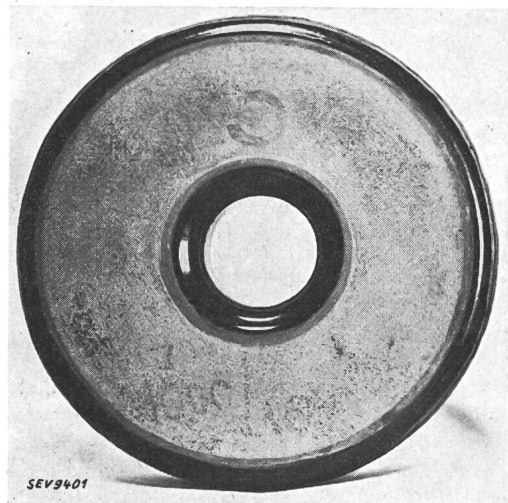


Fig. 1.

Widerstand älterer Bauart, 1500 A Nennableitvermögen.

Wird eine gewisse, wenn auch nicht grosse Wahrscheinlichkeit der Zerstörung in Kauf genommen, so kann auch der 1500-A-Ableiter Verwendung finden.

Welche Fortschritte in bezug auf Ableitvermögen erreicht wurden, mögen Fig. 1 und 2 zeigen: Die erste stellt einen Widerstandsblock alter Bauart für 1500 A dar, die zweite, in gleichem

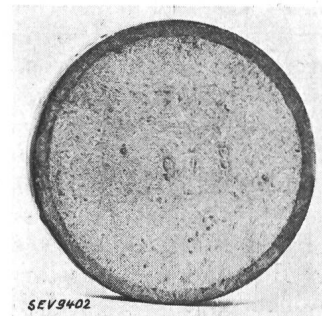


Fig. 2.

Widerstand eines Leuchtblockableiters, 4000 A Nennableitvermögen. Gleicher Maßstab wie Fig. 1.

Maßstab, den Widerstand eines Leuchtblockableiters für 4000 A: die Stromdichte wurde bei vergrößerter Sicherheit auf das 10fache gesteigert.

Neben Nennspannung und Nennableitvermögen sind noch zwei weitere Grössen für jeden Ableitertyp charakteristisch: die *Ansprechspannung* bei

¹⁾ AIEE, August 1940, Bd. 59, Transactions S. 418.

²⁾ Roth-Imhof, Hochspannungstechnik 1938, S. 549.

Stoss und die *Restspannung*. Glücklicherweise hat aber der SEV in seinen neuen Leitsätzen für beide Höchstwerte vorgeschrieben, so dass ihnen für gewöhnlich keine weitere Beachtung geschenkt werden muss, soweit nach diesen Leitsätzen gebaute Typen verwendet werden. Die *Ansprechspannung bei Stoss* bezeichnet den Spannungswert, bei dessen Ueberschreiten der Ableiter anspricht, mit welchem also der zu schützende Anlageteil vor dem Ansprechen kurzzeitig beansprucht wird. Der SEV schreibt vor, dass diese Stossansprechspannung tiefer liegt als

- 2 $\sqrt{2}$ kV für Nennspannungen bis 1 kV,
- (2,8 $U_n + 10$) $\sqrt{2}$ kV für Nennspannungen über 1...45 kV,
- 3 $U_n \sqrt{2}$ für Nennspannungen über 45 kV.

Die *Restspannung* ist der am Ableiter nach dem Ansprechen auftretende Spannungsabfall, die Spannung also, mit der die Anlage auch nach Ansprechen des Ableiters noch beansprucht wird. Sie hat ihre Ursache darin, dass die Ableiter zur Begrenzung des nachfolgenden, durch die Betriebsspannung erzeugten 50-Hz-Stromes einen bestimmten Widerstand aufweisen, an welchem unter dem

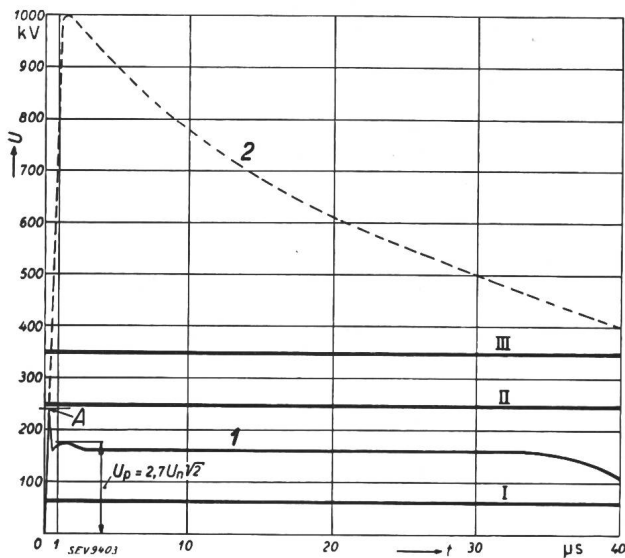


Fig. 3.

Überspannungsvorgänge in einer 45-kV-Station beim Auftreffen einer Spannungswelle von 500 kV ohne (2) und mit (1) Ableiterschutz.

- I Nennspannung $U_n \sqrt{2}$.
- II Stoss-Isolationsfestigkeit der Anlage f. Welle 1/50 (250 kV).
- III Isolationsfestigkeit d. Anlage f. Stirn 1000 kV/ μ s (350 kV).
- 1 Ueberspannung in Anlage mit Ableiter.
- 2 Ueberspannung in Anlage ohne Ableiter.
- A Ansprechspitze des Ableiters für Stirn 1000 kV/ μ s (240 kV).

Einfluss des Ableiterstromes, trotz seiner flachen, vom Ohmschen Gesetz abweichenden Spannungs-Strom-Charakteristik ein Spannungsabfall entsteht, im Gegensatz zur einfachen Schutzfunkenstrecke ohne Widerstand. Die für die Restspannung vorstehend erwähnten Höchstwerte beziehen sich auf den ungünstigen Fall, wo der Ableiterstrom

den Wert des Nennableitvermögens erreicht. Fig. 3 zeigt die geschilderten Verhältnisse für ein 45-kV-Netz.

In 10- und 20-kV-Netzen dürften die vorgeschriebenen Werte für Ansprechspannung und Restspannung in allen Fällen einen ausreichenden Schutz der Anlagen gewährleisten. In alten 45-, 60- und 80-kV-Netzen dagegen liegt die elektrische Festigkeit der Anlagen manchmal so tief, dass an die Ansprechspannung bei Stoss und die Restspannung des verwendeten Ableitertyps besondere Anforderungen gestellt werden müssen, um sie mit der Anlagenfestigkeit in Uebereinstimmung zu bringen. Nach meiner Meinung sollen sie 15, besser 20 % darunter liegen. Solche Fälle müssen zusammen mit dem Erbauer der Ableiter eingehend untersucht und die entsprechenden Ableitergrößen bestimmt und vorgeschrieben werden.

Für die Ansprechspannung bilden gesteuerte Funkenstrecken, für die Restspannung die Verwendung besonderer Widerstandsblöcke Mittel zur Abhilfe.

Zum Schluss sei noch auf die Notwendigkeit einer richtig ausgelegten *Erdungsanlage* verwiesen. *Kein Ableiter ist besser als seine Erdungsanlage*. Auf diesen Zusammenhang kann nicht genug hingewiesen werden. Einmal tritt nämlich in der Erdung selbst ein Spannungsabfall entsprechend ihrem Ohmschen Widerstand auf, bei 20 Ohm und 4000 A z. B. nach dem Ohmschen Gesetz 80 000 V, was bei 10 oder sogar noch 45 kV schon eine starke Beeinträchtigung des Schutzes der Anlage ergibt. Entweder muss also der Erdungswiderstand klein gehalten oder, noch besser, von der Erlaubnis der «Verordnung über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt von elektrischen Starkstromanlagen» Gebrauch gemacht werden, Ableiter- und Schutz-erdung miteinander zu verbinden, wobei dann der Spannungsabfall in der Erdung keine Rolle mehr spielt, da der Ableiter ohne Zwischenschaltung einer Erdelektrode zum schützenden Objekt parallel liegt.

Ferner tritt ein zeitlicher Verzug des Eintretens der Schutzwirkung auf, welcher gleich der Zeit ist, welche eine Welle braucht, um vom Anschlusspunkt des Ableiters über den Ableiter zur Erde und zum Anschlusspunkt zurück zu laufen. Diese Fortpflanzung erfolgt mit 300 m/ μ s. Der Zeitverzug würde beispielsweise für 30 m Länge $\frac{30 \cdot 2}{300} = 0,2 \mu$ s betragen. Aus diesem Grunde soll die Verbindung Anschlußstelle des Ableiters - Erdungsanlage - zu schützendes Objekt kurz gehalten werden.

Ich hoffe gezeigt zu haben, dass die Wahl des richtigen Ableitertyps im allgemeinen eine einfache Aufgabe darstellt. Dazu möchte ich der Ueberzeugung Ausdruck geben, dass, dank der neuen Schutzapparate, der Zeitpunkt nicht mehr fern ist, wo Gewitterstörungen in Stationen zu den Seltenheiten gehören.

2) AIEE, Juni 1938, Bd. 57, Transactions S. 313.

Vorsitzender: Ich danke Herrn Dr. Roth für seinen Beitrag über die wesentlichen Bestimmungsgrößen der Ueberspannungsableiter. Ich glaube, Herr Dr. Roth hat vollständig recht gehabt, wenn er den Fortschritt, der in unserm Lande auf diesem Gebiete in den letzten Jahren von allen Seiten erzielt worden ist, hervorgehoben hat. Wir haben sicher in dieser Richtung etwas getan, und ich glaube nicht fehlzugehen, wenn ich sage, dass unter dem Einfluss der Forschungskommission für Hochspannungsfragen des SEV und VSE diese Geschichte in Fluss gekommen ist. Ich glaube betonen zu dürfen, dass wir auf diesem Gebiet vollständig in die vorderste Front gerutscht sind.

In dem interessanten Beispiel, das Herr Dr. Roth in bezug auf den Faktor der Wahrscheinlichkeit angeführt hat, bin ich mit ihm ganz ausserordentlich einig, und zwar aus einem Grund, der leider sehr oft missachtet wird.

Wir können, wenn wir etwas Neues schaffen, nicht nur von theoretischen Ueberlegungen allein ausgehen, sondern wir müssen unbedingt alle Vorgänge in der Praxis ganz ge-

nau beachten, weil wir sonst nicht wissen, wo die Grenze steckt. Infolgedessen scheint es mir vollständig richtig, dass man die Ueberlegungen anstellt, die Herr Dr. Roth angestellt hat. Vielleicht geht es in 99 oder gar 100 Fällen mit 1500 A; aber man kann bestimmt sagen, dass der Techniker im allgemeinen vor solchen Begriffen nicht Halt macht. Er will sich immer selber übertreffen und geht infolgedessen immer weiter, geht vielleicht noch weiter als auf 4000, auf 10 000, 20 000, 40 000 A! Aber die grundsätzliche Ueberlegung, die Herr Dr. Roth machte, möchte ich allen Herren ans Herz legen. Wir müssen immer die zweckmässige Bezeichnung anhand der Praxis suchen.

Es ist sehr nett, dass Herr Dr. Roth die Erdungsanlage hervorgehoben hat. Die Frage ist ausserordentlich bedeutungsvoll, und ich bin mit ihm da ebenfalls einig. Wenn wir so weiterfahren, werden wir in kurzer Zeit vor Gewittern nicht mehr Angst haben müssen.

Ich möchte Herrn Dr. Roth nochmals danken und Herrn Degoumois bitten, mit seinem Referat zu beginnen.

Les parafoudres à très haute tension et à très grand pouvoir d'écoulement.

Communication faite le 21 juin 1941, à Zurich, en séance de l'ASE,

par Ch. Degoumois, Baden.

621.316.933

Les études effectuées dans le domaine des parafoudres à résistances variables, pour adapter ces appareils aux tensions de service les plus élevées et aux courants d'écoulement les plus forts qui puissent se présenter dans la pratique, posent toute une série de problèmes. L'auteur montre de quelle façon certains de ces problèmes, en particulier celui de la répartition des tensions et celui de la diminution de la tension résiduelle aux grandes intensités de décharge, ont été résolus et comment ils ont amené des modes de construction nouveaux et originaux.

Im Gebiete der Ueberspannungsleiter mit spannungsabhängigen Widerständen wurden Untersuchungen vorgenommen, um diese Apparate den höchsten Betriebsspannungen und den stärksten Ableitströmen, welche sich in der Praxis ergeben können, anzupassen, wobei sich zahlreiche Probleme stellten. Der Autor zeigt, auf welche Weise einige dieser Probleme, im besonderen jene der Spannungsverteilung und der Verminderung der Restspannung bei starken Entladungen, gelöst worden sind und wie sie zu neuen und originellen Konstruktionen geführt haben.

1° Introduction.

Nous assistons actuellement à un développement remarquable des parafoudres, qui procède d'une part, vers des tensions de service toujours plus élevées et d'autre part vers des courants d'écoulement toujours plus grands. Il faut considérer deux stades dans ce développement. Dans le premier, les constructeurs se sont efforcés de perfectionner les éléments constitutifs du parafoudre et de les éprouver à la limite de la résistance des matériaux, afin d'en assurer l'utilisation la plus rationnelle. Dans le second stade, ils ont construit, à l'aide de ces éléments améliorés, des parafoudres s'adaptant aux conditions les plus sévères qui puissent se présenter dans la pratique. Nous allons montrer rapidement comment quelques-uns des problèmes divers soulevés par ce développement ont été résolus. Il importe cependant de bien spécifier au préalable que dans notre esprit, le parafoudre *est et doit rester* un appareil extrêmement simple. C'est à cette condition seulement qu'il pourra remplir pleinement sa tâche et assurer une protection sûre. Les dispositions constructives nouvelles dont nous parlons ci-après, ne comportent donc en application de ce principe, aucun organe mobile; elles fonctionnent d'une manière purement statique, sans l'aide d'aucun agent extérieur et n'exigent ainsi ni entretien ni révisions périodiques.

2° Les parafoudres à très haute tension.

Ils sont établis sur le principe bien connu des résistances variables. Nous ne retiendrons ici que deux aspects particuliers de la question:

a) La répartition des tensions.

C'est un des problèmes spécifiques du parafoudre à très haute tension. On sait que les parafoudres à résistances variables comportent un grand nombre d'éclateurs dits «de désamorçage» enclenchés en série avec ces résistances. Chacun de ces éclateurs constitue une petite capacité C_s . Comme les armatures des éclateurs présentent à leur tour une certaine capacité C_T à la terre, l'ensemble du dispositif peut être représenté électriquement par le réseau de la fig. 1, résultant de la juxtaposition des condensateurs-série C_s et des condensateurs-shunt C_T . On sait que la répartition du potentiel le long de la chaîne AT n'est pas linéaire, mais hyperbolique. Certains éclateurs sont donc soumis à des tensions plus fortes que d'autres, ce qui

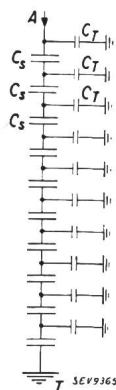


Fig. 1.

Schéma équivalent d'un parafoudre.
 C_s condensateur élémentaire série.
 C_T condensateur élémentaire shunt.

peut présenter de graves inconvénients pendant le phénomène de désamorçage du parafoudre. La courbe *a* de la fig. 2 nous montre à titre d'exemple la répartition du potentiel le long d'un parafoudre composé de 3 éléments. On voit que le premier élément doit supporter à lui seul plus des 72 % de la tension appliquée. Il existe heureusement différents moyens, autres que celui de l'augmentation du