Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 69 (1978)

Heft: 6

Rubrik: Technische Mitteilungen = Communications de nature technique

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: 14.07.2025

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

Technische Mitteilungen – Communications de nature technique

Grundlagen – Sciences et techniques de base

Industrielle Halbleiter-Testverfahren

621.382.004.14 : 62 - 192;

[Nach *W. T. Greenwood, Jr.:* Reliability Testing for Industrial Use, Computer 10(1977)7 S. 26...30]

Die Testmethoden für Halbleiter-Elemente und -Schaltungen haben sich wesentlich gewandelt, seit die Transistordichte von MSI-Elementen von 250 auf über 20 000 Schaltungskreise bei MOS/LSI gesteigert werden konnte. Unter Einbrennen (Burn-in) versteht man einen Prozess, mit welchem integrierte Schaltungen an der zulässigen Grenze physikalisch und elektrisch so beansprucht werden, dass fehlerhafte Elemente innert kurzer Zeit ausgeschieden werden können. Ein Einbrennbetrieb von 168 h bei 125 °C entspricht etwa einer Normalbetriebsdauer von 2000 h, dem Zeitraum also, während welchem fehlerhafte Elemente erfahrungsgemäss im Normalbetrieb ausfallen.

Einbrennen ist heute zu einem festen Bestandteil des Herstellungsprozesses geworden und liegt kostenmässig so günstig, dass der spätere Ersatz von einem von 100 Elementen teurer zu stehen kommt, als der Testvorgang selbst. Wenn heute praktisch alle Halbleiter eingebrannt werden und somit einen extrem hohen Zuverlässigkeitsgrad aufweisen, liegt dies darin, dass die Elementgestaltung wesentlich vereinheitlicht, die MIL-STD-883-Norm verbreitet angewandt und die Testvorrichtung optimal ausgelastet wird und dass eine entsprechende Organisation und Steuerung der Testverfahren zum Einsatz gelangt. *Ch. Pauli*

Energieerzeugung, -umwandlung und -speicherung
Production, transformation et accumulation de l'énergie

Eisenlose Unipolarmaschinen für hohe Energie

621.313.291 : 621.3.014.33;

[Nach *R. Brimbaud* u. a.: L'extrapolation à haute énergie des machines homopolaires sans fer. Rev. Gén. Electr. 86(1977)3, S. 195...202]

Verschiedene Forschungsaufgaben auf dem Gebiet der Plasmaphysik verlangen nach speziell für diesen Zweck gebauten elektrischen Maschinen. In Zusammenarbeit mit der Compagnie Electro-Mecanique entwickelte das französische Laboratoire de Physique des Plasmas eine Baureihe von Unipolargeneratoren für Stossbetrieb, ausgehend von zwei Versuchsmaschinen von 30 kJ und 5 MJ bis zu einem auf 100 MJ extrapolierten Generator. Da die Generatorleistung mit dem Quadrat der magnetischen Induktion wächst – bei konventionellen Maschinen liegt ihr Grenzwert bei 1,5 T – wird hier eine Induktion von etwa 5 T angestrebt. Somit entfallen ferromagnetische Werkstoffe als Träger des Induktionsflusses. An ihre Stelle treten massive Kupferleiter zur Bewältigung der hohen, vom Generator selbsterzeugten Erregerströme.

Die aus der kinetischen Energie des Rotors gewonnene elektrische Energie wird direkt an einen mit dem Generator eine elektrische Einheit bildenden Speichermagneten als Belastungsinduktivität abgegeben. Dies muss während eines Zeitintervalles geschehen, das kürzer ist als die Zeitkonstante der Magnetspule. Beispielsweise erreichte man mit dem 5-MJ-Versuchsgenerator bei Abbremsung aus Volldrehzahl von 10 000 U./min auf Stillstand eine Energie von 2,5 MJ bei einem Stromhöchstwert von 10^6 A in der Magnetspule.

Für die Unipolarmaschine von 100 MJ sind die Abmessungen von Stator und Rotor aus denjenigen des 5-MJ-Generators abgeleitet. Da der Rotor sowohl als elektrischer Leiter wie auch als Speicher kinetischer Energie dient, besteht der leitende Teil aus Bronze hohen Widerstandes, der Schwungradteil dagegen aus Stahl hoher mechanischer Festigkeit.

Zur Stromabnahme zirkuliert Quecksilber in geschlossenem Kreislauf unter hohem Druck bis 200 bar. Der Enddruck wird mit einer elektromagnetischen Pumpe erzeugt, d. h. mit Hilfe elektromagnetischer Kräfte aus dem Zusammenwirken des radialen Statorfeldes mit dem das Quecksilber durchfliessenden vollen Maschinenstrom.

Versuche und Berechnungen zeigen, dass eisenlose selbsterregte Unipolarmaschinen eine interessante Lösung zur Energiespeicherung in Magneten darstellen. Der dabei erzielbare Wirkungsgrad der Aufladung und Rückgewinnung magnetischer Energie wächst mit der Typengrösse und speicherbaren Energie der beteiligten Maschinen. *M. Schultze*

Fortschritte in der Sonnenzellen-Technologie

620.92 : 523.9 - 7 : 621.383;

[Nach *F. C. Treble:* Progress in solar cell technology. Electronic Engineering 49(1977)591, S. 51...53]

Als Wandler von Sonnenenergie in elektrische Energie erhofft man von Sonnenzellen eine grosse Zukunft. Diese werden seit 1958 zur Stromversorgung von Raumfahrzeugen angewendet. Der Preis spielt dort praktisch keine Rolle; das ist ein Sonderfall. Auf der Erde ist die Anwendung der Sonnenenergie dagegen letztlich eine Preisfrage. Heute kosten Sonnenzellen zur Erzeugung von 1 W Leistung rund Fr. 40.–. Bei diesem Preis lassen sie sich nur in Sonderfällen einsetzen, etwa für Geräte in abgelegenen oder schwer erreichbaren Gegenden, Baken für die Seefahrt, automatische Wetterstationen und andere. Für die Anwendung zur Energieerzeugung in grossem Umfang liegt der genannte Preis um ein bis zwei Grössenordnungen zu hoch. Die Preise der Sonnenzellen werden zweifellos mit steigender Nachfrage, mit zunehmender Anwendung der Sonnenenergie sinken.

Sonnenzellen sind ideale Energiewandler. Sie haben keine beweglichen Teile, arbeiten geräuschlos, verschmutzen die Umwelt nicht und verursachen keine Probleme der Abfallbeseitigung. Das Rohmaterial, Silizium, ist in der Erdrinde sehr verbreitet. In zahlreichen Laboratorien auf dem ganzen Erdball wird an der Verbilligung der Sonnenzellen gearbeitet. Dabei werden auch andere Grundmaterialien als Silizium erprobt, z. B. Kadmiumsulfid und Galliumarsenid.

Direktes Sonnenlicht ist zur Gewinnung elektrischer Energie mit Hilfe von Sonnenzellen nicht erforderlich. Auch mit diffusem Licht durch eine Wolkendecke kann Energie gewonnen werden. Nur in wenigen Fällen, z. B. bei Klimaanlagen und bei Bewässerungssystemen im Landbau, passen die zur Verfügung stehende Sonnenenergie und der Energiebedarf zeitlich zusammen. In der Regel wird eine Speicherung der gewonnenen elektrischen Energie in Akkumulatoren notwendig sein.

Die abgegebene Leistung von Sonnenzellen lässt sich durch Konzentrieren des Sonnenlichtes auf die Zellen steigern. So konnte mit einer 2000fachen Konzentration des Sonnenlichtes bei einer Galliumarsenid-Zelle eine Leistung von 40 W/cm² gewonnen werden. Die Zukunftsaussichten für die Energiegewinnung durch Sonnenzellen schätzt man in den USA günstig ein; die Energy Research and Development Agency rechnet im Jahre 1986 mit einer Produktionskapazität von 500 MW, im Jahre 2000 mit einer solchen von 50 GW. *H. Gibas*

Verteilung und Umformung der elektrischen Energie
Distribution et transformation de l'énergie électrique

Giessharzisolatoren in Mittelspannungsnetzen

621.315.62 : 621.315.616.96 : 621.316.1;

[Nach *H. Strecker:* Giessharz-Isolatoren in regionalen Mittelspannungsnetzen, Elektrizitätswirtschaft 76(1977)10, S. 271...275]

Die günstigen Erfahrungen, die mit Giessharzisolatoren aus Epoxydharzen als Stützer, für Endverschlüsse und Durchführungen in Innenräumen gemacht wurden, ermutigten dazu, diese trotz gewisser Bedenken auch für Anwendungen im Freien zu erproben. Dies besonders deshalb, weil bei keramischen Isolatoren häufig Störungen durch Bruchschäden auftraten, die bei Gewitterstörungen durch Lichtbogeneinwirkung entstanden.

Obwohl in Hochspannungsnetzen mit Isolatoren aus Silikonkautschuk mit glasfaserverstärktem Kunstharzkern gute Erfah-

rungen gemacht wurden, drängte sich für Mittelspannungsnetze aus Kostengründen eine andere Lösung auf. Sie wurde in der Weiterentwicklung der für Innenräume bereits bewährten cycloaliphatischen Giessharze durch Beigabe von speziellen Härtern, eisenoxydfreien Farbpasten, besonders entwickelter Beschleuniger und Füllstoffe gefunden. Es war damit möglich, die gewünschte Erhöhung der Kriechstrom- und Lichtbogenfestigkeit und auch eine Verbesserung der Flammwidrigkeit zu erreichen. Weitere Untersuchungen, welche insbesondere über die Isolationsfestigkeit mit Kurzschlußströmen bis zu 14,5 kA und 0,5 s Dauer durchgeführt wurden, zeigten, dass auch unter diesen für Mittelspannungsnetze extremen Bedingungen keine merkliche Beeinträchtigung der Stehstoss- und der Stehwechselspannungsfestigkeit eintritt.

Als Ergebnis aller durchgeführten Versuche wurde festgestellt, dass die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Giessharzkörper wesentlich besser sind als die der bisher verwendeten Porzellanisolatoren, was sowohl für Hänge- wie auch für Stützisolatoren gilt. Es ist somit möglich, die durch Störlichtbögen verursachte relativ hohe Schadensquote in Mittelspannungsnetzen durch Verwendung von Giessharzisolatoren beträchtlich herabzusetzen.

Hinsichtlich der Prüfung von Giessharzisolatoren wäre zu bemerken, dass die Prüfbestimmungen nach VDE 0446 auf keramische Werkstoffe abgestellt sind. Es wäre deshalb zu empfehlen, diese entsprechend zu ergänzen, vor allem unter Vornahme einer Klassifizierung nach der Lichtbogenbeständigkeit. *E. Müller*

Nachrichtentechnik – Technique des communications

Optische Übertragung

621.391.64

[Nach *W. S. Boyle:* Light-Wave Communications, Sci. Amer. 237(1977)2, S. 40...48]

Hauptelemente eines optischen Übertragungssystems sind die Lichtquelle, die Glasfaser als Übertragungsmedium und der Lichtdetektor. Es wird dabei in der Regel Pulscodemodulation verwendet, weil in diesem Fall ein Geräuschabstand von nur etwa 20 dB durchaus genügt. Als Lichtquellen kommen sowohl Leuchtdioden (LED) als auch Halbleiterlaser zur Anwendung, die im Infrarotbereich betrieben werden. Der Hauptvorteil der Leuchtdioden ist ihre hohe Zuverlässigkeit; die Laser dagegen liefern etwa fünfmal höhere Lichtleistung mit günstigerem Spektrum (praktisch monochromatische Strahlung), was höhere Schrittgeschwindigkeit, mithin erhöhte Übertragungskapazität erreichen lässt. Dies wird auch durch die Verwendung von Glasfasern mit radial sprungweise oder kontinuierlich abnehmendem Brechungsindex (Gradientenfaser) begünstigt. Mit solchen Glasfasern wird heute eine Dämpfung von nur etwa 5 dB/km erreicht. Das technologisch schwierige Problem der Verbindung von Fabrikationsabschnitten der Faser ist soweit gelöst worden, dass die Verbindungsstellen nur etwa 0,5 dB zur Gesamtdämpfung beitragen. Als Fotodetektoren werden entweder PIN-Dioden oder Avalanche-Fotodetektoren verwendet, wobei die letzteren etwa zehnmal günstigere Geräuschverhältnisse gewährleisten.

Nach einer Reihe von Versuchen, die 1976 in Atlanta von den Bell Laboratories und Western Electric Co durchgeführt wurden, befindet sich ein optisches Übertragungssystem im Versuchsbetrieb auf einer 10 km langen Strecke in Chicago. Als Lichtquellen werden Ga-Al-As-Laser, aber auch Leuchtdioden verwendet. Das unterirdisch verlegte Kabel von etwa 13 mm Durchmesser enthält 2 verseilte Bänder zu 12 Glasfasern, was mit einer Übertragungskapazität jeder Faser von 44,7 Mbit/s eine Gesamtkapazität von 8064 Fernsprechkanälen in beiden Übertragungsrichtungen ergibt. Die ohne Zwischenregeneratoren überbrückbare Entfernung beträgt ungefähr 14 km. Die zu einer Gesamtlänge von etwa 70 km nacheinandergeschalteten Faserabschnitte mit 11 Zwischenregeneratoren wurden dabei auch im Versuchsbetrieb erprobt. Die bisherigen Ergebnisse haben sich als durchaus befriedigend erwiesen. Weitere Entwicklungsarbeiten haben u. a. zum Ziel, die Umwandlung in die elektrischen Signale bei der Regeneration und Umschaltung durch die Einführung einer integrierten Optik zu ersetzen. *J. Fabijanski*

Verschiedenes – Divers

Neue Erkenntnisse über die Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen

614.825 : 621.316.9;

[Nach *G. Biegelmeier:* Über die Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen. Elektrotechnik und Maschinenbau 94(1977)3, S. 107...118]

Am 9. März 1977 hielt *G. Biegelmeier* beim Österreichischen Verband für Elektrotechnik einen bedeutungsvollen Vortrag, in dem er über Versuche berichtete, die teils zur Klärung widersprüchlicher Auffassungen führten, teils vollständig neue Erkenntnisse erbrachten. Es besteht heute kein Zweifel mehr darüber, dass das Herzkammerflimmern die Hauptursache des Todes durch die Elektrizität darstellt. Die einzige Möglichkeit, Anhaltspunkte für die Flimmerschwelle zu bekommen, bilden Tierversuche, wobei Schweine, Hunde und Schafe in bezug auf die Herzfunktionen am ehesten menschenähnliches Verhalten zeigen. Leider stand bei früheren Versuchen nicht immer eine genügende Zahl von Versuchstieren und nach heutigen Begriffen auch kein taugliches Instrumentarium zur Verfügung, so dass es zu Fehlschlüssen kam. Neuere Untersuchungen bestätigen immerhin die Richtigkeit der Ergebnisse der amerikanischen Forschergruppe von *L. P. Ferris* (1936) und *W. B. Kouwenhoven* (1959). Danach ergibt sich für die minimalen, zum Kammerflimmern führenden Stromstärken (Wechselstrom) in Abhängigkeit der Einwirkzeit ein Z-förmiger Verlauf. In einer vulnerablen Periode, deren Dauer etwa $^1/_4$...$^1/_3$ der ganzen Herzperiode umfasst, kann schon ein Reiz von einer halben Wechselstromperiode Flimmern auslösen. Allerdings sind die Impedanzen bei üblicher Durchströmung des menschlichen Körpers so hoch, dass in Niederspannungsanlagen nur in Extremfällen, z. B. bei Durchströmungen im Bade, die notwendigen Reizwerte erreicht werden. Diese Werte bleiben bis zu einer Dauer von etwa einer halben Herzperiode konstant. Bei länger dauernder Einwirkzeit sinkt die Grenzstromstärke allmählich ab und geht bei etwa 1...2 Herzperioden in jenen unteren Dauerwert über, der sich im Niederspannungsbereich bei jedem Durchströmungsweg einstellen kann.

Daraus erkennt man, dass die Zahl der Todesfälle als Folge elektrischer Einwirkung ganz wesentlich gesenkt werden könnte, wenn er gelänge, bei einer Elektrisierung spätestens nach einer Einwirkzeit von der Dauer einer halben Herzperiode den Stromfluss zu unterbrechen. Fliesst der Strom durch den menschlichen Körper nach Erde, so kann der Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter) diese Aufgabe übernehmen. Es fragt sich nur, welchen Ansprechstrom der Schalter im Minimum aufweisen soll. Durchströmungsversuche an einem Menschen haben gezeigt, dass manchmal bereits FI-Schalter mit einem Nennansprechstrom von 100 mA auslösten. Schalter mit 30 mA sprechen oft schon bei Berührungsspannungen über 50 V an.

Bei diesen Versuchen wagte man wohl erstmals, einen Menschen während etwa 10 ms Spannungen von bis zu 200 V auszusetzen. Die Versuche erbrachten auch einige für die Sicherheit sehr wertvolle Nebenresultate. Vor allem wurde erkannt, dass entgegen bisheriger Auffassung der Körperinnenwiderstand wahrscheinlich einen kleinen kapazitiven Anteil aufweist. Hochinteressant ist auch die Feststellung, dass der Begrenzungswiderstand R_b des Körpers für den Scheitelwert des Einschaltstromes über den ganzen Spannungsbereich von 0...200 V praktisch konstant bleibt. Nimmt man R_b zu etwa 1000 Ω an, so ergibt sich bei einer Einwirkspannung von 220 V ein Einschaltspitzenstrom von mehr als 300 mA.

Es bleibt zu hoffen, dass alle Resultate der letzten Versuche möglichst bald ihren Niederschlag in den internationalen und nationalen Normenwerken finden werden. *E. Homberger*