

Technische Mitteilungen = Communications de nature technique

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **68 (1977)**

Heft 24

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Grundlagen – Sciences et techniques de base

Kernfusion: Tokamak im Blickfeld

621.039.619 (73);

[Nach Don Steiner: Nuclear Fusion, focus on Tokamak, IEEE Spectrum, 14(1977)7, p. 32...38]

Der Aufsatz behandelt die Probleme, die in den USA zurzeit bearbeitet werden, um bis zum Jahr 2000 ein betriebsfähiges Kernkraftwerk auf der Basis der Kernverschmelzung (Fusion) zu erstellen.

Um bei der Fusion Energie gewinnen zu können, muss ein Plasma auf eine bestimmte, sehr hohe Temperatur gebracht werden und während einer genügenden Zeit in einem bestimmten Volumen verdichtet bleiben. Das kleinste Produkt aus Dichte und Zeit wird mit einer Mischung Deuterium-Tritium erreicht: $10^{13} \dots 10^{14} \text{ cm}^{-3} \text{ s}$. Diese Verdichtung kann auf zwei verschiedene Arten erzielt werden, nämlich durch ein Magnetfeld oder durch Trägheit der Plasmateilchen. Im Tokamak wird die Magnetverdichtung angewandt, wobei Dichten von 10^{14} bis 10^{15} während 1 s erreicht werden sollen. Die entsprechenden Zahlen für die Trägheitsverdichtung wären $10^{25} \dots 10^{26}$ während 10^{-9} s.

Man unterscheidet zwischen kontinuierlich und pulsierend arbeitenden Systemen bezüglich der Art der Energiezufuhr. Auch muss die Aufheizzeit, die Reaktionszeit und die Dauer der Entfernung des nichtverbrauchten Plasmas in Rechnung gesetzt werden.

Von den benötigten Brennstoffen findet man das Deuterium in reichen Mengen im Wasser. Tritium muss mit Hilfe von Deuterium und Lithium in einem Kernreaktor hergestellt werden. Auch Lithium steht reichlich zur Verfügung.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt ist es vorteilhaft, mehrere (2...5) Fusionsreaktoren in einer Zentrale zu vereinigen, da die Hilfsanlagen gemeinsam benutzt werden können. Für die folgenden Betrachtungen wird mit 2 Reaktoren von je 750 MW_{e1} gerechnet. Man benötigt zwei energieliefernde Maschinen, eine für den Plasmastrahl und eine für den Neutronenstrahl, der das Plasma aufheizen muss. Diese Anlage muss noch entwickelt werden.

Bei einem Tokamakgenerator rechnet man mit 20 min Brennzeit und 1 min Abkühlzeit. Bei zwei Reaktoren in einer Zentrale müsste also alle 10 min während etwa 10 s Energie zur Einleitung der Fusion geliefert werden, d. h., dass die Generatoren zweckmässig mit Energiespeichern versehen werden. Die ringförmigen Reaktionsgefässe haben einen ovalen Querschnitt (1,5 auf 6 m) und werden mit D-förmigen, supraleitenden Spulen von 7×10 m Abmessung umgeben, die eine Induktion von 8 T erzeugen müssen. So grosse Spulen sind bisher noch nie gebaut worden.

Das Reaktorgefäss soll eine Wandstärke von 80 cm aus nichtrostendem Stahl besitzen. Ein zweites Gefäss von 70 cm Wandstärke wird das erste umschliessen, um die supraleitenden Spulen vor streuenden Strahlungen zu schützen. Die Wärmeübertragung erfolgt in 2 Stufen mittels zirkulierender Salzlösungen. Die 2. Stufe erhitzt dann den Dampf für die Turbinen (Wirkungsgrad der Wärmeübertragung 35 %). Es scheint zweckmässig, die gesamte Anlage in einen evakuierten Raum einzuschliessen, denn man kann das Reaktortoroid damit einfacher dicht halten, da wenig Druckdifferenz besteht. Die Wahl eines Materials, das das Neutronenbombardement ohne zu grossen Schaden ertragen kann, ist noch zu treffen. Es scheint, dass austenitischer Stahl am besten geeignet ist. Der Umweltschutz ist beim Fusionsreaktor leichter zu bewältigen als beim Fissionsreaktor.

Zuerst muss aber noch bewiesen werden, dass im Tokamak die Fusion überhaupt möglich ist. Die im Bau befindliche Versuchsanlage soll 1981 den Beweis erbringen. Wenn dieser Versuch gelingt, so wird man den Bau des ersten Fusionskraftwerkes beginnen. Die Bau- und Versuchskosten werden auf 10 bis 15 Mia \$ geschätzt. Die Anlage sollte dann im Jahre 2000 betriebsbereit sein.

R. Goldschmidt

Dielektrische Verluste von Isolierstoffen bei tiefen Temperaturen

537.226.3 : 536.483

[Nach W. E. Anderson und R. S. Davis: Measurement of AC Insulation Losses at Kryogenic Temperatures. IEEE Trans. EI-12(1977)1, S. 51...54]

Bei supraleitenden Kabeln für die Übertragung elektrischer Energie muss eine Temperaturerhöhung, die von der dielektrischen Erwärmung der Isolierstoffe herrührt, besonders sorgfältig berücksichtigt werden. Als Höchstgrenze für den Verlustwinkel $\text{tg } \delta$ werden hierbei Werte von etwa $4 \cdot 10^{-6}$ bis $2 \cdot 10^{-5}$ angesehen. Da bei starren Kabeln im wesentlichen flüssiges Helium Verwendung findet, müssen lediglich die dielektrischen Verluste der Abstandhalter der konzentrischen Leiteranordnung berücksichtigt werden. Schwieriger sind die Verhältnisse bei flexiblen Kabeln, bei denen Folienlagen als Isolierstoffe verwendet werden, deren dielektrische Verluste nicht vernachlässigt werden können.

Die Messung des $\text{tg } \delta$ von Isolierfolien bei tiefsten Temperaturen wurde mit einer Kompensationsbrücke vorgenommen, bei welcher das Messobjekt zwischen den Platten eines praktisch verlustlosen Messkondensators direkt in flüssigem Helium bei 4,2 K gelagert wurde. Die Messergebnisse, die an einer Reihe von gebräuchlichen Isolierfolien gefunden wurden, enthält Tab. I.

Verlustwinkel einiger Isolierfolien bei 60 Hz und 4,2 K Tabelle I

Material	Dicke µm	Höchste Messspannung V _{eff}	$\text{tg } \delta \cdot 10^6$ bei Maximal- spannung	$\text{tg } \delta \cdot 10^6$ bei 200 V _{eff}
Polyamid (Nicht orient.)	40	1000	27	24
Polycarbonat (uniaxial orient.)	75	2000	69	61
Polyäthylen (biaxial orient., quervernetzt)	100	2000	9	6,5
Polypropylen (Nicht orient.)	125	2000	7	3
Polypropylen (biaxial orient.)	30	1200	26	24
Polysulfon glasklar	100	1000	100	96
Polysulfon blau	140	3000	126	113
Polysulfon grün	140	1200	110	105
Polysulfon grün (mit Na verunrein.)	110	1000	82	79

Um den Einfluss von Paraffinöl zu erfassen, wurden auch 30 µm dicke Polypropylenfolien untersucht, die ein- oder beidseitig mit Paraffinöl bedeckt waren. Es zeigte sich, dass eine relativ geringfügige Spannungsabhängigkeit des $\text{tg } \delta$ bei Feldstärken von 5...40 kV/mm besteht und dass ausserdem die Werte nur knapp über der eingangs festgelegten Grenze liegen. E. Müller

