

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 51 (1960)  
**Heft:** 21  
  
**Rubrik:** Diskussionsbeiträge

### **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:** 17.03.2025

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

Mittel, die zur Aufrechterhaltung einer rationellen und störfreien Energie-Übertragung unentbehrlich sind.

#### Literatur

- [1] Robert, R.: Comparaison sous l'angle de la stabilité des divers types de réenclenchement sur les réseaux de transport et d'interconnexion. Bull. Soc. franç. Electr. 7. Ser., Bd. 2(1952), Nr. 21, S. 516...525.
- [2] Meyer, H.: Der Brown-Boveri-Druckluftschalter für das 380-kV-Netz. Bull. SEV Bd. 44(1953), Nr. 4, S. 157...162.
- [3] Cabanes, L., C. Dietsch und Divan: La longueur des lignes limite-t-elle l'emploi du réenclenchement automatique monophasé dans les réseaux de transport d'énergie à très haute tension? Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), 15. Session 1954, Bd. 2, Rapp. 142. 12 S.
- [4] Matthey-Doret, A. und A. Leuthold: Netzschutzversuche mit Schnellwiedereinschalten in einem Höchstspannungsnetz. Brown Boveri Mitt. Bd. 41(1954), Nr. 9, S. 351...353.
- [5] Gillies, D. A.: Operating Experience with 230 kV Automatic Reclosing on Bonneville Power Administration System. Trans. AIEE, Part 3, Power App. & Syst., Bd. 73(1954), Nr. 16 (Febr. 1955), S. 1692...1696.
- [6] Norlin, L.: Snabbåterinkoppling av högspänningsbrytare. Tekn. Tidskr. Bd. 85(1955), Nr. 9, S. 177...180.
- [7] Quervain, A. de: Einsatz von Trägerfrequenzgeräten in Hochspannungsnetzen. Brown Boveri Mitt. Bd. 42(1955), Nr. 7/8, S. 251...261.
- [8] Hahn, C.: Frequency-Shift-Kanäle und ihr Einsatz zum Fernsteuern, Rückmelden und Kuppeln des Schnelldistanzschutzes. Brown Boveri Mitt. Bd. 42(1955), Nr. 7/8, S. 288...291.
- [9] Schär, F. und P. Baltensperger: Kurzschlussversuche mit Schnellwiedereinschaltung auf der 220-kV-Leitung Mettlen-Lavorgo. Bull. SEV Bd. 46(1955), Nr. 17, S. 762...784.
- [10] Frey, W.: Die Stabilitätsprobleme des Parallelbetriebes. Diss. ETH. Zürich: Truninger 1956.
- [11] Thommen, H.: Les progrès les plus récents réalisés dans le domaine des disjoncteurs pneumatiques. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), 16. Session 1956, Bd. 2, Rapp. 119, 23 S.
- [12] Müller, M. F., F. Gygax, C. Hahn und P. Baltensperger: Schutz von Höchstspannungsnetzen unter Berücksichtigung der einphasigen Wiedereinschaltung bei sehr langen Leitungen. Brown Boveri Mitt. Bd. 45(1958), Nr. 6, S. 243...253.
- [13] Dana, G.: Experience with High-Speed Reclosing. Electr. Engng. Bd. 67(1948), Nr. 10, S. 942...944.
- [14] Maikopar, A. S. und N. N. Beljakow: Arcing Short-Circuits on 400 kV Transmission Lines and Methods of Dealing with Them. Električestvo Bd. -(1958), Nr. 1, S. 19...25. (Ref. in ETZ-A Bd. 80(1959), Nr. 6, S. 185.)
- [15] Berkowitsch, M. A. und W. A. Semjonow: Schadenstatistiken bei russischen 110- und 220-kV-Leitungen und Vorschläge zur Vereinfachung des Relaischutzes. Arch. Energiewirtsch.-Z. Energiewesen Bd. 13(1959), Nr. 8, S. 324...335. (Aus Električeskije stanii Bd. -(1959), Nr. 1, S. 61...65.)
- [16] Spriegel, W.: Kurzunterbrechung in Höchstspannungsnetzen mit starr geerdetem Sternpunkt. BBC-Nachr. Bd. 42 1960, Nr. 8, S. 421...428.
- [17] Crawford, F. W. und H. Edels: The Reignition Voltage Characteristics of Freely Recovering Arcs. Proc. IEE Bd. 107 (1960), Part A, Nr. 32, S. 202...212.
- [18] Trainor, J. J. und C. E. Parks: Single-Pole Relaying and Reclosing on a High-Voltage System. Electr. Engng. Bd. 66 1947, Nr. 5, S. 467...470.

#### Adresse des Autors:

Dr. sc. math. P. Baltensperger, AG Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

### Diskussionsbeiträge

Dr. sc. techn. W. Wanger, Direktor der AG Brown, Boveri & Cie, Baden: Ich möchte noch einen Punkt aus dem Vortrag von Dr. P. Baltensperger kurz herausgreifen. Er machte darauf aufmerksam, dass die Stabilität in stark vermaschten Netzen im allgemeinen recht gut ist, auch wenn man dreipolig unterbricht und wieder einschaltet; dass dagegen die Verhältnisse bedeutend ungünstiger liegen, sofern zwei Netzteile nur durch eine einzige Übertragungsleitung miteinander verbunden sind. Hier kann meistens die Stabilität bei voller Belastung der Leitung nicht gesichert werden, wenn man dreipolig unterbricht und wieder einschaltet. In diesem Fall bietet daher die einpolige Schnellwiedereinschaltung einen grossen Vorteil.

Bei einer einzigen Übertragungsleitung sind die Vorteile der Schnellwiedereinschaltung überhaupt am einleuchtendsten; denn bei einer blossen Abschaltung der gestörten Leitung würden ja die beiden Netzteile vollständig getrennt, während die Methode der Schnellwiedereinschaltung zum mindesten in der Mehrzahl der Fälle ermöglicht, dass die Netzteile nach Eliminierung der Störung verbunden bleiben und die Stabilität des Parallelbetriebes gewahrt wird.

Man kann sich nun aber fragen, was denn der Nutzen dieser Methode in einem stark vermaschten Netz sei. Es gibt Fälle mit mehreren Verbindungsleitungen, bei denen eine vollständig unterbrochen werden könnte, ohne dass deswegen die Stabilität des Parallelbetriebes gestört würde. R. Robert von der Electricité de France hat bereits 1953 auf diese Verhältnisse hingewiesen und in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam gemacht, dass die Schnellwiedereinschaltung in einem stark vermaschten Netz unter Umständen sogar schädlich wirken kann, weil auch auf einen permanenten Fehler nochmals eingeschaltet wird. Dadurch entsteht unmittelbar nach dem ersten Kurzschluss noch ein zweiter, der natürlich die Stabilität des Parallelbetriebes ungünstig beeinflusst. Das könnte aber vermieden werden, wenn man lediglich die gestörte Leitung selektiv abschalten und auf eine Schnellwiedereinschaltung verzichten würde. Immerhin ist zu berücksichtigen, dass die permanenten Fehler wesentlich weniger häufig sind als die vorübergehenden, bei denen die Schnellwiedereinschaltung niemals nachteilig wirkt.

Meine Bemerkungen dürfen nun nicht so ausgelegt werden, als ob ich den Wert dieser Methode in Zweifel ziehen wollte. Aber nachdem in allen Vorträgen — mit Recht — das Lob der Schnellwiedereinschaltung gesungen worden ist, war es vielleicht doch zweckmässig, am Schluss noch darauf hinzuweisen, dass der Nutzen dieser Methode zum mindesten geringer wird, wenn man es mit stark vermaschten Netzen zu

tun hat. Am wertvollsten ist die Schnellwiedereinschaltung in schwach vermaschten Netzen, und ganz besonders gute Dienste leistet sie im Extremfall einer einzigen Verbindungsleitung.

G.-A. Gertsch, Micafil S.A., Zurich: L'utilisation d'un système de télécommunications par ondes porteuses sur lignes à haute tension, pour transmettre les ordres de déclenchement simultané des disjoncteurs situés aux deux extrémités d'une ligne, est, comme vient de nous le montrer M. P. Baltensperger, une solution élégante et moderne. Il est alors nécessaire d'installer à chaque extrémité de la ligne un ou deux condensateurs de couplage, ou mieux un jeu de transformateurs de tension capacitifs, dont les colonnes de condensateurs pourront être utilisées comme dispositif de couplage. Notons en passant que les capacités employées généralement en Suisse pour ces appareils n'ont pas d'influence néfaste sur l'arc résiduel du fait de leurs faibles valeurs, par exemple de l'ordre de 4000 pF pour les appareils à 245 kV de tension de service la plus élevée, ce qui correspond à la capacité contre terre d'environ 500 m d'une ligne de la tension de service sus-mentionnée.

Afin d'éviter aux exploitants des réseaux de fâcheuses expériences lors de l'utilisation de transformateurs de tension capacitifs sur des lignes équipées du réenclenchement rapide, je désire faire les quelques remarques suivantes:

Un transformateur de tension capacitif se compose en principe (fig. 1) d'un diviseur de tension capacitif  $C_1$ ,  $C_2$ , d'un transformateur réducteur  $T$  et d'une bobine de selfinduction  $L_1$ , connectée en série avec ce transformateur et qui compense la chute de tension dans le diviseur. A l'aide de ce schéma, étudions ce qui se passe pour le transformateur d'une phase saine d'un réseau lors du déclenchement d'une ligne équipée du réenclenchement rapide tripolaire: Le courant sera coupé lors de son passage par zéro. A cet instant la tension de la ligne a une valeur variable suivant le déphasage existant entre la tension et le courant de la ligne juste avant le déclenchement. La ligne reste alors chargée de même que le diviseur capacitif. Sa capacité  $C_2$ , qui est en parallèle avec le transformateur  $T$  et la bobine de selfinduction  $L_1$  se décharge en une oscillation non harmonique au travers de ces derniers, comme on peut le voir sur les deux oscillogrammes de la fig. 2 (en particulier courbes 3 et 4). A l'instant du réenclenchement de la ligne, les deux capacités du diviseur ainsi que la ligne sont donc chargées à des tensions qui influencent bien entendu les valeurs des courants d'enclenchement de la ligne et du transformateur de tension capacitif, en par-

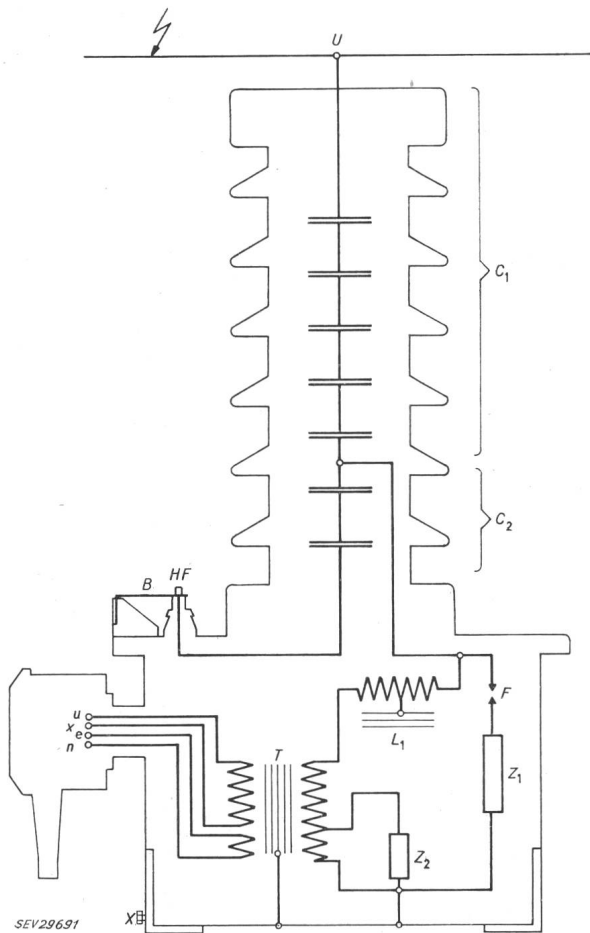


Fig. 1

**Schéma de principe des transformateurs de tension capacitifs Micafil des séries WN et WP**

$C_1$  capacité haute tension;  $C_2$  capacité moyenne tension;  $T$  transformateur réducteur du type inductif bobiné;  $L_1$  bobine de self-induction moyenne tension;  $F$  éclateur de protection;  $Z_1, Z_2$  impédances du dispositif de protection contre les ferro-résonances;  $X-U$  raccords primaires;  $HF$  connexion haute fréquence;  $x-u, n-e$  bornes secondaires;  $B$  étrier de mise à terre de la borne haute fréquence

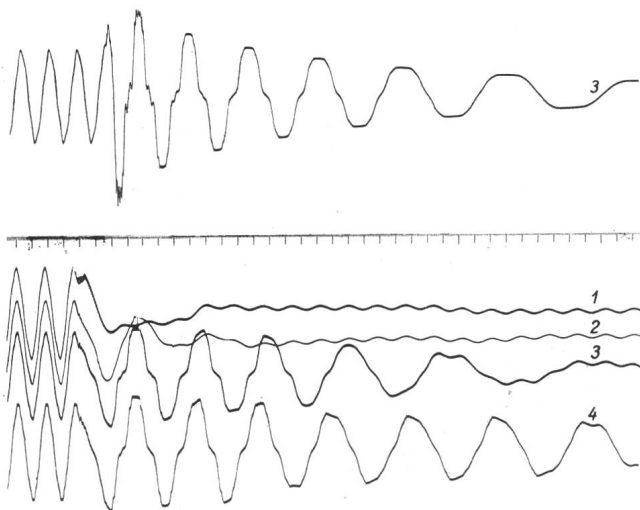


Fig. 2

**Oscillogrammes de la tension secondaire de transformateurs obtenus lors du déclenchement de la ligne à laquelle ils étaient raccordés**

1 transformateur bobiné; 2 transformateur de tension capacitif Micafil du type WN; 3 transformateur de tension capacitif Micafil du type WP équipé d'un dispositif d'essai destiné à le protéger contre les résonances sous-harmoniques; 4 transformateur de tension capacitif Micafil du type WN dépourvu de son dispositif de protection contre les ferro-résonances

ticulier du courant traversant le transformateur réducteur  $T$  à noyau de fer. Ce courant sature plus ou moins fortement cette inductance, ce qui peut nettement favoriser l'apparition d'oscillations de résonance sous-harmonique ou d'oscillations de relaxation, pour autant qu'aucune mesure propre à les empêcher n'ait été prise. Pour vérifier l'exactitude des phénomènes décrits ci-dessus, ainsi que l'efficacité du système

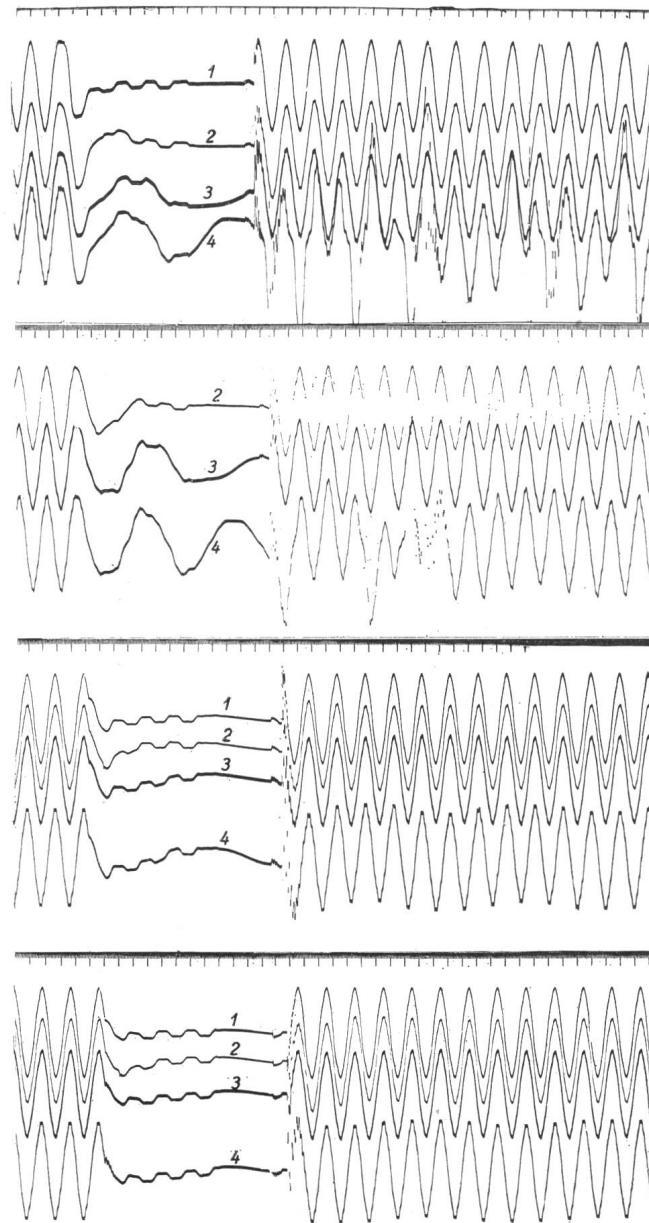


Fig. 3

**Oscillogrammes de la tension secondaire de transformateurs obtenus lors du réenclenchement rapide de la ligne à laquelle ils étaient raccordés**

1...4 même signification que pour la fig. 2

de protection adopté par Micafil, nous avons effectué de nombreux essais, en particulier à la station de la FKH à Mettlen, avec des appareils équipés de leur protection, tandis que d'autres en étaient dépourvus. Comme il est possible de le constater sur les oscillogrammes de la fig. 3, l'instant auquel se produit le déclenchement par rapport à la phase de la tension, ainsi que l'instant correspondant du réenclenchement ont une très grande influence sur les surtensions qui apparaissent au secondaire d'un appareil non protégé (Courbe 4 de chaque oscillogramme). La courbe 2 de chaque oscillogramme indique clairement que la protection utilisée pour nos appareils des séries WN et WP est très efficace, ce qui permet l'utilisation de ces transformateurs de tension capacitifs dans les réseaux équipés du réenclenchement rapide sans crainte de les voir donner naissance de leur côté secondaire à des oscil-

lations n'existant pas de leur côté primaire, c'est-à-dire dans le réseau. De même les oscillations transitoires ont des amplitudes et des durées si faibles qu'elles ne peuvent troubler le fonctionnement d'aucun des appareils branchés à leurs bornes secondaires. La courbe 3 de ces oscillogrammes nous

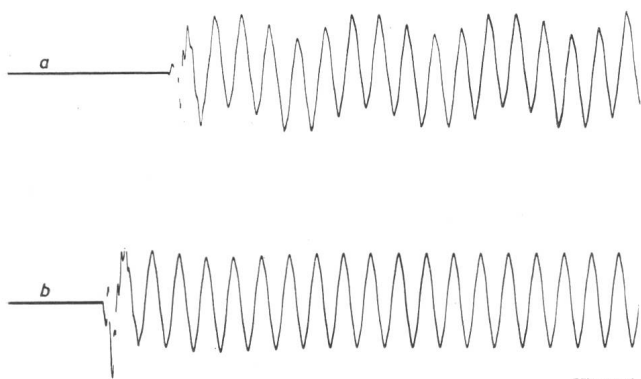


Fig. 4

Oscillogrammes de la tension secondaire d'un transformateur de tension capacitif Micafil du type WP obtenus lors du réenclenchement de la ligne à laquelle il était raccordé

a appareil dépourvu de son dispositif de protection. La résonance sous-harmonique stable de 10 Hz est bien visible  
b appareil équipé de sa protection. Le phénomène transitoire est amorti en quelques périodes

montre également que le dispositif de protection d'essai utilisé pour cet appareil est satisfaisant, bien que les oscillations aient des durées quelque peu supérieures à celles obtenues avec nos appareils de construction normale. Ces oscillations de résonance sous-harmonique peuvent être stables pour un appareil non protégé, comme l'indique la fig. 4. (Courbe a: Appareil sans protection; courbe b: appareil Micafil équipé de sa protection.)

Lorsque la ligne n'est équipée que du réenclenchement rapide unipolaire, les conditions seront quelque peu moins sévères pour le transformateur de tension capacitif, du fait que les charges de la ligne et du diviseur capacitif pourront s'écouler en partie au travers du défaut. Il en est d'ailleurs de même pour la phase qui présente un défaut à la terre lors du réenclenchement rapide tripolaire. Par contre le transformateur de tension capacitif (fig. 5) pourra être encore sollicité plus fortement si le disjoncteur ne fonctionne pas sans réamorçages.

La justesse de ces remarques ainsi que la qualité du dispositif de protection adopté sont confirmés par le service

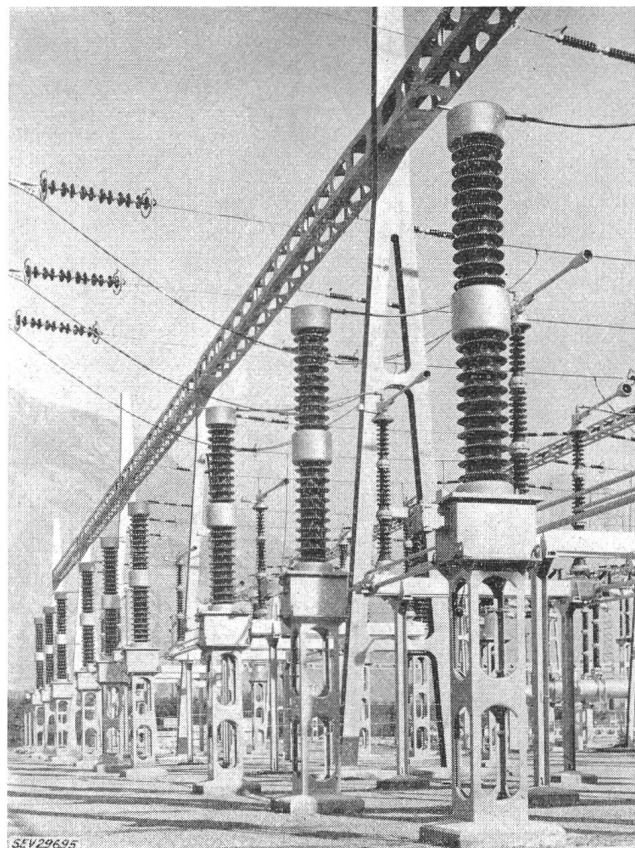


Fig. 5

Transformateurs de tension capacitifs du type WP 300 R 1 dans le poste de couplage 220 kV de Chamoson, de l'Energie de l'Ouest Suisse

Tension de service la plus élevée =  $300/\sqrt{3}$  kV; puissance nominale = 200 VA en classe de précision 0,5; capacité nominale pour le couplage par ondes porteuses =  $3250 \text{ pF} \pm 10 \%$ ; amortissement de couplage supplémentaire inférieur à 0,1 N pour les liaisons par ondes porteuses

sans défaut dans les conditions les plus diverses et les plus sévères de plusieurs centaines de transformateurs de tension capacitifs livrés par Micafil.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Stand der thermonuklearen Fusion in den USA

539.175.3 : 621.039.6(73)

[Nach: U. Hochstrasser: Der Stand der Forschung über thermonukleare Fusion in den USA. Bull. Schweiz. Verein. Atomenergie, Bd. 2(1960), Nr. 14]

Die American Nuclear Society hielt Mitte Juni 1960 in Chicago ihre Jahresversammlung ab. Aus den dort gehaltenen Referaten erfuhr man folgendes:

Die Erforschung des Plasmas führte zu neuen, ungeahnten Schwierigkeiten, die zwar zum Teil überwunden werden konnten, jedoch klar zeigen, dass in den nächsten Jahrzehnten die Anstrengungen auf dem Gebiete der Reaktortechnik kaum überflüssig werden. Heute ist man auf dem Gebiete der thermonuklearen Fusion noch nicht einmal so weit, dass man alle Probleme kennt, die mit einer kontrollierten Fusion zusammenhängen. Trotzdem darf festgehalten werden, dass bisher keine Hindernisse aufgetaucht sind, die das Erreichen des Zieles prinzipiell in Frage stellen könnten. Eine wirtschaftliche Verwendung der kontrollierten Fusion dürfte kaum vor dem Jahre 2000 in Frage kommen.

Grundlage der thermonuklearen Fusion bildet die Kenntnis der Plasmaphysik. Als mögliche Anwendungsgebiete zeichnen sich jetzt schon folgende ab:

1. Erzeugung sehr intensiver Strahlen;
2. Erzeugung von hochenergetischen Radarsignalen durch Deuterium-Tritium-Reaktionen;
3. Direkte Erzeugung von Elektrizität in Reaktoren mit Hilfe von Plasmen;
4. Antrieb im Weltraum. Verwendung der Einschliessungsmethoden in Raketenantriebsaggregaten zum Anstoss eines Plasmas mit hoher Geschwindigkeit;
5. Verwendung der Methoden für die Erzeugung von Plasmen für den Bau von Hochenergiebeschleunigern im Bereiche von  $10^8 \dots 10^9$  eV.

Die vier Hauptprobleme, deren Erforschung für eine kontrollierte thermonukleare Fusion unerlässlich sind, können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Einschliessung des Plasmas;
2. Stabilität;
3. Erzeugung sehr hoher Temperaturen;
4. Energieverluste.

Die heute für die Einschliessung des Plasmas verwendeten Methoden haben den gemeinsamen Nachteil der Instabilität. Es treten verschiedene Instabilitäten auf, die zwar heute zum Teil behoben werden können, zum Teil aber noch toleriert werden müssen.