

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 35 (1944)  
**Heft:** 15

**Artikel:** Bestimmung der kleinstzulässigen Flinksicherungen bis 60 A  
Nennstrom für Kurzschlussankermotoren bei direktem Einschalten  
**Autor:** Winter, Wilhelm  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056977>

### **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:** 25.12.2024

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

## Bestimmung der kleinstzulässigen Flinksicherungen bis 60 A Nennstrom für Kurzschlussankermotoren bei direktem Einschalten

Von Wilhelm Winter, Baden

621.316.923

Durch graphische Superposition der Abschaltcharakteristiken verschiedener Sicherungen und der Anlaufcharakteristiken verschiedener Kurzschlussankermotoren wird ein Bestimmungsdiagramm der kleinstzulässigen Flinksicherungen für Kurzschlussankermotoren erstellt. Ausgehend vom Nennstrom eines Motors, mit seinem Anlaufstrom und der Anlaufzeit als Parameter, lässt sich mit Hilfe dieses Diagrammes auf einfache Weise die kleinste geeignete Sicherung finden.

L'auteur présente un abaque permettant de déterminer les plus petits coupe-circuit rapides admissibles pour les moteurs à induit en court-circuit. Cet abaque s'obtient par la superposition des caractéristiques de déclenchement de différents coup-circuit et des caractéristiques de démarrage de différents moteurs à induit en court-circuit. Il permet de déterminer facilement le plus petit coupe-circuit approprié, en partant de l'intensité nominale du moteur et en utilisant comme paramètres son courant de démarrage et sa durée de démarrage.

Schmelzsicherungen in Motorstromkreisen haben niemals die Aufgabe, den Motor vor schädlicher Ueberlastung zu schützen. Dafür dienen Motorschutzschalter mit thermischen Auslösern, deren Charakteristik von jener einer Schmelzsicherung stark verschieden ist. Nach den geltenden Vorschriften<sup>1)</sup> muss beispielsweise eine Schmelzsicherung von 10 A Nennstrom den 1,5fachen Nennstrom während mindestens einer Stunde vertragen und erst beim 1,9fachen Nennstrom innerhalb einer Stunde durchschmelzen. Da der Ueberlastungsbebereich im Betriebe eines Motors zwischen 100 und 200 % Nennstrom liegt, bietet demnach die Sicherung keinen Schutz, selbst wenn sie für den Nennstrom bemessen ist, was in den seltensten Fällen zutrifft. Um die Aufgaben des Motorschutzes zu erfüllen, müssen daher Schalter mit thermischen Auslösern verwendet werden, deren Charakteristik so verläuft, dass sie ihn bereits bei einer Belastung mit 1,2fachem Nennstrom in einer Stunde und mit 1,5fachem Nennstrom sogar schon innerhalb von 2 Minuten auslösen<sup>2)</sup>.

Sicherungen sind in Motorenanlagen dagegen als Kurzschlußschutz nötig, d. h. sie haben bei Kurzschluss sowohl den Motorschutzschalter, als auch die Leitungsanlage und das übrige Netz gegen Beschädigung durch den grossen Kurzschlußstrom zu schützen. Da sie imstande sind, auch sehr grosse Kurzschlußströme zu unterbrechen, sind sie für diese Aufgabe sehr gut geeignet.

Die grösstzulässige Sicherung ist durch die Kurzschlussfestigkeit des Motorschutzschalters gegeben. Zweck der vorliegenden Studie ist, eine Methode für die Bestimmung der kleinstzulässigen Sicherung zu zeigen. Eine solche Festlegung ist wichtig, um den kleinstzulässigen Querschnitt der Leitung zwischen Sicherung und Motorschutzschalter zu ermitteln.

Für die Wahl der Sicherung in Motorenanlagen sind Grösse und Dauer des Anlaufstromes ausschlaggebend. Bei Motoren mit Schleifringanker, Zentrifugalanlasser oder bei Motoren mit Kurzschlussanker und Sterndreieckanlauf lassen sich im allge-

meinen Sicherungen verwenden, deren Nennstrom etwa zwischen dem 1...1,5fachen Motornennstrom liegt. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei direkt eingeschalteten Motoren mit Kurzschlussanker, weil hier wesentlich grössere Anlaufströme auftreten. Auf diese Anwendungen bezieht sich die nachfolgende Studie.

### 1. Grundgedanke

Gegeben sind die Abschaltcharakteristiken von genormten Flinksicherungen von 6...60 A Nennstrom, in Form der unteren Umhüllenden der Streubänder, gemäss Messungen des SEV (Fig. 1). Diese

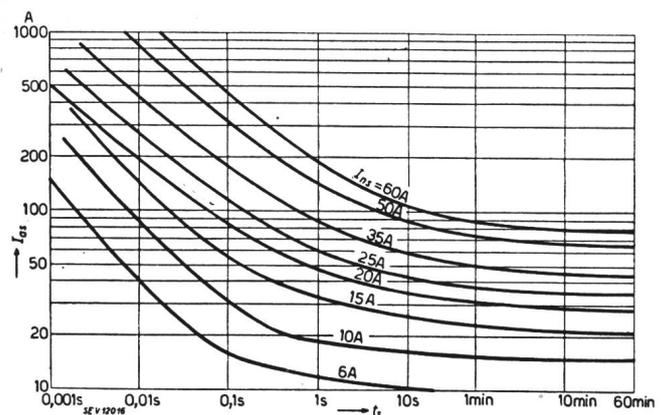


Fig. 1.

Abschaltcharakteristiken von genormten Flinksicherungen (untere Umhüllende der Streubänder), nach Messungen der Technischen Prüfanstalten des SEV, Abt. MP.

$I_n$  Nennstrom der Flinksicherung.  
 $I_{as}$  Abschaltstrom.  
 $t_s$  Abschaltdauer.

Charakteristiken geben an, wie viele Sekunden lang ein bestimmter Strom zulässig ist, ohne dass die Sicherungen durchschmelzen.

Gegeben ist ferner die Anlaufcharakteristik (Anlaufstrom in Funktion der Zeit) eines bestimmten Dreiphasenmotors mit Kurzschlussanker. Dabei ist für den Verlauf dieses Beschleunigungsvorganges angenommen, dass ein gleichbleibendes Gegendrehmoment in der Grösse des Motor-Nenn Drehmomentes auftritt (Fig. 2, Kurve a). Aus Anlaufstrom und Zeit dieser Motoranlaufcharakteristik wird der quadratische Mittelwert gebildet und in Funktion der Zeit aufgetragen (Fig. 2, Kurve b). Damit wird diese Charakteristik in dieselbe Form wie die Abschaltcharakteristik der Sicherungen gebracht. Die

<sup>1)</sup> Vgl. Publikation des SEV Nr. 153, Normalien zur Prüfung und Bewertung von Schmelzsicherungen mit geschlossenen Schmelzeinsätzen für Hausinstallationen (Sicherungsnormalien des SEV).

<sup>2)</sup> Vgl. Publikation des SEV Nr. 138, Anforderungen an Motorschutzschalter.

absolute Grösse der Zeit wird je nach der erforderlichen Beschleunigungsarbeit verschieden sein.

Werden sowohl die Sicherungs- als auch die Motorcharakteristiken in demselben Koordinatensystem aufgetragen, so ist für den Motor diejenige

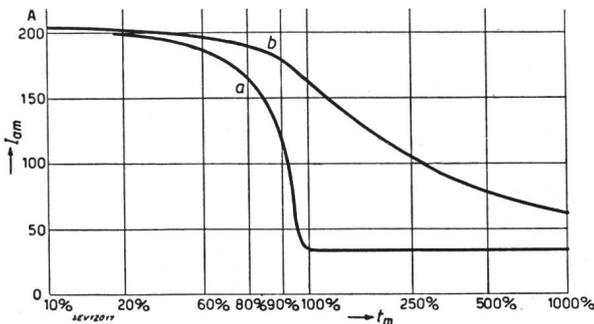


Fig. 2. Motor-Anlaufcharakteristik

Gegendrehmoment = Nenn Drehmoment = konstant.

- a Anlaufstrom  $I_{am}$  in Funktion der Anlaufzeit  $t_m$
- b Quadratischer Mittelwert des Stromes  $I_{mm}$  nach Kurve a in Funktion der Anlaufzeit  $t_m$ .

Sicherung die kleinstzulässige, deren Abschaltcharakteristik von der Motorcharakteristik gerade nicht mehr geschnitten wird. Eine Sicherung ist somit am besten ausgenutzt, wenn ihre Charakteristik die Anlaufcharakteristik des Motors tangiert (Fig. 3.)

Die gewählte Anlaufcharakteristik wird verallgemeinert, indem sie sämtliche Kurzschlussankermotoren mit verschiedenen Anlaufströmen und Arbeitsmaschinen mit verschiedenen Anlaufzeiten zu

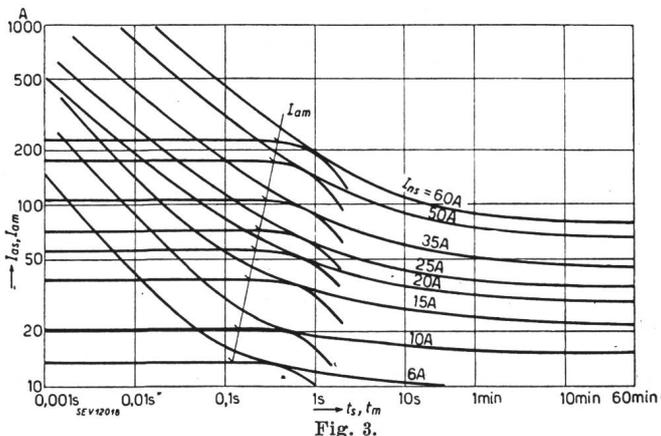


Fig. 3.

Superposition der Abschaltcharakteristik verschiedener Sicherungen mit den Anlaufcharakteristiken verschiedener Motoren für eine Anlaufzeit von einer Sekunde

- $I_{am}$  Anlaufströme verschiedener Motoren.
- $I_{as}$  Abschaltstrom der Sicherungen.
- $t_m$  Anlaufzeit der Motoren.
- $t_s$  Abschaltdauer der Sicherungen.

grunde gelegt wird. Dadurch lässt sich, wie im folgenden gezeigt wird, eine allgemein gültige, graphische Methode zur Bestimmung der kleinstzulässigen Sicherung für Kurzschlussankermotoren bei direktem Einschalten finden.

### 2. Ermittlung der Motor-Anlaufcharakteristiken

Als Grundlage dient die Anlaufcharakteristik, d. i. der Anlaufstrom in Funktion der Anlaufzeit

eines bestimmten Dreiphasen-Kurzschlussankermotors. Das Gegendrehmoment während des Anlaufes ist als konstant und gleich dem Nenn Drehmoment angenommen. Dies bedeutet einen Anlauf unter recht schwierigen Bedingungen. In der Praxis wird das Gegendrehmoment meistens kleiner, d. h. der Anlauf leichter sein, als hier angenommen.

Damit diese Motor-Anlaufcharakteristik in dieselbe Form wie die Sicherungs-Abschaltcharakteristiken gebracht wird, ist für jeden Zeitmoment derjenige mittlere Strom ( $I_{mm}$ ) zu bestimmen, welcher die Sicherung ebenso stark erwärmt, wie der veränderliche Anlaufstrom ( $I_{am}$ ) der bekannten Motorcharakteristik. Hierfür wird die Integration des veränderlichen Anlaufstromes durchgeführt, wobei  $r$  den Widerstand des Sicherungsschmelzeinsatzes bedeutet.

$$\int_0^t I_{am}^2 \cdot r \cdot dt = I_{mm}^2 \cdot r \cdot t$$

und daraus

$$I_{mm} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t I_{am}^2 dt}$$

was die Bildung des quadratischen Mittelwertes bedeutet. Die gesuchte Motor-Anlaufcharakteristik  $I_{mm} = f(t_m)$  ist damit gefunden und in Fig. 2 dargestellt.

Für den Motor mit dieser Anlaufcharakteristik ist diejenige Sicherung die kleinstzulässige, für welche in jedem Zeitmoment gilt

$$I_{as} = I_{mm}$$

### 3. Ausdehnung der Gültigkeit der Motor-Anlaufcharakteristik auf sämtliche Kurzschlussankermotoren

Je nach Ausführung des Kurzschlussankermotors (Grösse, Polzahl, Anordnung der Wicklung in den Nuten usw.) beträgt der Anlaufstrom bei direktem Einschalten 400...800 % seines Nennstromes und klingt während 100 % Anlaufzeit auf den Nennstrom ab. Gleiches Gegendrehmoment vorausgesetzt, bleibt der Verlauf dieser Charakteristik für alle Motoren gleicher Art etwa derselbe. Um zu einem für alle Motoren gültigen Resultat zu gelangen, werden in der vorliegenden Motor-Anlaufcharakteristik  $I_{am} = f(t_m)$  auf der Abszisse, statt der absoluten Werte in Amperes, Vielfache des Motor-Nennstromes aufgetragen. Weiter wird der Motor-Nennstrom nicht mehr dem einen, eingangs bestimmten Motor zugeordnet, sondern allgemein sämtlichen Kurzschlussankermotoren. Damit wird die Motor-Anlaufcharakteristik von dem einen Motor gelöst und erhält allgemeine Gültigkeit.

Durch diese Verallgemeinerung wird eine Ungenauigkeit in Kauf genommen. Da aber die Aufstellung der Motorcharakteristik wegen der Annahme des grossen Gegendrehmomentes sehr vorsichtig gerechnet wurde, wird diese Ungenauigkeit keinen nachteiligen Einfluss auf das Resultat ausüben.

#### 4. Ausdehnung der Gültigkeit der Motor-Anlaufcharakteristiken auf verschiedene Arbeitsmaschinen

Die Anlaufzeit einer Arbeitsmaschine hängt von der Grösse des Drehmomentes ab, welches zur Beschleunigung deren Massen zur Verfügung steht, ferner von der Grösse des Trägheitsmomentes der Maschine ( $GD^2$ ) und der Drehzahl, auf welche zu beschleunigen ist<sup>3)</sup>.

Im folgenden wird weiter keine Rücksicht auf die Art der anzutreibenden Arbeitsmaschinen genommen. Es werden lediglich einige Anlaufzeiten angenommen und für diese Zeiten wird die Bestimmung der Sicherungen durchgeführt. Für dazwischenliegende Zeiten können Sicherungen durch Interpolation gefunden werden. Für eine bestimmte Arbeitsmaschine ist die Anlaufzeit auf Grund des in der Fussnote 3 genannten Artikels leicht zu bestimmen.

#### 5. Graphische Superposition der Sicherungs-Charakteristiken und verschiedener Motor-Anlaufcharakteristiken

In das Diagramm der Abschaltcharakteristiken der Sicherungen von 6, 10, 15, 20, 25, 35, 50 und 60 A werden Motor-Anlaufcharakteristiken für die Anlaufzeiten  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 5, 10, 30 und 60 s derart eingezeichnet, dass sie sämtliche Sicherungs-Abschaltcharakteristiken tangieren. Damit wird für jede Sicherung und für die verschiedenen Anlaufzeiten der grösstmögliche Motor-Anlaufstrom  $I_{am}$  bekannt.

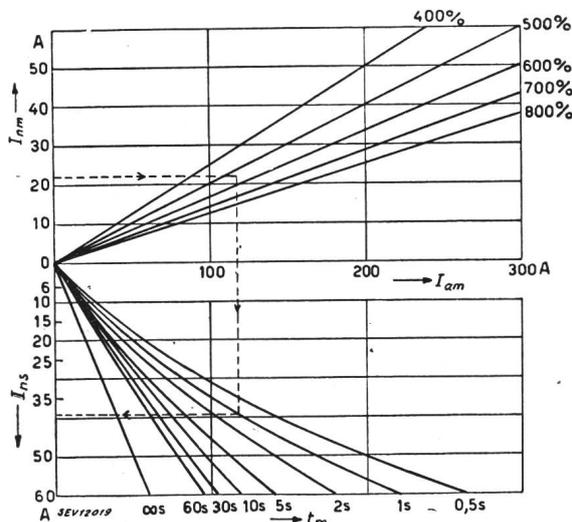


Fig. 4.

Diagramm zur Bestimmung der kleinstzulässigen Flinksicherungen für Kurzschlussankermotoren bei direktem Einschalten

- $I_{nm}$  Nennstrom des Motors.
- $I_{am}$  Anlaufstrom des Motors in Prozenten des Nennstromes.
- $I_{ns}$  Nennstrom der Sicherung.
- $t_m$  Anlaufzeit der Arbeitsmaschine.

Rückschliessend kann aus einem Diagramm der Art von Fig. 3 für einen bestimmten Motor (Grösse des Anlaufstromes als Vielfaches des Nennstromes festgelegt) und für eine bestimmte Arbeitsmaschine

<sup>3)</sup> Vgl. Bull. SEV 1937, Nr. 19: «Der Anlaufvorgang bei elektromotorischen Antrieben» von St. Hopferwieser.

(Anlaufzeit der Maschine berücksichtigt) die kleinstzulässige Sicherung bereits gefunden werden.

Das Ergebnis dieser Superposition, graphisch anders aufgetragen, führt zum Ziel dieser Studie, dem Doppel-Diagramm Fig. 4. Vom Motornennstrom  $I_{nm}$  ausgehend, wird über den Anlaufstrom  $I_{am}$  des Motors und die Anlaufzeit  $t_m$  der Arbeitsmaschine die für diesen Antrieb kleinstzulässige Flinksicherung mit dem Nennstrom  $I_{ns}$  gefunden. Im unteren Teil des Doppel-Diagramms liegen die Punkte gleicher Anlaufzeit nicht auf Geraden, sondern auf Kurven, weil die Trägheit der Sicherungsschmelzeinsätze mit deren Nennstrom zunimmt.

#### 6. Beispiel

Gegeben sei:

- Motornennstrom 22 A
- Anlaufstrom des Motors 550 %
- Anlaufzeit der Arbeitsmaschine 1 s

Gesucht ist der Nennstrom  $I_{ns}$  der kleinstzulässigen Flinksicherung.

Resultat:

Nach verfolgen der im Diagramm eingezeichneten Pfeillinie ergibt sich ein kleinstzulässiger Sicherungsnennstrom von 39 A, was die kleinstzulässigen im Handel erhältlichen Sicherungs-Schmelzeinsätze von 50 A Nennstrom bedingt.

Zur Beachtung:

- a) Der Nennstrom der Sicherung darf keinesfalls kleiner werden als der Motornennstrom.
- b) Als Richtlinie für die Grösse der Motoranlaufströme diene:

- 2polige Motoren ca. 600 % des Motornennstromes
- 4polige Motoren ca. 550 % des Motornennstromes
- 6polige Motoren ca. 500 % des Motornennstromes
- 8polige Motoren ca. 450 % des Motornennstromes

- c) Bestimmung der Anlaufzeit nach Erfahrungswerten oder nach dem in Fussnote 1 angegebenen Artikel.

#### 7. Kritik

Als Unterlage für diese Studie wurden Sicherungs-Abschaltcharakteristiken verwendet von Flinksicherungen bis 60 A vom kalten Zustande ausgehend. Deshalb können nach der entwickelten Methode nur Flinksicherungen bis zu 60 A bestimmt werden. Messungen des SEV haben gezeigt, dass kein wesentlicher Unterschied zwischen den Abschaltcharakteristiken von Sicherungen ausgehend vom kalten oder betriebswarmen Zustand besteht. Somit kann der Geltungsbereich dieser Lösung auf betriebswarme Sicherungen ausgedehnt werden. Wo aber grosse Schalthäufigkeit vorliegt, müssen grössere Sicherungen, als nach dieser Methode gefunden, Verwendung finden<sup>4)</sup>.

Was die Motor-Anlaufcharakteristik anbelangt, wurden verschiedene Verallgemeinerungen vorgenommen: Der Verlauf der Anlaufcharakteristik

<sup>4)</sup> Träge Schmelzsicherungen für Nennströme bis 60 A können ebenfalls nach dieser Methode bestimmt werden, indem deren Stromstärke 60...70 % der Nennstromstärke von Flinksicherungen beträgt. Vgl. Bull. SEV 1941, Nr. 6, S. 394.

eines bestimmten Motors wurde sämtlichen Kurzschlussankermotoren zugrunde gelegt und das Gegendrehmoment der Arbeitsmaschine wurde als konstant und gleich dem Motornendrehmoment angenommen.

Um doch ein allgemein gültiges Resultat zu erhalten, musste eine Annahme getroffen und dann

verallgemeinert werden. Die Annahmen wurden jedoch so vorsichtig getroffen, dass die Methode zuverlässige Werte ergibt. Vorausgesetzt muss allerdings werden, dass die Abschaltcharakteristik der verwendeten Sicherungen nicht tiefer liegt als die dieser Studie zugrunde gelegten Sicherungs-Abschaltcharakteristiken nach Fig. 1.

## Le dispositif de synchronisation rapide automatique de l'usine de Verbois

Par R. Leroy, Genève

621.316.729

*Le couplage de l'usine de Verbois avec les réseaux suisses et français a suggéré l'installation d'un dispositif de synchronisation rapide automatique. Vu les résultats d'exploitation dans de grandes centrales on a choisi l'appareillage de synchronisation automatique, système Brown Boveri. L'auteur mentionne les particularités de ce dispositif et des résultats d'exploitation.*

*Der Zusammenschluss des Kraftwerkes Verbois mit den schweizerischen und französischen Netzen führte zur Aufstellung einer automatischen Parallelschaltanordnung. Gestützt auf Betriebserfahrungen in grossen Kraftwerken wählte man für diese Apparate das System Brown Boveri. Der Autor erwähnt besondere Eigenschaften dieser Einrichtungen und Betriebserfahrungen.*

### Introduction

On s'est attaché, ces dernières années, à étudier et à développer méthodiquement toutes les possibilités techniques permettant d'assurer la stabilité de l'exploitation, notamment dans les conditions les plus difficiles. Les dispositifs d'automatisme se sont avérés rapidement les auxiliaires les plus précieux pour atteindre le but visé. Aussi, l'ingénieur qui élabore le programme de construction doit-il prévoir, dès le début, tous les moyens auxiliaires permettant, en cas de perturbation, de maintenir sans interruption la fourniture de l'énergie et de rétablir la distribution normale de l'énergie à tous les usagers après la suppression de la cause du défaut.

Ce problème a été étudié soigneusement lors de la construction de l'usine de Verbois, et l'on s'est efforcé de prévoir tous les organes auxiliaires pouvant faciliter la rapidité de mise en service des groupes hydro-électriques et de mise en parallèle sur les lignes d'interconnexion. L'organe spécial qui a été installé dans ce but à Verbois est le *dispositif de synchronisation rapide automatique* construit par Brown Boveri.

Ce dispositif a déjà fait ses preuves pendant plusieurs années dans de grandes centrales, entre autres dans celle du Lac Noir en Alsace, et dans celle du Schluchsee dans la Forêt Noire. Il sera également installé dans de grandes usines françaises actuellement en construction, soit dans celle de Génissiat (4·70 000 kVA + 2·92 500 kVA) sur le Rhône, et dans celle de l'Aigle (4·60 000 kVA) en Dordogne. L'installation d'un tel dispositif de synchronisation automatique était spécialement intéressante à Verbois vu le grand nombre de disjoncteurs qui doivent être synchronisés en cas de perturbation. Nous rappelons que les 3 alternateurs de 27 500 kVA de l'usine de Verbois travaillent sur des barres 18 kV desquelles partent les câbles alimentant la ville de Genève où se trouve une usine thermique de secours et ceux allant aux transformateurs-élévateurs de la station d'interconnexion en plein air qui assure la liaison de l'usine

avec les réseaux suisses 125 kV et français 150 kV. A part la synchronisation sur les disjoncteurs des alternateurs on devait également ménager la possibilité de mise en parallèle sur les disjoncteurs des départs 18 kV lorsque l'usine thermique de Genève est en service, ainsi que sur ceux des départs 125 et 150 kV.

L'intérêt d'une synchronisation automatique pour Verbois résidait surtout dans le fait que cette usine est appelée à marcher en parallèle avec des centrales très diverses de type et de réglage ou même à être remplacées par elles, en cas d'arrêt total voulu ou accidentel de l'usine, pour la fourniture de l'énergie à Genève: l'usine thermique de Genève qui comporte des turbo-alternateurs à vapeur et des groupes Diesel; les réseaux suisses, dont les usines à basse et à haute chute disposent de réglages divers; enfin les réseaux français, très étendus et par conséquent soumis à des perturbations prolongées, qui renferment également des sources thermiques et hydrauliques les plus diverses en puissance, type de machines et caractéristiques de réglage.

Dans la grande variété de service que doit de ce fait assurer Verbois, les opérations de mise en parallèle sont fréquentes et doivent être exécutées dans le laps de temps le plus court; même après des perturbations dont les réactions sur la fréquence sont parfois de longue durée; en particulier lorsque Verbois, après un arrêt total doit reprendre son service, assuré momentanément par les centrales étrangères.

La synchronisation à la main demande toujours beaucoup de temps, trop de temps lorsqu'on est pressé de rétablir la fourniture de l'énergie après une perturbation. Pour les machines de Verbois elle est d'autant plus difficile qu'il s'agit de groupes à basse chute et à faible vitesse. Le dispositif de synchronisation rapide qui permet de réduire la durée de l'opération de mise en parallèle et d'effectuer cette dernière sans à-coup avec une sûreté parfaite, joue, par suite, un très grand rôle à l'usine de Verbois.