

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 54 (1963)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Die elektrische Einrichtung der automatisch gesteuerten Maschinengruppen des Maschinenhauses Ferrera der Kraftwerke Hinterrhein AG  
**Autor:** Kisfaludy-Péter, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916479>

### **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:** 03.04.2026

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

# Die elektrische Einrichtung der automatisch gesteuerten Maschinengruppen des Maschinenhauses Ferrera der Kraftwerke Hinterrhein AG

Von E. Kisfaludy-Péter, Baden

621.311.21 - 52 (494.262.3)

Die elektrische Einrichtung der Maschinengruppen des Maschinenhauses Ferrera wurde sowohl für Hand — als auch für automatische Steuerung geplant. Der Artikel enthält eine kurze allgemeine Beschreibung der Hauptmaschinengruppen und der Zubringerpumpen, sowie der Ausführungen der Betriebs-, Steuerungs- und Bedienungsarten. Anschliessend werden für die Hauptmaschinengruppen das System der Energie- und Spannungsverteilung, die Prinzipien der Steuerung und einige Geräte für besondere Aufgaben behandelt. Zuletzt folgt die Beschreibung der Steuerfunktionen im Turbinenbetrieb.

L'équipement électrique des groupes de machines de l'usine de Ferrera est prévu aussi bien pour la commande manuelle, que pour la commande automatique. Après une brève description générale des groupes principaux et des pompes d'adduction, ainsi que des modes d'exploitation, de commande et de service, l'auteur traite du système de répartition de l'énergie et de la tension des groupes principaux, puis de quelques appareils pour tâches spéciales. Il termine en décrivant les fonctions de la commande des turbines.

Anfangs 1962 ist die erste vollautomatisch gesteuerte Maschinengruppe des Kraftwerkes Ferrera in Betrieb genommen worden. Diese Anlage wurde durch die Motor-Columbus AG in Baden projektiert und unter deren Aufsicht erstellt. Während die Anlage aus betrieblichen Gründen vorerst nur als Turbinen-Generator-Anlage in Betrieb genommen wurde, so kann sie später auch als Speicherpumpe eingesetzt werden.

Eine Beschreibung dieser Maschinen wurde bereits früher veröffentlicht [1; 2] <sup>1)</sup>. Es dürfte nun interessant sein, auch einen Überblick über die elektrischen Einrichtungen, so vor allem über die vollautomatische Steuerung des Turbinenbetriebes zu gewinnen.

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

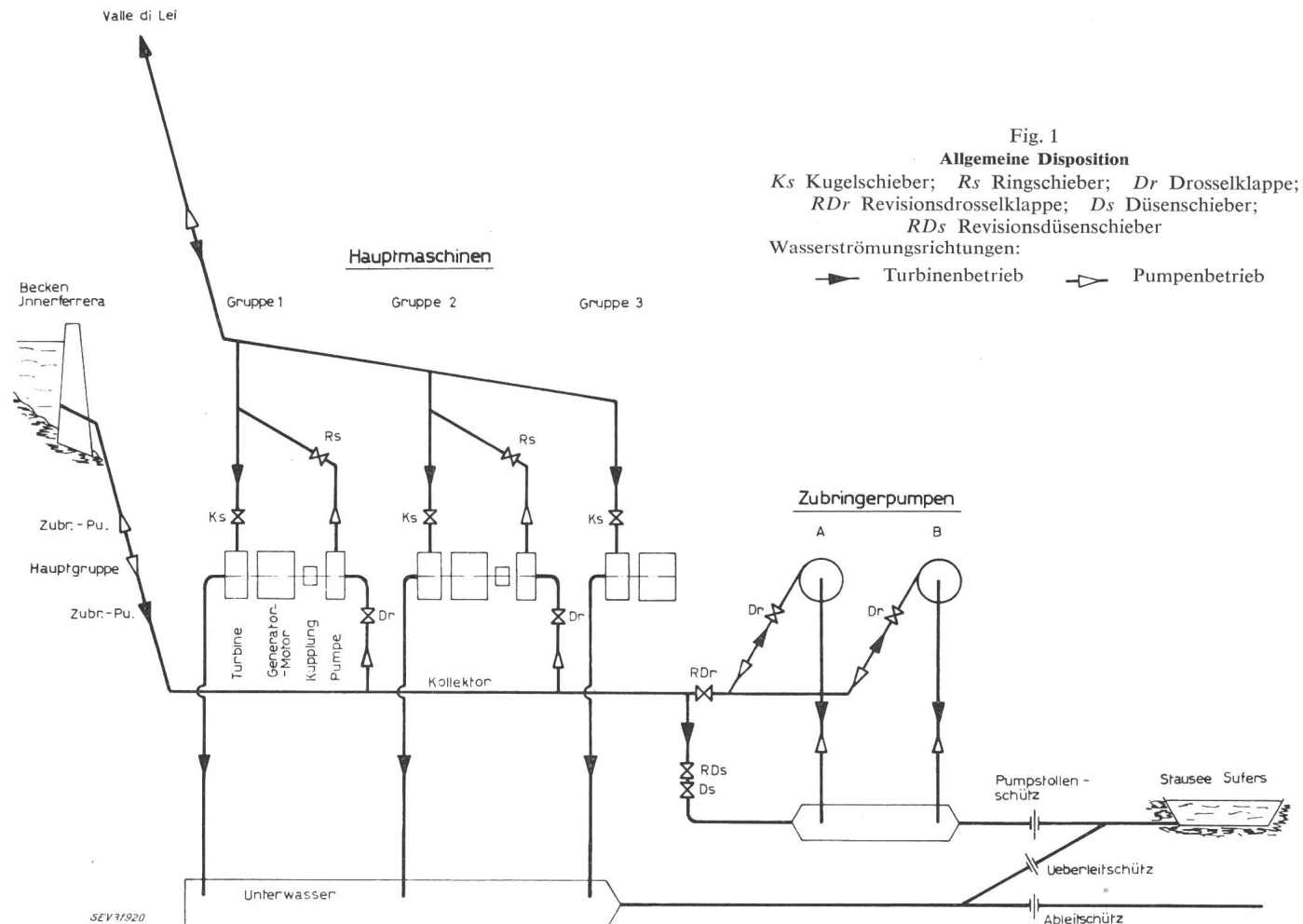
## 1. Allgemeine Beschreibung

(Fig. 1)

Das Maschinenhaus Ferrera ist mit drei Hauptmaschinengruppen und mit zwei Zubringerpumpen ausgerüstet.

### 1.1 Die Hauptmaschinengruppen

Zwei Hauptmaschinengruppen bestehen je aus Turbine, Motorgenerator, Kupplung und Speicherpumpe. Die Turbine und der Generator sind starr miteinander verbunden, die Speicherpumpe (nachstehend nur noch Pumpe genannt) kann im Stillstand über eine hydraulisch zu betätigende Zahnkupplung mit der Turbinen-Generator-Einheit verbunden werden. Die dritte Gruppe besteht lediglich aus Turbine und Generator, ohne Kupplung und Pumpe.



Mit zwei Hauptmaschinengruppen kann also wahlweise das aus dem Stausee Valle di Lei zur Verfügung stehende Wasser verarbeitet und damit Energie in das Hochspannungsnetz abgegeben oder Wasser aus dem Ausgleichsbecken Innerferrera in den Stausee Valle di Lei hinaufgepumpt werden.

Im Turbinenbetrieb steht an den Klemmen jedes Generators eine Leistung von 70 MVA zur Verfügung. Um diese zu erreichen fließt das Wasser aus der Druckleitung durch einen Kugelschieber der Turbine zu; der Abfluss erfolgt unmittelbar in den gemeinsamen Unterwasserkanal.

Im Pumpenbetrieb erfordert jede Pumpe eine Leistung von ca. 21 MW. Die Pumpe saugt das Wasser aus dem Kollektorrohr durch eine Zulaufdrosselklappe (die in der Regel immer offen bleibt) an und drückt es durch einen Ringschieber und die gemeinsame Druckleitung in den Stausee hinauf.

### 1.2 Die Zubringerpumpen

Die sog. Zubringerpumpen bestehen je aus der eigentlichen Pumpe und einem als Antriebsorgan starr gekuppelten Motor. Die Zubringerpumpen haben in der Regel die Aufgabe, Wasser aus dem Stausee Sufers durch den mit den Hauptgruppen gemeinsamen Kollektor in das Ausgleichsbecken Innerferrera zu fördern. Der dazu benötigte Leistungsbedarf beträgt 1835 kW.

Die Maschinengruppen sind so ausgelegt, dass die Pumpen bei Umkehrung der Drehrichtung auch als Turbinen laufen können, wobei der Asynchronmotor zum Asynchrongenerator wird und das aus dem Becken Innerferrera abzuleitende Überschusswasser verarbeitet werden kann. Im Turbinenbetrieb steht an der Welle eine Leistung von ca. 1700 kW zur Verfügung.

Der Mangel und auch die Schwierigkeiten, geeignetes Personal für Anlagen, die so abgelegen sind, zu finden, brachten die Bauherrschaft schon von Anfang an zum Entschluss, die Bedienung der Anlage durch Automation weitgehend zu vereinfachen, so dass sie auch von einem fernliegenden Maschinenhaus aus betätigt werden kann. So kann hier eine Hauptmaschinengruppe bei automatischer Steuerung durch einen einzigen Befehlsimpuls angefahren oder abgestellt werden. Ebenso erfolgt die Wahl der Betriebsart (Turbinen- oder Pumpenbetrieb) durch entsprechende Einstellung des Wahlschalters für die Betriebsart.

Da bei den Zubringerpumpen das Anfahren und Abstellen automatisch in Abhängigkeit des Niveaus im Ausgleichsbecken Innerferrera vor sich geht, beschränkt sich die Fernbetätigung lediglich auf die Wahl der Betriebsart, welche wie bei den Hauptmaschinen durch die entsprechende Einstellung des Wahlschalters erfolgt.

## 2. Betriebsarten, Steuerungsarten, Bedienungsarten

### 2.1 Betriebsarten

Es gibt — wie bereits erwähnt — zwei Betriebsarten: der Turbinenbetrieb und der Pumpenbetrieb.

Die Aufgaben der Gruppen wurden im Abschnitt 1 bereits umrissen. Die Wahl der Betriebsart erfolgt an der Steuertafel in der Kommandostelle durch entsprechende Einstellung des Schalters «Turbinenbetrieb—Pumpenbetrieb». Der Schalter hat feste Stellungen und schaltet je nach Stellung einen Kippschütz entsprechend um. Im Turbinenbe-

trieb überbrückt dieses Kippschütz einerseits die zusätzlichen Kontakte der Anfahrbedingungen für Pumpenbetrieb, und andererseits werden durch seine Kontakte die Steuerkreise der Pumpenorgane unterbrochen.

Zwecks Umstellung der Betriebsart muss die Gruppe stillgelegt werden, da die Kupplung nur im Stillstand ein- bzw. ausgerückt werden kann. Die Betätigung der Kupplung bei rotierender Gruppe würde unvermeidlich zu Zahnbrüchen führen.

### 2.2 Steuerungsarten

Die Gruppen können automatisch oder von Hand angefahren oder abgestellt werden. Die Steuerungsart wird mittels eines Schalters mit festen Stellungen ebenfalls in der Steuertafel gewählt. Jede Gruppe hat ihren eigenen Schalter, somit ist es möglich, die eine Gruppe automatisch und gleichzeitig die andere von Hand steuern zu können. Diese Einrichtung ist vorteilhaft, wenn im Betrieb infolge einer gelegentlichen Störung irgendwelche Schaltungen von Hand vorgenommen werden müssen.

Bei automatischer Steuerung wird ein Hilfsschütz betätigt, welches die Handsteuerkreise der einzelnen Organe ab- bzw. die Automatik-Steuerkreise zuschaltet. In die Handsteuerkreise sind die Handschalter, in die Automatik-Steuerkreise die der Schaltfolge entsprechend schliessenden Kontakte der jeweils vorangehenden Organe geschaltet.

Bei automatischer Steuerung wird die Gruppe von der Steuertafel durch einen Startimpuls angefahren, danach schaltet jedes Organ nach Erreichen seines Betriebszustandes das jeweils nächstfolgende.

Bei Steuerung von Hand werden die Organe durch je einen Schalter von der Maschinentafel aus betätigt, wobei die Schalter in der der maschinellen Funktion entsprechenden Reihenfolge eingebaut sind.

Die Steuerungsart kann bei laufender Gruppe ohne Abstellung umgeschaltet werden.

### 2.3 Betätigungsarten

Die Anlage wird entweder örtlich oder durch ein Fernwirkssystem von Sils her betätigt. Der Wahlschalter «örtlich—fern» hat feste Stellungen und ist im Regulierpult in der Kommandostelle eingebaut.

Bei örtlicher Betätigung kann die Steuerung sowohl automatisch als auch von Hand erfolgen. Bei Schalten auf Fernbetätigung wird das im vorangehenden Punkt erwähnte Hilfsschütz angesprochen und die Anlage selbsttätig auf automatische Steuerung schalten. In diesem Zustand ist jede weitere Steuerungsmöglichkeit von Hand unterbrochen.

Die Umschaltung der beiden Betätigungsarten kann ebenfalls ohne Betriebsunterbruch durchgeführt werden.

## 3. Energieverteilung, Einrichtungen

Die zur Steuerung und Speisung erforderliche elektrische Energie wird im allgemeinen der Eigenbedarfsanlage entnommen. Es gibt aber auch Verbraucher, welche, nachdem der Generator auf Nennspannung erregt ist, auf den Hilfstransformator des Generators umgeschaltet werden. Die Verteilanlage besteht aus folgenden Einheiten:

### 3.1 Verteilerkasten

Die Organe der Turbine und des Generators werden vom Turbinen-Verteilerkasten, diejenigen der Pumpe vom Pum-

pen-Verteilerkasten her gespiesen. Beide Verteilerkasten erhalten die Energie unmittelbar von der Eigenbedarfstafel, bzw. vom Hilfstransformator. Die Steuerstromkreise sind über Automaten, die übrigen Stromkreise über Sicherungen und bei motorischen Verbrauchern über Motorschutzschalter angeschlossen. In den Verteilerkasten sind im weiteren Druckknöpfe für die Notauslösung, Signallampen für Betriebszustände, Spannungsüberwachungsrelais usw. eingebaut.

Der Turbinen-Verteilerkasten enthält zudem speziell die Schalter der Motoren für Labyrinth-Spaltwasserschieber und für den Kompressor. Diese Motoren werden üblicherweise automatisch gesteuert, die erwähnten Handschalter dienen nur für Eingriffe in Sonderfällen.

### 3.2 Steuerkasten

Der Kugelschieber, die Zulaufdrosselklappe und der Ringschieber sind mit je einem separaten Steuerkasten ausgerüstet, an welche die unmittelbar zu ihnen gehörenden Apparate, wie Endschalter, Magnete, Manostate usw. angeschlossen sind. Die Steuerkasten enthalten ausserdem die Druckknöpfe für die Betätigung an Ort und Stelle, sowie die Signallampen für die Stellungsanzeige.

Die Energierversorgung der Steuerkasten erfolgt von dem zugehörigen Verteilerkasten.

### 3.3 Maschinentafel

Die Handschalter für die betriebsmässige Handsteuerung, die Kontrollampen für die Meldung der Betriebszustände der einzelnen Anlageteile, sowie die Anzeigeinstrumente sind in der Maschinentafel, die Steuerschütze für die gesamte Automatik in einem Hilfsgerüst hinter der Maschinentafel eingebaut.

Der Turbine und der Pumpe ist je ein Tafelfeld zugeordnet. Da die Anlauforgane der Turbine auch im Pumpenbetrieb geschaltet werden müssen, haben sie, sowohl im Turbinenfeld als auch im Pumpenfeld, je einen parallel geschalteten Handschalter. Infolgedessen sind im Turbinenfeld 10, im Pumpenfeld dagegen 20 Schalter eingebaut. Der Auswertungsapparat des Drehzahlmessgerätes ist ebenfalls im Turbinenfeld untergebracht.

Über jedem Betriebsschalter sind je zwei Kontrollampen eingebaut. Im Stillstand brennt jeweils die linke, im Betrieb die rechte Lampe. Bei Handsteuerung darf nur nach erfolgtem Lichtwechsel weitergeschaltet werden. Bei den Öl- und Wassersystemen wird die Betriebslampe bei Erreichen des unmittelbar erforderlichen Betriebszustandes (Drücke und Strömungen), und nicht bei Erreichen der Betriebsstellung der entsprechenden Organe (Pumpenschütze eingeschaltet, Wasserschieber geöffnet) erfolgen.

Die übrigen Maschinentafelfelder enthalten wie üblich die Apparate für die Spannungsregelung, für den Generatorschutz, die Warnrelais usw.

Die zentrale Anordnung der Steuerschütze für die Automatik hat ihre Vorteile bei der Inbetriebsetzung eindrücklich bewiesen. Die Maschinentafel und das Hilfsgerüst wurden mit Kanalverdrahtung versehen. Bezüglich der Vorteile dieser Ausführungsform sei auf [3] verwiesen.

### 3.4 Steuertafel

Die Steuertafel im Kommandoraum ist mit dem Blindschema des Generators und des Haupttransformators ver-

sehen und enthält die elektrischen Messinstrumente, verschiedene Schalter, Signallampen und Druckknöpfe.

Für die Steuerung sind von besonderem Interesse:

- a) Schalter:
  - Wahlschalter für die Steuerungsart
  - Wahlschalter für die Betriebsart
  - Anfahr- und Abstellschalter
- b) Kontrollampen für die Rückmeldung folgender Betriebsphasen:
  - Hilfsbetriebe bereit
  - Kugelschieber offen
  - Nennzahl erreicht
  - Ringschieber offen (nur bei Pumpenbetrieb)
- c) Druckknopf für Notauslösung.

## 4. Geräte und Apparate für besondere Aufgaben

In diesem Kapitel sollen einige für die Anlage charakteristische Geräte sowie Apparate für besondere Funktionen behandelt werden. Diese ergeben sich einerseits aus den Anforderungen der Automation, andererseits aus betriebstechnischen Überlegungen.

### 4.1 Drehzahlüberwachung

Die Erfassung der betriebswichtigen Drehzahlen ist für die Automation unentbehrlich. Diese Drehzahlen sind:

a) 0-Drehzahl für Umstellen der Betriebsart, Ein- bzw. Ausrücken der Kupplung, Lösen der Bremse nach Abstellung, Abstellen der Hilfsbetriebe.

Im Falle der Kupplungsbetätigung könnte eine Fehlmanipulation beträchtlichen Materialschaden zur Folge haben, deshalb ist die 0-Drehzahl durch Ansprechen eines Hilfsschützes (und nicht durch Abfallen), also durch eine positive Indikation erfasst. Die Vortäuschung des Stillstandes infolge einer Spannungsstörung ist somit verhindert.

b) Die Drehzahl = 300 U./min ist für die Betätigung der Bremse erforderlich. Das bezügliche Hilfsschütz spricht bei Drehzahl unter 300 an, die Indikation ist also ebenfalls positiv.

c) Nennzahl = 750 U./min. Bei dieser Drehzahl werden verschiedene Verriegelungen freigegeben, die hier nicht einzeln aufgeführt werden sollen.

d) Rücklaufdrehzahl = umgekehrte Drehrichtung; löst als nicht zulässiger Betriebszustand die Notabstellung aus.

Das Drehzahlmessgerät besteht aus dem Aufnehmerkopf und dem Auswertungsapparat. Der Aufnehmerkopf erhält auf seine Photodioden durch eine an der Maschinenachse befestigten Schlitzscheibe Lichtimpulse verschiedener Frequenz in Abhängigkeit von der Drehzahl. Der Auswertungsapparat verarbeitet die Impulse und betätigt die den bereits aufgeführten Drehzahlen entsprechenden Hilfsschütze.

### 4.2 Schalterarten

Für Anlageteile, welche zwecks Betriebes in eine bestimmte Stellung gebracht, aber nach Erreichen derselben nicht weiter betätigt werden müssen, wurden Impulsschalter vorgesehen. Bei diesen Anlageteilen wird der Betriebszustand im Falle eines Spannungsausfalles nicht beeinflusst.

Dementgegen stehen solche Organe, welche dauernd eingeschaltet bzw. als Reserven ständig in Betriebsbereitschaft geschaltet werden müssen (z. B. Ölpumpenmotoren). In solchen Fällen wurden Schalter mit fester Stellung angewendet.

### 4.3 Reglerölpumpen

Der zur hydraulischen Steuerung erforderliche Öldruck wird durch die Reglerölpumpen hergestellt. Jede Turbine ist mit zwei Reglerölpumpen ausgerüstet; die eine ist von der Eigenbedarfsanlage gespiesen, dient zum Anfahren und im

Betrieb als Reserve; die andere ist die vom Hilfstransformator gespeisene Betriebspumpe. Beide Pumpen sind in ihrer Funktion umschaltbar, um bei einer Störung der einen Pumpe die andere zum Anfahren und zum Betrieb einschalten zu können.

#### 4.4 Lagerölpumpen

Sowohl die Turbine als auch die Pumpe sind zwecks Anfahrens mit je einer Lagerölpumpe versehen, welche vom Eigenbedarfsnetz gespeisen werden. In der Nähe der Nenn-drehzahl wird der Öldruck für die Lager durch je eine mechanische Ölpumpe hergestellt, die elektrische Anfahrpumpe wird dadurch abgeschaltet und bleibt als Reserve für den Störfall der Ölversorgung durch die mechanische Pumpe in Bereitschaft.

#### 4.5 Wasserkühlung

Die Stopfbüchsen der grossen Einheiten werden durch Sperrwasser gekühlt, das Lager- und das Regleröl haben ebenfalls Wasserkühlung. Der Generator hat ein Wasserkühlsystem für sich.

Beim Reglerölsystem wird der Druck, bei den Kühlwassersystemen die Strömung, bei den Lagerölsystemen sowohl der Druck als auch die Strömung erfasst. Die Gesamtheit dieser Systeme bildet die «Hilfsbetriebe», bei deren einwandfreier Funktion ein Verriegelungsschutz anzieht und den Anfahrvorgang freigibt. Zwecks Verhinderung der Unterkühlung des Schmieröles können die Kühlwasserventile jeweils nur nach Erreichen des betreffenden Öldruckes geöffnet werden.

#### 4.6 Hilfsschützen mit spezieller Betätigung

Die gegenseitigen funktionsbedingten Eingriffe der einzelnen Organe werden durch Hilfsschütze mit speziellen Anzugs- bzw. Abfallbedingungen erstellt. Einige von denen seien beispielsweise aufgeführt:

Funktion	Hilfsschütz	
	zieht an	fällt ab
Umschalten der Automatik	bei Schalten auf Automatik oder Fernbedienung	bei Schalten auf Handsteuerung, bzw. auf örtliche Bedienung
Verriegelung des Wiederanfahrens	bei Anfahrbefehl in automatischem Betrieb	bei Erreichen der Nenn-drehzahl
Abstellen des Regleröles	Leitapparat in Leerlauf und Turbine aus-geblasen	Automatischer Betrieb: Drehzahlabfall auf 0 Handbetrieb: Abstellen der Regleröl-Betriebspumpe
Ausrücken der Kupplung	bei Drehzahlanstieg auf 300 U./min	nach Ausrücken der Kupplung
Bremse lüften	nach Erreichen der Nenn-drehzahl	nach Drehzahlabfall auf 0
Ausblasen der Turbine	wenn Kernbelüftung geschlossen wird	bei beendetem Ausblasevorgang
Schliessen des Kugelschiebers in Pumpenbetrieb	nach Einschalten des Hauptschalters	bei Abstellbefehlgabe

Die Ausführungen dieses Kapitels bezwecken an Hand einiger herausgegriffener Beispiele lediglich einen flüchtigen Einblick in die Art der Zusammenarbeit der verschiedenen Anlageteile bzw. Apparate zu gewähren. Eine komplette Beschreibung der Funktionen würde den Rahmen dieser Ab-handlung weit überschreiten. Es sei nur vermerkt, dass an der Steuerung über 350 Apparate, grösstenteils ineinander-greifend, teilnehmen (Fernbetätigung nicht mitgerechnet).

### 5. Turbinenbetrieb, Vorbedingungen

Vor Inbetriebnahme der Maschinengruppe müssen bestimmte Anlageteile in den erforderlichen Betriebszustand gebracht werden. Es handelt sich hiebei einerseits um die Schmier- und Kühlorgane, die unter dem Namen «Hilfsbetriebe» zusammengefasst werden, andererseits um die Anwesenheit bestimmter elektrischer Spannungen und die Stellung mechanischer Einrichtungen wie Kupplung, Kugelschieber usw.

Es gibt dreierlei Arten von Vorbedingungen:

a) Vorbedingungen, die im Stillstand betriebsmässig gegeben sind und somit im Normalfall keinen operativen Eingriff benötigen, diese sind:

- Eigenbedarfsspannung vorhanden,
- Druck in der Rohrleitung vorhanden,
- Drosselklappe im Wasserschloss geöffnet,
- Kugelschieber Reserveabschluss geöffnet,
- Steuerdruck vorhanden,
- Kugelschieber Hauptabschluss geschlossen,
- Bremse gelüftet,
- Kupplung ausgerückt,
- Öffnungsbegrenzung geschlossen,
- Spiralenteilung geschlossen,
- Leitapparat geschlossen,
- Deckelentlastung offen.

b) Vorbedingungen, die vor dem Anfahren durch Einschalten verschiedener Organe erfüllt werden müssen. Diese Schaltungen werden bei Handsteuerung durch die Schalter in der Maschinentafel, bei automatischer Steuerung durch den Anfahrbefehl von der Steuertafel aus selbsttätig erfolgen. Die Reihenfolge ist:

- Regleröl Anfahrpumpe,
- Turbinenlageröl Anfahrpumpe,
- Turbinen Sperrwasserventil,
- Regleröl Kühlwasserventil,
- Lageröl Kühlwasserschieber,
- Generator Kühlwasserschieber.

Diese Organe bilden die bereits erwähnten Hilfsbetriebe.

c) An Hand der betätigten Hilfsbetriebe werden sich auf hydraulischem Wege noch folgende Vorbedingungen einstellen:

- Druckregler geschlossen;
- Turbinenlagerölstand entsprechend,
- Kernbelüftung offen.

Nach Erfüllung sämtlicher aufgeführten Vorbedingungen kann dem Kugelschieber der Öffnungsbefehl erteilt werden. Bei etwa 30 % Öffnung des Schiebers kann die Öffnungsbegrenzung auf Öffnen geschaltet werden. Durch die hydraulische Steuerung öffnet auch der Leitapparat und die Gruppe läuft an.

Die Schaltbefehle für den Kugelschieber und für die Öffnungsbegrenzung erfolgen anschliessend an die unter b) aufgeführten Befehle bei automatischer Steuerung ebenfalls selbsttätig.

Man sieht also, dass bei automatischer Steuerung an der Steuertafel nur ein Startimpuls zum Anlaufen der Gruppe gegeben werden muss.

Bei Fernbetätigung werden von Sils aus ebenfalls nur der Startimpuls, und bei Bedarf auch die Wahl der Betriebsart, übertragen.

Bei beiden Steuerungsarten endet der Öffnungsvorgang der Öffnungsbegrenzung automatisch bei Erreichen der Leerlaufstellung (die Leerlaufstellung ist bei Turbinen- und bei Pumpenbetrieb verschieden). Die Drehzahl beschleunigt

sich bis zum Nennwert, danach wird die Gruppe synchronisiert und der Hauptschalter eingeschaltet. Bei automatischer Steuerung öffnet nachher die Öffnungsbegrenzung auf 100 %.

Beim Abstellvorgang erfolgen nach Entlastung von Hand und Öffnen des Hauptschalters die weiteren Schaltungen automatisch in umgekehrter Reihenfolge. Zudem wird nach Abfallen der Drehzahl auf 300 U./min die Bremse angezogen und nach dem Stillstand wieder gelüftet.

## Literatur

- [1] Jaray, P.: Die maschinelle Ausrüstung der Zentrale Ferrera. Schweizerische Bauzeitung 78(1960)33, S. 535...538.
- [2] Jaray, P.: Die elektromechanische Ausrüstung von Kraftwerken, illustriert am Beispiel der Hinterrhein-Kraftwerke. Schweizer Journal 28(1962)3, S. 40...41.
- [3] Oester, Ch.: Neue Tendenzen im Bau von Verdrahtungen elektrischer Schaltanlagen. Bulletin SEV 50(1959)11, S. 501...505.

### Adresse des Autors:

Dipl. El.-Ing. E. Kisfaludy-Péter, Motor Columbus AG für Elektrische Unternehmen, Baden (AG).

## Die übertragungstechnische Entwicklung der Telephonstation

Vortrag, gehalten an der 21. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik am 17. Oktober 1962 in Lausanne, von E. Seemann, Bern

621.395.721.1

(Übersetzung)

*Die Teilnehmerstationen stellen als Endglieder wesentliche Teile einer Telephonverbindung dar und deren übertragungstechnische Eigenschaften haben einen grossen Einfluss auf die Qualität der Verbindung. Die in den letzten Jahren eingetretene stürmische Entwicklung der Technik (besonders auch der Halbleiter) zeigt neue Wege für die Verbesserung der übertragungstechnischen Eigenschaften. Die sich anbahnende Entwicklung im Bau von Telephonstationen, die anstelle des Kohlemikrophons ein magnetisches Mikrophon und einen Transistorverstärker enthalten und deren Empfindlichkeit den gegebenen Betriebsbedingungen angepasst werden kann, sowie ein Vergleich mit dem gegenwärtig hergestellten Telephonstation-Modell PTT 1950 bilden das Hauptthema dieses Beitrages.*

*En sa qualité d'élément terminal, le poste téléphonique d'abonné est une partie essentielle d'une liaison téléphonique et ses caractéristiques techniques ont une grande influence sur la qualité de la communication. L'évolution extraordinaire de la technique (en particulier des semi-conducteurs), enregistrée au cours des dernières années, ouvre la voie à de nouvelles améliorations des propriétés techniques de transmission. Les nouvelles méthodes appliquées dans la construction du poste téléphonique d'abonné qui, en lieu et place du microphone à charbon, comporte un microphone magnétique et un amplificateur transistorisé et dont la sensibilité peut être adaptée aux conditions d'exploitation données, ainsi qu'une comparaison avec le poste téléphonique, modèle PTT 1950, fabriqué actuellement, forment le sujet principal de cet article.*

An der 4. Schweizerischen Tagung für elektrische Nachrichtentechnik (1945) hat Prof. H. Weber über den damaligen Stand sowie die weitere Entwicklung im Bau von Telephonstationen berichtet. Es handelte sich um konstruktive Neuerungen an Kohlemikrophon- und Hörkapseln, die eine wesentliche Verbesserung der Übertragungsqualität ergaben.

Die damals eingeleitete Entwicklung hat zum Bau der heutigen Mikrophon- und Hörkapseln geführt. Im Jahre 1950 wurde als weitere Verbesserung die neue Teilnehmerstation PTT, Modell 1950, geschaffen, die ausser einer erhöhten Empfindlichkeit in der Senderichtung bessere Rückhöreigenschaften aufweist. Unter Berücksichtigung des damaligen Standes der Technik besitzt diese Station gute übertragungstechnische Eigenschaften. Die Entwicklung der Zwischenzeit zeigt sowohl für die Schaltung als auch für den mechanischen Aufbau von Telephonstationen neue Möglichkeiten.

Das Streben nach Vervollkommnung wirkt sich daher bei der Telephonstation nicht nur in der Neugestaltung des äusseren Aufbaues, sondern auch in einer Verbesserung der übertragungstechnischen Eigenschaften aus. Um das gesprochene Wort über eine Telephonverbindung leicht verständlich zu übertragen, ist zur geeigneten Lautstärke eine gute Klangtreue nötig. Ferner sind Störgeräusche, wie Raum- und Leitungsgeräusche, sowie Verzerrungen am Ohr unter der Hörrmuschel möglichst gering zu halten, das heisst, Sende-, Empfangs- und Rückhörbezugsdämpfung sowie Frequenzgang haben einen grossen Einfluss auf die Übertragungsqualität. Für die neue Station ist deshalb eine automatische,

vom Leitungsstrom abhängige Lautstärkeregelung vorgesehen, die an hochohmigen (langen) Teilnehmerleitungen die Empfindlichkeit der Station erhöht. Zudem wird versucht, diese Pegelregulierung frequenzabhängig zu gestalten, um den Dämpfungszuwachs unpupinierter Kabelleitungen gegen die hohen Frequenzen teilweise aufzuheben, was eine vereinfachte Pupinisierung von langen Teilnehmerkabeln ermöglichen würde.

Zur Verbesserung der Betriebssicherheit und Stabilität der Sendeempfindlichkeit kann an Stelle des Kohlemikrophons ein magnetisches Mikrophon in Verbindung mit einem Transistorverstärker treten. Dabei ist die Sprachwiedergabe auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen infolge kleinerer Intermodulationsverzerrungen zwischen Nutz- und Störschall bei Raumgeräusch deutlicher als beim Kohlemikrophon. Betriebsversuche mit derartigen Stationen sind ermutigend verlaufen.

So wurden an 1000 Stationen, bei denen der Transistorverstärker im Stationsgehäuse untergebracht ist, während eines mehr als einjährigen Betriebsversuches nur einige wenige defekte Transistoren festgestellt. Als Hauptstörungursache, die in direktem Zusammenhang mit dem neuen Schaltungsprinzip steht, trat ein nichtlinearer Widerstand auf, dessen Betriebssicherheit aber verhältnismässig leicht zu verbessern ist. Obschon besonders der Sendefrequenzgang noch nicht den Anforderungen entspricht, die an eine neue Station zu stellen sind, werden die Übertragungseigenschaften im Durchschnitt als gut beurteilt.