

Bedienungslose Wasserkraftanlagen

Autor(en): **Vetsch, U.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **93/94 (1929)**

Heft 6

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-43295>

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.

INHALT: Bedienunglose Wasserkraftanlagen. — Die Neugestaltung des Paradeplatzes und anderer Verkehrsplätze in Zürich. — Mitteilungen: Vom Zürcher Hauptbahnhof. Ueber die Giftigkeit der Auspuffgase der Automobile. V. D. I.-Hochschulkurs in Darmstadt. Die neue Nordschleuse in Bremerhaven. Internationaler Kongress für Neues Bauen. Eidgenössische Technische Hochschule. Basler Rhein-

hafenverkehr. „Die neue Stadt“. — Nekrologe: Fritz Zweifel. Prof. Dr. Hans Moos. Rudolf Weber. — Wettbewerbe: Pfarrhaus mit Unterrichtsraum in Leimbach-Zürich. Ueberbauung des Hübeli-Areals in Olten. — Literatur: Stollenbau. Die Wandervorgänge auf experimenteller Grundlage. Eingegangene Werke. — Vortrags-Kalender. S. T. S.

Band 93.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 6

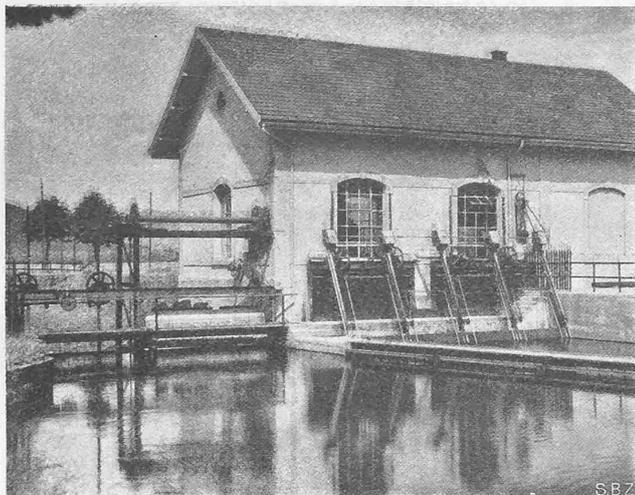


Abb. 1. Bedienunglose Zentrale Blatten der St. Gallisch-Appenzell. Kraftwerke, mit automatischer Stauklappe und automatischen Rechenreinigungs-Vorrichtungen.

Bedienunglose Wasserkraftanlagen.

Von U. VETSCH, dipl. El.-Ing., Baden.

Die bedienunglose Betriebsweise von Kraftwerken und Unterstationen stammt aus den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, wo sie sich, wohl in der Hauptsache wegen der hohen Betriebslöhne, in kürzester Zeit allgemein eingebürgert hat. Die europäischen Kraftwerksleiter dagegen standen ihr eher etwas skeptisch gegenüber, sodass erst im Jahre 1919 die erste automatische Unterstation auf dem Kontinent, die zur Belieferung der Strassenbahn Basel-Lörrach bestimmte Einanker-Umformerstation Riehen bei Basel¹⁾, in Betrieb gesetzt werden konnte. Die erste bedienunglose Wasserkraftzentrale in der Schweiz wiederum wurde erst 1922 durch die Schweiz. Bundesbahnen gebaut, die beim Umbau der bisherigen Ventilationsanlage Göschenen des Gotthard-Tunnels in ein Nebenkraftwerk für die Lieferung von Bahnenergie dort einen Einphasen-Asynchron-generator aufstellten, der vom Bahnunterwerk Göschenen aus ferngesteuert wird.²⁾

Die Zurückhaltung in der Erstellung von automatischen Generatorstationen mag zum Teil darin begründet gewesen sein, dass man nicht an die Möglichkeit des bedienunglosen Betriebes einer normalen Synchronzentrale glaubte, und so ist denn auch die zweite, im Jahre 1926 gebaute automatische Zentrale La Rançonnière der Stadt Le Locle nicht mit Synchronmaschinen, sondern mit Synchron-Asynchron-Generatoren ausgerüstet. Seither jedoch ist durch den praktischen Betrieb der Beweis erbracht worden, dass auch eigentliche Synchronzentralen bedienunglos betrieben werden können, sodass heute in der Schweiz 14 bedienunglose Wasserkraftzentralen mit einer Gesamt-Generatorleistung von rund 18000 kVA im Bau oder Betrieb sind. Nach der Art ihres Betriebes sind dies die nachstehend aufgeführten Elektrizitätswerke;

a) Vollautomatischer Betrieb, ohne Steuerleitungen: die Werke Glattfelden der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Hofen des E.-W. der Stadt St. Gallen und das Werk des Sanatorium Seehof in Davos.

¹⁾ Vergl. „S. B. Z.“ Band 77, S. 42 (22. Januar 1921). Red.

²⁾ Siehe Beschreibung der Ventilationsanlage in „S. B. Z.“ Band 33, Seite 216 (17. Juni 1899) und die kurzen Angaben über den Umbau in Band 82, S. 236 (3. November 1923). Red.

b) Vollautomatischer Betrieb mit Verwendung von Steuerleitungen: die Werke La Rançonnière des E.-W. Le Locle, Göschenen der S. B. B., Oberterzen der Schweiz. Zementindustrie-Gesellschaft Heerbrugg³⁾, Schlappin der A.-G. Bündner Kraftwerke⁴⁾, Buchs (St. Gallen), Trient der S. B. B., Riedji des E.-W. Lonza.

c) Betrieb ohne Wartung (nach normaler Inbetriebsetzung): Lienz und Blatten der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke, Chamuera der Bündner Kraftwerke, Bözingen der Vereinigten Drahtwerke in Biel.

Es ist demnach auch die Möglichkeit gegeben, bei bestehenden Anlagen und bei Projekten den automatischen Betrieb in Betracht zu ziehen, weshalb nachstehend die grundsätzlichen Anforderungen an die Apparatur von solchen Anlagen, sowie ausgeführte Werke und die verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten erörtert werden sollen.

Beim *hydraulischen Teil* einer automatischen Anlage ist besonders das Anlassen und Abstellen einer Turbine näher zu betrachten. Es lässt sich bei fast allen Turbinenarten ganz durch Betätigung des Absperrorgans vornehmen, wobei bei dessen Schliessen der Leitapparat der Turbine entweder vollständig geöffnet oder wenigstens durch eine geeignete Sperrung am gänzlichen Schliessen verhindert wird, sodass nach Wiederöffnen des Absperrorgans die Turbine anlaufen kann. In diesem Falle ist es möglich, den üblichen Antrieb der Regler-Oelpumpe von der Hauptwelle aus beizubehalten, indem dann mit dem Anlaufen der Turbine auch diese letzte zu arbeiten beginnt und die Tätigkeit des automatischen Drehzahlreglers im Bereiche der normalen Drehzahl ermöglicht. Es gibt immerhin auch Fälle, bei denen diese Art des Anlassens nicht möglich ist, weil beispielsweise die zum Anlaufen der Turbine notwendige Leitradöffnung grösser ist, als die Leerlauföffnung. Beim Anbringen einer Sperrung gegen Schliessen würde dadurch im normalen Betrieb eine Regulierung auf Leerlauf-Drehzahl unmöglich gemacht. In diesem Falle kann die Regler-Oelpumpe beispielsweise durch einen Elektromotor angetrieben werden, sodass der Regler nach dem Öffnen des Absperrorgans in normaler Weise auf Leerlauf-Drehzahl regulieren kann. Das Abstellen der Turbine sollte auch in diesem Falle nicht durch den Regler allein geschehen, da nur bei vorzüglicher Dichtung des Leitapparates wirklicher Stillstand der Gruppe eintreten wird.

Der, abgesehen von einem einwandfrei arbeitenden Drehzahlregler, wichtigste Zubehörrapparat des hydraulischen Teiles ist demnach das *Absperrorgan*. Hierfür wird bei genügendem Gefälle in der Regel ein Schieber mit hydraulisch betätigtem Servomotor gewählt, da damit die zum Schliessen notwendige Energie stets vorhanden ist und man sich vom Vorhandensein irgendwelcher Hilfsquellen unabhängig machen kann. Für die Steuerung wird zweckmässigerweise ein Elektromagnet in Ruhestromschaltung gewählt. Bei Niederdruckanlagen ist es ratsam, Freifallschützen anzuwenden, die nach Auslösen einer Klinke durch ihr Eigengewicht die Einlauföffnung schliessen, wobei, je nach den örtlichen Verhältnissen, eine Oelbremse anzubringen ist. Bei Anlagen im offenen Kanal ist zuweilen auch eine automatische Rechenreinigung notwendig. Eine solche Anlage ist in Abb. 1 dargestellt. Die Einrichtung wird zu bestimmten Zeiten durch einen Schaltautomaten kurzzeitig eingeschaltet und reinigt den Feinrechen, wobei das Rechengut in einem Abschwemmkanal gesammelt wird. Das Bild zeigt auch, links an die Zentrale anschliessend,

³⁾ Beschrieben auf S. 1 und 13 I. d. Bds. (5/12. Jan. 1929). Red.

⁴⁾ Eine kurze Beschreibung folgt demnächst im Anschluss an die Beschreibung der Werke Küblis und Klosters. Red.

eine automatische Stauklappe zur Konstanthaltung des Oberwasserspiegels beim Stillstand der Turbine.

In *elektrischer Hinsicht* muss von einer automatischen Zentrale in erster Linie die Konstanthaltung der Spannung verlangt werden. Dies geschieht mittels eines selbsttätigen *Spannungs-Schnellreglers* (Abb. 2 nebenan), der bei Parallelbetrieb mit andern Zentralen eine statische Charakteristik erhält, um eine gleich- oder gesetzmässige Verteilung des wattlosen Stromes auf die verschiedenen parallel arbeitenden Werke zu ermöglichen.

Zum Schutz des Generators gegen zu starke Beanspruchungen durch Kurzschlussströme dient ein *Ueberstromschutzregler*, der in den Erregerkreis eingeschaltet ist. Bei grösserem als normalem Strom des Generators wird die Erregung derart vermindert, dass der Ueberstrom einen für den Generator ungefährlichen Wert annimmt. Abbildung 3 gibt einen schematischen Schnitt durch einen solchen Regler. Er besteht aus zwei Teilen, dem Drehsystem mit Rückführung und dem Widerstandsystem. Das Drehsystem erzeugt die nötige Kraft zur Verstellung des Widerstandsystems. Es besteht aus drei genau gleichen Triebsystemen, von denen jedes an einen Stromwandler der drei Phasen angeschlossen ist. Jedes Triebsystem besteht aus einer Aluminiumdreh-scheibe c, die im Felde von drei Eisenkernen e liegt, die ihrerseits durch eine Stromspule a erregt werden. Durch Verwendung von Kurzschlussringen k wird ein Drehmoment auf die Scheibe ermöglicht. Diesem Drehsystem entgegen wirkt bei normalen Stromverhältnissen eine Federkraft h, sodass sich die Scheibe nicht drehen kann. Bei grösserem Strom jedoch überwiegt das elektrische Drehmoment; dadurch werden die Wälzsektoren s verstellt und vermindern die Generatorerregung zwecks Reduktion des Kurzschlussstromes. Eine Rückführung verhindert die Entstehung periodischer Schwingungen. Nach dem Verschwinden des Kurzschlussstromes dreht die Hilfsfeder f das Drehsystem wieder in seine normale Lage zurück. Der Ueberstromschutzregler gestattet die Einstellung der Maximalstrom-Relais auf hohe Zeitwerte, ohne den Generator zu gefährden, und ermöglicht dadurch eine gute Selektivität. Da ein grosser Teil der auftretenden Kurzschlüsse nur von kurzer Dauer ist, wird der Generatorschalter nicht auslösen und der Generator somit im Betrieb bleiben, was für den Betrieb eine wesentliche Verminderung der Betriebsunterbrüche bedeutet.

Das stossfreie Synchronisieren der Generatoren mit dem Netz geschieht mittels eines automatischen *Parallel-Schaltapparates* (Abb. 4). Nachdem die Uebereinstimmung der beiden Frequenzen mit noch zu erörternden Mitteln erreicht worden ist, erfolgt die Einschaltung des Schalters ganz selbsttätig nach Phasen- und Spannungsvergleich mittels der im Bild sichtbaren Kontaktvorrichtung.

Für den *Schutz der elektrischen Maschinen* sind verschiedene weitere Apparate notwendig. Die Oelschalter werden mit direkt aufgebauten (oder an Stromwandler sekundär angeschlossenen) Maximalstromzeitrelais als Schutz gegen Kurzschlüsse ausgerüstet. Rückwatt- oder Differential-Relais bewirken die Schalterauslösung im Falle von Defekten innerhalb der Maschinengruppe. Ein Maximalstrom-Relais oder Zentrifugalschalter spricht beim allfälligen Durchgehen der Turbine an. In diesen beiden letzten Fällen wird der Generator durch einen besonders Erregerschalter entmagnetisiert. Weitere Schutzapparate sind Kontakt-Thermometer oder Thermo-Regulatoren, die

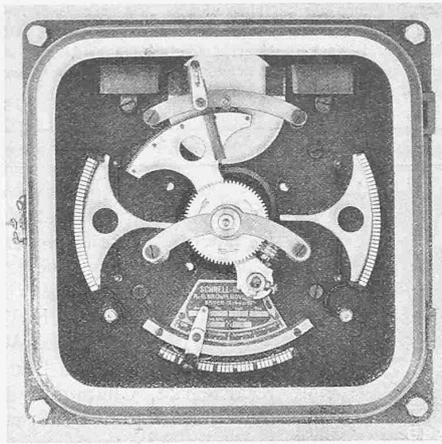


Abb. 2. Automatischer Spannungs-Schnellregler, Bauart Brown Boveri.

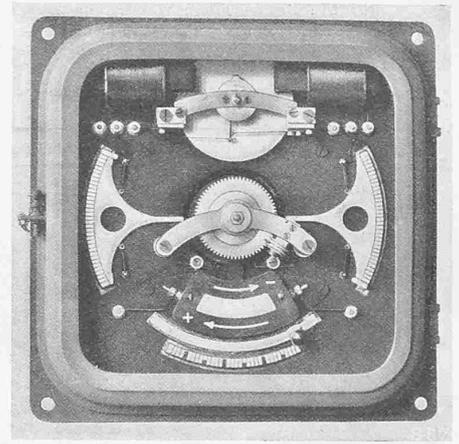


Abb. 4. Automatischer Parallelschaltapparat, Bauart Brown Boveri.

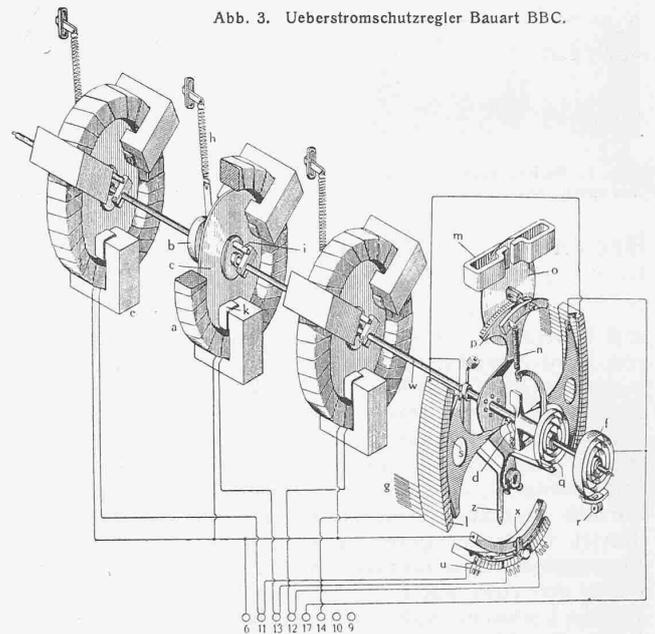


Abb. 3. Ueberstromschutzregler Bauart BBC.

in die Lager eingeschraubt werden und bei gefährlichem Temperaturanstieg ihre Kontakte schliessen, Kontakt-Manometer am Turbinenregler, die bei Rückgang des Oeldruckes die Abschaltung bewirken, oder entsprechende Hilfskontakte, die beim Reissen oder Abfallen des Oelpumpenriemens ansprechen, Druckanzeiger an Schmierpumpen, Oel- und Wasserdurchfluss-Anzeiger für Transformator-Kühleinrichtungen usw. Abb. 5 zeigt eine Schalttafel für bedienungslosen Betrieb; die Hochspannungsapparate sind hier in besondern Zellen untergebracht.

Es ist zweckmässig, die Störungen in zwei Gruppen zu unterteilen, äussere und innere Störungen, wovon die erstgenannten nur vorübergehender Natur sind, wie z. B. Kurzschlüsse auf den Freileitungen, bei denen die Zentrale nicht abgestellt zu werden braucht, während bei den letzt-erwähnten Störungen, wie Lagererwärmung, Rückwatt, Defekt am Turbinenregler usw., eine Stillsetzung der automatischen Zentrale unbedingt notwendig und eine automatische Wiederinbetriebsetzung vor einer entsprechenden Kontrolle keinesfalls zulässig ist. Als sichere und unabhängige Auslösestromquelle wird am besten eine kleine Hilfsdynamo mit der Turbine gekuppelt, wodurch die Anschaffung und Wartung einer Batterie überflüssig wird. In welchem Masse die Schutzeinrichtungen notwendig sind, hängt naturgemäss von Grösse und Bedeutung der Zentrale ab und soll nun in einigen Beispielen erläutert werden.

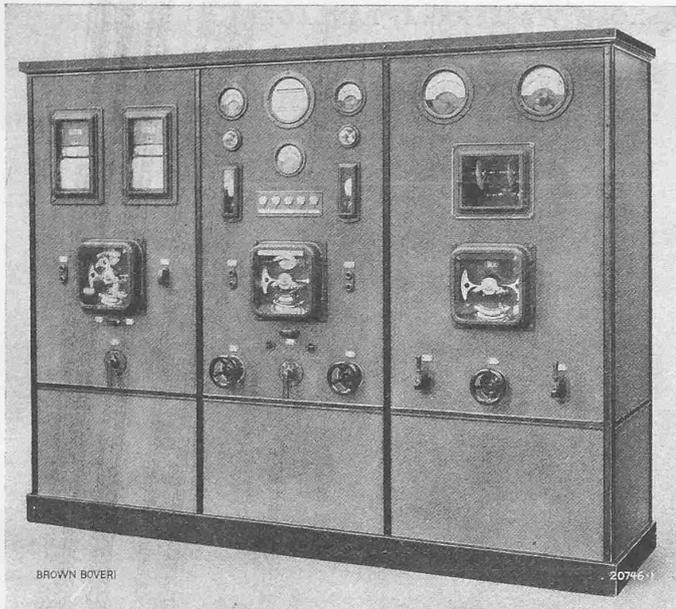


Abb. 5. Schalttafel für die Niederspannungsapparate der bedienungslosen Zentrale Jokawa (Japan).

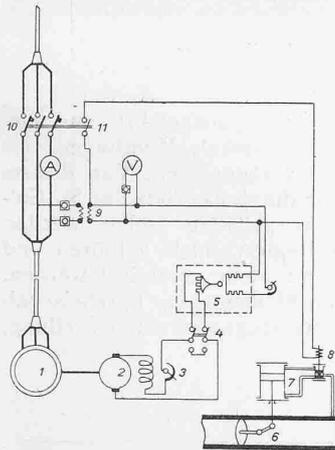


Abb. 6. Schaltschema einer bedienungslosen Wechselstrom-Kleinraftanlage ohne Parallelbetrieb mit andern Werken.

Die Klein-Wasserkraftanlage ohne Parallelbetrieb mit andern Werken macht in gewissem Sinne von vorstehenden Ausführungen deshalb eine Ausnahme, weil wegen ihrer Kleinheit aus wirtschaftlichen Gründen die Schutz- und Schalteinrichtungen auf ein Minimum beschränkt werden müssen. Für die Elektrizitätsversorgung von abgelegenen Gehöften, Berghotels usw. eignet sich bei Leistungen bis ungefähr 10 kW am besten Gleichstrom, da dann die Einhaltung einer bestimmten Drehzahl der Turbine nicht notwendig ist. Bei diesen reglerlosen

Gleichstrom-Gruppen ist es möglich, durch Compoundierung die Drehzahländerungen der Turbine bis ungefähr 35% derart auszugleichen, dass die Gleichstromspannung praktisch konstant bleibt. Bei Wechselstrom-Gruppen, die bedienungslos arbeiten sollen, ist dagegen eine Konstanthaltung von Spannung und Drehzahl durch entsprechende selbsttätige Regler notwendig. Doch lässt sich auch hier mit einfachen Mitteln ein bedienungsloser Betrieb erreichen, wie dies aus Abb. 6 hervorgeht. Der Generator 1 mit seiner direkt angebauten Erregermaschine 2 ist unmittelbar mit der Wasser-Turbine gekuppelt, die nach obigen Ausführungen mittels des Absperrschiebers 6 allein angelassen werden kann. Dieser Schieber 6 hat einen druckwasserbetätigten Servomotor 7, der durch einen Einphasen-Wechselstrom-Hubmagneten 8 in Ruhestromschaltung derart gesteuert wird, dass im angezogenen Zustande des Magneten der Schieber sich öffnet und im abgefallenen Zustande schliesst. Der Stromkreis des Hubmagneten führt über einen Hilfskontakt 11 am Generatorschalter 10. Soll die Gruppe in Betrieb gesetzt werden, so wird durch den Maschinisten der Generatorschalter 10 eingeschaltet und hierauf der Hubmagnet 8 von Hand angehoben. Der Schieber 6 öffnet sich und die Turbine läuft an. Nun kann der Generator 1 Spannung erzeugen, die mittels des

automatischen Spannungsschnellreglers 5 auf den normalen Wert einreguliert wird, sodass schon nach kurzer Zeit der Hubmagnet vom Maschinisten wieder losgelassen werden kann und nun durch den vom Generator selbst erzeugten Wechselstrom gehalten wird. Damit ist die Inbetriebsetzung beendet. Die Gruppe kann nun ohne Wartung weiter arbeiten und der Maschinist irgend einer andern Beschäftigung nachgehen. Bei Gruppen dieser Grösse wird der Schutz in der Regel auf Maximalstromauslösung beschränkt. Löst infolge Kurzschlusses der Schalter 10 aus, so unterbricht auch der Hilfskontakt 11 den Stromkreis des Hubmagneten 8, der damit das Schliessen des Schiebers 6 und das Stillsetzen der Gruppe bewirkt. Der Maschinist kann nun durch geeignete Mittel, z. B. Nullspannungs-Relais an seiner elektrischen Hausinstallation, auf die Stillsetzung aufmerksam gemacht werden. Die für diesen Fall notwendige Schalteinrichtung lässt sich auf einer Schalttafel von 950×1200 mm unterbringen. Bei Ergänzung durch eine kleine Batterie kann sehr leicht eine vollständig automatische In- und Ausserbetriebsetzung in Abhängigkeit von irgendwelchen physikalischen Grössen, z. B. Schaltuhr, Schwimmer, Druckknopf usw. erreicht werden.

Bei den grössern bedienungslosen Zentralen, die in Parallelbetrieb mit andern Werken arbeiten, muss mit geeigneten Mitteln die Synchronisierung mit den Parallelwerken vorgenommen werden. Die Amerikaner verwendeten hierzu anfangs immer und noch heute in der Regel eine Grobsynchronisierungs-Methode, bei der die Turbine angelassen und nach einer bestimmten Zeit, in der ungefähr die normale Drehzahl erreicht werden soll, der Schalter zwischen unerregtem Generator und Netz geschlossen wird, worauf dann die Erregung des Generators eingeschaltet wird. Die dabei auftretenden Stromstösse sind sehr beträchtlich, und es dürfte hierin auch ein Grund für die Zurückhaltung der europäischen Betriebsleiter gegenüber den automatischen Zentralen zu suchen sein, da eine solche Synchronisierungsart für unsere Verhältnisse bei den relativ kleinen Netzen schwerlich in Frage kommt. Inzwischen ist der selbsttätige Parallelschaltapparat auf den Markt gekommen und sind Mittel gefunden worden, die beiden Frequenzen selbsttätig zur Uebereinstimmung zu bringen, sodass es heute möglich ist, auch grösste Einheiten praktisch stossfrei auf das Netz zu schalten, wie dies von unsern schweizerischen Werken verlangt wird. Um jedoch den Vorteil auch ausnützen zu können, der in der Raschheit der Inbetriebsetzung bei Grobsynchronisierung liegt, ist in letzter Zeit eine Methode entwickelt worden, bei der die Synchronmaschine bei reduzierter Spannung asynchron angelassen und nach Erreichen der normalen Drehzahl durch Erregen synchronisiert wird. Dies kann in ähnlicher Weise auch mit Synchron-Asynchron-Maschinen geschehen. Dabei ist der auftretende Stromstoss wesentlich kleiner, als bei der amerikanischen Grobsynchronisierung.

Die bedienungslosen Zentralen Lienz und Blatten der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke A.-G. am Rheintalischen Binnenkanal sind in den Jahren 1927-28 umgebaut worden. Die alten Kegelradgetriebe wurden durch moderne Vertikal-Schraubenradgetriebe, und die vorhandenen Asynchron-Generatoren durch Synchronmaschinen ersetzt, und zudem die Einrichtungen derart gebaut, dass das Personal der Hauptzentrale Montlingen den Dienst auch für die Anlagen Lienz und Blatten besorgen kann, sodass hierfür besonderes Personal nicht notwendig ist. Da die beiden Zentralen praktisch während des ganzen Jahres in Betrieb sind und eine Ausserbetriebsetzung nur bei Störungen vorkommt, konnte auf eine selbsttätige Inbetriebsetzung der Anlagen verzichtet werden, da dann ohnehin ein Maschinist nach der betreffenden Zentrale gesandt werden muss. Abb. 7 zeigt eine Innen-Aufnahme der Zentrale Lienz. Die vertikalachsige Francis-Turbine von 350 kW Leistung ist über ein Doppel-Uebersetzungsgetriebe $74/750$ Uml/min mit einem Dreiphasen-Synchron-generator gekuppelt. Die Wasserturbine hat einen nor-

malen Drehzahlregler mit Windkessel als Druck-Reserve, da hier beim Abstellen nur der Leitapparat geschlossen wird, um die Beibehaltung der vorhandenen Einlaufschützen zu ermöglichen. Das Weiterdrehen mit kleiner Drehzahl ist ohne Bedeutung, da bei einer Störung innert kurzer Zeit ein Maschinist vom Hauptwerk Montlingen her eintreffen wird. Die Schaltungsanordnung der drei Werke am Rheintalischen Binnenkanal ist in Abb. 8 wiedergegeben. Jedes der beiden bedienungslosen Werke Lienz und Blatten, die schaltungstechnisch identisch sind, ist durch eine direkte Freileitung mit dem bedienten Hauptwerk Montlingen verbunden, von dem aus die Energie-Verteilung erfolgt, und das mit dem Kubelwerk der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke A.-G. in Verbindung steht. Hier wird auch die Parallelschaltung der beiden oberen Werke mit dem Netz vorgenommen. Die erstmalige Inbetriebnahme gestaltet sich wie folgt: ein nach der bedienungslosen Anlage entsandter Maschinist öffnet von Hand die Turbinen-Einlaufschütze und den Leitapparat, sodass die Turbine anläuft und mittels des Drehzahlreglers auf normale Drehzahl reguliert wird. Dann schliesst der Maschinist, nachdem er sich telephonisch vergewissert hat, dass der Linienschalter in Montlingen offen ist, den Generatorschalter, und schaltet die Erregung ein. Der Turbinenregler 13 ist mit einer elektrischen Drehzahl-Verstellvorrichtung ausgerüstet, die durch ein Kontaktrelais 15 gesteuert wird. Beim Anlaufen der Gruppe ist dessen Stellung wie im Schema eingezeichnet, wobei die Turbine auf Drehzahl-Zunahme gesteuert wird. Am Reglerpendel sind zwei Kontakte angebracht, die zur Steuerung des Kontaktrelais 15 dienen und von denen der eine bei Drehzahlen über 97% der normalen stets geschlossen ist und der andere bei 103% der normalen Drehzahl eingeschaltet wird. Da beim Anlaufen das Relais 15 die Turbine für grössere Drehzahl steuert, wird nach einiger Zeit bei 3% Ueberdrehzahl der obere Kontakt am Pendel geschlossen; dadurch kommt das Kontaktrelais 15 zum Ansprechen und steuert den Drehzahl-Verstellmotor um, wobei es gleichzeitig noch einen Haltekreis über den untern Reglerkontakt schliesst, sodass nun die Drehzahl der Turbine abnehmen bis zu 97% der normalen, wo der untere Reglerkontakt öffnet, das Relais 15 abfällt und nun die Drehzahl wieder zunimmt. Diese Frequenzpendelungen werden in der Zeit von ungefähr 2 min

BEDIENUNGSLOSE WASSERKRAFTANLAGEN

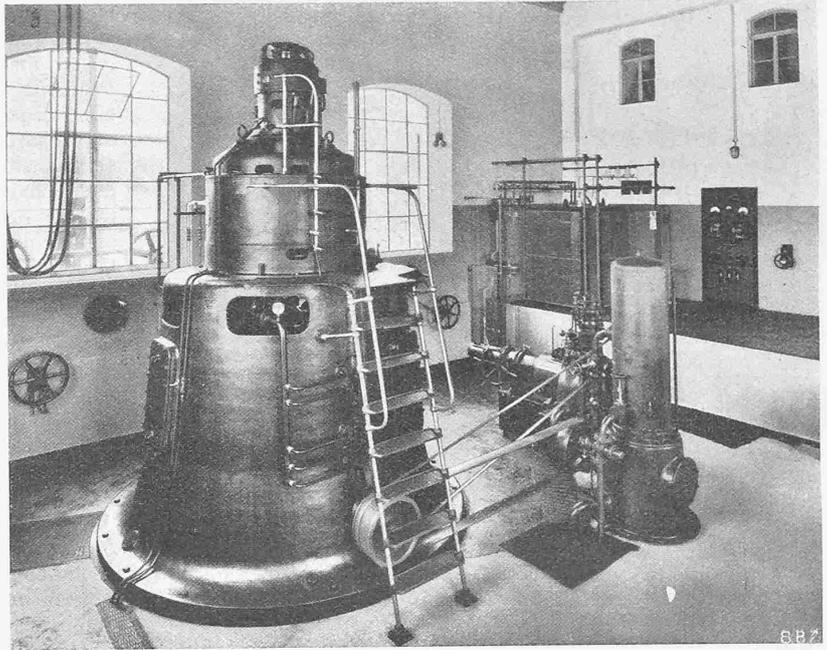


Abb. 7. Bedienungslose Zentrale Lienz der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke am Rheintalischen Binnenkanal.

vom Höchstwert zum Mindestwert ausgeführt und gestatten dem Wärter in der Hauptzentrale Montlingen, die Parallelschaltung mit dem Netz vorzunehmen. Von diesem Zeitpunkt an wird die Frequenz durch das Netz der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke gehalten und es werden deshalb die Bewegungen des Reglerpendels aufhören und die Stellung der Kontakte nicht mehr verändert werden. Befindet sich das Relais 15 im Momente der Parallelschaltung gerade in der im Schema eingezeichneten Stellung,

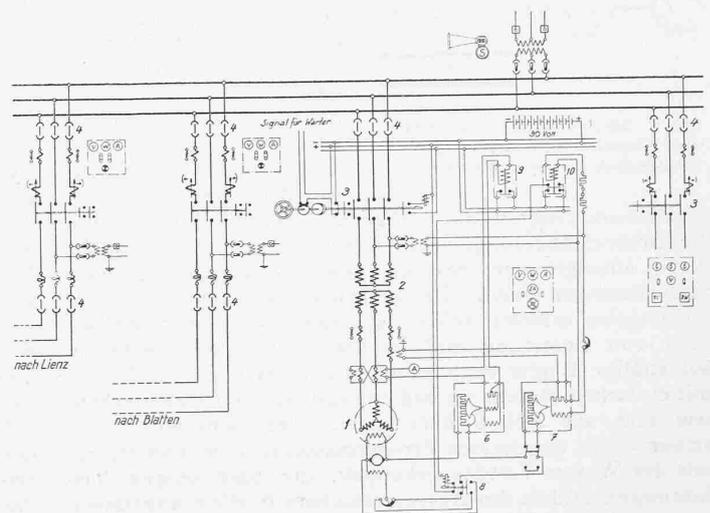
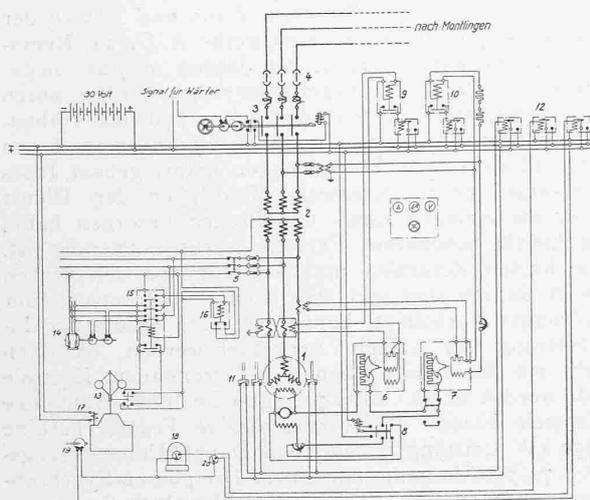


Abb. 8. Schaltungschema der Zentralen der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke am Rheintalischen Binnenkanal. — Oben: Hauptzentrale Montlingen. Links: Bedienungslose Zentralen Lienz und Blatten.

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 Generator, | 11 Thermorelais für Lagerschutz, |
| 2 Transformator, | 12 Fallklappenrelais, |
| 3 Oelschalter, | 13 Turbinenreglerpendel mit Hilfskontakten, |
| 4 Trennschalter, | 14 Turbinendrehzahlverstellung, |
| 5 Abgang für Hilfsbetriebe, | 15 Umschaltrelais zu 14, |
| 6 Ueberstromschutzregler, | 16 Zeitrelais zu 15, |
| 7 Spannungsregler, | 17 Steuermagnet am Turbinenregler, |
| 8 Magnetfeldschalter, | 18 Kontakt am Windkessel, |
| 9 Maximalstromrelais, | 19 Kontakt am Servomotor, |
| 10 Maximalspannungsrelais, | 20 Druckmesser an der Ölpumpe. |

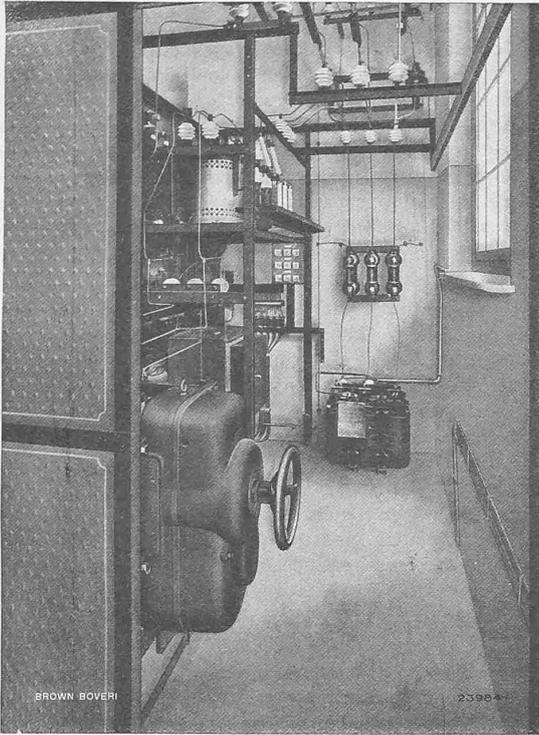


Abb. 9. Rückseite der Hauptschalttafel im Werk Hofen.

so wird der Leitapparat der Turbine weiter öffnen und diese daher belastet werden, bis schliesslich der Drehzahl-Verstellmotor durch einen Endschalter ausgeschaltet wird. Ist hingegen in diesem Momente das Relais 15 angezogen und läuft der Verstellmotor im Sinne der Drehzahl-Abnahme, so wird die Turbine weiter schliessen und keine Belastung übernehmen. Um dies zu verhindern, ist noch ein Zeitrelais 16 vorhanden, das stets eingeschaltet wird, wenn das Relais 15 anzieht, und auf etwa 3 min eingestellt ist. Wenn beim Ablauf dieser Zeit das Steuerrelais 15 noch nicht durch den untern Reglerkontakt zum Abfallen gebracht worden ist, so spricht das Zeitrelais 16 an, steuert das Relais 15 um und sichert so unter allen Umständen die Aufnahme der Belastung, die sich mittels automatischer Regulierung entsprechend dem Wasserzufluss einstellt. Störungen im allgemeinen Netz bewirken das Ansprechen der Ueberstromschutzregler der Zentralen und bei längerer Dauer das Ausschalten der Linienschalter in Montlingen, da die Zeiteinstellung der Schalter der bedienungslosen Zentralen bedeutend höher ist. Diese beiden Zentralen laufen nun leer weiter und nehmen dabei die vorherbeschriebenen Frequenzpendelungen wieder auf, die nach Behebung der Störung im Netz die Wieder-Parallelschaltung in Montlingen ermöglichen. Befindet sich dagegen die Störung auf der Leitung zwischen Montlingen und der bedienungslosen Zentrale oder in dieser selbst (Kurzschluss, unzulässige Lagererwärmung, Defekt am Turbinenregler oder an der Ölpumpe des Getriebes), so sprechen dort die entsprechenden Schutzvorrichtungen an und bewirken die Ausschaltung des Generator- und Erregerschalters sowie, mittels der Drucköl-Reserve, das Schliessen des Leitapparates der Turbine durch den Turbinenregler, sodass die Gruppe praktisch zum Stillstand kommt. Ein Kontakt-Null-Wattmeter in Montlingen orientiert das dortige Betriebspersonal über die Störung, die in der bedienungslosen Anlage selbst durch Fallklappen genau angegeben wird. Zur Alarmierung eines in der Nähe stationierten Schleusenwärters dienen ferner zwei Signalkontakte am Generator-Oelschalter, von denen sich der eine am Handrad, der andere auf der Schalterwelle befindet. Bei der Einschaltung des Schalters wird jener am Handrad stets geschlossen, während der Signalkreis erst vollständig ist, wenn der Oel-

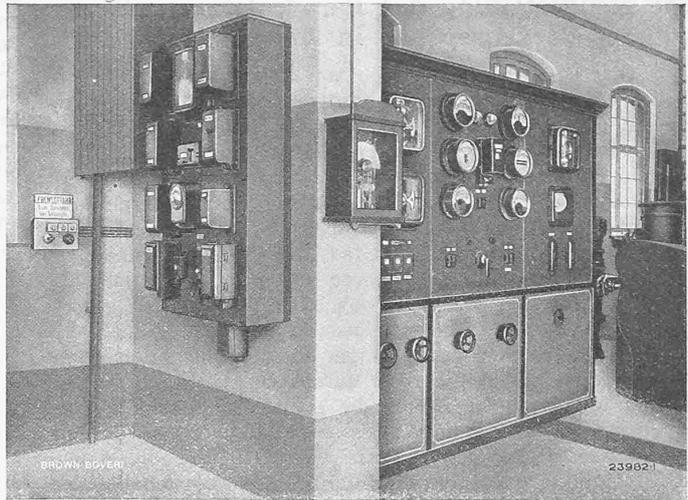


Abb. 10. Schaltanlage der bedienungslosen Zentrale Hofen des Elektrizitätswerkes der Stadt St. Gallen. Links Relais-Schalttafel, rechts Hauptschalttafel. Auf der Zwischenwand der Wasserstandsfernmelder.

schalter automatisch auslöst. Der Signalkreis kann wiederum durch Zurückdrehen des Handrades in Stellung „Aus“ unterbrochen werden. Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, dass das Signal leicht ausgeschaltet werden kann, ohne blockiert zu werden, da es bei einer Wiedereinschaltung des Schalters ohne weiteres wieder betriebsbereit ist.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, konnte hier mit einfachsten Mitteln die Möglichkeit des bedienungslosen Betriebes erreicht werden; die Mehrkosten gegenüber einer normalen Anlage sind unbedeutend.

Es ist leicht einzusehen, dass wenige Ergänzungen der oben besprochenen Schaltausrüstung es ermöglichen, eine solche Anlage auch von der Hauptzentrale aus, ohne Zutun menschlicher Arbeitskraft, in Betrieb zu nehmen oder auszuschalten, sei es durch Hinzufügung von Steuerdrähten oder selbst durch Benützung der Hochspannungsleitung; doch fehlt hier der Raum, um darauf näher einzutreten.

Durch Hinzufügung der *automatischen Parallelschalt-Einrichtungen* in der bedienungslosen Zentrale selbst zu der vorherbeschriebenen Schaltung lässt sich eine Zentrale vollständig automatisch betreiben, wie dies beispielsweise bei der in Abb. 9 und 10 dargestellten *Zentrale Hofen* des Elektrizitätswerkes der Stadt St. Gallen der Fall ist. Die Inbetriebsetzung dieser Zentrale von 300 kW Leistung geschieht durch den Wasserstands-Fernmelder, wenn der Wasserstand im Sammelweiher eine bestimmte Höhe erreicht hat; nach Absenken auf einen minimalen Wasserstand erfolgt die Stillsetzung, wobei weitere Kombinationsmöglichkeiten durch die Hinzufügung einer Schaltuhr gegeben sind. Bei vorübergehenden Störungen, wie Kurzschlüssen im Netz, erfolgt nur eine vorübergehende Stillsetzung, während bei inneren Störungen, wie Lagerbeschädigungen, Rückwatt, usw., die Stillsetzung mit gleichzeitiger Sperrung geschieht, sodass eine Wiederinbetriebsetzung erst nach erfolgter Revision vor sich gehen kann. Eine ausführliche Beschreibung dieser seit September 1927 in Betrieb stehenden Anlage ist in den „BBC-Mitteilungen“ vom August 1928 veröffentlicht. In gleicher Weise lassen sich natürlich auch Zentralen mit zwei oder mehr Gruppen automatisch betreiben, die mit oder ohne besondere Steuerleitungen in und ausser Betrieb gesetzt werden können. Dabei dienen sich die Einheiten der Zentrale gleichzeitig als Reserve, indem bei Ausschaltungen infolge von Störungen innerhalb der Gruppe stets eine andere Einheit selbsttätig und ohne Zutun der Betriebsleitung in Betrieb gehen wird. Bei Verwendung von Steuerleitungen lässt sich mit den gleichen Drähten in einfachster Weise eine Rückmeldung des Betriebszustandes der Anlage an die Kommandostelle verbinden. (Schluss folgt.)