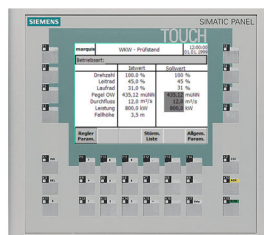


marquis

Digitaler Turbinenregler KSZ-2D



Ihr Partner
für hochverfügbare und
hocheffiziente Turbinenregler

1	Das digitale Kontroll- und Steuerzentrum KSZ	3
1.1	Allgemeines	3
1.2	Aufbau des Reglers	3
1.3	Beschreibung der Regelfunktionen	4
1.3.1	Drehzahlregelung / Inselbetrieb	5
1.3.2	Frequenzstützung	5
1.3.3	Durchflussregelung	6
1.3.4	Leistungsregelung	6
1.3.5	Öffnungsregelung	6
1.3.6	Pegelregelung	7
1.3.7	Schwallbetrieb	7
1.3.8	Wasserwiderstandsregelung	7
1.4	Beschreibung der Bedienhoheiten	8
1.4.1	Bedienung von Fern	8
1.4.2	Bedienung vor Ort	8
1.5	Beschreibung der Logikfunktionen	9
1.5.1	Startvorgang	9
1.5.2	Normaler Stoppvorgang	10
1.5.3	Not-Stopp	10
1.6	Drehzahlerfassung	11
1.7	Optimierungsfunktion	12
1.8	Notregler	13
2	Ansprechpartner	14

1 Das digitale Kontroll- und Steuerzentrum KSZ

1.1 Allgemeines

Wasserkraftanlagen müssen mit hoher Wirtschaftlichkeit betrieben werden, wobei dem Turbinenregler eine große Bedeutung zukommt.

Das digitale Regel- und Steuersystem für Wasserkraftanlagen verfügt über alle Funktionen, die für den Betrieb einer modernen, vollautomatischen Wasserkraftanlage benötigt werden und ist streng nach den Richtlinien nach DIN 4321 ausgeführt.

Es ist geeignet für alle Typen und Größen von Wasserkraftanlagen.

Durch die Verwendung einer SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) als Zentralgerät können praktisch alle Anforderungen abgedeckt werden.

Die Anzeige aller wichtigen Informationen und die Bedienung, erfolgt über ein Operator Panel oder wahlweise über einen PC. Interne Maschinenparameter können über das Bediengerät komfortabel eingegeben und abgefragt werden.

1.2 Aufbau des Reglers

Das Regel- und Steuersystem ist auf einer Montageplatte untergebracht und umfasst im Wesentlichen folgende Komponenten:

- SPS im Industriestandard (Siemens S7-300 / 400 bzw. 1500)
- Zusatzkomponenten wie Verstärkerkarte für Regelventil und Karte für Drehzahlerfassung
- Alle Eingänge sind auf Klemmen verdrahtet und analoge Eingänge zusätzlich über Trennverstärker geführt.
- Alle binären Ausgänge sind über Koppelrelais, alle analoge Ausgänge über Trennverstärker geführt und auf Klemmen verdrahtet.
- Kommunikation mit anderen Steuerungen erfolgt über ProfiBus oder ProfiNet.

In der Tür eingebaut:

- Zur Anzeige ein grafisches Operator Panel (OP), oder ein PC.
- Diverse Schalter und Taster zur Bedienung.
- Analoganzeigen
Da schnelle Vorgänge an analogen Messinstrumenten besser verfolgt werden können, werden die wichtigsten Betriebswerte (z.B. Drehzahl, Leit- und Laufradstellung) durch analoge Messinstrumente unabhängig von der SPS angezeigt.
Damit sind auch bei „Notbetrieb“ die notwendigen Anzeigen vorhanden.

1.3 Beschreibung der Regelfunktionen

Das KSZ-System umfasst unter anderem folgende Regelfunktionen:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| • Drehzahlregelung für Leerlauf | PI(D-T ₁) |
| • Inselbetrieb | PI(D-T ₁) |
| • Frequenzstützung | PI(D-T ₁) |
| • Schwallbetrieb | PI(D-T ₁) |
| • Durchflussregelung | PID |
| • Leistungsregelung | PID |
| • Öffnungsregelung | PID |
| • Pegelregelung | PID |

Zusätzliche Funktionen zu den Regelfunktionen:

- Öffnungsbegrenzung bei allen Regelungsarten
- Schließbegrenzung bei Durchfluss-, Leistungs- und Pegelregelung
- Sprungfreies Umschalten auf alle Regelarten

Selbstverständlich können im Turbinenregler auch noch weitere kundenspezifische Regelfunktionen implementiert werden.

1.3.1 Drehzahlregelung / Inselbetrieb

Die Drehzahlregelung wird beim Start, nach dem Erreichen eines einstellbaren Drehzahlpunktes, automatisch aktiviert. Danach wird der Drehzahlsollwert über eine Rampe auf 100% eingestellt.

Für das Synchronisieren kann über zwei Eingänge (n-höher bzw. n-tiefer) der Drehzahlsollwert verstellt werden.

Im Netzbetrieb überwacht der Regler die Frequenz auf eine eingestellte Abweichung. Wird eine Frequenzabweichung erkannt, schaltet der Regler auf Drehzahlregelung (Inselbetrieb) um.

Befindet sich der Regler im Inselbetrieb mit mehreren Maschinen, kann eine bleibende Statik für den Regler aktiviert werden.

Für Inselbetrieb mit kleiner Belastung kann der Leitrad/Lauftrad - Zusammenhang deaktiviert werden, wodurch ein ruhigeres Regelverhalten erreicht wird.

Das Zurückschalten von Inselbetrieb auf Netzbetrieb erfolgt manuell durch das Aktivieren einer anderen Betriebsart.

1.3.2 Frequenzstützung

Die Frequenz muss sich innerhalb eines einstellbaren Frequenzbandes befinden. Verlässt die aktuelle Frequenz das eingestellte Frequenzband, schaltet der Regler auf Drehzahlregelung. Befindet sich die Frequenz innerhalb eines einstellbaren Totband, ist die Frequenzstützung nicht aktiv.

Der Frequenz-Istwert wird über einen Tiefpassfilter geführt, wodurch unnötige Umschaltvorgänge vermieden werden.

Die Frequenzstützung wird verlassen, wenn sich die Netzfrequenz wieder dauerhaft (Zeit variabel einstellbar) innerhalb des Frequenzbandes befindet oder von Hand eine andere Betriebsart ausgewählt wird.

Die Frequenzstützung wird zeitlich überwacht. Ist die Zeit abgelaufen, kann durch Vorwahl entschieden werden, ob die Maschine abstellt oder auf Inselbetrieb wechselt.

Dabei unterstützt die Frequenzhaltung alle drei Regelstufen. Die Primärregelung, die Sekundärregelung, sowie die Minutenreserve.

1.3.3 Durchflussregelung

In dieser Regelungsart wird der Turbinendurchfluss auf einen vorgegebenen Durchfluss-Sollwert geregelt. Die Durchflussregelung wird durch einen digitalen Eingang (Durchflussregelung Ein) oder von Fern aktiviert.

Der Sollwert kann über ein Analogsignal, über zwei digitale Eingänge (höher/tiefer) oder von Fern vorgegeben werden.

Der Durchfluss-Istwert wird im Turbinenregler in der Regel anhand der Leitradstellung und Fallhöhe berechnet, sofern keine zusätzliche Sensorik verbaut wurde.

1.3.4 Leistungsregelung

In dieser Regelungsart wird die Turbinenleistung auf einen vorgegebenen Leistungs-Sollwert geregelt. Die Leistungsregelung wird durch einen digitalen Eingang (Leistungsregelung Ein) oder von Fern aktiviert.

Der Sollwert kann über ein Analogsignal, über zwei digitale Eingänge (höher/tiefer) oder von Fern vorgegeben werden.

1.3.5 Öffnungsregelung

In dieser Regelungsart kann die Leitradstellung zwischen 0 - 100 % verstellt werden. Die Öffnungsregelung wird durch einen digitalen Eingang (Öffnungsregelung Ein) oder von Fern aktiviert.

Der Sollwert kann über ein Analogsignal, über zwei digitale Eingänge (höher/tiefer) oder von Fern vorgegeben werden.

1.3.6 *Pegelregelung*

In dieser Regelungsart wird der Oberwasserpegel auf einen vorgegebenen Sollwert geregelt. Die Pegelregelung wird durch einen digitalen Eingang (Pegelregelung Ein) oder von Fern aktiviert.

Der Sollwert kann über ein Analogsignal, über zwei digitale Eingänge (höher/tiefer) oder von Fern vorgegeben werden.

1.3.7 *Schwallbetrieb*

Der Schwallbetrieb kann bei einer Lastabschaltung aktiviert werden. Dabei wird der Drehzahlsollwert auf einen einstellbaren Wert erhöht (z.B. 110%) und das Laufrad auf eine einstellbare Öffnung gefahren. Nach dem Ablauf einer einstellbaren Zeit, wird der Schwallbetrieb beendet, n-Sollwert auf 100% eingestellt und danach die Maschine abgestellt.

1.3.8 *Wasserwiderstandsregelung*

Bei dieser Regelungsart wird die Maschinenleistung bei einem plötzlich auftretenden Netzausfall oder Lastabwurf automatisch über die Wasserwiderstände abgeführt. Dadurch dass sowohl der Leitapparat als auch das Laufrad ihre letztgültigen Positionen vor dem Netzausfall / Lastabwurf beibehalten und in diesen vorerst verharren, wird somit ebenfalls der Kraftwerksdurchfluss beibehalten, womit ein stoßfreies Umschalten gewährleistet ist.

Sobald der Wasserwiderstand nun in Betrieb ist, wird die Position der einzutauchenden Elektroden abhängig vom vorliegenden Drehzahlsollwert gesteuert.

Sind alle Störungen behoben, so kann die Maschine wieder stoßfrei in allen Leistungsbereichen zurücksynchronisiert werden.

1.4 Beschreibung der Bedienhoheiten

1.4.1 *Bedienung von Fern*

Für die Bedienhoheit **FERN**, muss der Schlüsselschalter in der Tür des Turbinenreglers „**Ort/Fern**“ auf der Stellung **FERN** stehen.

Der Regler überwacht sich selbst und gibt, wenn alles in Ordnung ist, eine Freigabe an die Maschinensteuerung.

Wird ein Startbefehl erteilt, werden von der Maschinensteuerung die Hilfsbetriebe aktiviert. Sind alle benötigten Hilfsbetriebe eingeschaltet und alle Drücke und Strömungen in Ordnung, erfolgt der Startbefehl von der Maschinensteuerung an den Turbinenregler. Die Maschine startet (wie unter Startvorgang im nächsten Kapitel 1.5.1 beschrieben) und wird automatisch auf die voreingestellte Drehzahl (100%) gefahren. Nach Schließen des Generatorschalters wird die Maschine bis zum Erreichen der Grundlast geöffnet, um anschließend die gewünschte Regelungsart aktivieren zu können.

1.4.2 *Bedienung vor Ort*

Für die Bedienhoheit **ORT**, muss der Schlüsselschalter in der Tür des Turbinenreglers „**Ort/Fern**“ auf der Stellung **ORT** stehen.

In dieser Bedienhoheit können sowohl Leitapparat, also auch Laufrad für Revisionszwecke unabhängig voneinander verfahren werden.

Die gewünschten Sollwertvorgaben können dabei wahlweise über einen extra Handregler oder über das Bedien-&Beobachtungssystem getätigt werden.

1.5 Beschreibung der Logikfunktionen

1.5.1 Startvorgang

Nach erfolgtem Start fährt das Laufrad auf die einstellbare **Laufrad-Voröffnung**. Danach öffnet der Leitapparat mit der einstellbaren **Leitradgeschwindigkeit beim Anfahren** bis zur einstellbaren **Anfahröffnung 1**. Die Maschine dreht los.

Der Drehzahlanstieg erfolgt relativ schnell, da die **Anfahröffnung 1** entsprechend groß eingestellt wird.

Bei Erreichen der einstellbaren Drehzahl **n LF Voröffnung Aus** wird das Laufrad bis zur einstellbaren Laufradleerlauföffnung **Laufrad Voröffnung n Aus** geschlossen.

Bei Erreichen der einstellbaren Drehzahl **n AÖ1 => AÖ2** schließt der Leitapparat mit der einstellbaren **Leitradgeschwindigkeit beim Anfahren** bis zur einstellbaren **Anfahröffnung 2**.

Diese ist nur wenig größer als die Leerlauföffnung der Turbine. Die Drehzahlsteigerung ist deshalb nur noch gering. Erreicht die Drehzahl den Drehzahlpunkt **Drehzahlregelung Ein** wechselt der Turbinenregler in die Regelungsart **Drehzahlregelung Netz**.

Beim Umschalten auf die Regelungsart **Drehzahlregelung Netz** wird der Drehzahl-Sollwert dem Drehzahl-Istwert gleichgesetzt. Anschließend wird der Drehzahl-Sollwert über eine Rampe auf 100% geführt. Der Generator wird synchronisiert und ans Netz geschaltet. Mit dem Schließen des Generatorschalters, wird die Maschine automatisch bis zur Grundlast (einstellbar) belastet. Der Regler befindet sich dabei in der Betriebsart Öffnungsregelung.

1.5.2 Normaler Stoppvorgang

Die Maschinensteuerung gibt einen Stopp-Befehl an den Turbinenregler aus, wodurch der Regler auf die Betriebsart Öffnungsregelung schaltet oder die Maschinensteuerung einen Öffnungssollwert von 0% ausgibt. Der Leitapparat schließt mit der einstellbaren **Leitradgeschwindigkeit bei Stopp**. Das Laufrad folgt anhand des Zusammenhangs. Nach Erreichen der Leerlauföffnung, wird von der Maschinensteuerung der Generatorschalter geöffnet und ein Stopp-Befehl an den Turbinenregler ausgegeben.

Option:

Bei geöffnetem Generatorschalter und Stopp-Befehl von der Maschinensteuerung öffnet das Laufrad auf die einstellbare **Bremsöffnung Laufrad**, um die Drehzahl schneller zu reduzieren.

Wenn die Turbine steht, wird nach Ablauf der einstellbaren Verzögerungszeit **Verzögerung Meldung Stillstand** die Meldung **Stillstand** an die Maschinensteuerung ausgegeben und das Laufrad schließt wieder.

1.5.3 Not-Stopp

Mechanischer Fehler:

Nach Auftreten eines Fehlers läuft das Leitrad schnell in die minimale Endlage, wodurch die Maschine entlastet wird.

Nach Erreichen der Leerlaufstellung (variabel *einstellbar*) wird der Generatorschalter geöffnet und die Notschlussventile deaktiviert.

Elektrischer Fehler:

Nach Auftreten eines Fehlers werden die Notschlussventile deaktiviert und gleichzeitig der Generatorschalter ausgelöst. In diesem Fall ergibt sich eine vorübergehende Drehzahlsteigerung.

Die nachfolgenden Vorgänge entsprechen dem normalen Stoppvorgang.



Nach Auftreten einer Störung kann die Maschine erst dann wieder angefahren werden, wenn der Fehler beseitigt worden ist und quittiert wurde.

1.6 Drehzahlerfassung

Die Drehzahlerfassung besteht aus einem Zahnkranz und drei stirnseitig zu diesem angebrachten induktiven Näherungsschaltern, welche die Drehzahl direkt von Selbigem abnehmen. Dies geschieht indem über der aktiven Fläche des Sensors ein räumlich begrenztes elektromagnetisches Stromfeld erzeugt wird. Befindet sich ein elektrisch leitfähiges Material in der aktiven Schaltzone, so wird der Sensor bedampft. Tritt das leitende Material wieder aus der aktiven Schaltzone aus, kann sich das elektromagnetische Stromfeld erneut aufbauen. Dabei werden Rechteckimpulse an das Auswertgerät gegeben, deren Frequenz proportional zur Drehzahl ist.

Darüber hinaus wird die Drehzahl zusätzlich noch von der Spannung des Generators abgeleitet. Hierzu dient ein Frequenzmessumformer, welcher die aktuell anliegende Spannung des Generators in eine Frequenz wandelt und als 4-20mA Signal an die SPS weiterleitet.

Zur Auswertung der Signale kommen dann insgesamt drei Systeme zum Einsatz.

System 1 ist die SPS einer jeden Maschineneinheit. Hierbei werden zwei der drei Signale der Drehzahlaufnehmer, nämlich CH0 und CH 1 in die schnelle FM-Zählerbaugruppe der SPS-Maschinensteuerung geführt und dort ausgewertet.

System 2 besteht aus einem externen Auswertgerät, unabhängig von der Regler-SPS mit separater Stromversorgung, welches sich ebenfalls in jeder Maschineneinheit befindet. Auf dieses wird CH2 geführt und dort direkt vom Gerät ausgewertet. Ebenfalls sind vier Drehzahlgrenzwerte dort hinterlegt, so dass bei Ausfall der SPS o.Ä. ein sicheres Abstellen der Maschine gewährleistet ist.

Zudem wird von diesem Auswertgerät ein 4-20mA – Signal ebenfalls in die Regler-SPS geführt und dort zusammen mit den anderen Signalen ausgewertet.

System Nummer 3 ergibt sich aus dem oben bereits erwähnten Frequenzwandler. Auch hier erhält die Regler-SPS ein 4-20mA – Signal vom Frequenzwandler, welches wiederum ebenfalls zusammen mit den anderen Signalen ausgewertet wird.

In der Regler-SPS werden nun alle vier Signale weiterverarbeitet und es kommt zur logischen 3-von-4 Auswahl. Eine anliegende Störung nach dem Ruhestromprinzip von einem der vier Signale bewirkt lediglich eine Störung ohne Stillsetzen, wohingegen bei Anliegen einer Störung von zwei oder mehr Signalen die Maschine umgehend gemäß Auslösematrix stillgesetzt wird.

1.7 Optimierungsfunktion

Im Turbinenregler ist eine Optimierungsfunktion für den Wirkungsgrad der Maschine integriert.

Für jeden Betriebspunkt kann die Optimierung automatisch oder an Hand eines einstellbaren Intervalls manuell gestartet werden.

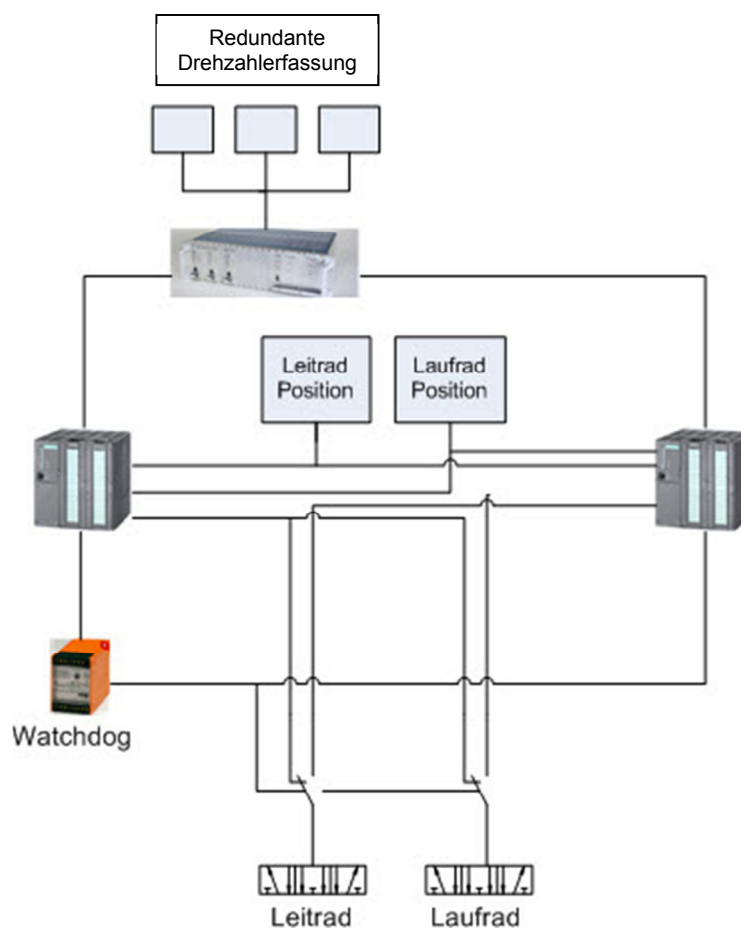
Während der Optimierung werden Sollwertänderungen von Extern ignoriert. Der anstehende neue Sollwert wird somit erst nach Ende oder manueller Unterbrechung der Optimierung verarbeitet.

Ist die Optimierung aktiv, wird für den Betriebspunkt durch geringfügiges Verfahren des Lauf- und Leitrades, der energetisch günstigste Leistungspunkt gesucht und abschließend abgespeichert. Nicht konstante Verhältnisse, wie beispielsweise die Fallhöhe, werden während der Optimierung selbstverständlich berücksichtigt.

1.8 Notregler

Der Notregler arbeitet redundant zum Hauptregler. Das bedeutet, beide Regler sind exakt identisch aufgebaut, beinhalten die gleiche Software und arbeiten stets parallel.

Ebenfalls werden beide Regler mit den gleichen Signalen parallel versorgt. Zwischen den beiden Reglern kann jederzeit stoßfrei umgeschaltet werden. Dabei wird der Hauptregler permanent von einem Watchdog-Relais überwacht. Somit ist bei Ansprechen des Watchdogs ein automatisches Umschalten auf den Notregler ohne Verzögerung gewährleistet. Nach manueller Quittierung des Fehlers wird die Turbinenregelung wieder automatisch vom Hauptregler stoßfrei übernommen.



2 Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Tobias Wopperer
Abteilungsleiter Konstruktion Elektrotechnik

Telefon 07324 / 9635-0
Telefax 07324 / 9635-30
Email: wopperer@marquis-tech.de