



IQX - Ionenquelle, Quellennetzgeräte

Gerätemodell und Softwareentwurf

L. Hechler G. Riehl

Es steht noch aus:

- *Nach wie vor fehlen bei der Beschreibung der Hardware die Zeichnungen mit der prinzipiellen Verschaltung von PIG, CHORDIS, MEVVA Quelle..*

Änderungsprotokoll			
Datum	GM-Version	Name	Kommentar
5. Oct. 94	IQX_01	LH	1. Entwurf
15. Nov. 94	IQX_01	LH	Ergänzungen nach div. Meetings
6. Dez. 94	IQX_01	GuRi	Ergänzungen nach div. Meetings und erster Software-Entwicklung
20. Jan. 95	IQX_01	GuRi	Vorläufiger Abschluß der Entwicklung
6. Sep. 96	IQX_02	GuRi	Komparator ein/ausschaltbar
7. Jul. 99	IQX_02	UK	Sollwert bei Interlock <i>nicht</i> verändern

Inhaltsverzeichnis

I	Das Gerätemodell	7
1	Die Aufgabe des Gerätes	7
2	Die Hardware des Gerätes	7
2.1	Liste der IQX-Geräte	7
2.1.1	PIG-Betrieb	7
2.1.2	Chordis-Betrieb	7
2.1.3	Mevva-Betrieb	8
2.1.4	Schaltung PIG-Betrieb	8
2.1.5	Schaltung Chordis-Betrieb	8
2.1.6	Schaltung Mevva-Betrieb	8
2.2	Properties der Hardware	9
2.3	Geräte-Subtypen	9
2.4	Besonderheiten	9
2.4.1	Regelung des Beschleunigernetzgerätestromes	9
3	Die Schnittstelle zum Gerät	10
3.1	Interfacekarte	10
3.2	Funktionscodes der Interfacekarte	10
3.3	Interlock Interrupt	11
3.4	Data Request (DRQ) Interrupts	11
3.5	Data Ready (DRD) Interrupts	11
3.6	Definition der Bits des Hardwarestatus	11
4	Die Bedienung des Gerätes	12
4.1	Aufgaben im Normalbetrieb	13
4.1.1	Anfahr- und Betriebsmode	13
4.1.2	Komparator-Mode	13
4.1.3	Sollwert	13
4.1.4	Periodische Sollwerterneuerung	14
4.1.5	Istwert	14
4.1.6	Einschalten	14
4.1.7	Ausschalten	15
4.1.8	Reset	15
4.2	Genauigkeitsanforderungen	15
4.3	Zeitkritische Anforderungen	15
4.4	Einordnung in das Timing	15
4.5	Festlegung von Startwerten	16
4.5.1	Kaltstarts	16
4.5.2	Warmstarts	16
4.6	Handbetrieb	16
4.7	Ableitung des Hardware Warning-Bits aus dem Gerätestatus	16
4.8	Verhalten bei Störungen	17
4.8.1	Geräteinterlock	17
4.8.2	Emergency-Event	17
4.8.3	Ausfall der Kommunikation SE – Gerät	17
4.9	Bedienungsfehler vom Operating	17

5	Die Repräsentation des Gerätes	17
5.1	Kennzeichnung des Gerätemodells	17
5.2	Die Master-Properties	17
5.2.1	INIT	18
5.2.2	RESET	18
5.2.3	STATUS	18
5.2.4	POWER	19
5.2.5	VERSION	20
5.2.6	INFOSTAT	20
5.2.7	POWERHV	21
5.2.8	THRSHOLD	21
5.2.9	CURRCTRL	21
5.2.10	VOLTAGES	21
5.2.11	VOLTAGEI	22
5.2.12	CURRENTI	22
5.2.13	PRESSURS	22
5.2.14	PRESSURI	22
5.2.15	REGELUNG	22
5.3	Die Slave-Properties	22
5.3.1	ACTIV	23
5.3.2	EQMERROR	23
5.3.3	COPYSET	24
II	Der Entwurf der Software	25
6	Softwareentwurf	25
7	Lokale Datenbasis	25
7.1	Tabelle der Konstanten	25
8	Dualport RAM	26
9	USRs - User Service Routines	26
9.1	Obligatorische USRs	26
9.1.1	N_Init	26
9.1.2	N_Reset	26
9.1.3	R_Status	26
9.1.4	R_Power	26
9.1.5	W_Power	26
9.1.6	R_Version	26
9.1.7	R_InfoStat	26
9.1.8	R_Active	26
9.1.9	W_Active	26
9.1.10	R_EQMErr	26
9.1.11	W_CopySet	26
9.2	Gerätespezifische USRs	26
9.2.1	R_PowerHV	26
9.2.2	W_PowerHV	27
9.2.3	R_CurrCtrl	27
9.2.4	W_CurrCtrl	27
9.2.5	R_Threshold	27
9.2.6	W_Threshold	27

9.2.7	R_Voltages	27
9.2.8	W_Voltages	27
9.2.9	R_Voltagei	28
9.2.10	R_Currenti	28
9.2.11	R_Pressurs	28
9.2.12	W_Pressurs	28
9.2.13	R_Pressuri	28
9.2.14	W_Regelung	28
9.2.15	R_Regelung	28
9.3	Globale Routinen	28
10	EQMs - Equipment Module	28
10.1	Interne Zustände	28
10.1.1	Bedeutung der internen Zustände	28
10.1.2	Übergänge zwischen den Zuständen	28
10.1.3	Standard-Zustandsübergänge	28
10.2	Kommandogetriggerte EQMs	29
10.2.1	Dev_Init_EQM	29
10.2.2	Dev_Reset_EQM	29
10.2.3	Status_EQM	29
10.2.4	Active_EQM	29
10.2.5	Power_EQM	29
10.2.6	SetValue_EQM	29
10.2.7	ActualValue_EQM	29
10.3	Eventkonnektierte EQMs	29
10.3.1	Emerg_EQM	29
10.4	Periodisch konnektierte EQMs	29
10.4.1	Update_Config_EQM	29
10.4.2	CheckPower_EQM	29
10.4.3	CheckValues_EQM	30
10.5	An externe Interrupts konnektierte EQMs	30
10.5.1	Interlock_EQM	30
10.5.2	DRD_EQM	30
10.5.3	DRQ_EQM	30
10.6	EQMs für die Diagnose vor Ort	30
10.6.1	Display_DPR_EQM	30
10.6.2	Display_DevErr_EQM	31
10.7	Sonstige EQMs	31
10.7.1	Startup_EQM	31
10.7.2	UserIni	31
10.8	Globale Routinen	31
10.8.1	Read_and_Update_Status	32
10.8.2	Do_Intr_Service_Prep	32
10.8.3	Set_InternalState	32
10.8.4	power_onoff	32
10.9	MIL-Treiber	32
11	Varianten	32
12	Besonderheiten	32
12.1	Sonderfall Gasregelung	32
12.2	Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$	32

Teil I

Das Gerätemodell

1 Die Aufgabe des Gerätes

Grundsätzliche Aufgabe einer Ionenquelle ist es, aus ungeladenen Atomen geladene Ionen zu erzeugen und einen Ionenstrahl zum weiteren Transport und zur Beschleunigung bereitzustellen. Die hier im Gerätemodell IQX-Quellennetzgeräte zusammengefassten Geräte dienen bzw. sind Teil der Steuerung der eigentlichen Quelle, der Ionenerzeugung.

Prinzipiell müssen in der GSI mehrere Betriebsarten, die sich aus den verschiedenen verwendeten Quellentypen ergeben, vorgesehen werden. Für die Injektion in den Wideröe sind dies momentan die Penningquelle (PIG), die Mevvaquelle und die Chordisquelle. Andere Quellen sind mehr oder weniger wahrscheinlich: Kompakt-PIG, EZR oder Laserionenquellen.

2 Die Hardware des Gerätes

2.1 Liste der IQX-Geräte

Nachfolgende Tabellen und Pläne geben für die einzelnen Quellentypen die Liste der verwendeten IQX-Geräte sowie deren Aufbau/Zusammenschaltung an. Dabei wird jedes Gerät sprich Nomenklatur durch eine eindeutige Interfacekarten-Adresse identifiziert.

2.1.1 PIG-Betrieb

- Kathodenheizung UL3IP1K IQX
- Beschleunigergerät UL3IP1B IQX
- Entladung UL3IP1E IQX
- Gitter UL3IP1G IQX
- Pulser UL3IP1P IQX
- Gasregelung UL3IQ1G IQX
- Sputterpulsernetzgerät UL3IP1S IQX
- Sputterpulser UL3IP2P IQX
- Extraktionsnetzgerät UL3IQ1E IQX

2.1.2 Chordis-Betrieb

- Kathodenheizung UL3IC1K IQX
- Entladung UL3IC1E IQX
- Gasregelung UL3IQ1G IQX
- Extraktionsnetzgerät UL3IQ1E IQX
- Extraktionsnetzgerät UL3IQ1S IQX
- Schirmelektrode UL3IQ2S IQX

2.1.3 Mevva-Betrieb

- Powerrack UL3IQ1P IQX
- Entladung UL3IM1E IQX
- Magnetfeld UL3IM1M IQX
- Gitter UL3IM1G IQX
- Extraktionsnetzgerät UL3IQ1E IQX
- Extraktionsnetzgerät UL3IQ1S IQX
- Schirmelektrode UL3IQ2S IQX

2.1.4 Schaltung PIG-Betrieb

Hier Zeichnung PIG-Quelle..

2.1.5 Schaltung Chordis-Betrieb

Hier Zeichnung Chordis-Quelle..

2.1.6 Schaltung Mevva-Betrieb

Hier Zeichnung Mevva-Quelle..

2.2 Properties der Hardware

Nachfolgende Tabelle beschreibt den Funktionsumfang der verwendeten IQX-Geräte.

Name	Schaltsignale	Sollwert	Istwert	Status-Bits Nr.
UL3IQ1E	2 (power) (HV)	1 (0...50kV)	2 (U 0...50kV) (I 0...0.08A)	8,17
UL3IQ1S	2 (power) (HV)	1 (0...1 kV)	2 (U 0...1 kV) (I 0...5mA)	8,17
UL3IP1K	1 (power)	1 (0...10V)	2 (U 0...10V) (I 0...100A)	8,9
UL3IP1B	1 (power)	1 (0...2kV)	2 (U 0...2kV) (I 0...2A)	8,9
UL3IP1E	1 (power)	1 (0...3kV)	2 (U 0...3kV) (I 0...3A)	8,9
UL3IP1P	2 (Heiz. power) (Pulsbetr.)	1 (0...100proz.)	—	8(?),10
UL3IP1S	1 (power)	1 (0...2kV)	2 (U 0...2kV) (I 0...1A)	8,9
UL3IP1G	1 power	1 (0...1.5kV)	2 (0...1.5kV (0...0.5A)	8,9
UL3IQ1G	1 reset	1 (0...10V)	2 (10e-3...1000mbar) (0...10V)	
UL3IP2P	-	-	-	-
UL3IC1E	1 power	1 (0...300V)	2 (0...300V) (0...20A)	8,9
UL3IC1K	1 power	1 (0...12V)	2 (0...12V) (0...250A)	8,9
UL3IQ2S	1 power	1 (0...-5kV)	2 (0...-5kV) (0...10mA)	8,17
UL3IM1E				8,9
UL3IM1M				8,9

2.3 Geräte-Subtypen

Entsprechend vorstehender Gerätetabelle werden folgende Subtypen von IQX-Geräten festgelegt:

- a) 'normales' Netzgerät mit Sollwert Spannung, Istwerten Spannung+Strom
- b) Hochspannungsnetzgerät, zusätzlich zu a) lässt sich Hochspannung/Pulser ein-/ausschalten, dabei ist spezielle Einschalt Prozedur zu beachten.
- c) Gasregelung mit Sollwert Druck, Istwerten Druck+Spannung
- d) Schalter, d.h. Netzgerät nur mit Ein-/Aus-Schaltfunktion

2.4 Besonderheiten

2.4.1 Regelung des Beschleunigernetzgerätestromes

Nötig ist die Regelung zwischen zwei Geräten, $U_{kng} \rightarrow I_{bng}$. Mit Hilfe des Sollwertes U_{kng} des KathodenNGs wird der Maximalwert I_{bng} des BeschleunigerNGs überwacht/geregelt.

3 Die Schnittstelle zum Gerät

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau der digitalen Schnittstelle zwischen Rechnersystem und Gerät.

3.1 Interfacekarte

Die Geräte haben eine Interfacekarte vom Typ Für Schaltkommandos wie Power oder Reset werden auf der Schaltkarte die notwendigen Pulslängen erzeugt.

3.2 Funktionscodes der Interfacekarte

Die für die Geräteansteuerung definierten Funktionscodes werden hier beschrieben. Als Mode ist angegeben, ob Daten von der Interfacekarte gelesen werden, ob Daten zu der Interfacekarte geschrieben werden, oder ob nur eine Funktion ausgeführt wird.

Die Codes und ihre Bedeutung sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Funktionscode		Modus	Bedeutung
Name	Hex		
ifb_reset	01	Funktion	Reset
ifb_power_on	02	Funktion	Gerät einschalten
ifb_power_off	03	Funktion	Gerät ausschalten
ifb_dev_fct_1	14	Funktion	Hochspannung bzw. Pulsung einschalten
ifb_dev_fct_2	15	Funktion	Hochspannung bzw. Pulsung ausschalten
ifb_dev_fct_4	17	Funktion	Comparator einschalten
ifb_dev_fct_5	18	Funktion	Comparator ausschalten
ifb_rdstat	C0	Lesen	Gerätstatus, 1. Byte lesen
ifb_rdstat_1	C1	Lesen	Gerätstatus, 2. Byte lesen
ifb_rdstat_2	C2	Lesen	Gerätstatus, 3. Byte lesen
ifb_soll_1	06	Schreiben	Spannung setzen
ifb_ist_1	81	Lesen	Istwert 1, Spannung bzw. Druck lesen
ifb_ist_2	82	Lesen	Istwert 2, Strom bzw. Spannung lesen
ifb_intr_mask	12	Schreiben	Interruptmaske der Interfacekarte setzen
ifb_rdstat_int	C9	Lesen	Status der Interfacekarte lesen

ifb_reset

Das Gerät wird in einen definierten Ausgangszustand gebracht. Auf diesen Funktionscode reagieren nur der Sputterpulser und die Gasregelung.

- Sputterpulser: Bei einem Kurzschluß der Sputterelektrode führt der Reset zum Freibrennen.
- Gasregelung: Überschreitet die Ventilspannung einen definierten Schwellwert, schaltet das Netzgerät ab und das Ventil fährt automatisch zu. Der Reset führt zum Wiedereinschalten des Netzgerätes.

Weiterhin sollten die Fehlerbits des Hardwarestatus sowie das Summeninterlock zurückgesetzt werden. Das Signal muß mindestens 600ms anstehen, bevor ein neuer Funktionscode geschickt werden darf.

ifb_power_on, ifb_power_off

Einschalten bzw. Ausschalten des Gerätes. Das Signal muß mindestens 600ms anstehen, bevor ein neuer Funktionscode geschickt werden darf.

Bei den Pulsern UL3IP1P und UR3IP1P wird mit diesen beiden Funktionscodes nur die Röhrenheizung geschaltet!

ifb_dev_fct_1, ifb_dev_fct_2

Einschalten bzw. Ausschalten der Hochspannung der Extraktionsnetzgeräte UL3IQ1E und UR3IQ1E bzw. des Pulsbetriebs der Pulser UL3IP1P und UR3IP1P. Das Signal muß mindestens 600ms anstehen, bevor ein neuer Funktionscode geschickt werden darf.

ifb_dev_fct_4, ifb_dev_fct_5

Einschalten bzw. Ausschalten des Soll/Istwert-Comparators der Stellmotoren.

ifb_rdstat, ifb_rdstat_1

Lesen des Hardwarestatus des Gerätes. Die Funktionscodes liefern insgesamt 16 Bits Statusinformation.

ifb_soll_1

Setzen der Spannung für Netzgeräte bzw. Setzen des Gaseinlaßdruckes für die Gasregelung. Die Interfacekarte erwartet dabei einen vorzeichenbehafteten 16-Bitwert, d.h. DAC Werte von -32768..0..+32767.

ifb_ist_1

Lesen der Spannung für Netzgeräte bzw. Lesen des Gaseinlaßdruckes für die Gasregelung. Die Interfacekarte liefert dabei einen vorzeichenbehafteten 16-Bitwert, d.h. ADC Werte von -32768..0..+32767.

ifb_ist_2

Lesen des Stromes für Netzgeräte bzw. Lesen der Spannung für die Gasregelung. Die Istspannung der Gasregelung ist ein Maß für die Öffnung des Gaseinlaßventils. Das Verhältnis zwischen Öffnung und Spannung ist allerdings nicht linear. Aus diesem Grund wird hier weiterhin mit der („unphysikalischen“) Größe Spannung gearbeitet. Die Interfacekarte liefert dabei einen vorzeichenbehafteten 16-Bitwert, d.h. ADC Werte von -32768..0..+32767.

3.3 Interlock Interrupt

Die Geräte arbeiten im interrupt-orientierten Summeninterlock-Service.

3.4 Data Request (DRQ) Interrupts

DRQ-Interrupts werden nicht erwartet bzw. verarbeitet.

3.5 Data Ready (DRD) Interrupts

DRD-Interrupts werden nicht erwartet bzw. verarbeitet.

3.6 Definition der Bits des Hardwarestatus

Das Gerät liefert 2 Bytes Statusinformation. Die Funktionscodes zum Lesen der entsprechenden Bytes sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Statusbits	Funktionskode
8 ... 15	ifb_rdstat
16 ... 23	ifb_rdstat_1

Die Statusbits, wie sie von der Hardware geliefert werden, sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Hierbei gilt, daß alle Geräte diesen Status liefern müssen. Die bei einem bestimmten Gerät nicht relevanten Statusbits werden dabei mit dem Wert 1,High (= ok) festgelegt.

Bit	Name	Bedeutung	
		High (= 1)	Low (= 0)
8	Gerät	ein	aus
9	Spannung	> 0	= 0
10	Betriebsbereit	ja	nein
11	Pulsbetrieb	ja	nein
12	Temperatur	ok	zu groß
13	Kühlwasser	ok	Fehler
14	Komparator	ein	aus
15	frei	–	–
16	Not-Aus	nein	ja
17	Hochspannung	ein	aus
18	Strahlregelung	ein	aus
19	Stellmotor max. Endanschlag	erreicht	nicht erreicht
20	Stellmotor min. Endanschlag	erreicht	nicht erreicht
21	Stellmotor vorhanden	nein	ja
22	frei	–	–
23	Steuerung	Rechner	Hand

- Die Bits 9...13 werden nur von den Netzgeräten auf Power Rack-Niveau (Subtyp NetzHv) geliefert. Die Bits 16 bis 20 haben bei diesen Geräten keine Bedeutung und sind immer auf High gelegt.
- Bit 9 gibt an, ob die Spannung des Netzgerätes gleich Null ist. Nach einem Ausfall des Gerätes fährt der Trafo die Spannung auf Null. Dies dauert einige Zeit. In dieser Zeit ist $U > 0$ und das Netzgerät kann nicht wieder eingeschaltet werden.
- Die Bits 10...13 kennt nur der Pulser. Andere Power Rack-Geräte legen diese auf High.
- Bit 14 gibt an, ob der Comparator der Stellmotoren (Soll/Istwert Abgleich) ein oder ausgeschaltet ist.
- Die Bits 16...20 werden nur von den Extraktionsnetzgeräten auf Terminalniveau geliefert. Die Bits 9 bis 13 haben bei diesen Geräten keine Bedeutung und sind immer auf High gelegt.
- Bit 22: Die Normierung der Nennspannung auf 10V kann bei bestimmten Geräten mit Hilfe eines Schalters am Gerät halbiert werden ($U_{Nenn} \rightarrow U_{Nenn}/2$). Bit 22 war vorgesehen, die Schalterstellung anzuzeigen, wobei *1 die volle und *1/2 die halbe Nennspannung bedeutet. Diese Normierung der Nennspannung wird totgelegt, die Geräte arbeiten *immer mit der vollen Nennspannung*. Daher ist dieses Bit ohne Bedeutung.

Die Beschreibung der Statusbits, wie sie die Property STATUS liefert, sind in Abschnitt 5.2.3 auf Seite 18 beschrieben.

4 Die Bedienung des Gerätes

Hier wird beschrieben, wie das Gerät (die Hardware) bedient werden muß. Das beinhaltet die Anforderungen *vom* Gerät als auch die Anforderungen *an das* Gerät.

4.1 Aufgaben im Normalbetrieb

4.1.1 Anfahr- und Betriebsmode

Damit es möglich ist, die Quelle automatisch anzufahren, ist es notwendig, eine Regelung der Spannung U_{KNG} des Kathodennetzgerätes in Abhängigkeit vom Strom I_{BNG} des Beschleuniger-netzgerätes zu realisieren. Auf eine Überschreitung von I_{BNG} muß schnell reagiert werden, um zu verhindern, daß die Kathode in kürzester Zeit abbrennt.

Die Regelung wird so implementiert, daß nur eine Überschreitung eines Schwellwertes durch I_{BNG} zum Vermindern von U_{KNG} führt. Ein Erhöhen von U_{KNG} um einen gewissen I_{BNG} zu erreichen wird *nicht* implementiert. Dies ist allein Aufgabe des entsprechenden Operatingprogramms. Die auf der VME-Ebene realisierte Regelung dient also nur zum Schutz der Kathode.

Der Schwellwert für I_{BNG} wird vor dem Einschalten des Anfahrmode mit Hilfe der Property THRESHOLD der Gerätesoftware mitgeteilt.

Die Regelungsperiode beträgt 200ms. In diesem Abstand wird der Strom I_{BNG} gelesen und die Spannung U_{KNG} mit folgendem Algorithmus eingestellt werden:

Überschreitet I_{BNG} den Schwellwert, und ist der Sollwert von U_{KNG} größer $0.98 \cdot \text{Istwert von } U_{KNG}$, wird U_{KNG} um 1% vom Nennwert vermindert.

Die Überprüfung der Soll-/Ist-Werte von U_{KNG} macht die Regelung weitgehend unabhängig von der eingestellten Regelungsperiode, da erst nach Erreichen des geforderten Sollwertes neu geregelt wird. Berücksichtigt wird weiterhin eine eventuelle Trägheit des physikalischen Systems, d.h. wie lange dauert es, bis nach Einstellung von U_{KNG} der entsprechende Wert I_{BNG} eingeschwungen ist ?

Die Regelung muß abschaltbar sein, da sie nach dem Anfahren, wenn die Quelle im Betriebsmode ist, nicht mehr benötigt wird.

4.1.2 Komparator-Mode

Einige IQX-Geräte verfügen über einen Soll/Istwert Komparator zum Einstellen eines Sollwertes mit einem Stellmotor.

Geräte mit Komparator werden in der Datenbasis im Element DeviceSubType mit dem Bitwert 16 gekennzeichnet.

Der Soll-/Ist-Wert Abgleich der Stellmotoren sollte zur Vermeidung einer ständige Nachregelung bei kurzzeitigen Istwert-Schwankungen abschaltbar sein. Das Ein/Ausschalten wird durch zwei entsprechende Ifb-Funktionscodes ermöglicht. Im Status des Gerätes ist der aktuelle Mode (ein/aus) des Komparators auslesbar. Die Property REGELUNG ermöglicht Schreiben und Lesen des Komparator-Modes.

Nach einem Geräte-Init ist der Komparator ausgeschaltet.

Bei einem Geräte-Reset bleibt der Komparator-Mode erhalten.

Bei aktiver Strom/Spannungs-Regelung wird das Ausschalten des entsprechenden Komparators am spannungsgebenden Device abgelehnt.

Das Schreiben eines neuen Sollwertes zum Gerät hat keinen Einfluß auf den Komparator-Mode, d.h. bei ausgeschalteten Komparator wird/kann der Sollwert nicht realisiert werden !!

4.1.3 Sollwert

- Der Sollwert für die Netzgeräte wird als Spannung in Volt angegeben. Dabei gilt folgende Normierung von DAC-Wert auf DAC-Spannung auf Netzgerät-Spannung::

$$\begin{aligned} 0 &\hat{=} 0\text{V} &\hat{=} 0\text{V} \\ +32767 &\hat{=} 10\text{V} &\hat{=} \text{max V} \end{aligned}$$

Bei verschiedenen Netzgeräten kann die Normierung des Nennwertes auf 10V mit Hilfe eines Schalters am Gerät halbiert werden (z.B. UL3IQ1E: 50kV \rightarrow 25kV). Dieser Schalter

wird zukünftig fest eingestellt auf die maximale Sollspannung. Daher ist keine umschaltbare Normierung mehr zu berücksichtigen¹

- Der Sollwert für die Gasregelung wird/soll später als Druck in Pascal angegeben. Die Normierung ist jedoch noch unklar. Deshalb wird der Drucksollwert vorerst als Spannung von 0-10 Volt uebergeben und auf den DAC-Wert normiert.
- Der minimale und maximale Sollwert, der vom Operating vorgegeben werden darf, ist geräteabhängig und der entsprechenden Geräteliste zu entnehmen.
- Ist die Quelle im Anfahrmode und die Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ aktiv, d. h., der Sollwert wird gerade vermindert, so kann vom Operating kein Sollwert gesetzt werden, der größer ist als der aktuelle.

4.1.4 Periodische Sollwerterneuerung

Wegen elektromagnetischer Umweltverschmutzung auf dem Terminal und dem Power Rack müssen alle Sollwerte periodisch erneuert werden. Die Rate liegt bei maximal 200ms.

4.1.5 Istwert

- Für den Istwert der Spannung gilt die gleiche Normierung wie für den Sollwert.
- Der Istwert für den Strom wird in Ampère geliefert Dabei gilt folgende Normierung von ADC-Wert auf die ADC-Spannung auf den Netzgerätestrom::

$$\begin{array}{rcll} 0 & \hat{=} & 0\text{V} & \hat{=} & 0\text{A} \\ +32767 & \hat{=} & 10\text{V} & \hat{=} & \text{max A} \end{array}$$

Bei verschiedenen Netzgeräten kann die Normierung des gemessenen Stroms auf 10 V mit Hilfe eines Schalters am Gerät halbiert werden (z.B. UL3IM1K: 200A \rightarrow 100A). Die Schalterstellung ist im Status auszulesen und muß vom EQM entsprechend berücksichtigt werden. Dieses Feature wird für den Benutzer (Operatingprogramm) transparent behandelt.

- Auch für den Istwert der Gasregelung (Druck) gilt kein lineares Verhältnis zwischen ADC-Spannung und Druck. Zur Berechnung werden die Koeffizienten eines Polynoms zur Verfuegung gestellt. Damit wird der ADC-Wert auf die Einheit [Pascal] des Druckes normiert.

4.1.6 Einschalten

Es müssen folgende Sequenzen zum Einschalten beachtet werden. Dabei wird in einigen Punkten zwischen Netzgeräten auf dem Power Rack und allen anderen unterschieden.

Das eigentliche Einschalten ist bei den meisten Geräten nach max. 1 Sek. abgeschlossen. Lediglich das Gerät UL3IP1P benötigt bis zum Status 'betriebsbereit' eine Anwärmzeit von ca. 30 Sek.

1. Für Geräte auf dem Power Rack: Sollwert am Gerät und im Dualport-RAM Null setzen.

Für alle anderen Geräte: Sollwert am Gerät Null setzen.

2. Power einschalten

¹Ursprünglich war vorgesehen: Die Schalterstellung ist im Status auszulesen. Die Schalterstellung „1/2 Nennwert“ wird als Spannungs- bzw. Strombegrenzung interpretiert. Der Benutzer (Operatingprogramm) hat immer die Möglichkeit, den maximal möglichen Nennwert einzustellen. Steht der Schalter auf „1/2 Nennwert“, wird maximal dieser Wert am Gerät realisiert. Liegt der gewünschte Sollwert oberhalb dieses Wertes, wird der Auftrag mit einer Warnung %IQX-W-LIMIT, Istwert ist auf halben Nennwert begrenzt beantwortet. Die Schalterstellung muß vom EQM bei der Berechnung des DAC-Wertes entsprechend berücksichtigt werden.

3. nach 1 Sekunde EIN-Status prüfen. ACHTUNG: Der Pulser hat eine Anwärmzeit von ca. 30 Sekunden, muss durch Datenbasis-Flag von anderen Geräten unterschieden werden, ODER bei allen Geräten maximal 30 Sekunden lang Status pollen, falls sie nach einer Sekunde noch nicht EIN anzeigen?
4. Dualport-RAM Sollwert am Gerät einstellen.

Achtung, nach dem erfolgreichen Einschalten eines Gerätes des Power Racks darf *nicht* der zuletzt eingestellte Sollwert am Gerät eingestellt werden! Das Gerät muß den Sollwert Null haben, deshalb wird auch im Dualport-RAM der Sollwert 0 gesetzt.

4.1.7 Ausschalten

Es müssen folgende Sequenzen zum Ausschalten beachtet werden.

1. Sollwert 0 setzen
2. Power ausschalten
3. Nach einer Sekunde AUS-Status prüfen (Zeit muß abgewartet werden, da das Schaltsignal am Gerät mindestens 600 ms anstehen muß, bis es schaltet. Für langen Schaltimpuls sorgt die IFK)

4.1.8 Reset

Es muß folgende Sequenz zum Reset des Gerätes beachtet werden.

1. Reset Gerät
2. 600 Millisekunden warten, bis Reset durchgeführt worden ist
3. Aktuellen Sollwert zum Gerät schicken, dies auch am Power-Rack !

Das ist die normale Sequenz, die vorzusehen ist, damit die Software auch dann noch arbeitet, wenn es einmal ein Gerät mit einer Reset-Funktion geben sollte. Bisher sind keine Geräte bekannt, die im Gerät eine Reset-Funktion haben!

Vorgeschlagene Reset-Sequenz für IQiG: Power aus, warten, Powerein (Rö)

4.2 Genauigkeitsanforderungen

Durch die Wahl der Formate der Soll- und Ist-Werte werden die Anforderungen eines 16-Bit DACs bzw. ADCs, die für diese Geräte eingesetzt werden, erreicht.

4.3 Zeitkritische Anforderungen

Zeitkritische Anforderungen bestehen nicht.

4.4 Einordnung in das Timing

Das Gerät arbeitet im DC-Betrieb und nimmt daher nicht an der Puls-zu-Puls-Modulation teil.

4.5 Festlegung von Startwerten

4.5.1 Kaltstarts

Bei einem Kaltstart werden folgende Aktionen durchgeführt:

- Es wird ein Gerätereset durchgeführt.
- Der Sollwert wird auf Null gesetzt und am Gerät eingestellt.
- Die Istwerte werden auf Null gesetzt.
- Der Schwellwert für die Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ wird auf Null gesetzt.
- Die Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ wird inaktiviert.
- Der Komparator wird inaktiviert.
- Die Interlockbehandlung wird aktiviert.
- Die SE wird in den Commandmode-Betrieb geschaltet.

4.5.2 Warmstarts

Bei einem Warmstart werden folgende Aktionen durchgeführt:

- Es wird ein Gerätereset durchgeführt.
- Der aktuelle Sollwert wird am Gerät eingestellt.
- Die Interlockbehandlung wird aktiviert.

Die Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ darf durch einen Reset nicht beeinflusst werden. War die Regelung vor dem Reset eingeschaltet, so muß das auch nach dem Reset der Fall sein.

4.6 Handbetrieb

Das Gerät kann auf Handbetrieb (local) geschaltet werden. Der Zustand wird im Status des Gerätes angezeigt. Nach dem Zurückschalten auf Rechnerbetrieb (remote) werden die zuletzt geschickten Sollwerte wieder realisiert. Per Hand veränderte Werte werden nicht übernommen.

4.7 Ableitung des Hardware Warning-Bits aus dem Gerätestatus

Eine Hardwarewarnung (angezeigt im Hardware Warning-Bit des Status) liegt vor, wenn mindestens eines der folgenden Bits des Hardwarestatus *nicht* den angegebenen Wert anzeigt.

Nur Bits, die KEINEN Interlock auslösen, sollen zur HW-Warnung führen!

Bit	Name	Wert
9	Trafo-Spannung	1
10	Betriebsbereit	1
11	Pulsbetrieb	1

Zu Bit 9, Spannung, besser Trafo $\langle \rangle$ 0: Wenn Trafo $\langle \rangle$ 0 und Power=0, dann Gerät nicht einschalten. Einschaltversuche abweisen mit einer aussagefähigen Message.

Wenn Power=1, dann kann davon ausgegangen werden, daß das Gerät einsatzbereit ist. Bei einem Sollwert von 0 wird Trafo=0 anzeigen, bei einem Sollwert $\langle \rangle$ 0 wird Trafo $\langle \rangle$ 0 anzeigen.

4.8 Verhalten bei Störungen

4.8.1 Geräteinterlock

Bits, die einen Interlock auslösen, sollen NICHT zur HW-Warnung führen!

Bit	Name	Wert
12	Temperatur	1
13	Kühlwasser	1

Meldet das Gerät einen Interlock, ist dieser Interlock anzuzeigen. Die aktuelle Geräteeinstellung darf nicht verändert werden. Insbesondere sollen alle in der Steuersoftware gespeicherten Geräte-Sollwerte unverändert bleiben.

4.8.2 Emergency-Event

Beim Auftreten eines Emergency-Events ist die Spannung des Gerätes auf 0 Volt zu setzen.

4.8.3 Ausfall der Kommunikation SE – Gerät

Der Ausfall der Kommunikation zwischen SE und Gerät führt zu Timeouts. Tritt ein Timeout auf, ist dies dem Benutzer mittels Fehlermeldung mitzuteilen.

4.9 Bedienungsfehler vom Operating

Sollwerte außerhalb des zulässigen Bereichs sind zurückzuweisen.

5 Die Repräsentation des Gerätes

Dieses Kapitel beschreibt, wie das Gerät nach höheren Ebenen hin abgebildet wird.

5.1 Kennzeichnung des Gerätemodells

Das Gerätemodell hat die Bezeichnung **IQX**. Die Gerätemodellnummer ist 43.

5.2 Die Master-Properties

Master-Properties							
Property	Klasse	Parameter		Daten		Größe	
		Anz.	Typ	Anz.	Typ	Einh.	Exp.
INIT	N	0	–	0	–	–	–
RESET	N	0	–	0	–	–	–
STATUS	R	0	–	1	BitSet32	1	0
POWER	R/W	0	–	1	BitSet16	1	0
VERSION	RA	0	–	48	BitSet8	1	0
INFOSTAT	RA	0	–	25	BitSet32	1	0
POWERHV	R/W	0	–	1	BitSet16	1	0
THRSHOLD	R/W	0	–	1	Real	A	0
CURRCTRL	R/W	2	BitSet16	1	BitSet16	1	0
VOLTAGES	R/W	0	–	1	Real	V	0
VOLTAGEI	R	0	–	1	Real	V	0
CURRENTI	R	0	–	1	Real	A	0
PRESSURS	R/W	0	–	1	Real	Pa	0

Master-Properties							
Property	Klasse	Parameter		Daten		Größe	
		Anz.	Typ	Anz.	Typ	Einh.	Exp.
PRESSURI	R	0	-	1	Real	Pa	0
REGELUNG	R/W	0	-	1	Int16	1	0

Alle Geräte haben maximal einen Soll- und zwei Istwerte. Netzgeräte realisieren diese über die Properties **VOLTAGES**, **VOLTAGEI** und **CURRENTI**, die Gasregelung über die Properties **PRESSURS**, **PRESSURI** und **VOLTAGEI**. Zur Property **VOLTAGEI** der Gasregelung siehe Abschnitt 3.2 auf Seite 11

Ein Teil der Geräte liefert weniger als diese drei Werte bis hin zu gar keinen. Welches Gerät welche Property liefert ist der Hardware-Beschreibung und nachfolgender Property/Subtypen Tabelle zu entnehmen. Diese Zuordnung wird in der lokalen Datenbasis durch den Geräte Subtype und weitere Konstanten festgelegt. Der Zugriff auf andere Soll- oder Istwert-Properties wird abgewiesen.

Von den Properties sind die 'Standard-Prop's' für alle Geräte verfügbar, d.h. **INIT**, **RESET**, **VERSION**, **INFOSTAT**, **POWER**, **STATUS**. Alle anderen Properties sind nur für bestimmte Gerätetypen verfügbar:

Geräte Subtypen	
Property	Subtypen,DBS-Konstanten
POWERHV	NetzHv
THRSHOLD	dbb_Ctrl_Flag = ctrl_read,ctrl_readset
CURRCTRL	dbb_Ctrl_Flag = ctrl_set,ctrl_readset
VOLTAGES	Netz,NetzHv
VOLTAGEI	Netz,NetzHv,Gas
CURRENTI	Netz,NetzHv
PRESSURS	Gas
PRESSURI	Gas
REGELUNG	Comparator

5.2.1 INIT

Bedeutung: Initialisierung des Gerätes (Kaltstart). Für die dabei durchzuführenden Aktionen siehe Abschnitt 4.5.1 auf Seite 16.

Parameter: Keine.

Daten: Keine.

5.2.2 RESET

Bedeutung: Reset des Gerätes (Warmstart). Für die dabei durchzuführenden Aktionen siehe Abschnitt 4.5.2 auf Seite 16.

Parameter: Keine.

Daten: Keine.

5.2.3 STATUS

Bedeutung: Auslesen des 32bit Gerätestatus.

Parameter: Keine.

Daten: Das 32bit Statuswort. Die Reihenfolge der Bits entspricht der in Abschnitt 3.6 auf Seite 11 und in der Tabelle 3.6 auf Seite 12 erklärten.
Die Statusbits im Einzelnen sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Bit	Name	Bedeutung	
		High (= 1)	Low (= 0)
0	Netz Anlage	ein	aus
1	Steuerung	Rechner	Hand
2	frei	–	–
3	frei	–	–
4	Emergency	nein	ja
5	Interlock	nein	ja
6	Hardware-Warnung	nein	ja
7	Software-Warnung	nein	ja
8	Gerät	ein	aus
9	Trafo-Spannung	> 0	= 0
10	Betriebsbereit	ja	nein
11	Pulsbetrieb	ja	nein
12	Temperatur	ok	zu groß
13	Kühlwasser	ok	Fehler
14	Komparator	ein	aus
15	frei	–	–
16	Not-Aus	nein	ja
17	Hochspannung	ein	aus
18	Strahlregelung	ein	aus
19	Stellmotor max. Endanschlag	erreicht	nicht erreicht
20	Stellmotor min. Endanschlag	erreicht	nicht erreicht
21	Stellmotor vorhanden	nein	ja
22	frei	–	–
23	Steuerung	Rechner	Hand
24	frei	–	–
25	frei	–	–
26	frei	–	–
27	frei	–	–
28	frei	–	–
29	frei	–	–
30	frei	–	–
31	frei	–	–

Die Beschreibung der Statusbits, wie sie von der Hardware geliefert werden, sind in Abschnitt 3.6 auf Seite 11 beschrieben. In obiger Liste stehen sie an den Stellen 8 bis 23. Das Bit 0 (Netz Anlage) entspricht dem HW-Bit 8 (Gerät).

5.2.4 POWER

Bedeutung: Gibt an, ob der Leistungsteil des Gerätes ein- oder ausgeschaltet ist bzw. werden soll.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann nur zwei Werte annehmen. Null heißt, das Gerät ist eingeschaltet bzw. soll eingeschaltet werden. Eins heißt, das Gerät ist ausgeschaltet bzw. soll ausgeschaltet werden.

5.2.5 VERSION

Bedeutung: Lesen der Versionskennung der Gerätesoftware.

Parameter: Keine.

Daten: Versionskennung als ASCII-String, pro Datum ein ASCII-Zeichen.

Bytes	Inhalt
1...12	Version der USRs
13...24	Version der EQMs
25...36	Version des MIL-Treibers
37...48	Variante der EQMs

5.2.6 INFOSTAT

Bedeutung: Diese Property liefert einige wichtige Geräteinformationen in einem Zugriff. Die Informationen werden direkt aus dem Dualport-RAM gelesen, also ohne den expliziten Aufruf eines EQMs, und sind daher in der Abarbeitung nicht abhängig von Kommandoevents.

Parameter: Keine.

Daten: Die 25 Langworte enthalten im Einzelnen:

- 1: Gerätestatus (wie in der Property STATUS)
- 2: Gibt in den oberen 16 Bits an, welcher virtuelle Beschleuniger aktiv gesetzt ist (ein Bit pro Beschleuniger). Das niederwertigste Bit (Bit 16) gibt den Beschleuniger 15 an, das Bit 31 den Beschleuniger 0. Die unteren 16 Bit sind nicht verwendet. Dabei bedeutet Null, daß der Beschleuniger inaktiv ist und Eins, daß der Beschleuniger aktiv ist.
- 3: Master-Fehler. Hier ist derjenige Master-Gerätefehlerkode mit dem schwersten Fehlergrad eingetragen. Bei mehreren Fehlern mit dem gleichen Fehlergrad wird der erste eingetragen, der gefunden wurde.
- 4: Slave Fehler für virtuellen Beschleuniger 0. Entsprechend dem Master-Fehler wird hier der nach dem Fehlergrad schwerste Slave-Gerätefehlerkode für den Beschleuniger 0 eingetragen.
- 5: Entsprechend Punkt 4, aber für virtuellen Beschleuniger 1.
- ⋮
- 19: Entsprechend Punkt 4, aber für virtuellen Beschleuniger 15.
- 20: SE Mode, wobei im oberen Wort der default Mode und im unteren Wort der aktuelle Mode steht. Die Werte haben jeweils folgende Bedeutung:
 - 0: Not_Set
 - 1: Preset_Command
 - 2: Command
 - 3: Preset_Event
 - 4: Event
- 21: SE Performance Mode, wobei im oberen Wort der default Mode und im unteren Wort der aktuelle Mode steht. Die Werte haben jeweils folgende Bedeutung:
 - 0: Not_Set
 - 1: Display
 - 2: Preset_Turbo
 - 3: Turbo

- 22:** HW Warning Mask. Sie maskiert die Bits des Gerätestatus, die zu einer Hardware Warning führen können.
- 23:** Reserviert für Erweiterungen.
- 24:** Reserviert für Erweiterungen.
- 25:** Reserviert für Erweiterungen.

5.2.7 POWERHV

Bedeutung: Für die Extraktionsnetzgeräte **UL3IQ1E** und **UR3IQ1E**: Gibt an, ob die Hochspannung ein- oder ausgeschaltet ist bzw. werden soll.

Für die Pulser **UL3IP1P** und **UR3IP1P**: Gibt an, ob der Pulsbetrieb ein- oder ausgeschaltet ist bzw. werden soll.

Für alle anderen Geräte hat die Property keine Bedeutung. Der Aufruf führt zu einer Fehlermeldung.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann nur zwei Werte annehmen. Null heißt, Hochspannung bzw. Pulser ist eingeschaltet bzw. soll eingeschaltet werden. Eins heißt, Hochspannung bzw. Pulser ist ausgeschaltet bzw. soll ausgeschaltet werden.

5.2.8 THRESHOLD

Bedeutung: Setze oder lese den Schwellwert für I_{BNG} für die Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$. Diese Property hat nur das Beschleunigernetzgerät.

Parameter: Keine.

Daten: Der Schwellwert in Ampère.

5.2.9 CURRCTRL

Bedeutung: Gibt an, ob die Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ ein- oder ausgeschaltet ist bzw. werden soll.

Diese Property hat *nur* das Kathodennetzgerät.

Parameter: Der erste Parameter ist die physikalische Geräteadresse des Gerätes von dem der Strom I_{BNG} gelesen werden soll. Der zweite Parameter ist die physikalische Geräteadresse des Gerätes an dem die Spannung U_{KNG} eingestellt werden soll.

Daten: Das Datum kann nur zwei Werte annehmen. Eins heißt, die Regelung ist eingeschaltet bzw. soll eingeschaltet werden (Anfahrmode). Null heißt, die Regelung ist ausgeschaltet bzw. soll ausgeschaltet werden (Betriebsmode).

Beim Lesen des Modes haben die beiden Parameter keine Bedeutung.

5.2.10 VOLTAGES

Bedeutung: Setze oder lese den Sollwert der Spannung des Gerätes.

Parameter: Keine.

Daten: Der zu setzende bzw. gelesene Sollwert in Volt.

5.2.11 VOLTAGEI

Bedeutung: Lese den Istwert der Spannung des Gerätes.

Parameter: Keine.

Daten: Der gelesene Istwert in Volt.

Besonderheiten: Für Netzgeräte ist dies der Ist-Wert Nr.1, bei der Gasregelung dagegen Ist-Wert Nr. 2 !

5.2.12 CURRENTI

Bedeutung: Lese den Istwert des Stromes des Gerätes.

Parameter: Keine.

Daten: Der gelesene Istwert in Ampère.

5.2.13 PRESSURS

Bedeutung: Setze oder lese den Sollwert des Druckes des Gerätes.

Parameter: Keine.

Daten: Geplant: Der zu setzende bzw. gelesene Sollwert in Pascal. Vorerst: Stellwert des Druckes von 0-10 Volt

5.2.14 PRESSURI

Bedeutung: Lese den Istwert des Druckes des Gerätes.

Parameter: Keine.

Daten: Der gelesene Istwert in Pascal.

5.2.15 REGELUNG

Bedeutung: Setze oder lese den Komparator Mode (ein/aus) Diese Propertie kennen nur Geräte mit Komparator.

Parameter: Keine.

Daten: 1=Komparator ein, 0=Komparator aus.

5.3 Die Slave-Properties

Die Geräte arbeiten im DC-Betrieb, haben also nur die systemweiten, obligatorischen Slave-Properties.

Slave-Properties							
Property	Klasse	Parameter		Daten		Größe	
		Anz.	Typ	Anz.	Typ	Einh.	Exp.
ACTIV	R/W	0	-	1	BitSet16	1	0
EQMERROR	RA	217	Integer32	348	Integer32	1	0
COPYSET	W	0	-	1	BitSet16	1	0

5.3.1 ACTIV

Bedeutung: Gibt an, ob das Gerät für den zugehörigen virtuellen Beschleuniger an der Puls-zu-Puls-Modulation teilnehmen soll bzw. teilnimmt.

Parameter: Keine.

Daten: Da die Geräte im DC-Betrieb arbeiten, also nicht an der Puls-zu-Puls-Modulation teilnehmen, wird beim Versuch den Aktivzustand zu setzen eine Fehlermeldung an den Benutzer zurückgegeben. Lesen des Aktivzustandes liefert immer den Zustand „aktiv“ (= 1).

5.3.2 EQMERROR

Bedeutung: Fehlermeldungen der auf der SE installierten Gerätesoftware. Es werden die aktuellen Fehlermeldungen für die Masterfehler der Geräteebene geliefert. Slavefehler gibt es keine. Ebenso wird der Inhalt des Fehlerpuffers zurückgegeben, in dem die letzten aufgetretenen Fehler abgespeichert wurden.

Parameter: Hier hat nur der erste der 217 Parameter eine Bedeutung.

1: Wird bei konnektierten Aufträgen ausgewertet. 0: Es wird bei jeder Ausführung des Auftrages eine Antwort verschickt. 1: Es wird bei jeder Ausführung des Auftrages nur dann eine Antwort verschickt, wenn sich seit dem letzten Aufruf der Inhalt der Daten geändert hat.

2 . . . 217: Dummy, sie werden vom MOPS intern verwendet und können vom Benutzer beliebig gesetzt werden.

Daten: Die Anzahl der Fehlermeldungen sei bezeichnet durch:

m Zahl der Master-Fehlermeldungen
 s Zahl der Slave-Fehlermeldungen
 b Größe des Fehlerpuffers

Weiterhin soll gelten:

$$l = m + s$$

$$t = m + s + b$$

Die Daten im Einzelnen:

1 : In den unteren beiden Bytes sind die Anzahl der Master-Fehlermeldungen m und die Anzahl der Slave-Fehlermeldungen s angegeben:

0	0	s	m
---	---	-----	-----

2 : erste Master-Fehlermeldung

⋮

$m + 1$: letzte Master-Fehlermeldung

$m + 2$: erste Slave-Fehlermeldung

⋮

$l + 1$: letzte Slave-Fehlermeldung

$l + 2$: Länge b des Fehlerpuffers

$l + 3$: Zahl der Einträge im Fehlerpuffer

$l + 4$: Index des ersten freien Platzes im Fehlerpuffer
(der Fehlerpuffer ist ein Ringpuffer)

$l + 5$: Erster Speicherplatz im Fehlerpuffer

⋮

$t + 4$: Letzter Speicherplatz im Fehlerpuffer

5.3.3 COPYSET

Bedeutung: Kopiert alle Geräteeinstellungen (Sollwerte) eines virtuellen ('fremden') Beschleunigers in den zugehörigen ('eigenen') Beschleuniger.

Parameter: Keine.

Daten: Nummer des virtuellen ('fremden') Beschleunigers, von dem die Einstellungen (Sollwerte) kopiert werden sollen.

Da die Geräte im DC-Betrieb arbeiten, also nicht an der Puls-zu-Puls-Modulation teilnehmen, wird beim Versuch Sollwerte zu kopieren eine Fehlermeldung an den Benutzer zurückgegeben.

Teil II

Der Entwurf der Software

6 Softwareentwurf

Dies ist noch ein sehr allgemeiner Punkt. Hier sollte unter anderem hingehören:

- Datenstrukturen,
- Datenflußdiagramme,
- Kontrollflußdiagramme
- ...

7 Lokale Datenbasis

7.1 Tabelle der Konstanten

In der Konstantentabelle der lokalen Datenbasis sind folgende Informationen enthalten. Verschiedene dieser Informationen werden von den EQMs benötigt. Darum müssen die Konstanten ins Dualport RAM geladen werden. Jede USR prft zu Beginn, ob die Parameter schon/noch im DPR stehen und lädt diese bei Bedarf.

- Die minimalen und maximalen Sollwerte von Spannung bzw. Druck.
- Die minimalen und maximalen Istwerte von Strom bzw. Spannung, dies betrifft den Istwert Nr. 2 ! Die minimalen und maximalen Istwerte Nr. 1 entsprechen denen der Sollwerte.
- Eine Kennung, welchem Subtyp das Gerät zuzuordnen ist. Aus diesem Subtyp ist auch ersichtlich, welche der Soll- und Istwertproperties für ein Gerät gültig sind. (Die Gasregelung hat zum Teil eigene Properties, nicht alle Netzgeräte haben alle Soll- und Istwerte).
- Eine Kennung aus der hervorgeht, ob das Gerät zur Regelung benutzt wird (Strom lesen oder Spannung setzen). Diese Kennung kann vier verschiedene Werte annehmen:

<code>not_valid</code>	Gerät wird nicht zur Regelung benutzt.
<code>Ctrl_read</code>	Von diesem Gerät kann zum Zwecke der Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ der Beschleunigungsstrom I_{BNG} gelesen werden. Diese Kennung hat <i>nur</i> das Beschleunigernetzgerät.
<code>Ctrl_set</code>	An diesem Gerät kann zum Zwecke der Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ die Kathodenspannung U_{KNG} geregelt (gesetzt) werden. Diese Kennung hat <i>nur</i> das Kathodennetzgerät.
<code>Ctrl_readset</code>	An diesem Gerät wird zum Zwecke der Regelung sowohl der Strom gelesen, als auch die Spannung gesetzt. Dient zu Testzwecken.

- Eine Kennung, ob die Einschaltsequenz für Netzgeräte auf dem Power Rack oder für andere Geräte gefahren werden soll (Siehe dazu Kapitel 4.1.6 auf Seite 14).

8 Dualport RAM

9 USRs - User Service Routines

9.1 Obligatorische USRs

9.1.1 N_Init

9.1.2 N_Reset

9.1.3 R_Status

9.1.4 R_Power

Lesen, ob das Gesamtgerät ein- bzw. ausgeschaltet ist.

9.1.5 W_Power

Die USR ruft das `Power_EQM` auf, dabei werden zwei Parameter mitgegeben. Sie beschreiben

1. daß der *Leistungsteil* des Gerätes ein- bzw. ausgeschaltet werden soll. Dieser Parameter ist fest verdrahtet. Die USR `W_PowerHV` verdrahtet diesen ebenfalls fest, aber mit einem anderen Wert.
2. welche Einschaltsequenz vom EQM zu fahren ist. Diese Information ist in der lokalen Datenbasis gespeichert (Siehe dazu Kapitel 4.1.6 auf Seite 14).

Für das Ausschalten hat dieser Parameter keine Bedeutung.

Das Datum gibt an, ob der Leistungsteil des Gerätes ein- oder ausgeschaltet werden soll.

9.1.6 R_Version

9.1.7 R_InfoStat

9.1.8 R_Active

9.1.9 W_Active

9.1.10 R_EQMErr

9.1.11 W_CopySet

9.2 Gerätespezifische USRs

Zuzüglich der obligatorischen USRs werden für die Steuerung der Netzgeräte folgende gerätespezifischen USRs benötigt:

9.2.1 R_PowerHV

Lesen, ob die Hochspannung der Extraktionsnetzgeräte `UL3IQ1E` oder `UR3IQ1E` bzw. der Pulsbetrieb der Pulser `UL3IP1P` oder `UR3IP1P` ein- bzw. ausgeschaltet ist.

Nur gültig für Geräte des Subtypes NetzHv.

9.2.2 W_PowerHV

Beim Aufruf des `Power_EQMs` werden zwei Parameter mitgegeben. Sie beschreiben

1. daß die Hochspannung der Extraktionsnetzgeräte `UL3IQ1E` oder `UR3IQ1E` bzw. der Pulsbetrieb der Pulser `UL3IP1P` oder `UR3IP1P` ein- bzw. ausgeschaltet werden soll. Dies sind Geräte des Subtypes `NetzHv`.
2. Für die Property `PowerHV` hat dieser Parameter keine Bedeutung.

Das Datum gibt an, ob die Hochspannung bzw. der Pulsbetrieb ein- oder ausgeschaltet werden soll.

Nur gültig für Geräte des Subtypes `NetzHv`

9.2.3 R_CurrCtrl

Lesen, ob die Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ aktiv/inaktiv geschaltet ist.

Die Property kann nur für Geräte mit der Datenbasis Konstanten `Ctrl_Flag = Ctrl_set, Ctrl_readset` aufgerufen werden.

9.2.4 W_CurrCtrl

Die Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$ wird aktiv/inaktiv geschaltet. Dazu wird ein entsprechendes Flag im DPR gesetzt.

Die Property muß als Parameter die beiden Geräte bekommen, von denen der Strom gelesen und die Spannung gesetzt werden soll; am besten die beiden physikalischen Geräteadressen. So ist auch die Property `CURRCTRL` bereits festgelegt. Mit Hilfe der Kennung in der Datenbasis können die Geräteadressen überprüft werden.

Die Property kann nur für Geräte mit der Datenbasis Konstanten `Ctrl_Flag = Ctrl_set, Ctrl_readset` aufgerufen werden.

9.2.5 R_Threshold

Lesen des Schwellwertes für die Regelung von I_{BNG} .

Die Property kann nur für Geräte mit der Datenbasis Konstanten `Ctrl_Flag = Ctrl_read, Ctrl_readset` aufgerufen werden.

9.2.6 W_Threshold

Setzen des Schwellwertes für die Regelung von I_{BNG} .

Die Property kann nur für Geräte mit der Datenbasis Konstanten `Ctrl_Flag = Ctrl_read, Ctrl_readset` aufgerufen werden.

9.2.7 R_Voltages

Spannungs Sollwert des Gerätes lesen. Dies ist der Sollwert der Netzgeräte.

Nur gültig für Geräte des Subtypes `Netz,NetzHv`.

9.2.8 W_Voltages

Spannungs Sollwert des Gerätes setzen. Dies ist der Sollwert der Netzgeräte.

Nur gültig für Geräte des Subtypes `Netz,NetzHv`.

9.2.9 R_Voltagei

Spannungs Istwert des Gerätes lesen. Für Netzgeräte ist das der erste Ist-Wert, für Druckmeßgeräte der zweite !

Nur gültig für Geräte des Subtypes Netz,NetzHv,Gas

9.2.10 R_Currenti

Strom Istwert des Gerätes lesen. Für Netzgeräte ist das der zweite Istwert.

Nur gültig für Geräte des Subtypes Netz,NetzHv.

9.2.11 R_Pressurs

Druck Sollwert des Gerätes lesen. Dies ist der Sollwert der Druckmeßgeräte.

Nur gültig für Geräte des Subtypes Gas.

9.2.12 W_Pressurs

Druck Sollwert des Gerätes setzen. Dies ist der Sollwert der Druckmeßgeräte.

Nur gültig für Geräte des Subtypes Gas.

9.2.13 R_Pressuri

Druck Istwert des Gerätes lesen, für Druckmeßgeräte ist dies der erste Istwert.

Nur gültig für Geräte des Subtypes Gas.

9.2.14 W_Regelung

Schalten des Komparators, 0=aus, 1=ein.

Die Property kann nur für Geräte mit dem DeviceSubtype Comparator aufgerufen werden.

9.2.15 R_Regelung

Lesen des Komparator-Modes aus dem Device-Status, 0=aus, 1=ein.

Die Property kann nur für Geräte mit dem DeviceSubtype Comparator aufgerufen werden.

9.3 Globale Routinen

Hier werden alle Routinen aufgeführt, die im Modul USRs global definiert sind und von verschiedenen USRs benutzt werden.

10 EQMs - Equipment Module

10.1 Interne Zustände

10.1.1 Bedeutung der internen Zustände

10.1.2 Übergänge zwischen den Zuständen

10.1.3 Standard-Zustandsübergänge

Zur Verdeutlichung hier einige Standard-Zustandsübergänge. Sie kommen zustande, wenn eine Sequenz ohne Fehler abläuft.

10.2 Kommandogetriggerte EQMs

10.2.1 Dev_Init_EQM

10.2.2 Dev_Reset_EQM

10.2.3 Status_EQM

10.2.4 Active_EQM

10.2.5 Power_EQM

Das EQM bekommt zwei Parameter, die angeben, (1) ob die Anlage oder die Hochspannung/Pulsung getestet werden soll, (2) welche Einschaltsequenz gefahren wird. Das übergebene Datum entscheidet über ein- (1) oder ausschalten (0).

10.2.6 SetValue_EQM

Setzen des Spannungssollwertes für Netzgeräte bzw. des Drucksollwertes für den Gaseinlaß. Das EQM muß das Bit „Nennspannung“ im Status berücksichtigen, um die Spannung richtig zu berechnen.

10.2.7 ActualValue_EQM

Lesen des Spannungs- und Strom-Istwertes für Netzgeräte bzw. des Druck- und Spannungs-Istwertes für den Gaseinlaß. Das EQM muß das Bit „Nennspannung“ im Status berücksichtigen, um den Strom richtig zu berechnen.

10.3 Eventkonnektierte EQMs

10.3.1 Emerg_EQM

Event: Evt_Emergency.

Aktion: Internen Zustand auf 'Emergency' setzen. Sollwert Null setzen.

10.4 Periodisch konnektierte EQMs

10.4.1 Update_Config_EQM

Zeit: 60s

Anzahl: Unendlich.

Aktion: Aktualisieren der Geräteverfügbarkeit. Es wird versucht, von möglichen Geräteadressen den Status zu lesen. Erfolgt eine Reaktion, wird das Gerät als 'online' geführt.

10.4.2 CheckPower_EQM

Zeit: 1 sek

Anzahl: Einmalige Ausführung.

Aktion: Prüfen, ob die Anlage, die Hochspannung oder Bouncer erfolgreich ein- bzw ausgeschaltet wurde. Das Ein- bzw. Ausschalten kann bis zu 1s dauern. Das EQM bekommt zwei Parameter, die angeben, (1) ob die Anlage oder die Hochspannung/Pulsung getestet werden soll, (2) welche Einschaltsequenz gefahren wird. Das übergebene Datum entscheidet über ein- (1) oder ausschalten (0).

10.4.3 CheckValues_EQM

Zeit: 200ms

Anzahl: Unendlich.

Aktion 1: Das EQM erneuert periodisch die Sollwerte aller Geräte, die **online** und im internen Zustand **ready** oder **error** sind. Dazu läuft es im High Speed Mode (**eli_hsm**). Auch der Komparator Mode (ein/aus) wird erneuert.

Aktion 2: Das EQM überprüft bei aktiver Stromregelung (Ctrl_Soll Variable im DPR = 1) den Strom des Beschleunigernetzgerätes und vermindert bei zu hohem Strom die Spannung des Kathodennetzgerätes um 1 Prozent vom max. Nennwert. Zur Vermeidung einer zu schnellen Regelung wird zum Erreichen des bereits gesetzten Spannungs-Sollwertes durch den Spannungs-Istwert geprüft. Zum anderen wird zusätzlich nach dem Erreichen des Spannungs-Sollwertes durch den Istwert vor der nächsten Regelung noch eine Wartezeit von 200msec eingelegt, um das Einschwingen des Strom-Istwertes auf den neuen Spannungs-Istwert abzuwarten.

Das EQM muß das Bit „Nennspannung“ im Status berücksichtigen, um Spannung und Strom richtig zu berechnen.

10.5 An externe Interrupts konnektierte EQMs

10.5.1 Interlock_EQM

Interrupt: Summen-Interlock.

Aktion: Internen Zustand auf 'Interlock' setzen, falls er nicht 'Emergency' ist. Sollwert Null setzen.

10.5.2 DRD_EQM

Interrupt: Data Ready Interrupt.

Aktion: Keine. Sollte bei IQX nicht vorkommen.

10.5.3 DRQ_EQM

Interrupt: Data Request Interrupt.

Aktion: Keine. Sollte bei IQX nicht vorkommen.

10.6 EQMs für die Diagnose vor Ort

10.6.1 Display_DPR_EQM

Parameter: Das EQM benötigt 2 Parameter.

1. virtueller Beschleuniger (in Hex angeben)

2. logische Gerätenummer (in Hex angeben)

Obwohl das Gerät nicht an der PPM teilnimmt, muß der virtuelle Beschleuniger als Parameter versorgt werden. Das EQM ist ein Standard-EQM, das für alle Gerätemodelle gleich bedient werden soll.

Daten: Keine.

Aktion: Zeigt am Bildschirm vor Ort die wichtigsten Daten aus dem DPRAM für das gewählte Gerät an. Die Nummer des virtuellen Beschleunigers wird ignoriert.

10.6.2 Display_DevErr_EQM

Parameter: Das EQM benötigt 2 Parameter.

1. virtueller Beschleuniger (in Hex angeben)
2. logische Gerätenummer (in Hex angeben)

Obwohl das Gerät nicht an der PPM teilnimmt, muß der virtuelle Beschleuniger als Parameter versorgt werden. Das EQM ist ein Standard-EQM, das für alle Gerätemodelle gleich bedient werden soll.

Daten: Keine.

Aktion: Zeigt am Bildschirm vor Ort die Error-Kodes aus der Datenstruktur im Dualport-RAM für das gewählte Gerät an. Die Nummer des virtuellen Beschleunigers wird ignoriert.

10.7 Sonstige EQMs

10.7.1 Startup_EQM

Schaltet die SE in den Command-Mode.

10.7.2 UserIni

- Setzen der Dualport-RAM-Konstanten,
- setzen der Dualport-RAM-Pointer,
- setzen des IFB_Group_Count,
- setzen der Geräte- und Versions-IDs
- setzen des Modus für die Summeninterlock-Behandlung,
- aufsetzen der periodischen Aufträge
 - zum Konfigurationscheck und
 - zur periodischen Sollwerterneuerung, inkl. Regelungsalgorithmus
- anmelden der gerätespezifischen EQMs.

10.8 Globale Routinen

Hier werden alle Routinen aufgeführt, die im Modul EQMs global definiert sind und von verschiedenen EQMs benutzt werden.

10.8.1 Read_and_Update_Status

10.8.2 Do_Intr_Service_Prep

10.8.3 Set_InternalState

10.8.4 power_onoff

10.9 MIL-Treiber

Zum Ansteuern der Interfacekarte wird der Standard-MIL-Treiber eingesetzt.

11 Varianten

Zur Zeit existieren keine Varianten.

12 Besonderheiten

12.1 Sonderfall Gasregelung

Mit dem Gerätemodell IQX sollen im Grunde Netzgeräte, die einen Soll- und zwei Istwerte haben, betrieben werden. Auf dem Power Rack gibt es neben diesen noch

- Die Gasregelung. Diese hat auch einen Soll- und zwei Istwerte, allerdings mit der Bedeutung von Druck und Spannung. Ein eigenes Gerätemodell und die dazu notwendige Hardware wäre zu viel Aufwand.
- Einfache Ein-/Ausschalter (Power-Rack), die als Netzgeräte ohne Soll- und Ist-Werte behandelt werden.

Aus diesem Grund ist IQX so erweitert worden, daß alle eingeschlossenen Geräte mit vernünftigen Properties bedient werden können. Damit gibt es Properties, die nicht für alle Geräte gültig sind. Die Properties `VOLTAGES`, `VOLTAGEI` und `CURRENTI` gelten für Netzgeräte. Die Properties `PRESSURS`, `PRESSURI` und `VOLTAGEI` gelten für die Gasregelung. Betreffs `VOLTAGEI` ist zu beachten, daß sich diese bei Netzgeräten auf den ersten und bei der Gasregelung auf den zweiten Istwert des Gerätes bezieht ! Die Property `POWERHV` gilt nur für die Hochspannungsnetzgeräte, das Power-Rack als eigenes Gerät kennt nur die Standard-Properties einschließlich `POWER`.

Versucht man eine „ungültige“ Property anzusprechen, wird von der entsprechenden USR ein Fehler zurückgeliefert.

12.2 Regelung $I_{BNG} \rightarrow U_{KNG}$

Damit es möglich ist, die Quelle automatisch anzufahren, ist es notwendig, eine Regelung der Spannung des Kathodennetzgerätes (KNG) in Abhängigkeit vom Strom des Beschleunigernetzgerätes (BNG) auf der unteren Ebene der SE zu realisieren. Dies deshalb, weil die gesamte Anfahprozedur von einem Operatingprogramm aus durchgeführt wird, auf eine Überschreitung des BNG-Stroms aber schnell reagiert werden muß. Tut man das nicht, kann die Kathode in kürzester Zeit abbrennen.

Die Regelung via Software wird wie folgt implementiert:

1. Kommandos vom Operating setzen die Schwelle (Property `THRSHOLD`) und aktivieren/deaktivieren die Regelung (Property `CURRCTRL`). Zum aktivieren der Regelung gibt es eine USR, die die an der Regelung beteiligten Geräte kennt (per Parameter erhaltene physikalische Geräteadressen) und die entsprechenden Variablen und Flags im DPR setzt.

2. Ein periodisch arbeitendes EQM liest die Infos Regelung aktiv/inaktiv, wo ist der Istwert zu lesen und wo ist der Sollwert zu regeln. Diese Infos bestehen aus den physikalischen Adressen der beiden Geräte. Die benötigte logische Geraetenr. kann vom EQM aus der ECM Geraeteliste ermittelt werden. Es wird kein gesondertes periodisches EQM aufgesetzt, sondern es wird das EQM des periodischen Sollwert-Updates erweitert.
3. Ist die Quelle angefahren wird die Regelung inaktiviert. Die entsprechende USR setzt das Flag im DPR, das periodische EQM beendet die Regelung.

Voraussetzung für dieses Vorgehen ist, daß beide Geräte an der gleichen SE angeschlossen sind! Wenn die SE einen Reset bzw. einen Init macht, wird beim Reset das Regelungs-Flag unverändert übernommen, bei einem Init wird die Regelung deaktiviert. Siehe dazu auch die Abschnitte 4.5.2 und 4.5.1.

Die Regelung betrifft genau zwei Geräte. Die Properties `THRSHOLD` und `CURCTRL` können aber für jedes Gerät aufgerufen werden. Aus diesem Grund ist die Kennungen `Ctrl_flag` in der Konstantentabelle der Datenbasis eingeführt worden (siehe Abschnitt 7.1). Mit deren Hilfe kann sichergestellt werden, daß der Aufruf dieser Properties für andere Geräte abgewiesen wird.

Diese Methode der Regelung bewegt sich hart am Rande der Kontrollsystemkonformität! Nach allem was wir wissen ist sie aber immer noch die bestmögliche (Software-) Lösung. Im Grunde gehört eine solche Regelung in Hardware realisiert.

