

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ MIKROSOUSTROJÍ MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY

AUTOMATIC CONTROL OF SMALL AGGREGATE ON WATER POWER PLANT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN ŽILKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ZDENĚK NĚMEC, CSC.

BRNO 2007

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Žilka
který/která studuje v **bakalářském studijním programu**
obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Automatické řízení mikrosoustrojí malé vodní elektrárny

v anglickém jazyce:

Automatic control of small aggregate on water power plant

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh koncepce, funkcí a přístrojového vybavení pro řízení automatického chodu mikrosoustrojí malé vodní elektrárny. Předpokládá se použití vírové turbíny, navržené na VUT Brno.

Cíle bakalářské práce:

1. Popsat přepokládanou technologii uvažovaného mikrozdvoje.
2. Navrhnout koncepci automatického řízení, přístrojové osazení a algoritmizaci činnosti automatiky.
3. Návrh přizpůsobit daným podmínkám, zejména vlastnostem nove vyvinuté vírové turbíny.
4. Podrobněji rozpracovat návrh řídicí jednotky elektrárny.

Seznam odborné literatury:

- [1] Švarc, I.: Automatizace-Automatické řízení. Brno: CERM, 2005.
- [2] Holata, M.: Malé vodní elektrárny.
Akademie věd CSR, 2002,ISBN 80-200-0828-04
- [3] Bednář, L.: Malé vodní elektrárny.
STNL, 1998, DT 621.311.21-181.4.
- [4] Firemní dokumentace výrobců automatizační techniky.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdenek Němec, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne

L.S.

doc. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práca sa zaoberá konceptom automatizácie riadenia mikrosústroja malej vodnej elektrárne. Uvažovaný obvod malej vodnej elektrárne je rozdelený do niekoľkých podobvodov, pre ktoré sú definované konkrétne činnosti, ktoré tieto obvody vykonávajú počas automatického riadenia. Obvod turbíny je detailnejšie definovaný pre konkrétny hydroenergetický zdroj a je prispôsobený pre použitie vírovej turbíny a riadenie s pomocou PLC Simatic S7 224 XP od spoločnosti Siemens.

ABSTRACT

This thesis try to define concept of automatic control of small aggregate on water power plant. Under consideration circuit of this water power plant is divide to few subcircuits for which are define specific processes which this circuits to do during automatic control. Circuit of turbine is detail defined for specific hydroenergetic source and is designed for using swirl turbine and controled by PLC Simatic S7 224 XP from Siemens.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

malá vodná elektráreň, PLC, Siemens Simatic S7 224 XP, automatické riadenie

KEYWORDS

Small water power plant, PLC, Siemens Simatic S7 224 XP, automatic control

Obsah

1. Zadanie záverečnej práce.....	3
2. Abstrakt.....	5
3. Úvod.....	8
4. Rozsah práce.....	8
5. Prevedenie MVE.....	9
5.1. Schéma násoskového prevedenia MVE.....	9
5.2. Princíp funkcie.....	9
5.3. Popis základných častí.....	10
6. Konceptia automatizácie chodu MVE s použitím vírovej turbíny.....	10
6.1. Bloková schéma násoskového prevedenia MVE.....	11
6.2. Parametre obvodu MVE.....	12
6.3. Definícia automatickej regulácie v obvode.....	12
6.4. Jednotlivé podobvody MVE.....	13
4.3.1 Obvod turbíny.....	13
4.3.2 Obvod prepadu.....	17
4.3.3 Obvod česiel.....	19
4.3.4 Obvod stavidla.....	20
4.3.5 Obvod silnoprúdového rozvodu.....	21
4.3.6 Celkový obvod MVE.....	22
7. Konceptia automatizácie chodu MVE pre konkrétny hydroenergetický zdroj.....	24
5.1 Návrh základných parametrov MVE.....	24
5.2 Návrh jednotlivých komponentov pre obvod turbíny.....	25
5.3 Schéma zapojenia obvodu turbíny.....	30
5.4 Vývojový diagram – spustenie.....	32
6. Záver.....	32
7. Použitá literatúra.....	33

1. Úvod

Na rôznych miestach v Čechách a na Slovensku existuje množstvo starých mlynov, hámrov, píl (svedčí to o dlhej histórii využívania energie vody v našich krajinách), ktoré sú zanedbané alebo nepoužívané. Súčasťou týchto budov sú ďalšie stavebné objekty (náhony a pod.), ktoré sú nevyhnutné pre funkciu vodného diela a ktoré sú jeho najdrahšou súčasťou. S novými technológiami je však možné efektívne využiť aj tieto nepoužívané hydroenergetické zdroje .

Dôvody návrhu:

- a) použiť vírovú turbínu vyvinutú na Fakultě Strojní VUT v Brně s ktorou je možné efektívne využiť práve spády pod 3m
- b) automatizačný obvod vďaka vlastnostiam a konštrukciám vírovej turbíny nebude musieť byť komplikovaný
- c) hydroenergetický zdroj je z dlhodobého hľadiska výhodný (pokiaľ je správne navrhnutý)
- d) stávajúce náhony je možné úpravou znovu používať (ušetria sa nákladné stavebné práce)
- e) s novými technológiami je možné efektívne využiť hydroenergetický zdroj a ovládať malú vodnú elektrárň (ďalej už len MVE) aj na diaľku.



Obr. 1- 3 Ilustračné zábery existujúcich mlynov

2. Rozsah práce

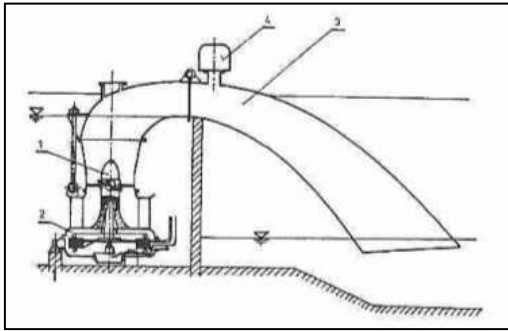
Táto práca nerieši výpočet ani detailnú konštrukciu jednotlivých častí MVE (turbína, savka, mechanizmy...). Jej úlohou je stručne popísať zvolené prevedenie MVE a koncepciu automatického riadenia MVE. Automatizácia riadenia bude realizovaná s pomocou nových technológií a s použitím vírovej turbíny.

Práca bude pravdepodobne v budúcnosti slúžiť ako podklad k diplomovej práci.

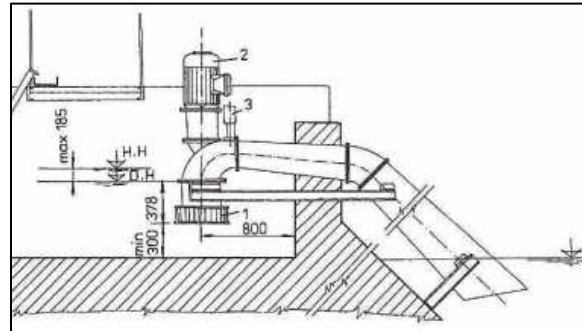
3. Prevedenie MVE

Rozhodol som sa použiť pre návrh automatického riadenia, násoskové prevedenie MVE pretože jeho použitie je vhodné pre rozmery náhonov a jeho umiestenie v danej lokalite nevyžaduje veľké stavebné práce. V návrhu bude taktiež použitá vírová turbína.

3.1 Schéma násoskového prevedenia MVE



Obr. 4



Obr. 5

Obr. 4 - francúzsky výrobca C.Dumont et Cié (použitá vrtuľová turbína)

Obr. 5 - český výrobca Metaz Týnec nad Sázavou. (použitá vrtuľová turbína)

3.2 Princíp funkcie

Pri **odstavení** je časť priestoru násosky z dôvodu otvoreného odvzdušňovacieho ventilu vyplnená vzduchom. Koleno je nad úrovňou hornej hladiny čím je zabránené prietoku vody.

Pri **spustení** sa asynchrónny motor pripojí do elektrickej siete a otáčky prostredníctvom frekvenčného meniča postupne vzrastú na menovitou hodnotu. V rovnakom čase sa uzatvorí odvzdušňovací ventil čím sa celý priestor savky zaplní vodou (zavodňuje sa). Po zavodnení začne prúd vody pôsobiť na turbínu krútiacim momentom v obrátenom smere a takto sa zmení aj smer elektrického výkonu a motor plynule prestane elektrickú energiu zo siete odoberať a začne ju do siete dodávať. Otáčky generátora sa menia z podsynchronných na nadsynchronné.

Zastavenie prebieha odpojením motora od siete a následným otvorením odvzdušňovacieho ventilu, čím dôjde k zavzdušneniu savky a zrýchleniu otáčok generátora a až po úplnom odtrhnutí vodného stĺpca dôjde k zastaveniu motora.

3.3 Popis základných častí

Jednotlivé časti MVE sú schematicky znázornené na Obr. 7

Savka -je časť hydraulického obvodu, ktorej úlohou je usmernenie toku vody cez turbínu, z čoho vyplýva, že tvar savky značne ovplyvňuje účinnosť turbíny.

Náhon - stavebná časť MVE, ktorou je privádzaná voda k MVE, prierez náhomom definuje niektoré zo základných parametrov MVE

Prepad- jedna sa o zariadenie, ktorého úlohou je odvedenie nevyužitej vody v prípade odstavenia MVE. Toto zariadenie môže mať rôzne konštrukčné riešenie, ktorého prevedenie závisí na konkrétnom prípade.

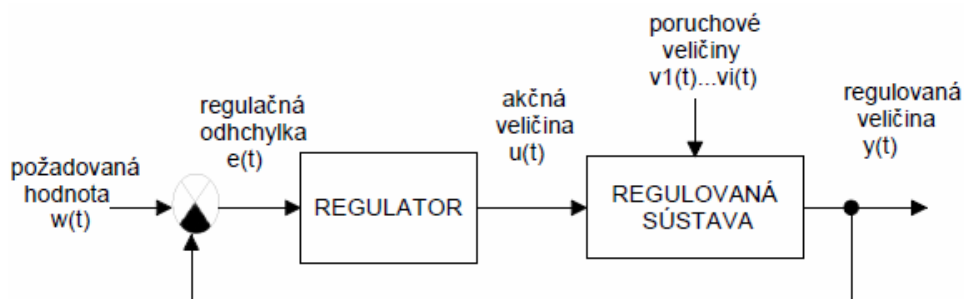
Česla -slúžia v prvom rade k zamedzeniu vniknutia mechanických nečistôt a predmetov do hydraulického systému a tým zaručujú jeho správny chod. Majú aj ďalšie funkcie ktoré je potrebné brať do úvahy počas detailného návrhu.

Stavidlo- je zariadenie, ktorým sa ovplyvňuje prietok vody v náhode

4. Konceptia automatizácie chodu MVE s použitím vírovej turbíny

Budem sa zaoberať riešením automatizácia všeobecného násoskového prevedenia MVE s použitím vírovej turbíny.

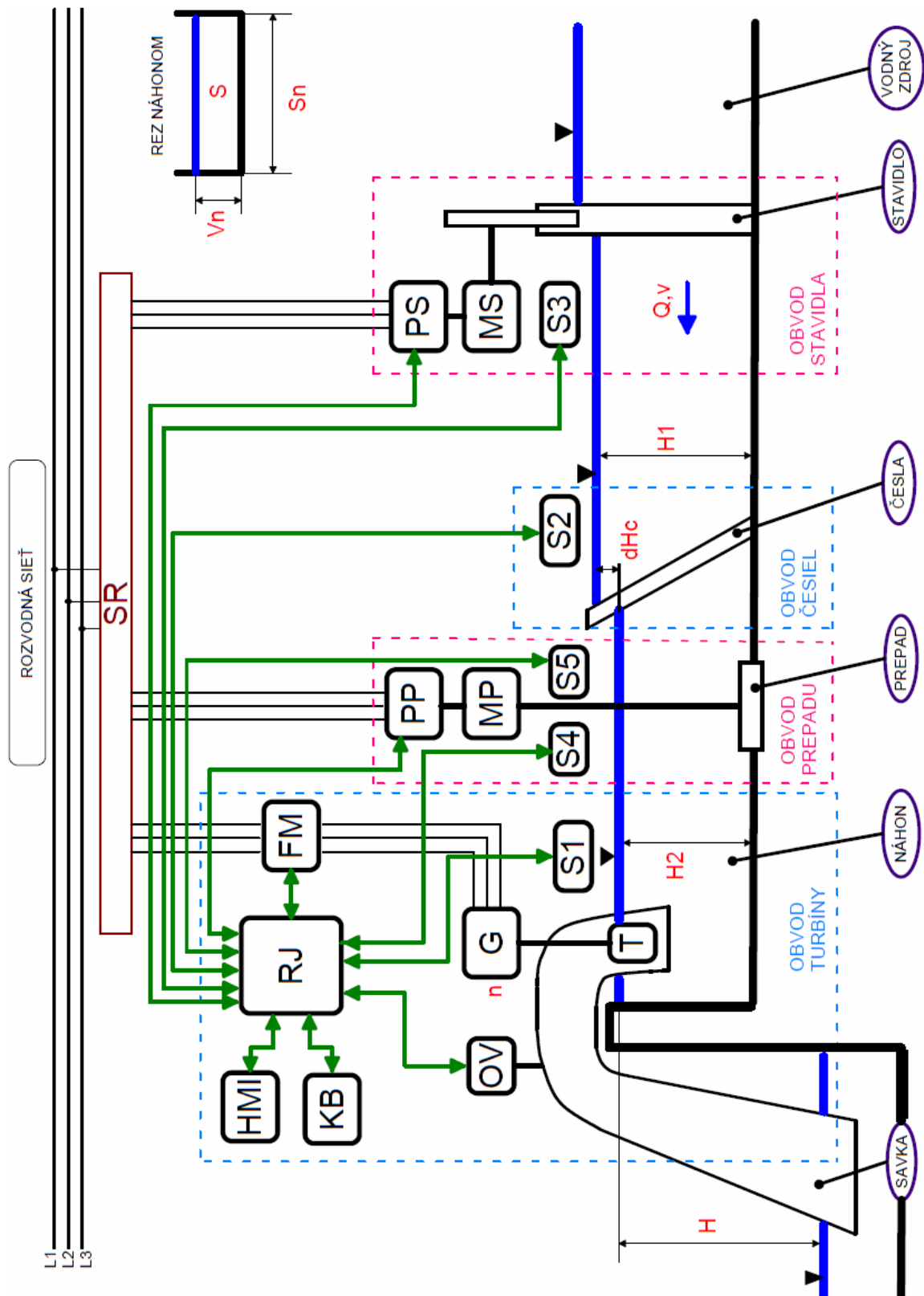
Bloková schéma obecného regulačného obvodu



Obr.6 Obecný regulačný obvod

4.1. Bloková schéma násoskového prevedenia MVE

Na obr.7 je uvedená bloková schéma celkového regulačného obvodu MVE kde je viditeľné rozdelenie celého obvodu MVE na niekoľko samostatných podobvodov.



Obr.7 Bloková schéma celého obvodu MVE v násoskovom prevedení

4.2 Parametre obvodu MVE

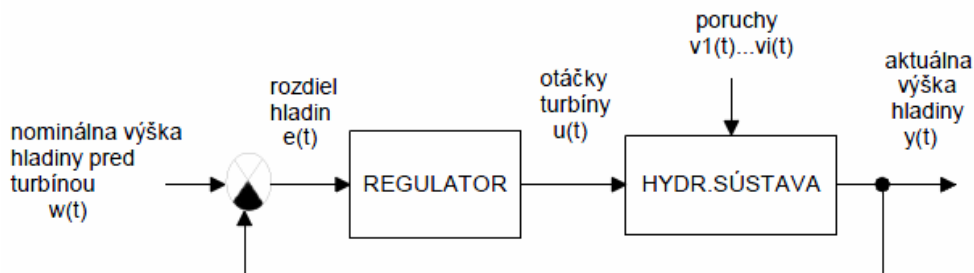
parameter	jednotky	popis
H	m	spád – základný parameter MVE, rozdiel hladín
n	min ⁻¹	otáčky turbíny
H₂	m	výška hladiny pred turbínou
H₁	m	výška hladiny pred česlami
dHc	m	rozdiel výšky hladiny pred a za česlami
Q	m ³ /s	prietok náhomom
v	m/s	rýchlosť prúdenia vody
S	m ²	obsah plochy tvorenú výškou hladiny vody v náhone a základnými rozmermi tvaru náhonu
Vn	m	výška hladiny vody v náhone
Sn	m	šírka náhonu

Tab.1 Parametre obvodu MVE

4.3 Definícia automatickej regulácie v obvode

Vírová turbína pracuje efektívne v okolí nominálnych otáčok, pre ktoré je definovaná nominálna výška hladiny pred turbínou. Z tohto dôvodu je nutné udržiavať hladinu na nominálnej hodnote. Na základe výšky hladiny budú menené otáčky turbíny. Preto hlavná regulácia bude mať v obvode MVE nasledujúcu definíciu:

regulátor	= je súčasťou RJ
regulovaná sústava	= hydraulická sústava s privádzačom
e(t) = regulačná odchýlka	= rozdiel hladiny na S1 k nominálnej hodnote
w(t) = požadovaná hodnota	= nominálna výška hladiny pred turbínou
y(t) = regulovaná veličina	= aktuálna výška hladiny
u(t) = akčná veličina	= otáčky turbíny
v1(t) = poruchová veličina	= prítok vody,...



Obr.8 Základný regulačný obvod pre násoskovú MVE

4.4 Jednotlivé podobvody MVE

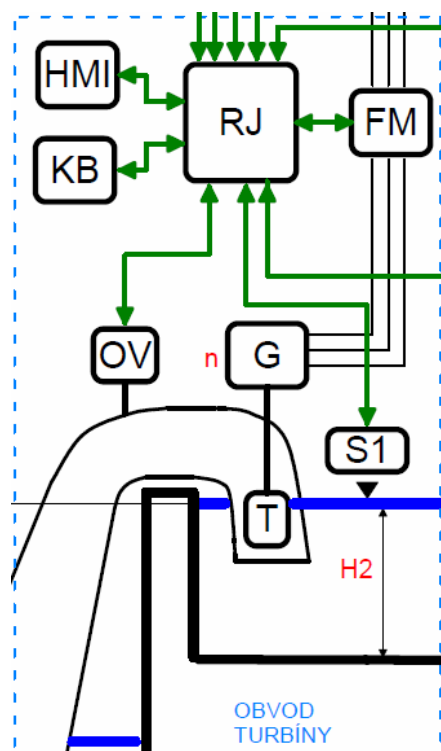
Ku každému obvodu MVE budú definované jednotlivé bloky, budú definované funkcie jednotlivých obvodov a skonštruované vývojové diagramy týchto funkcií.

4.4.1 Obvod turbíny

blok	názov	popis
SR	SILNOPRÚDOVÝ ROZVOD	ochrany súvisiace s pripojením MVE do rozvodnej siete
RJ	RIADIACA JEDNOTKA	PLC
HMI	HUMAN MACHINE INTERFACE	operátorský panel
KB	KOMUNIKAČNÍ BLOK	diaľková komunikácia s MVE
OV	ODVZDUŠ. VENTIL	
G	GENERÁTOR	asynchrónny motor s kotvou nakrátko
T	TURBÍNA	vírová turbína
FM	FREKVENČNÝ MENIČ	
S1	SNÍMAČE HLADINY	

Tab.2 Bloky patriace do obvodu turbíny

1. Spustenie turbíny



- FM spustí generátor a počká určitý definovaný čas pokiaľ G nedosiahne generátorický chod (podľa Graf. 1)

- paralelne so spustením G sa uzavrie OV aby došlo k zavodneniu savky

- pokiaľ generátor v nadsynchrónnych otáčkach stále odoberá prúd so siete znamená to, že ventil nie je uzavretý a teda savka nie je zavodnená, dôjde k odpojeniu

- systém sa pokúsi 3x spustiť MVE, pokiaľ ani po 3 pokuse nedôjde k úspešnému spusteniu RJ odpojí MVE a dá pokyn KB k zaslaní SMS1

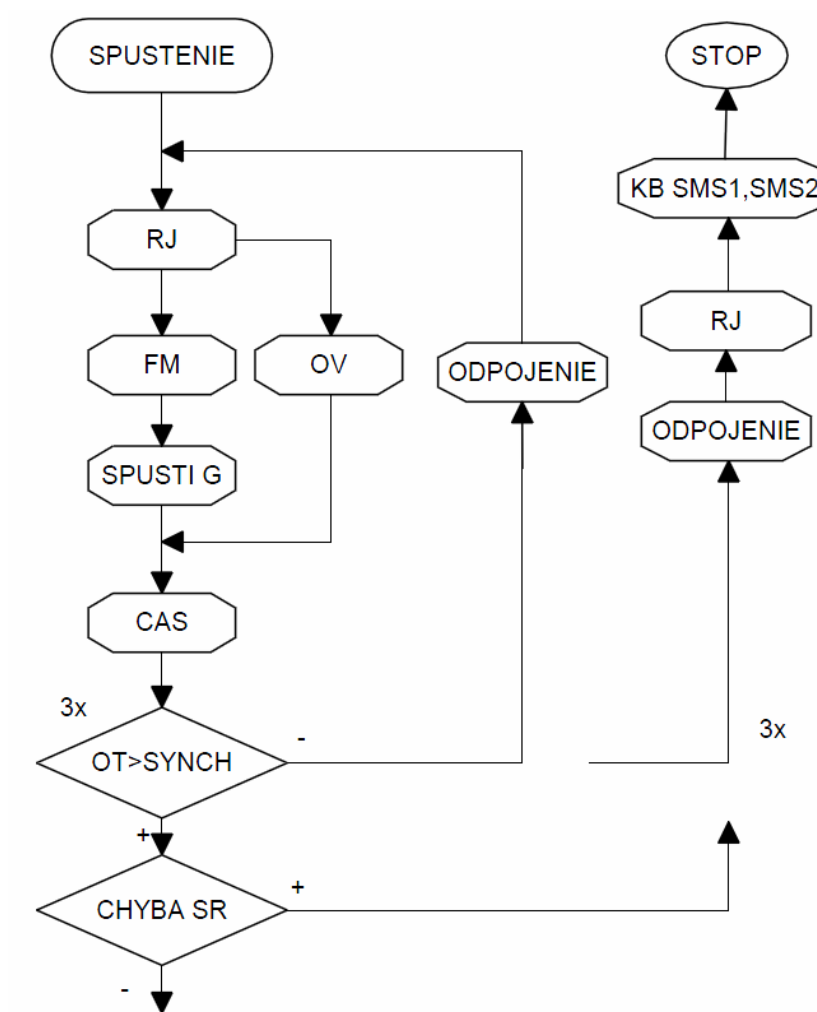
- následne sa testuje SR pokiaľ sa vyskytne chyba dôjde k okamžitému odpojeniu a k zaslaní SMS 2

- pokiaľ sa G dostane úspešne do generátorického chodu prejde MVE do režimu „chod“

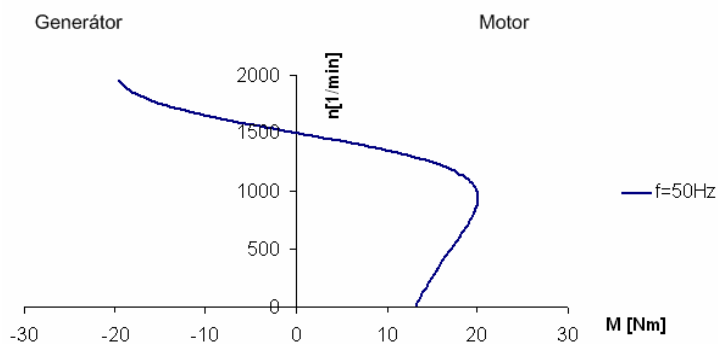
Obr. 9 Obvod turbíny

SMS1 – chyba na OV

SMS2 – chyba na SR

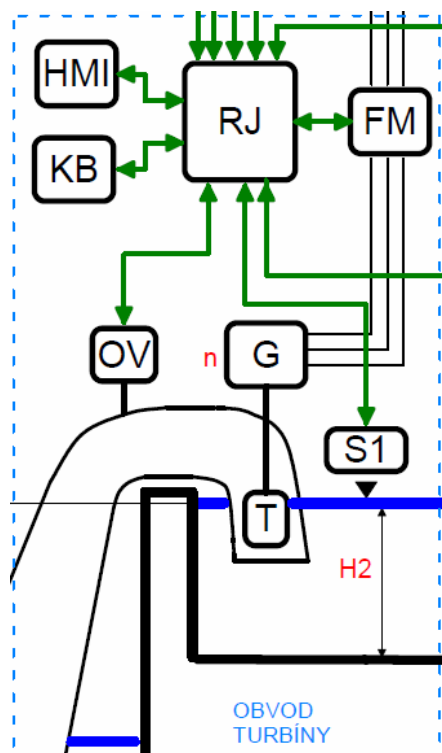


Obr. 10 Vývojový diagram činnosti spustenia MVE



Obr.1 Graf znázorňujúci zmenu zmyslu momentu v generátorickom chode motora

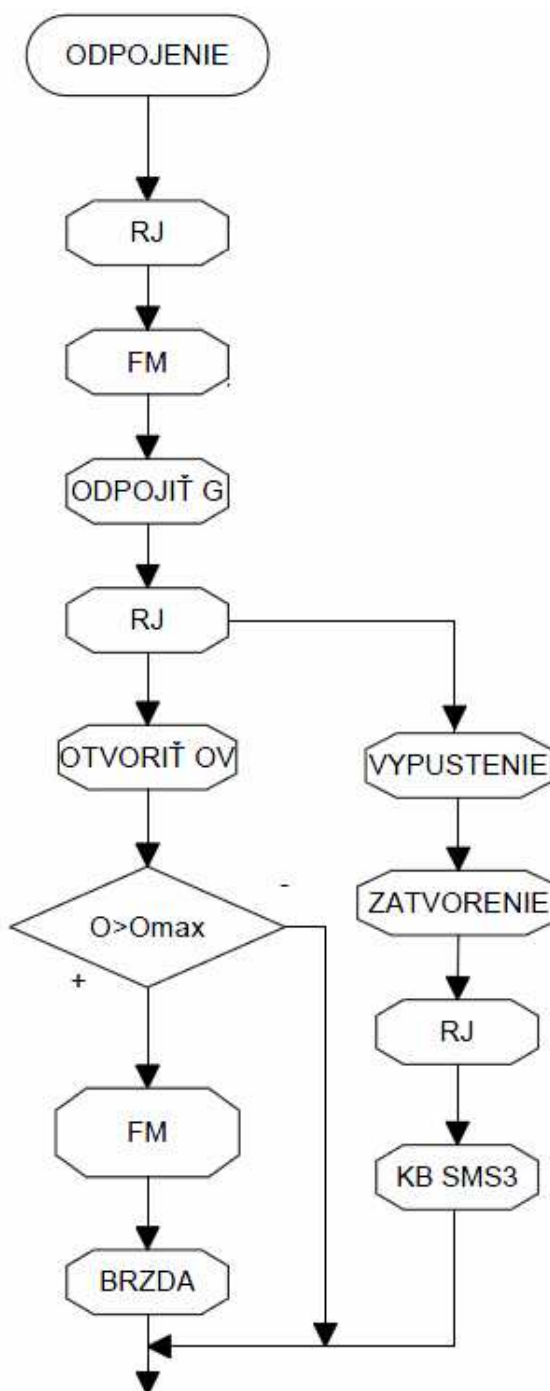
2. Odpojenie MVE



Obr. 12 Obvod turbíny

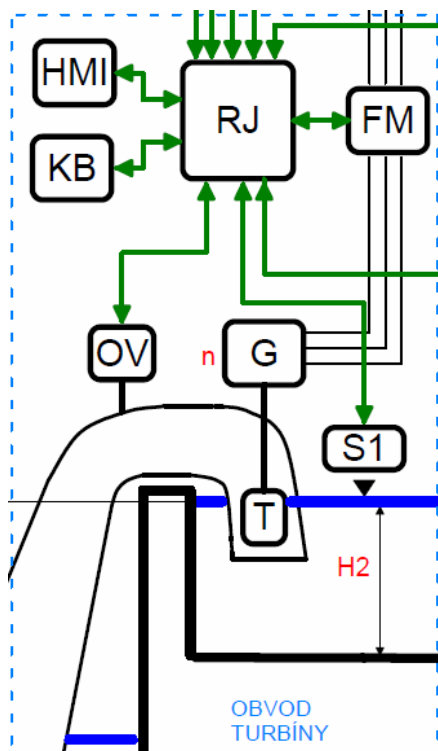
- RJ vyšle signál FM na odpojenie G od siete
- následne RJ otvorí OV čím sa odtrhne vodný stĺpec a savka sa zavzdušní
- následkom chýbajúceho protimomentu siete sa G roztočí do značne vyšších otáčok ako sú pracovné otáčky
- pokiaľ sa G roztočí nad maximálne dovolené otáčky FM aktivuje brzdu, ktorá je súčasťou G a zastaví ho
- paralelne s otvorením OV otvorí RJ aj prepád a zatvorí stavidlo, nevyužitá voda odtečie mimo MVE
- RJ prostredníctvom KB odošle SMS3

SMS3 – MVE bola odpojená



Obr. 13 Vývojový diagram činnosti odpojenia MVE

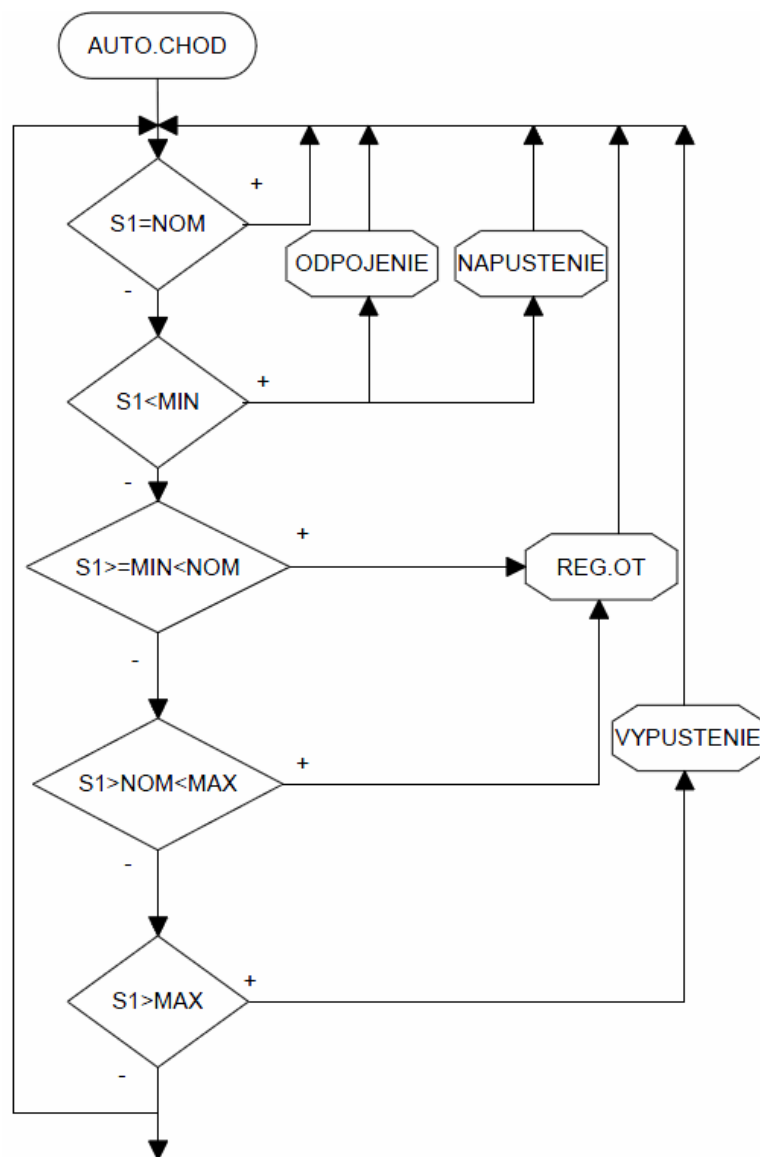
3. Automatický chod



Obr.14 Obvod turbíny

- aut. chod nastáva až po spustení MVE
- testuje sa $S1 = \text{nominálnej výšky hladiny}$ ak je nominálna nič sa nereguluje, turbína má nominálne otáčky
- pokiaľ je $S1 < \text{NOM1}$ dôjde k odpojeniu MVE a napusteniu
- pokiaľ je hladina medzi 2 krajnými hodnotami NOM1 a NOM2 dochádza k regulácii otáčok turbíny na základe momentálnej výšky hladiny
- v prípade väčšej hladiny ako je NOM2 dôjde k vypusteniu

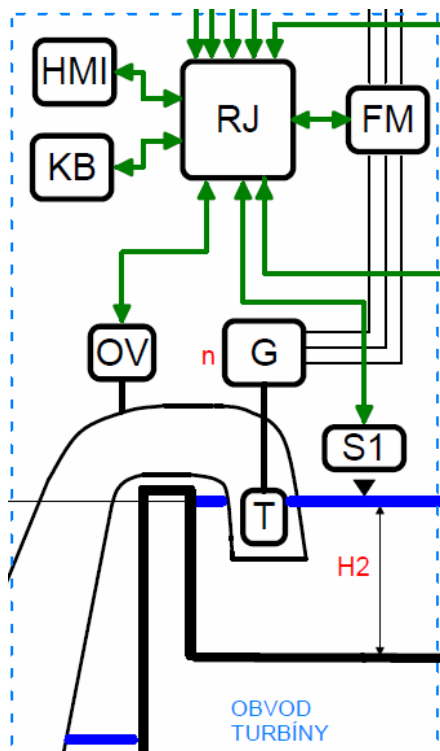
NOM – nominálna hladina
 MIN – minimálna hladina
 MAX – maximálna hladina



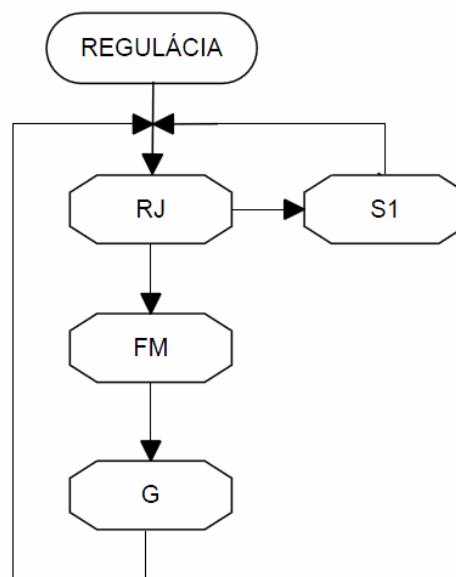
Obr.15 Vývojový diagram činnosti automatický chod MVE

4. Regulácia

V bode 4.3 je definovaná základná automatická regulácia v obvode MVE.



Obr.16 Obvod turbíny



Obr.17 Vývojový diagram činnosti regulácie MVE

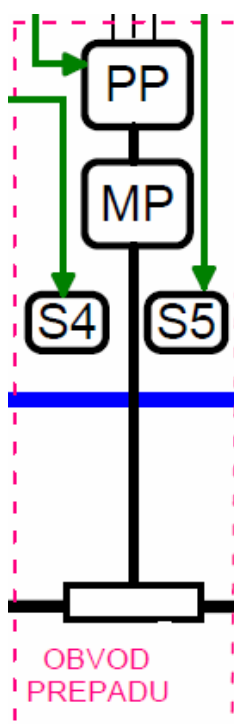
- snímač S1 nepretržite informuje RJ o momentálnej výške hladiny pred turbínou, na základe tohto údaju RJ vysiela informácie FM ktorý reguluje otáčky G tak aby odpovedali danej výške hladiny,
- details regulácie sú závislé od použitých komponentov a preto budú definované až pre konkrétny hydroenergetický zdroj

4.4.2 Obvod prepadu

blok	názov	stručný popis
PP	POHON PREPADU	slúži na aktiváciu mechanizmu prepadu
MP	MECHANIZMUS PREPADU	
S4,S5	SNÍMAČE DORAZU	Snímač polohy prepadu (otvorený, zatvorený)

Tab.3 Bloky patriace do obvodu prepadu

1. Vypustenie



Obr.18 Obvod prepadu

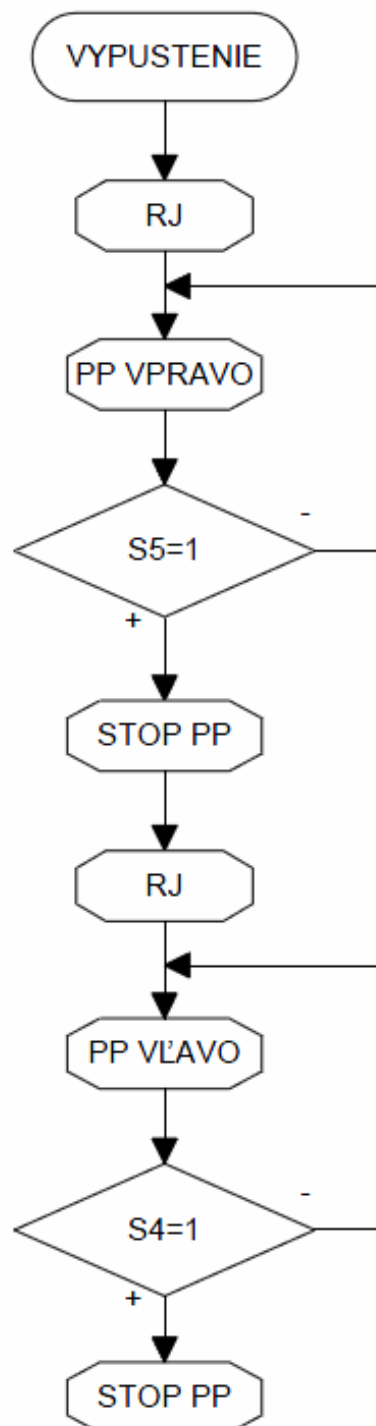
- RJ vyšle signál PP vpravo, PP aktivuje mechanizmus MP a pokiaľ nebude zopnutý koncový spínač S5 pohon bude aktívny
- pokiaľ S5=1 pohon sa vypne, prepad je otvorený
- pri nasledujúcom signály z RJ dôjde k uzatvoreniu prepadu a PP bude aktívny pokiaľ S4=1

vpravo – otváranie prepadu

vľavo – zatváranie prepadu

S5 – spínač zopnutý ak je prepad otvorený

S4 - spínač zopnutý ak je prepad zatvorený



Obr.18 Vývojový diagram činnosti vypustenie MVE

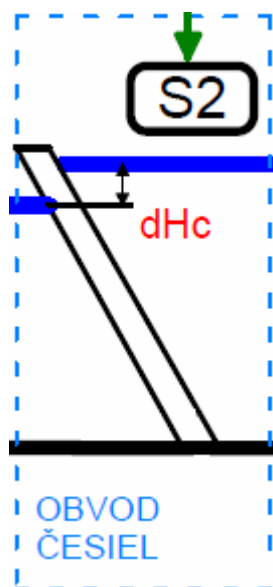
4.4.3 Obvod česiel

V navrhovanom obvode MVE je tvorený obvod česiel iba snímačom hladiny S2. Je možné doplniť tento obvod taktiež mechanizmom pre automatické čistenie ale to záleží na už konkrétnom návrhu pre daný hydroenergetický zdroj.

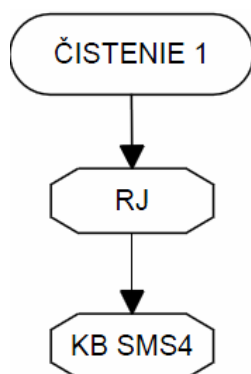
blok	názov	stručný popis
S2	SNÍMAČ HLADINY	sníma hladinu pred česlami

Tab.4 Bloky patriace do obvodu česiel

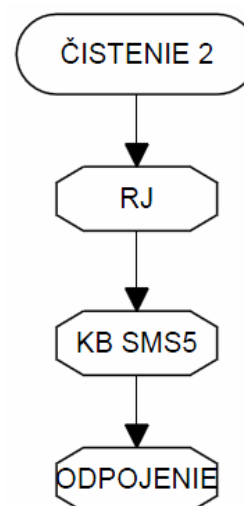
1. Čistenie



Obr. 19 Obvod česiel



Obr. 20 Vývojový diagram činnosti čistenie 1



Obr. 21 Vývojový diagram činnosti čistenie 2

SMS4 – správa o čiastočnom zanesení česiel

SMS5 – správa o úplnom zanesení česiel

- po aktivácii funkcie čistenie 1 RJ vyšle signál KB k zaslaniu SMS 4

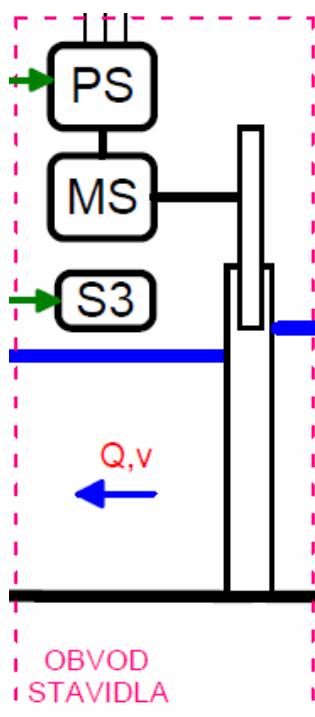
- po aktivácii funkcie čistenie 2 RJ vyšle signál KB k zaslaniu SMS 5 a odpojí MVE

4.4.4 Obvod stavidla

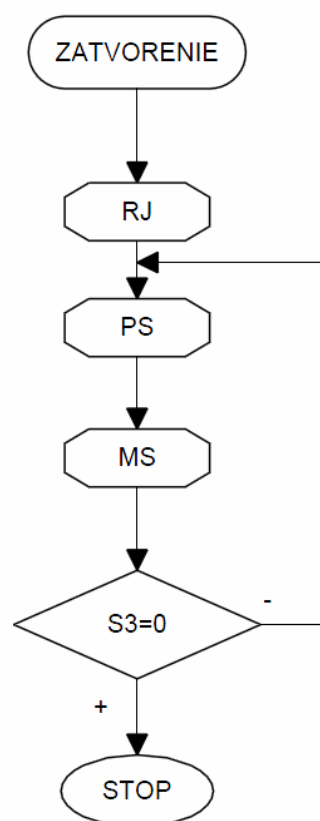
blok	názov	stručný popis
PS	POHON STAVIDLA	slúži na aktiváciu mechanizmu stavidla
MS	MECHANIZMUS STAVIDLA	slúži na pohyb stavidla
S3	SNÍMAČE POLOHY	Snímač polohy stavidla

Tab.5 Bloky patriace do obvodu stavidla

1. Zatvorenie



Obr. 22 Obvod stavidla

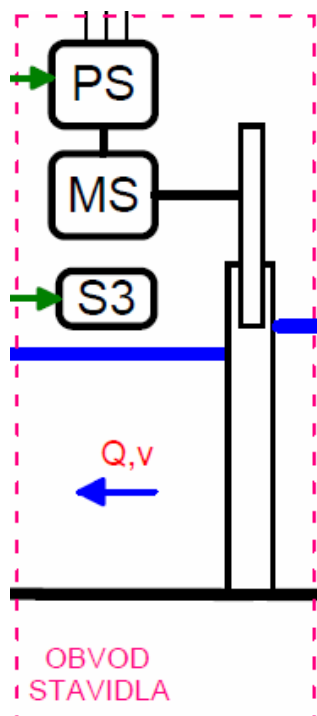


Obr. 23 Vývojový diagram činnosti zatvorenie

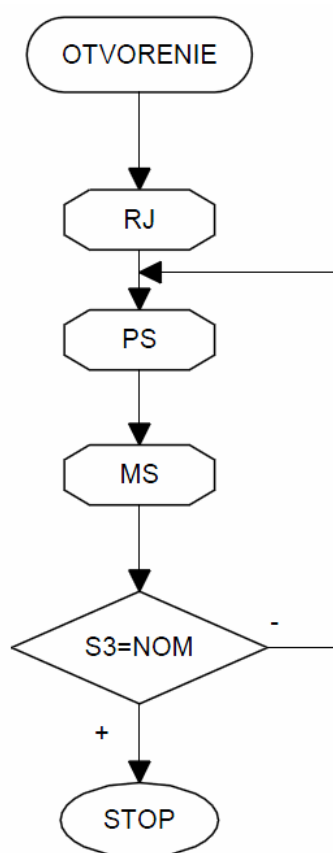
S3=0 zatvorené stavidlo

- po signále RJ sa aktivuje pohon PS a MS začne stavidlo zatvárať
- proces zatvárania trvá pokiaľ S3=0 úplné uzatvorenie

2. Otvorenie



Obr. 24 Obvod stavidla



Obr. 25 Vývojový diagram činnosti otvorenie

- po pokyne RJ sa aktivuje pohon PS a MS a začne sa stavidlo otvárať
- proces otvárania trvá pokiaľ S3=NOM

4.4.5 Obvod silnoprúdového rozvodu

Tento obvod obsahuje rôzne súčasti ktoré sú nevyhnutné k bezpečnému pripojeniu MVE do rozvodnej siete. Sú to nasledujúce ochrany:

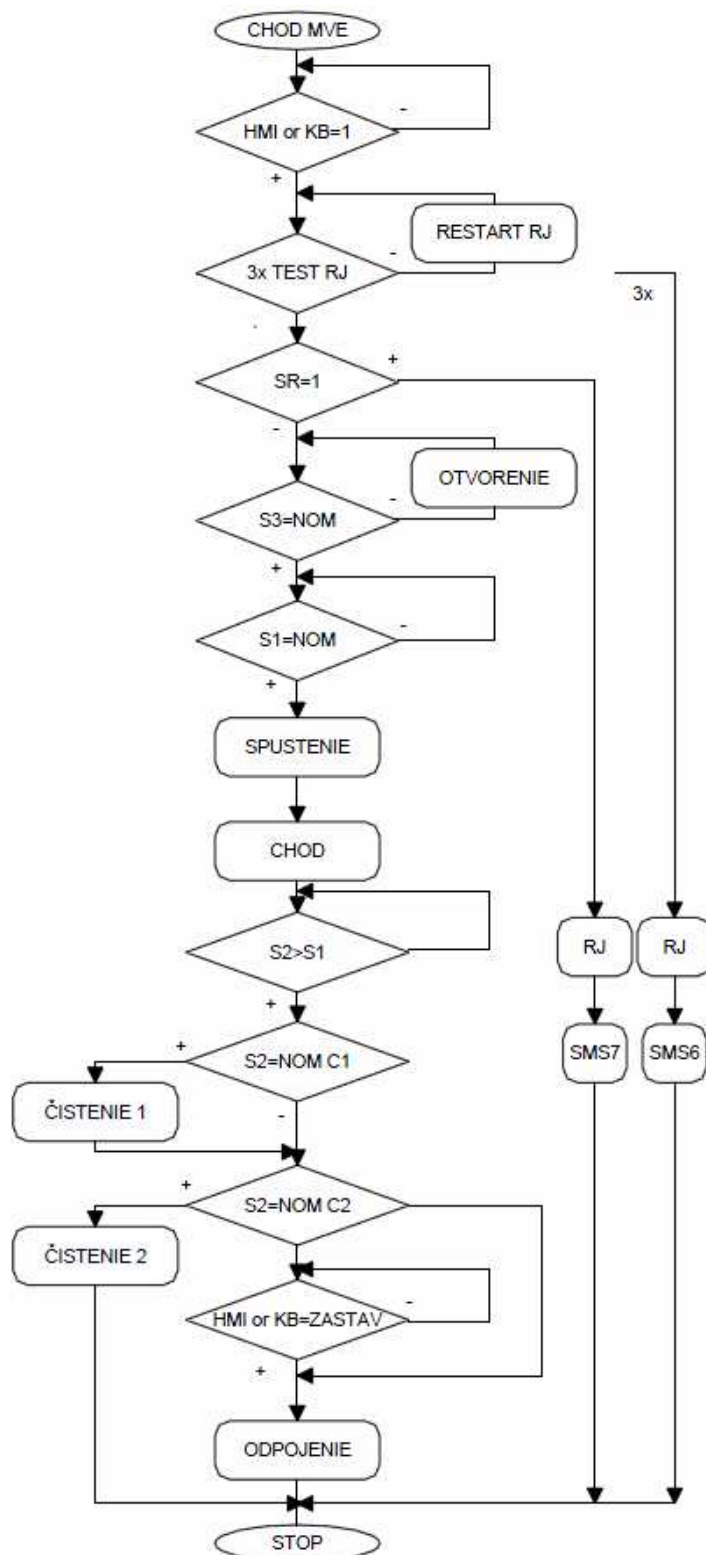
- spätná wattová ochrana
- nadprúdová ochrana
- symetria fázy
- podnapät'ová ochrana
- predpät'ová ochrana

- tento obvod nebudem detailne popisovať, podstatné je, že pokiaľ akákoľvek ochrana bude aktivovaná dôjde k odpojeniu MVE.

4.4.6 Celkový obvod MVE

Celkový obvod MVE obsahuje všetky časti, ktoré sú popísané v kapitole 3.3 a tiež všetky bloky ktoré sú uvedené v jednotlivých častiach kapitoly 4.3. Celkový pohľad na MVE je znázornený na Obr.7.

1. Chod MVE



Obr. 26 Vývojový diagram celkového chodu MVE

- NOM C1 – výška hladiny na snímači S2 odpovedajúca miernemu zaneseniu česiel
- NOM C2 – výška hladiny na snímači S2 odpovedajúca úplnému zaneseniu česiel
- SMS 6 - správa o poruche na RJ
- SMS 7 - správa o poruche na SR

- po stlačení ikony SPUSTENIE na HMI alebo po príchod SMS o SPUSTENÍ otestuje sa ako prvá RJ, pokiaľ test dopadne s chybou RJ sa reštartuje, pokiaľ ani 3x po sebe sa RJ neotestuje bezchybne dôjde k odpojeniu a poslatiu SMS 6

- následne sa testuje SR, pokiaľ niektorá zo silnoprúdových ochrán vyšle chybové hlásenie dôjde k okamžitému odpojeniu a poslatiu SMS 7

- v nasledujúcom kroku je testovaný snímač stavidla či je stavidlo otvorené pokiaľ nie, dôjde k otvoreniu

- v ďalšom kroku testuje správnu výšku hladiny pred turbínou, pokiaľ je hladina dostatočná dôjde k spusteniu MVE

- po úspešnom spustení dôjde k automatickému chodu MVE pričom táto činnosť obsahuje automatickú reguláciu hladiny

- počas chodu MVE sú nepretržite testované snímače S1 a S2 ktoré sa navzájom porovnávajú a v prípade vyššej hladiny na snímači S2 dôjde prvotne k varovaniu o zanesených česlách pokiaľ hladina stúpne ešte viac a prekročí hodnotu NOM C2 dôjde k odstaveniu MVE

- počas celého procesu chodu MVE je rovnako testované HMI a KB na príchod správy o zastaveniu MVE

5. Koncepcia automatizácie chodu MVE pre konkrétny hydroenergetický zdroj

Po ukončení všeobecnej časti rozoberiem návrh MVE pre konkrétny hydroenergetický zdroj.

Budú tu konkrétne definované jednotlivé bloky MVE v „*obvode turbíny*“ a pre činnosť „*spustenie*“ bude vytvorený detailnejší vývojový diagram.

5.1 Návrh základných parametrov MVE

Návrh základných parametrov slúži k predbežnému stanoveniu výkonu hydroenergetického zdroja na základe, ktorého je možné definovať jednotlivé časti obvodu.

Ruderův mlyn na rieke Upě som vybral pretože je možné získať základné parametre hydroenergetického zdroja, ktorý ústi do jeho náhonu.



Obr. 27, 28 Náhon – Ruderův mlyn

Obr. 3 celkový pohľad na spád a vyústenie náhonu.

Obr. 4 detailný pohľad na geometriu náhonu.

Predbežný výpočet využiteľnosti zdroja

$$H = 3 \text{ m}$$

$$S_n = 1 \text{ m}$$

$$V_n = 0.3 \text{ m}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$\eta = 0.72$$

$$Q = V_n \cdot S_n \cdot v = 0.3 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m/s} = 0.3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Podľa vzťahu z publikácie [1.] je predbežný výkon hydroenergetického zdroje:

$$P = 9.81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta = 9.81 \cdot 0.3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 3 \text{ m} \cdot 0.72 = 6.35 \text{ kW}$$

Informácie získané z Českého hydrometeorologického ústavu:

Plocha povodia	$F = 458 \text{ km}^2$
Priemerný ročný prietok	$Q_{365} = 6.62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Na základe týchto údajov je možné vysloviť predpoklad, že požadovaný prietok náhonom $0.3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bude dosiahnuteľný počas väčšej časti roka.

Na základe informácii o vodnom zdroji boli v spolupráci s pánom Doc. Ing. Miloslav Haluzom, CSc. z energetického ústavu Fakulty strojní VUT v Brně vypočítané nasledujúce parametre Vírovej turbíny.

Priemer obežného kola	d	= 250 mm
Navrhovaný spád	H	= 2.8m
Navrhovaný prietok	Q	= $0,28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Nominálne otáčky	n	= 1024 min^{-1}
Prevod		bez prevodu
Účinnosť	η	= 0.72

5.2. Návrh jednotlivých komponentov pre obvod turbíny

Turbína

Vírová turbína – podľa testovaného modelu 2-VT -200 (Návrh FSI VUT – prof. Ing. František Pochylý, CSc.)

Priemer obežného kola	d	= 250 mm
Nominálne otáčky	n	= 1024 min^{-1}
Účinnosť	η	= 0.72

Dôvody použitia:

- jednoduchá konštrukcia (dve pevné lopatky)
- je konštruovaná pre malé spády
- nie je potrebné rozvodové koleso ako u Kaplanových turbín
- podľa testu na VUT odoláva lepšie kavitácii



Obr. 28 vírová turbína

Generátor

v uvažovanom prípade použijeme asynchronný motor s kotvou nakrátko, ktorý sa po prekročení synchrónnych otáčok dostane do generátorického režimu.

Rozhodli sme sa použiť trojfázový motor **Siemens** typovej rady **1LA7**.

Parametre motora:

<i>Trojfázový motor</i>	1LA7
<i>Menovitý výkon motora</i>	7.5 kW
<i>Počet pólov</i>	6
<i>Synchrónne otáčky</i>	1000 min ⁻¹
<i>Frekvencia</i>	50 Hz
<i>Maximálne otáčky</i>	3600 min ⁻¹
<i>Maximálna frekvencia</i>	180 Hz
<i>Prevedenie</i>	zo strieškou, prírubou, snímačmi teploty vo vinutiach, vstavanou brzdou



Obr. 29 Generátor

Frekvenčný menič

Frekvenčný menič má v uvažovanom obvode nasledujúce funkcie:

1. odstránenie vysokého prúdového nárazu počas rozbehu asynchrónneho motora
2. možnosť plynule riadiť otáčky motora

Spoločnosť Siemens uviedla na trh nový rad frekvenčných meničov, ktorých konštrukcia dovoľuje dodávať výkon naspäť do siete. Jedná sa o rad Siemens Sinamics S120.

Pre náš návrh bude použitý *Sinamics S120* s riadiacou jednotkou *CU240S* a výkonovou jednotkou *PM250*.

Použitie Siemens Sinamics S120 vďaka obvodom pre rekuperáciu má nasledujúce výhody:

- nie je potrebné použiť sieťovú tlmivku
- nie je potrebné použiť brzdný odpor
- znížené náklady na projektovanie
- malé generovanie harmonickej
- obsahuje kompenzáciu jalového výkonu



Obr.30 Výkonová jednotka



Obr. 31 Riadiaca jednotka



Obr.32 Frekvenčný menič

Riadiaca jednotka

Vybraná jednotka je PLC od Siemens a to konkrétne **Simatic S7 224 XP**.

Parametre PLC:

Digitálne vstupy	14
Digitálne výstupy	10
Analógové vstupy	2
Analógové výstupy	1
RS – 485	2
Pamäť pre program	12 kB
Pamäť pre data	10 kB
Rozširovacie moduly	7
Vysokorýchlostné čítače	4x30 kHz 2x200 kHz 3x20 kHz 1x100 kHz



Obr. 33 Simatic S7 224 XP

Maximum digitálnych I/O - 152 bodov (78 I / 74 DC)
- 160 bodov (78 I / 82 relé)
- 168 bodov (94 I / 74 relé)

(s použitím rozširovacích modulov)

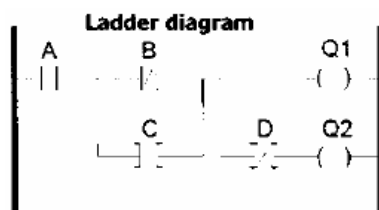
Maximum analogových I/O - 16 vstupov a 16 výstupov
- 16 vstupov a 10 výstupov
- 0 vstupov a 14 výstupov

Rozmery - 140 x 80 x 62 mm
Napájanie - 24V
Zálohovacia batéria - 100 h
MPI prenosová rýchlosť - max 187.5 kBit/s min 19.2 kBit/s
Zaheslovanie programu - áno
Dĺžka kabeľu - tienený 500 m štandard vstup, netienený 300m

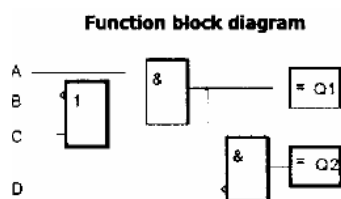
Dodávaný software k Simatic S7 224 XP

Tento software umožňuje tvorbu programu pre PLC priamo na PC s možnosťou nahratia tohto programu priamo do PLC.

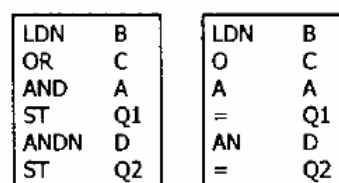
Tento software je **STEP 7-Micro/WIN**. Tento software obsahuje 3 editory pre vytváranie užívateľského programu: LD, FBD, STL



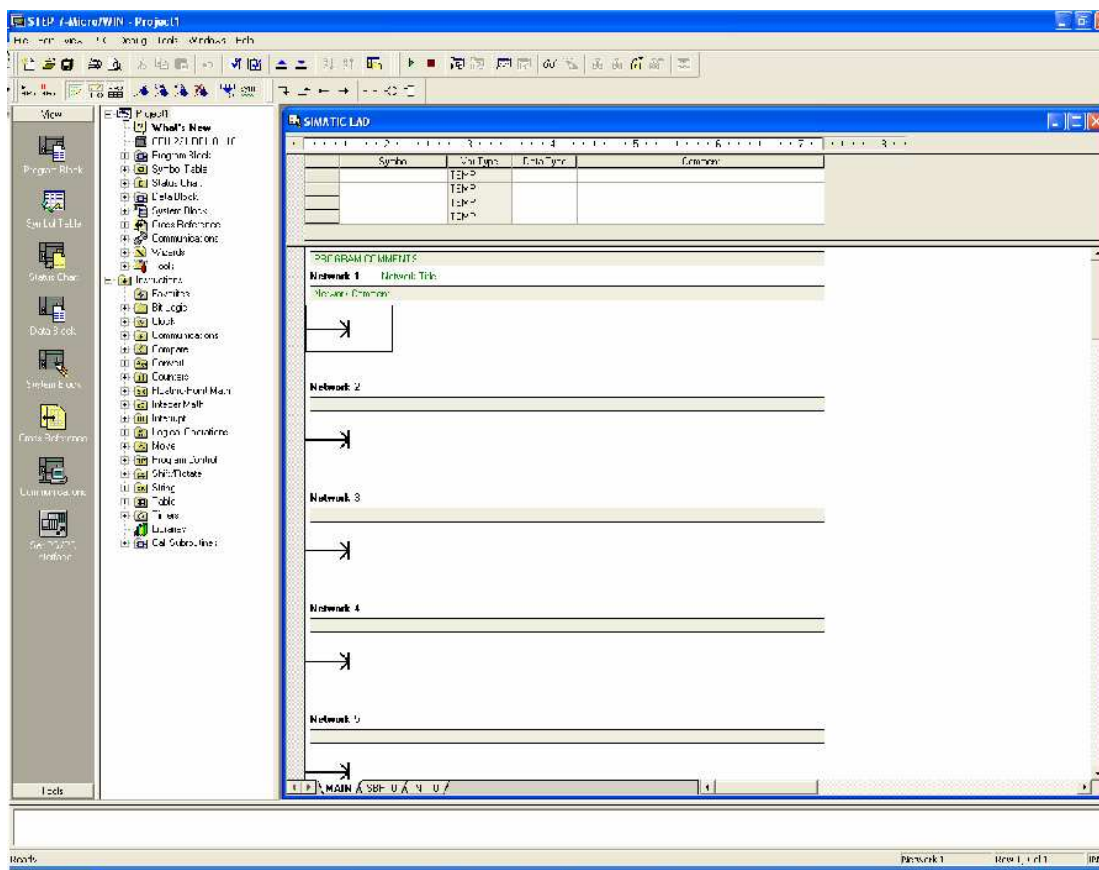
Obr. 34 LD



Obr. 35 FBD



Obr. 36 STL



Obr. 37 Prostredie STEP 7-Micro/WIN

HMI (Operátorský panel)

Vybral som opäť výrobok firmy Siemens a to konkrétne **TP 170B HMI**



Obr. 38 TP 170 B HMI

HMI má nasledujúce parametre:

- slot pre pamäťovú kartu
- dotykový display STN LCD 320x240 pixels
- konektor pre napájanie
- 1x RS – 485
- 2x RS – 232
- krytie - IP 65
- operačný systém - Microsoft Windows CE
- diskrétné alarmy - 1000
- celkové rozmery - 156 x 212 x 48 mm
- rozmery displeja - 116 x 87 mm
- napájanie - 24V
- farby - 4 Blue Mode
- podsvietenie - CCFL

Komunikačný panel

Z dôvodu komunikácie a ovládania MVE na diaľku som vybral nasledujúci modem.

Typ	- Siemens EM 241
Protokol	- PPI, Modbus
Konektor	- RJ 11
Napájanie	- 24V
Rozmery	- 80 x 71.2 x 62 mm



Obr. 39 EM 241

Rozširovací blok – analógové vstupy

Z dôvodu potreby väčšieho počtu analógových vstupov pre obvod MVE bude potrebné rozšíriť PLC o ďalší blok.

Typ	- Siemens EM 231
analógový vstup	- 4
Napájanie	- 24 V
Rozmery	- 80 x 71.2 x 62 mm



Obr. 40 EM 231

Snímač hladiny

Pre naše potreby bol najvhodnejší snímač od spoločnosti BD Sensors.

Typ	- LMK 358.
Meraná výška hladiny	- 0...0.6m
Vývod	- 2 vodič 4..20mA
Presnosť	- <=0.35%
Časová odozva	- 200 ms
Materiál puzdra	- nerezová oceľ 1.4571
Krytie	- IP 68



Obr. 41 LMK 358

Odvzdušňovací ventil

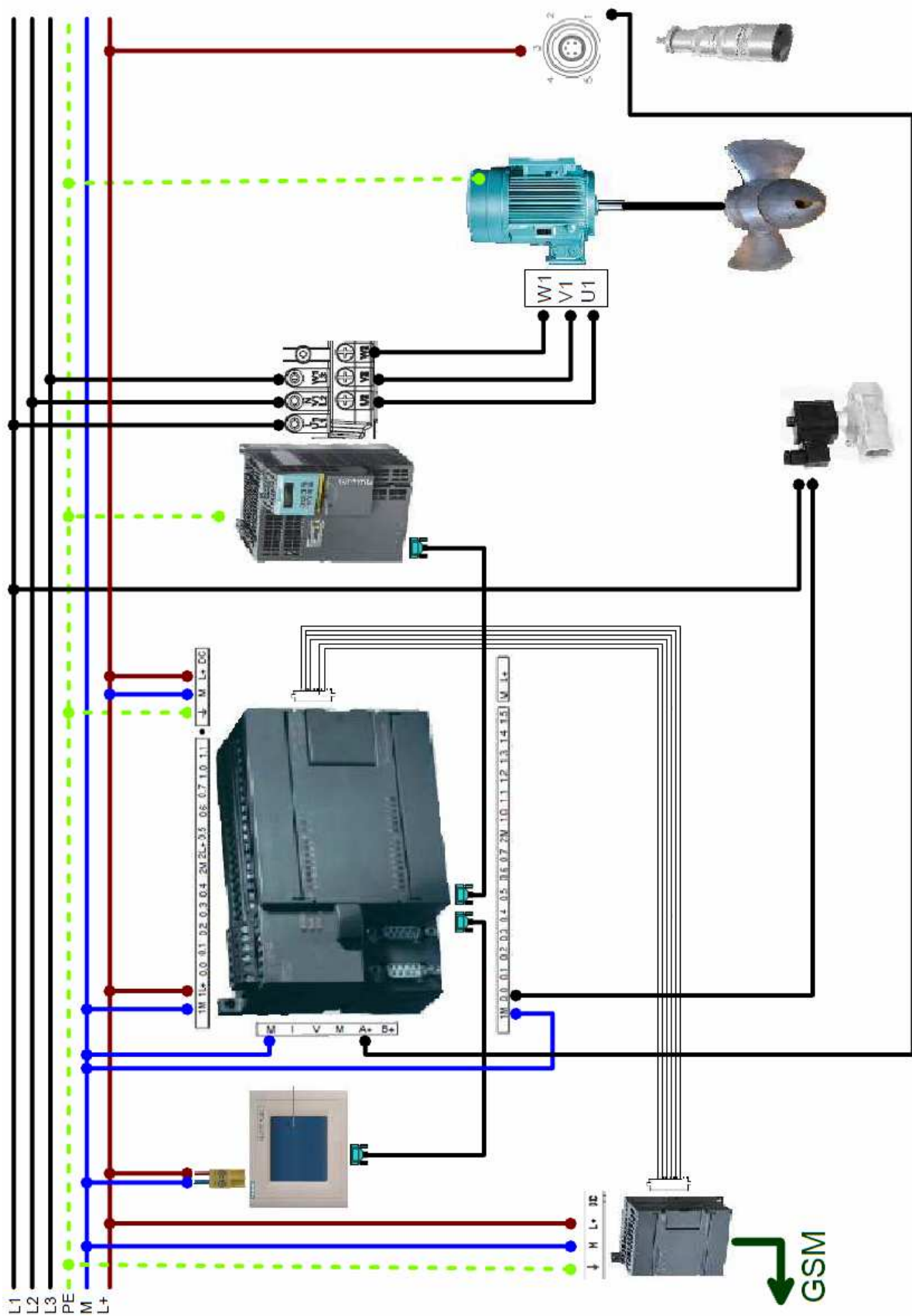
Odvzdušňovacím ventilom je dvojcestný membránový elektromagnetický ventil priamo ovládaný, bez prúdu otvorený od spoločnosti Paveko.

Typ	- MVPE 325
Bez prúdu, otvorený	
Doba otvorenia	- max 1.5s
Doba uzavretia	- max 1.5s
Maximálna frekvencia	- 40/min
Elektrické krytie	- IP54
Ovládacie napätie	- 230 V/50Hz
Rozmery	- 113 x 115 x 66 mm



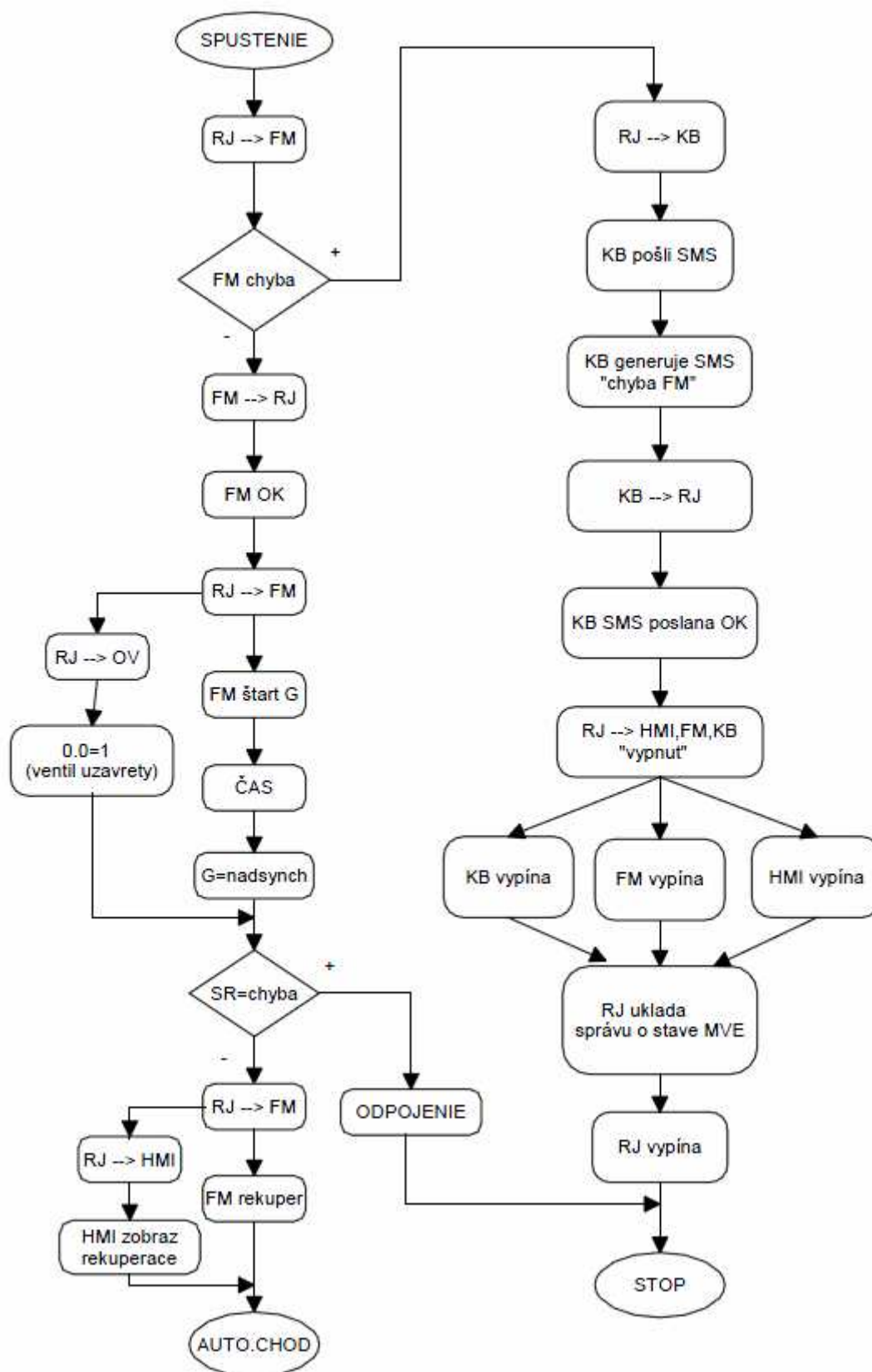
Obr. 38 MVPE 110

5.3 Schéma zapojenia obvodu turbíny



Obr. 39 Konkrétna schéma zapojenia obvodu turbíny

5.4 Vývojový diagram činnosti spustenia



Obr. 40 Vývojový diagram pre činnosť spustenia

6. Záver

V tejto práci som sa venoval predstaveniu technológií MVE, konkrétne násoskovému prevedeniu s použitím vírovej turbíny, na ktorom bola definovaná koncepcia automatického riadenia. Z dôvodu jednoduchej konštrukcie vírovej turbíny je nutné automaticky regulovať len výšku hladiny pred turbínou.

V prvej časti práce som sa zaoberal obecným obvodom MVE v danom prevedení. Definovaníu jednotlivých podobvodov a činností, ktoré tieto obvody vykonávajú počas automatického riadenia.

V nasledujúcej kapitole z dôvodu priblížiť sa čo najviac reálnej situácii, som sa rozhodol zostaviť obvod MVE pre konkrétny hydroenergetický zdroj, presnejšie len obvod turbíny a konkrétne pre činnosť spustenia MVE.

Pre tento obvod som vybral reálne komponenty. Hlavným komponentom celého obvodu je PLC Simatic S7 224 XP, s ktorým je možné komunikovať prostredníctvom HMI dotykového displeja TP170B priamo na mieste MVE alebo na diaľku prostredníctvom modemu EM 241. Ďalej je v obvode snímač LMK 358 pre kontinuálne snímanie výšky hladiny pred turbínou. Poslednými komponentmi v tomto obvode sú vírová turbína, generátor a frekvenčný menič.

V poslednej časti tejto práce bola vytvorená schéma obvodu turbíny, práve z týchto reálnych komponentov, a pre činnosť spustenia bol vytvorený detailnejší vývojový diagram, ktorý bude slúžiť pre tvorbu programu pre PLC.

Pretože vytvorenie detailných vývojových diagramov pre všetky činnosti MVE, ich následné naprogramovanie v Step7 MicroWin, detailnú definíciu silnoprúdového obvodu a rovnako tak zladenie všetkých podprogramov do hlavného programu funkcie celej MVE, presahuje rámec bakalárskej práce, rozhodol som sa celú prácu koncipovať tak, aby smerovala k ďalšiemu rozpracovaniu témy a mohla byť odrazovým mostíkom k zaujímavej v praxi využiteľnej diplomovej práci.

7. Použitá literatura

- [1] Holata, M.: Malé vodní elektrárny.
Akademie věd ČR, 2002,ISBN 80-200-0828-04
- [2] Bednář, L.: Malé vodní elektrárny.
STNL, 1998, DT 621.311.21-181.4.
- [3] Firemní dokumentace výrobců automatizační techniky.
- [4] Švarc, I.: Automatizace-Automatické řízení. Brno: CERM, 2005.