

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



TEZE K DISERTAČNÍ PRÁCI

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra elektrotechnologie

Ing. Tomáš Pohl

**PREDIKTIVNÍ TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA
TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ**

Doktorský studijní program: Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: 2602V009 Elektrotechnologie a materiály

Teze disertace k získání akademického titulu "doktor", ve zkratce "Ph.D."

Praha, říjen 2013

Disertační práce byla vypracována v kombinované formě doktorského studia na katedře Elektrotechnologie Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

Uchazeč: Ing. Tomáš Pohl
Katedra Elektrotechnologie
Fakulta elektrotechnická ČVUT
Technická 2
Praha 6, 166 27 Dejvice

Školitel: doc. Ing. Stanislav Seberský, CSc.
Katedra Elektrotechnologie
Fakulta elektrotechnická ČVUT
Technická 2
Praha 6, 166 27 Dejvice

Školitel-specialista: Ing. Ladislav Šmejkal, CSc.
Teco a.s.
Havlíčková 260
Kolín 280 58

Oponenti:
.....
.....

Teze byly rozeslány dne:

Obhajoba disertace se koná dne v hod. před komisí pro obhajobu disertační práce ve studijním oboru 2602V009 Elektrotechnologie a materiály v zasedací místnosti č Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

S disertací je možno se seznámit na děkanátu Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze, na oddělení pro vědu, výzkum a zahraniční styky, Technická 2, Praha 6.

.....
předseda komise pro obhajobu disertační práce
ve studijním oboru
Elektrotechnologie a materiály
Fakulta elektrotechnická ČVUT, Technická 2, Praha 6

1. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

V současné době existuje množství různých moderních metod řízení používaných v automatizaci. Hlavní metody řízení se zaměřují zejména na:

- návrh optimálního algoritmu řízení,
- technickou diagnostiku,
- bezpečnost.

Návrh optimálního algoritmu řízení se zaměřuje na nalezení optimálního algoritmu regulace, který pracuje lépe než klasické PID regulátory.

V otázkách bezpečnosti jsou použita zařízení a algoritmy k zajištění hardwarového a softwarového vybavení, které řídí technologický proces, proti úniku média, požáru případně proti vandalismu.

Technická diagnostika, která je hlavní náplní dizertace, se v současné době používá ve dvou hlavních oblastech. Jsou to obecně detekce poruch a plánování oprav (údržba objektu). Detekcí poruch se dle [1] zabývá hlavně tyto metody:

- vibrodiagnostika detekující poruchy točivých strojů na základě měření mechanického kmitání,
- hluková diagnostika detekuje poruchy točivých strojů, transformátorů a motorů na základě měření úrovně hluk,
- diagnostika na základě akustických emisí, které vznikají změnami v mikrostruktuře a makrostruktuře materiálu. Detekující poruchy točivých strojů a úniky z potrubí nebo nádrží,
- termografie, detekující stav zařízení na základě vyhodnocení teplotního pole,
- endoskopie, vizuální kontrola v nepřístupných místech, speciální mi zařízeními,
- interferometrie pracující na základě interferencí odražených optických vln (změna povrchu),
- ultrazvuková defektoskopie pracující na základě změn prostupu a odrazivosti ultrazvukové vlny vlivem změny materiálu (praskliny),
- magnetická defektoskopie, která pracuje na měření rozptylového magnetického pole nad prasklinou ve feromagnetických materiálech,

- elektromagnetická defektoskopie, měření vířivými proudy pro zjištění podpovrchových trhlin a lokalizaci koroze
- radiologie, nedestruktivní zkoušení materiálu pomocí rentgenového záření,
- potenciometrie, založená na závislosti odporu elektricky vodivého materiálu na hloubce povrchové trhliny.
- kapilární defektoskopie, nedestruktivní metoda pro detekci otevřených trhlin a necelistvosti nepórovitých materiálů.

Plánování oprav, nebo jinak prediktivní údržba, se používá pro kontrolu správné činnosti zařízení případně měření v technologickém procesu a vyhodnocuje jejich spolehlivost, zejména je-li nutná údržba daného zařízení ihned, nebo v nejbližším termínu údržby. Diagnostika pro údržbu je založena na dlouhodobém, celosvětovém shromažďování údajů o zařízeních a na základě této rozsáhlé databáze dochází k vyhodnocování stavu zařízení [2].

Diagnostikou technologického procesu jako celku se současné metody řízení nezabývají, což připouští i literatura např. [3]., přitom se jedná o důležitý úkol pro zajištění správného provozu technologie. Technologický proces nejsou pouze regulace, ale jedná se posloupnost událostí (sekvence, povely, měření,...). Bez správné činnosti těchto událostí nemůže technologický proces správně fungovat, stejně tak je nezbytné, aby data vstupující do technologického procesu byla správná. Správnost dat lze zajistit zvýšením spolehlivosti (výběr měření, zdvojená měření), nebo pomocí diagnostických metod (detekce poruch, prediktivní údržba,...).

2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Cílem dizertační práce je změnit celkový pohled na moderní řízení, protože moderním řízením nejsou pouze vysoce sofistikované regulace. Do moderního řízení je potřeba implementovat i pohled na technologický proces jako na kompaktní celek, který řídíme. Dizertační práce se zabývá právě jedním takovým pohledem na technologický proces, kterým je prediktivní technická diagnostika.

Úkolem prediktivní technické diagnostiky je sledování technologického procesu, shromažďování relevantní data o tomto procesu a v neposlední řadě tato data vyhodnocovat. Ze získaných historických dat zjistíme

pravděpodobné chování technologického procesu v horizontu predikce¹ a na základě tohoto známého chování v porovnání s očekávaným chováním, lze diagnostikovat, jak se bude chování technologického procesu vyvíjet.

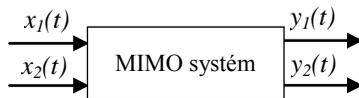
3. METODY ZPRACOVÁNÍ

Predikce neboli předvídání budoucího stavu, případně chování sledované soustavy (technologického procesu) se v oboru řízení technologického procesu ubírá do dvou hlavních směrů a to na predikci pro řízení (hledání optimálního zásahu-regulace) a predikci pro diagnostiky, kdy sledujeme veličiny v systému a predikujeme jejich budoucí vývoj a jaký bude mít tento vývoj vliv na chování sledovaného systému.

Prediktivní diagnostiku lze realizovat pomocí modelů, nebo s využitím numerických a statistických metod.

Většina metod predikce jako např. extrapolace, lineární predikce, polynomiální predikce, statistické metody atd. jsou vhodné zejména pro predikci průběhu určité veličiny, nikoliv však pro predikci celého systému, nebo technologického procesu. Pro predikci technologického procesu je vhodné použít predikci pomocí modelů. [4]

Technologický proces je obecně vícerozměrový systém, který má více vstupů a více výstupů, zkráceně MIMO, z anglického Multiple Input-Multiple Output, viz *Obr. 1*, kde $x_1(t)$ a $x_2(t)$ jsou vstupy do systému $y_1(t)$ a $y_2(t)$ jsou jeho výstupy.

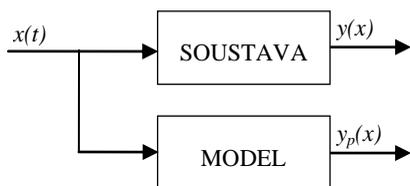


Obr. 1 Vícerozměrový systém MIMO

Pokud vytvoříme model technologického procesu, který necháme paralelně pracovat vedle reálného technologického procesu, viz *Obr. 2*, potom je možné porovnáním chování modelu a soustavy diagnostikovat nestandardní chování technologického procesu, a pokud model bude

¹ Horizont predikce T_p – je doba do budoucnosti po kterou studujeme (predikujeme) chování technologického procesu, v případě prediktivního regulátoru je to doba po kterou regulátor hledá optimální posloupnost řídicí funkce.

pracovat ve zrychleném módu, lze predikovat budoucí vývoj technologického procesu.



Obr. 2 Model a soustava

Technologický proces je ve své podstatě souhrn kroků podmínek a regulací prováděných v daném pořadí, čase a podle požadavků tohoto procesu. Protože počet stavů v technologickém procesu je konečný, lze s výhodou využít jako model technologického procesu konečný automat.

Teorie konečných automatů se nezabývá řízením technologického procesu, byla původně navržena pro účely v informatice pro rozpoznávání slov (překladač jazyků), nikoliv pro řízení technologického procesu, nebo pro diagnostiku. Pro potřeby prediktivní diagnostiky, je však třeba stávající teorii konečných automatů doplnit.

Klasický konečný automat je dle [5],[6],[7],[8],[9] definován jako každá pětice prvků

$$A = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F) \quad (1)$$

kde:

- Q je konečná neprázdná množina stavů.
- Σ je konečná neprázdná množina vstupních symbolů (vstupní abeceda)
- δ je přechodová funkce, $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$.
- q_0 je počáteční (iniciální) stav, $q_0 \in Q$.
- F je množina koncových neboli přijímajících stavů, $F \subseteq Q$.

Výše uvedený konečný automat je deterministický konečný automat, který má jednoznačně definovaný přechod z aktuálního stavu do nového po příchodu vstupního symbolu. Přechod je určen stavem, ve kterém se automat nachází a symbolem, který přichází na vstup (nebo který je čten na vstupu).

Deterministický konečný automat je základem pro navržený konečný automat pro prediktivní diagnostiku.

Konečný automat pro prediktivní diagnostiku vznikl rozšířením deterministického konečného automatu a je definován osmicí prvků:

$$A_{pd} = (Q, \Sigma, T_{min}, T_{max}, \delta, q_0, F, E) \quad (2)$$

a množinou časových řad α ,

$$\alpha_i = \{\alpha_{Ti}\} \quad (3)$$

kde:

Q představuje všechny stavy technologického procesu a to jak standardní (do kterých přejde technologický proces pracující správně, pro účel pro který byl navržen) tak i poruchové (do kterých přejde v případě nestandardního chování technologického procesu), Např. zařízení je připraveno, probíhá plnění nádrže, maximální teplota zařízení byla překročena,...

Σ představuje události², které mohou nastat v technologickém procesu a které způsobí přechod mezi stavy. Z pohledu technologického procesu to jsou vstupy do tohoto procesu, jejich vzájemné kombinace a dále např. počítané vnitřní proměnné, které způsobí přechod. Např. povel start a zároveň zavřen hlavní ventil; čerpadlo vypnuto a zároveň zavřen ventil a zároveň hladina menší než daná mez;... Množinu všech jednotlivých vstupů a vnitřní proměnných (tedy bez vzájemných kombinací) označím jako Σ^x Např. zmáčknuť tlačítko start, dosažena limitní hladina, vypnuto čerpadlo,...Je-li:

$$\Sigma^x = \{i_1, i_2, i_3, i_4\}$$

$$a = i_1 \cap i_2$$

$$b = i_1 \cap i_2 \cap i_3$$

$$c = i_3 \cap i_4$$

potom:

$$\Sigma = \{a, b, c\}$$

- T_{min} jedná se o jednu z podmínek pro přechod do následujícího stavu a to ať se jedná o minimální čas přechodu, nebo minimální čas trvání stavu. Minimální doba trvání výchozího stavu a koncového stavu nemá většinou žádný technický význam. V odůvodněných případech může být $T_{min} = 0$.
- T_{max} jedná se o indikaci chybového stavu, o tom, že přechod z jednoho stavu do následujícího, nebo i vlastní definovaný stav, trval déle, než by při správné funkci všech komponent technologického procesu měl. Maximální doba trvání výchozího stavu a koncového stavu opět nemá žádný podstatný technický význam. V odůvodněných případech může být $T_{min} = +\infty$.
- δ ($\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$) představuje přechodovou funkci, kdy technologický proces přechází z jednoho stavu do dalšího. Z pohledu technologického procesu se po dobu přechodu přestavují zařízení do pozice požadované novým stavem q_i , (zavírají se ventily, zapínají čerpadla,...)
- q_0 ($q_0 \in Q$) je výchozí (iniciální) stav technologického procesu. Informuje nás, že technologický proces je připraven a čeká na impuls k zahájení činnosti. Např. technologické zařízení je připraveno a čeká na povel start.
- F ($F \subseteq Q$) je koncový stav technologického procesu při jeho správné funkci. Např. byl vyroben požadovaný produkt v žádaném množství a kvalitě.
- E ($E \subseteq Q$) jsou stavy technologického procesu, do kterých přejde při nesprávné funkci. Např. překročena limitní mez, překročen maximální čas operace,...
- α zpočátku prázdná množina, definovaná pro každý diagnostikovaný uzel³, která se v průběhu procesu plní údaji pro potřeby prediktivní diagnostiky. Např. doba trvání daného přechodu, nebo stavu, případně další diagnostické hodnoty dosažené v průběhu technologického procesu.

² Technologický proces a stejně tak i jeho model, jsou řízeny událostmi, pro model realizovaný konečným automatem je tedy množina událostí rovna množině vstupních symbolů.

³ Diagnostikovaný uzel je takové místo v modelu technologického procesu, které podrobujeme diagnostice a ze kterého sbíráme diagnostická data.

Množina α pro predikci bude tvořena zejména z časových údajů (doba přechodu a doba trvání stavu) a dále z analogových měření, která mají přímý vztah k technologickému procesu a jejichž sledování má význam pro diagnostiku. Měření lze v technologickém procesu diagnostikovat z pohledu správné funkce senzoru, to je možné např. diagnostikou pro údržbu, kdy zjišťujeme jak je dané měření spolehlivé, zda údaje z měření jsou spolehlivé, případně čidlo neměří správně a požaduje údržbu apod. (tzv. kredibilita/diskredibilita senzoru). Diagnostika samotných měření a čidel není předmětem této práce, pro naše účely předpokládáme, že čidla předávají správné údaje, tedy kredibilita senzoru je v pořádku. Analogová měření, která je vhodné pro účely prediktivní diagnostiky sledovat jsou měření přímo vztažená k technologickému procesu a jejichž údaje mají charakter vypovídající o stavu technologického procesu. (např. hladina po ukončení kroku q_3 ...)

Pomocí výše popsaného konečného automatu pro prediktivní diagnostiku lze vytvořit model technologického procesu, který bude paralelně připojen na vlastní technologický proces, bez ohledu na to jakým způsobem je technologický proces řízen. Vytvořený model je modelem procesu, nikoliv modelem zařízení (pohony, měření, motory,...), diagnostikujeme chování technologického procesu (kroky, stavy, události,...).

Model technologického procesu vytvořený konečným automatem pro diagnostiku lze znázornit, stejně jako běžný konečný automat výčtem prvků viz (2) a (3), tabulkou, stavovým diagramem a stavovým stromem. Všechny tyto popisy musí být pro diagnostiku doplněny časovou řadou.

4. VÝSLEDKY

Na *Obr. 3* je uvedeno blokové schéma prediktivní diagnostiky technologického procesu pomocí konečného automatu. Znázorňující příklad popsany výčtem prvků (4) a časovou řadou (5) :

$$A_{pd} = ((q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5), (a, b, c, d, e) T_{min}, T_{max}, \delta, q_0, q_5, E) \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
\alpha_{q_0 \rightarrow q_1} &= \delta_1 \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \} \\
\alpha_{q_1} & \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \} \\
\alpha_{q_1 \rightarrow q_2} &= \delta_2 \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \} \\
\alpha_{q_2} & \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \} \\
\alpha_{q_2 \rightarrow q_3} &= \delta_3 \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \} \\
\alpha_{q_3} & \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \} \\
\alpha_{q_3 \rightarrow q_4} &= \delta_3 \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \} \\
\alpha_{q_4} & \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \} \\
\alpha_{q_4 \rightarrow q_5} &= \delta_3 \{ \alpha_{T_0}; \alpha_{T_1}; \alpha_{T_2}; \dots \alpha_{T_n} \}
\end{aligned} \tag{5}$$

s tím, že pro koncový stav technologického procesu $F \subseteq Q$ platí, $F = q_5$ a pro stav při poruše technologického procesu $E \subseteq Q$ platí, $E = q_E$ a $T_{min} = 0$.

Model pracuje paralelně s vlastním řídicím systémem technologického procesu, vstupem do modelu jsou potom data v reálném čase. Model zpracovává a archivuje aktuální data o stavech a přechodech technologického procesu získané z řídicího systému. Diagnostická data o přechodech a stavech jsou ukládána do časových řad α_i .

Vstupní abeceda Σ odvozená od vstupů $\Sigma^\Sigma = \{ i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7 \}$ je patrná z tabulky uvedené na Obr. 4. Pro vstupní abecedu platí, že:

$$a = (i_1 \cap i_2 \cap i_3 \cap i_4)$$

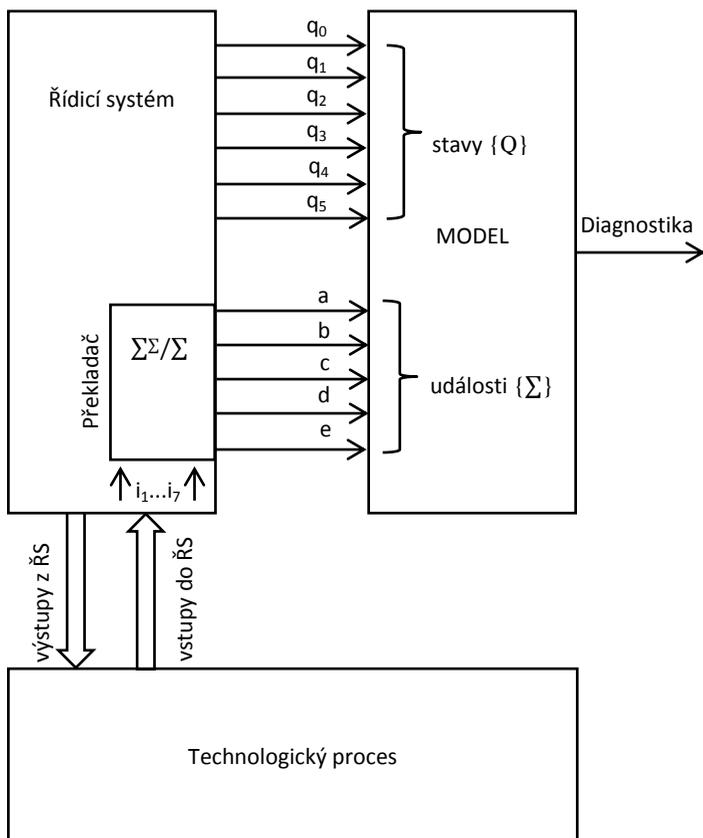
$$b = (i_5)$$

$$c = (i_6)$$

$$d = (i_7)$$

$$e = (i_2 \cap \overline{i_4} \cap i_7)$$

Potom tedy vstupní abeceda je $\Sigma = \{ a, b, c, d, e \}$



Obr. 3 Prediktivní diagnostika technologického procesu - Blokové schéma

Dále máme nadefinovány přechodové funkce, které vyplývají z funkce technologického procesu.

$$\begin{aligned} \delta_1: q_0 \rightarrow q_1: & \quad \delta(q_0, 1111xxx) = q_1 \\ \delta_2: q_1 \rightarrow q_2: & \quad \delta(q_1, xxxxlxx) = q_2 \\ \delta_3: q_2 \rightarrow q_3: & \quad \delta(q_2, xxxxxlx) = q_3 \\ \delta_4: q_3 \rightarrow q_4: & \quad \delta(q_3, xxxxxx1) = q_4 \\ \delta_5: q_4 \rightarrow q_5: & \quad \delta(q_4, x1x0xxx) = q_5 \end{aligned}$$

a kde x značí libovolnou hodnotu.

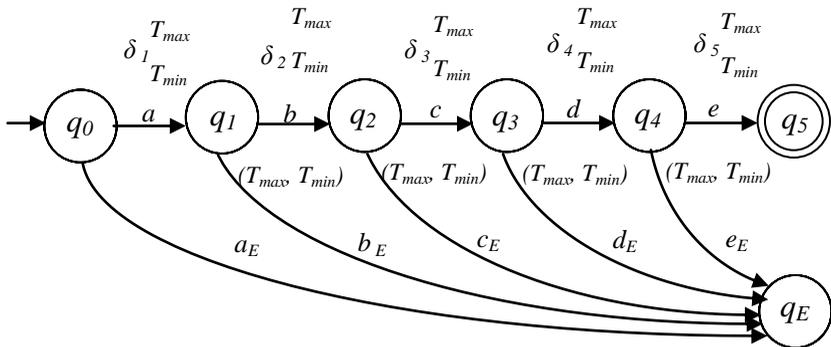
Přechody můžeme popsat přechodovou tabulkou na *Obr. 4*.

přechod událost	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	Σ	$(t_\delta \geq T_{\max})$ or $(t_q \geq T_{\max})$
$\delta_1: q_0 \rightarrow q_1$	1	1	1	1	x	x	x	a	0
$\delta_{1E}: q_0 \rightarrow q_E$	1	1	1	1	x	x	x	a_E	1
$\delta_2: q_1 \rightarrow q_2$	x	x	x	x	1	x	x	b	0
$\delta_{2E}: q_1 \rightarrow q_E$	x	x	x	x	1	x	x	b_E	1
$\delta_3: q_2 \rightarrow q_3$	x	x	x	x	x	1	x	c	0
$\delta_{3E}: q_2 \rightarrow q_E$	x	x	x	x	x	1	x	c_E	1
$\delta_4: q_3 \rightarrow q_4$	x	x	x	x	x	x	1	d	0
$\delta_{4E}: q_3 \rightarrow q_E$	x	x	x	x	x	x	1	d_E	1
$\delta_5: q_4 \rightarrow q_5$	x	1	x	0	x	x	1	e	0

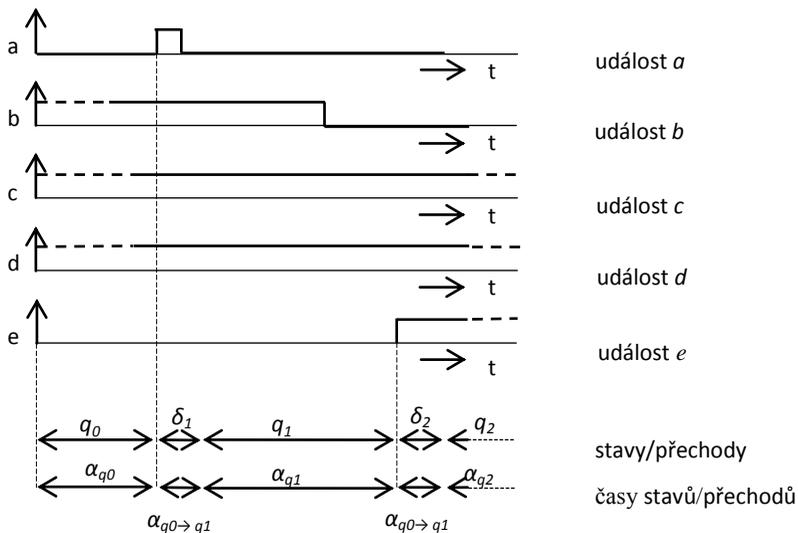
Obr. 4 Přechodová tabulka

V přechodové tabulce na *Obr. 4* jsou uvedeny i přechody do poruchových stavů. Výstupní abeceda Σ včetně přechodu do poruchových stavů je potom

$$\Sigma = \{ a, a_E, b, b_E, c, c_E, d, d_E, e, e_E \}.$$



Obr. 5 Stavový diagram



Obr. 6 Časová závislost přechodů a událostí

Na Obr. 5 je uveden stavový diagram, kde jsou znázorněny přechody a stavy, důležité pro diagnostiku. Na Obr. 6 je znázorněna časová

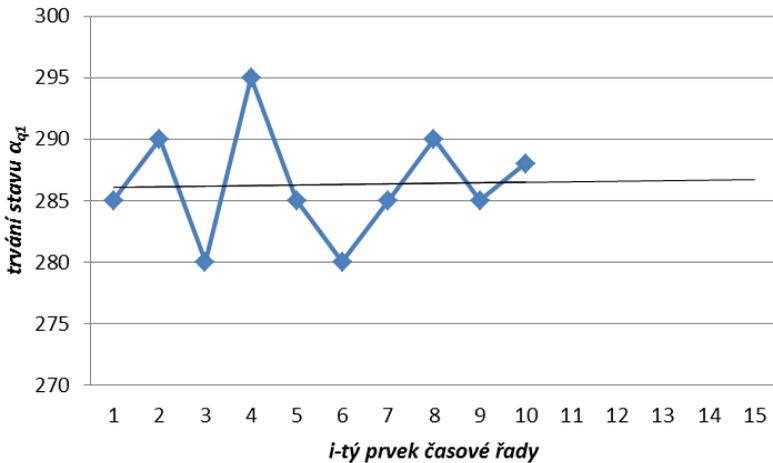
závislost přechodů a událostí v technologickém procesu jak jsou zaznamenány v modelu do časových řad α_i , pro diagnostiku.

Časové řady α_i jsou při prvním spuštění prázdné a po spuštění se během provozu postupně plní relevantními údaji. Pomocí vhodné prediktivní metody určíme chování v daném diagnostikovaném uzlu. Často je pro predikci dostačující linearizace, kterou zjistíme trend v daném uzlu a na základě technologie vztahující se k danému diagnostikovanému uzlu, lze diagnostikovat chování příslušného technologického procesu.

Jako příklad vezmeme α_{q1} , údaje o době trvání stavu q_0

$$\alpha_{q1} = (285; 290; 280; 295; 285; 280; 285; 290; 285; 288)$$

Průběh této časové řady vyneseme do grafu, který je uveden na *Obr. 7* a to včetně linearizace průběhu.



Obr. 7 Časová řada stavu α_{q1} , a její linearizace

5. ZÁVĚR

Úkolem práce nebylo vyřešit všechny možnosti prediktivní technické diagnostiky, ale ukázat možnosti ve využití moderních metod řízení v technologickém procesu, jmenovitě pro prediktivní diagnostiku technologického procesu.

Byly popsány současné trendy v diagnostice a predikci, včetně využitelného matematického aparátu. Pro predikci chování technologického procesu byla jako nejvhodnější vybrána predikce s modelem, pracujícím v On Line režimu, kdy model pracuje s aktuálními i historickými daty a predikuje budoucí hodnotu v horizontu predikce.

Na základě teorie konečných automatů byl navržen konečný automat pro prediktivní diagnostiku. Byl podrobně popsán postup vytvoření modelu tímto konečným automatem, dále byla popsána činnost tohoto modelu.

Seznam v tezích použité literatury

- [1] Kreidl, M-Šmíd R.: *Technická diagnostika*, BEN-Technická literatura, Praha 2006, 391 s. ISBN 80-7300-158-6
- [2] Tonissen S.: *Automatické řízení – nové trendy ve výzkumu a výuce*. Řízení a údržba průmyslového podniku 2010, roč. III č. s. 34-37
- [3] Šebek, M.: *Automatické řízení – nové trendy ve výzkumu a výuce*. Přednáška na semináři „Perspektivy automatizace“ Výstaviště Brno 20. 3. 2012 v rámci doprovodného programu veletrhu Amper 2012, 86s.
- [4] Pohl, T.: Predikce v řízení a technické diagnostice, *Automatizace* 2009, č. 10, s. 561-562
- [5] Dostál, H.: *Teorie konečných automatů, regulárních gramatik, jazyků a výrazů*. Internetové podpůrné výukové prostředí k předmětu teoretická informatika, Univerzita Hradec Králové <http://iris.uhk.cz/tein/index.html>
- [6] Kocur P.: *Úvod do teorie konečných automatů a formálních jazyků*. Západočeská univerzita v Plzni, 2001, 104 s. ISBN 80-7082-813-7
- [7] CARROLL, J. LONG, D.: *Theory of Finite Automata with an introduction to formal language* Prentice-Hall, Englewood, USA 1989: 438 s.
- [8] XAVIER, S.P.E.: *Theory of Automata, Formal Languages and Computation* New Age International Ltd., Publishers 2005: 345 s.

[9] MARTIN, J.C.: *Introduction to Languages and The Theory of Computation, fourth edition* McGraw-Hill, USA 2011: s.45-77

Seznam prací disertanta vztahujících se k disertaci

publikace v impaktovaných časopisech

publikace v recenzovaných časopisech

patenty

publikace excerpované WOS

publikace ostatní

Šmejkal, L. - Pohl, T.: PLC, řízení a technická diagnostika, *Automatizace* 2009, č. 5 (podíl 50%)

Pohl, T.: Predikce v řízení a technické diagnostice, *Automatizace* 2009, č. 10

Pohl, T.: Metody predikce spojitéch veličin, *Automatizace* 2009, č. 11

Bez ohlasů a recenzí

SUMMARY

Modern control methods don't deal with predictive diagnostics or technological process control, at present. Theories for predictive control and diagnostics are known for long time, but they are used only for control or prediction of output values, not for technological process.

For prediction of the technological process are suitable predictive methods on models base. The technological process is a set of finite numbers of states and events, therefore it is appropriate to use Finite State Machine (FSM) as a model of technological process. A new type of FSM which is designed by this thesis is in comparison with standard FSM, supplemented with measurements of minimum and maximum time of transition between the states and the duration of a state and by time series α_i for each of relevant transitions and states. These series are filled with data on the duration of states and transitions. We collect a historical data for each transition and state and by appropriate prediction methods we are able to determine the future trend of the technological process including its probable behaviour in the future.

RESUMÉ

Moderní metody řízení se v současné době nezabývají prediktivní diagnostikou technologického procesu. Teorie pro prediktivní řízení i diagnostiku je známá a dlouhodobě zpracovávána avšak pouze pro regulace nebo predikci výstupních veličin nikoliv pro technologický proces.

Pro technologický proces je vhodná predikce a diagnostika založená na modelu tohoto procesu. Protože technologický proces je soubor konečného počtu stavů a událostí je vhodné využití konečného automatu jako modelu technologického procesu. V práci je navržen nový typ konečného automatu „Konečný automat pro prediktivní diagnostiku“ který je oproti standardnímu konečnému automatu doplněn měřeními minimálního a maximálního času přechodu mezi stavy a dobou trvání stavu a dále časovými řadami α_i , pro každý relevantní přechod a stav. Tyto řady se plní údaji o době trvání stavů a přechodů, Tím získáme historická data pro každý přechod a stav a pomocí metod predikce můžeme zjistit trend ve vývoji dané části technologického procesu a tím i jeho pravděpodobné chování v budoucnosti.