

Modell Alapú Diagnosztika Diszkrét Módszerekkel
Szabályalapú diagnosztika - Diagnosztika HAZID
információk felhasználásával

Hangos Katalin

PE Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék

Tartalom

1. Diagnosztika szabályrendszer alakú modellek felhasználásával
 - predikción alapuló diagnosztika - adatvezérelt (előrefelé haladó) következtetéssel
 - direkt diagnosztika - célvezérelt (hátrafelé haladó) következtetéssel
2. Meghibásodás, veszély és hatáselemzésen alapuló diagnosztika
 - HAZOP és FMEA
 - kétirányú következtetésen alapuló diagnosztika

*Diagnosztika szabályrendszer alakú modellek
felhasználásával*

Időfüggő szabályrendszerek - ismétlés

Aritmerikai időfüggő predikátumok: $\langle jel \rangle \langle relaciojel \rangle \langle ertek \rangle$

- mért jelekre támaszkodik, pl. $T > 90^\circ C$
- a mért jel típusától függően lehet bemeneti, zavarás, állapot és kimeneti predikátum

Datalog szabályrendszerek

- szabályok formája: $(p_1 \wedge \dots \wedge p_k) \mapsto q$
- függőségi gráf
- gyökér predikátumok: input vagy zavarás típusúak

Következtetés szabályrendszeren - ismétlés

Állapottér: predikátumok értékeiből képezett állapotvektor

$$\mathbf{p} = [p_1, \dots, p_n]^T$$

Adatvezérelt (előrefelé haladó) következtetés

- cél: egy célállapot elérése vagy megkonstruálása a kezdőállapotból
- új következtetések előállítás a modus ponens alkalmazásával
- következtetés a terminálási feltétel eléréséig vagy az összes következmény előállításáig (nincs több alkalmazható szabály)

Célvezérelt (hátrarefelé haladó) következtetés

- cél: egy feltételezett célállapot érvényességének igazolása kezdetben érvényes tényekre támaszkodva
- új részcélok előállítás a modus ponens alkalmazásával
- következtetés az összes rész cél igazolásáig vagy amíg nincs több igazolható rész cél (nincs több alkalmazható szabály)

Predikción alapuló diagnosztika szabályokkal

Adott

- a diagnosztizálendő rendszert leíró időfüggő szabályrendszer
- a mért értékekre támaszkodó input és output predikátumok

Detektálendő a rendszer hibás állapota, illetve meghatározandó, hogy mely hibamód(ok) lép(tek)ett fel.

A diagnosztikai eljárás

- a mért inputokra támaszkodó predikátumok értékeiből adatvezérelt (előrefelé haladó) következtetéssel kiszámítjuk az outputokra támaszkodó predikátumok értékét (minden hibamódban, ha van modell)
- összehasonlítjuk a mért értékekre támaszkodó és a számított output predikátumok értékeit: egyezés esetén az adott hibamódo(oka)t fogadjuk el érvényesnek

Példa: Kávéfőző gép diagnosztikája – 1

1. hiba-ok: alul lyukas a tartály a "tömegmérlegből származó" szabályokkal

Predikátumok:

- bemeneti és zavarás: $p_{I_{sz}} = (\eta_I = 1)$, $p_{O_{sz}} = (\eta_O = 1)$, $p_{hly} = (\chi_l = 1)$
- állapot és kimeneti: $p_{h_{cso}} = (\Delta h < 0)$, $p_{hall} = (\Delta h = 0)$, $p_{hkicsi} = (h < 1cm)$,
 $p_{hnormal} = (h \geq 15cm)$

Szabályok:

$$HA (p_{I_{sz}} \wedge \neg p_{O_{sz}} \wedge \neg p_{hly}) AKKOR \neg p_{h_{cso}} \quad (1)$$

$$HA (\neg p_{I_{sz}} \wedge \neg p_{O_{sz}} \wedge \neg p_{hly}) AKKOR p_{hall} \quad (2)$$

$$HA (\neg p_{I_{sz}} \wedge \neg p_{O_{sz}} \wedge p_{hly}) AKKOR p_{h_{cso}} \quad (3)$$

$$HA (p_{hnormal} \wedge p_{h_{cso}}) AKKOR p_{hkicsi} \quad (4)$$

$$HA (p_{hkicsi} \wedge p_{hall}) AKKOR p_{hkicsi} \quad (5)$$

$$HA (p_{hnormal} \wedge p_{hall}) AKKOR p_{hnormal} \quad (6)$$

Mért adatok: $D_{\eta_I, \eta_O, h}(1, 2) = \{(0, 0, 17cm), (0, 0, 0.5cm)\}$

Kimeneti predikátum: (i) hibamentes $\{p_{hnormal}, p_{hnormal}\}$, (ii) hibás $\{p_{hnormal}, p_{hkicsi}\}$

Direkt diagnosztika szabályokkal

Adott

- a diagnosztizálandó rendszert leíró időfüggő szabályrendszer
- a mért értékekre támaszkodó input és output predikátumok

Detektálandó a rendszer hibás állapota, illetve meghatározandó, hogy mely hibamód(ok) lép(tek)ett fel.

A diagnosztikai eljárás

- a mért outputokra támaszkodó predikátumok értékeiből célvezérelt (hátrarefelé haladó) következtetést végzünk, és megállapítjuk a zavarásokra támaszkodó predikátumok értékét (ha van modell) úgy, hogy az a mért inputokra támaszkodó predikátumokkal konzisztens legyen
- ha találunk ilyen esete(ke)t, akkor az e(zek)nek megfelelő hibamódo(oka)t fogadjuk el érvényesnek

Példa: Kávéfőző gép diagnosztikája – 2

1. hiba-ok: alul lyukas a tartály a "tömegmérlegből származó" szabályokkal

Predikátumok:

- bemeneti és zavarás: $p_{I_{sz}} = (\eta_I = 1)$, $p_{O_{sz}} = (\eta_O = 1)$, $p_{hly} = (\chi_l = 1)$
- állapot és kimeneti: $p_{h_{cso}} = (\Delta h < 0)$, $p_{hall} = (\Delta h = 0)$, $p_{hkicsi} = (h < 1cm)$,
 $p_{hnormal} = (h \geq 15cm)$

Szabályok:

$$HA (\neg p_{I_{sz}} \wedge p_{O_{sz}} \wedge \neg p_{hly}) AKKOR p_{h_{cso}} \quad (7)$$

$$HA (\neg p_{I_{sz}} \wedge \neg p_{O_{sz}} \wedge \neg p_{hly}) AKKOR p_{hall} \quad (8)$$

$$HA (\neg p_{I_{sz}} \wedge \neg p_{O_{sz}} \wedge p_{hly}) AKKOR p_{h_{cso}} \quad (9)$$

$$HA (p_{hnormal} \wedge p_{h_{cso}}) AKKOR p_{hkicsi} \quad (10)$$

$$HA (p_{hkicsi} \wedge p_{hall}) AKKOR p_{hkicsi} \quad (11)$$

$$HA (p_{hnormal} \wedge p_{hall}) AKKOR p_{hnormal} \quad (12)$$

Mért adatok: $D_{\eta_I, \eta_O, h}(1, 2) = \{(0, 0, 17cm), (0, 0, 0.5cm)\}$

Következtetés: (i) hibamentes $\{p_{hkicsi} \Rightarrow p_{h_{cso}} \Rightarrow \neg p\}$,

(ii) hibás $\{p_{hkicsi} \Rightarrow p_{h_{cso}} \Rightarrow p_{hly}\}$

*Diagnosztika meghibásodás és veszélyelemzési
információk felhasználásával*

Kockázat menedzsment

Minden ipari üzemre és termékre elvégzendő.

A lehetséges meghibásodások (okok) és veszélyek (következmények)

- szisztematikus felmérése
- valószínűségi és veszélyességi értékelése
- ok-okozati kapcsolatok feltárása
- lehetséges megelőző és rehabilitációs lehetőségek feltárása

HAZID: hazard identification

HAZID elemzések

- adott "szabványos" módszertan alapján: *HAZOP* és *FMEA*
- multidiszciplináris szakértői csoport (team)
- az elemzés eredménye verbális, táblázatba rendezett
- hatósági engedélyezés alapja, rendszeresen felülvizsgálandó

Veszély és működképeségi analízis – HAZOP

Jellemzői

- mérhető jellemző változók alapján haladunk
- azok eltéréseit (**Deviation**) vizsgáljuk - "kulcs" oszlop
- változó típusonként szabványos eltérés-típusok
- az eltérések lehetséges okait (**Causes**), veszélyes következményeit (**Consequences**) (és a megelőzésre alkalmas akciókat) gyűjtjük össze.

A HAZOP táblázat formátuma

Guideword	Deviation	Causes	Consequences
-----------	------------------	---------------	---------------------

Kávéfőző gép HAZOP analízis – részlet

Rendszer: (folyamatos működésű) kávéfőző gép

Változó: szint h

Guideword	Deviation	Causes	Consequences
alacsony	h alacsony	beáramlás nincs	kiáramlás alacsony hőmérséklet magas
	h alacsony	kiáramlás magas	hőmérséklet magas h nincs

Meghibásodás és hatás analízis – FMEA

Jellemzői

- a rendszer komponensei alapján haladunk
- azok lehetséges meghibásodási módjait (**Failure**) vizsgáljuk - "kulcs" oszlop
- komponens típusonként szabványos meghibásodási mód-típusok
- a meghibásodások lehetséges okait (Failure mode causes), veszélyes lokális következményeit (**Local effects**) és rendszerszintű következményeit (**System effects**) gyűjtjük össze.

Az FMEA táblázat formátuma

Component	Failure mode	Failure mode causes	Local effects	System effects
-----------	---------------------	---------------------	----------------------	-----------------------

Kávéfőző gép FMEA analízis – részlet

Rendszer: (folyamatos működésű) kávéfőző gép

Komponens: beáramlási szelep η_I

Component	Failure mode	Failure mode causes	Local effects	System effects
beáramlási szelep η_I	beragadt	törés	beáramlás nincs	szint alacsony
η_I	kiakadt	törés	beáramlás magas	szint magas

Megfeleltetés a HAZOP és FMEA táblák elemei között

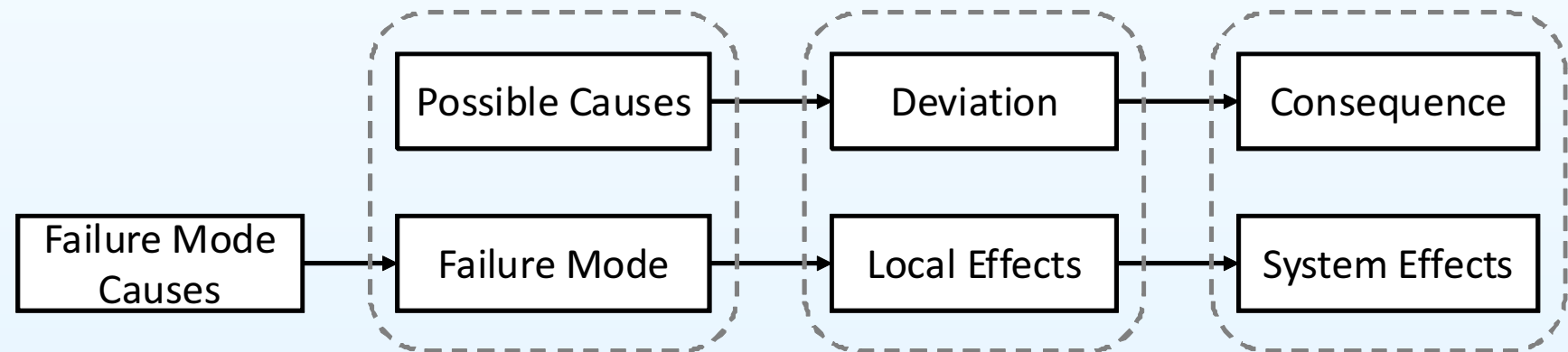
Közös szintaxis az elemekre: kettesek

<Deviation> = (<Measured variable> <Guide word>)

<Failure mode> = (<Component id> <Failure type>)

<Cause> = (<Variable> <Guide word>), etc.

Példák: <SCT.Level> <Low>, <SCT> <Leakage>



Predikátumok és az elemek szintaxisa

- <Deviation>: mért változókra támaszkodó aritmetikai predikátummá alakítható
- <Failure mode>: speciális predikátum

Következtetés az egyesített HAZOP-FMEA táblán

Szabályok a HAZOP és FMEA táblákból

Datalog szabályok a táblázat egy sorából

*Precondition = Failure mode | Cause | Deviation
| Precondition \wedge Precondition*

Conclusion = Consequence | Deviation | Cause

HAZOP: a mérhető eltérések (*Deviation*) okait (*Cause*) keressük
visszafelé haladó következtetés

FMEA: a rejtett meghibásodások (*Failure mode*) következményeit
(*Consequence*) keressük
előrefelé haladó következtetés

Kávéfőző gép – HAZID szabályok

Rendszer: (folyamatos működésű) kávéfőző gép
HAZOP szabályok

Guideword	Deviation	Causes	Consequences
alacsony	h alacsony	beáramlás nincs	kiáramlás alacsony

$HA (v_I = 0) AKKOR (h < h_{min})$

FMEA szabályok

Component	Failure mode	Failure mode causes	Local effects	System effects
beáramlási szelep η_I	beragadt	törés	beáramlás nincs (v_I)	szint alacsony

$HA (\eta_I = 'beragadt') AKKOR (v_I = 0)$

A diagnosztikai következtetés 1

Adott:

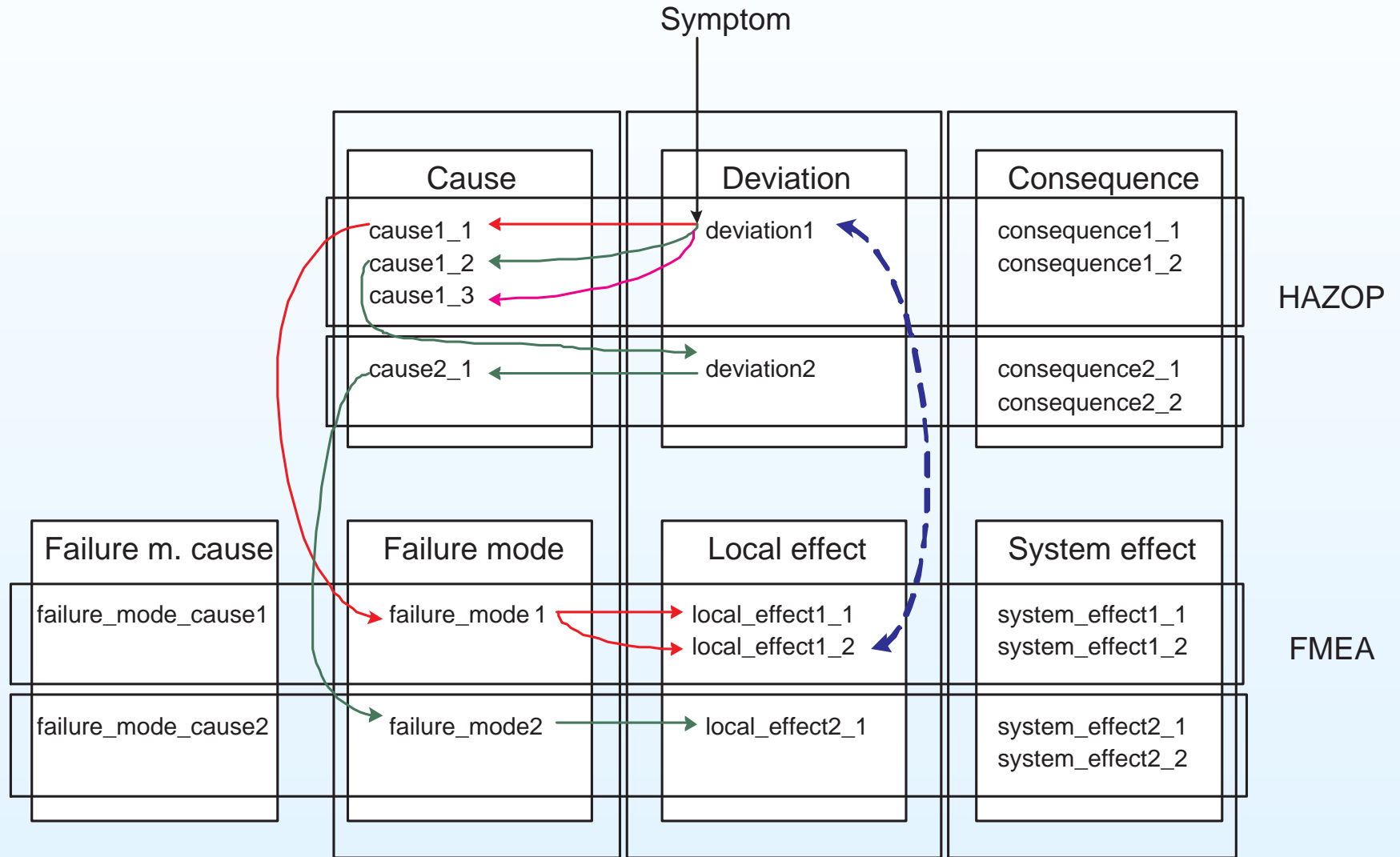
- a mért értékekből előállított *Deviation*-ok
- az egyesített HAZOP-FMEA táblázatok

Keressük: azokat a "gyökér-okokat" (*Failure mode*), amelyek összhangban vannak a *Deviation*-okkal (és az egyéb mért értékekkel).

Két fázisú megoldás:

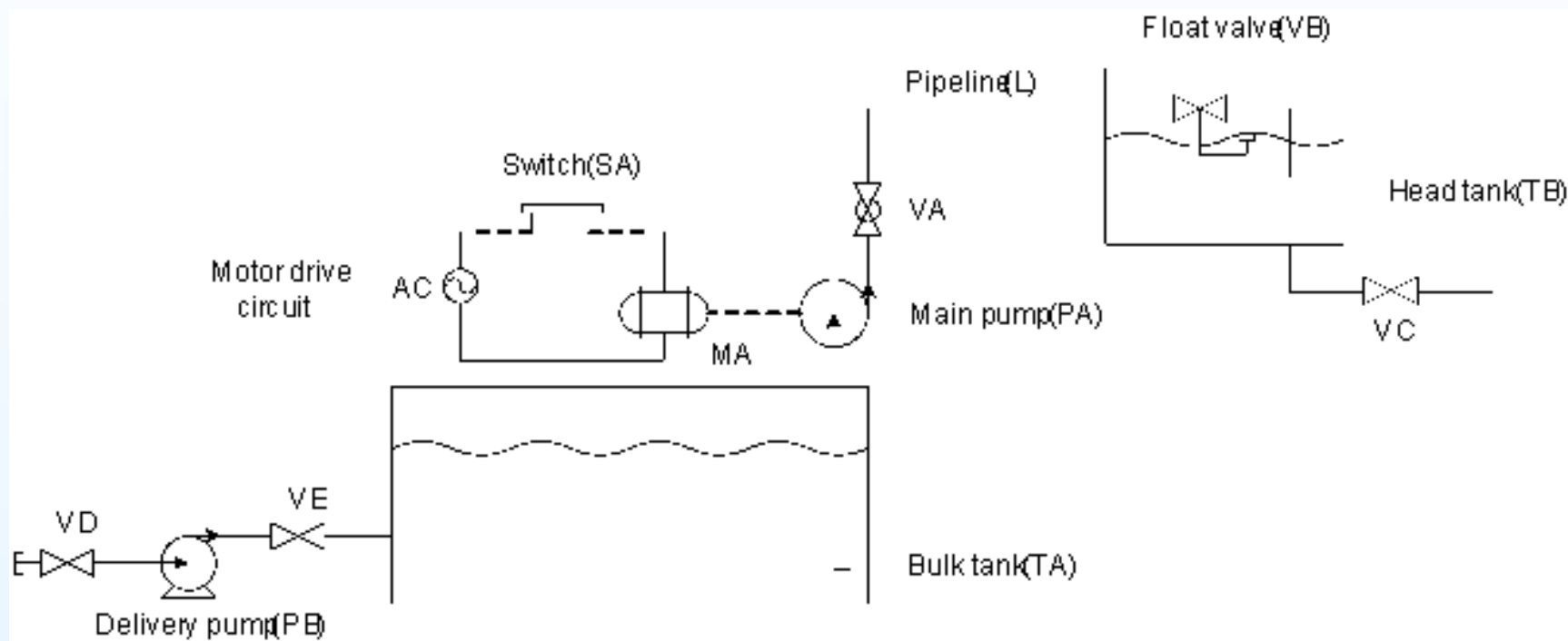
1. *visszafelé haladó következtetéssel* előállítjuk a lehetséges okokat,
2. *előrefelé haladó következtetéssel* szűkítjük ezek halmazát

A diagnosztikai következtetés 2



Példa - nyomtatófesték adagolási rendszer

A rendszer komponensei és folyamatábrája



Példa - következtetés a HAZOP-FMEA táblákon

Deviation	Possible causes	Consequences
<NO><Feed to TB (F2)>	(1) <VB><is><closed> (2) <VA><is><closed> (3) <L><is><ruptured> (4) <L><is><blocked> (5) <NO><Feed to PA>	* <NO><Feed to press> * <NO><Feed to VC>
<NO><Feed to PA (F1)>	(1) <TA><is><broken> (2) <TA><is><leaked> (3) <LT><is><leaked> (4) <TA><is not><filled> (5) <PA><does not possess><capability to pump>	* <NO><Feed to press> * <NO><Feed to VA>

Component	Description	Failure mode	Possible causes	Effects	
				Local	System
VB	TB inflow control valve	Closed	mechanical fail closed operator closed	<NO><Feed to TB>	<NO><Feed to press>
		Opened	mechanical fail opened operator opened	<MORE><Feed to TB>	<MORE><Feed to press>
		Stuck	maintenance failure corrosion	<LESS><Feed to TB>	<LESS><Feed to press>
TA	Bulk tank TA	Broken	corrosion vehicle damage operator damage	<NO><Feed to PA>	<NO><Feed to press>
		Leaked	corrosion	<LESS><Feed to PA>	<LESS><Feed to press>