



VYUŽITIE PRÍSTUPU TRIZ VO VÝSKUME SEIZMICKEJ ODOLNOSTI

František Palčák*

*Ústav Aplikovanej Mechaniky a Mechatroniky
Strojnícka fakulta STU Bratislava
Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika*

Súhrn

Pre úspešný vývoj prelomových technických sústav sú potrebné nástroje (postupy, výpočtové programy), prístroje (vybavenie), ale najdôležitejším predpokladom sú schopnosti ľudí, ktorí budujú nové cesty (zvyšujú stupeň usporiadania vedomostí, zručností a tvorivosti). Preto základným podnetom pre tento príspevok bolo ukázať ako uplatnenie zákonitostí rozvoja sústav z prístupu TRIZ pomáha pri zlepšení jestvujúcich a vynachádzaní nových polohovacích mechanizmov odolných na prevádzkové a seizmické budenie prepojením predurčených (deterministických) postupov vychádzajúcich z daných nemenných zákonitostí príčin a dôsledkov (rozbory NVH pôsobenia dynamického zaťaženia na jednotlivé časti) s tvorivými opakovateľnými postupmi (navrhovanie, predvídanie a predpovedanie vlastností celku pomocou AFD-TRIZ).

Na dosiahnutie výpočtovej účinnosti numerickej integrácie zmiešanej sústavy diferenciálnych a algebrických rovníc (DAE) zložitých zariadení jadrových elektrární zdôvodňujeme potrebu použiť vhodný matematický opis podľa zložitosti druhu pohybu (skalárny, vektorový, maticový, kvaterniónový a zápis pomocou pologrúp) ako aj potrebu použiť čo najjednoduchší matematický model. Zo zákonov vývoja technických sústav z prístupu TRIZ pre zostavenie-syntézu polohovacích mechanizmov odolných na prevádzkové a seizmické budenie vyplýva, že sa treba zamerať na prechod od rovinných na obratné priestorové mechanizmy.

Uplatnenie prístupu TRIZ-AFD uvádzame na príklade výskumu seizmickej odolnosti regulačnej klapky prúdenia vzduchu.

Pri výskume tak dôležitej oblasti akou je seizmická bezpečnosť zariadení jadrových elektrární je potrebné prekonať nežiaducu zotrvačnosť myslenia a okrem skutočných a virtuálnych pokusov-experimentov vziať do úvahy aj tvorivý prístup TRIZ-OTSM a TRIZ-AFD.

Kľúčové slová: rozbor-analýza, zostavenie-syntéza, polohovacie mechanizmy, seizmická odolnosť, vývoj, prístup TRIZ-AFD

* doc. Ing. František Palčák, PhD., e-mail: frantisek.palcak@stuba.sk

1. Prednosti prístupu TRIZ

Prístup TRIZ je dnes veda, ktorej základy vybudoval Genrich Saulovič Altšuller v r. 1946, keď skúmaním úspešných patentov odhalil všeobecne platné základné

zákony ako zovšeobecniť nápadité postupy pre vymedzenie a riešenie vynálezcovských zadaní s cieľom utvoriť nové, alebo zdokonaľiť súčasné výtvary (veci-výrobky a postupy-služby). Pri zovšeobecňovaní výsledkov svojho výskumu Altšuller vyslovil Základné zákony Z1, Z2 a Z3 zdokonaľovania výtvarov (vecí, postupov a tvorcov) prístupom TRIZ:

Z1 Zákon o potrebe zdokonaľovať výtvary.

Výtvary sa majú zdokonaľovať podľa Zákonov ZV1-ZV8 vývoja výtvarov: ZV1 (úplnosti), ZV2 (priechodnosti), ZV3 (zosúladenia), ZV4 (zlepšovania), ZV5 (nerovnomernosti), ZV6 (vzostupu), ZV7 (zostupu), ZV8 (odstupu), ktoré zovšeobecňujú zákonité zmeny vzťahov častí výtvarov medzi sebou a s vonkajším prostredím v priebehu ich zdokonaľovania. Spoznanie smeru vývoja výtvaru od súčasného stavu k nedosiahnuteľnému dokonalému stavu umožňuje predvídať aké sú možnosti jeho ďalšieho vývoja.

Z2 Zákon o potrebe odstraňovať rozpory medzi protichodnými požiadavkami na vlastnosti častí výtvaru a na poslanie výtvaru.

Prelomové riešenia vynálezcovských zadaní získame tak, že odhalíme a nápaditým spôsobom cieľavedome a bez ústupkov odstránime nemenné aj premenlivé rozpory (vyzývaci-riadiaci medzi požiadavkami a chýbajúcimi podmienkami), (celkový-technický na úrovni celku), miestny-fyzikálny na úrovni časti výtvaru).

Z3 Zákon o potrebe utvárať vhodné podmienky (zdroje a obmedzenia) pre vyžadované zdokonaľovanie výtvarov.

Miera zdokonalenia výtvaru, ktorú sa snažíme dosiahnuť vyhľadáním a prispôbením doterajšieho úspešného riešenia, alebo uplatnením všeobecného vzoru postupnosti krokov cieľavedomého riešenia vynálezcovského zadania (kolobeh: potreba, prínos, postup a použitie), závisí od miery našich obmedzení poznania a možností využitia dostupných zdrojov látok a polí, pričom na vývoj prelomových novinek sú potrebné vedné javy z inej oblasti, než v ktorej novinky vznikli.

Vzory nástrojov na rozbor zadania (nástroje analýzy zadania):

- na priradenie vhodného postupu riešenia zadania (kopec-hill, jazyk-tongue, rukáv-funnel),
- na opis vzťahov v usporiadaní častí návrhu výtvaru (ENV: časť-Element, pomenovanie-Name, hodnota-Value, rozbor: činnosti-Function, vzťahu látok a polí-SuF, rozpor-Contradiction),
- na zmenšenie zotrvačnosti myslenia o zadaní,
- pomocou postupnosti krokov riešenia zložitých zadaní (ARIZ).

Nástroje navrhujúce vzorové nápadité riešenia zo zdrojov doterajšieho poučenia:

- sústava 40 nápaditých postupov (Inventive Principles) v matici rozporov [2],
- sústava vzorových nápaditých riešení (Standard Solutions) zadaní (vzorov sporov) pomocou zmien vo vzťahoch látok a polí,
- sústava vedeckých javov (Scientific Effects) usporiadaných podľa druhu pôsobenia.

V prístupe TRIZ sa cieľavedomo (systematicky) a opakovateľne spájajú dva rozdielne postupy riešenia zadaní:

- rozbor (analýza) zadania zmysluplným myslením (dialektickou logikou) v ľavej časti mozgu, ktorým rozpoznáme (identifikujeme), vytriedime a vyberieme rozdiely medzi podobnými výtvormi,
- zostavenie (syntéza) riešenia zadania tvorivou predstavivosťou (fantáziou) v pravej časti mozgu, keď odhalíme podobnosti medzi rozdielnymi výtvormi a spoločnú vlastnosť rôznorodých výtvorov zovšeobecníme a zjednotíme.

Používatelia prístupu TRIZ získajú schopnosť zostaviť východiskový vzor riešenia tak, že dokážu myslieť súčasne z hľadiska vývoja usporiadania poučenia podľa významu obsahovej stránky slov (ontogeneticky) aj z hľadiska vývoja nástrojov a spôsobov-technik ich využitia (fylogeneticky) a pomocou štatistických nástrojov dokážu odhaliť viacodborové súvislosti.

2. Výpočtová účinnosť riešenia zložitých počítačových vzorov

Nižšie úrovne z rebríčka hodnotenia-klasifikácie cieľov vo vzdelávaní aj vo výskume (znanosti, porozumenie a použitie-aplikácie) nám pomáhajú naučiť sa zopakovať, čo už bolo vykonané inde, zatiaľ čo vyššie úrovne (rozbor, zostavenie a hodnotenie) podnecujú tvorbu novinek, (Bloom, 1956).

2.1. Vlastnosti vzorov z množstevného-kvantitatívneho hľadiska a hodnotového-kvalitatívneho hľadiska

Jednoznačnými vzťahmi predurčené-deterministické množstevné-kvantitatívne vlastnosti funkčného virtuálneho prototypu (FVP) vieme určovať postupnosťou krokov-algoritmom. Napríklad daný počet a druh členov a spojení jednoznačne predurčujú-determinujú počet základných slučiek a odpovedajúci počet rovníc matematického vzoru-modelu FVP.

Hodnotové-kvalitatívne vlastnosti FVP sú výsledkom predurčeného neporiadku (deterministického chaosu) vo forme neohraničeného množstva zmien-fluktuácií, preto ich nemôžeme jednoznačne predvídať.

Osobité-singulárne vlastnosti FVP mechanizmu sú výsledkom zvláštneho usporiadania-konfigurácie jeho častí. Preto na dosiahnutie hodnotových-kvalitatívnych vlastností FVP mechanizmu je potrebná čínorodá-aktívna účasť riešiteľa.

Množstevné-kvantitatívne vlastnosti priebehu predurčeného neporiadku (deterministického chaosu) nemôžeme jednoznačne predvídať, ale môžeme ich nechať určiť postupnosťou krokov-algoritmom.

Hodnotové-kvalitatívne vlastnosti predurčeného neporiadku (deterministického chaosu) môžeme určovať čínorodou-aktívnou účasťou riešiteľa.

Napríklad priebeh opakovaného spresnenia-iterácie v rámci numerickej integrácie prebieha samostatne-automaticky, bez zásahu užívateľa, pričom nie je možné predvídať počet iterácií v jednotlivých krokoch na dosiahnutie vyžadovanej presnosti, ale môžeme jednoznačne predpísať dovolenú odchýlku-toleranciu.

Predurčené-deterministické vlastnosti FVP mechanizmu a spôsob činnosti riešiča ako predurčeného neporiadku (deterministického chaosu) dokazujú, že v pri navrhovaní výrobku bude vždy potrebná čínorodá-aktívna účasť používateľa počítačových technológií a čoraz zložitejšie vlastnosti FVP budú klásť čoraz vyššie nároky aj na jeho viacodborovú prípravu.

Tu vidíme možnosti využitia prístupu TRIZ [2] (Altshuller 1998), ktorý vedie riešiteľa ako účinne zlepšiť existujúce a vynájsť nové mechanizmy spojením predurčených-deterministických postupov zameraných na jednotlivé časti s tvorivými viacodborovými prístupmi, zameranými na vlastnosti celku. Dôležitým poslaním prístupu TRIZ je zmeniť doterajšie nevybočujúce-konvergentné,

zaužívané myslenie v rámci obmedzeného poznania riešiteľa zadania, keď riešiteľ hodnotí výsledky z náhodného myslenia prístupom pokus-omyl na základe ústupkov ako dôsledok hľadania najväčšej, alebo najmenej hodnoty podľa predurčeného-deterministického hodnotiaceho meradla. V prístupe TRIZ ide o podporu tvorivého myslenia v otvorenom priestore predstáv. Riešiteľ hodnotí výsledky z cieľavedomého prístupu k dokonalému konečnému výsledku pri vyhľadani a odstránení rozporu v zadaní. Riešenie zadania prebieha na základe znalostí zákonitostí vývoja vecí a postupov. Je to nápadité myslenie, ktoré vybočuje aj mimo rámca doterajšieho obmedzeného poznania riešiteľa zadania zásluhou využitia vonkajších zdrojov a zároveň berie do úvahy dané obmedzenia. Tým, že tento prístup je cieľavedomý a opakovateľný, tak ho možno opísať postupnosťou krokov riešenia-algoritmom, ktorá spoľahlivo vedie používateľa prístupu TRIZ aby navrhol úspešné riešenie zadania.

Naším poslaním je pochopiť podstatu vlastností prírody prostredníctvom pozorovania a pokusov, potom nájsť stručné pomenovanie všeobecných zákonov a získané vedomosti uplatniť prostredníctvom humánnym spôsobom pri utváraní nových výtvorov, ktoré spĺňajú potreby ľudí aj prostredia.

2.2. Vývoj matematického opisu-formalizmu

Vývoj matematického opisu priebehu pohybu v mechanike súvisí s rastúcou zložitou skúmaného objektu. Pri opise pohybu objektov (bod, teleso, sústava telies) hierarchia zložitosti rastie: pohyb bodu (po priamke, po krivke v rovine, v priestore), posuvný pohyb telesa (priamočiary, krivočiary), rotačný pohyb telesa, všeobecný pohyb telesa v rovine (Cauchyho a Poissonova metóda), súčasné pohyby telies (výsledný, unášavý, lokálne relatívny), sférický pohyb (Eulerova metóda, Cardanova metóda, ...) a priestorový pohyb telesa (Cauchyho a Poissonova metóda), (Mozziho a Chaslesova metóda).

Od algebrických rovníc s skalárnymi veličinami, ktoré postačujú k štúdiu statických vlastností, bolo pri štúdiu pohybu telies v rovinných úlohách nutné prejsť k vektorovej algebre a pre priestorové úlohy k maticovému počtu. Na opis zotrvačnosti telies slúžia tenzory a pre nesingulárny opis polohy sférického pohybu telesa sa ukázali byť vhodné kvaternióny.

V postupoch zostavenia nového usporiadania členov uzatvorených mechanizmov (mechanizmy s paralelnou štruktúrou), ktoré majú praktické využitie, sa osvedčili Liove podgrupy z Liových grúp premiestnení, [3] (Huynh, Hervé, 2003). S rastúcou zložitou skúmaného pohybu narastá zložitost matematického opisu-formalizmu, ktorého výhodou je stručný zápis. (obr.1).

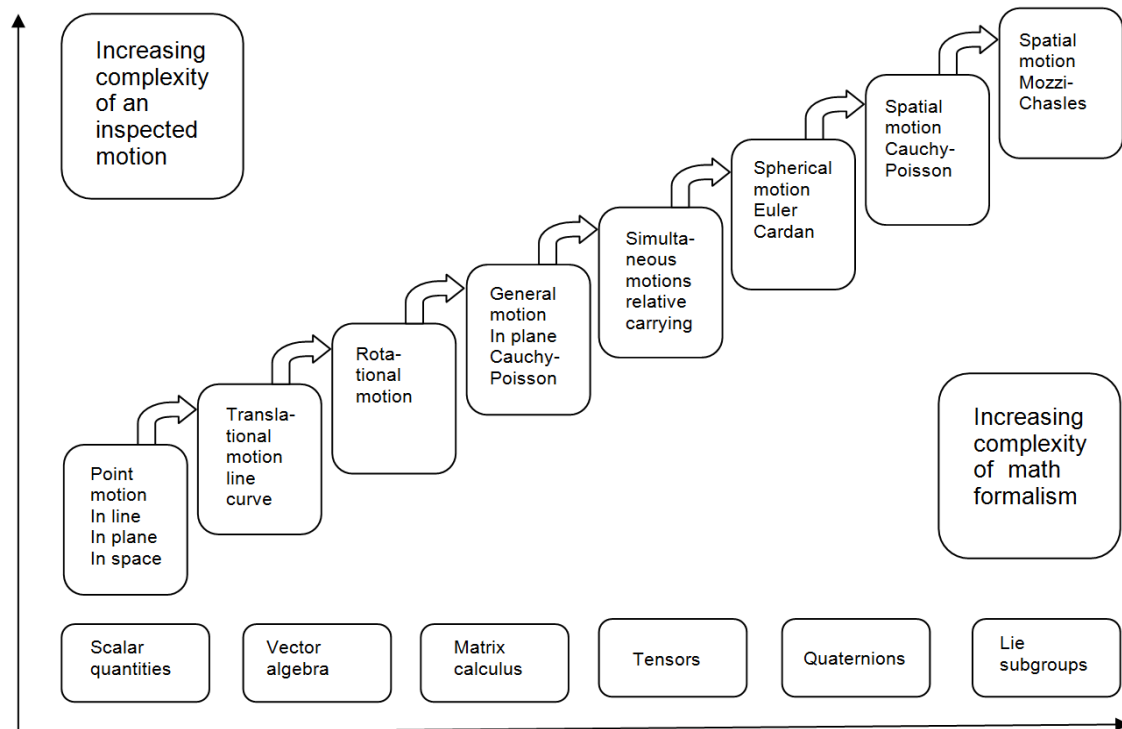
2.3 Výpočtová účinnosť numerických metód

Jadrové elektrárne majú veľa zložitých zariadení s rozsiahlymi virtuálnymi modelmi. Výpočtová účinnosť takýchto zložitých vzorov-modelov pre rozbory-analýzy pevnosti, stanovenie ich citlivosti na seizmické budenie a určenie časových priebehov dynamického zaťaženia je nízka. Takže cieľom je zvýšiť konvergenciu, rýchlosť a presnosť výpočtovej účinnosti numerických metód integrácie takýchto rozsiahlych virtuálnych modelov.

Zámerom tradičného riešenia je zvýšenie výpočtového výkonu HW, čo zvyšuje náklady a vedie k nežiaducim ústupkom-kompromisom.

Poslaním prístupu TRIZ je umožniť dosiahnuť vysokú výpočtovú účinnosť rozsiahleho virtuálneho modelu bez ústupkov, teda bez zvýšenia výpočtového výkonu HW. Podstata riešenia spočíva:

- v rozpoznaní zdanlivého rozporu-protirečenia (dosiahnuť vysoký výpočtový výkon SW aj bez zvýšenia výpočtového výkonu HW) čo je najdôležitejší pojem v prístupe TRIZ, a následne
- v použití vhodných nástrojov prístupu TRIZ na odstránenie roporu bez ústupkov.



Obr. 1. Zvyšovanie zložitosti matematického opisu so zvyšovaním zložitosti skúmaného pohybu

Vysokú výpočtovú účinnosť numerických metód integrácie zložitých virtuálnych vzorov-modelov dosiahneme odstránením technického rozporu pomocu vzorových tvorivých postupov v troch krokoch:

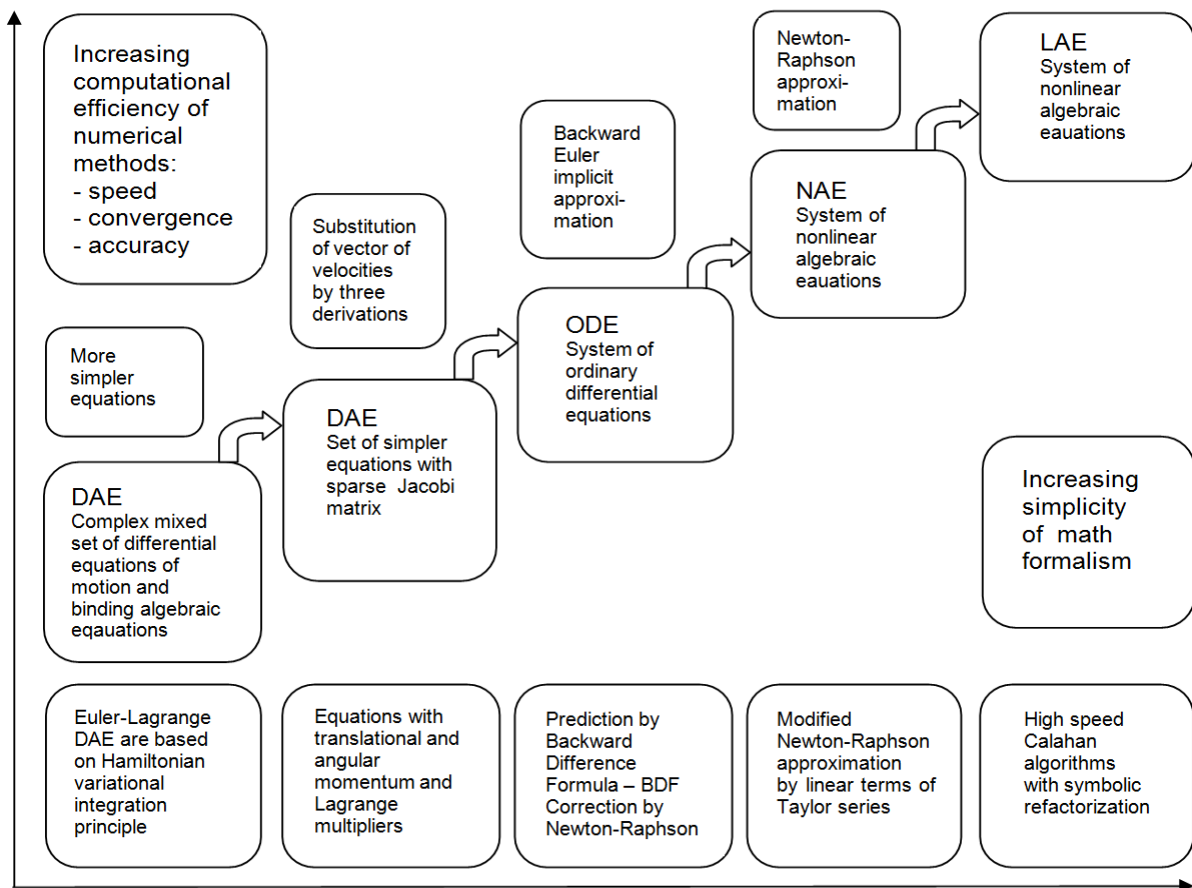
- zjednodušením zložitého virtuálneho modelu pružného telesa pomocou Hurty-Craig-Bampton modálnej redukcie (TPTR: #1, 7, 10),
- vypnutím tých nečinných vlastných frekvencií pružného telesa, ktoré ležia mimo frekvenčného pásma budenia. (TPTR: #2), a
- premenou zmiešanej sústavy diferenciálnych a algebrických rovníc (DAE) na sústavu lineárnych algebrických rovníc (LAE), (TPTR: #33, 35).

Výsledkom výskumu najlepších svetoých matematikov ako dosiahnuť vysokú výpočtovú účinnosť numerických metód (rýchlosť, konvergenciu a presnosť) integrácie zmiešanej sústavy diferenciálnych pohybových rovníc a algebrických väzobných rovníc (DAE), ktorá reprezentuje zložitý matematický model mechatronického výrobku (MBS) sú nasledovné zámery (stratégie):

- na opis DAE použiť Hamiltonov variačný prístup, ktorý je zo známych diferenciálnych a integrálnych prístupov-princípov najvhodnejší, lebo umožňuje aby boli stavové rovnice v symbolickom tvare výpočtovo nenáročné a nezávislé na topológii systému, aby sa dal Jakobián väzobných

- rovníc rýchle zostavovať a paralelne vyčísľovať a aby výpočet pasívnych odporov v geometrických väzbách prebiehal automaticky,
- dosiahnuť vysokú riedkosť Jakobiánu stavových rovníc nahradením malého počtu zložitých rovníc veľkým počtom výpočtovo jednoduchších rovníc,
 - znížiť rád DAE na numericky oveľa stabilnejšiu sústavu obyčajných diferenciálnych rovníc (ODE) s cieľným numerickým tlmením vlastných frekvencií vyšších ako je frekvencia prevádzkového budenia,
 - premeniť ODE na sústavou nelineárnych algebrických rovníc (NAE) spätnou Eulerovou implicitnou aproximáciou BE (Backward Euler), lebo riešenie (ODE) si vyžaduje náročné vyčísľovanie Jakobiánu,
 - linearizovať (NAE) na sústavu lineárnych algebrických rovníc (LAE) Newton-Raphson-Simpsonovou aproximáciou vychádzajúcou z Taylorovho radu, aby bolo možné využívať numericky najrýchlejší Calahanov algoritmus, (Orlandea, Chace, Calahan, 1976), [4].

Na obr. 2 je súvislosť dosiahnutia zvýšenej výpočtovej účinnosti metód numerickej integrácie DAE zjednodušením matematického opisu.



Obr. 2. Zjednodušením matematického opisu dosiahneme zvýšenie výpočtovej účinnosti metód numerickej integrácie

Riešenie zadania, teda odstránenie rozporu (dosiahnuť vysoký výpočtový výkon SW aj bez zvýšenia výpočtového výkonu HW) pomáha nájsť matica rozporov MR, tak, že po zadaní vlastnosti s očakávaným zlepšením a vyhľadání vlastnosti, ktorá sa pritom zhoršuje, odporúča vziať do úvahy tie vzorové tvorivé postupy TPTR (40) pre odstránenie technických rozporov TR, ktoré sa už v podobných okolnostiach pri odstránení technických rozporov osvedčili:

- #1 Rozčlenenie (Segmentation): dynamické vlastnosti pružného telesa ako kontinua môžeme nahradiť súčtom vlastných tvarov.
- #2 Vyňatie (Extraction): v súbore MNF pružného telesa vypneme nečinné vlastné frekvencie, ktoré ležia mimo frekvenčného pásma budenia.
- #7 Vkladanie (Nesting): zložité dynamické vlastnosti spojených pružných telies nahradíme súčtom vlastných tvarov podľa metódy Component Mode Synthesis.
- #10 Napred (Prior action): zjednodušenie zložitého virtuálneho modelu umožňuje modálna redukcia podľa metódy Hurty-Craig-Bampton.
- #33 Rovnorodosť (Homogeneity): vo všetkých druhoch rozborov-analýz (pre analýzu skladania, začiatkových podmienok, statickú, kvázi statickú, kinematickú, dynamickú, inverznú dynamickú a modálnu analýzu) použijeme ten istý matematický model pozostávajúci zo sústavy lineárnych algebrických rovníc (LAE).
- #35 Vlastnosti premeny (Transformation properties): premenou zmiešanej sústavy diferenciálnych a algebrických rovníc (DAE) na sústavu obyčajných diferenciálnych rovníc (ODE), následne na sústavu nelineárnych algebrických rovníc (NAE), a potom na sústavu lineárnych algebrických rovníc (LAE).

3. Vývoj polohovacích mechanizmov

Cieľom zvýšenia seizmickej odolnosti najrôznejších mechanizmov vyžaduje odhalenie ich spoločných vlastností a smery vývoja. Asi najdôležitejšiu nemennú-invariantnú vlastnosť v usporiadaní-štruktúre členov mechanizmu: počet k základných slučiek, objavil Euler (1707-1783). Pre prechod od nehybných sústav telies nosných konštrukcií k otvoreným mechanizmom (jedna páka, dvojkyvadlo,...), potom k uzatvoreným jednoslučkovým a viacslučkovým mechanizmom s jedným, alebo viacerými hnacími členmi platí zákon dynamizácie: rozčlenenia a rozpohybovania (mono-bi-poly).

Tab. 1 Druhy mechanizmov podľa usporiadania-štruktúry členov

Počet k základných slučiek	$k = 0$	$k = 1$	$k > 1$	$k = 0 + k > 0$
Druh mechanizmu	Otvorený mechanizmus	Jednoslučkový mechanizmus	Viacslučkový mechanizmus	Zložený mechanizmus
Označenie	OM	JM	VM	ZM

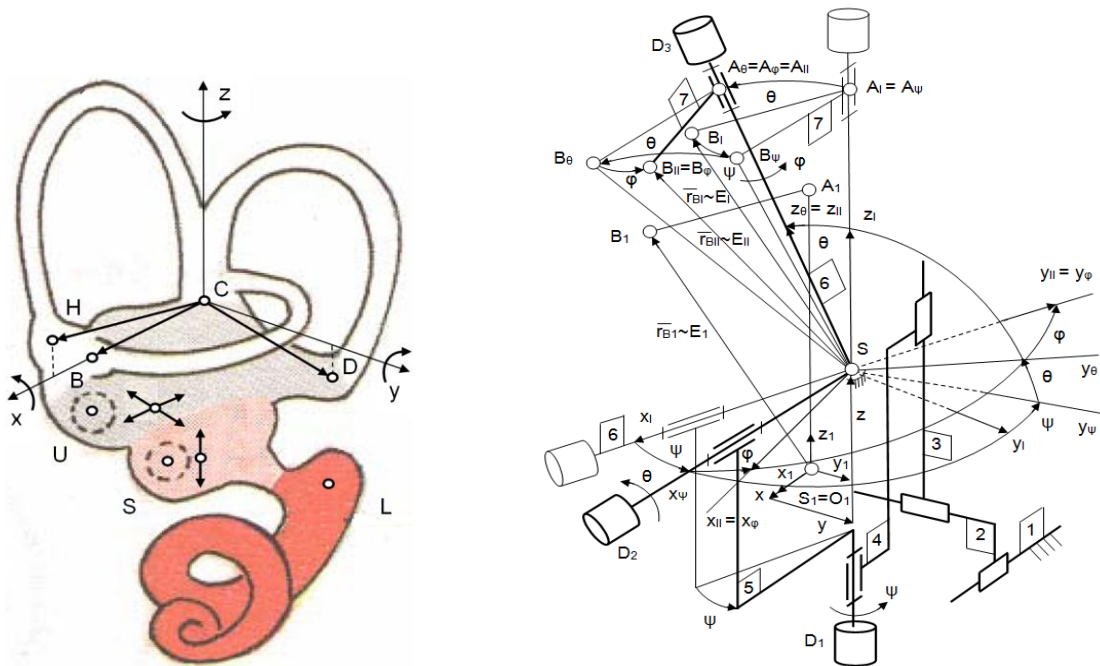
V strojoch a zariadeniach sa uplatňujú rôznorodé mechanizmy podľa ich rozdielných vlastností: podľa počtu pohonov (s jedným, alebo viacerými pohonmi), podľa usporiadania (otvorené, uzatvorené, alebo zmiešané), podľa spôsobu prenosu pohybu (vačkové, klukové, s ozubenými kolesami,...). Aj keď sú tieto mechanizmy úplne odlišné, všetky ich môžeme zadeliť do troch skupín v závislosti na poslaní, ktoré majú spĺňať:

- utváranie funkcií (polohovanie osí lokálnej súradnicovej sústavy LCS výstupného člena),
- utváranie dráhy (polohovanie začiatku lokálnej súradnicovej sústavy LCS výstupného člena),

- utváranie priebehu polohy (súčasné polohovanie polohovanie začiatku aj osí lokálnej súradnicovej sústavy LCS výstupného člena), (Erdman, Sandor, Kota, 2001), [5].

Jedna z možností polohovania telesa v priestore vyplýva z Cauchyho (1827) - Poissonovho (1830) spôsobu nahradenia všeobecného pohybu telesa v priestore posuvným pohybom lokálnej súradnicovej sústavy, ktorú zastupuje jeho začiatok S a sférickým pohybom voči tomuto začiatku S.

Polohovač vo vnútornom uchu ako doplňujúci zmysel k doterajším 5 zmyslom slúži podľa Cauchyho - Poissonovho prístupu na polohovanie nášho tela, (Obr. 3 a, b).



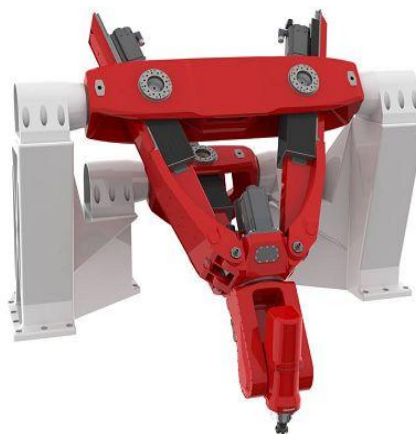
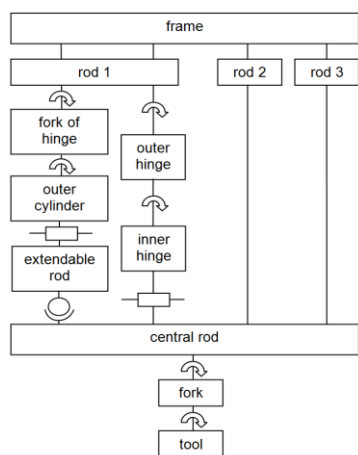
Obr. 3 a) Polohovač má tri polkruhové kanáliky s rozšírenými koncami (ampulami) H, B, D, horný vajcovitý vak U (utricle) a dolný guľatý vak S (saccus) b) otvorený 7 členný polohovací mechanizmus s pohyblivosťou $n = 6$

3.1 Polohovacie mechanizmy s viacslučkovým usporiadaním- paralelnou štruktúrou

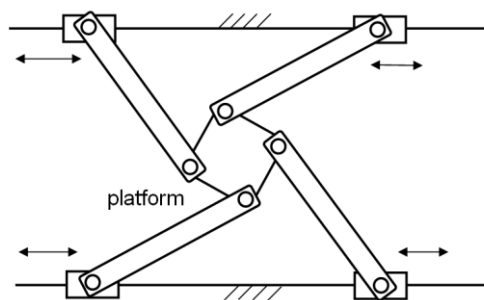
Prvé priemyselné roboty mali otvorné (sériové) usporiadanie-štruktúru polohovacích mechanizmov ($k = 0$ v Tab.1). Výhodou bola ich obratnosť a veľký pracovný priestor, naopak nevýhodou bola ich nízka tuhosť a presnosť polohovania. Polohovacie mechanizmy s uzatvoreným usporiadaním členov (s paralelnou štruktúrou) majú vyššiu stabilitu, tuhosť, presnosť aj rýchlosť polohovania než majú otvorené mechanizmy. Prvý stroj s uzatvoreným usporiadaním (PKM) ktorý sa uplatnil vo výrobe bol Tricept, (obr. 4a), (Neumann, 1988), [6]. Nový návrh zmiešaného-hybridného robota Exechon (obr. 4 b), využíva prispôsobivosť a výhody otvorených mechaizmov s vlastnosťami uzatvorených mechanizmov. Má porovnateľný výkon a účinnosť s CNC strojmi a jednoučelovými strojmi.

Súčasný vývoj sa zameriava na polohovacie mechanizmy s kombinovaným (hybridným) usporiadaním a nadbytočným počtom hnacích členov ako je Sliding Star [7] (Valášek, Šika, Hamrle 2007) s pohyblivosťou $n = 3$ a 4 hnacími členmi, čo výrazne zlepšuje vlastnosti stroja. Tieto mechanizmy dosahujú vysokú tuhosť,

vysoké vlastné frekvencie a zrýchlenia, celý pracovný priestor má rovnakú dosažitelnosť (bez singularít), majú lepší pomer medzi pracovným priestorom stroja a jeho rozmermi a upravený spôsob riadenia vylučuje aby si hnacie časti vzájomne prekážali. To je výhodné aj z hľadiska ich seizmickej odolnosti.



Obr. 4 a) zobrazenie usporiadania PKM stroja Tricept b) robot Exechon



Obr. 5 a) stroj Sliding Star s nadbytočným počtom hnacích členov b) zobrazenie usporiadania hnacích členov a upínacej dosky

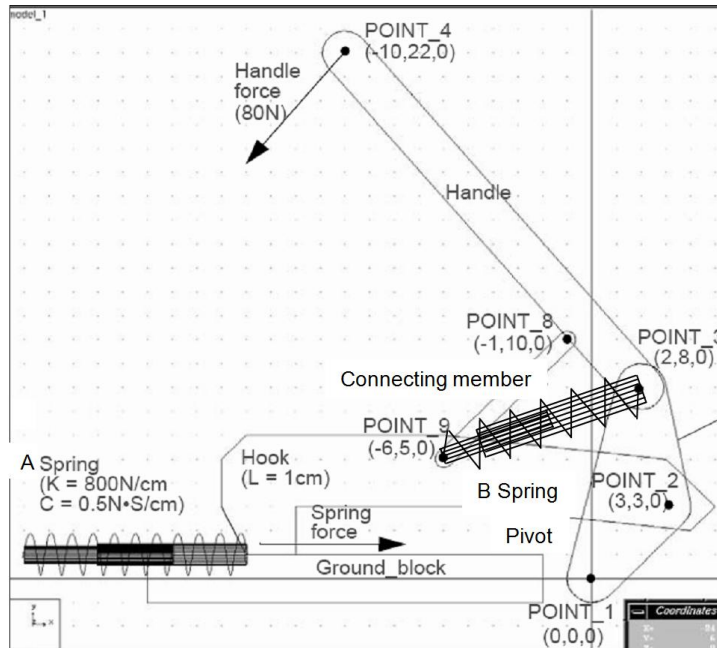
3.2 Ručný upínací samosvorný prepínací mechanizmus

Pri pohľade do zoznamu vzorových riešení prístupu TRIZ Standard, trieda 2: Vývoj sústav z látok a polí, skupina 2-2-4: Zvýšenie miery dynamičnosti sústav, sa vyznačuje prechodom na prispôsobivejšie, rýchlo sa meniace usporiadanie členov sústavy. Vhodným príkladom je ručný upínací samosvorný prepínací mechanizmus (U.S. Pat. No. 19660000337, 1966) na Obr.6, ktorý vynašiel Holman, Earl V. (Whittier, CA), s cieľom splniť nasledovné požiadavky:

- bezpečne pritlačiť k sebe dve príruby veľkých zásobníkov prítlačnou silou, ktorá bude mať veľkosť najmenej 800 N,
- na dosiahnutie predpísanej veľkosti prítlačnej sily stačí rukou vyvinúť silu menšiu ako 80 N na na uvoľnenie prítlaku silu menšiu ako 5 N,
- zovretie prítlačného mechanizmu musí zostať neporušené aj pri pôsobení prevádzkového a seizmického budenia.

Západka sa upína pôsobením prítlačnej sily na ovládaci rukoväť v mieste POINT_4, čo vyvolá otáčanie vahadla okolo čapu POINT_1 v smere otáčania hodinových ručičiek a pohyb bodu POINT_2 háku doprava. To donúti bod POINT_8 spojovacieho člena aby sa pohyboval smerom nadol. Keď bod POINT_8

prechádza spojnicou bodov POINT_9 a POINT_3, vtedy dosiahne upínacia sila (sila v pružine A) najvyššiu hodnotu. Pri ďalšom pohybe bodu POINT_8 pod spojnicou bodov POINT_3 a POINT_9, v dôsledku spoločného pôsobenia síl v pružine A a B upínací mechanizmus sa náhle prepne do samosvorného usporiadania-konfigurácie, v ktorej sa ovládacia páka dotýka hornej časti háku. Vtedy dosiahne upínací mechanizmus vyžadovanú prítlačnú silu a zároveň ho umožňuje otvoriť primeranou uvoľňovacou silou.



Obr. 6. Ručný upínací samosvorný prepínací mechanizmus

4. Uplatnenie prístupu AFD-TRIZ vo výskume seizmickej odolnosti

Medzi zákonitosti vývoja-zdokonaľovania výtvorov (vecí a postupov) v prístupe TRIZ patrí aj zákon zabezpečenia priechodnosti toku energie cez všetky prvky sústavy (pohon, prevod, nástroj, riadenie). Nevyhnutnou podmienkou pre správnu činnosť technickej sústavy je nerušený tok energie cez všetky jeho časti, teda aj cez sledujúce a riadiace prvky, lebo úlohou pre energiu vstupujúcej do systému je zabezpečiť, aby sústava plnila svoje poslanie.

Pri plnení svojho poslania je sústava vystavená pôsobeniu riadeného prevádzkového budenia ale aj rušeniu (vonkajším budením: seizmickými otrasmi, zmenou teploty, vlhkosti, ...). Užitočná časť energie počas prenosu vykonáva funkcie a nežiaduca časť (premena na teplo v dôsledku trenia, zmenu tvaru-deformácia pri dynamickom zaťažení, vyvolanie rastúcich výkmitov pri rezonancii, ...) spôsobuje porušovanie plnenia poslania sústavy čo môže spôsobiť aj jej zlyhanie.

4.1 Poslanie prístupu Predvídateľné určenie zlyhania-Anticipated Failure Determination

Boris Zlotin, ktorý spolupracoval s Altšullerom, autorom prístupu TRIZ, prišiel v roku 1978 s myšlienkou, že ak chceme predpovedať zlyhanie, tak najprv treba cieľavedome vymyslieť ako zlyhanie vyvolať. Tento tvorivý nápad bol východiskom pre prístup Predvídateľné určenie zlyhania (AFD-Anticipated Failure

Determination), ktorý v roku 1997 navrhol Dr. Kaplan, [8]. Prístup AFD-TRIZ je výsledkom uplatnenia Teórie usporiadania opisov postupu rozboru rizík (scenárov) z prístupu I-TRIZ, ktorý poskytuje dôkladný, rozsiahly a prehľadný prístup s jednotiacim usporiadaním pre lepšie porozumenie a porovnanie s inými prístupmi: hluk, kmitanie a poškodzovanie správnej činnosti, (NVH: Noise, Vibration, Harshness), rozbor druhu a dôsledkov zlyhania, (FMEA: Failure Mode and Effects Analysis) a spoznanie prevádzkových rizík, (HAZOP: Hazard and Operability Study). Predvídavé určenie zlyhania (AFD) pre rozbor-analýzu rizík (RA-Risk Analysis) má tri hlavné nástroje:

- rozbor doterajších zlyhaní (Failure Analysis): AFD-1, pomocou AFD hľadáme príčinu zlyhania, ktoré už nastali. Je to v podstate rozbor príčin poškodzovania činnosti zariadenia z pohľadu vplyvu kmitania (NVH: Noise, Vibration, and Harshness),
- predvídanie vzniku zlyhaní (Failure Anticipation-Prediction): AFD-2, pomocou AFD sa snažíme nápaditým spôsobom odhaliť možné zlyhania, ktoré doteraz ešte nenastali,
- predchádzanie zlyhaniu (Failure Prevention): AFD-3 využíva AFD na odvrátenie príčin zlyhania odstránením poruchy alebo zastavením začínajúceho poškodenia pomocou nástrojov periatupu TRIZ.

4.2. Vývoj výskumu seizmickej odolnosti regulačnej klapky prúdenia vzduchu

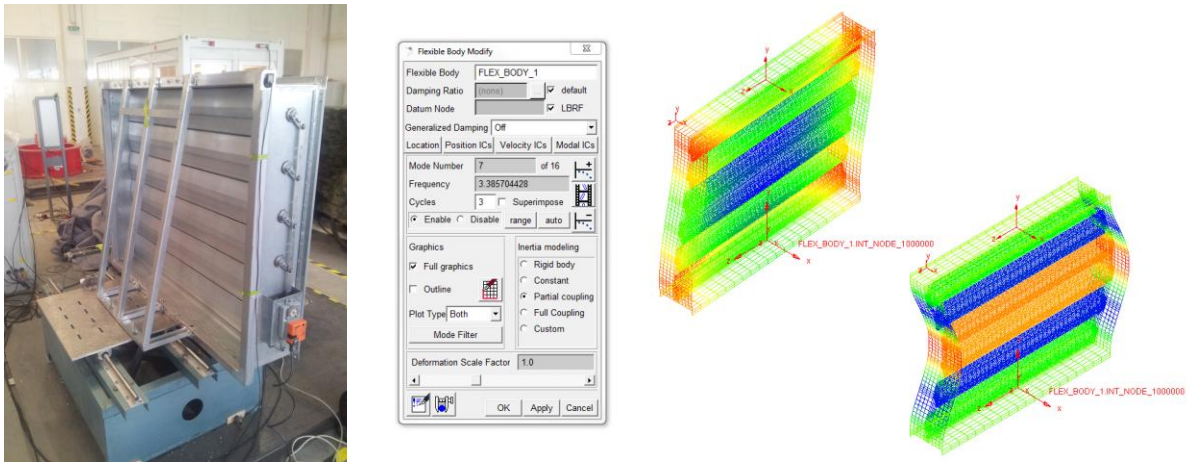
Pružné vlastnosti regulačnej klapky na Obr.7 reprezentuje jej modálny obsah, teda regulačná klapka vystupuje v programe ADAMS ako superelement a jej odozva je výsledkom princípu superpozície vlastných tvarov podľa metodiky Hurty-Craig-Bamptona.

Pri vyhodnocovaní výsledkov zo simulácií seizmických udalostí simulácií najviac využívame priebehy prenosovej funkcie (Obr.8), alebo spektier vo frekvenčnej oblasti. Tieto priebehy nám ukazujú, ako je sústava v danom mieste a smere frekvenčne citlivá na dané budenie.

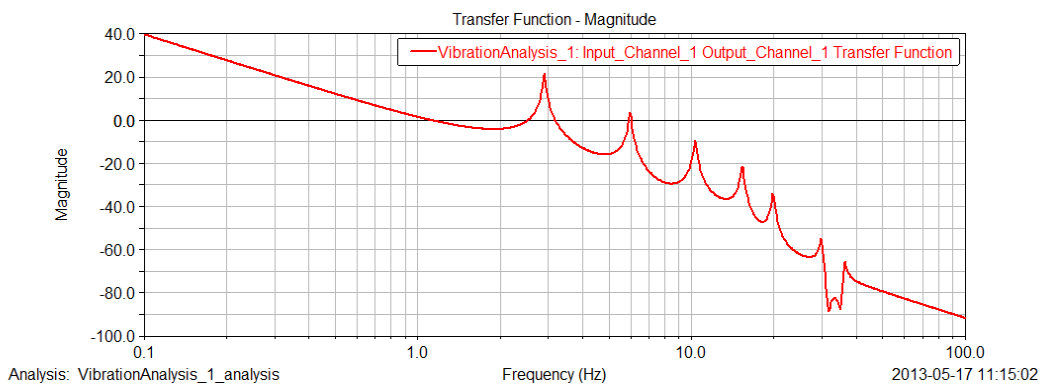
Keď je frekvencia seizmického budenia je rovnaká ako vlastná frekvencia zariadenia, potom tieto frekvencie považujeme za vlastnosti, ktoré sú v nežiaducom spore. Cieľ zvýšiť seizmickú odolnosť zariadenia môžeme dosiahnuť oddelením protichodných vlastností vo frekvenčnej oblasti podľa pravidla # 1 (Separation Principles) oddelenia fyzikálneho rozporu podľa prístupu TRIZ.

Seizmické budenie nemôžeme zmeniť, ale máme možnosť použiť predurčené-pasívne, čiastočne prispôsobivé-poloaktívne, alebo prispôsobivé-aktívne tlmenie pomocou pružných tmičov, nastaviteľných hydrouložení bez alebo so spätnou väzbou. Zvyšovanie stupňa sebaregulácie zariadení odpovedá smeru vývoja techniky podľa prístupu TRIZ k postupnému odstráneniu ľudského vplyvu na reguláciu prevádzkového stavu zariadenia. Seizmickú odolnosť zariadenia môžeme zvýšiť pomocou:

- zmeny viskozity magneticko-reologickej kvapaliny v hydrouloženiach, ktorá spôsobí útlm vplyvu seizmického budenia,
- zmeny hmotnosti alebo tuhosti konštrukcie zariadenia, čo zmení jeho vlastnú frekvenciu.



Obr. 7 a) príprava skutočného odskúšania vlastností regulačnej klapky prúdenia vzduchu, b) vlastné tvary v prostredí programu ADAMS/Vibration.



Obr. 8. Prenosová funkcia od vstupného po výstupný kanál.

5. Závery

Od výrobkov očakávame, že budú čoraz bezpečnejšie, výkonnejšie a šetrnejšie voči životnému prostrediu, preto všetci hľadáme skryté možnosti ďalšieho zdokonaľovania seba aj techniky. Hoci sú výtvary (výrobky, postupy) stále lepšie, súčinnosť počítačových a skutočných pokusov ešte nepovedala posledné slovo. Zo skúsenosti úspešných svetových výrobcov vyplýva, že prevládajúce náhodné rozbory-analýzy a optimalizácia vlastností jestvujúcich výrobkov prevažne v jednej oblasti poznania treba spojiť s nápaditými cieľavedomými postupmi zostavovania-syntézy nových výrobkov odolných voči zlyhaniu pomocou počítačom podporovaného viacodborového prístupu TRIZ. Riešitelia vynálezcovských zadaní môžu prostredníctvom prístupu TRIZ využívať spracované zdroje doterajšieho poznania (patenty, články, knihy,...), zákonitosti vývoja technických aj netechnických sústav a úspešné vzorové spôsoby prekonávania rozporov.

Na riešenie zložitých zadaní pri vývoji úspešných výrobkov vo svete zrýchlených zmien slúži Všeobecná teória prenikavého (sústredeného, účinného) myslenia (TRIZ-OTSM), ktorá využíva zovšeobecnené skúsenosti vynálezcov v súčasných nástrojoch na spracovanie významu obsahu slov-sémantiku, usporiadané poučenie-ontológiu, sebakodobnosť-fraktálnosť a sebazlepšenie-extropianizmus,...). Prístup TRIZ-OTSM spája dva rozdielne postupy:

- rozbor (analýzu) zadania zmysluplným myslením (dialektickou logikou) v ľavej časti mozgu, ktorým rozpoznáme (identifikujeme) rozdiely medzi podobnými výtvormi, (fylogénéza),
- zostavenie (syntézu) riešenia zadania tvorivou predstavivosťou (fantáziou) v pravej časti mozgu, keď odhalíme podobnosti medzi rozdielnymi výtvormi a spoločnú vlastnosť rôznorodých výtvorov zovšeobecníme, (ontogénéza).

Používatelia prístupu TRIZ-OTSM získajú schopnosť zovšeobecňovať porovnaná a zostaviť východiskový vzor-model súčasne z pohľadu vývoja myslenia aj rozvoja techniky a schopnosť rozpoznať viacodborové súvislosti pomocou štatistických nástrojov. To vedie používateľa cieľavedome-systematicky a opakovateľne:

- od neurčitosti k vymedzeniu a pomenovaniu zadania (od rozptýlenia k jednote),
- od mnohovýznamového opisu k odhaleniu spoločnej podstaty (od mnohorakosti k jednoduchosti),
- od riadenia (bez spätnej väzby) k sebaregulácii (od nútenia k dobrovoľnosti).

Z uplatnenia zákonov vývoja technických sústav podľa prístupu TRIZ na zostavenie-syntézu polohovacích mechanizmov zistíme, že sa treba zamerať na prechod od rovinných na obratné priestorové mechanizmy, čo umožní dosiahnuť ich vyššiu seizmickú odolnosť. Priestorové mechanizmy poskytujú prijateľné výsledky s menším počtom prvkov, s menšími nárokmi na pracovný priestor pre pracovné činnosti ako aj s menším počtom vstupov, čo je výhodné z hľadiska výroby, montáže a údržby, ale aj z návrhu sústavy riadenia.

Pri výskume tak dôležitej oblasti akou je seizmická bezpečnosť jadrových elektrární je potrebné prekonať nežiaducu zotrvačnosť myslenia a okrem skutočných a virtuálnych pokusov-experimentov vziať do úvahy aj tvorivý prístup TRIZ-OTSM a TRIZ-AFD. Prístup Predvídavé určenie zlyhania (AFD) poskytuje zjednocujúci štruktúru, pomocou ktorej sa dajú ostatné metódy pochopiť a porovnať. Hlavné prvky tejto štruktúry predstavujú rôzne uhly "útoku" na problém zlyhania, teda v dôkladnom, širokom a prehľadnom prístupe AFD vedieme útok zo všetkých strán naraz.

Význam prístupu Predvídavé určenia zlyhania (AFD) pre analýzu rizík (RA) spočíva v tom, že vychádza z podstaty TRIZ (Teória nápaditého riešenia invenčných zadanií) a OTSM (Všeobecná teória sústredeného-prenikavého myslenia) čo umožňuje pristupovať k odhaľovaniu a utvoreniu scenára zlyhania cieľavedome, starostlivo zobrať do úvahy všetky dôležité okolnosti zlyhania a tvorivo zovšeobecniť odhaľovanie nových možností zlyhania ktoré doteraz ostatným prístupom unikali.

Pod'akovanie

Tento príspevok bol vytvorený realizáciou projektu „Zvyšovanie bezpečnosti jadroveoenergetických zariadení pri seizmickej udalosti“ (ITMS kód Projektu: 26220220171), na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Použité zdroje

1. Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals; Handbook I: Cognitive Domain, New York, Longmans, Green, 1956.

2. Altshuller, G. S.: 40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation. Translated by Lev Shulyak, Technical Innovation Center, Worcester, MA., 1998.
3. Huynh, P., and Hervé, J.M.: Equivalent Kinematic Chains with Planar-Spherical Bonds Application to the Development of 3-DOF 3-RPS Parallel Mechanism. Proceedings RAAD'03, Cassino, 2003.
4. Orlandea, N., Chace, M.A., Calahan, D.A.: A Sparsity Oriented Approach to the Dynamic Analysis and Design of Mechanical Systems. Part I. and II. Journal of Engineering for Industry, Vol. 99. pp. 773-784, 1976.
5. Erdman, A. G., Sandor, G. N., Kota, S.: Mechanism Design, Analysis and synthesis, Prentice Hall, N.J., 2001.
6. Neuman, K. E.: Robot, US Patent 4732525, 1988.
7. Valášek, M., Šika, Z., Hamrle, V.: From dexterity to calibrability of parallel kinematical structures, 12th IFToMM World Congress, Besançon (France), 2007.
8. Kaplan, S., Visnepolshi, S., Zlotin, B., Zusman, A.: New Tools for Failure and Risk Analysis. Anticipatory Failure Determination (AFD) and the Theory of Scenario Structuring, Ideation International, pp.71, 2005.