

ÚJ GENERÁCIÓS TERMÉKEK ÉLETTARTAM TESZTELŐ BERENDEZÉSÉNEK KIFEJLESZTÉSE

TÓTH SÁNDOR GERGŐ, toth.sandorgergo@uni-miskolc.hu

DR. TAKÁCS GYÖRGY, takacs.gyorgy@uni-miskolc.hu

TÓTH DÁNIEL, toth.daniel@uni-miskolc.hu

MISKOLCI EGYETEM, SZERSZÁMGÉPEK INTÉZETI TANSZÉKE

ABSZTRAKT

A szakmai egyeztetések során több tesztberendezéshez kapcsolódóan merült fel igény olyan készülékrendszer kidolgozására, mely gazdaságos megoldást jelenthet nagyszámú generátorok vizsgálatára. A porkamratesztek elvégzéséhez tervezett moduláris készülékrendszer (MDDT) koncepciójának kidolgozása során, a funkcióanalízisen alapuló, a gyártóeszköz tervezésben használatos tervezési módszer került kiválasztásra, melyhez feltártuk a követelményrendszerből származtatható elemi funkciókat. Az elemi funkciókból készülékstruktúrákat alkottunk, rögzítve lettek annak a halmaznak az elemei, melyeket a változatok képzésében figyelembe vettünk. A lehetséges koncepcióváltozatok létrehozása részgráfok generálásával történt. Az esettanulmányban a konzorciumi partner által kiválasztott egyik koncepció került kidolgozásra, amely az egyetemi oktatásban is felhasználásra kerül.

KULCSSZAVAK: moduláris készülékrendszer, funkcióanalízis, élettartam tesztelés, porkamra-teszt

BEVEZETŐ

A „Korszerű anyagok és intelligens technológiák FIEK létrehozása a Miskolci Egyetemen” című GINOP-2.3.4-15-2016-00004 azonosítós számú projekt keretében a Miskolci Egyetem különböző regionális ipari partnerekkel szerződött, amelynek célja az ipari innovációk kutatása az egyetem és partnerek együttműködésével. A konzorciumi partnernél egy nagy kapacitású korszerű teszt-laboratórium kialakítása van folyamatban, mely a mai legkorszerűbb gépjármű generátorok fejlesztése és gyártása során fogja biztosítani a vizsgálati körülményeket. A korábbi szakmai egyeztetések során több tesztberendezéshez kapcsolódóan merült fel igény olyan készülékrendszer kidolgozására, mely gazdaságos megoldást jelenthet a rendkívül nagyszámú gyártmány vizsgálatára. A tesztberendezésekben alkalmazott készülékrendszerekkel szemben alapvető elvárás a magas fokú univerzalitás, mely minél kisebb elemszám mellett a vizsgálandó járműalkatrészek minél nagyobb körét képes adaptálni a tesztberendezések munkaterébe. A korábbi tapasztalatok alapján az ilyen jellegű készülékezési problémákat moduláris készülékrendszer kialakításával lehet eredményesen megoldani. A kutatási időszak elején megerősödtek a porkamra-tesztekkel kapcsolatos igények a konzorciumi partner felől, emiatt ebben a periódusban a portesztek elvégzéséhez szükséges készülékrendszer kifejlesztésével foglalkoztunk elsősorban. A porkamra-tesztek elvégzése során a készülékrendszernek nemcsak mechanikai-, hanem áramlási szempontoknak is meg kell felelnie, emiatt a portesztek elvégzéséhez speciális - a többi tesztberendezésen nem alkalmazható - rendszert kell kifejleszteni. A feladat teljesítése esettanulmány készítését követeli.

1. PORKAMRA-TESTT BEMUTATÁSA

A porkamra-teszt elvégzése során a készülékrendszernek nemcsak mechanikai-, hanem áramlási szempontoknak is kell megfelelni, emiatt a porteszt elvégzéséhez speciális - *a többi tesztberendezésen nem alkalmazható* - rendszert kell kifejleszteni. A porkamra-teszttekhez szükséges készülékrendszer tervezése előtt elemzésre kerültek a témával kapcsolatos szabványok, továbbá feltárássra kerültek és elemeztünk néhány újabb publikációt és a porteszteknél alkalmazott porok jellemzőit is.

1.1 Porkamra-teszt szabványa

Az alap IEC68-2 szabvány (*környezeti tesztelésre vonatkozó szabványcsalád*) meghatározza a por és a homok levegőben lévő összetevőinek elektrotechnikai termékekre gyakorolt hatását meghatározó vizsgálati módszereket. Ebben a szabványban szereplő vizsgálati módszerek nem alkalmasak a levegőszűrők vizsgálatára.

1.1.1 A portesztcsoporthoz jellemzői

Az „L” betűjellel ellátott, homokkal és porral történő környezeti tesztek három részcsoporthoz bonthatók szét:

- **- La:**
Nem-abrazív finom porral végzett teszt. Ez egy olyan vizsgálat, amely főként a munkadarab portól való elzárását, tömítési képességét vizsgálja. A próbadarab nagyon finom pornak van kitéve (talkum vagy egyéb finom por). Reprodukálható a hőmérséklet-ciklus hatása, amely nyomáskülönbséget eredményez a minta belső és külső felülete között.
- **- Lb:**
Szabad üledékporos teszt. A teszt alkalmas védett helyekre ható reprodukálható körülmények tanulmányozására. A próbadarab alacsony porkoncentrációjú atmoszférának van kitéve, amelyet szakaszos ütemben kis mennyiségű por befűjásával érhető el úgy, hogy a por csak a gravitáció erejével zuhan a próbadarabra.
- **- Lc:**
Porral és homokkal való fúvatás. A teszt célja a portól való tömítés tanulmányozása, illetve a por eróziós hatásainak vizsgálata szabad levegős és járművekre jellemző körülmények szimulálása során. A vizsgálati darabot olyan turbulens vagy lamináris légáramlásnak tesszük ki, amelybe bizonyos mennyiségű por, homok vagy por/homok keverék kerül.

1.1.3 A vizsgálat irányelvei

A nem abrazív portesztek célja az adott elektronikus termék burkolatának védelmi fokának meghatározása a külső idegen részecskék behatolásával szemben. Ezeket a tesztek elsősorban a minta porállóságának meghatározására, valamint a termék belsejébe bejutott por káros hatásának detektálására szolgál. A próbatestet a por teszt segítségével a biztonsági kockázatait is vizsgálhatjuk. A bekerülő por az elektronikus termékben rövidzárlatot, illetve tüzet és robbanást is okozhat.

Az elektromos termékek környezetében előforduló por különböző forrásokból származik. A por kvarcból, szénből, közúti sóból, műtrágyából állhat és áthatolhat a termék burkolatán a szellőzőnyílásokon vagy szivárgásokon keresztül. A por a textiltermékekből vagy szőnyegekből származó természetes vagy mesterséges textilszálakból is állhat. Ide tartozhat a magokból származó porok is (*malmok*). Pornak nevezzük azokat a szemcséket, amelyeknek részecskemérete 1 µm – 100 µm között található.

A por a termékbe a következő módokon juthat be:

- Kényszerített szellőztetéssel (hűtési célból);
- Hőmérsékletváltozás okozta nyomásváltozással;
- Szél általi befújással.

Az elektronikus termékbe bejutott por számos kárt okozhat. A mozgó alkatrészt koptathatja, továbbá a leülepedett por a tömeget is növeli, amely egyensúlyhiányt okozhat. Az elektromos szigetelés és dielektromos tulajdonságok romolhatnak. Ezen felül a légszűrők elzáródhatnak, a hővezetőképesség csökkenhet, illetve az optikai tulajdonságok is károsodhatnak. A por jelenléte más környezeti paraméterekkel együtt másodlagos károsodásokat is okozhat pl. korrózió és penész megjelenése. Különösen nedves környezetben jelentős a korrózió hatása a kémiaiag agresszív porral kombinálva. Az eltömődött légszűrő túlmelegedést és tűzveszélyt is okozhat. A fenti vizsgálati módok nem alkalmasak nyitott típusú (*nyílt szellőztetésű próbadarabok*) és konvekciós hűtéssel rendelkező termékek tesztelésére, ugyanis a porkoncentrációt a tesztkamrában igen magas, ami megghiúsítja a vizsgálati eredmények ésszerű értelmezését.

2. A MODULÁRIS KÉSZÜLÉKRENDSZER TERVEZÉSÉNEK TERVEZÉSMÓDSZERTANI ALAPJAI

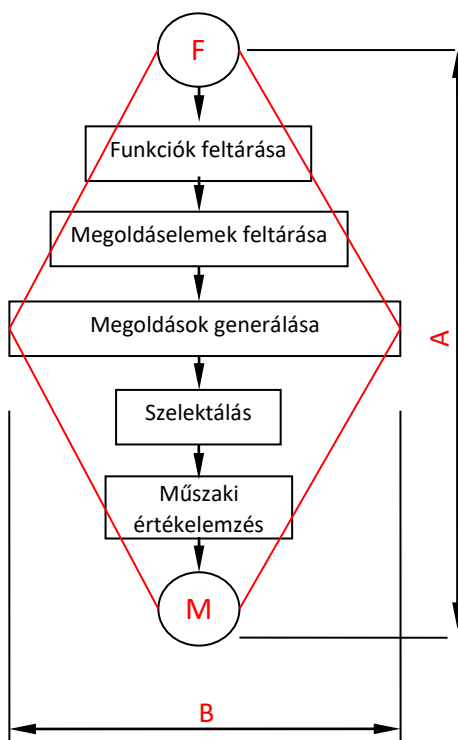
2.1 Irodalmi áttekintés

A koncepcióképzés módszeres megközelítésével kapcsolatban az elmúlt száz évben számos tanulmány foglalkozott. A szakterület kutatói rendkívül nagyszámú módszert mutattak be. A módszeres géptervezés első irodalmi az 1920-as években jöttek létre ERKENS WÖGERBAUER (1928) megjelent könyvében tett javaslatot arra, hogy a teljes feladatot részfeladatokra kell bontani, azokat pedig üzemi, és gyártási feladatokra. A „Konstruktionssystematik” kifejezést BINIEK (1952) használta először. A közép-európai gyökerek egészen Amerikáig nyúlnak, hiszen a cseh származású HUBKA számos alkalommal publikált közösen az osztrák származású, de Kanadában élő EDER-rel (1999, 2007). HUBKA a Műszaki Rendszerek Módszerének (*Teorie technickýh systémů*) megalkotója, a rendszerszemléletű tervezés módszertan megalapozója, az ICED elnevezésű konferencia életre hívója. A közép-európai

módszerekkel logikai felépítésének tekintetében szemben áll ALTSHULLER (1984) tervezői szemlélete, Feltalálói Problémamegoldás Módszere, a Теория Решения Изобретательских Задач (*Theorija Reshenija Izobretatel'skih Zadach*), vagyis a TRIZ. A szabadalmi hivatalnok a benyújtott szabadalmakat tanulmányozva jutott arra a gondolatra, hogy vajon nem tartalmaznak-e a találmányi leírások valamiféle rejtett törvényszerűségeket. Számos szabadalmat vizsgált meg, végül az 1970-es évekre összeállította ellentmondások feloldására épülő módszerét.

Magyarországi vonatkozásban említést kell tenni a budapesti tervező iskoláról, mely a terméktervezés korszerű eszközrendszerének fejlesztésével, kutatásával foglalkozik. Ennek a kutatási területnek a megalapozója BERCSEY (1985, 1996), aki a terméktervezéshez szükséges számítógépes rendszerek kutatásával-fejlesztésével kezdett el foglalkozni. A Miskolci Egyetemen TAJNAFŐI (1990, 1991), a szerszámgépekkel kapcsolatosan dolgozott ki több jelentős módszert.

2.2 A módszeres gyártóeszköztervezés alaprendszere



2. ábra: A módszeres gyártóeszköztervezés alaprendszere

A módszeres gyártóeszköztervezés alaprendszere egy olyan keret, melybe a legtöbb tervezési feladat beilleszthető. A módszeres tervezés (2. ábra) és az intuitív tervezés jellegét bemutató ábrák leginkább az előre haladás ábrázolásában különböznek egymástól. Míg az intuitív tervezés ábráján visszacsatolások is láthatók, a módszeres tervezés vázlatán csak előre haladó irányok figyelhetők meg. Emiatt az utóbbi tervezési módszer szerinti munka az időben és a

terv várható minőségében is sokkal jobban tervezhető, normázható. A jelenlegi kutatási projektben az említett okok miatt a módszeres géptervezési technikát fogjuk alkalmazni.

A módszeres tervezés szerinti 2. ábra vízszintes metszékeinek nagysága a tervezési folyamat különféle szintjein kezelendő mennyiségekkel arányos. A megoldáselemek kombinálásával előállítható megoldások (*mesterséges ötletek*) száma a feltárt funkciók számától és a funkciókhoz gyakran tervezői katalógusokból rendelt megoldáselemek számától függ. Ezek helyes megválasztása a tervezőtől nagy gyakorlatot igényel.

A funkciók és megoldáselemek feltárásának alacsony szintje kevés számú megoldást eredményez, és indokolatlanná teszi ennek a tervezési módszernek a használatát, míg a funkciók és megoldáselemek túl mély feltárása esetén a kombinációs technika az úgynevezett kombinatorikus robbanáshoz vezet. Korábban azt a darabszámot tekintették a kombinatorikus robbanás határának, melyet a humán szakértő még éppen át tudott tekinteni. A módszer számítógépre adaptált változatai jelentősen kitolják a kombinatorikus robbanás határát.

A 2. ábra szerinti rombusz alakzat „A” magassági mérete a koncepció kidolgozásához szükséges időt jellemzi, míg a „B” szélesség a tervezőmérnök (*team*) szakmai ismereteinek mennyiségét és a módszer gyakorlati használatának képességét szimbolizálja.

2.2.1 Követelményrendszer

A készülék-rendszer kialakításával kapcsolatos követelményeket négy csoportba rendszereztük:

- A tervezési követelményrendszer elemei a tervezési projektre vonatkoznak;
- A funkcionális követelményrendszer elsősorban a tesztberendezés felhasználójának igényeit foglalja össze;
- A gyártási követelményrendszert a várható gyártócég képességei és az alkatrészgyártási, vagy szerelési igények között teremti meg a kapcsolatot;
- Az üzemeltetési követelményrendszert főleg a munkavédelmi, üzemszervezési-, személyzeti feladatok határolják be.

2.2.2 Elemi funkciók

A porkamra tesztek elvégzéséhez tervezett moduláris készülékrendszer (MDDT, *Modular Device for Dust Test*) koncepciójának kidolgozása során, a *funkcióanalízisen alapuló*, a gyártóeszköz tervezésben használatos tervezési módszert javasoljuk. Ennek a módszernek az első és legfontosabb művelete a tervezett rendszer elemi funkcióinak feltárása.

Az elemi funkciók között vannak olyanok, amelyek nélkül a MDDT rendszer nem működik ezek a kötelező elemi funkciók. Vannak olyan elemi funkciók, melyek hatása egymással egyenértékű, de az MDDT funkcióstruktúrákban valamelyik alternatív funkciónak szerepelnie kell, ezek a kötelező alternatív elemi funkciók. A nem kötelező elemi funkciók növelhetik a részegység funkciótartalmát, de alkalmazásuk nem feltétlenül szükséges a részegység működéséhez ezeket felhasználói igények szerint kell az MDDT rendszerbe integrálni.



Kötelező elemi funkció



Kötelező alternatív elemi funkció



Nem kötelező elemi funkció

3. ábra: Elemi funkciók jelölése

A porkamra tesztek elvégzéséhez tervezett moduláris készülékrendszer funkcionális részegységekből épül fel, az egyes részegységek az alábbiakban felsorolt elemi funkciókat valósítják meg:

$f(K)$

$f(K)$ – Készüléktest

Az MDDT rendszer központi funkciója a készüléktest (keret), mely lehetővé teszi a többi funkció befogadását. A készüléktestet úgy kell kialakítani, hogy a tesztberendezésben felülről lefelé áramló por útjába ne képezzen jelentős akadályt, ne változtassa meg a vizsgált generátor körül kialakult áramlási vonalakat.

$f(R_k)$

$f(R_k)$ – Készüléktest rögzítése

Ez a funkció teszi lehetővé, hogy a készüléktestet több lehetséges pozícióban rögzíteni lehessen a porteszt-berendezés rácsos munkaasztalán. A funkció kialakításánál törekedni kell arra, hogy a készüléktest be-kiszerezése, vagy áthelyezése során a rögzítés a munkatér felől is megvalósítható legyen, a rácsos munkaasztalt ne kelljen emiatt kivenni a tesztgépből.

$f(S_x)$

$f(S_x)$ – Generátor X -tengely irányú eltolása a készülékben

A vizsgálandó generátorok geometriai méretei eltérnek egymástól. Ha a szíjhajtás síkja a meghajtó rendszerben nem változtatható, a generátorokat kell tengelyirányban elmozdíthatóvá tenni a készülékben. (A koordináta rendszer X -tengelye a meghajtás tengelyével párhuzamos.)

$f(S_y)$

$f(S_y)$ – Generátor Y -tengely irányú eltolása a készülékben

Ha a meghajtó rendszerben a hajtó szíj feszessége nem állítható a készüléktől függetlenül (pl. feszítőgörgővel), akkor a generátorokat kell Y -irányban elmozdíthatóvá tenni a készülékben. (A koordináta rendszer Y -tengelye a meghajtás tengelyére

merőleges.)

$f(S_Z)$

$f(S_Z)$ – Generátor Z-tengely irányú eltolása a készülékben

A vizsgálandó generátorok geometriai méretei eltérnek egymástól. Ha a vizsgált generátor keresztmetszeti méretei nagyobbak, akkor a generátorokat Z-irányban elmozdíthatóvá kell tenni, hogy a készüléktest felett elférjen a vizsgált generátor. *(A koordináta rendszer Z-tengelye a tesztberendezés munkaasztalára merőleges.)*

$f(S_A)$

$f(S_A)$ – Generátor X-tengely körüli elfordítása a készülékben

A generátorokat olyan térbeli helyzetben kell vizsgálni, ahogyan azt a gépjárműbe is beépítik. Mivel a kutatás jelenlegi fázisában az egyes generátorok beépítési orientációja nem ismert teljeskörűen, ez a funkció a portesztek tetszőleges szöghelyzetben való elvégzését fogja lehetővé tenni. Tetszőleges szöghelyzetben való vizsgálatokra speciális generátorok fejlesztése során is szükség lehet. *(Az X-tengely körüli forgatást A-mozgásként, az Y-tengely körüli forgatást B-mozgásként a Z-tengely körüli forgatást C-mozgásként definiáljuk.)*

A generátorok tetszőleges térbeli helyzetben való vizsgálatához az $f(S_B)$ és $f(S_C)$ funkciókra is szükség volna, de a jelenlegi feladatban az itt meghatározott szíjhajtás esetén a B és C forgatásokat nem lehet megvalósítani, emiatt ezekkel a funkciókkal nem foglalkozunk.

$f(R_X)$

$f(R_X)$ – Az X-tengely irányában mozgó készülékelemek rögzítése a készülékben

A szíjhajtás síkjának beállítása után a készülékelemeket rögzíteni kell.

$f(R_Y)$

$f(R_Y)$ – Az Y-tengely irányában mozgó készülékelemek rögzítése a készülékben

Amennyiben a szíj feszesség beállítása a vizsgált generátornak a készülékben történő eltolásával lesz kivitelezve a szíj feszességnek megfelelően beállított készülékelemeket rögzíteni kell.

A készülék egyszerűbb kialakíthatósága miatt javasoljuk, hogy a hajtószíj üzemi feszessége a tesztkészüléktől függetlenül a meghajtórendszer részeként legyen kivitelezve, *(pl. a járműveknél is gyakran alkalmazott bebillenő feszítőgörgővel)*, mert ebben az

esetben az $f(R_y)$ funkció a készülékből elhagyható.

- *Az egyszerűbb készülékalak kevésbé befolyásolja a porkamrában kialakult áramlási vonalakat.*
- *Az $f(R_y)$ funkció miatt a készülék elemeinek az egymáshoz viszonyított helyzete vizsgálatonként nem lesz azonos, így a különféle por-áramlási képek miatt a mérési eredmények nem lesznek egymással összehasonlíthatók.*

$f(R_z)$

$f(R_z)$ – *Az Z-tengely irányában mozgó készülékelemek rögzítése a készülékben*

A vizsgált generátor keresztmetszeti méretei szerint beállított készülékelemeket rögzíteni kell.

$f(R_A)$

$f(R_A)$ – *Az orientáció rögzítése a készülékben*

A generátor vizsgálati orientációjának beállítása után a készülékelemeket rögzíteni kell.

$f(A)$

$f(A)$ – *Áramlási viszonyokat nem befolyásoló alak*

Az MDDT készülékrendszer valamennyi elemét úgy kell kialakítani, hogy a tesztberendezésben felülről lefelé áramló por útjába azok ne képezzenek jelentős akadályt, ne változtassák meg a vizsgált generátor körül kialakult áramlási vonalakat és a vizsgálatok során állandó áramlási viszonyokat biztosítsanak.

$f(I)$

$f(I)$ – *Közös mechanikai interface*

Annak érdekében, hogy az MDDT készülékrendszer minél kevesebb készülékelem felhasználásával minél többféle generátor vizsgálatára legyen alkalmas, a generátorok felfogatásának geometriai eltéréseiből adódó különbségeket egy elemre célszerű koncentrálni. Ennek a funkciónak ez a feladata, tehát a készülék és a vizsgált generátor csatlakozó méreteit illeszti egymáshoz.

$f(P)$

$f(P)$ – *Terelő lemezek az áramlás módosítására*

Ez nem kötelező funkció. Sok porteszt elvégzése után kialakulhat olyan tapasztalat, hogy a vizsgált generátor körül a porkamrában áramló por intenzitását valahol sűríteni/ritkítani kell. A kialakult statikus áramlási képes terelő/árnyékoló lemezekkel lehet módosítani. Ezeket a terelő/árnyékoló lemezeket mindig a vizsgálatot indukáló egyedi igények szerint kell megtervezni.

Rögzítésük a készülékkerethez, vagy a porkamra rácsos asztalához oldható meg.



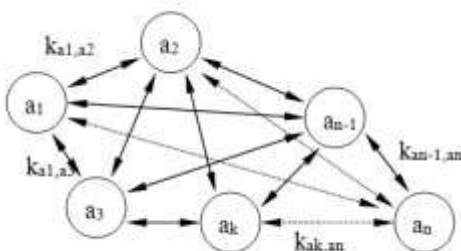
Kötelező alternatív funkciókat az MDDT rendszerben nem definiáltunk.

3. MDDT KÉSZÜLÉKRENDSZER FUNKCIÓSTRUKTÚRÁK

Az előző pontban megfogalmazott elemi funkciók sok lehetséges módon kapcsolhatók olyan funkcióstruktúrába, amely funkcióstruktúrák kielégítik a MDDT rendszer tervezésével kapcsolatos követelményeket.

3.1 Funkció-struktúrák belső kapcsolatának leírása gráffal

Ha előre definiált elemi funkciókból alkotunk készülékstruktúrákat, lényegében rögzítjük annak a halmaznak az elemeit, mely halmaz elemeit a változatok képzésében figyelembe kívánjuk venni. Szükséges továbbá rögzíteni azt is, hogy a halmaz egyes elemei (*atomjai*) a halmaz többi elemével (*atomjával*) hogyan kapcsolódnak. Az előbbi definíciók matematikai értelemben gráfnak tekinthetők, ahol az elemi funkciók a gráf *szögpontjai*, a definiált kölcsönös kapcsolatok a gráf *élei* lesznek, az egyes koncepcionális-változatok pedig a gráf részgráfjai lesznek.



4. ábra: Elemi funkciók kapcsolatának jellemzése gráffal

Egy n szögpontú gráf maximális éleinek száma (m) az alábbiak szerinti egyszerű összefüggéssel számítható, ami azt feltételezi, hogy minden atom minden atommal össze van kötve és két atom között párhuzamos él nem lehet:

$$m = \frac{n(n-3)}{2} + n$$

A gráf élei egy-egy atom közötti kapcsolatot határoznak meg, tehát n atom esetén legfeljebb m kapcsolatot kell definiálni.

Az atomok közötti kapcsolódás az adjacencia-mátrix (*szomszédsági mátrix*) segítségével írható le:

$$S = \begin{vmatrix} 0 & k_{a_1, a_2} & \cdot & \cdot & k_{a_1, a_n} \\ k_{a_2, a_1} & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 0 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & 0 & \cdot \\ k_{a_n, a_1} & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \end{vmatrix}$$

A mátrix jellemzője, hogy az elemek értékészlete 0 vagy 1, annak megfelelően, hogy a kapcsolat létezik vagy sem, a főátlóját zérus elemek alkotják, mert az elemek saját magukkal való kapcsolata logikailag nem értelmezhető. További jellegzetesség, hogy a mátrix szimmetrikus, mert az elemek kapcsolódása kölcsönös és kétirányú.

A fentiekből következik, hogy a szükséges információtartalom szempontjából a fő-átló feletti háromszögmátrix elegendő az elemi funkciók közötti kapcsolatrendszer egyértelmű leírásához.

A csúspontok önkényesen rendezhetők, ezért a $\mathcal{S}$ gráfnak sok adjacencia-mátrixa lehet, ami azt jelenti, hogy $\mathcal{S}$ sorainak és oszlopainak permutációja mindig más mátrixot eredményez, de ez a gráf tartalmi jelentését, jelen esetben a tagok kapcsolódásainak viszonyát nem változtatja meg.

	f(K)	f(R _K)	f(S _X)	f(S _Y)	f(S _Z)	f(S _A)	f(R _X)	f(R _Y)	f(R _Z)	f(R _A)	f(A)	f(I)	f(P)
f(K)	0	k(K, R _K)	k(K, S _X)	k(K, S _Y)	k(K, S _Z)	k(K, S _A)	k(K, R _X)	k(K, R _Y)	k(K, R _Z)	k(K, R _A)	k(K, A)	k(K, I)	k(K, P)
f(R _K)		0	k(R _K , S _X)	k(R _K , S _Y)	k(R _K , S _Z)	k(R _K , S _A)	k(R _K , R _X)	k(R _K , R _Y)	k(R _K , R _Z)	k(R _K , R _A)	k(R _K , A)	k(R _K , I)	k(R _K , P)
f(S _X)			0	k(S _X , S _Y)	k(S _X , S _Z)	k(S _X , S _A)	k(S _X , R _X)	k(S _X , R _Y)	k(S _X , R _Z)	k(S _X , R _A)	k(S _X , A)	k(S _X , I)	k(S _X , P)
f(S _Y)				0	k(S _Y , S _Z)	k(S _Y , S _A)	k(S _Y , R _X)	k(S _Y , R _Y)	k(S _Y , R _Z)	k(S _Y , R _A)	k(S _Y , A)	k(S _Y , I)	k(S _Y , P)
f(S _Z)					0	k(S _Z , S _A)	k(S _Z , R _X)	k(S _Z , R _Y)	k(S _Z , R _Z)	k(S _Z , R _A)	k(S _Z , A)	k(S _Z , I)	k(S _Z , P)
f(S _A)						0	k(S _A , R _X)	k(S _A , R _Y)	k(S _A , R _Z)	k(S _A , R _A)	k(S _A , A)	k(S _A , I)	k(S _A , P)
f(R _X)							0	k(R _X , R _Y)	k(R _X , R _Z)	k(R _X , R _A)	k(R _X , A)	k(R _X , I)	k(R _X , P)
f(R _Y)								0	k(R _Y , R _Z)	k(R _Y , R _A)	k(R _Y , A)	k(R _Y , I)	k(R _Y , P)
f(R _Z)									0	k(R _Z , R _A)	k(R _Z , A)	k(R _Z , I)	k(R _Z , P)
f(R _A)										0	k(R _A , A)	k(R _A , I)	k(R _A , P)
f(A)											0	k(A, I)	k(A, P)
f(I)												0	k(I, P)
f(P)													0

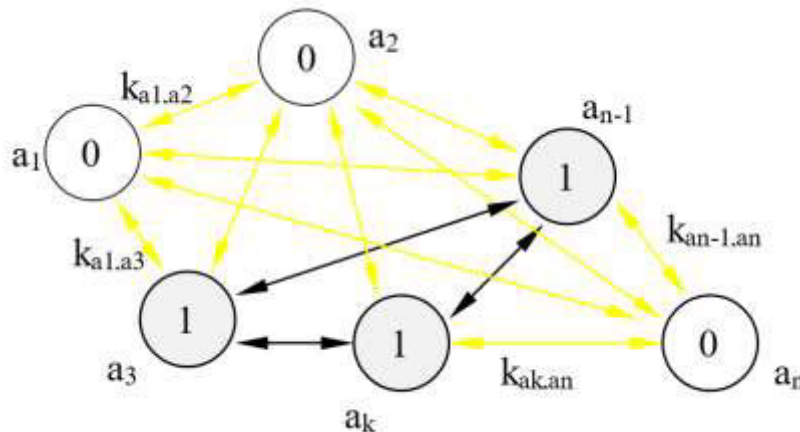
5. ábra A MDDT rendszer funkcióinak szomszédsági mátrixa

3.2 Megoldásváltozatok generálása

A készülékkoncepciók felírásához olyan gráfot alkalmazhatunk, melynek szögpontjai a készülék-rendszer építéséhez felhasználható egyes építőelemek, az elemek közötti egyes kapcsolatokat a gráf élei ábrázolják. A gráf részgráfok formájában tartalmazza az összes lehetséges készülékváltozatot. A változatok számának meghatározásával megtudható, hogy a teljes-gráf hány olyan rész-gráfot tartalmaz, amelyek önálló készülékváltozatként a generátorok teszteléséhez szükséges készülékezési feltételek ki tudják elégíteni. A keresési és kiválasztásra nem írható fel általános módszer, a kiválasztás logikáját az adott tervezési feladat szolgáltatja. Legtöbb esetben az egyenlő valószínűség módszere jól alkalmazható, de a funkciók homogén kezeléséből eredendően a tervezés alatt sok hibás megoldást is létrehoz. Ez a gráfkereső módszer a gráf minden szögpontjához azonos valószínűségi változót rendel.

$$P_{a_1} = P_{a_2} = \dots = P_{a_n}$$

Miután a P_{a_i} valószínűségi változó a gráf egy-egy szögpontjának egy részgráfban való kiválaszthatóságát reprezentálja, a_i értékészlete 0, vagy 1 (6. ábra).



6. ábra: Részgráfok kiválasztása

A teljes gráf sarokpontjai számítási ciklusonként más-más értéket vesznek fel, így minden ciklusban más részgráf alakulhat ki az $a_i = 1$ értékű szögpontok és az ezekből kiinduló élek függvényében. Miután az egyes szögpontok véletlenszerűen lesznek kiválasztva, egyidejűleg több részgráf is kialakulhat, amelyek közül csak a legnagyobb összefüggő méretűt (amelyik több atomot tartalmaz) veszi figyelembe az eljárás.

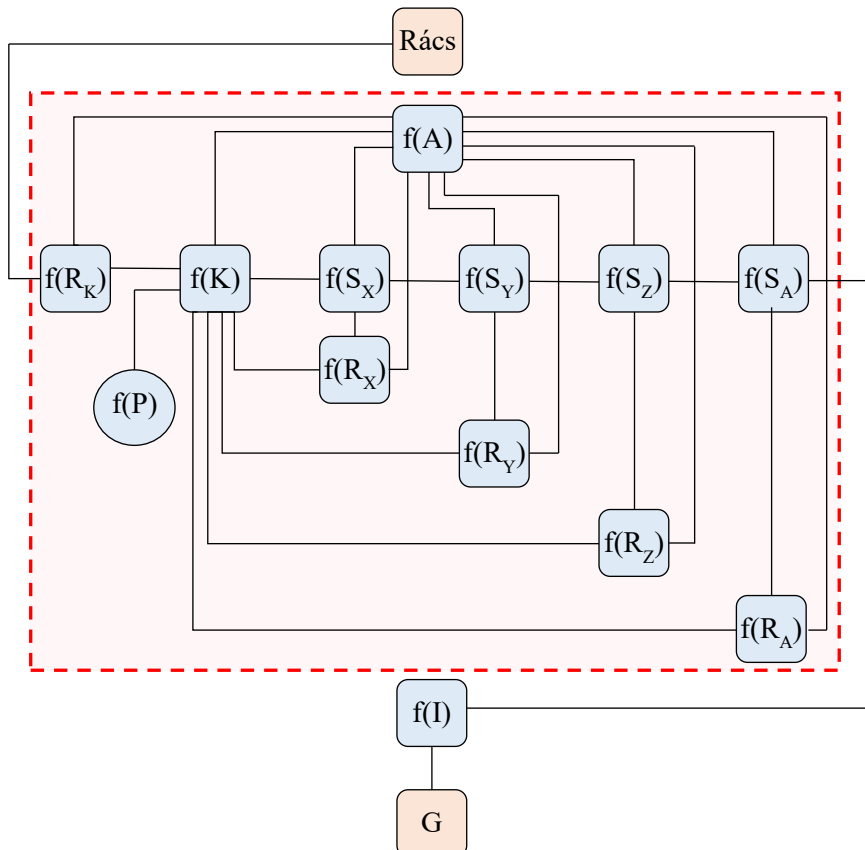
3.3 Megoldásváltozatok és modularitás

A definiált funkciók több lehetséges módon és több lehetséges tartalommal kapcsolhatók egymáshoz.

	$f(K)$	$f(R_K)$	$f(S_X)$	$f(S_Y)$	$f(S_Z)$	$f(S_A)$	$f(R_X)$	$f(R_Y)$	$f(R_Z)$	$f(R_A)$	$f(A)$	$f(I)$	$f(P)$
$f(K)$	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
$f(R_K)$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$f(S_X)$			0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
$f(S_Y)$				0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
$f(S_Z)$					0	0	0	1	0	1	0	0	0
$f(S_A)$						0	0	0	1	1	1	0	0
$f(R_X)$							0	0	0	1	0	0	0
$f(R_Y)$								0	0	0	1	0	0
$f(R_Z)$									0	0	1	0	0
$f(R_A)$										0	1	0	0
$f(A)$											0	0	0
$f(I)$												0	0
$f(P)$													0

7. ábra: A MDDT rendszer funkcióinak egy lehetséges szomszédsági mátrixa

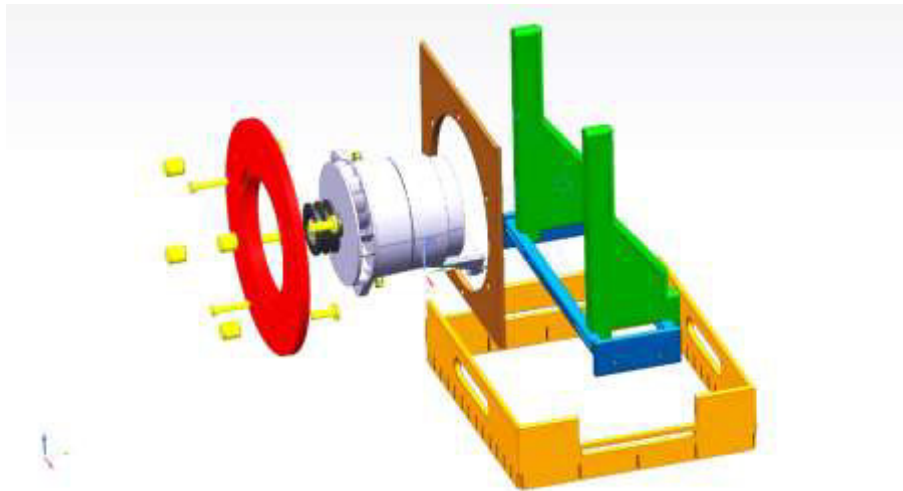
A 7. ábra egy, a követelményrendszereknek megfelelően kialakítható változat szomszédsági mátrixát mutatja be. A 8. ábra a szomszédsági mátrixnak megfelelő funkcióstruktúrát ábrázolja.



4. KIVÁLASZTOTT KÉSZÜLÉKKONCEPCIÓ KIDOLGOZÁSA

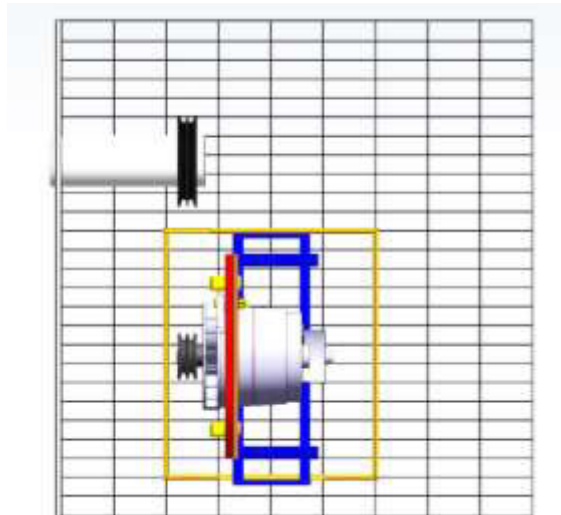
4.1 Kiinduló koncepció ismertetése

A porkamra-készülék kezdeti koncepcióját a 9. ábra mutatja be.



9. ábra: A porkamra-készülék robbantott ábrája

A megadott generátor méretek mellett a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** piros színnel ábrázolt $f(I)$ funkciót megvalósító alkatrésze képes a beépítési méretek változásából adódó különbségek kezelésére. Ez azért fontos, mert a készülék többi alkatrésze változatlan maradhat. Végző kialakításban az egyes generátor csoportokhoz egy-egy ilyen közdarab tartozik. A tesztek szempontjából a legfontosabb funkció az $f(A)$ mely azt írja elő, hogy minden alkatrészt úgy kell kialakítani, hogy az áramló por áramlási képét minél kisebb mértékben befolyásolja (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**). A felülnézeti képen jól látszik, hogy a függőleges poráram útjában nem a készülék, hanem a vizsgált generátor vetülete a domináns. Az $f(K)$ funkció (*készülék-keret*) úgy van kialakítva, hogy az rácsosztásonként más-más helyre áthelyezhető, ott kampókkal rögzíthető, ha szükséges.



10. ábra: A porkamra-készülék felülnézete a porkamrában

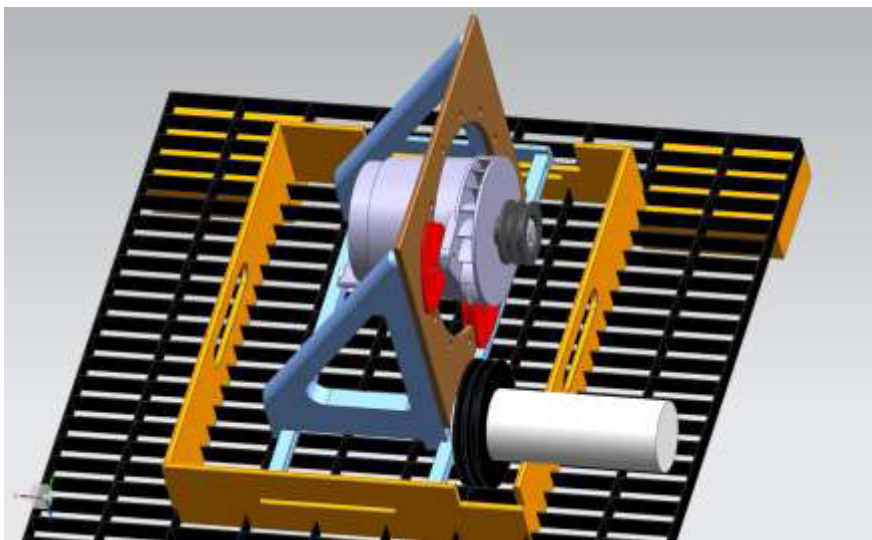
Azok az elemek, amelyeket a készülékek újra konfigurálásánál állítani szükséges portűrőek (Ezt úgy lehetett elérni, hogy az elmozdulás nem a megvezető elemek között, hanem a megvezető elemeken jön létre. Így hiába szorul be a por a felületek közé, mert a készülék elemeit egymásra merőlegesen kell egymástól elvenni szétszereléskor ($f(R_X)$ és $f(R_Y)$ *funkciók*). A készülék $f(X)$ és $f(Y)$ funkcióit megvalósító mozgásai csak 1-1 rácsoztás nagyságúak, ha a szíjfeszítés beállítása során az X és Y mozgások kiesnek a beállítási tartományból akkor a készüléket kell egy másik rácspontra áthelyezni, ahol a feszítési munkapont a beállítási tartományba esik.

4.2 Végleges készülékterv ismertetése

A konzorciumi partner a kidolgozott koncepciók közül a felül ismertetett koncepcióvázlatot választotta ki továbbfejlesztésre. A korábbi szakmai megbeszéléseken egyeztetett követelményeket kiegészítették a koncepcióra vonatkozóan. A készüléknek vízszintes irányban is biztosítani kell a jó áramlási feltételeket, a szíjfeszítés szabályozhatónak kell lennie, tömegcsökkentés kell elérni, hogy a készülék külső emelő eszköz nélkül beszerelhető legyen, valamint univerzálisnak kell lennie. A korábbi konstrukció legnagyobb hátránya az, hogy csak a generátor tengelyével párhuzamos felfogási pontokkal rögzíthető a készülékben a tesztadarab.

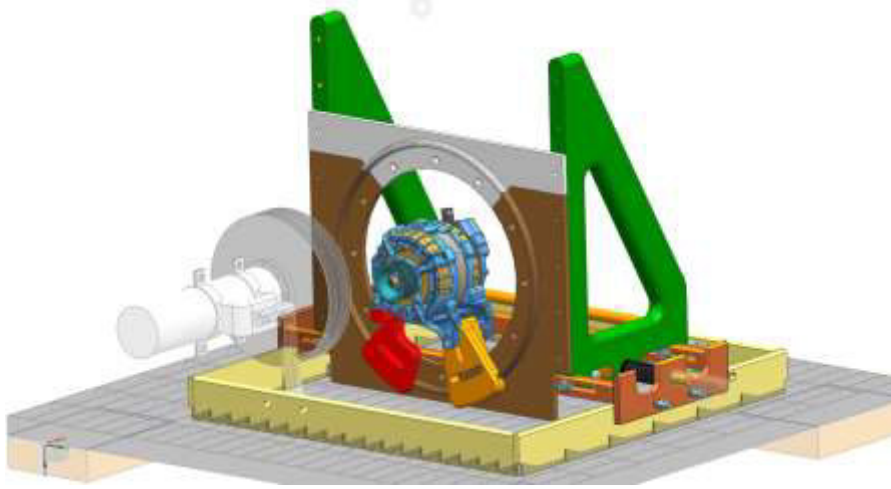
A módosított koncepcióban (11. ábra) az alábbi változtatások kerültek be:

- A keresztirányú merevítő elemek be belső nyílások kerületek kialakításra a keresztirányú átáramlás és tömegcsökkentés érdekében,
- a merevítőelemeken furatsorok lettek elhelyezve, a z irányú állítás biztosításához,
- a külső keret mérete meg lett növelve, a nagyobb y irányú mozgítás céljából. A külső keret a porkamrában rögzített, a mozgó szán a keresztmerevítő kikönnyítéseinél megfoghatók és kiemelhető,
- a cseretárcsa ötlete el lett vetve, helyette körívre illeszthető rögzítőfüleket terveztünk, melyek adott generátor/generátorcsalád teljes 360°-os felfogatását teszi lehetővé.



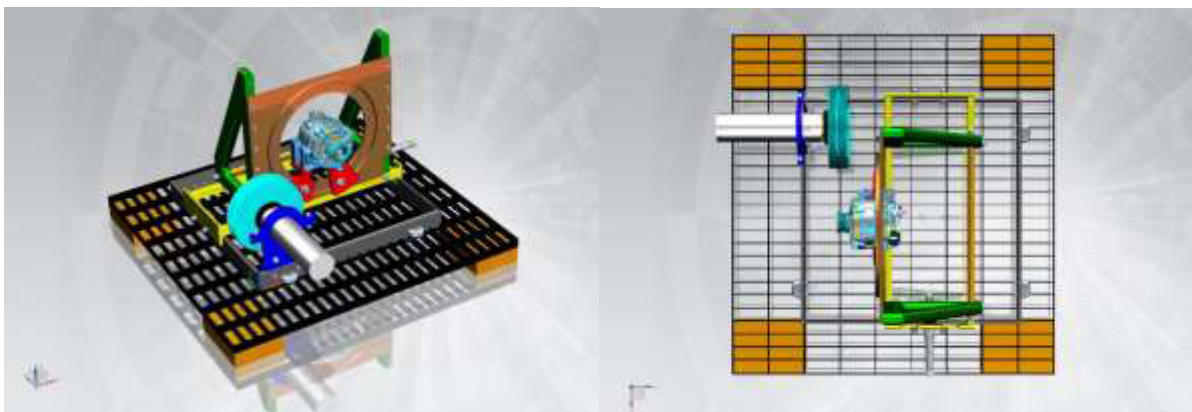
11. ábra: A módosított porkamra-készülék a porkamrában

Új, bonyolultabb felfüggesztési ponttal rendelkező 3D-s generátorok modellek alapján a készülék felfogó füleit módosítani kellett, illetve új felfogó fülek is kialakításra kerültek, amelyeken a tengelyvonalra merőleges felfogatási pontoknál is rögzíteni lehet a generátorokat. A tesztárcsák rajzaiból lemodellezve pontosan meghatározhatóvá vált a készülék porkamráján belüli pozíciója (12. ábra). A készüléken minden pornak kitett külső elemek polírozását írtuk elő. A készülékkonceptción a nyitott meneteket a por miatt burkoltuk, a meneteket teljes hosszukban gumiharmonika, vagy zárt anya takarja. Új szíj feszítési mód került kidolgozásra. A szíj feszítés egyszerűsödött és tájékoztató mérés is lehetséges nyomatékulccsal. A tartó lap ketté lett bontva. A felső lap így leszedhető, ha a generátor fülei nem erre a lapra vannak rögzítve, így a por felülről közel akadálytalanul tud beáramlani.



12. ábra: A készülék koncepciója az új generátorok beépítésénél

A külső keretet több ponton is rögzíteni kell a porkamrában. A tesztárcsa behajtótengelyének csapágyházára a készülék egy patkó alakú bilincses megszorítással rögzül. A külső keret rögzítésére fülek kerültek beépítésre, mely segítségével kampókkal fixálható a szerkezet. A végleges készülékterv a 13. ábrán látható.



23. ábra: A végleges készülékterv

ÖSSZEFOGLALÁS

A porkamra tesztek elvégzéséhez tervezett moduláris készülékrendszer (MDDT) koncepciójának kidolgozása során, a funkcióanalízisen alapuló, a gyártóeszköz tervezésben használatos tervezési módszer kiválasztásra került. A porkamra által felállított követelményjegyzék alapján elemi funkciók kerültek meghatározásra, melyekből gráf állítható fel. A gráfból származtatható készülékvariációk közül az ipari taggal együtt egy készülékkonceptió került kiválasztásra. A készülékkonceptió tervezési folyamatáról egy olyan esettanulmány került felállításra, amely a módszeres gyártóeszköztervezés tervezési módszertanának ismertetéséhez, oktatási célokra is jól alkalmazható.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A cikk a „Korszerű anyagok és intelligens technológiák FIEK létrehozása a Miskolci Egyetemen” című GINOP-2.3.4-15-2016-00004 azonosítószerű projekt keretében készült el.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1]Erkens, A. (1928): *Beiträge zur Konstruktionserziehung*.
- [2]Biniek, G.(1952): *Konstruktionssystematik. Feingerätetechnik*
- [3]Eder, W. E. (1999): *Designing as an Educational Discipline, Engineering Education*, Vol. 15., Nr. 1.
- [4]Eder, W. E. (2007): *Design Engineering–Not Just Applied Science*, CDEN-CCEE Conference, Winnipeg.
- [5]Altschuller, G. S. (1984): *Creativity as an Exact Science–The Theory of the Solution of Inventive Problems*, ISBN 0 677 21230 5, Gordon and Breach Science Publishers, NewYork.
- [6]Bercsey, T.; Horváth, I. (1985): *A korszerű géptervezés feltételei, módszerei és eszközszerkezete*, GÉP, No 11.
- [7]Bercsey, T.; Lőrincz, S.(1996): *A terméktervezés megújulás: az új alapelvek és integrált módszerek*, Gyártástechnológia, No 7-8.
- [8]Tajnafoi, J. (1991): *Mechanizmusok származtatáselméletének alapjai és hatása a kreatív gondolkodásra*, Akadémiai doktori értekezés, Miskolc.
- [9]Tajnafoi, J. (1990): *Szerszámgeptervezés II., (Strukturaképzések)*. Tankönyvkiadó, Budapest.