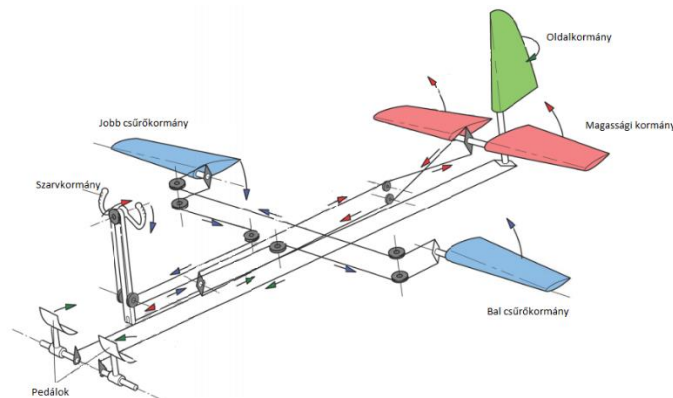


Mágneses fék alkalmazása repülőgép szimulátorokban

A hatóságilag jóváhagyott repülőgép szimulátorok elsődleges kezelőszervei helyes, eredeti repülőgép működésével teljesen azonos szimulálása kulcsfontosságú. A pilótaképzés része a megfelelő motorikus technika kifejlesztése (koordinált kéz valamint lábmozgások tanítása). A repülőgépgyártók terjedelmes specifikációkban írják le az általuk felhasznált és részletesen tesztelt elsődleges kormányszervek működését.

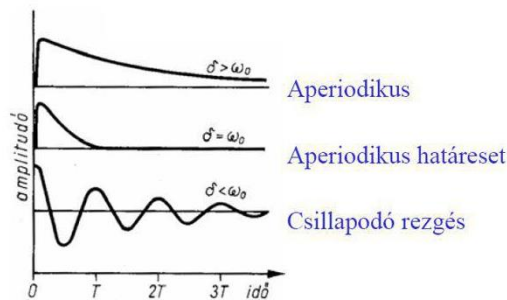
A repülőgép elsődleges kormányfelületei felelnek a jármű tengelyei körüli mozgás megvalósításáért. A kormányszervek mechanikai kötése, a gép komplexitásától függően lehet drótkötéses/tolórudas, hidraulikus vagy elektro-hidraulikus. Nagyobb repülőgépeknél a kormányfelületen keletkező erőt a pilóta szabad kézzel nem tudja legyőzni, ezért rásegítő rendszereket alkalmaznak. Megkülönböztetünk reverzibilis és irreverzibilis komplex kormányrendszereket. A reverzibilis rendszer „visszahat” a pilóta kezére, tehát a felületre ható erő megjelenik (valamilyen áttételen keresztül) a botkormányon is. Az irreverzibilis rendszerek egyirányú mozgást tesz lehetővé: a botkormány irányából a vezérsíkok felé. Ebben az esetben a pilóta nem érzi, hogy mekkora terhelést szenved el a kormányfelület egy bizonyos manőver esetén, ezért legtöbbször műterhelést (Artificial Feel Unit - AFU) alkalmaznak, mely aerodinamikai számolások alapján terhel rá (elektromosan vagy hidraulikusan) a botkormányra.



Repülőgép kormányszervei és egyszerű (reverzibilis) mechanizációja

A pilóta „érzéseit” nagyon pontosan be kell állítani repülőgép típustól függően, hogy érezze, ha valamelyik gépelemen a terhelés közelébe ér a maximálisan megengedettnek. Ezért ezek az erő-visszacsatoló rendszerek rendkívül erős motorokkal vannak felszerelve. A szimulátornak kötelessége hűen lemásolni az adott típus kormány-terhelését. Ennek a rendszernek (mint minden dinamikus rendszernek) saját rezonancia frekvenciája van, mely legtöbbször beleesik a normál működési (vezetési) tartományba. Ha a pilóta ezzel a frekvenciával (vagy periódussal) mozgatja a kormányt, a rendszer a visszacsatoló motorok miatt elkezd a saját frekvenciája körül gerjesztetten és csillapítatlanul rezonálni. Ez veszélyes! Tönkre teheti a berendezést, de akár a hatalmas erők

miatt a pilótát is megsebesítheti. Tehát megoldást kell találni a rezgés aperiodikussá tételére (határértékig csillapítva a rezonanciát).



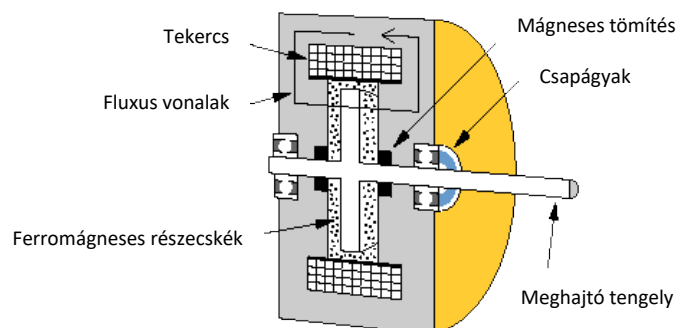
Csillapodó rezgésformák

Ennek megoldására több lehetőség adódik:

- Ellensúly rendszer (bogey-weight)
- Hidraulikus/olajos csillapító
- Elektronikus (motoros, mágneses) csillapítótag.

A harmadik csoportba tartozó rendszer a mágneses kuplung, mely gyakorlatilag egy elektromotor elvén működik, viszont az egyik tekercs/állandó mágnes helyett egy alumínium vagy rézvezető van alkalmazva, melyben mozgás esetén örvényáram keletkezik. Az örvényáram a fegyverzetben hőt generál, mintegy eldisszipálja a gerjesztett áramot (rövidzárlatban működő dinamó). Ennek a rendszernek az előnye az, hogy a primer körben található változó mágneses fluxus felhasználásával állíthatóvá válik, így az adott fék mindig a megfelelő erőtartományban adja le a teljesítményt, és a csillapítás változtathatóvá válik.

Bizonyos eszközökben a statikus surlódás növelése érdekében egy ferromágneses port is alkalmaznak, mely megfelelő elektromágneses hatásra „besűrűsödik” – annyira, hogy akár a tengelyek között szilárd mechanikai kötést is létre tud hozni. Ezeket a rendszereket akár a kormány teljes megállítására vagy mozgatórendszerrel való lecsatolására is lehet használni.



Mágneses részecskés kuplung - vázlat rajz

A mágneses kuplung előnye az is, hogy szabadon-futó tartományban relatív alacsony a saját surlódása, ezért nem korlátozza a finom mozgások megvalósítását.

Ahhoz, hogy a szimulátorban alkalmazott kormányrendszerek minél élethűbben adják vissza a valós körülmények között, a repülőgépben érezhető kormány erőket, ugyan azoknak a minőségi és mennyiségi követelményeknek kell megfeleljenek, mint a valódi repülőben alkalmazott rendszerek. A dinamikus, rezonáló mozgás hatékony csillapítását meg kell oldani. Erre egy flexibilis megoldást adhat a mágneses kuplung, mely a 21. századi technológiát reprezentálhatja ezekben a magas minőségű eszközökben.

Budapest, 2019. 11. 12.

Vati István
projekt vezető