

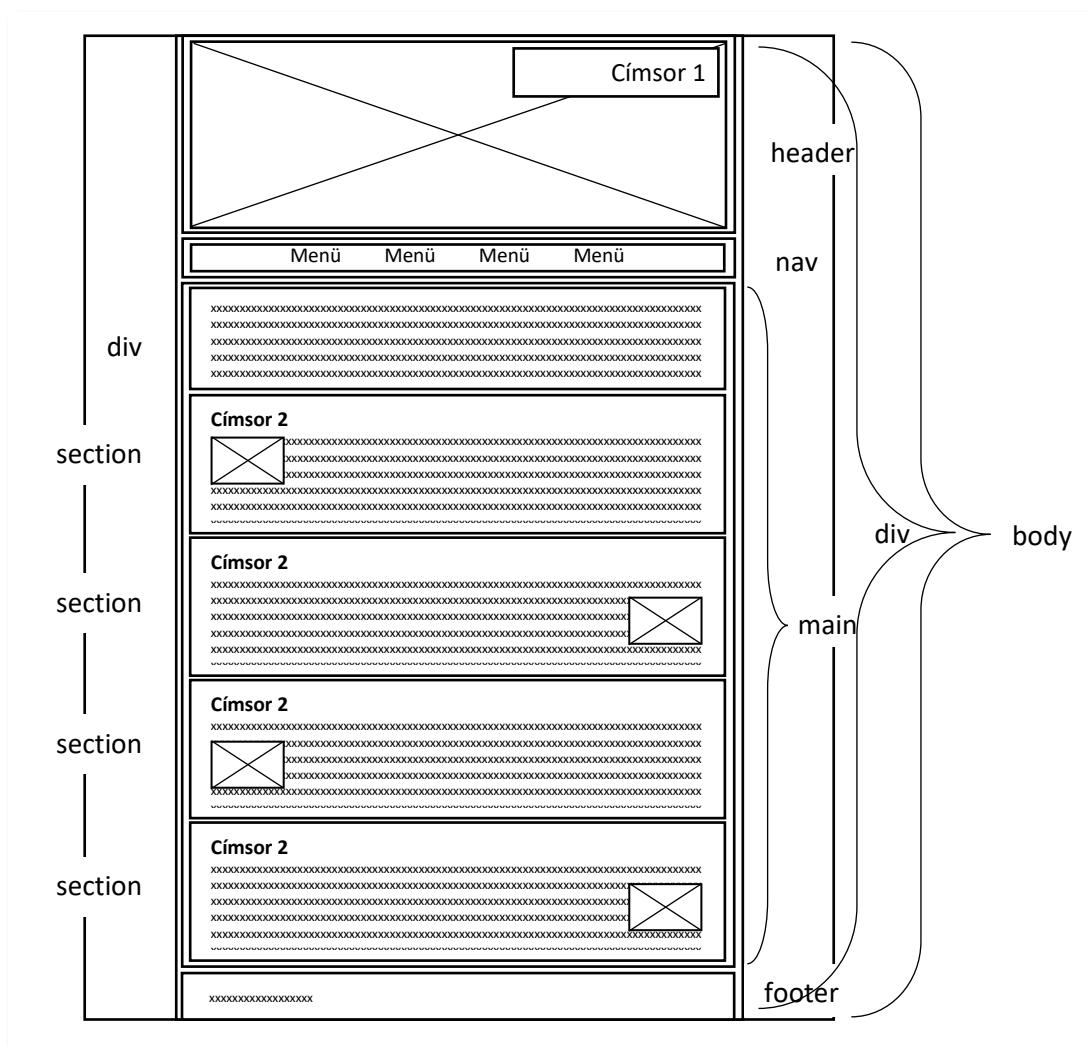
## Helikopter

A következő feladatban egy helikopterrel szóló félig elkészült weboldalt kell kiegészítenie a feladatleírás és a minták alapján. A `források` mappa tartalmazza a feladat megoldása során felhasználható fájlokat. Segítségként használható weboldalak: <https://www.w3schools.com/html/>, <https://www.w3schools.com/css/>, <https://www.w3schools.com/bootstrap4/>, <https://validator.w3.org/>

HTML hiányosságok pótlása a `helikopter.html` fájlban:

1. Állítsa be az oldal nyelvét magyarra és a kódolását UTF-8-ra!
2. A weboldal fejrésében helyezzen el hivatkozást a `mystyle.css` és a `bootstrap.min.css` stíluslapokra!
3. A weboldal fejrésében állítsa be, hogy a weboldal responszívan viselkedjen!
4. A böngésző címsorában megjelenő cím a „*Helikopter*” legyen!
5. Pótolja a weboldal hiányzó szerkezeti elemeit az alábbi drótváz alapján, ahol szükséges, adjon hozzá azonosítót!

## A weboldal drótváza



6. Helyezzen el könyvjelzőt „top” azonosítóval az oldal tetején!
7. Az oldal első szekciójának utolsó bekezdésében egy link található, amely az oldal tetejére ugrik! Lásd el a bekezdést „up” osztályjelölővel, majd az összes többi szekciót végére is helyezzen ugyanilyen bekezdéseket!
8. Az összes képre adja meg a következő paramétereket:
  - a. ha a kép fölé visszük az egeret, akkor a hozzá tartozó címsor szövege jelenjen meg!
  - b. ha a kép valamiért nem jeleníthető meg, akkor minden esetben a fájlnev jelenjen meg!
9. Egészítse ki a következő paraméterekkel a megfelelő szekciókat
  - a. adja meg a menü hivatkozásainak hiányzó könyvjelzőket!
  - b. „A helikopter története” és az „Irányítás” címmel ellátott szekció osztály-jelölőit egészítse ki a bootstrap „bg-info” azonosítójával, „A felhajtóerő” és „A rotormeghajtás korlátai” címmel ellátott szekciók osztály-jelölőit egészítse ki a bootstrap „bg-secondary” azonosítójával!
  - c. az összes olyan szekcióban, ahol címsor is szerepel, az osztály-jelölőt egészítse ki a bootstrap „text-white” azonosítójával!
10. „A helikopter története” rész szövegének utolsó mondatában a „helikopter próbarepülését” szöveget alakítsa linkké, amely a `teszt1922.mp4` fájlt nyitja meg új ablakban!
11. A minta alapján a szövegben elhelyezett képeket lásd el „img-right” és „img-left” osztály-jelölőkkel!

#### CSS hiányosságok pótlása a `mystyle.css` fájlban:

12. A weboldal teljes tartalmát befoglaló rész szélessége maximum 1000 képpont legyen, a képernyő közepén helyezkedjen el vízszintesen!
13. A fejlécben elhelyezett egyes szintű címsor színe szürke (Gray) legyen, valamint kiskapitális beállítással jelenjen meg!
14. A szekciók margóját állítsa 20 képpont nagyságúra!
15. A szekciókban található hivatkozás színe arany (Gold) legyen!
16. Adjon hozzá a kettes szintű címsor beállításaihoz 1 képpont vastagságú világoskék (LightBlue) sima alsó szegélyt, és állítsa be a szöveg balra igazítását!
17. Az oldalon bármely képnek a maximális szélessége 100% legyen!
18. A lábléc szövegének a mérete 90% legyen, és dőlten jelenjen meg!
19. Adjon meg egy média töréspontot 576 képpont szélességre! Az ennél kisebb kijelző-szélességnél a teljes oldal szövegére állítson be balra igazítást és a szekciókon belül található felsorolásokra 15 képpont bal oldali belső margót!

#### Validálás

20. Validálja a weboldalt <https://validator.w3.org/> oldalon található validáló segítségével!
  - a. Ellenőrizze le a `helikopter.html` kódját, és készítsen képernyőmentést `validHTML.jpg` néven! Hibaüzenet esetén javítson!
  - b. Ellenőrizze le a `mystyle.css` kódját, és készítsen róla képernyőmentést `validCSS.jpg` néven! Hibaüzenet esetén javítson!

# A weboldal mintái képernyőre és mobilra



Történet Felhajtóró Irányítás Rotormeghajtás

A helikopter olyan aerodinamikus légi jármű, amely motor segítségével forgatott szárnyakkal tudja önmagát a levegőbe emelni. Repülési magasságát és irányát nem szárnyakkal és vezérsíkokkal, hanem a forgószárnyak állászögének változtatásával tudja szabályozni. A helikopter szó a görög helix (csavar) és pteron (szárny) szavakból keletkezett. A motormeghajtású helikoptert a szlovák származású Jan Bahyl találta fel. Az első stabil, sorozatban gyártott típus Igor Sikorsky tervezte. Asbóth Oszkár mérnök az I. világháború után a merev légcsavarral való hosszú kísérletezés eredményeként megépítette helikopterét, amely először 1908 szeptember 9-én szállt fel egy helyből, függőleges irányban a magasba. Gépe vízszintes irányban is kormányozható volt. Sikorski Európa-szerte új lendületet adott a korábban megoldhatatlan problémának tekintett helikopter kutatásnak. Kísérleteinek üttörő szerepét és jelentőségét a nemzetközi szakirodalom is elismerte.

A merevszárnnyú gépekhez képest a helikopterek sokkal összetettebbek, drágábbak, körülményesebb a fenntartásuk és kisebb a teherbírásuk. Jelentős előnyük viszont, hogy a helikoptert a levegőben tartó felhajtóró megteremtéséhez a helikopterek nem kell viszonylag nagy sebességgel mozognia, mint a repülőgépeknek: a helikopter képes egy helyben függeszkedni, hátrafelé haladni, és mindennek felett függőlegesen egészen kis helyen is le- és felszállni. Pusztán a töltőállomások helye korlátozza mozgásterét.

## A helikopter története



Le. 400 körül a kínai gyerekeknek volt egy ehhez hasonló játékuk. Váletten egybeesés, hogy a Wright fivérek gyermekkorukban kaptak egy ilyen roptató játékot, amely teljesen kinyitódott. Blet. A kereskedelmén révén ez a játék bejárta egész Európát, valamint egy festmény is készült róla.

Az első elképzelés egy ember szállító helikopterről Leonardo da Vinciben fogalmazódott meg a 15. században, de csupán a 20. században a motormeghajtású repülőgépek után kezdődhetett meg gyártásuk. Ezen gépek úttörői többek közt Jan Bahyl, Louis Breguet, Paul Cornu, Juan de la Cierva, Emil Berliner, Ognjeslav Kostovic Stepanovic, Heinrich Focke és Igor Sikorsky voltak. Az első irányított repülést Raúl Pateras de Pescara végezte el Buenos Airesben 1916-ban. A magyar Asbóth Oszkár szerepét a helikopter

kifejlesztésében némelyek vitatják, egyes források szerint Kármán Tódor munkásságát sajtóította ki. Egy 1922-ben készült rövid dokumentum videón megtekinthetjük egy **helikopter próbarepülését**. A felvételt Párizsban készült az Issy-les-Moulineaux repülőtéren.



Történet Felhajtóró Irányítás

Rotormeghajtás

A helikopter olyan aerodinamikus légi jármű, amely motor segítségével forgatott szárnyakkal tudja önmagát a levegőbe emelni. Repülési magasságát és irányát nem szárnyakkal és vezérsíkokkal, hanem a forgószárnyak állászögének változtatásával tudja szabályozni. A helikopter szó a görög helix (csavar) és pteron (szárny) szavakból keletkezett. A motormeghajtású helikoptert a szlovák származású Jan Bahyl találta fel. Az első stabil, sorozatban gyártott típus Igor Sikorsky tervezte. Asbóth Oszkár mérnök az I. világháború után a merev légcsavarral való hosszú kísérletezés eredményeként

Történet Felhajtóró Irányítás Rotormeghajtás

Focke és Igor Sikorsky voltak. Az első irányított repülést Raúl Pateras de Pescara végezte el Buenos Airesben 1916-ban. A magyar Asbóth Oszkár szerepét a helikopter kifejlesztésében némelyek vitatják, egyes források szerint Kármán Tódor munkásságát sajtóította ki.

Egy 1922-ben készült rövid dokumentum videón megtekinthetjük egy **helikopter próbarepülését**. A felvételt Párizsban készült az Issy-les-Moulineaux repülőtéren.

## A felhajtóró

A hagyományos, merevszárnnyú repülőgépek azon az elven működnek, hogy a gép szárnyai fölött és alatt előrehaladás közben légnyomáskülönbség alakul ki. Így felhajtóró képződik. A helikopter ugyanazt a fizikai elvet használja ki, azzal a különbséggel, hogy csupán a rotorlapátokon keletkezik felhajtóró, nem a gép szárnyain (ha egyáltalán vannak, a szárnyakon keletkező felhajtóró elhanyagolható a rotorokon képződő erőhöz képest).

A rotor forgatásának reakciónyomatéka azonban az ellenkező irányba forgatná a helikopter törzsét, ezért egy kisebb, vízszintes tengelyű hátsó rotorot használnak, ami ellensúlyozza a forgatónyomaték hatását. Ezt a légcsavart néhány modellnél beleigazazzák a farokcsészé, így kevésbé károsodhat, kisebb veszéllyel van a körülötte tartózkodóra, és a légellenállása is kedvezőbb.

Egy másik mód az ellentétes forgás kiküszöbölésére, ha két egymás fölött, mellett, vagy mögött elhelyezett, ellentétes irányba forgó rotorot használnak, mint például a Boeing CH-47 Chinooknál vagy a Kamov Ka-50-nál. A két, egymás feletti rotorendezező változatot koaxialis elrendezésnek nevezik, mivel a rotorok meghajtótengelyei koaxialisán (egymásban) helyezkednek el. Ezt az elrendezést Nyikolaj Kamov terjesztette el az 1950-es években, és gyakorlatilag az összes Kamov helikopter ezzel az elrendezéssel készült.

Döntő fontosságú a helikopter megpördülésének ellensúlyozásához szükséges erő beállítása. A farokrotor a hajtómű teljesítményének 30%-át felemészti, és nem segít a helikopter felemelésében vagy mozgztatásban. Éppen ezért a helikopter farokcsúcsát meghajlítják, hogy az nagy sebességnél a légáramlást kihasználva ellensúlyozza a forgatóhatást és több erőt hagyjon a főrotornak. Ez azonban nehezíti teheti az egy helyben lebegést széles napokon.



## Irányítás

Természetesen a helikoptereknek is kormányozhatónak kell lennie. Ezt a problémát a repülőknél viszonylag könnyen meg lehet oldani vezérsíkokkal és kormánylapátokkal, amelyek a légáramlat elterelésével megváltoztatják a haladási irányt. A helikoptereknek azonban a relatíve kis sebesség miatt ez nem elegendő.

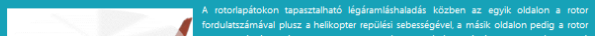
A függőleges tengely menti elfordulást a farokrotor fordulatszámának növelésével vagy csökkentésével is el lehet érni, de általában a farokrotor-lapátok állászögének változtatásával oldják meg. A dupláfórtoros (tízszálas) gépeknél az a hatást a két - egymásnak szembe fordított - főrotor előbbi sebességű forgásából adódó reakciónyomaték kihasználásával érik el. A helikopter kialakításától függetlenül a függőleges tengely körüli elfordulás vezérlése a pedálokkal történik.

A helikopter megdöntéséhez (előre, hátra) illetve az oldalirányú repüléshez a rotorlapátok állászögét az adott oldalon megdöntik, azaz megváltoztatják a rája ébredő légáramlást, így az egyik oldalon nagyobb lesz a felhajtóró, mint a másikon. Ezt az eljárást ciklikus állászög-szabályozásnak nevezik, mivel az adott oldalon egy bizonyos szögben álló lapát a forgás következtében, átérve a másik oldalra, az ott beállított szöget kell felvennie, majd forgás közben visszaérve a kiinduló oldalra ismét az itt beállított szöget veszi fel és kezdődik az egész elől. Ebből következik, hogy minél több lapátból áll a főrotor, annál bonyolultabb mechanikai vezérlés szükséges a megfelelő működtetéshez. A korszerű rotorvezérlés a lapátok tehetetlenségét is figyelembe veszi, azaz úgy számolgat ki az egyes lapátok szögvezérlésének az eltolását, hogy azok pont az optimális tartományban vegyék fel a beállítási pozíciójukat, ezzel is segítve a helikopter stabilitását.

A helikopter irányítására a pedálokon kívül három vezérlőrendszer szolgál. A kollektív kar (collective pitch control lever) az összes rotorlapát állászögét egyszerre változtatja (az emelkedést és ereszkedést szabályozva).

A sebességvezérlő szabályozza a hajtómű fordulatszámát. Ez általában egy forgó markolat az előbb említett karon. A helikopterek rotorait egy adott fordulatszámra tervezik, és ettől csupán néhány százalékkal szabad eltérni. Ezt a folyamatot a kisebb gépeken általában a pilátának kell szemmel tartania, de az újabb helikoptereken ezt már egy szenzo-visszacsatoló automatika (governor) elvégzi a pilóta helyett.

A ciklikus vezérlő segítségével lehet a rotorlapátok beállítási szögét a forgási sík felé vagy oldalra nézve megváltoztatni és a helikoptert ezzel a vízszintes síkban mozgásba hozni. Ez a vezérlő a pilóta előtti botormány.



A rotorlapátokon tapasztalható légáramlášaladás közben az egyik oldalon a rotor fordulatszámával plusz a helikopter repülési sebességével, a másik oldalon pedig a rotor

Történet Felhajtóró Irányítás

Rotormeghajtás

Az első elképzelés egy ember szállító helikopterről Leonardo da Vinciben fogalmazódott meg a 15. században, de csupán a 20. században a motormeghajtású repülőgépek után kezdődhetett meg gyártásuk. Ezen gépek úttörői többek közt Jan Bahyl, Louis Breguet, Paul Cornu, Juan de la Cierva, Emil Berliner, Ognjeslav Kostovic Stepanovic, Heinrich Focke és Igor Sikorsky voltak. Az első irányított repülést Raúl Pateras de Pescara végezte el Buenos Airesben 1916-ban. A magyar Asbóth Oszkár szerepét a helikopter kifejlesztésében némelyek vitatják, egyes források szerint Kármán Tódor munkásságát sajtóította ki. Egy 1922-ben készült rövid dokumentum videón megtekinthetjük egy **helikopter próbarepülését**. A felvételt Párizsban készült az Issy-les-Moulineaux repülőtéren.

## Irányítás

Természetesen a helikoptereknek is kormányozhatónak kell lennie. Ezt a problémát a repülőknél viszonylag könnyen meg lehet oldani vezérsíkokkal és kormánylapátokkal, amelyek a légáramlat elterelésével megváltoztatják a haladási irányt. A helikoptereknek azonban a relatíve kis sebesség miatt ez nem elegendő.

A függőleges tengely menti elfordulást a farokrotor fordulatszámának növelésével

Történet

Felhajtóró

Írányítás

Rotormeghajtás

rotorlapát állásszögét egyszerre változtatja (az emelkedést és ereszkedést szabályozva).

A sebességvezérlő szabályozza a hajtómű fordulatszámát. Ez általában egy forgó markolat az előbb említett karon. A helikopterek rotorját egy adott fordulatszámra tervezik, és ettől csupán néhány százalékkal szabad eltérni. Ezt a folyamatot a kisebb gépekben általában a pilótának kell szemmel tartania, de az újabb helikoptereken ezt már egy szervó-visszacsatolási automatika (governor) elvégzi a pilóta helyett.

A ciklikus segítségével lehet a rotorlapátok beállítási szögét a forgási sík valamelyik oldalára nézve megváltoztatni és a helikoptert ezzel a vízszintes síkban mozgósíta hozni. Ez a vezérlő a pilóta előtti botkormány.



A rotorlapátokon tapasztalható légáramláshaladás közben az egyik oldalon a rotor fordulatszámával plussz a helikopter repülési sebességével, a másik oldalon pedig a rotor fordulatszámával mínusz a helikopter repülési sebességével számíva alakul (szélnekfelforgó illetve szélbelforgó lapátok), így a két oldalon különböző nagyságú felhajtóró lép fel. Ennek ellensúlyozására a rotorlapátvezérlő rendszer érzékelve a lapátok fele hajlítást engedő mechanizmus ciklikusan szabályozza a rotorlapátok állásszögét ennek ellensúlyozására is. Ebből a sajátosságából ered a helikopterek maximális sebességhatára, mivel ha a szélbelforgó oldalon az eredő légsebesség kritikusan kicsökken, azon az oldalon a felhajtóró is megszűnik.

Továbbá, ha bármely szármány túl nagy az állásszög, ideértve a rotorlapátokat is, a szármáy körbevevő lamináris áramlás megtörik és ezzel együtt megszűnik a felhajtóró. Ezt az aerodinamikában átésésnek hívják. Egy helikopter esetében ez az alábbi felsorolt három módon fordulhat elő:

- Ahogyan nő a helikopter sebessége, a szélnekforgó lapátok elérik a hangsebességet és lökőhullámokat okozhatnak a lapát felett, ami szuperszonikus átéséshez, vagyis a felhajtóró eltűnéséhez vezet.
- A szélbelforgó lapátokon (a rotor szélbelforgó oldalán) kisebb sebességű eredő légáramlat mérhető, ezt a vezérlőrendszer meredekebb támadási szöggel próbálja kompenzálni. Ha túl alacsony az eredő légáramlat és túl meredek a támadás szöge, az átésés elkerülhetetlen.
- Ha alacsony fordulatszámon túl nagy támadási szögét állítunk be, szintén átésés következik be.

A helikopter, bár motormeghajtású jármű, motorhiba esetén képes a lapátok lendületét, valamint a biztonságos magasságból történő lefelé irányuló mozgást együttesen kihasználni. Ezt autorotációnak nevezik. Ilyenkor az alulról érkező "megfújásnak" megfelelően a gyorsan ereszkedő helikopter lapátját negatív szögbe állítják, és ettől a rotor a jó irányban forog tovább. Ilyenkor van pár pillanat egy megfelelő lezárlóhely kinézésére, amely fölött - a kellő időben - pozitívba visszaállított rotor termel még annyi felhajtórót, hogy a helikopterrel le lehessen szállni.

A helikoptereket úgy tervezik, hogy még a hajtómű leállásakor is működjön a farkrotor (ezt gyakorlatilag a főrotorral direktben kapcsolt áttétellel oldják meg), így a helikopter működő motor nélkül is irányítható marad, amíg a főrotor forgásban van.

A ciklikus vezérlőrendszer egyik további érdekessége, hogy a lapátokat a gép sajátosságainak megfelelően x fokkal a kívánt haladási irány előtt szabályozzák, amely nem összekeverendő a már említett lapát-tehetetlenségi előtolással. Ez a szabályzás azért van, mert egy forgásban lévő testet, ha kibillentünk a forgási síkjából, például egy rotorlapátot, akkor az azon ébredő precessziós nyomaték erőhatása visszahat a helikopterre. Ezt giroszkopikus precesszióknak is nevezik. Egy korszerű helikopter vezérlőrendszere mindenkor figyelembe veszi a rotor forgási irányát, valamint a repülés irányát és ezeknek megfelelően módosítja a ciklikus vezérlést. A fentieknek sok-sok évebe tellett, mire felismerték ezt a folyamatot, és sikerült áthidalniuk ezt a problémát.

## A rotormeghajtás korlátai

A helikopter legszembetűnőbb hátránya a repülőgépekhez képest alacsonyabb végsebesség. A régi csúcsot a Westland Lynx tartotta 400 km/h-val, de a koaxiális főrotorral és tolólégcsavarral felszerelt Sikorsky X2 450 km/h fölé tola ezt a határt. Számos oka van annak, hogy egy helikopter miért nem repülhet olyan gyorsan, mint egy repülő.

- Lebegés közben a rotorlapátok csúcsai a lapátok hossza által meghatározott sebességgel mozognak. Egy mozgó helikopternél azonban az előrehaladó lapátnak a levegőhöz viszonyított sebessége sokkal nagyobb, mint magáé a helikopteré, és akár a hangsebességet is elérheti, ez rázkódást és lökőhullámokat kelt. Elméletileg lehetséges spirálisan forogó lapátokat használni, de jelenleg nincs olyan anyag, ami elég erős, könnyű és rugalmas ehhez.
- A legtöbb rotor nem merev. Mivel az előrenyomuló lapát erősebb légáramlattal találkozik, mint a visszavonuló, egy teljesen merev lapát azon az oldalon nagyobb felhajtórót keltene és megdöntené a helikoptert. Éppen ezért a rotorlapátokat "csapkodásra" – elhajlásra és csavarodásra tervezik, hogy az előrenyomuló lapát felcsapdjón és kisebb támadási szögét produkáljon, ezzel kisebb felhajtórót hozva létre, mint amekkorát egy merev lapát. Ezzel szemben a visszavonuló pengék lefelé hajlanak, így nagyobb támadási szögét írnak le és nagyobb felhajtórót hoznak létre. Nagy sebességnél a lapátokra ható erő miatt azok csapkodni kezdenek, ekkor a visszavonuló lapátok túl nagy szöget írnak el, majd túlhúzódnak. Néhány típusnál a fedő merev. A lapátok összeesnek, melyek anélkül képesek meghajlani, hogy eltérnének. Léteznek teljesen merev lapátok is, melyek lökő helikoptereket alkotnak. Ezeknél a felhajtórót ciklusonként változtatják a helikopter sebességének megfelelően. Ezt vagy a támadás szögének változtatásával érik el, vagy pedig a hajtómű által működtetett szélvőberendezéssel, amely levegőt szív be a lapátokon keresztül.



Történet

Felhajtóró

Írányítás

Rotormeghajtás

evetűt fellett, mire elismerték ezt a

folyamatot, és sikerült áthidalniuk ezt a

problémát.

## A rotormeghajtás korlátai

A helikopter legszembetűnőbb hátránya a repülőgépekhez képest alacsonyabb végsebesség. A régi csúcsot a Westland Lynx tartotta 400 km/h-val, de a koaxiális főrotorral és tolólégcsavarral felszerelt Sikorsky X2 450 km/h fölé tola ezt a határt. Számos oka van annak, hogy egy helikopter miért nem repülhet olyan gyorsan, mint egy repülő.



Történet

Felhajtóró

Írányítás

Rotormeghajtás

- Ahogyan nő a helikopter sebessége, a szélnekforgó lapátok elérik a hangsebességet és lökőhullámokat okozhatnak a lapát felett, ami szuperszonikus átéséshez, vagyis a felhajtóró eltűnéséhez vezet.
- A szélbelforgó lapátokon (a rotor szélbelforgó oldalán) kisebb sebességű eredő légáramlat mérhető, ezt a vezérlőrendszer meredekebb támadási szöggel próbálja kompenzálni. Ha túl alacsony az eredő légáramlat és túl meredek a támadás szöge, az átésés elkerülhetetlen.
- Ha alacsony fordulatszámon túl nagy támadási szögét állítunk be, szintén átésés következik be.

A helikopter, bár motormeghajtású jármű, motorhiba esetén képes a lapátok lendületét, valamint a biztonságos magasságból történő lefelé irányuló mozgást együttesen kihasználni. Ezt autorotációnak nevezik. Ilyenkor az alulról érkező "megfújásnak" megfelelően a gyorsan ereszkedő helikopter lapátját negatív szögbe állítják, és ettől a rotor a jó irányban forog tovább. Ilyenkor van pár pillanat egy megfelelő lezárlóhely kinézésére, amely fölött - a kellő időben - pozitívba visszaállított rotor termel még annyi felhajtórót, hogy a helikopterrel le lehessen szállni.

A helikoptereket úgy tervezik, hogy még a hajtómű leállásakor is működjön a farkrotor (ezt gyakorlatilag a főrotorral direktben kapcsolt áttétellel oldják meg), így a helikopter működő motor nélkül is irányítható marad, amíg a főrotor forgásban van.

A ciklikus vezérlőrendszer egyik további érdekessége, hogy a lapátokat a gép sajátosságainak megfelelően x fokkal a kívánt haladási irány előtt szabályozzák, amely nem összekeverendő a már említett lapát-tehetetlenségi előtolással. Ez a szabályzás azért van, mert egy forgásban lévő testet, ha kibillentünk a forgási síkjából, például egy rotorlapátot, akkor az azon ébredő precessziós nyomaték erőhatása visszahat a helikopterre. Ezt giroszkopikus precesszióknak is nevezik. Egy korszerű helikopter vezérlőrendszere mindenkor figyelembe veszi a rotor forgási irányát, valamint a repülés irányát és ezeknek megfelelően módosítja a ciklikus vezérlést. A fentieknek sok-sok évebe tellett, mire felismerték ezt a folyamatot, és sikerült áthidalniuk ezt a problémát.

## A rotormeghajtás korlátai

A helikopter legszembetűnőbb hátránya a repülőgépekhez képest alacsonyabb végsebesség. A régi csúcsot a Westland Lynx tartotta 400 km/h-val, de a koaxiális főrotorral és tolólégcsavarral felszerelt Sikorsky X2 450 km/h fölé tola ezt a határt. Számos oka van annak, hogy egy helikopter miért nem repülhet olyan gyorsan, mint egy repülő.

- Lebegés közben a rotorlapátok csúcsai a lapátok hossza által meghatározott sebességgel mozognak. Egy mozgó helikopternél azonban az előrehaladó lapátnak a levegőhöz viszonyított sebessége sokkal nagyobb, mint magáé a helikopteré, és akár a hangsebességet is elérheti, ez rázkódást és lökőhullámokat kelt. Elméletileg lehetséges spirálisan forogó lapátokat használni, de jelenleg nincs olyan anyag, ami elég erős, könnyű és rugalmas ehhez.
- A legtöbb rotor nem merev. Mivel az előrenyomuló lapát erősebb légáramlattal találkozik, mint a visszavonuló, egy teljesen merev lapát azon az oldalon nagyobb felhajtórót keltene és megdöntené a helikoptert. Éppen ezért a rotorlapátokat "csapkodásra" – elhajlásra és csavarodásra tervezik, hogy az előrenyomuló lapát felcsapdjón és kisebb támadási szögét produkáljon, ezzel kisebb felhajtórót hozva létre, mint amekkorát egy merev lapát. Ezzel szemben a visszavonuló pengék lefelé hajlanak, így nagyobb támadási szögét írnak le és nagyobb felhajtórót hoznak létre. Nagy sebességnél a lapátokra ható erő miatt azok csapkodni kezdenek, ekkor a visszavonuló lapátok túl nagy szöget írnak el, majd túlhúzódnak. Néhány típusnál a fedő merev. A lapátok összeesnek, melyek anélkül képesek meghajlani, hogy eltérnének. Léteznek teljesen merev lapátok is, melyek lökő helikoptereket alkotnak. Ezeknél a felhajtórót ciklusonként változtatják a helikopter sebességének megfelelően. Ezt vagy a támadás szögének változtatásával érik el, vagy pedig a hajtómű által működtetett szélvőberendezéssel, amely levegőt szív be a lapátokon keresztül.
- Meghatározó tényező a rotorfel kialakítása. Alacsony, vagy negatív gravitációs értékeknél a lefelé csapkodó lapátok eltárlahatják a farkot, vagy más részét a helikopternek.
- A helikopterek különösen érzékenyek a forgószél jellegű hatásokra. A rotor által lefelé fújó levegő szélvőnyert kavart a rotor körül. Ha ezt tovább fokozza a terep, szél, eső, vagy tengeri hullámok tágéka, akkor elég felhajtórót veszíthat ahhoz, hogy lezuhanjon.



Történet

Felhajtóró

Írányítás

Rotormeghajtás

panaszokat panaszokhoz vezetett.

A helikopterek rázkódnak. Egy rosszul beállított helikopter akár szét is rúghatja magát. Ennek csökkentésére az összes helikopter rotorját magasság és dőlés szerint állítják be. Némelyeknek mechanikai figyelőrendszere van, ami érzékeli a rezgéseket és ellenrezgéseket indít. Általában szilárd viszonytásként egy súlyt használnak, majd a lapátok támadási szögét változtatva kismélik a rezgéseket. A beállítások elvégzése nehéz, mivel ehhez pontosan mérni kell a vibrációt. A legelterjedtebb módszer villogó fénnel megfigyelni a rotorlapátok alján lévő festéseket, vagy színes lámpákat. A hagyományos módszer során fehér krétával megjelölik a lapátok végét; majd megfigyelik, hogy milyen nyomot hagy a vízszínen.

Felhasznált források a Wikipédia oldaláról:  
Helikopter, Kamov (2021. január. 29.)

Felhasznált források a Wikipédia oldaláról: Helikopter, Kamov (2021. január. 29.)