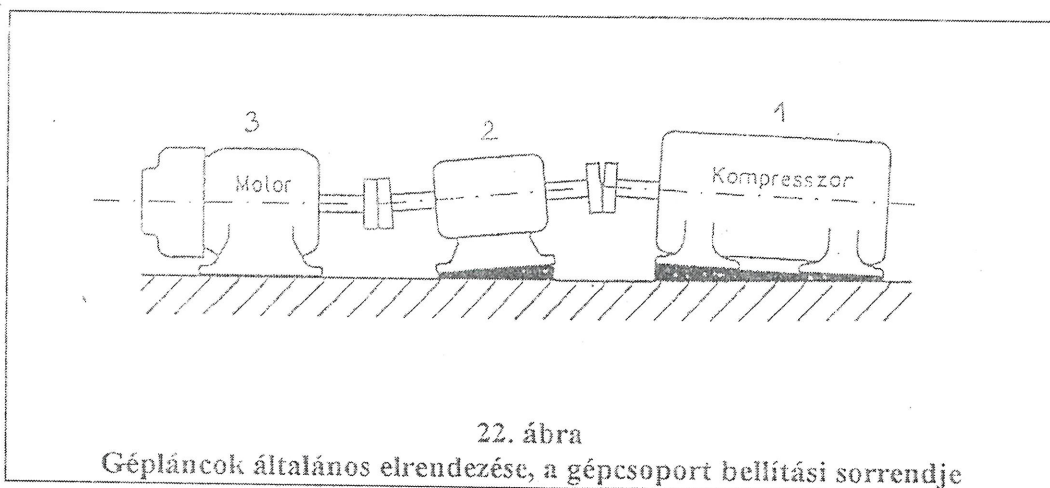


Ezen hiányosságok kiküszöbölésére dolgoztak ki olyan a módszereket, amelyek a rezgés-amplitudó mérése mellett a kiegyensúlyozatlanság helyének megállapítását a fázisösszméréssel oldják meg. Több külföldi gyártó cég is kidolgozott ilyen módszereket, amelyek közül a főiskolai kar az SKF által gyártott MICROLOG CMVA 20 típusú hordozható rezgésanalizátorral rendelkezik, amelybe beépített BALANCING kiegyensúlyozó modul található.

Ezzel a műszerrel végzett eljárás esetében is szükséges elvégezni egy ún. referencia futtatást és egy próbatömeg felhelyezésével történő mérést. Ezek a rotor kiegyensúlyozatlan állapotára jellemző mérési eredményeket szolgáltatják, azonban a fázisösszeg méréssel és a műszerbeépített számítógéppel a szerkesztés és a közbenső számítás teljes mértékben kiküszöbölhető. Itt is szükség van még további indításokra is, azonban a szükséges korrekciók értékét a számítógép igen pontosan meg tudja határozni, így a referencia futást követően (az előző módszerekben a v_0 -hoz tartozó indítás) mindössze két további mérés szükséges a tökéletes kiegyensúlyozás eléréséhez. A mérés részletes leírását Dr. Dömötör F.: "Rezgésanalízis alapfokon" című segédlete tartalmazza

5.6. Forgógépek tengelyeinek szintbeállítási problémái

Az üzemekben a gépek többnyire gépláncot alkotnak, melyek lehetnek kétagúak (egyszerű motor-szivattyú kapcsolat esetén), vagy három esetleg több tagúak (22 ábra)



A gépcsoport tengelyeinek beállításakor mindig az a cél, hogy a gépcsoport minden egységének a tengelyre egy geometriai egyenesbe essen. Ehhez nem elegendő a tengelyek beállítása, a tengelykapcsolókat is pontosan kell elkészíteni, szakszerűen kell összeszerelni.

Ha ezeket a beállításokat és ellenőrzéseket nem végezzük el, akkor üzem közben igen nagy kényszererők, járulékos nyomatékok és erős rezgések léphetnek fel. Ezek az erők sokszorososan meghaladhatják a névleges csapágyerőket, így deformációk és törések állhatnak elő, a gép idő előtt tönkremegy.

A gépcsoport tengelybeállításánál a gépcsoportot összefogó alapon - vízszintes és függőleges síkban - beállításokat kell elvégezni. A vízszintes mozgatás elcsúsztatásokkal, a függőleges mozgatás pedig alátétlemezekkel történik.

A gépcsoport tengelybeállításánál a gépcsoportot összefogó alapon - vízszintes és függőleges síkban - beállításokat kell elvégezni. A vízszintes mozgatás elcsúsztatásokkal, a függőleges mozgatás pedig alátétlemezekkel történik.

A gépcsoportoknál a beállítást mindig a munkagépnél kell kezdeni (lásd. 22. ábra). A munkagép ugyanis általában a legnehezebb, így hozzá képest a hajtóművet, illetve a hajtóműhöz képest a villamos motort egyszerűbb mozgatni.

A tengelybeállítási hibák leggyakrabban előforduló okai:

- a gyártás hibái,
- a szerelés pontatlansága,
- a gépsúly miatti lehajlások,
- a terhelések okozta deformációk,
- a hőmérsékletváltozás következtében előálló hosszváltozások,
- a csapágyjáték, foghézag, stb. üzem közbeni megváltozása,
- tengelybefeszülés külső erők következtében,
- tengelykapcsolók hibái miatt fellépő kényszererők.

A hibák egy része a gyártási pontosság javításával, szigorúbb tűréssel javítható. A hődeformációk illetve a terhelés okozta lehajlások megfelelő konstrukciós kialakítással kivédhetőek. A leggyakrabban előforduló üzemzavarok a tengelykapcsolók hibáira vezethetők vissza, melyet részletesebben is bemutatunk.

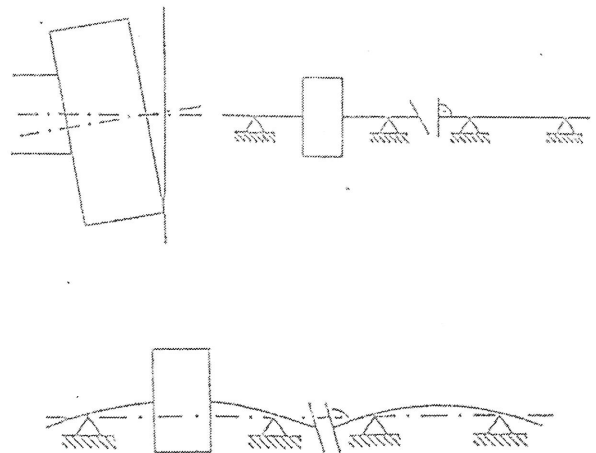
5.7. A tengelykapcsolók hibái

A leggyakoribb hibák gyártási pontatlanság miatt jönnek létre, ezek:

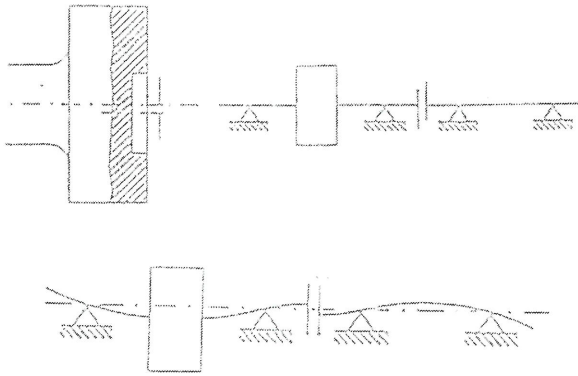
- síkütés, vagy homlokütés
- külpontosság, vagy radiális ütés
- osztáshiba

A síkütés a tengelykapcsoló homlokán axiális irányban mérhető ki, lásd 23. ábra. Ez akkor áll elő, ha a tengelykapcsoló homloksíkja nem merőleges a forgástengelyre.

Ha két gépet - melynek tengelyei egyébként egy egyenesen helyezkednek el - egy ilyen tengelykapcsolóval kapcsolunk össze, akkor a tengelyek rugalmas deformációt szenvednek és a gép beindításakor a tengelyek ebben a deformálódott helyzetben forognak körbe.



23. ábra
Síkütés



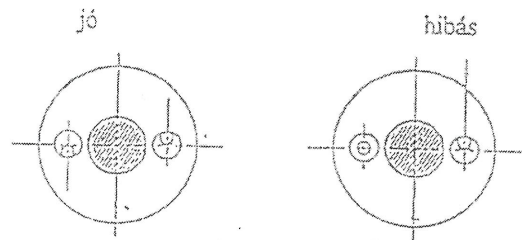
24. ábra
Külpontosság

A külpontosság a tengelykapcsoló hengeres felületén mérhető radiális irányú hiba, lásd 24. ábra. Ha két gépet ilyen tengelykapcsoló kapcsol össze, akkor a tengelyek itt is rugalmas deformációt szenvednek és görbe alakjukat megtartva forognak körbe.

Az összekapcsolt tengelyek deformációja a többszörösére növeli a csapágyak terhelését, különösen nagyméretű, merev gépeknél okoz gyors tönkremenetelt.

Az osztáshiba a tengelykapcsolók fogainak, dugóinak, lamelláinak egyenlőtlen elosztása, mely következtében ezek az erő- és nyomtécátvivő elemek nem egyenlően részesülnek a terhelésből (25. ábra)

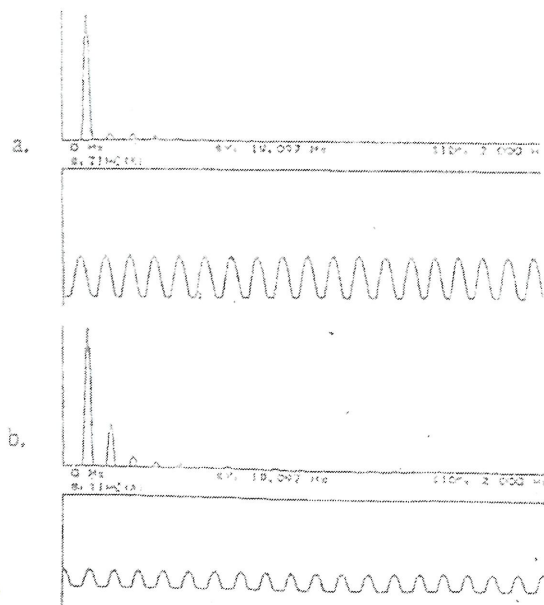
Ennek következtében maga a tengelykapcsoló sérülhet meg és gyakran az osztáshiba következménye a gépezemet kísérő mechanikus rezgés.



25. ábra
Osztáshiba

A fenti hibák annál erőteljesebben jelentkeznek, minél merevebb a tengelykapcsoló. A tengelykapcsolók egy része eleve olyan kialakítású, hogy szöghiba, vagy ütэшiba átvitelére alkalmas (kardán tengelykapcsoló, Oldham-tárcsás tengelykapcsoló). Ezeknél is keletkeznek azonban járulékos mozgások, melyek a kopás, melegedés és fáradás miatt idő előtti üzemkieséshez vezetnek. Az ún. flexibilis tengelykapcsolók, melyekben valamilyen rugalmas anyag -gumi vagy műanyag - viszi át a terhelést, élettartama annál nagyobb, minél kisebb kiegyenlítő mozgást kell végeznie. Másrészt a flexibilitás a tengelykapcsolóknál nagyon is relatív fogalom, nagy méreteknél egy hibásan beépített flexibilis tengelykapcsoló igen nagy járulékoserők keltésére képes.

A tengelykapcsoló hibái miatt tehát igen nagy, körbeforgó erők lépnek fel, melyek terhelik a csapágyakat és ezek következtében csapágyrezgések illetve gyors kopás áll elő. Ezek az erők és a kiváltott rezgések nagyon hasonlítanak a kiegyensúlyozatlanság miatt előálló jelenségekhez. A hiba-lokalizálás legfőbb problémája éppen az, hogy miként lehet ezeket egymástól megkülönböztetni. A radiális irányban végzett rezgésmérések ilyen megkülönböztetést nem tesznek lehetővé, de ha az egy tengelyen elhelyezkedő csapágyak axiális irányú rezgéseit egyszerre mérjük és regisztráljuk, akkor a csapágyaknál fellépő - ellentétes fázisban jelentkező - tengelyirányú rezgésekből biztosan következtetni lehet a meggörbült tengely körbe-forgására, azaz a tengelykapcsolók hibájára.



26. ábra
Tengelykapcsolóhibák rezgésspektruma

Kiegyensúlyozatlanság esetén jelentős axiális erők nem lépnek fel és ezek fázisa is véletlenszerű. Így a két hibaok elkülöníthető.

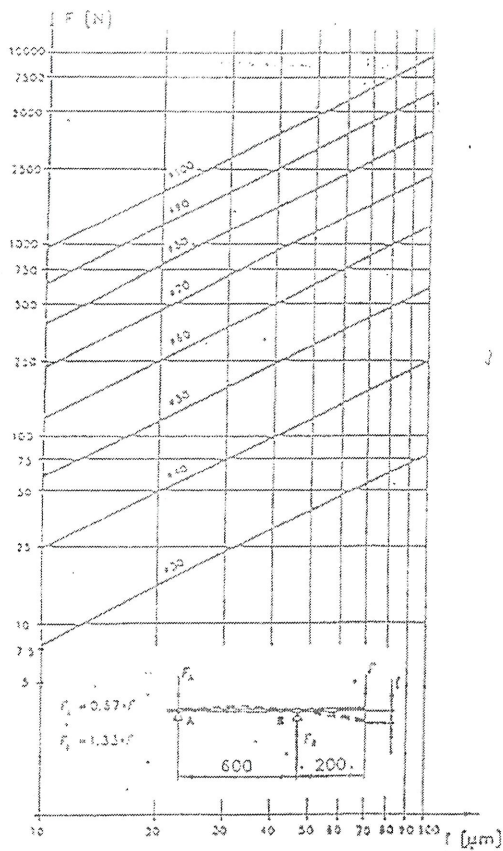
Egyszerűsíti a hibakeresést, ha az összekapcsolt gépek kiegyensúlyozása még összekapcsolás előtt megtörténik. Ilyenkor a rezgés valószínű oka a hibás tengelykapcsoló. Egy tengelykapcsoló hibára utaló radiális és axiális rezgésregisztrátumot mutat a 26. ábra.

5.8. A tengelybeállítás hibái

Az előző részben a tengelykapcsoló hibáinak vizsgálatánál feltételeztük, hogy az összekapcsolandó gépek A-B és C-D csapágyai egy egyenesbe esnek. Ez a követelmény általában nem teljesül, hanem A-B és C-D egyenesek egymáshoz képest különféle helyzeteket vehetnek fel:

- *Egybeesés*: Ez az a helyzet, melyre a beállítások során általában törekedni kell.
- *Párhuzamosság*: Ebben az esetben a két egyenes távolsága - az un. párhuzamossági eltérés - jól definiálható.
- *Metsződés*: Ebben az esetben a két egyenes által bezárt szög - az un. szöghiba - jól definiálható. A metszéspont lehet a tengelykapcsoló szimmetria hibája - centrális metsződés - de azon kívül fekvő pontban is.
- *Kitérés*: Ez tulajdonképpen az előző két eset együttese, azaz kitérő egyenesek egy párhuzamos eltolással és egy elforgatással egybeesésbe vihetők át.

Mi történik akkor, ha az egyébként tökéletes tengelykapcsoló(ók) kitérő tengelyeket kapcsolnak - húzhatnak - össze? Az összekapcsolás természetesen csak nagy erők mellett lehetséges, hiszen a tengelyeket deformálni kell az összekapcsolás érdekében.



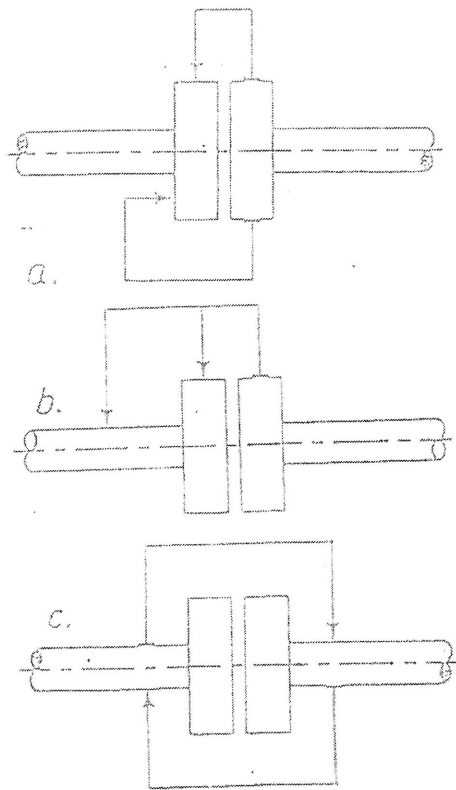
27.ábra
Beállítási hibák esetén keletkező
erőhatások

deformálódott tengely természetesen nagy csapágyerőket kelt, az erők iránya nem változik, tehát nem követik a forgást. Ebből elvileg az következik, hogy rezgésméréssel ezek a nagy feszítő erők nem mutathatók ki. A gyakorlatban azonban van mód a tengelybeállítás hibája miatt befeszült rendszer rezgésméréssel történő diagnosztizálására is. A forgógépeknél mindig észlelhető valamilyen maradék kiegyensúlyozatlanság, vagy kisebb kell, hogy legyen mint a tengelybeállítás megkövetelt pontossága, akkor kezdődhet a tengelyek beállítása.

A 27. ábrán mellékelt nomogram az összekapcsoláshoz szükséges erők nagyságát mutatja a párhuzamossági eltérés mértéke, illetve a tengelykapcsoló átmérőjének függvényében. Ezeket az erőket az illesztési hézagok, csapágyjáték némileg ugyan csökkentik, de látható, hogy a nagyobb átmérőjű tengelyeknél a fellépő erők még így is igen nagyok lehetnek. Az a paradox helyzet áll ugyanis elő, hogy minél robosztusabb és merevebb egy gépcsoport, annál pontosabban kell a tengelyeket beállítani. Ez pedig súlyos gépeknél fokozottan nehéz feladat.

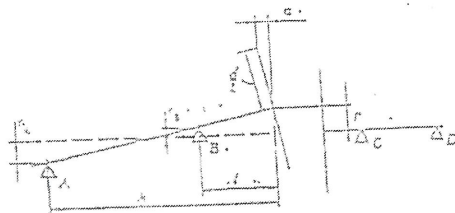
A nem egy egyenesbe eső tengelyek összekapcsolása tehát a tengelyek deformációjával jár. A gépek beindításakor - szemben a tengelykapcsolók hibájával - a deformálódott tengely a térben álló semleges szál körül forog, azaz az egész tengely állandó rugalmas deformációt szenved teljes hosszában. Ez állandó deformáló munkavesztéseket és a tengelyek idő előtti kifáradását idézheti elő. A rugalmas szál síkgörbe, vagy térgörbe aszerint, hogy az A-B és C-D csapágyak egy síkban vannak-e, vagy nem. A

5.9. Tengelybeállítás mérőórákkal



28. ábra

Hagyományos mérési módszerek



29. ábra

Egyszerűsített vázlat

A tengelyek egymáshoz viszonyított helyzetét mérőórákkal lehet kimérni. A mérőórákat mágnessel, vagy mechanikusan a tengelykapcsolókra, ritkábban a tengelyekre kell erősíteni. Ezért is van szükség a tengelykapcsoló pontosságának előzetes ellenőrzésére. A méréshez általában háromféle elrendezést használnak, és ennek alapján:

– radiális és axiális mérés lásd: 28.a.ábra

– egyoldalú radiális mérés, lásd: 28.b.ábra

– kétoldalú radiális mérés, lásd: 28.c.ábra

négy pozícióban olvassák le a mérőóra állásokat. Ezek az állások 90° -onként követik egymást. Ha pl: a 28.a.) ábra elrendezésével az alábbi adatokat kaptuk, akkor a mellékelt számítás elvégzésével meghatározhatjuk a függőleges és a vízszintes elmozdítás értékét., mely a 29.sz. ábrán vázaltszerűen látható.

a - az axiális eltérés a függőleges síkban

r - a radiális eltérés a függőleges síkban

d/2 - a tengelykapcsoló sugara

l - csapágytávolság

k - csapágytávolság

x_A és x_B - a csapágyhelyzet korrekciói a függőleges síkban

$$x_A = \frac{k \cdot a}{d/2} - r \quad \text{és}$$

$$x_B = \frac{l \cdot a}{d/2} - r$$

	eltérés	
	Radiális	Axiális
0°	0	0
90°	-0,50	-0,18
180°	-0,50	-0,16
270°	-0,15	+0,02

ha $l = 350 \text{ mm}$ $k = 2500 \text{ mm}$
 $d = 300 \text{ mm}$
 $a = 0,08 \text{ mm}$ (a mérés alapján)
 $r = 0,25 \text{ mm}$ (a mérés alapján)
akkor $x_A = 1,08$ és $x_B = -0,06$.

Azaz a hátsó csapágyat 1.08 mm-el emelni kell, az első csapágyat pedig 0.06 mm-el le kell süllyeszteni.

A lesüllyesztés néha nem lehetséges, hiszen alátétezni tudunk, de az alaplemezből egy 0.06 mm-es réteget eltávolítani nem lehet.

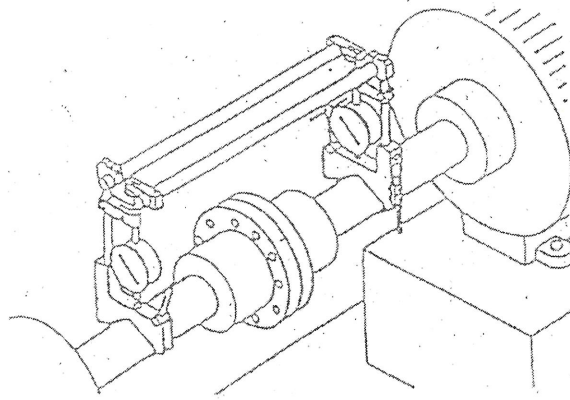
Ilyenkor az egész egységet a szükséges 0.06 mm-el meg kell emelni és az alátékezés az alábbi értékekkel lehetséges:

$$x_A = 1,14; \quad x_B = 0,00; \quad x_C = 0,06; \quad x_D = 0,06$$

A számítás hasonló a vízszintes síkban is, azaz a méretek és a mért értékek segítségével a szükséges korrekció meghatározható. Itt a gépmozgatásnak általában nincs olyan korlátja, mint függőleges síkban, mivel a lerögzítő csavarok furatait a mozgítás érdekében a szükségesnél nagyobbára készítik.

Látható, hogy a mérőórás módszerek mérési szaktudást és némi geometriai ismeretet tételeznek fel. Ez az adott helyen nem mindig áll rendelkezésre és a mérőórás mérési eljárás lefolytatása nagyon időigényes is. Meg kell azt is jegyezni, hogy sok esetben a mérőórákkal felszerelt tengelykapcsolók nem forgathatók el a szükséges négy mérési helyzetben, mert pl: a tengelykapcsoló alatt szűk a hely. Előfordulhat olyan eset is, amikor a tengelykapcsolók mérete miatt a mérőórákat hosszú tartókonzolokra lehet felszerelni, lásd 30. ábra.

Ilyenkor a konzol lehajlását is figyelembe kell venni.



30. ábra
A mérőórák konzolos felszerelése