

Életünkhöz sokféle gép kapcsolódik. Képzeljük el, hány fajta gép dolgozik például a bányáiparban, mezőgazdaságban, élelmiszeriparban, nehéziparban, könnyűiparban stb. Ez a felsorolás egyáltalán nem teljes, de már ez is mutatja, hogy a gépek áttekinthetetlen sokaságához jutottunk. Néhány fizikai és műszaki elv segítségével azonban sikerül ebben a rengetegben eligazodni. Ennek alapja az, hogy a gépek több *közös, általános érvényű tulajdonsággal* rendelkeznek. Ebben a cikkben a legegyszerűbb ilyen tulajdonságokkal foglalkozunk.

A gépek nagy változatossága ellenére vannak olyan gépészmérnökök, technikusok, szakmunkások, akik a gépek közt könnyen eligazodnak. Bármilyen gép kerül eléjük, azonnal szakértő módon nyúlnak hozzá. Ennek kettős oka van. Egyrészt sok közös elem van a gépeken (pl. golyós csapágyak), melyek egyforma kezelést kívánnak; másrészt a működési elvek sok közös tulajdonságot mutatnak. (Éppen ezekről lesz szó!) Az emberek műszaki érzéke az előbb említett két területen szerzett tapasztalatokon alapul. Ezért a műszaki érzék nem az öröklés által megszabott változhatatlan valami, hanem nagy mértékben fejleszthető.

Vitatkozni lehet azon, hogy mit nevezünk *gépnek*. Nem lehet éles határt vonni a különböző fűrészerkezetek között a kézi fűrőtől a legmodernebb fűrőgépig, kijelentve: hogy ez már gép, az még nem. – A gépek történelmi szerepét is tekintve azonban azt mondhatjuk, hogy *a gépek mentesítették az embert a mechanikai munka végzésétől*. (Gőzgép megjelenése, ipari forradalom. *Gép* szavunk is a nyelvújítás korából származik.) *Szűkebb értelemben* tehát azokat a szerkezeteket, eszközöket nevezhetjük gépnek, mellyel valamilyen energiafajta átalakítása útján mechanikai munkát nyerünk, és azt felhasználjuk az adott célnak megfelelően. Ezt a folyamatot a műszaki életben még tagolják, és külön beszélnek erőgépről, közlőműről és munkálógépről. Az *erőgép* szolgáltatja (termeli) a mechanikai munkát. Ezt a *közlőmű* továbbítja (sokszor módosítja, esetleg szétosztja). A *munkálógép* a bevezetett mechanikai munkát *hasznosítja* a gép rendeltetésének megfelelően. Példák az erőgép – közlőmű – munkálógép tagolásra:

Eszterga: villamos motor – sebességváltó szekrény – befogó fej és kés.

Cséplés: traktor – szíjhajtás – cséplőgép.

Autó: diesel-motor – sebességváltó mű – futómű és felső rész.

Egyes gépeknél ezek a részek élesen elkülönülnek. (Pl. ha különböző vállalatok szállítják őket.) Ilyen esetben az egyes részeket nevezik külön gépnek, és az egészet *gépcsoportnak*. Más esetben egyik vagy másik rész összeolvad. Egy asztali ventilátornál a villamos motor tengelyén vannak a csavarszárnyak, a közlőmű egyetlen tengelydarabbá zsugorodott, ha van egyáltalán értelme ebben az esetben közlőműről beszélni. – Átvitt értelemben az embert is „erőgépnek” lehet tekinteni. *Kerekes kút*: Ember – hengerkerék áttétel – lánc és vödör. (Ezzel a gépről alkotott fogalmunkat kissé általánosítottuk.)

Valaki azt gondolhatná, hogy az ún. *egyszerű gépekből* a bonyolult gépeket is össze tudja állítani. Jobban meggondolva, az emelő, ék, hengerkerék stb. nagyon kevés kapcsolatban van a mai gépekkel. (A gépek fontos tulajdonsága: a mechanikai munka termelése hiányzik! Ezek tulajdonképpen csak közlő művek.) Az egyszerű gépek elnevezés szerencsétlen, helyette az *erő átalakító eszközök* elnevezés helyesebb. Korunkban azonban az erő átalakítás feladatára is inkább fogaskerék-kapcsolatokat alkalmaznak. Úgyhogy végül az *ókori gépek* elnevezés a legtalálhatóbb. (Ez a megjegyzés természetesen nem jelenti azt, hogy manapság ezekkel nem érdemes foglalkozni. Az ókori gépek alkalmasak a sztatika alaptörvényeinek tanulmányozására.)

A gépek egyik általános tulajdonsága, hogy energia befektetés szükséges. Mechanikai mozgás nincs energia befektetés nélkül: nincs *perpetuum mobile*! A *perpetuum mobile* örökmozgó gépet jelent. Kétféle értelemben beszélnek róla. Egyik értelemben olyan szerkezet, amely energiabefektetés nélkül, állandó működéssel kicsiny munkát tud végezni. Ez az energiamegmaradás törvénye miatt lehetetlen. – Ezen törvény szerint azonban elvileg lehetséges a másik értelemben vett *perpetuum mobile*: energia befektetés nélkül örökös mozgásban levő szerkezet. Ezt viszont gyakorlatilag lehetetlen megvalósítani. Gondoljunk csupán arra, hogy a mozgást a légellenállás akadályozza, és ez energia befektetést követel. A légellenállás ugyan csökkenthető, ha a szerkezetet vákuum alá helyezzük, de tökéletes vákuum nem állítható elő.

Ha valaki egy gép működését gyorsan át akarja tekinteni, akkor a gép céljának tisztázása után az első kérdés az legyen, hogy milyen energiát használ fel. Így az *erőgépek* főbb csoportjai: emberi, állati, gőz (külső égésű motor), gáz (belső égésű motor), légnyomásos, villamos energiát felhasználó gépek.

A technika fejlődése során az egyes erőgép-fajtákhoz kialakult a hozzá illő közlőmű és munkálógép rendszer. 50 évvel ezelőtt, ha valaki bement egy nagyobb üzemrészbe, a következő elrendezést találta. A terem egyik sarkában egy gőzgép (vagy belső égésű motor) szolgáltatja a mechanikai munkát, amit szíjhajtás továbbított a terem egész hosszában végighúzódnó közlőmű tengelyre. Erről a tengelyről ugyancsak szíjhajtással hajtották a teremben levő összes munkálógépet. (A közlőmű tehát az energia továbbításán kívül annak szétosztását is végezte.) Ma már a csattogó szíjak rengetegét kicsiny villamos motorok váltották fel, így mindegyik munkáló gépnek külön motorja, *erőgépe* van. – Elterjedtek még a légnyomásos gépek is. Ezeknél egy légkompresszor szolgáltatja a nagynyomású levegőt, amit csővezeték továbbít a légkalapácsokhoz, légfúrókhoz, stb. Különösen bányákban előnyös, ahol a sújtólég robbanás veszélye miatt villamos gépeket (szikra!) nem alkalmaznak.

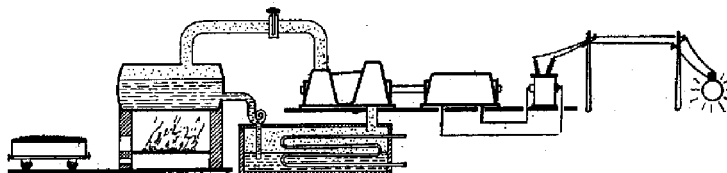
Az előző részekben a gépek fogalmát a mechanikai munkához kötöttük. Azonban *bármilyen más energia-fajtát* alapul vehetünk. Más energia termelése és felhasználása is az előbb leírt hármas tagozás szerint történik, ha az erőgép, közlőmű, munkálógép fogalmát kissé általánosítjuk. Például a *villamos energia* szempontjából. Erőgép: a villamos energiát termelő generátor. Közlőmű: a villamos energiát átvivő és elosztó vezetékhalózat. Munkálógép: a villamos energiát hasznosító sokféle gép, szerkezet, készülék. – A köznapi szóhasználatban más energia-fajták átalakításánál szereplő berendezéseket már nem nevezik gépnek. Azonban ezekre is ugyanazok érvényesek, mint a mechanikai munkához

kapcsolódó erőgépekre, közlő művekre és munkológépekre.

Az eddig ismertetett hármas tagozás segítségével gépek bonyolult láncolatát is egyszerű egységekre bonthatjuk, ahol az egységek szerepe világosan látszik. Az ábrán egy hőerőmű jelképes vázlata látható. A szénben tárolt kémiai energiát felszabadítva hőenergiát kapunk.

<i>Energia-fajta;</i>	<i>Termelése</i>	<i>– továbbítása</i>	<i>– felhasználása:</i>
	(erőgép)	(közlőmű)	(munkológép)
<i>Hő:</i>	Égéstér	– fűtőfelület	– gőzkazán.
<i>Gőz (nyomás):</i>	Gőzkazán	– gőzvezeték	– gőzturbina.
<i>Mechanikai:</i>	Gőzturbina	–	– generátor.
<i>Villamos:</i>	Generátor	– vezetékhálózat	– fogyasztó.

A gőzturbina tengelyéhez közvetlenül kapcsolódik a generátor, ezért itt a közlőmű elmaradt.



Korunkban az a törekvés, hogy az energia termelése (természeti ősfállapotából műszakilag könnyebben használható formára való átalakítása) minél nagyobb egységekben történjék. A felhasználás viszont kis egységekben történik. Ezért egyre jobban előtérbe kerülnek az olyan „közlő művek”, amelyek kényelmesen használhatók az energia nagyobb távolságra való továbbítására és elosztására. A főbb megoldásokat már említettük: gőzvezeték, légvezeték, villamos vezetékhálózat.

Mindennapi életünkhöz anyagokra (ruha, élelem, víz) és energiákra (hő, villany, gáz, stb.) van szükségünk. Ha végigkövetjük valamely anyag vagy energia útját a gépek sorozatán keresztül, míg a fogyasztóhoz jut, megállapíthatjuk, hogy két általános fizikai törvénynek kell érvényesülnie: az *anyagmegmaradás* és az *energia-megmaradás* törvényének. Ez azonban csak fizikus szemmel van így. Amikor egy 40 kp súlyú acélöntvényből a megmunkálás során 30 kp súlyú kész alkatrész lesz, a műszaki ember a 10 kp súlyú hulladékot *vesztésnek* tekinti. Az anyag *kihasználása* csak $30/40 = 75\%$ -os.

Ugyanígy az energiák átalakításánál is beszélhetünk *vesztésről* és *hatásfokról*. Amint az erőmű példáján az előbb láttuk, műszaki szempontból minden egyes gépnek megvan a maga szerepe és feladata az energiaátalakítás folyamatában. A bevezetett energiának az a hányada, amely a gép feladatának megfelel, *hasznos*, az energia többi része *vesztés*. A gép üzemét egy adott időtartam alatt vizsgálva, a hasznosított és bevezetett energiák hányadosa a *hatásfok*.

Egy gépegység vesztéséről és hatásfokáról természetesen csak akkor beszélhetünk, ha a hármas tagozás segítségével a gép szerepét tisztáztuk. (Külön hatásfoka van egy erőgépnek vagy egy közlőműnek, ill. munkológépnek. Pl. az erőmű esetében a gőzkazánnak, gőzvezetéknek, gőzturbinának.) Szó lehet azonban egész gépcsoportok hatásfokáról is. (Az erőmű hatásfoka: a hálózaton távozó villamos munka és a bevezetett kémiai energia hányadosa.) Az anyagkihasználás és az energiaátalakítás hatásfokának fogalma és számértéke a felhasználás céljától függ, és ezért bizonyos mértékig önkényes.

Ezt a következőkből láthatjuk. Az előbb említett 10 kp hulladékot ismét be lehet olvasztani, tehát nem vesztett el véglegesen. – Ehhez hasonlóan az erőműnél is a gőzturbinából távozó (fáradt) gőz hőtartalmát hasznosítani lehet: a gőzt csőhígyóban áramoltatott hideg vízzel (a kondenzátorban) lehűtjük. Ezáltal a gőz lecsapódik, hőtartalmát átadja a hűtővíznek. (A lecsapódott gőzt egy vízszivattyú a kazánba nyomja vissza.) A felmelegedett hűtővizet az erőmű környezetében lakótelepek fűtésére lehet használni! – Az erőmű hatásfokának számértéke tehát függ attól, hogy a villamos munkán kívül ezt a hőhasznosítást figyelembe vesszük-e. (A hatásfok számításánál nem szokták figyelembe venni, de az erőmű gazdaságosságának számításánál igen.)

Itt alkalmunk nyílik a fizikai és a technikai szemlélet közötti különbség jellemzésére. A fizikus a jelenségeket vizsgálja, leírja és magyarázza (pl.: az energiamegmaradás törvénye) az ember tudatától és céljaitól függetlenül. – A technikus a jelenségeket az emberek *céljainak* megfelelően értékeli (pl.: hatásfok), tervezi és valósítja meg.

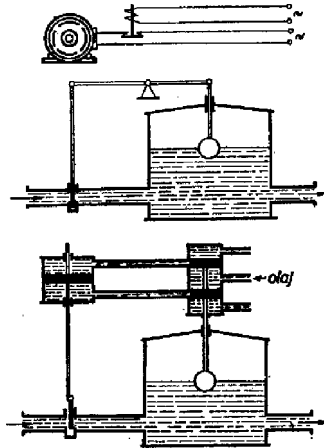
A két szemlélet nincs ellentétben, sőt kölcsönösen kiegészítik egymást. Csak arról van szó, hogy ezen cikk anyagának nagy része is megtalálható dr. Pattantyús Á. Géza: *Gépek üzemtana* c. könyvében.

A gépek előbb ismertetett hármas tagozásának előnye akkor is látszik, ha a gépek *jelleggörbéit* vizsgáljuk. A jelleggörbe arról tájékoztat, hogy ha egy gép sebességét változtatjuk, akkor az erőhatások hogyan alakulnak. Egészen különböző gépek jelleggörbéi is hasonlóak, ezért a jelleggörbék alapján nagyon általános törvényszerűségeket lehet megállapítani. Ezekkel itt nem foglalkozunk.

A gépek mentesítették az embereket a mechanikai munka végzésétől. A technika fejlődésével fokozatosan a *gépek irányításának* feladatát is gépek vették át. Ha az ilyen célra készített *szabályozó* vagy *vezérlő* berendezéseket energetikai szempontból nézzük, megállapíthatjuk, hogy ezeknek a rendeltetése nem az energia termelése, továbbítása, vagy felhasználása, tehát az előbb szereplő hármas tagozás ezekre nem alkalmazható. Így a hármas tagozás egy negyedikkel

egészíthető ki: a negyedik egység az egész folyamatot szabályozó vagy vezérlő berendezés. Ezek célját a következőkkel világíthatjuk meg. Előbb a termelést úgy képzeltük el, mint az anyagok és energiák áramlását, sorozatos helyváltoztatását és átalakulását. Ebbe a folyamatba avatkoznak be a vezérlő és szabályozó berendezések. A beavatkozás célja lehet egy folyamat elindítása, fenntartása, megváltoztatása és leállítása. Az általános tulajdonságok megállapítása előtt néhány példát említünk:

1. Egyszerű példa *vezérlésre* egy nagy villamos motor indítása távolról. (Az ábrán a felső vázlat.) Az indító gombot benyomva egy elektromágnes áramköre zárul. Az elektromágnes a motor közelében levő nagy indító kapcsolót bekapcsolja, és a motor elindul.



2. *Szabályozásról* van szó, ha az a feladat, hogy egy vízmedencében a vízszintet állandó értéken kell tartani, annak ellenére, hogy a vízfogyasztás a medencéből változó mértékű. A középső vázlaton látható szerkezettel célt érünk. A medencében elhelyezett úszó a víz színén van, és egy közepén csuklósan rögzített rudat mozgat, melynek másik végéhez a befolyó víz vezetékébe érő elzárólap kapcsolódik. Ha a vízfogyasztás valamilyen oknál fogva megváltozik, például csökken, akkor a medencében a vízszint emelkedni kezd, az úszó is emelkedik, az elzárólap annyira zár, hogy az időegység alatt beáramló víz térfogata egyenlő lesz az elfolyó víz térfogatával. – Ha a vízfogyasztás nő, a folyamat fordítva játszódik le, a lap nyit. – A vízszint a medencében nem mindig ugyanazon az értéken áll meg. Nagyobb vízfogyasztás esetén a szint alacsonyabb. A vízszint a medencében az elzárólap lezárt és teljesen nyitott állásának megfelelő helyzetek között változhat. Ezek a szintváltozások több esetben megengedhetők.

3. Sok esetben az elzárólap mozgatásához a súrlódás miatt nagy erőhatás szükséges, ezért az úszó nem bírja mozgatni. Ilyen esetben a lap mozgatására *segédennergiát* használunk. Az alsó vázlaton szereplő esetben nagynyomású olaj szolgáltatja a segédennergiát. A lapot egy hengerben mozgó dugattyú emeli, melynek egyik vagy másik oldalára hat az olajnyomás. Az úszónak csak az olaj útjába helyezett kis *vezérlő szelepet* kell mozgatnia. Ha a vízszint emelkedik, akkor a kettős dugattyúval ellátott vezérlő szelep is emelkedik. Ezzel az olaj útja kétfelé válik szabaddá: a nagynyomású olaj a lapot mozgató dugattyú felső oldala felé megindul, míg a dugattyú alsó oldaláról az olaj a vezérlő szelepen keresztül a szabadba távozik. A dugattyú felső oldalán közelítőleg a tápolaj nyomása, alsó oldalán a légköri nyomás hat; végeredményben tekintélyes erőhatás mozdítja a dugattyút lefelé. Vízszint csökkenés esetén a fordított folyamat játszódik le. – Ennél a szerkezetnél a vízszint mindig ugyanazon értéken áll meg.

A 2. példában a folyamat maga szolgáltatja a beavatkozáshoz szükséges munkát (elzárólap mozgatása), a 3. példában segédenergia szerepel. A segédenergia szerepét még a következőkkel világíthatjuk meg. A vízszintet *érzékelő szerv* az úszó. A *beavatkozó szerv* a csövet elzáró lap. A segédenergia alkalmazása az érzékelő szervet mentesíti az erőhatásoktól, így nagyon érzékennyé válik (pontosan követi a vízszint alakulását). Másrészt a beavatkozó szervnél biztosítja a beavatkozáshoz szükséges munkát. A segédenergia előállítása természetesen munkát igényel. (Ezt olajnyomás esetén úgy szokták megoldani, hogy a vezérlő szelepből elfolyó olajat egy olajszivattyúval nagynyomású tartályba nyomják, innen jut az olaj a vezérszelepbe. Így az olaj körforgást végez. Az olajszivattyú hajtására fordított munka szolgáltatja lényegében a beavatkozáshoz szükséges munkát.)

A szabályozás és vezérlés közötti döntő különbség az irányítási folyamat elindításában van. *Vezérlésnél* valamely külső ok hozza mozgásba az egymáshoz kapcsolódó szerveket (az 1. példában az indító gomb megnyomása). A szabályozás esetében az anyag- vagy energia áramlás hat az érzékelő szervre, tehát maga a folyamat hozza mozgásba a szabályozó szerveit (2. és 3. példa). A beavatkozó szerv elmozdulása azután szabályozáskor az anyag- vagy energia áramlás megváltozásán keresztül ismét az érzékelő szervre hat. – A szabályozás és vezérlés közötti különbséget tehát így fogalmazhatjuk meg: vezérlés esetében a hatás *nyílt láncon* egy irányban halad, szabályozásnál a hatás *zárt körön* halad végig.

Szabályozóval ellátott berendezések legnagyobb veszélye a lengés. Lengések lehetősége következik abból, hogy a hatás zárt körön halad. Ezt a 3. példa esetében a következőkből láthatjuk. Tegyük fel, hogy a vízfogyasztás egy állandó érték, és a vízszint az előírt érték alatt van. A szabályozó az elzáró lapot nyitja, a szint emelkedni kezd. Abban a pillanatban, amikor a vízszint az előírt értéken van, az olaj útja elzárul, és a dugattyú megáll. Az elzáró

lap azonban magasabban van, mint kellene, mert a beáramló víz nemcsak a fogyasztást, hanem a medence töltődését is fedezi. Azaz az egy sec alatt beáramló víz térfogata annnyival nagyobb az egy sec alatt kiáramló víz térfogatánál, amennyivel a medence egy sec alatt töltődött. – Mivel az elzárólap magasabban van, a vízszint tovább emelkedik, és az elzárólap megindul lefelé. Abban a pillanatban, amikor a vízszint megáll, az elfolyó víz mennyisége egyenlő a befolyó víz mennyiségével, tehát az elzárólap éppen a helyén van, de most a vezérlő szelep van magasabban, ezért az elzárólapot tovább mozgatja lefelé. A játék tovább folytatódik, a másik irányba történő kilendüléssel. A berendezés méreteitől függ, hogy ez a lengés lecsillapodik-e, vagy „felhintázódik”. Ha a lengések egyre erősödnek, akkor a szabályozó nem felel meg a feladatának, és könnyen törésre is vezethet. A szabályozók tervezésénél fő szempont a lengések elkerülése.

Érdemes megjegyezni, hogy a lengéseknek sok közös tulajdonsága van. Ezért aki ismeri a lengést, sok esetben előre is meg tudja jósolni a lengések létrejöttét, anélkül, hogy a berendezést részletesen ismerné. Egyik általános törvényszerűség, hogy a lengések fenntartásához vagy erősítéséhez energia befektetés szükséges, különben lecsillapodnak. Szabályozások esetén ez az energia származhat magából a folyamatból, de származhat a segédenergiából is.

Segédenergia nélküli szabályozót csak ritkán, egészen egyszerű esetekben alkalmaznak. A segédenergiával működő szabályozó berendezések közt három főbb rendszer alakult ki a segédenergia fajtája szerint: a nagynyomású olajjal működő *hidraulikus*, a légnyomással működő *pneumatikus* és a villamos elveken alapuló *elektromos* rendszer. Mind-egyiknél az érzékelő szervtől elég távol helyezkedhet el a beavatkozó szerv, közöttük csővezeték (olaj, levegő) vagy villamos vezeték terjed a hatás. Bonyolultabb szabályozásoknál ezek a rendszerek vegyesen is előfordulnak.

Eddig anyag-áramlások szabályozása szerepelt. Energiaáramlások esetében is szükség van szabályozásra. Az előbb tárgyalt hőerőművel kapcsolatban csupán a szabályozási feladatokat említettük: a termelt hőenergiának, gőznek és villamos fogyasztásnak összhangban kell lennie, különben energia felhalmozódás, vagy energia hiány lépne fel. Például, ha a villamos fogyasztás hirtelen nagy értékkel csökken, akkor a turbinába áramló gőz mennyiségét is csökkenteni kell. Ha ugyanis hosszú ideig nagyobb teljesítmény áramlik be, mint távozik, ez csak úgy lehetséges, hogy a különbség a turbina és a generátor forgó részének mozgási energiáját növeli, a fordulatszám állandóan emelkedik, ami egy idő után katasztrófához vezet. (Általában olyan szabályozót alkalmaznak, amely a turbina fordulatszámát érzékeli és igyekszik állandó értéken tartani. Ilyen a hidraulikus szabályozó, amely a gőzelzáró szervnél avatkozik be.) Kisebb gőzfogyasztás esetén a hőtermelést is csökkenteni kell, különben a hőmérséklet emelkedik túl magasra. (Pneumatikus szabályozó az égéstér levegőellátását módosítja).

Az egyre bonyolultabb szabályozások (teljes gyárak), és az igen kicsiny idő alatt szükséges beavatkozások (radar, pilóta nélküli repülőgép, rakéta) a szabályozási rendszerek új felépítésére vezettek. Az érzékelő szervek a jeleket egy elektronikus számológépbe adagolják. Ez a jeleket kiértékeli, összehasonlítja, esetleg megjósolja, ellentétes hatások esetén a legjobb megoldást kiválasztja, és megadja az utasításokat a beavatkozó szerveknek. (Az ilyen típusú szabályozásokat annyira kifejlesztették, hogy újabb érdekes ilyen alkalmazni egyszerűbb feladatok elvégzésére is.)

A technikai haladásnak ezeket a csodálatos eredményeit matematikusok, fizikusok, műszakiak szoros együttműködése hozta létre.

Fáy Árpád