



MJ3 mérés - Nyomástávadó válasza ugrásfüggvényre

Autokorreláció alkalmazása

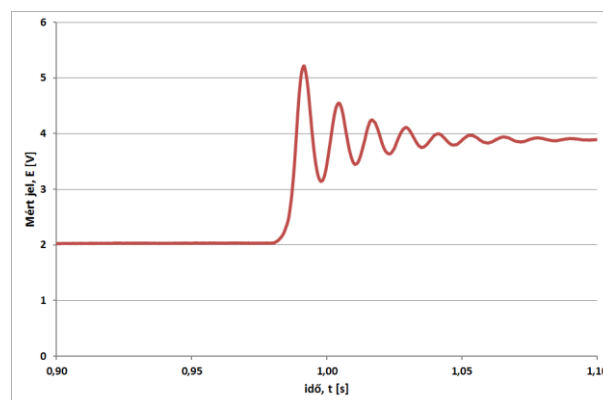
1. Mérés célja

Egy membrános nyomástávadóval felszerelt rendszer, mint másodrendű mérőrendszer tulajdonságainak - úgy mint: felfutási idejének, beállási idejének, csillapított sajátfrekvenciájának, és ezek alapján csillapítási tényezőjének és csillapítatlan sajátfrekvenciájának- meghatározása mérési eredmények alapján.

2. Mérés leírása

Egy másodrendű differenciálegyenlettel leírható (továbbiakban másodrendű) mérőműszerek például a gyorsulásmérők vagy a membrános nyomásmérő eszközök. Az ilyen rendszer fizikai paramétereinek függvénye az eszköz csillapítatlan sajátfrekvenciája, és csillapítási tényezője, melyeket a rendszer jellemzésére szoktak használni. Másodrendű rendszerek közül megkülönböztetünk alulcsillapított, kritikus csillapítású és túlcsillapított rendszereket.

A rendszer említett két paraméterének kísérleti meghatározására bevett módszer, hogy egy tranziens folyamatra adott választ vizsgálunk. Mérésünkben egy másodrendű viselkedésű, tipikusan alulcsillapított, membrános nyomástávadó válaszát vizsgáljuk meg egységugrásra adott gerjesztés esetén. A kapott jelet feldolgozzuk, és meghatározzuk a rendszert jellemző fizikai paramétereket.

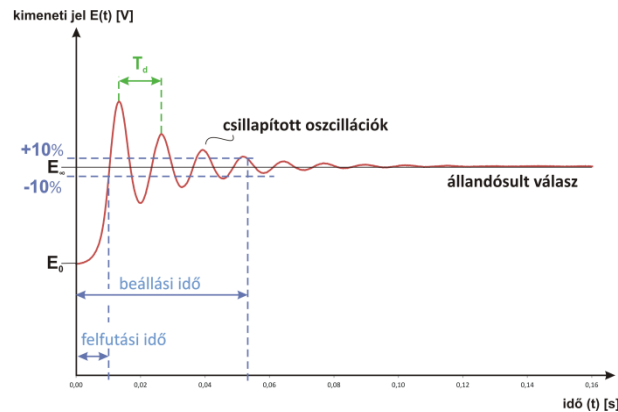


1. ábra: alulcsillapított másodrendű rendszer válasza ugrásfüggvényre

Egy ilyen tipikus jel látható az 1. ábrán. A konstans nyomásjel egy hirtelen beavatkozás (egy csap nyitásának) pillanatában felugrik, majd csillapodó oszcillációk után beáll az állandósult válaszértékére.

A jel kiinduló értéke, és az állandósult válaszértéke közötti különbség adja meg az ugrásfüggvény amplitúdójának nagyságát (a 2. ábrán $E_{\infty} - E_0$). Azt az időt, amire a rendszernek szüksége van, hogy először elérje a $(E_{\infty} - E_0)$ 90 %-át **felfutási idő**nek nevezzük.

Beállási időnek definiáljuk azt az időt, amire a rendszernek szüksége van, hogy az oszcillációk $\pm 10\%$ tartományon belülre kerüljenek.

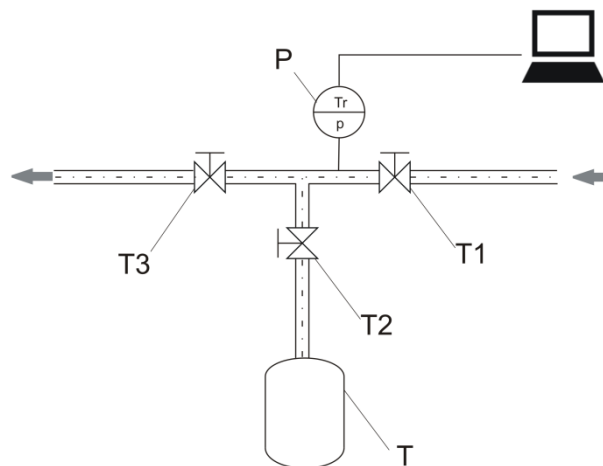


2. ábra: felfutási idő, beállási idő és az oszcillációk periódusideje egy tipikus ugrásfüggvényre adott válaszjelben

A kialakult csillapító oszcillációk periódusideje a rendszer **csillapított periódusideje**: T_d .

3. Mérőberendezés bemutatása

A tranziens folyamatra adott válasz mérésére alkalmas mérőberendezés vázlata a 3. ábrán látható. A csővezeték középső szakaszára van beépítve a Keller, PA21SR típusú membrános nyomástávadó, melynek méréshatára 16 bar. A nyomástávadó előtt a hálózati vízzel táplált rendszer a T1 jelű golyóscsappal zárható le. A nyomástávadó után az elágazó csővezeték egyik ágához egy (T jelű) légtartály csatlakozik, amelyhez a folyadék útját a T2 jelű golyóscsap zárja el. A másik vezetéken a T3 jelű csapon keresztül a folyadék szabad kifolyással engedhető le a végmedencébe, mely ponton így légköri nyomás feltételezhető. A nyomástávadó jelét számítógépes adatgyűjtéssel, LabView/MatLab szoftver alatt írt programmal jelenítjük meg, és menthetjük el.



3. ábra: A mérőberendezés vázlata

A tranziens nyomáshullám létrehozása előtt a T1 és T3 jelű csapokat nyitjuk, így a hálózati víz átfolyik a rendszeren, és a nyomástávadót légtelenítjük. A légtelenítés után a T3 csapot zárjuk, és T2 nyitásával a hálózati víz nyomásának (kb. 4 bar) megfelelő nyomást állítunk be a tartályban. Ezután T2-t és T1-et zárjuk, és T3-at nyitjuk. Így a középső vezetékszakaszban alacsonyabb, légköri nyomás lesz. T3 zárása után T2 hirtelen nyitásával ez a nyomás felugrik a hálózati nyomás értékére, és így létrehozható a nyomástávadó „helyén” az ugrásfüggvény.

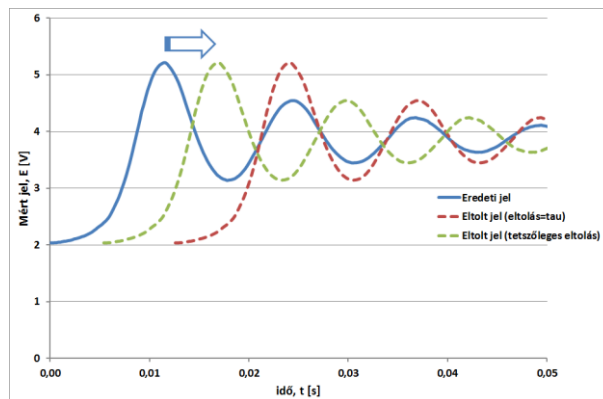


4. A mért mennyiségek, az eredmények feldolgozása

A mérés eredménye egy 5 s hosszúságú, 5 kHz mintavételezési frekvenciával felvett jel, melyet egy txt állomány tartalmaz [időjel, feszültségjel] formában. Az eredmények feldolgozásához először a mért jelből ki kell választani a mérés szempontjából lényeges tartományt. (A feldolgozást célszerű Excel programmal elvégezni, de más szoftver is használható hozzá.)

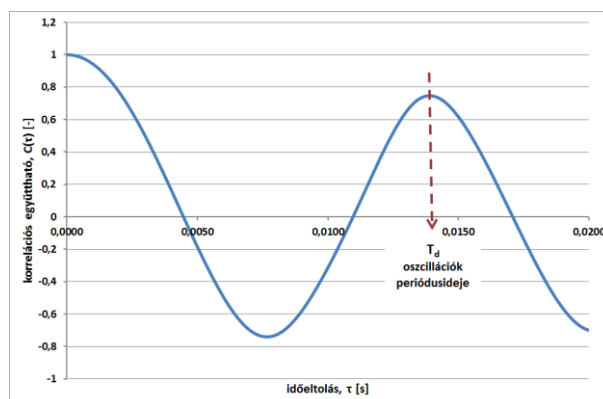
A kapott jel elejének és végének átlagolásából megkapható a kiinduló jel értéke (E_0), és az állandósult válasz értéke (E_∞). A kettő különbségéből számolható a $\pm 10\%$ -os érték, és a jelből meghatározható a **felfutási idő** és **beállási idő** értéke.

Az oszcillációk periódusidejének meghatározásához az autokorrelációs függvény használható. A módszer lényege, hogy a jelet fokozatosan (τ -val) eltoljuk, és az eltolt jel, illetve az eredeti jel közötti korrelációt vizsgáljuk, lásd 4. ábra.



4. ábra: az autokorrelációs módszer

A jel önmagával való korrelációja 1, így a függvény erről az értékről indul. Innen a korrelációs együttható $C(\tau)$ csökken; amikor elérjük a félpériódusnyi időeltolást C értéke -1 körül van, majd újra növekedni kezd. A következő csúcs (1 körüli érték) mutatja azt az időeltolást, ami az **oszcillációk periódusidejével** (T_0) megegyező értéknél adódik, lásd 5. ábra.



5. ábra: a periódusidő meghatározása az autokorrelációs módszer segítségével



A korreláció számítására az Excel beépített „KORREL” függvénye használható. Használatához ki kell jelölnünk a vizsgálandó két tömböt, esetünkben az eredeti jelet (amit abszolút hivatkozásban rögzítettünk), és a fokozatosan eltolt jelet. Ez utóbbi változik τ -val eltolva, így kapjuk a fenti $C(\tau)$ függvényt a megfelelő oszlopban. (6. ábra) A függvény használatakor figyeljünk arra, hogy a két tömb hossza ugyanakkora legyen.

	A	B	D	F	G	H	I
41	0,0076	3,1962880					
42	0,0078	3,3186110					
43	0,0080	3,4460310					
44	0,0082	3,5861930	C(tau)	tau			
45	0,0084	3,7352740	=KORREL	0			
46	0,0086	3,8818060	0,994557	0,0002			
47	0,0088	4,0347100	0,978863	0,0004			
48	0,0090	4,1812430	0,953752	0,0006			
49	0,0092	4,3468880	0,9201	0,0008			
50	0,0094	4,4666630	0,879119	0,001			
51	0,0096	4,6004540	0,831096	0,0012			
52	0,0098	4,7265990	0,777011	0,0014			
53	0,0100	4,8285350	0,717521	0,0016			
54	0,0102	4,9304710	0,652864	0,0018			

6. ábra: KORREL függvény használata az excel-ben

A **csillapított sajátfrekvencia** (ω_d) a periódusidőből számolható:

$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_d} \quad \rightarrow \quad \omega_d = \frac{2\pi}{T_d}$$

Az eredeti jel, és eltolása között kapott korrelációs együttható lineáris összefüggést mutat, a köztük lévő egyenes meredeksége (r) trendvonal illesztéssel megállapítható. Ezt végezzük el az Excel-ben! A következő összefüggésekből számolható a **rendszer csillapítási tényezője** (ξ), és **csillapítatlan sajátfrekvenciája** (ω_n):

$$r = e^{-\xi \omega_n T_d} ,$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2} .$$

Jegyzőkönyvben a mérésről nem kérünk bőséges leírást, csak a kiértékelésről és az eredményekről. A jegyzőkönyvnek a szokásos tartalmi követelmények mellett tartalmaznia kell:

- az alkalmazott matematikai módszer rövid ismertetését és
- a mért időjel grafikonját és a korrelációs együttható alakulását az időeltolás függvényében
- a rendszer számított adatait (felfutási időt, beállási időt; grafikonról leolvasott T_d és r ; és a kiszámított ω_d ; ξ és ω_n paramétereket)

A jegyzőkönyv a beadáskor meg kell, hogy feleljen a formai és tartalmi követelményeknek (lásd honlap).



5. A mérésnél használt nyomástávadók adatai

- gyártmány: Keller Druckmesstechnik
- típus (1-es távadó): PA-21SR/16 bar/80520.35
- gyári szám (1-es távadó): 222140.0574/02/08
- típus (2-es távadó): PA-21SR/16 bar/80520.3
- gyári szám (2-es távadó): 222140.0006/07/07