

5.4. Benzinbefecskendező és integrált motorirányító rendszerek

(Negyedik rész)

Előző két cikkünkben ismertettük a Bosch L-Jetronic rendszer általános felépítését, felsoroltuk jellemzőit, részletesen bemutattuk szerkezeti elemeit, majd elemeztük villamos hálózatát. Az e rendszerről szóló harmadik cikkünk a digitálisan irányított L-típusú befecskendezők (tehát nem a klasszikus L-Jetronic) működését tárgyalja. Példát közlünk arra, hogyan képezi egy vezérlő a befecskendezési időt, tehát ismertetjük az említett rendszer működését különböző üzemmódokban.

1. A befecskendezési idő képzése

Az L-típusú befecskendezők alapváltozatánál a befecskendező-szelepek egyszerre és motorfordulatonként fecskendeznek,

tehát azok : $T = \frac{60}{n}$ összefüggéssel meghatározható periódusidővel nyitnak és zárnak.

Az összefüggésben n a motor percnkénti fordulatainak száma.

A vezérlőelektronika egy perióduson belül a szelepeket t_i ideig vezérli nyitásra, amelyet bemenő információi alapján, például az alábbi összefüggéssel határozhat meg:

$$t_i = \left[k_k + \left(t_p \cdot k_{Jm} \cdot k_{JL} \cdot k_{Fk=2} \cdot k_{U50-31} \right) + k_{U30-31} \right] \cdot k_{Fk=1} =$$

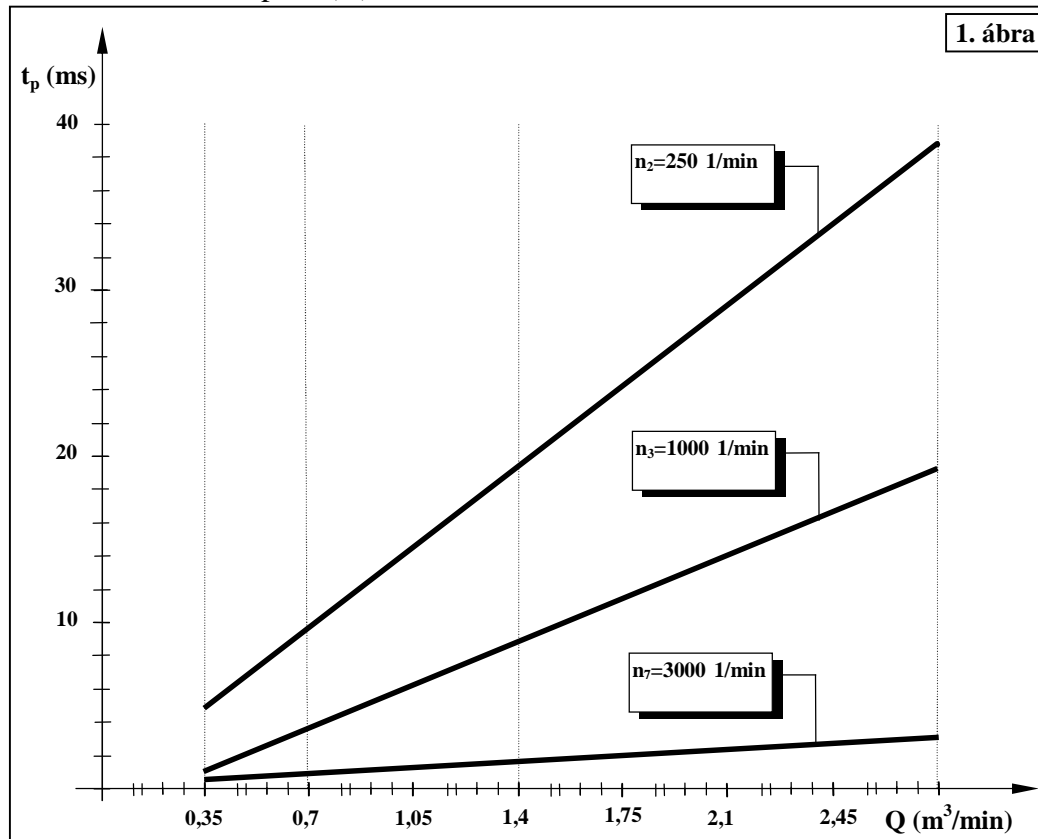
A képletben:

- n k_k – a szelepkészési korrekció, a szelep nyitáskészési és záráskészési ideje közti különbség. Nagysága a szelepkonstrukciótól függ, hozzávetőleges értéke: $k_k \approx 1 \text{ ms}$,
- n t_p – a befecskendezési alapidő, amely a pillanatnyi motorfordulatszám (n) és motorlégnyelés (Q) függvénye,
- n k_{Jm} – motorhőmérséklet korrekció, amely nagysága a pillanatnyi motorhőmérséklettől és a fojtószelep alaphelyzet-kapcsolójának állásától függ.
- n k_{JL} – levegőhőmérséklet korrekció, amely nagysága a pillanatnyi levegőhőmérséklettől függ,
- n $k_{Fk=2}$ – teljesterhelési korrekció, amely értékét a fojtótelep teljesterhelés-kapcsolójának állása határozza meg,
- n k_{U50-31} – indítási és hidegjáratási korrekció. E korrekciónak indításkor és indítást követően a motorhőmérséklettől függő ideig van szerepe. Nagyságát J_m indítás előtti értéke és a beindulástól eltelt idő befolyásolja.
- n k_{U30-31} – szelepfeszültség (fedélzeti feszültség) korrekció. Nagysága a bekapcsolt szelep pillanatnyi feszültségétől, vagy a fedélzeti feszültségtől függ. (Az említett két feszültség, legtöbbször csak megközelítőleg azonos nagyságú.)
- n $k_{Fk=1}$ – tolóüzemi korrekció, amelyet n , J_m és Fk pillanatnyi értéke határoz meg.

Fontos leszögezni, hogy a befecskendező szelepek tényleges nyitvatartási ideje – t_{ie} – nem teljesen azonos t_i -vel, mert a szelepek a vezérlőfeszültség megjelenéséhez képest csak késve nyitnak – ez az ún. nyitáskészési idő – és kikapcsolásukat követően késve zárnak – ez a záráskészési idő. A nyitáskészési idő kb. 1ms-mal nagyobb, mint a záráskészési. Ezt vesszük figyelembe k_k értékével.

2. A befecskendezési alapidő – t_p – képzése

A befecskendező szelepek nyitvatartási idejének meghatározása szempontjából, az egyik legfontosabb annak ismerete, hogy a motor hengereibe egy ciklusban, mennyi levegő kerül, hiszen ehhez kell keverni a szükséges benzin mennyiségét. Az L-típusú befecskendezők a motorterhelési jelet, a motorlégnyelés érzékelése alapján határozzák meg. Ha az ECU ismeri, hogy időegység alatt mekkora mennyiségű levegőt szív be a motor, és tudja annak fordulatszámát, akkor egy adott motornál e két mennyiség hányadosa az egy ciklusban beszívott levegő mennyiségével lesz arányos. Ez alapján az 1. ábra szerint képezhető a befecskendezési alapidő (t_p).



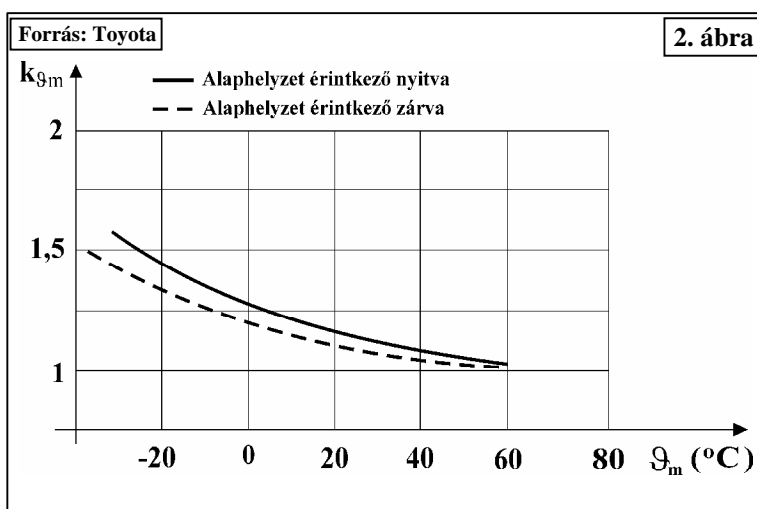
Az ábrán a motorlégnyelés függvényében a befecskendezési alapidő értékeit látjuk, különböző motorfordulatszámok esetén.

Jól nyomon követhető, hogy azonos motorlégnyelés mellett minél kisebb a fordulatszám, annál nagyobb a befecskendezési alapidő, hiszen egy ciklusban annál több levegőt szív be a motor. Természetesen látható az is, hogy azonos fordulatszám mellett a nagyobb motorlégnyelés nagyobb befecskendezési időt igényel. A fent közölt össze-

függésben láttuk, hogy t_p értékét korrigálni kell a további bemeneti jellemzőktől függő korrekciós tényezőkkel.

A korrekciókat hatásuk alapján két csoportba sorolhatjuk. Azon korrekciókat, amelyeket a rendszer a működés során szorzótényezőként vesz figyelembe, (ezek mértékegysége „1”) multiplikatív korrekciós tényezőknek nevezzük. Amelyeket az irányítóegység a befecskendezési idő képzése során hozzáad a befecskendezési időhöz, (tehát mértékegységük „ms”) az additív korrekciós tényezők csoportjába soroljuk.

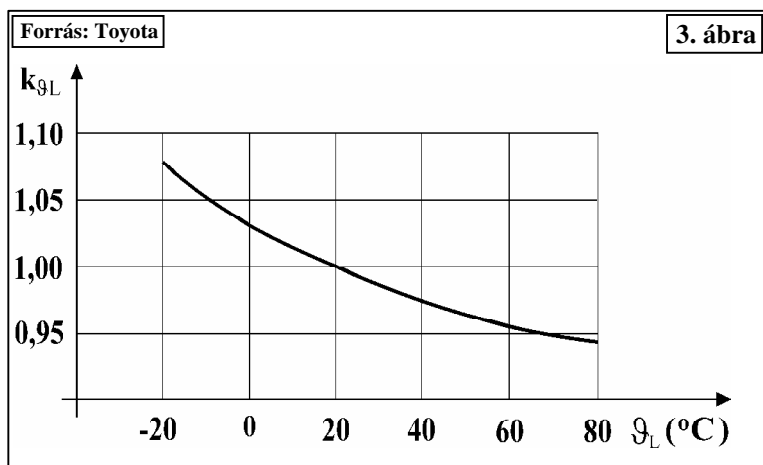
3. Motorhőmérséklet korrekció – k_{Jm}



A bevezetőben már írtunk arról, hogy a hideg motorok üzemeltetésénél a keverékből, – főleg ha hosszú a keverékképzési út – a benzin egy része lecsapódik a hideg motoralkatrészek (pl. szívócső, szívócsatorna, dugattyútető) falára. Ez keverékelszegényedést eredményezne, amely ellen keverékdúsítással védekezik a rendszer. Az elektronikus irányítóegység – a 2. ábra szerint – a motorhőmérséklettől és a fojtószelep alaphelyzet-kapcsolójának állásától függően egy multiplikatív korrekciós tényezőt képez. Ennek hatására kb. 80 °C a-

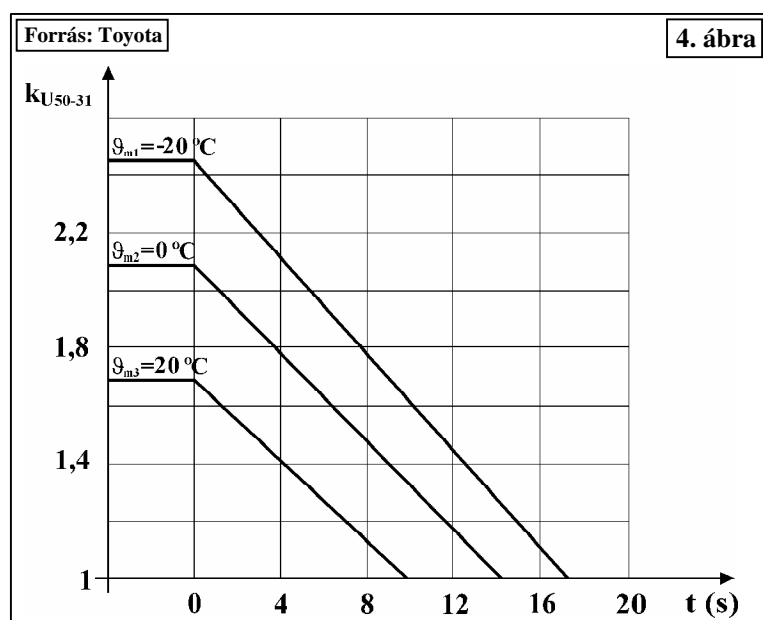
latt a rendszer emeli a befecskendezett mennyiséget. Ezzel megfelelő mértékben eldúsítja a keveréket, ellensúlyozza a lecsapódást, megszünteti a hidegüzemben előálló keverékképzési nehézségeket.

4. Levegő-hőmérséklet korrekció – k_{ϑ_L}



A levegő hőmérséklete változtatja annak sűrűségét. Tudjuk, hogy a torlósappantyús légnyelésmérő térfogatáramot érzékel, tehát feszültségjele az időegység alatt átáramló levegő térfogatától függ. A keverékképző rendszer által megcélzott keverési arány azonban tömegek aránya, tehát a térfogatáram jelet a levegőhőmérséklettől függően korrigálni kell. Erre a célra szolgál a multiplikatív jellegű levegőhőmérséklet korrekció, amely meleg levegő esetén csökkenti, hideg levegő esetén növeli az egy ciklusban befecskendezett mennyiséget.

5. Indítási és hidegjáratási korrekció – k_{U50-31}



Tudjuk, hogy a motorindítási szakaszban, majd azt követően is, a benzin egy része kicsapódva a szívócső és egyéb alkatrészek falára úgynevezett benzinfilm réteget képez. A benzinfilmben megkötött tüzelőanyag-mennyiséget, elsősorban a motor indításakor, tüzelőanyag többletként kell bevinnie a keverékképző rendszernek. Az ekkor befecskendezendő többlet-tüzelőanyag mennyisége elsősorban a motorhőmérséklettől függ.

Az indítási és hidegjáratási korrekció a leírt többletbenzin mennyiség bevitelére szolgál. (Részben ezt a szerepet játssza a klasszikus L-Jetronicnál a hidegindító szelep is.)

Nagyságát J_m indítás előtti értéke és a beindulástól eltelt idő befolyásolja. E szintén

multiplikatív korrekció, például 0 °C-os motorindítása esetén, az indítózás alatt – a 4. ábra tanúsága szerint – kb. 2,1-szeresére emeli meg a befecskendezett mennyiséget. Majd ha a motor beindult (ez az időtengelyen a „0” jelű időpillanat), e korrekciót az irányító egység a kb. 14 másodperces hidegjáratási szakaszban (az úgynevezett levezérlési idő alatt) $k_{U30-31} = 1$ értékre csökkenti.

6. Teljes terhelés korrekció – $k_{FK} = 2$

Az Otto-keverékképző rendszerekkel szemben támasztott követelmények megfogalmazásakor már leírtuk, hogy a kevésbé szigorú (tehát régebbi) előírásokhoz igazodó befecskendező rendszerek teljes gázadáskor (például a fojtószelep 70°-nál nyitottabb helyzetében) úgynevezett teljes terhelés-dúsítást hoznak létre. Ezzel keverékképzési oldalról biztosítják, hogy a motor képes legyen a maximális teljesítmény leadására. E multiplikatív jellegű korrekciót az ECU, a teljes terhelés kapcsoló érintkezőinek záródásakor „1” értékről típusától függően 1,05 – 1,15-re emeli. Ennek eredményeként „teljes gázadáskor” a keverékképző rendszer enyhén dús – úgynevezett teljesítmény keveréket – állít elő.

7. Szelepkésési és szelepfeszültség korrekció – k_k és k_{U30-31}



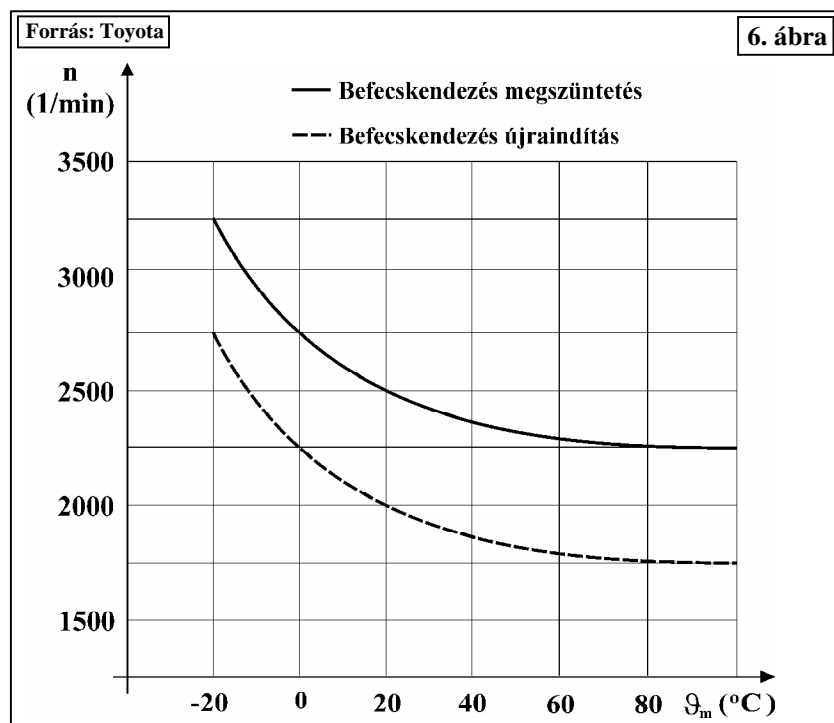
Az elektromágneses befecskendező szelepek a rajtuk megjelenő feszültség hatására nem nyitnak azonnal, hiszen induktivitásuk miatt az áram rajtuk exponenciális lefolyással növekszik. Csak a meghúzási áram elérését követően indul meg – rugóerő ellenében – a szeleptű, és csak ezt követően lép ki az első benzincsepp a fúvókából.

A szelepek zárása is időkésséssel történik, hiszen kikapcsolásukat

követően, csak ha az elengedési áram alá lecsökkent a szelepáram, akkor indul meg a fúvókátú zárási irányba. Mivel bekapcsoláskor nagyobb a kör időállandója, mint kikapcsoláskor, a szelepek gyorsabban zárnak, mint nyitnak. Ezt az additív jellegű úgynevezett szelepkésési korrekcióval (k_k) veszik figyelembe, amely nagysága a szelepkonstrukciótól függ.

Az elektromágneses szelepek nyitásgyorsaságát a rajtuk megjelenő feszültség nagysága is befolyásolja. Alacsonyabb feszültség mellett lassabban növekszik a szelepáram, tehát növekszik a nyitáskésési idő. A zárás késés viszont csökken, hiszen ekkor kisebb értékről kezd csökkenni a szelepáram. E jelenséget az irányítóegység az additív jellegű szelepfeszültség korrekcióval igyekszik ellensúlyozni. A feszültség csökkenésének hatására az ECU tehát növeli a befecskendezési időt.

8. Tolóüzemi korrekció – $k_{Fk=1}$



A klasszikus benzinbefecskendező rendszerek tolóüzemben meghatározott feltételek mellett, megszüntetik a befecskendezést. Ezzel csökkentik a tüzelőanyag felhasználást és a károsanyag emissziót, továbbá javítják a motorfék hatást. Ha a tervezők azt akarják, hogy ez ne rontson a motor „futáskultúráján” – tehát tolóüzemben ne legyenek rángatások, a tolóüzemet követően ne álljon le a motor, ne legyenek úgynevezett gyorsítási lyukak és károsanyag-emissziós csúcsok – a tolóüzemi lekapcsolást több motorparaméter figyelembevételével kell vezérelni.

A korrekció „0” vagy „1” értékét a fojtószelep kapcsoló állásától, a pillanatnyi motorhőmérséklettől és fordulatszámtól célszerű függővé tenni.

A fojtószelep alaphelyzet-kapcsoló zárásakor a befecskendezés-megszüntetési fordulatszámnak a rángatás elkerülése céljából magasabbnak kell lennie, mint az újraindításnak. Minél hidegebb a motor, annál magasabb fordulatszám tartományban szabad csak a töltéslekapcsolást létrehozni. A 6. ábra szerint, ha például 0°C-os a motor, amely 3500 1/min fordulatszámmal üzemel, és a gázpedált felengedjük – tehát az alaphelyzet kapcsoló érintkezői zárnak –, a rendszer megszünteti a befecskendezést ($k_{Fk=1} = 0 \Rightarrow$ tehát $t_i = 0$), hiszen a fordulatszám 2750 1/min-nál magasabb. Ha a fordulatszám a jármű lassulásának hatá-

sára lecsökken 2250 1/min alá ($k_{Fk=1} = 1$), a befecskendezés ismét megindul.

Ha ugyanennek a motornak a hőmérséklete 80°C-os lesz, a lekapcsolás már 2250 1/min érték felett elkezdődik és a befecskendezés csak 1750 1/min alatt tér vissza.

Fontos tudnunk, hogy a katalizátoros járművek közül több motorvezérlő rendszerét úgy alakítják ki, hogy az nem rendelkezik tolóüzemi töltéslekapcsolással. Ennek elsősorban a katalizátor védelme az oka, hiszen töltéslekapcsoláskor a motor tiszta levegőt szív be és pufog ki, ami az égés hiánya miatt alacsony hőmérsékletű marad. Ez igen gyorsan csökkenti a katalizátor hőmérsékletét, majd a befecskendezés visszatérése igen gyorsan emeli azt. A gyors hőmérsékletváltozások erősen igénybe veszik a katalizátort, csökkentik annak élettartamát és akár úgynevezett „hősokkot” is okozhatnak. Elsősorban emiatt a gyártók egy része kerüli ezt az egyébként több szempontokból előnyös klasszikus „befecskendezési” üzemmódot.

9. Egy mintafeladat

A fenti összefüggések és diagramok felhasználásával határozzuk meg, hogy mekkora befecskendezési idővel működik az alábbi jellemzőkkel üzemelő motor!

Adatok:

- a szelepkésési idő: $k_K = 1$ ms,
- a motor fordulatszáma: $n = 1000$ 1/min,
- a motor pillanatnyi légnyelése: $Q = 0,7$ m³/min,
- a motorhőmérséklet: $J_m = -20$ °C,
- a fojtószelep zárt: $F_K = 1$,
- a beszívott levegő hőmérséklete: $J_L = -20$ °C,
- a motor beindulása óta telt idő: 8 s,
- a fedélzeti feszültség (szelepfeszültség): $U_{30-31} = 14$ V

Megoldás:

Használjuk fel a megismert összefüggést:

$$t_i = \left[k_k + \left(t_p \cdot k_{Jm} \cdot k_{JL} \cdot k_{Fk=2} \cdot k_{U50-31} \right) + k_{U30-31} \right] \cdot k_{Fk=1} =$$

Behelyettesítési megfontolások:

- az 1. ábra alapján az adott fordulatszámhoz és légnyeléshez a befecskendezési alapidő: $t_p = 2,4$ ms
- a 2. ábra alapján az adott motorhőmérsékleten és zárt fojtószelep mellett a korrekció: $k_{Jm} \approx 1,3$
- a 3. ábra alapján az adott motorhőmérsékleten és zárt fojtószelep mellett a korrekció: $k_{JL} \approx 1,08$
- mivel a fojtószelep zárt a teljes terhelés korrekció értéke: $k_{Fk=2} = 1$
- a 4. ábra alapján az adott motorhőmérsékleten 8s elteltével a korrekció: $k_{U50-31} \approx 1,8$
- az 5. ábra alapján 14V fedélzeti feszültség mellett a korrekció: $k_{U30-31} = 0$
- a 6. ábra alapján mivel a fordulatszám csak 1000 1/min, nincs tolóüzem tehát: $k_{Fk=1} = 1$

$$t_i = [1 + (2,4 \cdot 1,3 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1,8) + 0] \cdot 1 \approx \underline{\underline{7,65\text{ms}}} \text{-tehát ekkora befecskendezési idővel üzemel a motor.}$$

2008-10-18

A témakör ötödik „cikke” két hét múlva jelenik meg!