

»HIDROFIX« MÁSOLÓESZTERGA SZABÁLYOZÁSTECHNIKAI VIZSGÁLATA

TÖRÖK VILMOS

Összefoglalás

A cikk az első magyar gyártmányú másolóeszterga, a »Hydrofix« működését szabályozástechnikai szempontból tárgyalja. A szerző a nonlinearitásokat és tehetetlenségi erőket — amely utóbbiak a normális működési sebességeknél elég jelentéktelenek lévén csak az amplitudó fázis jelleggörbe nagyobb frekvenciákhoz tartozó szakaszán éreztetik hatásukat — elhanyagolva, a rendszert tiszta integrálszabályozásnak tekinti. A szokásos szimbolikus tárgyalásmóddal meghatározza a követési hibát néhány jellegzetes sablonalak esetére és két összetettebb sablonalaknál bemutatja a szuperpozíció elvének alkalmazását. Hasonló módon foglalkozik a sablon előjavításával. Kritikai vizsgálatnak veti alá a Fazekas Ferenc cikk 10. pontjában vizsgált visszacsatolási módot és felhívja a figyelmet a tökéletesebb, ú. n. izodrom visszavezetés előnyeire.

A Hidrofix másolóberendezés olyan egyszeres visszavezetéssel rendelkező szervórendszer (helyzet szabályozás), amely jó közelítéssel tiszta integrálszabályozásnak tekinthető, azaz feltételezhető, hogy a hidraulikus munkahenger a vezérlőtollattyú elmozdítása után azonnal állandósult sebességgel mozog. A vezérlőtollattyú elmozdulása a tolattyúházhoz képest a merev visszavezetés következtében mindig a Δ másolási hibával egyenlő.

Ha a munkahenger (illetve a kés) dx_k/dt sebessége és a vezérlőtollattyú Δ elmozdulása között

$$\frac{dx_k}{dt} = c\Delta$$

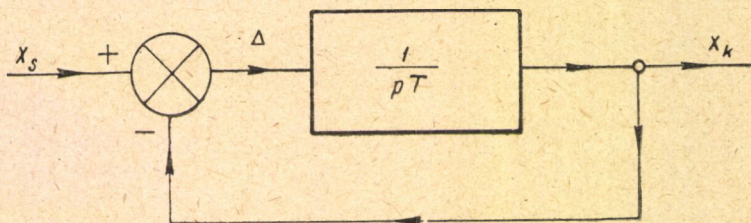
összefüggés áll fenn, akkor a nyílt szabályozókör átviteli függvénye

$$Y = \frac{x_k}{\Delta} = \frac{c}{p} = \frac{1}{pT}$$

ahol $\Delta = x_s - x_k$ és

x_s a sablon meridiángörbéjének magassága; x_k a kés elmozdulása;

$T = \frac{1}{c}$ időállandó. Így a Hidrofix blokkvázlata:



1. ábra

A zárt rendszer átviteli függvénye: $Y^* = \frac{x_k}{x_s} = \frac{Y}{1+Y} = \frac{1}{1+P^T}$

és a hibaátviteli függvény: $Y_h = \frac{1}{x_s} = \frac{1}{1+Y} = \frac{P^T}{1+P^T}$

A hibaátviteli függvényből is látható, hogy 1-es típusú szervórendszerrel van dolgunk, amelynek szabályozási ideje $T_{sz} \approx 3T$.

A követési hiba különböző jellegzetes sablonalakok esetén

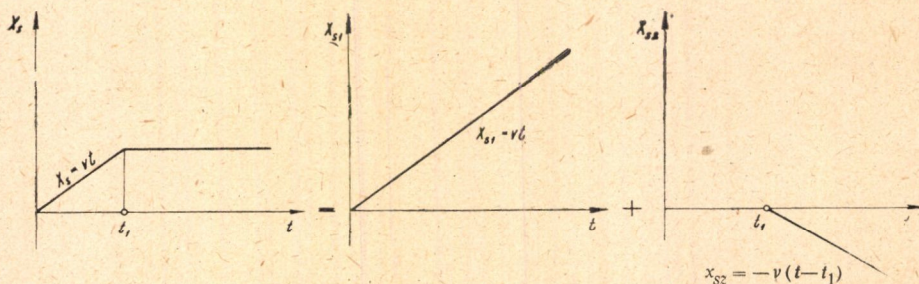
A hibaátviteli függvény alapján a követési hiba felírható. (Lásd a 4. ábrát)

Bonyolultabb meridiánvonalak másolása.

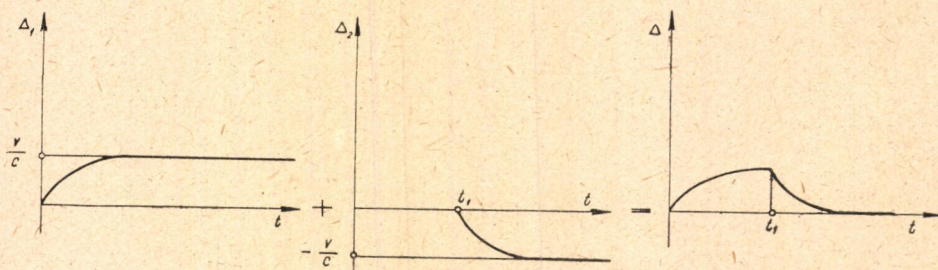
Jó eredménnyel alkalmazhatjuk a szuperpozíció elvét. A bonyolultabb törtvonalakat a már ismert jellegzetes bemenőjelekből összetettnek képzeljük. Így a hibák is szuperponálódnak, tehát az eredő hiba az eddigiek alapján közvetlenül felrajzolható.

Törött meridiánvonal:

a bemenőjel



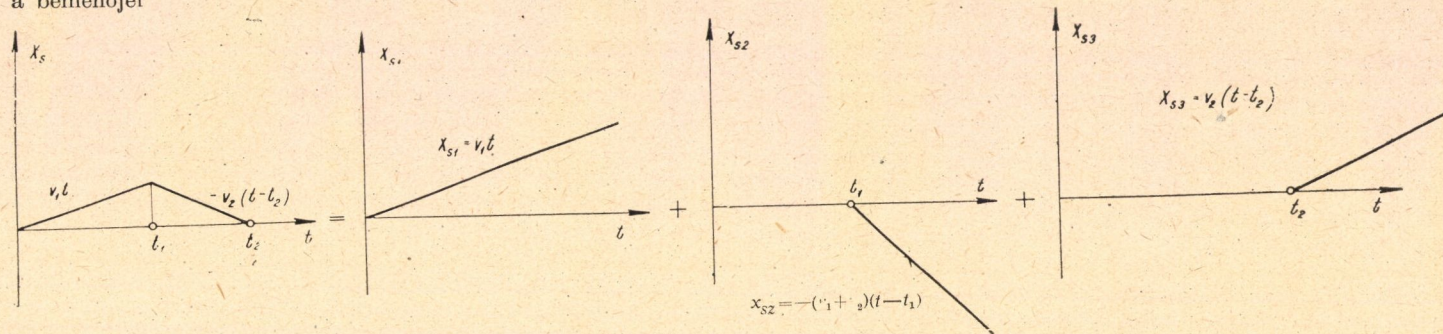
a hiba



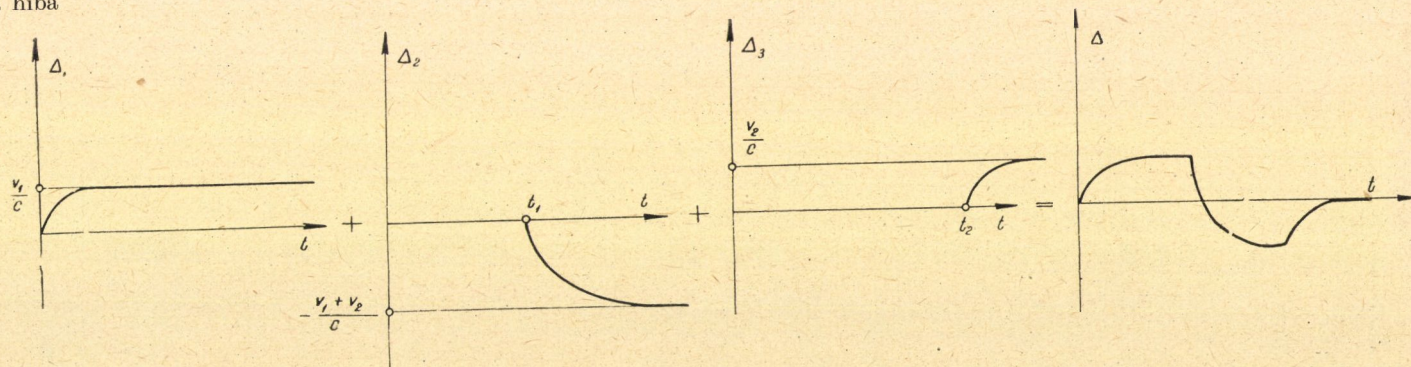
2. ábra

Háromszögalakú meridiánvonal :

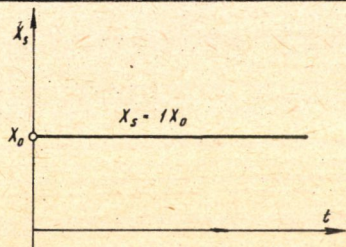
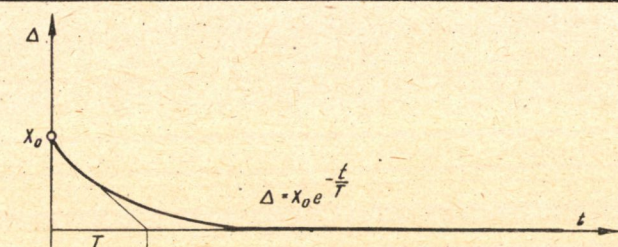
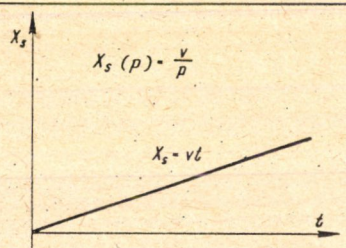
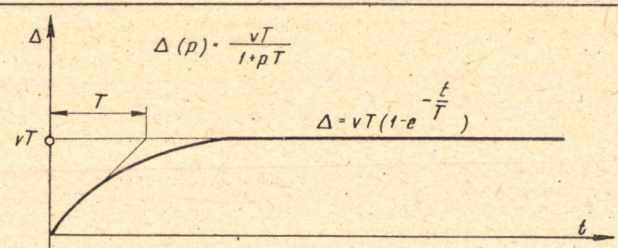
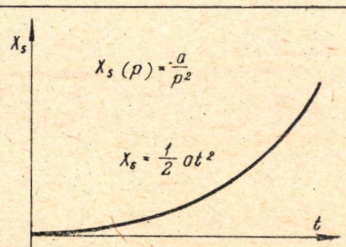
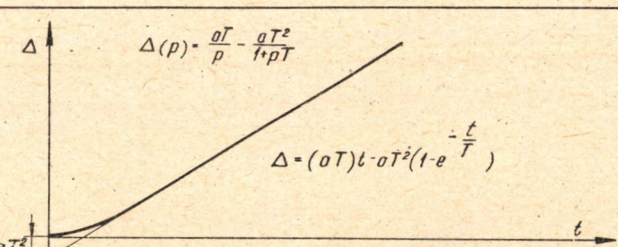
a bemenőjel



a hiba

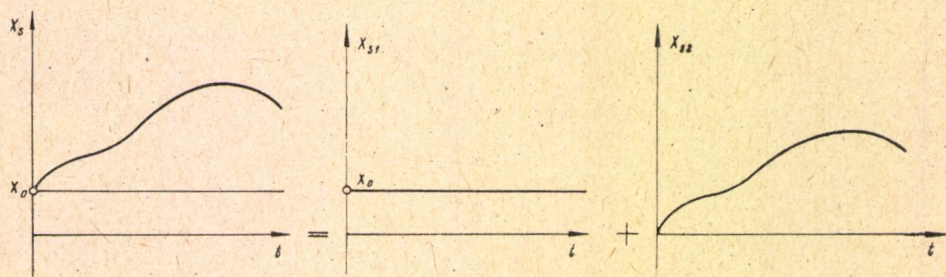


3. ábra

Sablonalak.	Követési hiba.	Követési hiba állandósult ért.
 $X_s = 1 X_0$	 $\Delta = X_0 e^{-\frac{t}{T}}$	0
 $X_s(p) = \frac{v}{p}$ $X_s = v t$	 $\Delta(p) = \frac{vT}{1 + pT}$ $\Delta = vT(1 - e^{-\frac{t}{T}})$	$vT - \frac{v}{c}$
 $X_s(p) = \frac{a}{p^2}$ $X_s = \frac{1}{2} a t^2$	 $\Delta(p) = \frac{aT}{p} - \frac{aT^2}{1 + pT}$ $\Delta = (aT)t - aT^2(1 - e^{-\frac{t}{T}})$	∞

4. ábra

A kezdeti vagy ú. n. »öröklött« hiba a szabályozás asztatikus jellege következtében idővel teljesen eltűnik, egyébként a kezdeti hiba sztatikus szabályozás esetén is a rendszer sztatikája által meghatározott értékig lecsökken (éppen a szabályozás lényege, a visszavezetés alkalmazása következtében). Ez egyébként a szuperpozíció alkalmazásával is belátható, ugyanis a kezdeti hiba a sablon meridiángörbéjének megfelelő megemelésével vagy lesüllyesztésével egyenértékű.



5. ábra

A sablon előjavítása

A sablon előjavítása lényegében azt jelenti, hogy a munkadarab meridiángörbéjét írjuk elő, és a rendszer átviteli függvénye alapján meghatározzuk a sablon szükséges alakját. Ha x_s -sel jelöljük a sablon normális magasságát és x'_s -vel az előjavított sablon magasságát, akkor eddigi jelöléseinkkel x_k -nak kell x_s -sel egyenlőnek lennie. Tehát

$$\frac{x_s}{x'_s} = Y^*$$

vagyis

$$x'_s = \frac{x_s}{Y^*}$$

Esetünkben

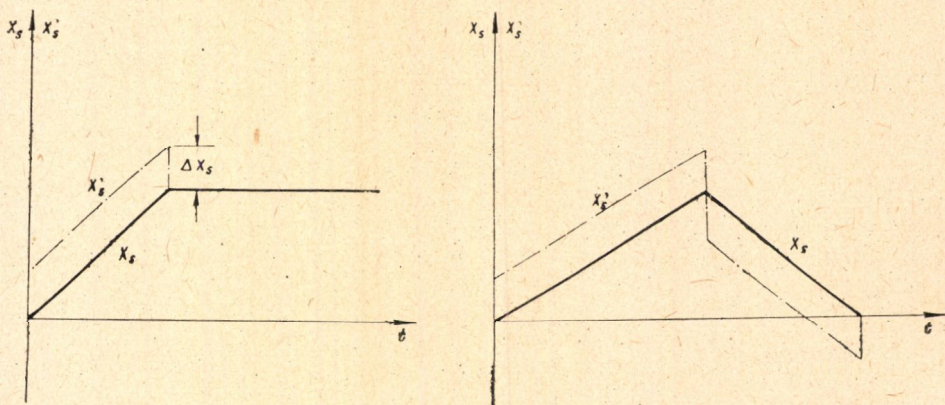
$$x'_s = x_s(1 + pT) = x_s + pTx_s$$

Az előjavítás (ráhagyás, ill. levétel) nagysága

$$\Delta x_s = x'_s - x_s = pTx_s$$

Például ha $x_s(t) = vt$, akkor $\Delta x_s = vT$.

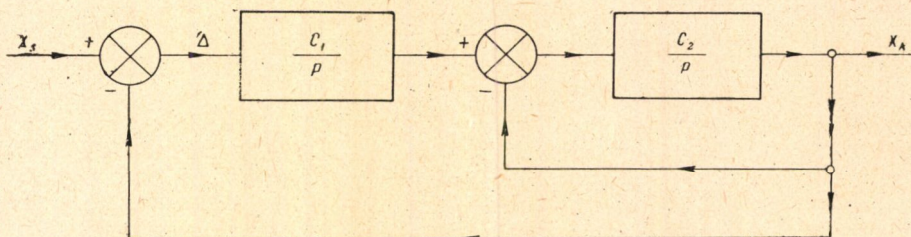
Az előjavított sablon néhány esetben:



6. ábra

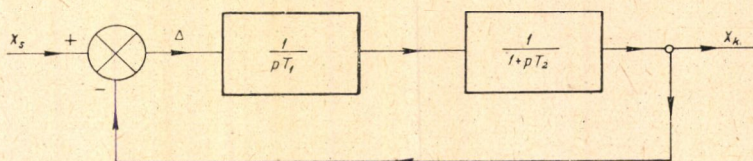
Fazekas Ferenc dolgozatának 10. pontjában vizsgált visszacsatolási mód

A dolgozatban vizsgált visszacsatolási mód lényegében az eredeti rendszerrel még egy szervórendszert kapcsol sorba. A vizsgált visszacsatolás blokkvázlata:



7. ábra

A belső visszacsatolással rendelkező kör helyett annak eredő átviteli függvényét figyelembevéve a blokkvázlat a következőképpen alakul:



8. ábra

A nyílt rendszer átviteli függvénye:

$$Y = \frac{1}{pT_1(1+pT_2)} \quad \text{ahol} \quad T_1 = \frac{1}{c_1};$$

$$T_2 = \frac{1}{c_2}.$$

A zárt rendszer átviteli függvénye :

$$Y^* = \frac{1}{p^2 T^2 + 2\zeta T p + 1}$$

$$\zeta = \frac{T_1}{2\sqrt{T_1 T_2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{c_2}{c_1}}$$

ahol $T^2 = T_1 T_2$; $2\zeta T = T_1$;

A rendszer kielégítő működésének feltétele (5%-nál kisebb túlszabályozás egységugrás alakú bemenőjel esetén)¹

$$\zeta \geq 0,707, \text{ tehát } c_2 \geq 2c_1$$

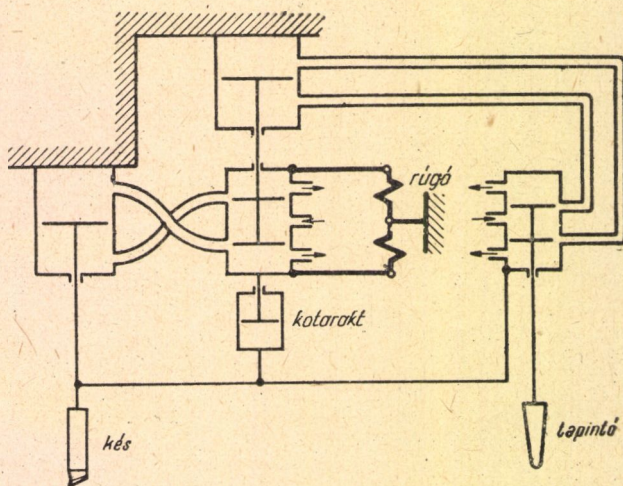
A hibaátviteli függvényből (a hasonlósági tétel figyelembevételével)

$$Y_h = \frac{pT_1(1 + pT_2)}{p^2T^2 + pT_1 + 1}$$

látható, hogy 1-es típusú szervórendszerrel van dolgunk, amelynek állandósult sebességi hibáját a c_1 tényező határozza meg. A szabályozási idő $c_2 = 2c_1$ esetben (optimális működés) $T_{sz} \approx 3T$.

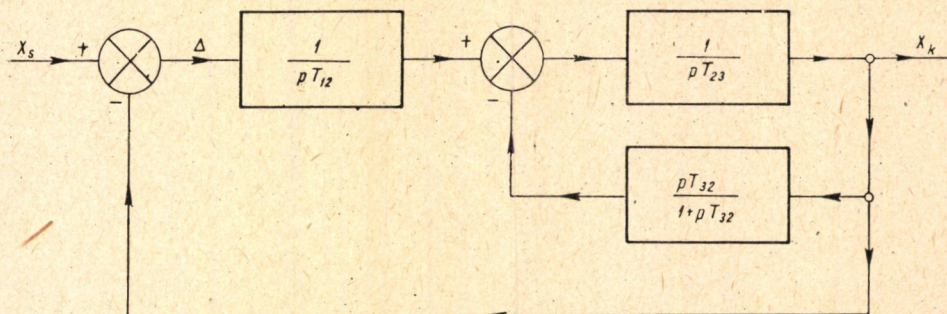
A 10. pontban vizsgált visszacsatolási mód alkalmazása tehát a jelkövetés pontosságát minőségileg javítani nem tudja, mert a rendszer továbbra sem képes parabolikusan változó meridiángörbét véges értékhez tartó hibával másolni. Ez a rendszer azonban lehetővé teszi, hogy a tapintóval kisebb vezérlőtollatytűt mozgathassunk.

A követési pontosságot minőségileg javíthatjuk akkor, ha a fenti merev belső visszacsatolás helyett ú. n. izodrom-visszavezetést alkalmazunk. A rendszer szerkezeti vázlata és blokkvázlata ebben az esetben :



9. ábra

¹ L. Chestnut—Mayer i. m. 62. o. 3. 8—4 ábra és 311. o. 11. 3—6 ábra alapján.



10. ábra

A hibaátviteli függvény:

$$Y_h = \frac{p^2 T_{12} (T_{23} + T_{32}) \left[1 + p \frac{T_{23} T_{32}}{T_{23} + T_{32}} \right]}{1 + p T_{32} + p^2 T_{12} (T_{23} + T_{32}) + p^3 T_{12} T_{23} T_{32}}$$

Ez a rendszer tehát 2-es típusú szervórendszer, amely állandó sebességű bemenőjelet állandósult hiba nélkül, állandó a gyorsulású $x_s = \frac{1}{2} at^2$ jelet pedig állandósult állapotban $a T_{12} (T_{23} + T_{32})$ hibával követ.

IRODALOM

- Fazekas Ferenc dolgozatában megjelölt forrásmunkákon kívül
 Frigyes Andor: Szabályozások vizsgálata frekvenciámódszerrel I. Közlemény, Mérés és Automatika, 1953. 9. sz.
 Dukes Tivadar: Szabályozások vizsgálata frekvenciámódszerrel II. Közlemény, Mérés és Automatika, 1953. 10. sz. III. Közlemény s. e.
 Солодовников: Введение в статистическую динамику систем автоматического управления. Москва, Гостехиздат 1952.
 H. Chestnut—R. Mayer: Servomechanisms and regulating system design. Vol. 1. John Wiley & Sons, Inc. New-York. Chapman & Hall, Ltd. London. 1951.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОПИРОВАЛЬНОГО ТОКАРНОГО СТАНКА «ГИДРОФИКС» ПО ТЕОРИИ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ

В. Терек

Резюме

Рассматриваются свойства следящей системы первого изготовленного в Венгрии копирующего токарного станка «Гидрофикс». Автор, пренебрегая нелинейностью и силами инерции (последние являясь при нормальных рабочих скоростях ничтожными, деформируют только высокочастотный участок амплитудно-фазовой характеристики), считает систему чисто интегральным регулированием. С помощью обычного символического метода определяется ошибка слежения при некоторых типичных формах шаблона, и показано применение принципа наложения на двух более сложных шаблонах.

Таким же образом исследована предварительная поправка шаблона. Критически рассматривается обратная связь, предложенная в статье, Фазекаша, и внимание обращается на достоинства более совершенной, так называемой изодромной обратной связи.

AN INVESTIGATION OF THE COPYING LATHE »HYDROFIX« BY THE THEORY OF SERVOMECHANISMS

V. TÖRÖK

Summary

The article deals with the servo system of the first copying lathe, made in Hungary, the »Hydrofix«. The author neglects the nonlinearities and the forces of inertia (the latter are negligible at the normal operational velocities and deflect only the high-frequency end of the Nyquist-diagramm) and takes the system for a simple type I servo-system. The error of the copying is determined with the usual operational method for several typical forms of pattern; the use of the superposition theorem on two more complex patterns is shown. The pre-correction of the pattern is treated in a similar way. The way of feedback treated by F. Fazekas in his article is studied critically, and attention is directed to the advantages of the internal feedback loop with a phase-lead element.