

Lehetőségek és korlátozások az egyoldalas hangolt kapcsolóüzemű RF teljesítményerősítők fejlesztésében

DR. MOLNÁR BÉLA
Budapesti Műszaki
Egyetem
Mikrohullámú
Híradástechnika Tanszék

A kapcsolóüzemű rádiófrekvenciás erősítők alaptípusának, a D osztályú erősítőnek a kifejlesztése már a híradástechnika korai szakaszában megtörtént. A D osztályú erősítő számos gyakorlati hátránnyal rendelkezik: két aktív kapcsolóelemet igényel, érzékeny a felépítés szimmetriahibáira, nagyon érzékeny a kapcsolóeszközök állapotainak időbeli átlapolódásaira, továbbá realizálása gyors kapcsolóeszközöket igényel.

A fenti hátrányok csökkentésének és a lehetőségek szerinti megszüntetésének ígéretével született meg az egyoldalas E osztályú elrendezés [1] (részletes analízise [3]). Már itt megfogalmazták az „ideális üzem” követelményeit, amelyek közül a leglényegesebb az, hogy a kapcsoló egyik állapotváltozásának időpontjában se jöjjön létre feszültség- vagy áramugrás. Ezt

a követelményt az E osztályú erősítő nem teljesíti, a kapcsolóeszköz kikapcsolásakor lényeges áramugrás keletkezik.

A következőkben először áttekintjük a különböző E osztályú realizációkat és azok olyan származtatási módját adjuk meg, ami lényegesen egyszerűbb, mint az irodalomból ismert megközelítés [4], majd levezetjük a kimeneti teljesítmény kifejezését, amiből következik, hogy az ideális üzem sajnos nem valósítható meg.

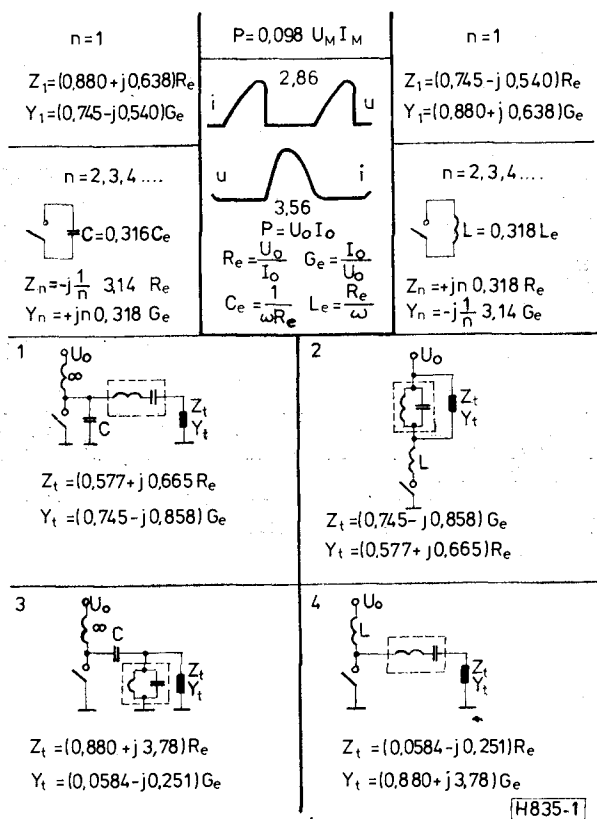
E osztályú kapcsolások

A különböző E osztályú erősítő elrendezéseket az 1. ábrán foglaltuk össze. Ezek közül az 1. kapcsolás az E osztályú erősítő feltalálását bejelentő [1] közleményben, a 2. és a 3. a [2] és a 4. a [4] irodalomban közölttel ekvivalens.

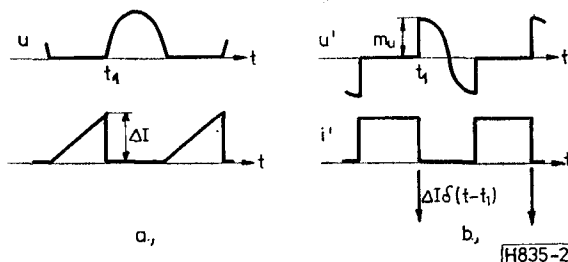
Az ábrán a kapcsolóeszköz jelalakjait is feltüntettük. A periodikusan kapcsolt rendszer alapvető működését és a kapcsolóeszközön kialakuló feszültség és áram hullámformákat egyértelműen meghatározza a kapcsolóeszköz az egyes harmonikus frekvenciákon lezáró impedancia. Az ábra felső részén feltüntettük a kapcsolóeszköz az alapon és a felharmonikusokon lezáró impedanciákat és admittanciákat.

A kimeneti teljesítmény meghatározása

A kapcsolón mérhető feszültség és áram időfüggvényét a 2a ábra szemlélteti. Az ábra felrajzolásánál feltételeztük, hogy a feszültség időfüggvénye folytonos, az áram időfüggvénye pedig csak a kapcsoló



1. ábra



2. ábra

kikapcsolásánál (a t_1 időpontban) tartalmaz szakadást.

A továbbiakban a felsőindex vesszővel a függvény általánosított deriváltját jelöljük. Az általánosított derivált az alapfüggvény szakadási helyeihez a Dirac-delta „függvényt” rendeli hozzá. A d/dt jelölést a hagyományos értelemben vett differenciálhányados jelzésére tartjuk fenn, beleértve azt is, hogy ahol nincs értelmezve ott a jobb és bal oldali határértékek számtani közepével helyettesítjük.

A kapcsolón mérhető feszültség és áram Fourier-sora:

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k \sin(k\omega + \Phi_{Uk})$$

$$i(t) = I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega + \Phi_{Ik})$$

ahol: ω az alapharmonikus körfrekvenciája.

A kapcsoló teljesítménye az egyes harmonikusokon a Parseval tétel szerint:

$$P_0 = U_0 I_0$$

$$P_k = \frac{1}{2} U_k I_k \cos(\Phi_{Uk} - \Phi_{Ik})$$

Tekintsük a kapcsoló feszültség és áram időfüggvényének általánosított deriváltját (2b ábra). A deriváltak Fourier sora:

$$u' = \sum_{k=1}^{\infty} k\omega U_k \cos(k\omega t + \Phi_{Uk})$$

$$i' = \sum_{k=1}^{\infty} k\omega I_k \cos(k\omega t + \Phi_{Ik})$$

A deriváltak Fourier sorára is alkalmazva a Parseval tételt:

$$\begin{aligned} \frac{1}{T} \int_0^T u' i' dt &= \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2} k^2 \omega^2 U_k I_k \cos(\Phi_{Uk} - \Phi_{Ik}) = \\ &= \omega^2 \sum_{k=1}^{\infty} k^2 P_k \end{aligned}$$

ahol: T a periódusidő.

Hangolt teljesítményerősítőnél a felharmonikus frekvenciákon elhanyagolható a kimeneti teljesítmény.

$$P_1 = -P_{ki}, \quad P_2 = 0, \quad P_3 = 0 \dots, \quad \text{tehát:}$$

$$P_{ki} = -\frac{T}{4\pi^2} \int_0^T u' i' dt.$$

Az áram időfüggvényének általánosított deriváltja:

$$i' = -\Delta I \delta(t - t_1) + \frac{d}{dt} i.$$

Az előbbiekből alapján a kimeneti teljesítmény:

$$P_{ki} = \frac{T}{4\pi^2} \Delta I \int_0^T \left[u' \delta(t - t_1) dt - u' \frac{d}{dt} i \right] dt.$$

Az integrandusz második tagja mindenütt eltűnik, így a végeredmény:

$$P_{ki} = \frac{T}{8\pi^2} \left(\lim_{t \rightarrow t_1 - 0} u' + \lim_{t \rightarrow t_1 + 0} u' \right) \Delta I = \frac{T}{8\pi^2} m_u \Delta I.$$

Látható, hogy ugrás nélküli esetet csak a gyakorlati szempontból érdektelen, kimenő teljesítmény nélküli beállítással valósíthatunk meg.

I R O D A L O M

- [1] N. O. Sokai – A. D. Sokai: Class E-A new class of high-efficiency tuned single-ended switching power amplifiers. IEEE J. Solid-State Circuits, vol. SC-10, no. 3, June 1975.
- [2] F. H. Raab: High Efficiency Amplification Techniques. IEEE Circuits Systems Newlett., vol. 7, no. 10, Dec. 1975.
- [3] F. H. Raab: Idealized operation of the class E tuned power amplifier. IEEE Trans. Circuits Syst., vol. CAS-24, Dec. 1977.
- [4] M. Kazimierzuk: Class E tuned power amplifier with shunt inductor. IEEE J. Solid-State Circuits, vol. SC-16, no. 1. Febr. 1981.

Lapunk példányonként megvásárolható:

az V., Váci utca 10. és

az V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti

hírlapboltokban