

Új eljárás AM-VSB jel demodulálására

DO HOANG TIEN

BME

Híradástechnikai Elektronika Intézet

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk beszámol egy új — a szokásostól eltérő — szorzódemodulátoros eljárásról. A szerző elméleti bizonyítást mutat be az eljárás alkalmazhatóságáról és rámutat az eljárás előnyére. (*)

A televíziótechnikában az összetett videojelet a tv vevőkészülékig valamennyi műsorszórási rendszer csonka oldalsávú amplitúdómodulációval (AM-VSB) továbbítja. Ismeretes, hogy az AM-VSB rendszer alkalmazása burkolódemodulátoros detekció esetén együtt jár a rendszerből fakadó nemlineáris torzítással. Szorzóáramkörös demodulátorral elvileg torzításmentes detekció érhető el. A továbbiakban egy olyan — a szokásostól eltérő szorzódemodulátoros megoldással foglalkozunk, amely a torzításmentes demoduláció mellett, a későbbiekben ismertetésre kerülő, további előnyös tulajdonságokkal is rendelkezik a hagyományos szorzóáramkörös megoldáshoz képest, az új eljárás lényegét az 1. ábrán látható tömbvázlat mutatja be.

Egyszerűség kedvéért tekintsük a csatornát zajmentesnek. Induljunk ki abból a feltételezésből, hogy a ξ_t moduláló jel sávhatárolt $\{\omega \in (0, B)\}$, gyengén stacionárius jel. Az új eljárás igazolása nemcsak gyengén stacionárius moduláló jel esetén lehetséges, hanem más, pl. determinisztikus, de sávhatárolt jelek esetén is. Gyengén stacionárius jelnek létezik a spektrális előállítás, tehát ξ_t felírható az alábbi alakban:

$$\xi_t = \int_{|\omega| \in (0, B)} e^{j\omega t} d\beta_\xi(\omega) \quad (1)$$

ahol $\beta_\xi(\omega)$ a ξ_t folyamathoz tartozó spektrális folyamat. A $H_\omega^{(1)}$ átviteli függvényű aluláteresztő szűrő kimenetén a következő jel jön létre:

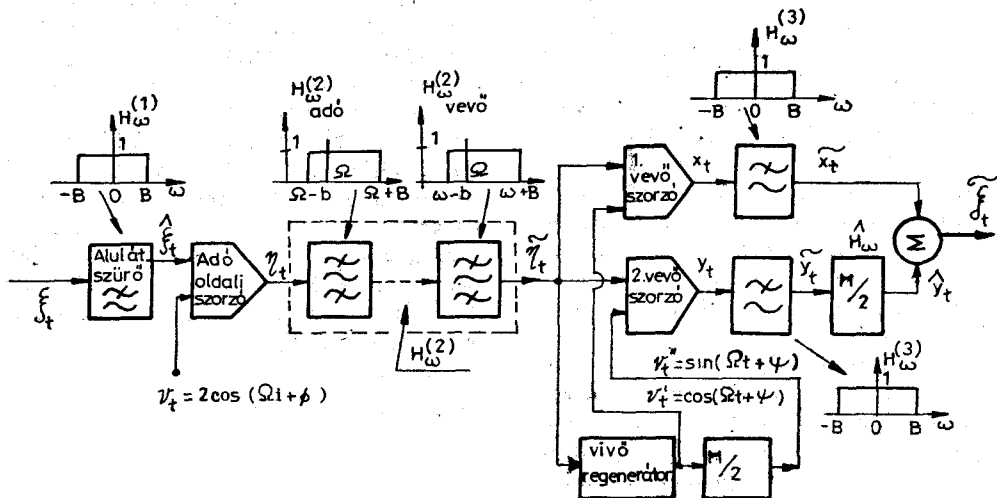
$$\hat{\xi}_t = \int_{-B}^B H_\omega^{(1)} e^{j\omega t} d\beta_\xi(\omega) \quad (2)$$

Az adó oldali szorzó áramkörön a $\xi_t \cdot \theta_t$ szorzat képződik. Nézzük meg az adó oldali szorzó áramkör kimenő jelét:

$$\begin{aligned} \eta_t &= \xi_t \cdot \theta_t = \left[\int_{-B}^B H_\omega^{(1)} e^{j\omega t} d\beta_\xi(\omega) \right] \cdot 2 \cos(\Omega t + \Phi) = \\ &= \int_{-B}^B H_\omega^{(1)} e^{j[(\omega+\Omega)t + \Phi]} d\beta_\xi(\omega) + \int_{-B}^B H_\omega^{(1)} e^{j[(\omega-\Omega)t - \Phi]} d\beta_\xi(\omega) \end{aligned} \quad (3)$$

Az adó oldali szorzó áramkör és a vevő oldali szorzó áramkör között $H_\omega^{(2)} = H_{\omega_{\text{vevő}}}^{(2)} = H_{\omega_{\text{adó}}}^{(2)}$ átviteli függvényű csatorna van. Ha az áteresztő sáv az $|\omega| \in (\Omega - b, \Omega + B)$, akkor a vevő oldali szorzó áramkörök bemenetére az alábbi alakban leírható $\tilde{\eta}_t$ jel jut:

$$\begin{aligned} \tilde{\eta}_t &= \int_{-b}^B H_\omega^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} e^{j[(\omega+\Omega)t + \Phi]} d\beta_\xi(\omega) + \\ &+ \int_{-B}^b H_\omega^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} e^{j[(\omega-\Omega)t - \Phi]} d\beta_\xi(\omega) \end{aligned} \quad (4)$$



H847-1

Beérkezett: 1982. X. 28.

1. ábra. AM-VSB jel demodulálása

Az 1. ábra tömbvázlatán látható, hogy a vevő oldali vivő regeneráló szolgáltatja a demodulációhoz szükséges szorzó jelet. Az 1. szorzó demodulátor bemenetére ez a vivő közvetlenül rákerül. Így az 1. szorzó áramkör kimenetén a következő jel jelenik meg:

$$x_t = \tilde{\eta}_t \cdot \theta'_t = \tilde{\eta}_t \cdot \cos(\Omega t + \psi) = \quad (5)$$

$$= \frac{1}{2} \left[\int_{-b}^B H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} e^{j[(\omega+2\Omega)t + \psi + \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) + \int_{-b}^B H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} e^{j[(\omega+2\Omega)t + \psi - \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) + \int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} e^{j[\omega t - \psi + \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) + \int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} e^{j[(\omega-2\Omega)t - \psi - \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) \right] \quad (6)$$

A szorzóáramkört követő $H_{\omega}^{(3)}$ átviteli függvényű aluláteresztő szűrő hatását is figyelembe véve az összegező bemenetén a következő \tilde{x}_t jel jelenik meg:

$$\tilde{x}_t = \frac{1}{2} \left[\int_{-b}^B H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j[\omega t + \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) + \int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j[\omega t - \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) \right], \quad (7)$$

ahol: $\varphi = \Phi - \Psi$.

Az alsó ágban a 2. szorzó áramkör bemenete nem közvetlenül kapja a szorzójelet a vivő regenerátortól, hanem egy 90°-os fázistolón keresztül [$\theta'_t = \sin(\Omega t + \Psi)$]. A 2. szorzó áramkörön képződő $\tilde{\eta}_t \cdot \theta'_t$ szorzat felírható az alábbi alakban:

$$y = \tilde{\eta}_t \cdot \theta'_t = \quad (8)$$

$$= \frac{-j}{2} \left[\int_{-b}^B H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} e^{j[(\omega+2\Omega)t + \psi + \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) - \int_{-b}^B H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} e^{j[\omega t + \psi - \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) - \int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} e^{j[(\omega-2\Omega)t - \psi - \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) + \int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} e^{j[\omega t - \psi + \varphi]} d\beta_{\xi}(\omega) \right]$$

Az aluláteresztő szűrővel eltávolítjuk a 2Ω körfrekvencia környezetében levő spektrális összetevőket és így az aluláteresztő szűrő kimenetén levő jel az alábbi

lesz:

$$\tilde{y}_t = \frac{-j}{2} \left[\int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j(\omega t + \varphi)} d\beta_{\xi}(\omega) - \int_{-b}^B H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j(\omega t + \varphi)} d\beta_{\xi}(\omega) \right] \quad (9)$$

ahol: $\varphi = \Phi - \Psi$.

Az aluláteresztő szűrő kimenőjelét (\tilde{y}_t) $\frac{\pi}{2}$ -es fázistolás (Hilbert transzformáció) után vezetjük az összegző másik bemenetére. A Hilbert transzformációt megvalósító négy pólus kimenő jele (\hat{y}_t) az alábbi alakban írható fel:

$$\hat{y}_t = \frac{-j}{2} \left[\int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} \hat{H}_{\omega} e^{j(\omega t - \varphi)} d\beta_{\xi}(\omega) - \int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} \hat{H}_{\omega} e^{j(\omega t + \varphi)} d\beta_{\xi}(\omega) \right] \quad (10)$$

ahol: $\hat{H}_{\omega} = -j \operatorname{sign} \omega$

és

$$\operatorname{sign} \omega = \begin{cases} 1, & \text{ha } \omega > 0 \\ 0, & \text{ha } \omega = 0 \\ -1, & \text{ha } \omega < 0 \end{cases}$$

Elvégezve a behelyettesítéseket és a lehetséges műveleteket, \hat{y}_t -re a következő alakot kapjuk:

$$\hat{y}_t = \frac{1}{2} \left[\int_{-B}^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j(\omega t - \varphi)} d\beta_{\xi}(\omega) - \int_0^b H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j(\omega t + \varphi)} d\beta_{\xi}(\omega) - \int_{-b}^0 H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j(\omega t + \varphi)} d\beta_{\xi}(\omega) + \int_0^B H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j(\omega t + \varphi)} d\beta_{\xi}(\omega) \right] \quad (11)$$

Az összegző kimenetén az \tilde{x}_t és \hat{y}_t összege jelenik meg:

$$\tilde{\xi} = \tilde{x}_t + \hat{y}_t = e^{-j\varphi} \int_{-B}^0 H_{\omega}^{(1)} H_{\omega-\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j\omega t} d\beta_{\xi}(\omega) + e^{j\varphi} \int_0^B H_{\omega}^{(1)} H_{\omega+\Omega}^{(2)} H_{\omega}^{(3)} e^{j\omega t} d\beta_{\xi}(\omega). \quad (12)$$

Tételezzük fel, hogy a vivő regenerátor koherens szorzójelet állít elő (azaz $\varphi = 0$), valamint tételezzük fel, hogy $H_{\omega}^{(1)} = H_{\omega}^{(3)} = 1$ és $H_{\omega}^{(2)} = 1$ a szükséges átvi-

teli sávokban és egyébként az értékük minden más körfrekvencián zérus. A feltételezett egyszerűsítések felhasználva a (12) kifejezés az alábbi egyszerű alakban írható fel:

$$\tilde{\xi}_t = \int_{-B}^B e^{j\omega t} d\beta_\xi(\omega).$$

Ebből az eredményből az is látható, hogy a $\tilde{\xi}_t$ demodulált jel megegyezik a ξ_t moduláló jellel, azaz:

$$\tilde{\xi}_t = \xi_t.$$

Ezen eredményből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a bemutatott újszerű demodulálási eljárás alkalmas AM-VSB jel demodulálására.

ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott eljárás elvileg új módszernek tekinthető az AM-VSB jel demodulációjára.

A bemutatott eljárásnak lényeges előnye a hagyományos szorzódemodulátoros eljárással szemben, hogy $H_{\omega_{vev6}}^{(2)}$ átviteli függvény b paraméterének alkalmas megválasztásával a különböző szabványú AM-VSB jelei is torzítás mentesen demodulálhatók.

I R O D A L O M

- [1] Dr. Ferenczy Pál: Hírközlélmélet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- [2] Dr. Ferenczy Pál: Televíziótechnika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
- [3] Dr. Csibi Sándor: Információ közlése és feldolgozása. BME-HEI, 1979.