

ANALIG SIGNALNI RAQAMLI SIGNALGA O'ZGARTIRISH.

Allashukurova Rayxon Jumanazar qizi.

Qarshi Davlat Texnika Unversiteti-talabasi.

rayhonallashukurova50@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada analog signallarni raqamli shaklga o'zgartirish jarayoni, uning texnik asoslari hamda zamonaviy raqamli tizimlarda tutgan o'rni tahlil qilinadi. Tadqiqotda analog signalni raqamlashtirishning asosiy bosqichlari — namuna olish (sampling), kvantlash (quantization) va kodlash (encoding) jarayonlari ilmiy asosda yoritilgan. Shuningdek, signal sifatiga ta'sir etuvchi parametrlar, xususan, diskretizatsiya chastotasi va kvantlash darajasi o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilinadi. Raqamli texnologiyalar rivojlanishi natijasida analog signallarni raqamli ko'rinishga o'tkazish usullari axborotni uzatish, saqlash va qayta ishlash samaradorligini oshirayotganligi ilmiy asoslar bilan isbotlanadi. Maqolada ushbu jarayonning amaliy qo'llanilishi — telekommunikatsiya, raqamli audio va video tizimlar misolida o'rganilgan.

Kalit so'zlar. Analog signal, raqamli signal, namuna olish, kvantlash, kodlash, diskretizatsiya chastotasi, raqamlashtirish, axborot uzatish tizimi, signal sifati, telekommunikatsiya.

Annotation. This article analyzes the process of converting analog signals into digital form, its technical foundations, and its role in modern digital systems. The study scientifically explains the main stages of analog-to-digital conversion — sampling, quantization, and encoding. Furthermore, it examines the relationship between parameters that affect signal quality, particularly between sampling frequency and quantization levels. It is scientifically proven that the methods of converting analog signals into digital form, as a result of the development of digital technologies, increase the efficiency of information transmission, storage, and processing. The practical applications of this process are studied through examples from telecommunications, digital audio, and video systems.

Keywords: Analog signal, digital signal, sampling, quantization, encoding, sampling frequency, digitization, information transmission system, signal quality, telecommunications.

Аннотация. В данной статье анализируется процесс преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму, его технические основы и роль в современных цифровых системах. В исследовании научно раскрыты основные этапы оцифровки аналогового сигнала — дискретизация, квантование и кодирование. Также рассматривается взаимосвязь параметров, влияющих на качество сигнала, в частности между частотой дискретизации и уровнем квантования. Научно доказано, что методы преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму, развиваясь вместе с цифровыми технологиями, повышают эффективность передачи, хранения и обработки информации. Практическое

применение данного процесса рассмотрено на примерах телекоммуникаций, цифровых аудио- и видеосистем.

Ключевые слова: Аналоговый сигнал, цифровой сигнал, дискретизация, квантование, кодирование, частота дискретизации, оцифровка, система передачи информации, качество сигнала, телекоммуникации.

Kirish. Zamonaviy axborot-kommunikatsiya tizimlarining rivojlanishi, raqamli texnologiyalar va elektron qurilmalarning keng qo'llanilishi analog signallarni raqamli shaklga o'zgartirish jarayonini dolzarb masalalardan biriga aylantirdi. Chunki real dunyoda mavjud barcha fizik jarayonlar — tovush, yorug'lik, harorat, bosim yoki elektr tebranishlari tabiatan analog ko'rinishda bo'ladi. Ammo ularni kompyuter tizimlari, mikroprotsessorlar yoki raqamli aloqa vositalari orqali qayta ishlash uchun raqamli shaklga keltirish zarur. Shu bois analog signalni raqamli signalga aylantirish — zamonaviy elektronika, telekommunikatsiya, raqamli audio-video texnologiyalar, tibbiy asboblari va boshqaruv tizimlarining asosiy funksional bo'g'ini hisoblanadi.

Analog signallar uzluksiz bo'lib, ular vaqt va amplituda bo'yicha cheksiz qiymatlarga ega. Raqamli signal esa uzlukli, ya'ni diskret qiymatlardan tashkil topgan bo'lib, uni raqamlar (nollar va birlar) ko'rinishida ifodalash mumkin. Shu sababli, analog signallarni raqamlashtirish jarayonida ma'lumotning aniqligi, ishonchliligi va sifatini saqlab qolish muhim hisoblanadi. Raqamlashtirish jarayoni uchta asosiy bosqichdan iborat: namuna olish (sampling), kvantlash (quantization) va kodlash (encoding). Har bir bosqichda signalning uzluksiz shakldan raqamli shaklga o'tishida ma'lum miqdorda informatsion yo'qotishlar yuz beradi. Shu bois optimal parametrlarni tanlash — masalan, Nyquist teoremasiga muvofiq diskretizatsiya chastotasini aniqlash, kvantlash aniqligini oshirish va raqamli kodlash algoritmlarini to'g'ri tanlash ilmiy asosga ega muhim masalalardan biridir. Bugungi kunda raqamli texnologiyalar barcha sohalarda analog tizimlarni siqib chiqarmoqda. Masalan, telekommunikatsiyada raqamli aloqa tizimlari analog tizimlarga nisbatan ancha barqaror, shovqinga chidamli va uzatish sifatini yuqori darajada saqlab qoladi. Raqamli audio va video tizimlarda esa raqamlashtirilgan signallarni siqish, tahrirlash va uzatish imkoniyatlari kengayib, yuqori sifatli multimedia mahsulotlarini yaratish imkonini bermoqda. Shu nuqtai nazardan, ushbu tadqiqotning maqsadi — analog signalni raqamli signalga aylantirish jarayonining nazariy va amaliy jihatlarini ilmiy tahlil qilish, uning texnik asoslarini yoritish hamda raqamli tizimlarda qo'llanish samaradorligini asoslab berishdan iborat. Tadqiqot natijalari zamonaviy raqamli kommunikatsiya vositalarini yaratishda, axborot uzatish sifatini oshirishda va yangi avlod raqamli qurilmalarni loyihalashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega bo'ladi.

Asosiy qism. Analog signalni raqamli shaklga aylantirish jarayoni zamonaviy raqamli tizimlarning poydevorini tashkil etadi. Bu jarayon orqali tabiiy, uzluksiz tebranishlar raqamli kodlar orqali ifodalanadi, natijada ularni kompyuter tizimlarida saqlash, uzatish va qayta ishlash imkoniyati paydo bo'ladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, analog signallarni raqamlashtirish nafaqat axborot uzatish samaradorligini oshiradi, balki signal



sifatini saqlash, shovqinga chidamlilikni kuchaytirish va ma'lumotlarni siqish imkonini beradi.

- Namuna olish (Sampling) jarayoni. Namuna olish — analog signalni vaqt bo'yicha uzluksiz shakldan diskret shaklga o'tkazish bosqichidir. Ushbu bosqichda signalning amplituda qiymatlari ma'lum vaqt oralig'ida o'lchanadi. Namuna olish chastotasi Nyquist–Shannon teoremasiga ko'ra, signalning maksimal chastotasidan kamida ikki baravar yuqori bo'lishi zarur:

$$f_s \geq 2f_{\max}$$

- Kvantlash (Quantization) jarayoni

Namuna olingan signal qiymatlari raqamli tizim uchun maqbul darajalarga keltiriladi. Kvantlash jarayonida signalning amplitudasi ma'lum diskret darajalarga bo'linadi. Har bir daraja ma'lum sonli bit bilan ifodalanadi. Masalan, 8-bitli kvantlash 256 ta darajani, 16-bitli kvantlash esa 65 536 ta darajani beradi. Darajalar soni qanchalik ko'p bo'lsa, signal aniqligi shunchalik yuqori bo'ladi. Shu bilan birga, kvantlashda kvantlash shovqini (quantization noise) deb ataluvchi xatolik ham yuzaga keladi. Tadqiqotlar ko'rsatishicha, yuqori aniqlikdagi raqamlashtirish uchun kvantlash darajalarini 12–24 bit diapazonida tanlash optimal hisoblanadi.

- Kodlash (Encoding) bosqichi

Kvantlangan signal qiymatlari raqamli kodlar — odatda ikkilik tizim (binary system) orqali ifodalanadi. Har bir kvantlash darajasi ma'lum bitlar ketma-ketligi bilan belgilanadi (masalan, 0101, 1110 va h.k.). Ushbu kodlar kompyuter yoki raqamli qurilmalar tomonidan oson qayta ishlanadi. Kodlashda PCM (Pulse Code Modulation), DPCM (Differential PCM) yoki Delta Modulation kabi usullar keng qo'llanadi. PCM texnologiyasi ayniqsa raqamli audio va telekommunikatsiya tizimlarida asosiy standart sifatida ishlatiladi.

- Analog-dan raqamli konversiya (ADC) qurilmalari.

Analog signallarni raqamli shaklga aylantirish uchun ADC (Analog-to-Digital Converter) qurilmalari ishlatiladi. Ular yuqorida sanab o'tilgan uchta bosqichni avtomatik tarzda bajaradi. Masalan, Successive Approximation Register (SAR) tipidagi ADC'lar yuqori aniqlik va o'rtacha tezlikni ta'minlaydi, Flash ADC esa juda tez ishlaydi, lekin ko'p energiya sarflaydi. Bugungi kunda 16-bit 192 kHz aniqlikka ega ADC'lar professional audio va sanoat tizimlarida qo'llanmoqda.

Raqamlashtirishning afzalliklari va amaliy qo'llanilishi

- Analog signalni raqamli shaklga o'tkazishning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- Signalni uzoq masofaga sifatni yo'qotmasdan uzatish imkoniyati;
- Shovqinga va tashqi elektromagnit ta'sirlarga chidamlilik;
- Ma'lumotlarni siqish, tahrirlash va shifrlash imkoniyatining mavjudligi;
- Raqamli xotirada saqlash qulayligi va ishonchliligi.

Amaliy jihatdan raqamlashtirish texnologiyasi telekommunikatsiya, tibbiy diagnostika (masalan, EKG va EEG qurilmalari), raqamli audio va video, robototexnika, hamda

sun'iy intellekt tizimlarida keng qo'llanilmoqda. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, bugungi kunda ishlab chiqarilayotgan signallarni qayta ishlovchi qurilmalarning 90% dan ortig'i raqamli asosda ishlaydi.

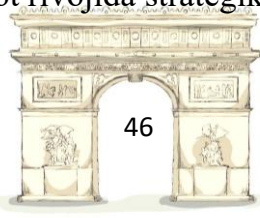
Tadqiqot natijalariga ko'ra, signalni raqamlashtirishda optimal sifatga erishish uchun quyidagi texnik parametrlar muhim ahamiyat kasb etadi. Diskretizatsiya chastotasi signalning maksimal chastotasidan kamida ikki baravar katta bo'lishi.. Kvantlash darajasi 12 bitdan kam bo'lmasligi. PCM yoki DPCM kodlash usullarini qo'llash orqali signal shovqinini 40–60 dB darajasida kamaytirish mumkinligi. Shuningdek, yangi avlod AI asosidagi raqamlashtirish algoritmlari yordamida signalni adaptiv qayta ishlash, shovqinni avtomatik aniqlash va yo'qotish imkoniyatlari kengaymoqda.

Analog signalni raqamli signalga o'zgartirish — raqamli texnologiyalar asrining eng muhim jarayonlaridan biridir. Tabiatda tovush, yorug'lik, harorat kabi barcha hodisalar analog shaklda mavjud bo'ladi. Biroq zamonaviy kompyuter, telefon yoki raqamli qurilmalar faqat raqamli signalni — ya'ni nollar va birlardan iborat ma'lumotni qayta ishlay oladi. Shu bois analog signallarni raqamlashtirish har bir elektron tizimning asosi hisoblanadi.

Xulosa

Analog signalni raqamli signalga o'zgartirish jarayoni hozirgi zamon axborot-kommunikatsiya tizimlarining eng muhim texnologik bosqichlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, raqamlashtirish orqali ma'lumotlarning uzatish sifati, ishonchliligi va tahliliy aniqligi sezilarli darajada oshadi. Analog signallar tabiiy holatda uzluksiz bo'lgani sababli ularni kompyuter va raqamli tizimlar tomonidan qayta ishlash qiyin, ammo raqamlashtirish bu cheklovlarni bartaraf etib, axborotni uzatish, saqlash va qayta ishlash jarayonini yuqori samaradorlik bilan ta'minlaydi. Namuna olish, kvantlash va kodlash bosqichlari bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'lib, ularning har birida to'g'ri parametrlarni tanlash signal sifatini belgilovchi asosiy omildir. Ayniqsa, Nyquist–Shannon teoremasiga amal qilish, 16-bit va undan yuqori kvantlash aniqligini qo'llash hamda PCM kodlash usulidan foydalanish raqamlashtirish sifatini ancha yaxshilaydi. Shu bilan birga, zamonaviy ADC qurilmalarining aniqligi va energiya samaradorligi har yili ortib borayotgani raqamli texnologiyalarni yanada rivojlantirishga zamin yaratmoqda. Amaliy tahlillar shuni isbotlaydiki, raqamlashtirish texnologiyasi telekommunikatsiya, audio-video ishlab chiqarish, tibbiy diagnostika va sanoat avtomatlashtirish tizimlarida analog usullarni deyarli to'liq siqib chiqardi. Masalan, 44,1 kHz chastotali 16-bitli tovush yozuvi inson qulog'i uchun tabiiy eshutilishni ta'minlasa, 24-bitli tizimlar professional darajadagi audio sifatini beradi.

Xulosa qilib aytganda, analog signalni raqamli shaklga o'zgartirish — bu nafaqat texnik jarayon, balki raqamli transformatsiya davrining ilmiy asosidir. U inson faoliyatining barcha sohalarida — aloqa, tibbiyot, sanoat, ta'lim va axborot tizimlarida yuqori samaradorlik, aniqlik va ishonchlilikni ta'minlaydi. Shu sababli, kelajakda raqamli signalni qayta ishlash texnologiyalarini chuqur o'rganish va yangi avlod ADC tizimlarini takomillashtirish raqamli iqtisodiyot rivojida strategik ahamiyat kasb etadi.



FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Lyons, R. G. Understanding Digital Signal Processing. Pearson Education, 2019.
2. R. A. Gülomov, Sh. E. Sattorov. Raqamli tizimlar va signallarni qayta ishlash asoslari. — T.: “Fan va texnologiya”, 2017.
3. T. Tursunov, M. Qodirov. Avtomatik boshqaruv tizimlarida raqamli signalni qayta ishlash. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2020.
4. O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi. Raqamli elektronika va signallarni raqamlashtirish bo‘yicha o‘quv qo‘llanma. — Toshkent, 2021.
5. Hamidov, A. R. Raqamli aloqa tizimlari. — Toshkent: O‘zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2019.

