

UDC 621.38

DOI 10.52171/herald.331

Converter of Frequency-Pulse Signals into Voltage

L.A. Israfilova, R.F. Guliyeva

Azerbaijan Technological University (Ganja, Azerbaijan)

For correspondence:

Limon İsrailova / e-mail: lemanisrafilov@gmail.com

Abstract

The pulse-to-frequency voltage converters provide an effective communication between analog information and digital systems. Their main advantages are simple design, high stability and the possibility of linear conversion. Experimental results have shown that the conversion process is carried out with high accuracy and such converters can be widely used in automation, medical devices and industrial measuring systems.

Keywords: voltage generators, resonant frequency, digital-to-analog converter, pulse former, counter, amplifier, limiter.

Submitted 5 June 2025

Published 17 December 2025

For citation:

L.A. Israfilova, R.F. Guliyeva

[Converter of Frequency-Pulse Signals into Voltage]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2025, vol. 17 (4), pp. 81-86

İmpuls-tezlik siqnalların gərginlik çeviricisi

L.A. İsrailova, R.F. Quliyeva

Azərbaycan Texnologiya Universiteti (Gəncə, Azərbaycan)

Xülasə

Məqalədə impuls-tezlik siqnalların gərginlik çeviricisinin (İT-GÇ) işləmə prinsipi, əsas elementləri və tətbiq sahələri izah edilir. Bu tip çevricilər analoq siqnalları rəqəmsal impulslara çevirən sistemlərin mühüm hissəsini təşkil edir. Məqalədə çevirmə prosesinin nəzəriyyəsi, əsas riyazi ifadələr və laboratoriya şəraitində əldə olunmuş nəticələr təqdim edilir.

Açar sözlər: gərginlik generatorları, rezonans tezliyi, rəqəm-analoq çeviricisi, impuls formalaşdırıcı, sayğac, gücləndirici, məhdudlaşdırıcı.

Преобразователь частотно-импульсных сигналов в напряжение

Л.А. Исрафилова, Р.Ф. Кулиева

Азербайджанский технологический университет (Гянджа, Азербайджан)

Аннотация

Преобразователи напряжения импульсного сигнала в частотный обеспечивают эффективную связь между аналоговыми информационными и цифровыми системами. Их основными преимуществами являются простая конструкция, высокая стабильность и возможность линейного преобразования. Результаты экспериментов показали, что процесс преобразования осуществляется с высокой точностью. Такие преобразователи могут широко использоваться в автоматике, медицинских приборах и промышленных измерительных системах.

Ключевые слова: генераторы напряжения, резонансная частота, цифро-аналоговый преобразователь, формирователь импульсов, счетчик, усилитель, ограничитель.

Giriş

Müasir elektron sistemlərdə analog məlumatın rəqəmsal formaya çevrilməsi geniş şəkildə tətbiq edilir. Bu prosesdə impuls-tezlik çeviricilərindən effektiv istifadə olunur. Bu cihazlar analog gərginliyi impulsların tezliyinə çevirərək, siqnalların rəqəmsal emal sistemləri və mikroprosessorlar tərəfindən işlənməsinə imkan yaradır.

İmpuls-tezlik gərginlik çeviricisi (Pulse-Frequency to Voltage Converter-PFVC) isə impuls və ya tezlik signalını analog gərginlik signalına çevirən elektron qurğudur. Daxil olan signalın tezliyi artdıqca, çıxışdakı gərginlik də müvafiq olaraq yüksəlir.

İdarəetmə sxemlərində tənzimlənən gərginlik generatorları geniş tətbiq olunur. Çevrilmə prosesində sabit impulsların eni və amplitudası əsasında orta qiymətin hesablanması prinsipi əsas götürülür. Bu metod impulsların tezliyə çevrilmə dəqiqliyini 0,01-ə qədər artırmağa imkan yaradır.

Burada dəyişən tezlikli impulslar ardıcılığının inteqrasiya metodunun təkmilləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Rezonans tezliyi 100 kHs olan tənzimlənən gərginlik generatoru tezliyin istənilən istiqamətə bir oktava dəyişməsinə imkan verən sxemlərdə istifadə oluna bilər [1].

Tezlik çeviriciləri hazırda iki əsas metodla – rəqəm və inteqrallayıcı üsulla işləyir.

Birinci metod tezliyin rəqəm koduna çevrilməsinə və alınan nəticənin rəqəm-analog çevirici vasitəsilə gərginliyə çevrilməsinə əsaslanır. Bu növ çeviricilər yüksək qiymətə malik olmaqla yanaşı, cəldişləmə qabiliyyətinin aşağı olması ilə seçilir.

İmpuls ardıcılığının inteqrallanma metodu isə amplitudu və müddəti sabit olan impulsların orta qiyməti hesablanır. Bu metod yüksək cəldişləmə qabiliyyətinə malik olsa da,

dəqiqliyin aşağı olması onun geniş istifadəsini məhdudlaşdırır.

Elektronika və signal emalı sahəsində amplitudu sabit olan impulsların orta qiymətinin hesablanması mühüm bir məsələdir. Bu cür impuls adətən sabit amplitudaya malik olub, müəyyən intervallarla (tezliklə) təkrarlanır.

Sabit amplitudlu impulsların orta qiyməti:

$$V_{avg} = A \cdot \frac{\tau}{T} = A \cdot D \quad (1)$$

Burada A – impulsun amplitudu (sabitdir); τ – impulsun davam etmə müddəti (eni); T – impuls arası period.

$D = \frac{\tau}{T}$ – iş əmsalı (yəni signalın aktiv olduğu vaxtın ümumi dövrə nisbəti).

Ekspperimental hissə

İmpuls-tezlik çeviricisinin əsas funksiyası analog gərginlik signalını proporsional impuls tezliyinə çevirməkdir.

İş prinsipi aşağıdakı addımlara əsaslanır:

1. Giriş signalı- signal dəyişən impuls xarakterinə malikdir (məsələn, kvadrat signal).

2. Sayma və inteqrasiya- İmpuls sayılır və müəyyən vaxt intervalında tezlik qiymətləndirilir.

3. Gərginlik çıxışı – tezlik dəyərlərinə uyğun olaraq xətti və ya qeyri-xətti analog gərginlik signalı çıxışa verilir.

Əsas komponentlər aşağıdakılardır:

- İnteqrator – giriş signalını müəyyən vaxt ərzində inteqrasiya edən element.

- Komparator – müəyyən referans səviyyəyə əsasən siqnalları müqayisə edən komponent.

- Monostabil generator (və ya impuls generatoru) – sabit impuls yaratmaq üçün istifadə edilən qurğu.

Əgər giriş gərginliyi V_{in} sabitdirsə, çıxış tezliyi f_{out} bu gərginliklə aşağıdakı kimi əlaqəlidir:

$$f_{out} = \frac{V_{in}}{k} \quad (2)$$

Burada f_{out} - çıxış impulslarının tezliyi (Hz), V_{in} – giriş gərginliyi (V), k – çevirmə sabiti və ya sistemin kalibrənmə əmsalı (Vs/impuls).

Bu sistemin əsas prinsipi integrator dövrəsinin V_{in} signalını integrasiya edərək xətti artan bir signal yaratmasına əsaslanır. Bu signal müəyyən bir səviyyəyə çatdıqda, komparator onu aşkar edir və impuls generatoru vasitəsilə impuls yaradır. Həmin impuls integratoru sıfırlayır və dövrə yenidən başlayır [2].

İmpulslar müəyyən zaman intervalında sayğac və ya monostabil multivibrator vasitəsilə sayılır. Bu metod signalın tezliyini müəyyən etməyə və analiz etməyə imkan verir:

$$f = \frac{N}{T} \quad (3)$$

Burada f – impulsların tezliyi (Hz), N – müəyyən müddətdə (məsələn, 1 saniyədə) düşən impuls sayı, T – zaman intervalı.

Məqalədə göstərilən metod vasitəsilə dəqiqliyin və cəldişləmə qabiliyyətinin çox yüksək olması ilə fərqlənir.

Bu prosesdə amplitudu sabit olan cəryan mənbəyi istifadə edilərək, müddəti sabit impulsların aşağı tezlik süzgəcləri vasitəsilə orta qiymətinin hesablanması nəzərdə tutulur. Çeviricinin çıxışında 50-100 kHs diapazonunda dəyişən impulsar ardıcılığına mütənasib sabit cəryan əldə edilir.

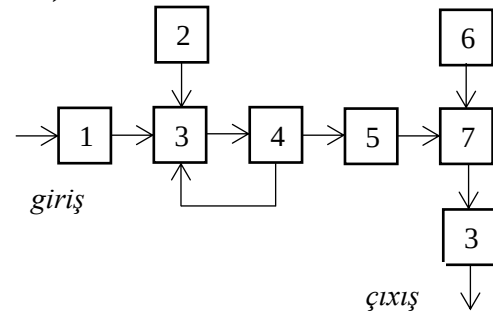
Ölçülən tezlik signalı yüksək giriş müqavimətinə malik sxemə yönləndirilir və sıfır kəsişmə nöqtəsi təyin olunur. Bunun nəticəsində amplitudun dəyişməsi və ya tezliyin modulvasiyası faza təhriflərinə səbəb olmur. Hər bir

sıfır kəsişməsində sabit amplituda və müddətə malik impulsar generasiya edilir.

İmpuls ardıcılıqlarının müddəti ikiqat “və” sxemindən keçən yüksək dəqiqlikli generatoradan alınan impulsarın sayılması ilə müəyyən edilir. İkiqat “və” sxemi həmçinin giriş signalının fluktuasiyasını azaldaraq sinxronizator funksiyasını yerinə yetirir [2].

Sabit müddətli impulsar gücləndirici-məhdudlaşdırıcı dövrəsinin girişinə yönəldilir və müəyyən zaman intervalında sabit cəryan mənbəyini aktivləşdirir.

Alınmış sabit müddətli VI amplitudlu impulsar aşağı-tezlik süzgəcinin çıxışında girişdəki tezliyə mütənasib sabit gərginlik yaradır (şəkil 1).



Şəkil 1 – İmpuls-tezlik signalının gərginlik çeviricisinin blok – sxemi

Figure 1 – Block diagram of a voltage converter for pulse-frequency signals

Sxem aşağıdakı bloklardan ibarətdir:

1. Giriş sxemi;
2. 8 Mhz tezlikli generator;
3. İkiqat “və” sxemi;
4. İmpuls formalaşdırıcı və sayğac;
5. Gücləndirici - məhdudlaşdırıcı;
6. Sabit cəryan mənbəyi;
7. “və” sxemi;
8. Süzgəc.

Sabit müddətli impulsarın generasiyası zamanı sıfırla kəsişmə və başlanğıc anının təyin

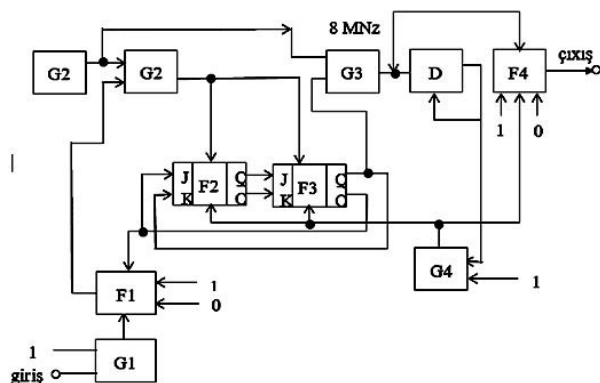
edilməsi üçün analoq və rəqəm girişlərindən istifadə olunur.

Analoq girişdən istifadə edildikdə, dəqiqlik əsasən elementlərin (kondensator) standart qiymətlərindən sapması ilə məhdudlaşır və bu fərqlənmə təxminən 1 % təşkil edir.

Sıfırla kəşimə sxemi qısa müddətli impuls generasiya edərək G1 “VƏ” sxemini aktivləşdirir və F1 triggerini “0” vəziyyətindən “1” vəziyyətinə çevirir. F1 açıq olduğu müddətdə G2 “VƏ” sxemi generatorun impulslarının keçməsinə imkan yaradır [3, 4].

F2 və F3 triggerləri sürüşdürücü registr kimi fəaliyyət göstərərək G3 “VƏ” sxeminin 8 MHz tezlikli impulslarının bir periodu müddətində G2 sxemindən keçən impulsların ön cəbhəsinə nisbətən gecikməsini təmin edir.

G3 “VƏ” sxemi vasitəsilə generatorun impulsları F4 triggerinə və V-D sayğacına ötürülür. Birinci impuls F4 triggerini “0” vəziyyətindən “1” vəziyyətinə keçirir. Səkkizinci impulsdan sonra G3 sxemindən keçən impuls G3 sxemini “0” vəziyyətindən “1” vəziyyətinə çevirir.



Şəkil 2 – İmpuls-tezlik siqnalların gərginlik çeviricisinin struktur – sxemi (F-j-k triggerlər; G- iki girişli “və” sxemi NAND; D- sayğac)

Figure 2 – Structural diagram of a pulse-frequency signal voltage converter (F-j-k triggers; G- two-input “and” circuit NAND; D- counter)

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, F4 sxeminin çıxışında 8 MHz tezliyə malik generatorun 8 perioduna bərabər olan 1 mikrosaniyə müddətli impuls yaranır. G2 və G3 “VƏ” sxemləri giriş siqnalının fluktuasiyasını aradan qaldırmaq üçün istifadə edilir [5].

Tədqiqat üsulları

Tədqiqat üsulları, çətinliklər və problemlər impuls-tezlik siqnalların gərginlik çeviricisi sahəsində mühüm rol oynayır.

Laboratoriya şəraitində impuls-tezlik çeviricilərinin iş prinsipi test edilir, nəticələr analiz olunur. Çevirmə prosesinin əsas riyazi ifadələri işlənilib hazırlanır, impulsların inteqrasiya metodu nəzərdən keçirilir.

Elektron sxemlər xüsusi proqramlarda simulyasiya edilərək optimal parametrlər təyin edilir.

İnnovasiya üçün yeni imkanlar

İmpuls-tezlik siqnalların gərginlik çeviricisi sahəsində irəliləyişlər elektronika və avtomatlaşdırma texnologiyalarında daha səmərəli həllər yaratmaq üçün imkanlar açır.

Məsələn: Yeni impuls-tezlik çevirici texnologiyaları ölçmə dəqiqliyini artıraraq səhvləri minimuma endirə bilər.

Sənaye avtomatlaşdırması üçün istifadə olunan impuls-tezlik çeviriciləri enerji istifadəsini optimallaşdırmağa kömək edir [5].

Biotibbi cihazlarda impuls-tezlik çeviriciləri sinir siqnallarının analizi üçün yeni imkanlar təqdim edə bilər.

İnkişaf perspektivləri

Daha yüksək dəqiqlik və sürət: Yeni impuls-tezlik çeviriciləri daha dəqiq ölçmələr və sürətli siqnal emalı təmin edərək sənaye proseslərini optimallaşdırır.

Ağıllı idarəetmə sistemləri: Avtomatlaşdırılmış istehsal və nəzarət sistemlərində impuls-tezlik çevriciləri real vaxt rejimində məlumat emalına imkan yaradır.

Enerji səmərəliliyi: Elektron sistemlərdə impuls-tezlik çevirmə metodları enerji istehlakını azaldaraq daha effektiv həllər təqdim edir.

Nəticə

İmpuls-tezlik siqnalların gərginlik çeviriciləri analoq informasiya ilə rəqəmsal sistemlər arasında effektiv əlaqə təmin edir. Onların əsas

üstünlükləri sadə quruluşu, yüksək sabitlik və xətti çevirmə qabiliyyətidir. Təcrübə nəticələri göstərdi ki, çevirmə prosesi yüksək dəqiqliklə həyata keçirilir və bu cür çevricilər avtomatika, tibbi cihazlar və sənaye ölçmə sistemlərində geniş tətbiq oluna bilər.

Maraqlar münaqişəsi

Müəlliflər bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edirlər.

REFERENCES

1. **Horovic P., Hill U.** Iskustvo shemotekhniki. I-II tom. 1986. Tom I – 418 s., tom II – 378 c.
2. **Brovanov S.V., Dyvko M.A., Tokarev V.G., Grishanov E.V., Udovichenko A.V.** Osnovy shemotekhniki, uchebnoe posobie. - Novosibirsk: Izdatel'stvo NGTU, 2023. – 96 s.
3. **Lachin V.I., Savelev N.S.** Elektronika. Ucheb. posobie. 2009. - 617c.
4. **Volovich G.I.** Shemotekhnika analogovyh i analogo-cifrovyyh jelektronnyh ustrojstv. Moskva, 2007. – 636 s. Paşayev A.M., Həsənov A.R., İsgəndərov İ.Ə., Abdurəhimov F.A. Elektron qurğularının əsasları. - Bakı: MAA, 2014. - 323s.
5. **Alakbarova T.Sh., Hacıyev R.M.** Analysis of Robocall Attacks: Methods of Protection Against This Threat // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2024, vol. 16 (3), pp. 29-43. DOI: https://doi.org/10.52171/2076-0515_2024_16_03_87_93