

**ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ԲԱՐՁՐ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ**

**ИЗВЕСТИЯ
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**BULLETIN
OF HIGH TECHNOLOGY**

2(13)/2020

ՇՈՒՇԻ - ШУШИ - SHUSHI

2020

ԲԱՐՁՐ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
BULLETIN OF HIGH TECHNOLOGY

ՀԱՄԱՎԱՐԳՈՂ ԽՈՐՀՈՒՐԴ

Ավետիսյան Վահան (տ.գ.դ., ԱՀ), Բայջյան Պարզև (տ.գ.դ., ՀՀ), Գուլյան Արտակ (կ.գ.դ., ԱՀ), Թոքմաջյան Հովհաննես (տ.գ.դ., գլխավոր խմբագիր, ԱՀ), Թոքմաջյան Վաչե (տ.գ.դ., ՀՀ), Մարկոսյան Աշոտ (տնտ.դ., ՀՀ), Մարկոսյան Մհեր (տ.գ.դ., ՀՀ), Մինասյան Ռոբերտ (եր.գ.դ., ՀՀ):

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Аветисян Ваан (д.т.н., РА), Балджян Паргев (д.т.н., РА), Гулян Артак (д.б.н., РА), Маркосян Ашот (д.э.н., РА), Маркосян Мгер (д.т.н., РА), Минасян Роберт (д.геол.н., РА), Токмаджян Ваче (д.т.н., РА), Токмаджян Оганес (д.т.н., главный редактор, РА).

COORDINATION BOARD

Avetisyan Vahan (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Baljyan Pargev (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Gulyan Artak (Doctor of Sciences (Biology), RA), Markosyan Ashot (Doctor of Sciences (Economics), RA), Markosyan Mher (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Minasyan Robert (Doctor of Sciences (Geology), RA), Tokmajyan Hovhannes (Doctor of Sciences (Engineering), Chief editor, RA), Tokmajyan Vache (Doctor of Sciences (Engineering), RA).

ԽՄԲԱՎՐԱԿԱՆ ԽՈՐՀՈՒՐԴ

Ազիզյան Լևոն (տ.գ.թ., ՀՀ), Ավետիսյան Վահան (տ.գ.դ., ԱՀ), Բայջյան Պարզև (տ.գ.դ., ՀՀ), Գագոշիձե Շավվա (տ.գ.դ., Վրաստան), Գավարդաշվիլի Գիվի (տ.գ.դ., Վրաստան), Գուլյան Արտակ (կ.գ.դ., ԱՀ), Թոքմաջյան Հովհաննես (տ.գ.դ., գլխավոր խմբագիր, ԱՀ), Թոքմաջյան Վաչե (տ.գ.դ., ԱՀ), Ժիվատկաուսկենե Ինա (տ.գ.թ., Լիտվա), Իսրայելյան Րուդոլֆ (տ.գ.դ., ԱՀ), Հարությունյան Համետ (տ.գ.դ., ՀՀ), Ղազարյանի Էդուարդ (ֆ.մ.գ.դ., ՀՀ), Մարգարյան Ալբերտ (տ.գ.դ., ՀՀ), Մարկոսյան Աշոտ (տնտ.դ., ՀՀ), Մարկոսյան Մհեր (տ.գ.դ., ՀՀ), Մելիկյան Վազգեն (ֆ.մ.գ.դ., ՀՀ), Մեսրոպյան Սուսաննա (պատասխանատու քարտուղար, ԱՀ), Մինասյան Ռոբերտ (երկր.գ.դ., ՀՀ), Շլիենկովա Ելենա (փ.գ.թ., ՌԴ), Սահակյան Վլադիմիր (տ.գ.թ., ՀՀ), Սարգսյան Հայկ (տնտ.դ., ՀՀ), Սարուխանյան Արեստակ (տ.գ.դ., ՀՀ), Վարդանյան Արևշադ (տնտ.դ., ՌԴ), Ույմա Ադամ (տ.գ.թ., Լեհաստան):

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Аветисян Ваан (д.т.н., РА), Азизян Левон (к.т.н., РА), Арутюнян Гамлет (д.т.н., РА), Балджян Паргев (д.т.н., РА), Вартанян Аревшад (д.т.н., РФ), Гавардашвили Гиви (д.т.н., Грузия), Гагошидзе Шалва (д.т.н., Грузия), Гулян Артак (д.б.н., РА), Живаткаускене Ина (к.т.н., Литва), Израелян Рудольф (д.т.н., РА), Казарян Эдуард (д.ф.-м.н., РА), Маргарян Альберт (д.т.н., РА), Маркосян Ашот (д.э.н., РА), Маркосян Мгер (д.т.н., РА), Меликян Вазген (д.т.н., РА), Месропян Сусанна (ответственный секретарь, РА), Минасян Роберт (д.геол.н., РА), Саакян Владимир (к.т.н., РА), Саргсян Гайк (д.э.н., РА), Саруханиян Арестак (д.т.н., РА), Токмаджян Ваче (д.т.н., РА), Токмаджян Оганес (д.т.н., главный редактор, РА), Уйма Адам (к.т.н., Польша), Шлиенкова Елена (к.ф.н., РФ).

EDITORIAL BOARD

Avetisyan Vahan (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Azizyan Levon (PhD (Engineering), RA), Baljyan Pargev (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Gagoshidze Shalva (Doctor of Sciences (Engineering), Georgia), Gavardashvili Givi (Doctor of Sciences (Engineering), Georgia), Ghazaryan Eduard (Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), RA), Gulyan Artak (Doctor of Sciences (Biology), RA), Harutyunyan Hamlet (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Israelyan Rudolf (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Jivatkauskene Ina (PhD (Engineering), Lithuania), Margaryan Albert (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Markosyan Ashot (Doctor of Sciences (Economics), RA), Markosyan Mher (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Melikyan Vazgen (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Minasyan Robert (Doctor of Sciences (Geology), RA), Mesropyan Susanna (Executive Secretary, RA), Sahakyan Vladimir (PhD (Engineering), RA), Sarukhanyan Arestak (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Sargsyan Hayk (Doctor of Sciences (Economics), RA), Shlienkovaya Yelena (Candidate of Sciences (Philosophy), RF), Tokmajyan Hovhannes (Doctor of Sciences (Engineering), Chief editor, RA), Tokmajyan Vache (Doctor of Sciences (Engineering), AR), Ujma Adam (PhD (Engineering), Poland), Vartanyan Arevshad (Doctor of Sciences (Engineering), RF).

Տեղեկագիրը հրատարակվում է Ալադեմիկոս Ի.Վ.Եղիազարովի ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի, Հիդրավիկական հետազոտությունների հայկական ազգային ասոցիացիայի, Երևանի կապի միջոցների գիտահետազոտական ինստիտուտի և Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարանի կողմից: Հիմնադրվել է 2016թ.: Լոյս է տեսնում տարեկան 4 անգամ:

Известия издают институт водных проблем и гидротехники им. академика И.В. Егизарова, Армянская национальная ассоциация по гидравлическим исследованиям, Ереванский научно-исследовательский институт средств связи и Шушинский технологический университет. Основан в 2016г. Издаётся 4 раза в год.

Bulletin is published by Yerevan Institute of Water Problems and Hydro-Engineering Named After I.V. Yeghiazarov, National Association of Hydraulic Research, Yerevan telecommunication research institute, Shushi university of technology. Established in 2016. Published 4 times a year.

Տեղեկագիրն ընդգրկված է ՀՀ ԲՈԿ-ի կողմից դոկտորական և թեկնածուական ատենախոսությունների համար ընդունելի հանդեսների ցանկում: Известия высоких технологий включена в список журналов приемлемых ВАК РА для докторских и кандидатских диссертаций. Bulletin is included in the list of journals for doctoral and PhD dissertations adopted by SQC of the Republic of Armenia

Գրանցման վկայականի համարը՝ 211.171.05236
Տպաքանակ՝ 101 օրինակ:
Պատվեր թիվ 17:
Ստորագրված է տպագրության. 29.06.2020:
Թողթը՝ օֆսեթ: Ծավալը 13.375 մամուլ:
e-mail: info@bulletin.am

Հասցե՝ Երեւան, Արմենակյան 125
Адрес: Ереван, ул. Арменакаяна 125
Address: 125 Armenakyan street, Yerevan
Tel. (+37493) 001030
Url: www.bulletin.am

MANAGEMENT OF PROCESSES OF GROWING WINTER CROP IN RAINFED CONDITIONS USING INNOVATIVE TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

A.A. Vartanyan¹, M.V. Markosyan^{2,3}, V.H. Tokmajyan³, S.B. Galstyan³

¹Moscow State University after M. V. Lomonosov

²Yerevan RI of Telecommunication

³Shushi University of Technology

The quantity, quality and cost of cultivated crops depends not only on the biological characteristics of the plant but also on the external environment where their ontogenesis occurs. To ensure the normal functioning of plants in natural condition water, nutrients and air that they receive from the soil and the surrounding air are also needed in addition to light and heat. Moreover, water is the most important factor in the yield of cultivated crops for regions with insufficient and unstable humidity. The water content in the soil determines all vital processes in plants and microorganisms and also the technological properties of the soil and the time for cultivation etc. It is possible to increase the yield and vitality of plants and the production of qualified products using information and communication technologies (ICT) to monitor and control both the process of plant growth and the environment (soil and atmosphere, changes in climatic conditions etc) and fertilizers introduced into the soil and lack of irrigation water. Besides, the addition of polymer-mineral material (PMM) to the soil increases its moisture content and allows to save additional water for the plant accumulated from rainfall, reduces evaporation from the soil surface which increases the yield and vitality of winter crop.

Key words: water, soil, rainfed conditions of growing winter crop, information-communication technologies, polymer-mineral material, moisture content of soil.

Introduction

The quantity and quality of seeds, fertilizers and irrigation water, the temperature of the soil and the surrounding air, their physical and chemical properties as well as climatic conditions significantly affect the viability and productivity of winter crop in rain fed conditions [1]. Taking into account this fact it is necessary to conduct dynamic monitoring of the characteristics of the soil and the environment, the plants themselves and the work for feeding them with fertilizers, air and water which can be carried out automatically using modern information and communication technologies (ICT). In particular, various sensors, counters and controllers can provide collection and digitization of analog signals from the studied objects and transfer them to application and database servers for processing and making timely decisions of management to create favorable conditions for growing plants.

The introduction of ICT solutions will allow to use nature and fertilizers more efficiently, to reduce environmental pollution and cost of growing plants and to increase their vitality and productivity in various climatic conditions.

Let us note that plants normally grow and develop in cultivated structural soils that contain the required amount of water, fertilizers and air. In addition to traditional measurements in agriculture, market managers made several attempts to quickly improve the physical properties of the soil using ameliorants and information technologies (IT).

Conflict setting

The main objectives of this study are to assess the impact of various information and technological innovations on the cost of growing winter crop, to increase its yield and to reduce costs on resources and to increase the competitiveness of companies involved in this activity.

Preliminary assessments and laboratory tests with polymer-mineral material (PMM) in the soil indicate the possibility to: increase the viability and productivity of winter crop and straw by 20%;

reduce amount of plant falling, consumption of fertilizers and costs on water supply for 20% and also the electricity, human and other resources [5].

The purpose of automation is to grow winter crop in rainfed conditions, to increase its yield and to reduce production costs as well as to regulate its viability by dosage use of various ameliorants, water and air.

It is obvious that in order to increase the competitiveness of companies engaged in the cultivation of various crops, it is necessary to reduce the cost of resources for their production, to take into account the shortage of fresh water in arid regions and to increase their productivity using ameliorants. The reason of the decrease of moisture content in soil in natural conditions is not only the rise of surrounding temperature and the decrease of the amount of precipitation but also anthropogenic impact on it [7]. As practice shows, conditions are created for depletion and degradation of the soil along with an increase in the use of agricultural machinery, the intensity of agriculture, the depth of tillage, the use of enhanced loosening and traditional furrow turning. In this regard, minimal or zero tillage with the use of effective agro technical activities such as scientifically based crop rotation, the use of organic fertilizers and ameliorants is of great importance.

In order to improve the physical and chemical properties of the soil for increasing productivity and reducing the cost of growing winter crop under rainfed conditions, it is suggested to automate the process of regulating the water regime in soil using PMM material - polymer-mineral raw materials created by the Research Institute of Mechanics of Moscow State University [8] and to determine the economic effect of its impact on winter crop in real time. The experimental results obtained in the field conditions will be recommended for growing various crops.

Research results

Scientific novelty of the research

The scientific novelty of the study lies in the suggested new technology for growing winter crop in rainfed conditions using PMM which has the properties of swelling and water conservation in the soil by reducing the coefficient of filtration and increasing its moisture content as well as in various options of its tillage and in finding its optimal quantities and formulations (proportions and mixing order). Besides, the scientific novelty lies also in total scientifically relevant use of ICT for monitoring various objects taking part in vital cycle of growing plants. Among them we distinguish:

- soil and in particular its characteristics – temperature, moisture content and fertilizing both during plant cultivation and seed growing and after harvesting,
- surrounding air, in particular, weather forecasting and factual characteristics of climatic conditions of the studied area, wind speed, atmospheric pressure, air temperature and humidity, amount of precipitation and density of snow fall,
- growing plant and particularly its characteristics as height, thickness and root conditions and foliage,
- water, fertilizers and other components added to the soil,
- various systems of viability (system of notification, security, control way and others)

Analysis of current situation of research in the given sphere

Various ameliorants of polymer and polymer-mineral origin are used to quickly improve the physical-chemical properties of the soil in practice [3, 4]. Studies have been conducted for a long time to use processed dacitic tuff rich in potassium [2] to improve the agro physical and agro chemical properties of the soil and to increase the yield of agricultural crops as well as for the economic and environmental efficiency of organic fertilizers against the use of mineral ameliorants in cultivating eggplant crops [6]. As experiments show, the eggplant yield decreased by 9,8% when using zeolite and in the variant using dacitic tuff it increased by 35,8%. The resulting difference is explained by the content of a small amount of 0,12-0,23% of phosphorus and 2,2-2,7% of potassium in zeolite. In

addition, zeolite helps to increase the alkalinity of the soil negatively affecting the growth, development and productivity of eggplant [6].

As it is known, winter crop is a grain crop among the most valuable and high-yielding plants. At the same time, the average grain yield of autumn sow is significantly higher than the spring one since it uses the moisture in the soil effectively absorbed from snow, rain and floods. Winter wheat creates a powerful root system for surviving thanks to which it absorbs nutrients better and does not suffer from drought. In addition, winter crop is more cost-effective than spring sowing due to the ability of optimizing organizational and economic activities particularly the relatively early harvesting of winter crop enables to fully and evenly use production resources.

However, during the period of drought, grain yield in rainfed conditions is significantly lower than in irrigated soils of the same region. Therefore, the cultivation of crops without systems for monitoring their viability using ICTs and without artificial irrigation in extreme cases leads to non-competitive products up to its complete loss. Various technological innovations (for example, ICT and PMM) will improve the water regime of plant nutrition, reduce the amount of applied fertilizer and increase productivity including the reduction of root system of plants.

For countries in continental and subtropical zone the cultivation of winter crop is of strategic importance. However, in difficult climatic conditions, it is necessary to develop various agro technical measures to obtain high yield at a low cost. Frequent droughts, hail and other natural disasters cause serious damage to agriculture creating the danger of desertification of lands.

Fertility depends on soil structure, porosity, moisture content and absorption and on the presence of colloidal particles in it and organic and organic-mineral origin [7]. More such particles are, greater the absorption of the soil is, therefore, the volume of water and the amount of dissolved salts and gases are held in it for the roots of the plant. If there are enough nutrients in the soil but there is a shortage of water and air, then the plant is poorly developed and can die. Therefore, to ensure a sufficient amount of water and air in the soil, pores of 3-5 mm in size are created (in small pores water will be retained and in large pores air will be preserved that is necessary for plants and microorganisms) [9]. The water regime of plants is characterized by processes in the soil - movement, consumption, moisture conservation, location in different soil horizons etc.

An important factor in obtaining sustainable harvest is soil moisture in the conditions of rainfed agriculture. Therefore, information on soil moisture, patterns of its formation and changes in time and space in different climatic zones is important. Stating the dependence of the crop on moisture storage in soil is important for assessing the condition of crops and plantings, for determining the effectiveness of agricultural activities. For agricultural production only productive moisture is of primary importance. i.e part of the soil moisture which ensures the formation of plant crops, i.e. it exceeds the moisture of resistant tillage.

The main sources of moisture in the soil are precipitation and groundwater in rainfed conditions. The type of vegetation, the relief, the processing system, winds, air temperature etc. affect the level of soil moisture. Soil fertility also depends on filtration index and moisture content. Falling on the surface of the earth under the gravitation water penetrates through the large pores into the soil and then it is filtered through small pores and capillaries deep into the surrounding earth grains. If the soil is rich in calcareous compounds, then small particles, especially colloidal ones stick together with each other forming strong porous grains that are not washed out by water for a long time.

Medium sized cracks are formed between the grains and such clay soils obtain good filtration characteristics. The greater the porosity of the soil is, there is more water in it (the amount of water is determined by the displacement of the soil which should be distinguished from the concept of the water-holding capacity of the soil, i.e. the amount of moisture remaining in the soil after full saturation until the final free drainage).

The temperature of the soil and the surrounding air are the most important factors in the life of plants and microorganisms. Seed germination begins only when the soil warms up to certain positive temperatures convenient for certain sort of plant. Photosynthesis, respiration, transpiration, adoption of

nutrients and other physiological processes take place in plants only at a certain degree of air temperatures.

Humidity as an abiotic factor has a noticeable effect on plants. With a large deficit of saturation of water vapor, evaporation from the soil surface increases sharply and plant transpiration increases.

Precipitation is the main source of moisture for farmland. Variations in the yield of crops in different areas are largely associated with fluctuations in precipitation during vegetation.

Wind is also an important abiotic factor of nature, it contributes to pollination of plants, transfer of seeds, growing of wild trees and grass. The negative effect of wind is to increase unproductive evaporation from the soil surface causing soil drought and wind erosion and to increase damage to plants during atmospheric and soil droughts.

Indicators of evaporation and the push up properties of the soil etc. are also of great importance for plants.

Hence, all soil properties are important for the growth and development of plants which receive their best indicators in structural soils where there is a sufficient amount of water and air respectively.

Thus, the traditional methods of preserving the structural nature of the soil are based on deep tillage, intensive loosening and furrow turning, application of crop rotation and fertilizers, treatment of acidic soils with limestone and gypsum treatment of saline lands which leads to rapid soil degradation. Today conditions for maintaining and improving soil structure and increasing fertility are created with minimal and zero tillage using scientifically based crop rotation, ameliorants and fertilizers.

Therefore, in order to monitor and improve the physical and chemical properties of the soil for growing winter crop the task is to regulate the water regime in the soil using PMM and ICT for growing them in rainfed conditions through field and vegetation experiments.

To determine the characteristics of the soil (moisture content, humidity, oxygen content, acidity, temperature) and the environment (temperature, humidity, wind speed, precipitation and others) as well as to control the processes of growing plants it is necessary to select appropriate sensors, controllers and information systems that are corresponding to IT architecture.

Depending on the method and amount of the ameliorants, the specific and bulk soil mass, porosity, water content, absorption, moisture content, water circulation and unavailable amount of water for plants in the soil, the dynamics of moisture during vegetative period, field germination of seeds and the safety of plants during the growing period are recorded and the number and mass of nodule bacteria on the roots of the plant, the number and mass of grains in spikes, biological and total yield and economic efficiency are noted.

Methods and approaches for reaching the aim and set of conflict of the research

Water is the most important factor in the yield of cultivated crops in rainfed conditions for regions with unstable humidity due not only to regional climatic conditions but also to the use of farm machinery. Traditional ways of cultivation of the land lead to an increase in the rate of degradation of humus, dispersal of the arable layer, destruction of soil aggregates, loss of moisture, increased costs for growing plants etc. Minimal and zero tillage is used to prevent soil degradation. In conditions of scientifically based crop rotation, fertilizers, mineral and synthetic substances positively affecting the soil are widely used.

In order to prevent soil degradation in rainfed conditions, to regulate water and food regimes of cultivated crops and to reduce the cost of production, ICTs are recommended besides applying PMM to the soil to improve water regime parameters and to increase the yield of winter crop that will allow to inform in time and/ or to carry out certain actions to solve the tasks set for growing plants by information systems.

To assess these characteristics which we point out and to maintain current situation, various sensors of humidity, PH meters, dosimeters, working valves, objects of networking (IoT) powered by solar panels or batteries which can last for several years are provided. Applied information systems and hardware and software systems are inertial, and, therefore, all of these IoT sensors can turn on

according to a specified time schedule or at the moment of operation and transmit information to a data processing center (DPC).

The basic structural diagram of a system for monitoring and managing farmland is shown in Fig. 1. Here, depending on the territory, moisture sensors and PH meters are installed in the soil with corresponding radio modems at a distance of up to 3 km from each other. Two types of IoT are of particular interest: those operating according to the standards above – LTE and those operating on their individual communication networks.

Shushi University of Technology, together with the Yerevan RI of Telecommunications designed such remote control systems based on IoT using Wi-Fi technologies and having studied the processes to be automated, the researchers came to the conclusion that some of them are economically feasible to carry out manually by inserting data via smart phones and by connecting with central server via any means of communication.

Figure 1 shows the structural diagram of the monitoring system of the first type of monitoring objects which is easily integrated with the monitoring systems of the second group of objects which are well-known meteorological stations. Let us note that for a relatively small area it is enough to have one station or connect to the republican network of meteorological stations.

The third group includes various video cameras. But basically the characteristics of the plant itself are determined manually.

The fourth group of objects includes various dosimeters and mixers as well as a subgroup of security systems, warning systems designed to fight against various natural disasters, rodents, insects, flocks of birds etc.

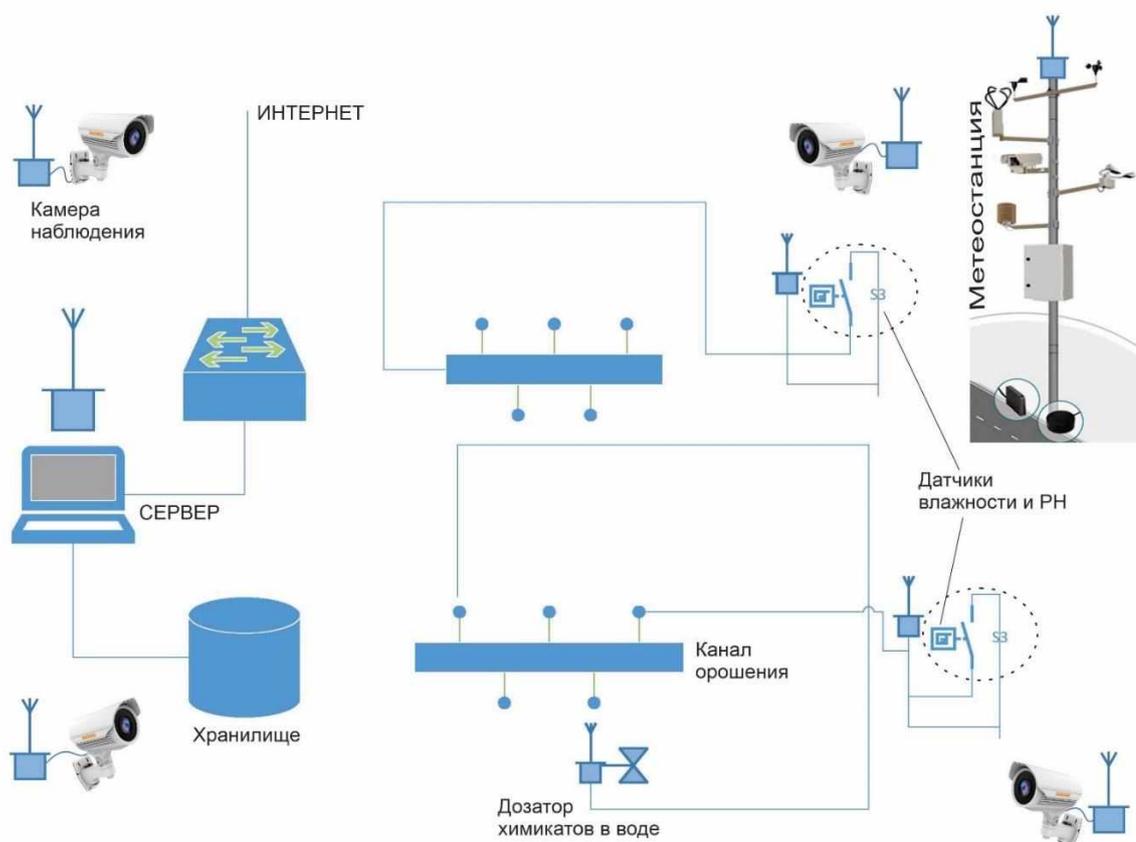


Fig.1 Basic scheme of the system of monitoring and management

Expected results of research and their scientifically applied significance

Expected scientific and practical results: to prove the appropriateness of applying PMM in the soil to increase the yield and vitality of plants due to the accumulation of precipitation; identification of various options for laying PMM in rainfed conditions; to create an ecological filtration layer under

the root system of plants with a predetermined filtration coefficient using PMM; to increase field moisture content of the soil; to slow down the moisture evaporation from the soil; to reduce reduction of fertilizer costs in the soil.

By decreasing the filtration coefficient and increasing the coefficient of moisture content it is possible to reduce the amount of consumed water and also to completely avoid wheat irrigation under favorable climatic conditions, to reduce the amount of fertilizer used and thereby to reduce environmental pollution by reducing wastewater toxicity and to save resources including human, material and energy resources etc. The obtained results will allow to grow other types of plants that could not be grown before in rainfed conditions as well as to increase the yield and adaptability of plants to external conditions, to improve the agrophysical properties of the soil and apply the results in other regions with similar climatic conditions.

To assess the impact of soil and atmospheric factors on the physiological characteristics of winter crop, it is necessary to monitor the concentration of cell sap, transpiration rate, the water holding capacity of the leaves, the moisture deficit in them and the determination of the amount of available water.

To determine the biological structure of yield of winter crop at the end of the phase of clammy ripeness of grain from fixed sites (1 m²) of each plot, we will take sheaf samples to determine the number of plants, their weight, total and productive bushiness, spike length, number of spikelets and grains in an ear, weight of 1000 grains, the ratio between grain yield and straw.

Grain yield will be determined by harvesting and weighing the crop from the entire area of the studied plot and straw according to the ratio between the grain and straw.

After harvesting from each option, the average sample is taken to determine the chemical composition of the grain.

Scientific novelty

Laboratory and field experiments with polymer-mineral material in the soil have shown their effectiveness. Mixing PMM with the soil, laying it on the bottom and along the side surface of the container as well as in the holes inside the soil allows to save more water thereby increasing moisture content and to reduce evaporation from the soil surface and filtering through the bottom of the container.

At the end of the 80s of the 20th century, the Research Institute of Mechanics of Moscow State University conducted tests with a similar water-swelling polymer-mineral composite Kavelast on the basis of which an ecologically safe water-accumulating and soil-improving composite Sugar was developed, its basic properties and characteristics were studied and established. Moreover, studies were conducted on the influence of Kavelast and Sugar on the growth and development of plants, in particular on beans, wheat and tomatoes and the optimal dose of materials, norms and frequency of irrigation for each species were selected. The influence of Kavelast and Sugar additives on the water storage capacity of separate soil pieces, the duration of moisture retention, the norms and frequency of irrigation, the germination and development of plants at different doses of Kavelast and Sugar, methods of yeasting seed material (bean, corn, soybean) using Kaveast and Sugar are determined.

Various ameliorants were used to improve the physical - chemical properties of the soil in Armenia, particularly processed dacitic tuff was introduced into the soil. In addition, the economic and environmental effectiveness of organic fertilizers was studied against the background of mineral ameliorants in eggplant crops.

Studies in the use of ameliorants for plants show the need to continue such activities and also the selection of new ameliorants, ecologically safe and more effective for a significant increase in yield with limited moisture resources in rainfed conditions.

Shushi University of Technology is conducting research to determine the level of influence of fertilizers and PMM on the growth and development of winter crop. Harvest of winter grain is directly dependent on frost resistance and drought tolerance of the plant.

In order to establish a correlative relationship between these features and productivity, the effect of fertilizers and PMM on the growth, development and preservation of winter crop was studied during 2019-2020.

The following four variants had been studied:

1. Without PMM and fertilizer (control).
2. Without PMM with fertilizer (P₆₀N₉₀)
3. With fertilizer P₆₀N₉₀ in the depth of 10 cm 0,5 cm layer of PMM was put
4. In the depth of 10 cm 0,5 cm layer of PMM was put without fertilizer

During the research the stages of growing the plants were observed and the time of growing was determined.

The obtained results are shown in Table 1 where we see that PMM and mineral fertilizers had significant effect on the dynamics of plant growing and development of winter crop. Particularly, fertilizers and PMM fasten the stages of plant growing.

Biometric calculations and measurements were done during research which are shown in Table 2 according to which PMM and fertilizers had great impact on field tillage, frost resistance and dynamics of growth of the stems of winter crop which is explained by the property of PMM to store moisture in the layer of the soil feeding stems while mineral fertilizers are used effectively and without loss in case of relevant amount of moisture (Fig. 2 and 3).

Table 1

Variant	Tillage	Growing		Tillering		Stemming		Spiking	
		Time	Duration of days	Time	Duration of days	Time	Duration of days	Time	Duration of days
I	05.10.19	19.10.19	14	07.12.19	33	15.05.20	222	21.05.20	228
II	05.10	20.10	15	06.12	32	14.05	221	17.05	224
III	05.10	17.10	12	05.12	31	12.05	219	16.05	223
IV	05.10	17.10	12	05.12	31	12.05	219	20.05	227

Table 2

Biometric calculations

Variant	Number of sowing in 1m ²	Number of germination	Field germination (%)	Number of plants before winter	Number of plants in spring	Frost resistance (%)	Height of plants in the stage of tillering, cm	Height of plants in the stage of spiking, cm	Height of plants in the stage of stemming, cm
I	500	370	74	361	350	96,9	5,3	35	45
II	500	365	73	364	357	98,0	8,7	77	80
III	500	375	75	371	369	99,5	9,3	85	85
IV	500	380	76	373	361	96,9	6,8	46	55



Fig. 2 Data of biometric observations on 15.05.2020



Fig. 3 Data of biometric observations on 09.06.2020

Conclusion

The tests and gained knowledge have shown the perspective of developing ecologically safe and highly effective methods to increase water retention and to improve the agro ameliorative properties of soil and technological processes for their implementation. The developed technologies provide an increase in the storage of productive moisture in the soil to predetermined limits, the creation of an optimal water regime for plants, a decrease in the frequency and norms of irrigation, an increase in erosion resistance, a decrease or exclusion of water loss and salination, an increase in yield, a decrease in capital investments and the cost of agricultural products.

PMM material and automation of the processes of growing winter crop will provide reasonable suggestions for solving the most important national economic problem: increasing the yield and vitality of winter crop and reducing the costs and resources for growing it including the strategic resource - fresh water.

Ideas, technologies and methods for monitoring and controlling the process of growing winter crop as well as calculations on the economic feasibility of applying PMM to the soil must be verified over several years in field tests in rainfed conditions over large areas in order to prove the validity of the hypotheses and the correctness of the obtained experimental results that in case of success can be recommended to agricultural producers for industrial application.

The solution of the tasks set in the study will ensure the national food security of the country, will create competing technologies and competitive products for their implementation on the world market: a high-quality seed fund necessary for growing not only in our own territories but also for exporting abroad which will solve the strategic problem providing the market with seeds.

References

1. Ерицян С.К., Фарсиян Н.В. Влияние последействия удобрений и мелиорантов на озимую пшеницу в условиях Аскеранского района НКР //Известия Самарской государственной с/х академии, 2016, 07-09, вып. 3, с. 28-32.
2. Манукян Р.Р., Мамаджанян С.А., Папинян В.А. К вопросу об улучшении мелиоративно-экологического состояния переувлажненных орошаемых лугово-бурых почв Араратской равнины при внесении кальцийсодержащих химических веществ //Известия государственного аграрного университета Армении, 2007, N3, с.34-38.
3. Tokmajyan V.H., Markosyan A.Kh., Khalatyan A.A., Khachatryan N.B. The Perspectives Of Providing The Storage Of Irrigation Water In The Case Of Using Water Collecting Additives In The Ground // Bulletin of high technology, Shushi , N 2 (6) /2018, p. 9-14.
4. Danilova T.N., Regulation of the water regime of grainy sandy loam soils and moisture supply of plants with the help of water-absorbing polymers. Agro physics, 2016, № 1, p. 8-16.
5. Terleev V.V., Topaj A.G., Mirshel V., Gourin P.D., Modeling of water-retaining capacity of soil on the basis of concepts of capillary hysteresis and lognormal pore size distribution //theory of Agro physics, S.P. (b), 2014, N1(13), p. 9-18.
6. Галстян М.А., Айрапетян Э.М., Арутюнян С.С., Тамоян С.Дж. Экономико-экологическая эффективность применения органических удобрений на фоне природных мелиорантов в посевах баклажана (на армянском языке) //Биологический журнал Армении, Ер., 2009, N 3 (61), с. 82-87.
7. Galstyan S.B., Vartanyan A.A., Tokmajyan V.H., Gorshkova N.E., Tokmajyan H.V. The regulation of water regime of field crops and decorative woody plants in natural conditions by applying polymer-mineral raw material //Bulletin of high technology, Shushi, N1 (11), 2020, pp. 11-15.
8. Vartanyan A.A., Shakhnazarov A.A., Tokmajyan V.H., Sarukhanyan A.A. Increase of soil moisture storage by applying polymer-mineral material //Bulletin of high technology, Shushi, N1 (11), 2020, pp. 3-10.
9. Качинский Н.А. О влажности почвы и методах ее изучения //М: «Новая деревня», 1923, 40 с.

References

1. Yeritsyan S.K., Farsiyan N.V., The impact of fertilizers and ameliorants on winter crop in the conditions of Askeran region of AR//Bulletin of Samara State agricultural academy, 2016, 07-09, ed. 3, p. 28-32.
2. Manukyan R.R., Mamajanyan S.A., Papinyan V.A., About improvement of ameliorative-ecological condition of over moisturized arable meadow soils of Ararat valley by applying potassium chemicals //Bulletin of Armenian National Agrarian University, 2007, N3, p. 34-38.
3. Tokmajyan V.H., Markosyan A.Kh., Khalatyan A.A., Khachatryan N.B., The perspectives of providing the storage of irrigation water in the case of using water collecting additives in the ground // Bulletin of high technology, Shushi , N 2 (6) /2018, p. 9-14.
4. Danilova T.N., Regulation of the water regime of grainy sandy loam soils and moisture supply of plants with the help of water-absorbing polymers. Agro physics, 2016, № 1, p. 8-16.
5. Terleev V.V., Topaj A.G., Mirshel V., Gourin P.D., Modeling of water-retaining capacity of soil on the basis of concepts of capillary hysteresis and lognormal pore size distribution //theory of Agro physics, S.P. (b), 2014, N1(13), p. 9-18.
6. Galstyan M.A., Hayrapetyan E.M., Galstyan M.A., Harutyunyan S.S., Tamoyan S.J., Economic-ecologic effectiveness of using organic fertilizers for natural ameliorants in

eggplant cultivation (in Armenianna) //Biological journal of Armenia, Yerevan, 2009, N 3 (61), p. 82-87.

7. Galstyan S.B., Vartanyan A.A., Tokmajyan V.H., Gorshkova N.E., Tokmajyan H.V., The regulation of water regime of field crops and decorative woody plants in natural conditions by applying polymer-mineral raw material //Bulletin of high technology, Shushi, N1 (11), 2020, p. 11-15.
8. Vartanyan A.A., Shakhnazarov A.A., Tokmajyan V.H., Sarukhanyan A.A. Increase of soil moisture storage by applying polymer-mineral material //Bulletin of high technology, Shushi, N1 (11), 2020, p. 3-10.
9. Kachinskiy N.A., About the moisture of soil and the methods of its study//M: «Novaya derevnya», 1923, 40 p.

ՀՏԴ - 635:556:631.51

ԲՆԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԱՇՆԱՆԱՑԱՆ ՍԵՐՄՆԱՑՈՒ ՑՈՐԵՆԻ ԱՃԵՑՄԱՆ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄՆ ԻՆՈՎԱՑԻՈՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐԻ ՕԳՆՈՒԹՅԱՄԲ

Ա.Ա. Վարդանյան¹, Մ.Վ. Մարկոսյան^{2,3}, Վ.Հ. Թորմաջյան³, Ս.Բ. Գալստյան³

¹Լոմոնոսովի անվան Մոսկվայի պետական համալսարան

²Երևանի կապի միջոցների ԳՀԻ

³Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան

Գյուղատնտեսական կուլտուրաների աճեցման քանակական, որակական ցուցանիշները կախված են ոչ միայն մշակաբույսի բիոլոգիական առանձնահատկություններից, այլ նաև շրջակա միջավայրից, որտեղ կատարվում է դրա օնտոգենեզը: Բնական միջավայրում, բույսերի համար նորմալ պայմանների ապահովման համար, լույսից և ջերմությունից բացի անհրաժեշտ է ջուր, սնունդ, օդ: Մասնավորապես, ոչ բավարար և անկայուն խոնավությամբ տարածքներում, ջուրը հանդիսանում է մշակաբույսերի բերքատվության ապահովման կարևորագույն գործոն: Հողում ջրի առկայությամբ է մեծապես պայմանավորված մշակաբույսերի աճի համար անհրաժեշտ հիմնական պրոցեսների ընթացքը, ինչպես նաև հողի հատկությունները: Բերքատվության բարձրացման, մշակաբույսերի կայուն աճի և որակյալ բերք ստանալու նպատակով առաջարկվում է տեղեկատվակոմունիկացիոն տեխնոլոգիաների կիրառմամբ, մշտադիտարկումներ կատարելու միջոցով, կառավարել բույսերի աճեցման պրոցեսը՝ արձագանքելով շրջակա միջավայրի գործոնների փոփոխություններին (հող, մթնոլորտ, կլիմայական պայմաններ, այլ)՝ տալով բույսին համապատասխան քանակի ջուր և պարարտանյութեր: Բացի այդ, հողին ավելացնելով պոլիմերահանքային նյութ, տեղումներից մշակաբույսերի համար կարելի է ապահովել ջրի լրացուցիչ պաշար՝ ֆիլտրացիայի և գոլորշիացման նվազման հետևանքով: Դա կբարձրացնի աշնանացան սերմնացու ցորենի աճի կայունությունը և բերքատվությունը:

Բանալի բառեր. ջուր, հող, բնական պայմաններում աշնանացան սերմնացու ցորենի աճեցում, տեղեկատվակոմունիկացիոն տեխնոլոգիաներ, պոլիմերահանքային նյութ, հողի խոնավունակություն:

УДК - 635:556:631.51

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОЗИМОЙ СЕМЕННОЙ ПШЕНИЦЫ В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ С ПОМОЩЬЮ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

А.А. Варганян¹, М.В. Маркосян^{2,3}, В.О. Токмаджян³, С.Б. Галстян³

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

²Ереванский НИИ Средств Связи

³Шушинский технологический университет

Количество, качество и себестоимость выращиваемых сельскохозяйственных культур зависит не только от биологических особенностей растения, но и от внешней среды, в котором происходит их онтогенез. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности растений в естественных условиях, кроме света и тепла, также необходимы вода, питательные вещества, воздух, которые они получают из почвы и окружающей воздуха. Причем для регионов с недостаточной и неустойчивой влажностью, вода является важнейшим фактором урожайности возделываемых культур. Содержанием воды в почве обусловлены все жизненные процессы в растениях и микроорганизмах, а также технологические свойства почвы, сроки возделывания и т.д. Повышение урожайности и жизнестойкости растений, а также получения качественной продукции возможно обеспечить с помощью инфокоммуникационных технологий (ИКТ) мониторинга и управления как самого процесса выращивания растения, так и окружающей среды (почвы и атмосферы, изменения климатических условий), и вносимых в почву удобрений и недостающей поливной воды. Кроме того, добавление в почву полимерно-минерального материала (ПММ) повышает ее влагоемкость, позволяет сохранить дополнительную воду для растения, накопленную от осадков, уменьшает испарение с поверхности почвы, что повышает урожайность и жизнестойкость озимой семенной пшеницы.

Ключевые слова: вода, почва, богарные условия выращивания озимой семенной пшеницы, инфокоммуникационные технологии, полимерно-минеральный материал, влагоемкость почвы.

Ներկայացվել է՝ 22.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 22.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 26.06.2020թ.

THE EFFECTIVENESS OF PEANUT CULTIVATION DEPENDING ON APPLIED AGRICULTURAL MACHINERY

S.B. Galstyan, G.H. Nersisyan, A.K. Mikaelyan

Shushi University of Technology

The purpose of the research is to test the cultivation of valuable peanut oil crop in the Republic of Artsakh for the first time. For this purpose we had to reveal the impact of such important agro technical activities on the growth, development and yield of peanut and oil content in peanut seeds considering the biological demands of peanut to climatic conditions by research experimental method in the conditions of dark brown gravel, medium sandy clay lowland soils of medium capacity and foothill forest brown carbonated soils as fertilization with mineral fertilizers and fight against weeds which are competitors of crops. It has been found out that additional weeding mellowing and mineral nutrition, both individually and in combination, have had a significant effect on the number of weed plants in peanut crops, the reduction of their biomass, the improvement of nutritional and water regimes of the soil, plant growth, development of crop elements, high yield and rise of the oil content in peanut seeds.

Key words: mellowing, mounding, feeding, water supply, yield, oil content.

Introduction

Peanut cultivated in Artsakh Republic for the first time is a valuable oilseed crop. It contains about 60% fat and more than 35% protein. Peanut oil is used in caning, margarine and soap production and in medicine. The cake that remains after extraction contains 45% protein and 8% fat. It is used for making canned food, paste, cakes and other pastries. Whole-grain baked seeds are highly demanded in food production. The stem together with its leaves contains 0,62 feedstocks and is used as valuable animal feed [1].

Peanut oil is a valuable herbal product that competes with meat and cheese for its energy and nutritional value. It was first introduced in the early twentieth century in America, after which oil has become widespread worldwide.

The pure fresh oil has the highest nutritional value which is obtained without extraction as a result of cold pressing and it is preferable to use that type of oil for medical purposes.

The excellent flavors of peanut oil and its high nutritional value are due to its fats which are easily digested by the human organism, its irreplaceable amino acids that support immunity, improve hormone balance and improve the activity of nerve system and genital system. Vitamin - antioxidants A-E help to improve the functioning of the eyesight, they have anti-inflammatory, immune-stimulating and wound-healing effects. Vitamin B4 plays a preventive role in the development of fat infiltration and gallbladder disease in liver. Vitamins in Group B improve the health of hair, nails, skin and eyesight and immunity. The most important components of peanuts are also macro and microelements including iodine, magnesium, potassium, calcium, copper, iron, phosphorus, zinc, cobalt etc. Besides, peanut oil contains a number of nutrients (phospholipids, polyphenols, beta, phytosterols) that have a good effect on the cardiovascular, nervous, immune and digestive systems. Peanut oil also features improved body activity and muscle tonus, reduced cholesterol in the blood, rapid recovery after prolonged illness or hard work, it also regulates sleep, prevents diabetes and regulates the function of liver and helps to keep fit.

In addition to its nutritional and therapeutic purposes, peanuts also have a great agronomic significance. Due to its symbiosis with tuber bacteria, it fixes free nitrogen in the air and enriches the soil with this important nutrient in addition to satisfying its nitrogen demand. In this respect peanut is a good predecessor for many crops [1].

As a result of the radical changes in the agrarian sector in recent years, many rural farmers have passed to turn less cultivation of crops and vegetables which resulted in annual decrease of soil fertility and lower crop yields. So the investment of peanut as a high-yield papilionaceous crop in crop rotation gets more importance.

Although the soil and climatic conditions of the lowland and foothill zones of Artsakh are quite favorable for the cultivation of peanuts, the lack of relevant studies hinders its wide distribution.

It should be noted that peanut is considered to be a photophilous, thermophilic and moisture loving plant. Seeds begin to germinate at 12-14°C. Seedlings are very sensitive to frost. They die at -1°C. Autumn frosts (-1,5-2°C) damage the vegetative mass, and at -3 °C seeds on the soil surface lose their fertility. The best temperature for growth and development of peanuts is 25-30°C, there are no fruit below 12-13°C. Peanuts are moisture loving especially from the beginning of blossoming to the end of fruit formation. Peanuts are sown when the average temperature over the soil is not less than 14-15°C on 10 cm of soil. The time for tillage coincides with the end of April in the lowland zone of Artsakh and the beginning of May in the foothill zone.

Conflict setting

Taking into account the fact that the first attempt is being made to start peanut cultivation in the Republic of Artsakh, we set out to study the effectiveness of the use of such important agricultural measures which both plant growth, development and crop yield and the extracted oil amount greatly depend on.

For this purpose, dark brown, gravel and clay sandy soil conditions with pH = 7,5 medium capacity and humus content of 3,5-4,0% of Askeran region and light brown, carbonated, gravel and clay sandy soil conditions with pH = 7,9 and humus content of 2,7-3,1% of Martakert region a number of field and laboratory studies were conducted in 2017.

Field studies have been made for three times repeated. The following variants have been studied:

1. Machine cultivation-mounding twice (checking),
2. Machine cultivation-mounding twice + 1 hand weeding – mounding ,
3. Machine cultivation-mounding twice + P60N40 feeding,
4. Machine cultivation- mounding twice + 1 hand weeding – mounding + P60N40 feeding.

Nutrition was provided during the formation of sets followed by cultivation-mounding.

The surface of the tested furrows comprised 100 m². The other agricultural activities were the same in all variants except for the deviations from the experiment scheme.

Irrigation was carried out in the furrow sowing method with watering norm of 12000 m³/hectare and irrigation norm of 400 m³/hectare.

The following methods and techniques were used in field and laboratory studies: soil moisture was determined by weight method, crop yield was estimated by total harvesting method by B. A. Dosppekhev, the amount of oil obtained from seed crop was determined by percentage of XiBA- 1000 instrument.

We also have tried to develop wasteless technologies for the production of food and animal feed from peanut raw material first obtained in Artsakh [2].

Research results

Like all crops, the growth of peanut and the quantity and quality of the crop depend not only on the biological characteristics of the species or variety, but also on the environmental conditions under which it individually develops. Under field conditions, crop yields and the quality of the product obtained depend on the relative minimum factor. Taking into consideration the fact that humidity and nutrients are the most frequently occurring factors in the lowland and foothill climatic zones of Artsakh, it is necessary first of all to apply those agrotechnical measures which will affect the factors being in relative minimum at certain period of time. Impacts of additional mounding and feeding over

general agricultural atmosphere on crop weeding, regulation of water regime of soil, the development of peanut crop elements, crop yield and oil content in the crop are presented in Table 1-3.

As the data of the table show, each of the additional measures individually contributed to the reduction of the number of weed plants competing for crops and their biomass and the increase of the supplies of effective soil moisture during vegetation. However, as can be seen from the data in the same table, the efficiency of additional agronomic measures increases with their combined use. On the one hand, as a result of weeding and soil crust destruction, effective soil moisture is increased and on the other hand, phosphorus-nitrogen fertilizers, introduced into the soil, both provide nutrient demand in plants and reduce transpiration thus improving the water regime of the plants [3; 4].

It can be seen from the data in Table 2 that both manual weeding mounding and nutrition with mineral fertilizer have contributed to the growth of peanut and the development of crop elements. As the data of the table show the average growth of crop elements in the lowland area was 22,3% due to weeding mounding, in the foothill zone it comprised 34,3% and crop growth comprised correspondingly 8,3 c/hectare or 36% and 7,9 c/hectare or 53,0%. The average growth of crop elements towards the checker was 34,8% in the foothill zone and 28,7% in the lowland zone due to the influence of phosphorus fertilizer. The impact of each of these measures on crop growth is more evident in foothill conditions. This is explained by the fact that the brown carbonate clay sandy soils of weak capacity of the foothills zone where the field experiments were implemented compared with the dark brown clay sandy soils of medium capacity of the lowland zone are poorer with humus content, vivid nutrients for plant growth, and due to the lack of mechanical composition and humus, the moisture content of these soils and the ability to raise water by capillaries is also poorly demonstrated [5]. That is why the effectiveness of the additional measures applied to these lands is higher.

The efficiency of nutrition and weeding mounding is more increased (as the results of the experiment show) by their combined use. According to the control, in this case the average increase of crop elements in the lowland zone was 44,3% and in the foothill zone it comprised 50,6%, additional crop yield was 11,3 and 12,2 c/ha respectively or 49,1 and 81,8%.

An important factor in increasing the efficiency of agricultural production is also the improvement of the quality of produced products which depends not only on the various characteristics of the crop sorts but also on the climatic conditions of the place of cultivation and on the agro-technology used. This is also evidenced by the results of our experience.

Since peanuts are generally considered to be an oily crop, one of our tasks has been to find out the impact of the climatic zone and the applied agrotechnical measures on the oil content of peanut seeds (Table 3).

Based on the data presented in the table, we can conclude that both the climatic conditions and applied agrotechnical means have a significant effect on the oil content of peanut seeds. It was especially high in lowland region where the plants were grown under high agrotechnical measures in the field.

In laboratory conditions, 270 kg of dried peanut seeds were pressed at 50-60°C by rolling extractor to obtain peanut oil. The obtained 127 kg turbid oil mass was filtered. As a result we have obtained 110 kg pure peanut oil which made up 40,7% of the raw material. Pure oil has been studied in the laboratory of food safety of the Republic of Artsakh and the data have satisfied all the presented qualitative criteria.

The remaining waste which contained 30-35% protein and 5% oil were used in the laboratory to obtain other nutrients and animal feed.

Thus, the climatic conditions of the lowlands and foothill zones of Artsakh are quite favorable for peanut cultivation under water irrigation conditions. With the use of high agro technology, the yield of this valuable crop can be increased to 45 - 50 c/hectare. And new technologies for the processing of raw peanut will contribute to root peanut cultivation and increase the income of crop fields, to provide the local market with fresh food and animal breeding with additional feeds. The introduction of peanuts in crop rotation will increase soil fertility as it enriches the soil with nitrogen.

If you choose the best time for tillage, peanuts can be a good predecessor for autumn tillage under irrigated farming.

Table 1

The content of moisture in the soil depending on the applied farm machinery

Climatic zone	Variant	Weediness before harvest, 1ml ²		Soil moisture (%) in 0-40 cm layer			
		Piece	Gram	Before tillage	Mid summer	Before harvest	Average
Lowland	Cultivation 2 (checker)	145	340	18,68	20,46	18,60	19,24
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding	75	170	18,20	25,70	20,21	21,37
	Cultivation 2 + P ₆₀ N ₄₀	131	294	18,49	21,80	18,67	19,65
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding + P ₆₀ N ₄₀	72	165	18,65	26,35	21,22	22,07
Foothill	Cultivation 2 (checker)	129	330	17,60	19,65	19,30	18,85
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding	73	120	17,25	22,37	20,18	19,93
	Cultivation 2 + P ₆₀ N ₄₀	118	225	18,03	21,45	19,36	19,61
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding + P ₆₀ N ₄₀	84	117	17,47	22,00	19,65	20,70

Table 2

The dependence of peanut crop on the applied farm machinery

Climatic zone	Variant	Number of plants before harvest 1m ²	One plant					Yield, c/hectare
			Number of stems	Number of achenes, psc.	Weight of achenes, g.	Number of grains, psc.	Weight of grains, g.	
Lowland	Cultivation 2 (checker)	5.6	14.3	48.6	79,8	61,7	41,2	23,0
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding	6.0	18.4	55.3	95,8	75,5	52,3	31,3
	Cultivation 2 + P ₆₀ N ₄₀	5.6	20.3	58.4	99,8	76,0	55,2	30,9
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding + P ₆₀ N ₄₀	5.8	22.6	65.8	115,6	86,2	59,3	34,3
Foothill	Cultivation 2 (checker)	5,0	12,0	35,4	58,1	44,9	29,9	14,9
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding	5,6	18,4	42,3	78,9	56,4	40,8	22,8
	Cultivation 2 + P ₆₀ N ₄₀	5,6	18,6	44,0	75,1	57,2	41,5	23,2
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding + P ₆₀ N ₄₀	5,8	20,2	48,6	85,0	65,1	46,8	27,1

Table 3

The content of oil in peanut seeds depending on applied farm machinery

Climatic zone	Variant	Oil content in seeds, %	Oil extraction from 1m ² surface, g	Oil extraction, c/hectare
Lowland	Cultivation 2 (checker)	54.21	125,0	12,5
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding	54.55	171,1	17,1
	Cultivation 2 + P ₆₀ N ₄₀	54.65	168,9	16,8
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding + P ₆₀ N ₄₀	54.68	188,0	18,8
Foothill zone	Cultivation 2 (checker)	54.00	79,3	7,9
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding	54.45	124,3	12,4
	Cultivation 2 + P ₆₀ N ₄₀	54.47	126.5	12,6
	Cultivation 2 + 1 weeding mounding + P ₆₀ N ₄₀	54.50	147,9	14,7

References

1. Под редакцией академика ВАСХНИЛ профессора П.П. Вавилов Растениеводство, Москва, 1986, стр. 512.
2. Խաչատրյան Ա.Ռ. Ագրոնոմիական հոտազտությունների մեթոդիկան, Երևան, 2002, 237 էջ
3. Հայրապետյան Է.Ս., Հողագիտություն Երևան 2000, 456 էջ
4. Բադալյան Վ.Ս., Գալստյան Ս.Բ., Պարարտան յութերի ազդեցությունն աշնանացան ցորենի տերևների ֆիզիոլոգիական մի թանի առանձնահատկությունների վրա, Ագրոարդ, գիտություն և արտադրություն, Երևան, 1987 N 9, 31-35 էջ
5. Մովսիսյան Ե.Մ., Ագրոքիմիայի հիմունքներ, Երևան, 1971, 463 էջ

References

1. Edited by Academician and Professor P.P. Vavilov, Plant breeding, Moscow, 1986, p. 512
2. Khachatryan A.R., The methodology of agronomical research, Yerevan, 2002, 237 p.
3. Hayrapetyan E.M., Soil study, Yerevan, 2000, 456 p.
4. Badalyan V.S., Galstyan S.B., The Impact of fertilizers on some physiological peculiarities of autumn saw wheat leaves, Agricultural production, Science and production, Yerevan, 1987, N 9, 31-35 p.
5. Movsisyan E. M., The basics of Agrichemistry, Yerevan, 1971, 463 p.

ՀՏԴ - 635:631.51

ԳԵՏՆԱՆՈՒՇԻ ՄՇԱԿՈՒԹՅԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ԿԱԽՎԱԾ ԿԻՐԱՌՎՈՂ ԱԳՐՈՏԵԽՆԻԿԱՅԻՑ

Ա.Բ. Գալստյան, Գ.Հ. Ներսիսյան, Ա.Կ. Միքայելյան

Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան

Հետազոտության նպատակն է Արցախի հանրապետությունում առաջին անգամ, փորձարկել արժեքավոր յուղատու մշակաբույս համարվող գետնանուշի մշակությունը: Այդ նպատակով հարթավայրային գոտու մուգ շագանակագույն խճաքարային, կավավազային միջին հզորության և նախալեռնային գոտու անտառային դարչնագույն կարբոնատային խճաքարային ավազակավային թույլ հզորության հողային պայմաններում, հաշվի առնելով նաև գետնանուշի կլիմայական պայմաններին ներկայացվող կենսաբանական պահանջները, փորձարարահետազոտական ճանապարհով պարզել այնպիսի կարևոր ագրոտեխնիկական միջոցառումների ազդեցությունը գետնանուշի աճի, զարգացման, բերքատվության և սերմերում յուղի պարունակության վրա, ինչպիսիք են հանքային պարարտանյութերով սնուցումը, և մշակաբույսերի համար մրցակից հանդիսացող մոլախոտային բույսերի դեմ տարվող ագրոտեխնիկական պայքարի միջոցառումները: Պարզվել է, որ լրացուցիչ կատարված քաղհան փխրեցումը և հանքային սնուցումը ինչպես առանձին-առանձին, այնպես էլ համատեղ կիրառելիս զգալի ազդեցություն են ունեցել գետնանուշի ցանքերում մոլախոտային բույսերի թվաքանակի, դրանց կեսազանգվածի նվազեցման, հողի ջրային և սննդային ռեժիմների բարելավման, բույսերի աճի, բերքի տարրերի զարգացման, բերքատվության բարձրացման և սերմերում յուղի պարունակության ավելացման վրա:

Բանալի բառեր. Փխրեցում, բուկլից, սնուցում, ջրապահովվածություն, բերքատվություն, յուղի պարունակություն:

УДК - 635:631.51

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ АРАХИСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

С.Б. Галстян, Г.Г. Нерсисян, А.К. Микаелян

Шушинский технологический университет

Цель исследования-впервые опробовать выращивание ценной культуры арахисового масла в Республике Арцах. Для этого нам предстояло выявить влияние таких важных агротехнических мероприятий на рост, развитие и урожайность арахиса и содержание масла в семенах арахиса с учетом биологических требований арахиса к климатическим условиям экспериментальным методом исследования в условиях темно-бурых гравийных, среднепесчаных глинистых низинных почв средней мощности и предгорных лесных бурых карбонизированных почв, как внесение минеральных удобрений и борьба с сорняками-конкурентами сельскохозяйственных культур. Установлено, что дополнительное прополочное рыхление и минеральное питание, как индивидуально, так и в сочетании, оказали значительное влияние на численность сорных растений в посевах арахиса, снижение их биомассы,

улучшение питательного и водного режимов почвы, рост растений, развитие элементов растениеводства, высокую урожайность и повышение масличности семян арахиса.

Ключевые слова: рыхление, насыпь, кормление, водоснабжение, урожайность, масличность.

Ներկայացվել է՝ 14.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 15.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 22.05.2020թ.

QUANTITATIVE EVALUATION OF SEDIMENT ACCUMULATION IN MATAGHIS RESERVOIR

P.H. Baljyan¹, A.A. Poghosyan¹, H.G. Kelejian², N.T. Namatyan²

¹*Shushi University of Technology*

²*Yerevan Technological Institute*

Mataghis Reservoir was built on the bed of Tartar River 58 km far from its estuary. The reservoir was operated in 1974. Monitoring is planned to be implemented at certain regulations after operating such structures during which data on hydraulic structures, filtration flows, sediments and other parameters entering the rim of the reservoir are collected. In particular, the river sediment regime has a great impact on the assessment of the amount and volume of the distribution of sediments in the reservoir which will allow to develop measures that will increase the efficiency of the operation of the reservoir. This article refers to the mentioned problems. The results of the developments based on the hydrometric measurements of the Tartar are also included in the work.

Key words: water, river, outlet, feeding ground, sediment, effective storage of the reservoir, dead storage.

Introduction

Experience of operation of large and medium-sized reservoirs shows that most of the incoming sediments is placed at the bottom of the reservoir occupying the effective storage [1]. The reservoir fills with sediments over time fully or partially and loses its ability to accumulate and distribute water. This description of sediment accumulation is very similar to the hydrodynamic phenomena currently observed in Mataghis Reservoir which is the subject of our research.

In order to assess the sediment regime of Mataghis Reservoir multifaceted studies were conducted with the participation of the authors of this article in 2012-2013 [2]. In order to clarify the conditions of the formation of liquid and sediment flows coming along Tartar River, to determine the amount of sediments accumulated in reservoir as well as to determine their distribution form within the framework of the topic 19YR-1E011 of RA SC, it was foreseen to implement the following in addition to the researches already done:

- Collecting the results of hydrometric measurements of the Tartar,
- Collecting the data of water outlet of Sarsang HPS,
- Geodesic digging of the area near the reservoir and pointing of key axes typical of studies,
- Implementing direct measurements of surface coordinates of silt accumulations in Mataghis reservoir,
- Developing the collected and field research data.

The results of the elaborations and their comparative analysis will allow to assess the geometric characteristics of sediment accumulations in Mataghis Reservoir and to make predictions about their further behavior.

The results of the developments based on the hydrometric measurements of the Tartar are given in our work.

The maximum impounded water horizon of Mataghis reservoir is 416,7 m, the dead storage horizon is 401,5 m, the total storage of the reservoir is 5,56 million m³, the effective storage is 5,21 million m³. The dam is earthen with a maximum height of 28 m [3].

Sarsang Reservoir was built on the bed of the Tartar above Mataghis Reservoir in 1976 with 625 million cube meter storage the catchment area of which is 2160 km². Since 1976 the unregulated river

flow which feeds Mataghis Reservoir has been occurring on the area of 330 km² half of which flows to the Trghi and the rest to the tributal inflows.

In order to compile the water balance of Mataghis Reservoir it is necessary to study the inflows of the Trghi and tributal inflows and make hydrological calculations.

Hydrological observations had been made on the Trghi in the section of Maghavuz village from 1940 to 1971 [4] 31 years of which are sufficient basis for assessing the hydrological regime of the river (Table 1).

Table 1

Average month outlets of Trghi River in the section of Maghavuz village hydro observatory

Years	Months												Q, m ³ /s	W, mln. m ³
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1940-1971 average	1.7	1.7	2.2	4.6	5.5	5.6	4.2	3.4	3.0	2.8	1.9	3.3	3.2	102

The transfer from the data of Maghavuz observatory to reservoir river section was done through the coefficient of comparison of relevant water catchment basins $K_F = \frac{300}{175} = 1.89$:

On the basis of the studies the maximum outlets of various safety are given in Table 2 concerning river section of Maghavuz hydroobservatory of Trghi River and the reservoir [5].

Table 2

Maximum outlets of various safety

River section	Water catchment surface km ²	Maximum outlets (m ³ /s according to safety)					
		0.1%	1%	3%	5%	10%	25%
Trghi –Maghavuz	192	242	150	109	88	58	34
Trghi-Mataghis reservoir	330	335	208	151	122	80	47

Using the results of water flow treatment, let us estimate the sediment flow into the Mataghis Reservoir. The surface liquid flow of the Tartar which occurs during spring floods and rainfall is enriched by decayed and wind-blown materials in the river basin. The river is fed by sediments due to the washing and erosion of the riverbed and the banks. During the operation of the reservoir, the determination of the storage of the accumulated sediments is of great importance as it occupies a significant amount of the storage of the reservoir.

The outlets of suspended sediments had been measured in several sections of Tartar River by the hydrometeorological service during the period of 1949-1980. The results obtained by elaborating the measurement data are presented in Table 3.

Using the data given in Table 3, let us calculate the storage of suspended sediments brought by Tartar River in the Mataghis dam section. Taking into account that the outlet of the suspended sediments measured at Mataghis observatory is 13,86 kg/s, let us determine the average annual storage of sediments coming along the Tartar stream during a year before the construction of Sarsang dam by $W_y = 13.86 \text{ kg/s} \times 31.54 \times 10^6 = 437$ thousand tones equation.

Table 3

**The monthly distribution of outlet of dependent sediments in the
Tartar R (kg/s) and liquid flow Q (m³/s) till 1977
River/observatory 1 - Tartar – Maghavuz village, 2 – Tartar - Mataghis village**

n	Rigid and fluid outlets	Months												Annual average
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	Rkg/s	0,21	0,29	1,08	24,0	45,3	24,7	23,4	10,4	4,7	5,9	1,3	0,6	11,8
	Qm ³ /s	8,3	7,8	10,1	28,6	49,5	42,7	23,5	14,4	13,9	12,4	10,3	8,9	19,2
2	Rkg/s	0,34	0,35	1,82	21,42	44,30	53,05	29,7	6,9	5,5	2,0	0,5	0,4	13,9
	Qm ³ /s	10,0	9,5	13,7	32,1	53,7	52,2	28,3	19,5	15,5	15,8	13,8	11,1	22,9

Taking into account the density of sediments of small grains the storage of the flow will comprise about 360 thousand m³.

Consequently during those three years before Sarsang reservoir had been operated (1974 January- 1976 December) the amount of water sediments flowing to Mataghis reservoir only along the Tartar will comprise 1,2 mln. t or 1 mln. m³ according to the data after measurements.

For determination of the total sediment accumulation the following had been used during all the time of the operation of the reservoir (46 years (1974-2020)):

- Data of hydrometric measurements,
- The balance of sediments was calculated and accumulated storage was determined by the method of calculation.

The total storage of accumulated sediments had been formed by three factors conditioned by sediment flows:

- The main storage had been formed by the sediments flown over the Tartar before Sarsang operation during three years (1974-1977),
- After Sarsang operation the tributaries flowing into the Tartar in Sarsang-Mataghis river section affected the formation of total storage. Their sediments were also accumulated in Mataghis reservoir (Trghi tributary brings the main part of sediments).
- The third factor are the underwashings occurred in the bed of the Tartar from water outlet of Sarsang HPS. As a result the decayed grounds of the bed section were flown into Mataghis reservoir.

Let us estimate the mentioned storages by the method of calculation.

Using the results of measurements of the outlets of sediments in hydrometric observatories, the following functional relation was suggested in the bulletin of liquid and sediment (suspended) of the Tartar [4]

$$R = 0,72 Q_0^{0,95},$$

where R - is average annual outlet of suspended sediments, the value of Q_0 corresponds to the average annual outlet of the Tartar.

With the help of this formula let us try to calculate the storage of suspended sediments in Mataghis reservoir. Since 1977 (after the construction of Sarsang Reservoir) the sediment flow to Mataghis Reservoir has undergone significant changes. For the 3 years prior to the operation of Sarsang Reservoir, let us make the balance of sediments flown into Mataghis Reservoir. The average annual water outlet in the Tartar-Mataghis river section is 21,7 m³/s. Consequently, the average annual calculated output of suspended sediments will be $R = 0,72 \cdot 21,7^{0,95} = 13,4$ kg/sec.

Counting the bulk density of suspended sediments as 1,200 kg/m³ [6], the total storage of ground received over 3 years will be $W_w = (13,4 \times 31,54 \times 10^6 / 1200) = 1,06$ mln. m³.

It is known that about 60% of suspended sediments are particles smaller than 0,05 mm which

are transient and do not settle in the reservoir [7,8]. Hence, the storage of installed sediments will be $W_d=0,4 \times 1,06=0,424$ mln. m^3 .

The outlet of the bed sediments, according to the experience of the flow study, is half the outlet of the dependent sediments making 6,7 kg/s [4.7]. Taking the density of the bed sediments as 2400 kg/m^3 [6], the storage of bed sediments is calculated for 3 years as $W_b=(6,7 \times 3,54 \times 10^6 / 2400) \times 3=0,264$ mln. m^3 .

Thus, the estimated total storage of bed and suspended sediments installed in Mataghis reservoir coming along Tartar River during three years will be 0,69 million m^3 .

Let us make the balance of sediments that came along the tributaries of Sarsang-Mataghis river section using the second factor. For this purpose let us determine the flows from Sarsang dam to Mataghis reservoir covering 330 km^2 area flowing into the Mataghis reservoir which continue to bring sediments to Mataghis reservoir.

The flow module of Tartar river at Mataghis reservoir is 8,8 l / km^2 and the water outlet is $Q_0=8,8 \times 330 / 1000=2,9$ m^3/s . According to these dimensions, the outlet of suspended sediments will be $R = 0,72 \cdot Q_0^{0,95} = 0,72 \cdot 2,9^{0,95} = 1,98$ kg/s.

Let us calculate the amount of suspended sediments entering the reservoir during the next 42 years: $W_w=(1,98 \times 31,54 \times 10^6 / 1200) \times 42=2,21$ mln. m^3 . 40% of these is located in only Mataghis Reservoir. The storage of installed sediments is $W_d=0,88$ mln. m^3 .

We accept the output of the bed sediments as half of the output of the suspended sediments - 1.0 kg/s. Let us also determine the storage of bed sediments during 42 years: $W_b=(1,0 \times 31,54 \times 10^6 / 2400) \times 42=0,55$ mln. m^3 .

Consequently, the total storage of water sediments brought by tributaries to the reservoir and accumulated in the reservoir during 42 years will be 1,43 million m^3 .

As for the amount of ground that has been decayed and taken to the reservoir due to the bedwashing, its impact due to reasons caused by small specific weight in total storage of sediments can be ignored.

During the period from the operation of Mataghis reservoir until 2020 the total storage of sediments installed in the rim of reservoir is estimated as $W_H = 0,69 + 1,43 = 2,12$ mln. m^3 .

Consequently, in the current climate and especially erosion situation of the Tartar catchment basin, the average annual total flow of water entering Mataghis Reservoir will be about 35 thousand m^3 . The results of the study conducted on the determination of the regime of storage of sediments of Tartar River and Mataghis Reservoir, the amount and the storage of their accumulations need to be verified by comparing them with the data of the original measurements.

Conclusion

The analysis of implemented work enables to make a number of suggestions which will help to increase the effectiveness of operation of the reservoir:

1. It is necessary to reconstruct the regular measurements of fluid and rigid outlets of main rivers of AR.
2. To measure the floodmarks of upper surface of accumulated sediments once in 5 years by 200m. steps.
3. To regularly wash-remove sediments partially through ground gates.

References

1. Юлдашева К.А. Опыт борьбы с заилением водохранилищ //Ташкент, CAREWIB, 2011.- 51с.
2. Մատաղիսի ջրամբարի ջրային ու բերվածքային ռեժիմների ուսումնասիրում և հաշվեկշիռներ //ԼՂՀ ջրամբարների տեխնիկական վիճակի հետազոտում և անվտանգության հայտարարագրերի մշակում: Փուլ 2, Մատաղիսի հիդրոհանգույցի

տեխնիկական վիճակի հետազոտում և անվտանգ շահագործման միջոցառումների մշակում, Եր. 2013, գիրք 2, 37 էջ:

3. Справочник по водохранилищам СССР, часть II, Водоохранилища объемом от 1млн.м³ до 10млн.м³ //Союзводпроект, М.: 1989.- 226 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР, том 9. вып. 4. (Восточное закавказье) //Л: Гидрометеиздат, 1971. -227 с.
5. Технические указания по расчету максимального стока рек в условиях Кавказа. Закнии, Тбилиси, 1980. -71 с.
6. Тер-Минасян Р.О. Определение объема селевых отложений. Тезисы доклада XV Всесоюзной конференции по противоселевым мероприятиям. ЦБНТИ, М.: 1978.- С. 72-74.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР, том 9, вып. 2, глава 10 -Басейн р. Аракс //М: Гидрометеиздат, 1976.- 471 с.
8. Балджян П.О., Токмаджян Л.О. Результаты натурных исследований головного гидроузла Армавирского канала «Кара-Кала» на р. Аракс //Сб. науч. трудов ИВХ Грузии, Тбилиси, 2010, N 65, - с. 21-22.

References

1. Yuldasaheva K.A., Experience of fighting against flooding the reservoirs, Tashkent, CAREWIB, 2011, 51 p.
2. Study of water and sediment regimes of Mataghis reservoir and balances//Study of technical condition of NKR reservoirs and development of safety declarations. Phase 2, Technical inspection of Mataghis waterworkand development of measures of safe operation, Yerevan, 2013, book 2, 37 p.
3. Guidebook about reservoirs, USSR, part 2, Reservoirs of storage from 1 mln. m³ to 10 mln.m³: Soyuzvodproekt, M., 1989, 226 p.
4. Resources of surface waters of USSR, vol.9, ed.4, (Eastern Caucasus), SP, Hydrometeo publishing, 1971, 227 p.
5. Technical instruction on calculating maximum flow of rivers of Caucausus, Zaknii, Tbilisi, 1980, 71 p.
6. Ter-Minasyan R.O., Definition of the amount of flood sediments. Theses of reports of XV All Union conference dedicated to mud flow protection activities, M., 1978, p. 72-74.
7. Resources of surface waters of USSR, vol.9, ed.2, chapter 10, Basin of the Araks, M., Hydrometeo publishing, 1976, 471 p.
8. Baljyan P.O., Tokmajyan L.O., Results of natural researches of head waterwork facility of Armavir canal «Kara-Kala» on the Araks, Proceedings of scientific works, Georgia, Tbilisi, 2010, N 65, p. 21-22.

ՀՏԴ - 626.816:627.14:556

ՄԱՏԱՂԻՍԻ ԶՐԱՄՔԱՐՈՒՄ ԿՈՒՏԱԿՎԱԾ ԶՐԱՔԵՐՈՒԿՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Պ.Հ. Բալջյան¹, Ա.Ա. Պողոսյան¹, Հ.Գ. Քելեջյան², Ն.Տ. Նամաթյան²

¹Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան

²Երևանի տեխնոլոգիական ինստիտուտ

Մատաղիսի ջրամբարը կառուցվել է Թարթառ գետի հունում, դրա գետաբերանից 58 կմ հեռավորության վրա: Զրամբարը շահագործման է հանձնվել 1974թ.: Նմանատիպ

կառուցվածքները շահագործման հանձնելուց հետո, որոշակի պարբերականությամբ նախատեսվում է մոնիթորինգի իրականացում, որի ժամանակ հավաքագրվում են տվյալներ հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների, ֆիլտրացիոն հոսքերի, ջրամբարի թասս մուտք գործած ջրաբերուկների և այլ պարամետրերի մասին: Մասնավորապես, գետի ջրաբերուկային ռեժիմը մեծ ազդեցություն ունի ջրամբարի թասսում բերվածքների տեղադրման քանակի և ծավալի գնահատման հիմնահարցում, ինչը հնարավորություն կտա մշակել միջոցառումներ, որոնք կնպաստեն ջրամբարի շահագործման արդյունավետության բարձրացմանը: Նշված խնդիրներին է վերաբերում ներկայացվող հոդվածը: Աշխատանքում բերված են նաև Թաղթառ գետի հիդրոմետրիկական չափումների հիման վրա կատարված մշակումների արդյունքները:

Բանալի բառեր. ջուր, գետ, ելք, ջրհավաք ավազան, բերվածք, ջրամբարի օգտակար ծավալ, մեռյալ ծավալ:

УДК - 626.816:627.14:556

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НАНОСОВ, ОТЛОЖЕННЫХ В МАТАГИССКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Ս.Օ. Բալձյան¹, Ա.Ա. Սոգոսյան¹, Օ.Գ. Կեղեճյան², Ն.Տ. Նամայան²

¹Շուշինսկի տեխնոլոգիական համալսարան

²Երևանսկի տեխնոլոգիական ինստիտուտ

Մատագիսկոյե ջրօգտագործման կայանը կառուցված է 1974 թ. և սկսել է օգտագործվել նույն թվականին: Կայանի շահագործման ընթացքում հաստատվել է ջրի քանակի և որակի մոնիթորինգի կարևորությունը: Մատագիսկոյե ջրօգտագործման կայանի ջրի որակի և քանակի մոնիթորինգի արդյունքները ներկայացված են հոդվածում: Աշխատանքում բերված են նաև Թաղթառ գետի հիդրոմետրիկական չափումների հիման վրա կատարված մշակումների արդյունքները:

Ключевые слова: вода, река, расход, водосборный бассейн, наносы, полезный объем, мертвый объем.

- Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ 19YR-1E011 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

- Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке РА в рамках научного проекта № 19YR-1E011.

- The research was supported by the RA Science Committee within the framework of the research project № 19YR-1E011.

Ներկայացվել է՝ 02.04.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 06.04.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 04.06.2020թ.

WIDE SWING FOLDED CASCODE OPERATIONAL AMPLIFIER WITH COMPARATOR

V.Sh. Melikyan¹, H.A. Babajanyan¹, A.G. Baskovchyan²

¹National Polytechnical University of Armenia

²European University

New approach of designing folded cascode operational amplifier (op-amp) with big input voltage range is presented. In comparison with p-type folded cascode op-amp, new designed wide-swing folded cascode op-amp has wider input voltage range by 21% and more stable output gain than other wide-swing op-amps. The surface of new op-amp is larger than area of p-type op-amp by 80%. At low input voltages new op-amp works as p-type op-amp, at high values it works only with n-type op-amp. New op-amp also has got a reference input by which the working processes of op-amp (p-type or n-type) can be decided. Two comparators are used in the circuit for the reference input (one in p-type block, one in n-type block). The voltage of reference input signals can be chosen so that op-amp will have only p-type or only n-type working regions in all range of input voltage. Most desirable working principle of its working, in which it will have most stable output gain, is to have p-type working process at low input voltage and n-type working process at high input voltage. The circuit of new wide-swing op-amp is designed in 32 nanometer technology.

Key words: differential amplifier, current mirror, p-type differential pair, n-type differential pair, gain, phase margin.

Introduction

Generally a method of making symmetrical diff pairs of p and n -transistors for all wide swing op-amps is used. An example of wide swing op-amp is described in [2] method. Primary circuit of n-type folded cascode op-amp is shown in Fig.1.

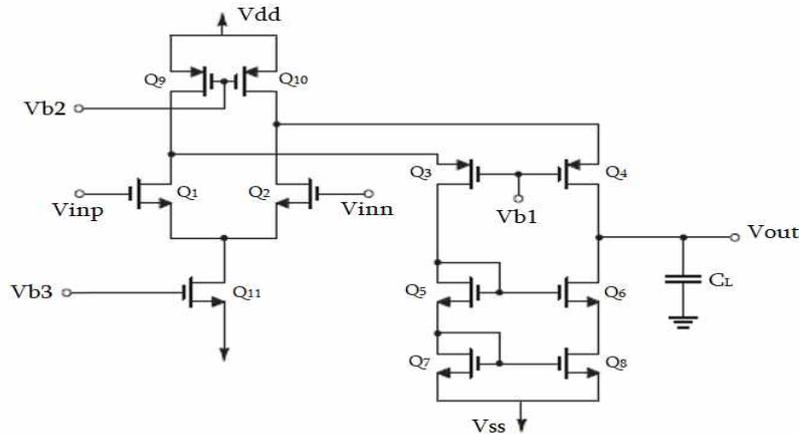


Fig. 1 N-type folded cascode opamp

The circuit of p-type folded cascode op-amp is reverted circuit of n-type. Q9 and Q10 transistors are working as current-sources with same current. Q11 also works as a current-source and its current divides through Q1 and Q2 transistors. If $V_{inp} > V_{inn}$ then higher current will flow through Q1 and then through Q2, but currents of Q9 and Q10 are equal, so through Q3 current will be lesser than through Q4 and will show multiplied difference of input voltages by the cascode current mirror in the output.

In [2] method a wide-swing op-amp is designed by connecting p-type and n-type op-amps with parts of differential amplifier and pairs on Vb1 voltage (Fig.2).

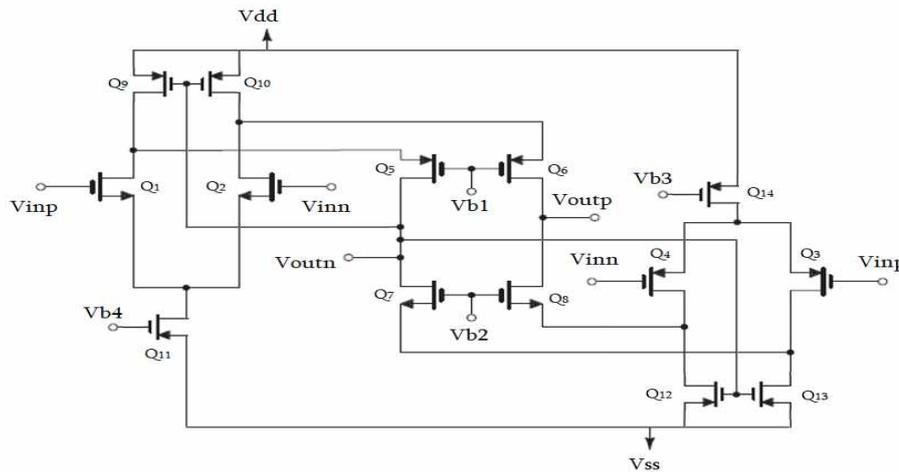


Fig. 2 Wide-swing folded-cascode op-amp

Here output gain is formed by conduction of p-type and n-type differential pairs. In this or many other examples, wide-swing op-amp works with three domains. In first domain when input voltages are low n-type pair is off and op-amp works with p-type differential pair. In second domain, when input voltages have middle value, op-amp works with n and p type pairs together. In third domain when input voltages are high op-amp works only with n-type pair. Working with different domains output gain is significantly different in different input voltages. It is because a scheme of wide-swing op-amp uses modified circuits of usual op-amp. For having more stable gain with little range of gain difference at different input voltages, it's useful to have a wide-swing op-amp in which a working methodology of usual op-amp is used without modification. For example, in wide-swing differential amplifier described in [1], a circuit of usual differential amplifier is used with little modifications.

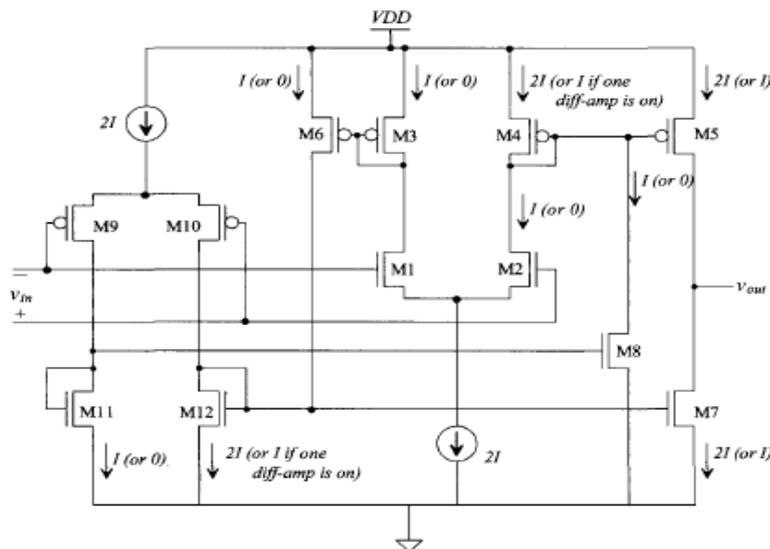


Fig. 3 Wide-swing differential amplifier

Instead of current mirror, diode-connected transistors are used, but for only transferring a current to another current mirror and at low or high input voltages they work as usual differential amplifier (Fig.3).

In difference with other wide-swing op-amps where usual op-amp isn't used in the circuit, in the new folded cascode wide-swing op-amp is one of its blocks.

Primary design of wide-swing op-amp with comparator

New designed wide-swing op-amp has two main blocks, n-type and p-type folded cascode op-amps. Two op-amps are designed with nearly the same output gains. The work of all scheme of new

and be off at low input voltages (Fig.6). Constant voltage of comparators of p-type and n-type op-amps mustn't be chosen with same value, because in case of having same value at op-amp input, working process of op-amp can be disturbed. For this circuits V_{t1} must be higher than V_{t2} , so in little range of middle values of input voltage p-type and n-type op-amps will work together, but as at middle values their results are nearly the same, a working process of op-amp will be secured.

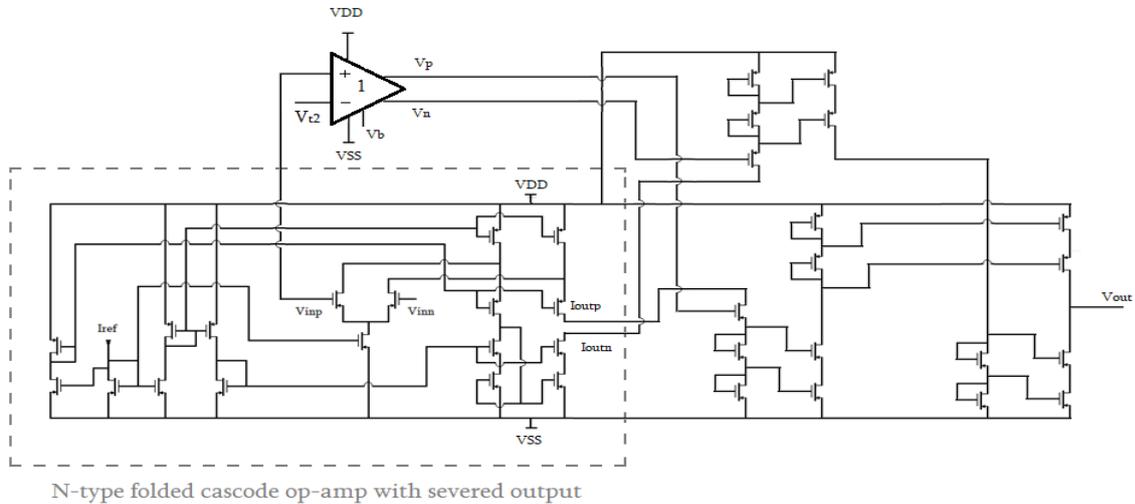


Fig. 6 N-type folded cascode op-amp with comparator (1-comparator)

All circuit of wide-swing op-amp is shown in Fig.7.

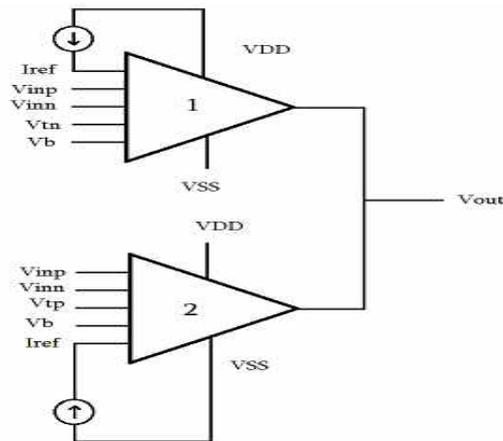


Fig. 7 Wide-swing op-amp with comparator (1-n-type op-amp with comparator, 2-p-type op-amp with comparator)

When one of the op-amps is off, its output transistors are in cut off region as current doesn't flow through them and output is formed by other op-amp output currents.

Simulation results

Here simulation results for 32nm technology are presented. Simulations are performed using HSPICE simulator.

Supply voltage is 2.5v, gate voltage for transistor working as current source for comparator is $v_b=0.9v$, input current for op-amps is $I_{ref}=20\mu A$, input voltage for comparator of p-type op-amp is $v_{tp}=1.4v$, for n-type op-amp $v_{tn}=1.3v$, output capacitor has 4pF capacitance. Transient analysis are done with feedback connection of negative input (Fig.8).

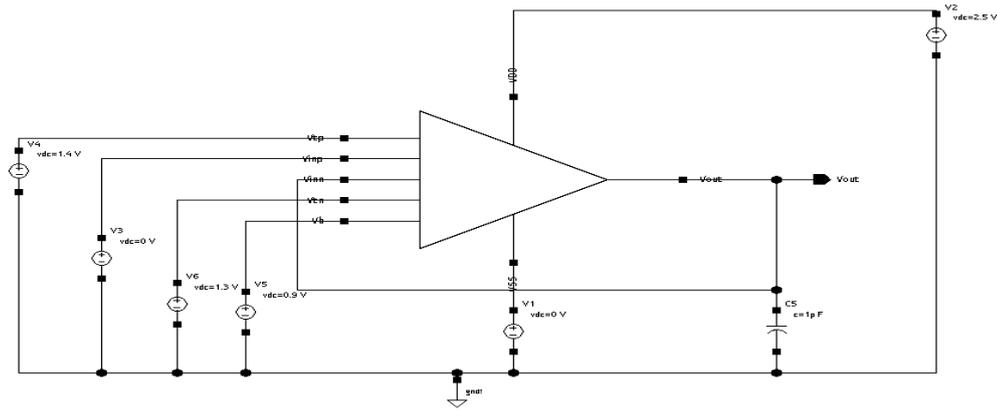


Fig. 8 Feedback connection on wide-swing op-amp for transient analysis

Simulations are done in tt, ss, ff corners. Simulation results in tt corner are presented in pictures presented below.

Results of transient analysis are shown in Fig. 9, Fig. 10 and Fig. 11.

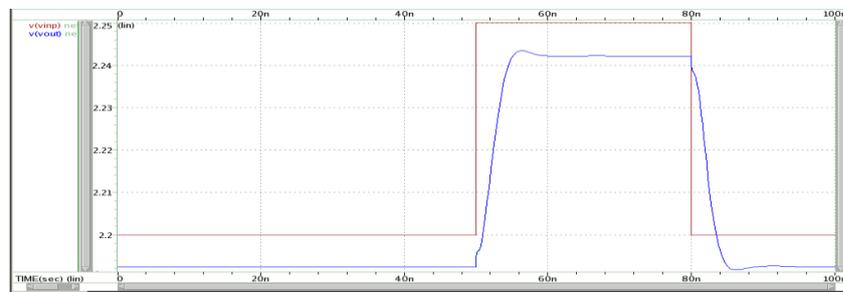


Fig. 9 Transient analysis when Vinp changes from 2.2v to 2.25v

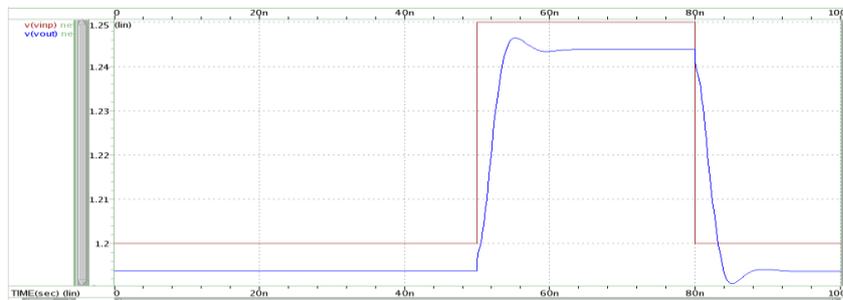


Fig. 10 Transient analysis when Vinp changes from 1.2v to 1.25v

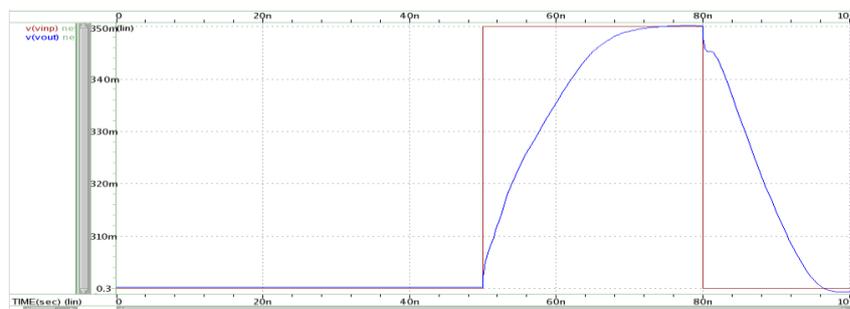


Fig. 11 Transient analysis when Vinp changes from 0.3v to 0.35v

AC analysis are done using inductor with 100MegH inductance and capacitor with 1F capacitance in feedback connection (Fig.12).

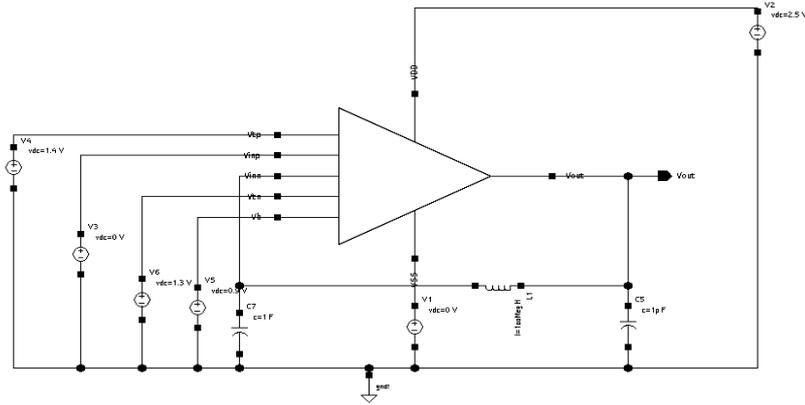


Fig. 12 Feedback connection on wide-swing op-amp for AC analysis

Results of AC analysis are shown in Fig.13, Fig.14 and Fig.15.

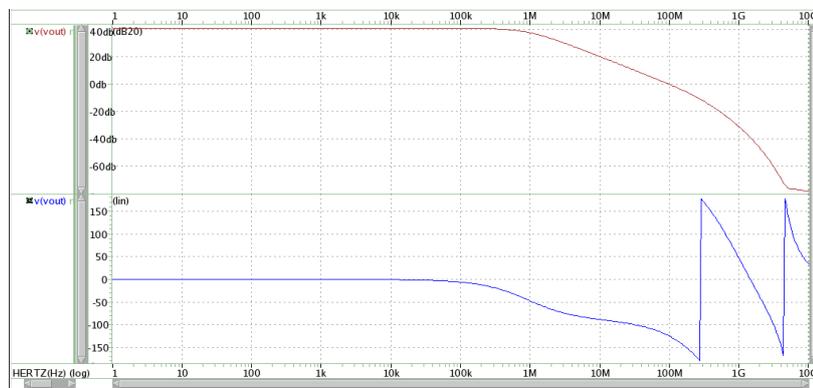


Fig. 13 AC analysis when $V_{inp}=2.2v$ (Gain=42.5db, phase margin=-125°)

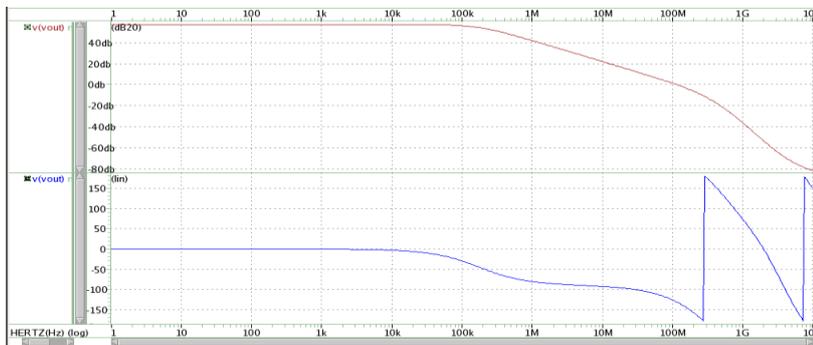


Fig. 14 AC analysis when $V_{inp}=1.2v$ (Gain=55db, phase margin=-120°)

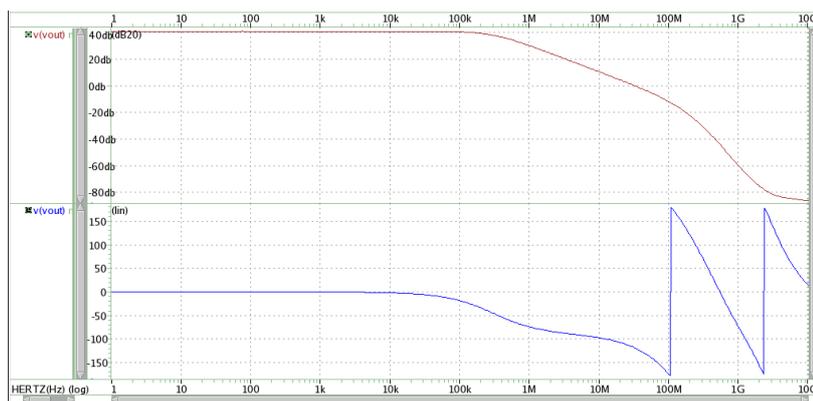


Fig. 15 AC analysis when $V_{inp}=0.3v$ (Gain=43db, phase margin=-120°)

In p-type folded cascode op-amp, when $V_{inp}=1.2v$, gain is 54db, phase margin is -118° . As $V_{inp} < V_{tn} < V_{tp}$, wide-swing op-amp will work as p-type op-amp and results are nearly the same.

Conclusion

New designed wide-swing folded cascode op-amp has bigger range of input signal than p-type folded cascode op-amp and more stable output gain than other wide-swing folded cascode op-amps. Input voltage can be changed from 0,1v to 2,4 v then in p-type op-amp it can be changed from 0,1v to 2v, so it has wider input voltage range by 21%. At different input voltages output gain changes from 42,5db to 55 db, so maximum range of changing is 12,5db, when in other wide-swing op-amps it can be 21db. Area of new designed op-amp has higher area than usual p-type op-amp by 80%.

References

1. R.J. Baker; "CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation", IEEE press, Piscataway, 2010, p. 1214.
2. James Austin Gattis, "A Folded Cascode Operational Amplifier with Wide-Swing Current Mirrors and High ICMR, Designed with a 1,2-micron Silicon-Carbide Process", ScholarWorks@UARK, Arkansas, Fayetteville, 2018, p. 24.
3. K. Nakamura, L.R. Carley, "An enhanced fully differential folded-cascode op amp," IEEE Journal of Solid-State Circuits, April, 1992, p.1-4.
4. S. Sakurai, S.R. Zarabadi, M. Ismail, "Folded-cascode CMOS operational amplifier with slew rate enhancement circuit", IEEE International Symposium on Circuits and Systems, New Orleans, August 6, 2002, p. 1-4.
5. Er. Rajni, "Design of High Gain Folded-Cascode Operational Amplifier Using 1.25 um CMOS Technology", International Scientific Journal, November, 2011, p. 1-5.
6. Ali Dadashi, Shamin Sadrafshari, Khayrollah Hadidi, Abdollah Khoei, "An enhanced folded cascode Op-Amp using positive feedback and bulk amplification in 0.35 lm CMOS process", October 26, 2010, p.1-9.

ՀՏԴ - 519.688:621.375.132

ԼԱՅՆ ԼԱՐՄԱՆ ՏԻՐՈՒՅԹՈՎ, ԾԱԼՎԱԾ ԿԱՍԿՈՂՈՎ ԵՎ ԿՈՄՊԱՐԱՏՈՐՈՎ ՕՊԵՐԱՑԻՈՆ ՈՒԺԵՂԱՐԱՐ

Վ.Շ. Մելիքյան¹, Հ.Ա. Բաբաջանյան¹, Ա.Գ. Բասկովյան²

¹Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

²Եվրոպական համալսարան

Ներկայացված է լայն լարման տիրույթով, ծալված կասկոդով օպերացիոն ուժեղարարի ստացման նոր մոտեցում: Ի տարբերություն պ-տիպի ծալված կասկոդով օպերացիոն ուժեղարարի, նոր նախագծված լայն լարման տիրույթով օպերացիոն ուժեղարարը ունի 21%-ով ավելի մեծ մուտքային լարման տիրույթ և ավելի ստաբիլ ելքային ազդանշանի ուժեղացում համեմատելով ուրիշ լայն լարման տիրույթով օպերացիոն ուժեղարարների հետ: Նոր օպերացիոն ուժեղարարի մակերեսը 80%-ով ավելի մեծ է քան պ-տիպի օպերացիոն ուժեղարարի մակերեսը: Ցածր մուտքային լարման դեպքում նոր օպերացիոն ուժեղարարը աշխատում է որպես պ-տիպի օպերացիոն ուժեղարար, իսկ բարձր մուտքային լարման դեպքում՝ որպես ն-տիպի օպերացիոն ուժեղարար: Նոր օպերացիոն ուժեղարարը ունի նաև հաստատուն լարման մուտք, ըստ որի կարող է որոշվել օպերացիոն ուժեղարարի աշխատանքային ռեժիմը, (պ-տիպի կամ ն-տիպի): Այդ

հաստատուն մուտքային լարման համար սխեմայում օգտագործվում են երկու կոմպարատորներ (մեկը պ-տիպի բլոկի համար, մյուսը ն-տիպի բլոկի համար): Հաստատուն ազդանշանը կարող է ունենալ այնպիսի լարում, որի դեպքում օպերացիոն ուժեղարարը կարող է աշխատել կամ պ-տիպի, կամ ն-տիպի աշխատանքային գործընթացներով մուտքային լարման ամբողջ տիրույթում: Ամենանախընտրելի աշխատանքային սկզբունքը, որի դեպքում ելքային ազդանշանի ուժեղացումը կունենա մեծագույն ճշգրտություն, դա պ-տիպի աշխատանքային գործընթացն է ցածր մուտքային լարման դեպքում և ն-տիպի աշխատանքային գործընթացը բարձր մուտքային լարման դեպքում: Նոր լայն-տիրույթով օպերացիոն ուժեղարարի սխեման նախագծված է 32 նանոմետրանոց տեխնոլոգիայում:

Բանալի բառեր. դիֆերենցիալ ուժեղարար, հոսանքի հայելի, պ-տիպի դիֆերենցիալ զույգ, ն-տիպի դիֆերենցիալ զույգ, ուժեղացում, փուլային պաշար:

УДК - 519.688:621.375.132

ШИРОКОДИАПОЗОННЫЙ ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С СЛОЖЕННЫМ КАСКОДОМ И КОМПАРАТОРОМ

В.Ш. Меликян¹, А.А. Бабаджанян¹, А.Г. Басковчян²

¹Национальный политехнический университет Армении

²Европейский университет

Представлен новый подход получения широкодиапазонного операционного усилителя с сложенным каскодом. По сравнению с операционным усилителем с сложенным каскодом п-типа, новый разработанный широкодиапазонный операционный усилитель с сложенным каскодом имеет более широкий диапазон входного напряжения на 21% и более стабильное выходное усиление по сравнению с другими широкодиапазонными операционными усилителями. Площадь нового операционного усилителя на 80% больше площади операционного усилителя п-типа. При низких входных напряжениях новый операционный усилитель работает как операционный усилитель п-типа, при высоких значениях он работает как операционный усилитель н-типа. Новый операционный усилитель также имеет дополнительный вход, которым могут быть определены рабочие процессы операционного усилителя (п-типа или н-типа). Для этого входа в схеме используются два компаратора (один для блока п-типа, другой для блока н-типа). Напряжение дополнительного входного сигнала может быть выбрано так, что операционный усилитель будет иметь только рабочие области п-типа или только н-типа во всем диапазоне входного напряжения. Наиболее желательный принцип работы, при котором он будет иметь наиболее стабильное выходное усиление, это рабочий процесс п-типа при низком входном напряжении и рабочий процесс н-типа при высоком входном напряжении. Новая схема широкодиапазонного операционного усилителя разработана на 32 нанометровом технологии.

Ключевые слова: дифференциальный усилитель, зеркало тока, дифференциальная пара п-типа, дифференциальная пара н-типа, усиление, фазовый запас.

Ներկայացվել է՝ 08.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 08.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 21.05.2020թ.

THE METHOD OF IMPEDANCE OF RECEIVER/TRANSMITTER CALIBRATION IN INTEGRATED CIRCUITS WITH ANALOG SUBTRACTOR

A.G. Hayrapetyan¹, H.V. Margaryan², K.A. Melikyan¹, S.S. Abazyan²

¹National Polytechnic University of Armenia

²Yerevan State University

Complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) technology is constantly being modernized as a result of which the minimum size of transistors is being scaled. Year by year modernizing technology has led to an increase in the number of transistors placed on the same surface. As a result the specifications on the performance of the circuits have become more complex.

Due to the low cost and high performance, the CMOS receiver and transmitter circuits sequentially have been widely used in modern applications. One of the main problems in the transmitter-receiver circuits is correspondingly their output and input impedance calibration. The method of resistance calibration is proposed which is based on the analog subtractor.

The use of the method allows to significantly reduce the calibration time by a small required increase of surface area.

Key words: Coordination, external resistance, reflection coefficient, long lines, characteristic impedance, logic module.

Introduction

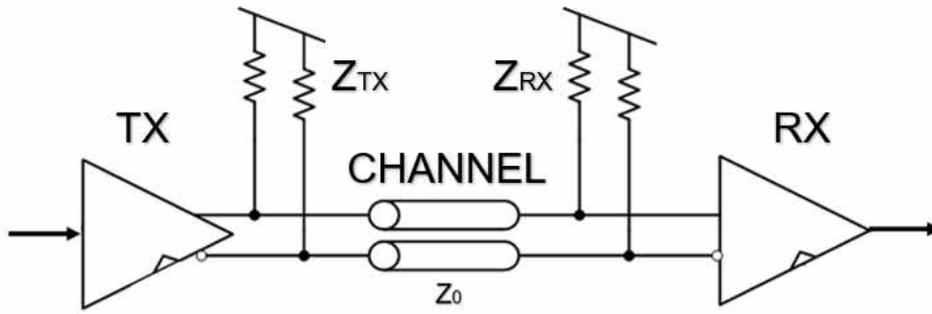
The rapid development of the production of technologies of integrated circuits (IC) as well as its combination with innovative architectural solutions have led to the engineering of highly efficient digital systems [1]. Along with the growth of the high-speed industry, new problems have arisen that cannot be solved by implementing previously applied solutions. One of these problems is the phenomenon of distortion during the transmission of a high-frequency signal from one system to another. Therefore, to transfer data without any loss, firstly it is necessary to ensure a stable connection between several integrated circuits. For this very purpose, high-speed transmitter-receiver circuits have been developed [2]. One of the main limiting factors of the high-speed performance is the reflection of the signals transmitted at the input/output circuits which emerge due to the incompatibility of the output line of the transmitter and the input impedances of receiver. The transmitting data is either not obtained by the receiver on the transmission line or it reaches with a low amplitude which often does not allow the transmitter to accurately recover the transmitted data [3]. In order to avoid or minimize the reflections during the data transmission, it is necessary to adjust the impedance of input/output circuit. However, in order to ensure high accuracy, the adjustment process often becomes time-consuming and affects the high-speed performance of the system negatively [4].

This research aims at designing a circuit for calibrating the input and output impedances of the transmitter the calibration time of which will be less than that of the current solutions.

Conflict setting

The technical requirements for the modern integrated circuits are strict. It is necessary to design such circuits that will be able to work accurately in the changing conditions of $\pm 10\%$ of power supply voltage and $-40..150^{\circ}\text{C}$ of ambient temperature taking into consideration also the deviations of the parameters of capacitors, resistors and transistors caused by the imperfection of the technical process.

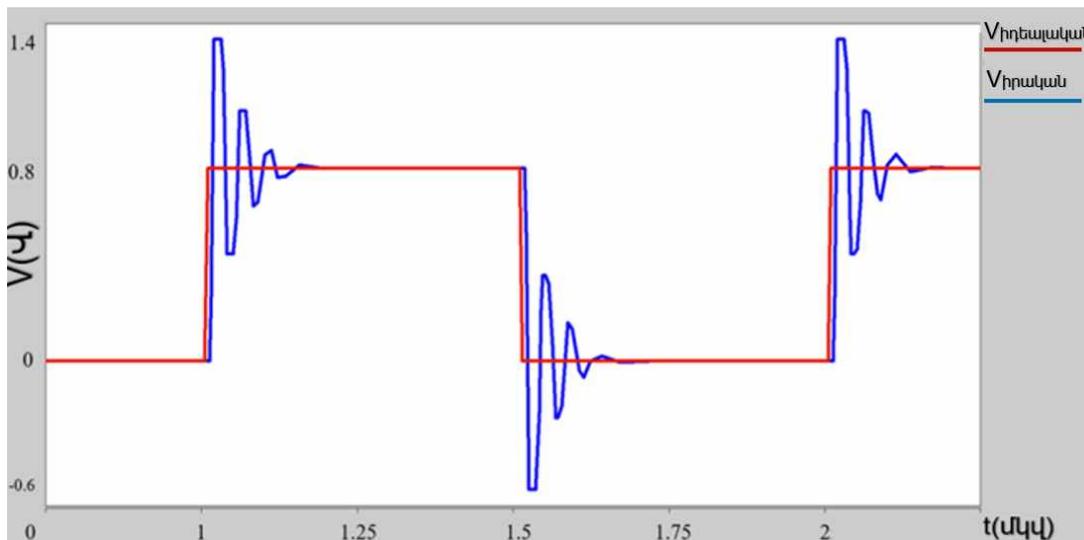
Keeping in mind the above mentioned fact, the system of impedance calibration must ensure high stability for all these factors.



Picture 1 The simplest circuit of the transmitter-receiver system

When the resistances z_{TX} , z_0 and z_{RX} are not coordinated, signal reflections occur and the only way to avoid this is to minimize the speed of the transmitted data (pic. 2), which affects the high-speed performance of the developed system negatively. In order to avoid reflections, the transmitter and receiver reflection coefficients must be zero.

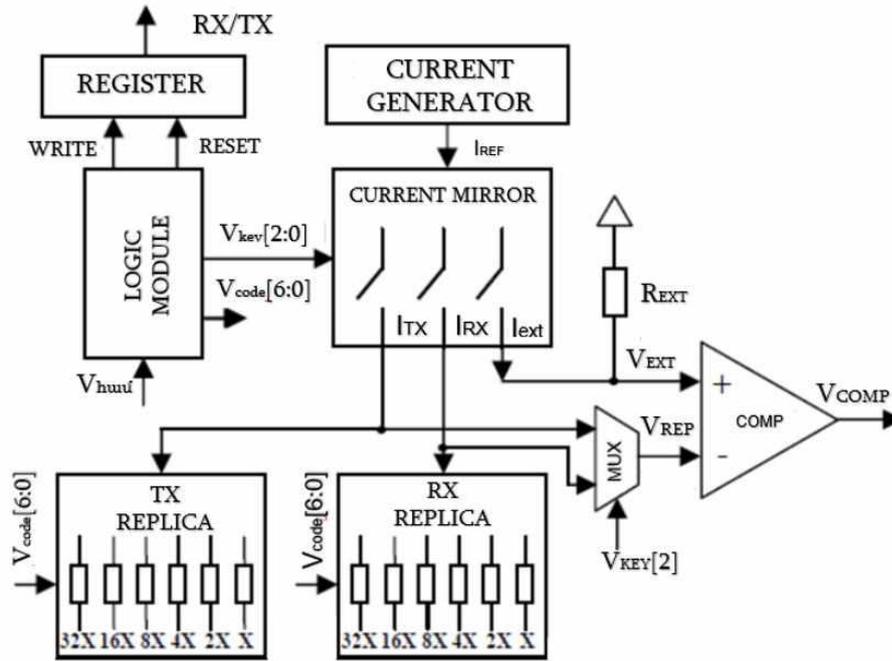
$$\rho_{CH} = \frac{z_{TX} - z_0}{z_{TX} + z_0} \qquad \rho_{CH} = \frac{z_{RX} - z_0}{z_{RX} + z_0} \qquad (1)$$



Picture 2 The results of the ideal signal distortion caused by reflections

(1) implies that the reflection coefficients will be equal to zero when the z_0 , $z_{receiver}$ և $z_{transmitter}$ impedances will be equal to each other.

After some time of the working mode of existing circuit the logic module generates 7 bit signals which extends to the 7 switches in the replica block [5]. The I_{ext} current flows through an external resistor with 200Ω creating V_{ext} voltage drop. The logic module changes the code going to the replica block from 0 to 63. As the code grows, the number of resistors connected parallelly in the replica block increases thus reducing the value of the settling impedance. The I_{REF} current flows through the resistance of the replica block creating V_{rep} voltage drop.



Picture 3 The existing circuit of the calibration system

The positive input of the comparator is connected to V_{ext} and the negative one to V_{rep} . As the code grows the drop of V_{rep} voltage is decreasing. When V_{rep} gains smaller value than V_{ext} the output of the comparator is switched from “0” to “1” and the logic module records the corresponding code in the digital register. In this case of solution to ensure high accuracy, the bit value of the calibration impedance circuit is increased as a result of which the time required for the calibration and the surface occupied by the semiconductor crystal are increased.

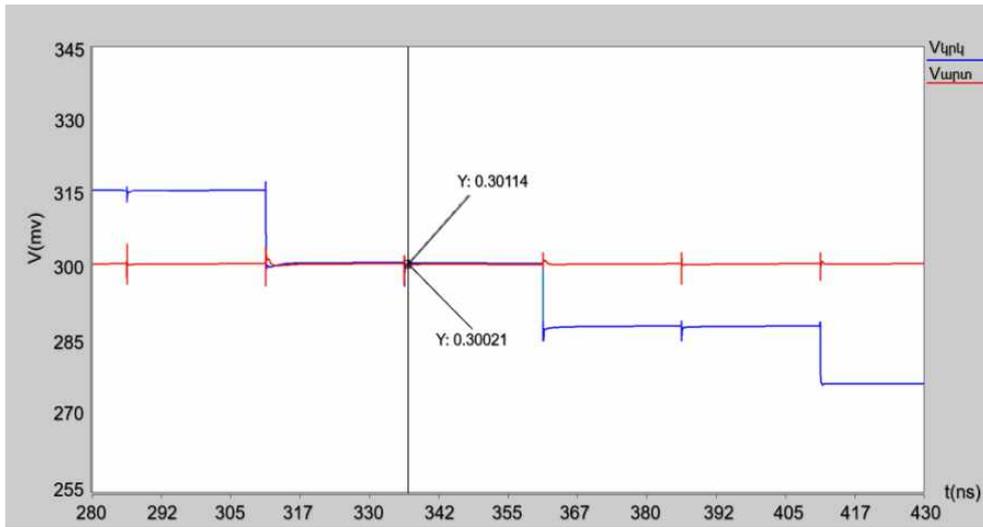
In order to improve the efficiency of the calibration process, it is proposed to develop a new method that will again provide high adjustment efficiency, but will require lower bit value, less adjustment time and will be designed with the modern 14nm FinFet technology.

The method of impedance calibration with analog subtractor

In the considered method, the change in the voltage drop across the replica resistor from the largest value to the smallest is carried out by 63 steps as a result of which 6 values are used for the calibration.

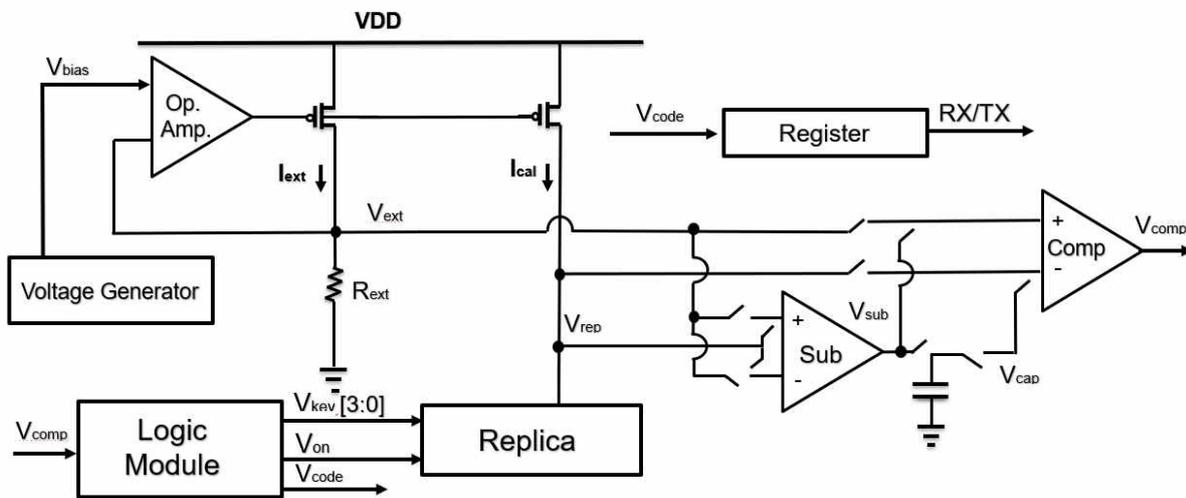
$$N_{step} = 2^n - 1 \tag{2}$$

In order to increase the high-speed performance, it is suggested to reduce the bit value of the generated code up to 4. As a result of applying the proposed method, a larger voltage shift over the resistance in the replica block is expected at each step than in the existing system. The schematic modeling shows (Pic. 4) that the mutual alignment between V_{ext} and V_{rep} voltages has been changed. At the 310-360ns time range V_{rep} is still higher than the V_{ext} , but the voltage difference is about 1 mV. According to the current method, the code should be selected corresponding to the 360-410 time domain, as in that case the output of the comparator is shifted from “0” to “1”.



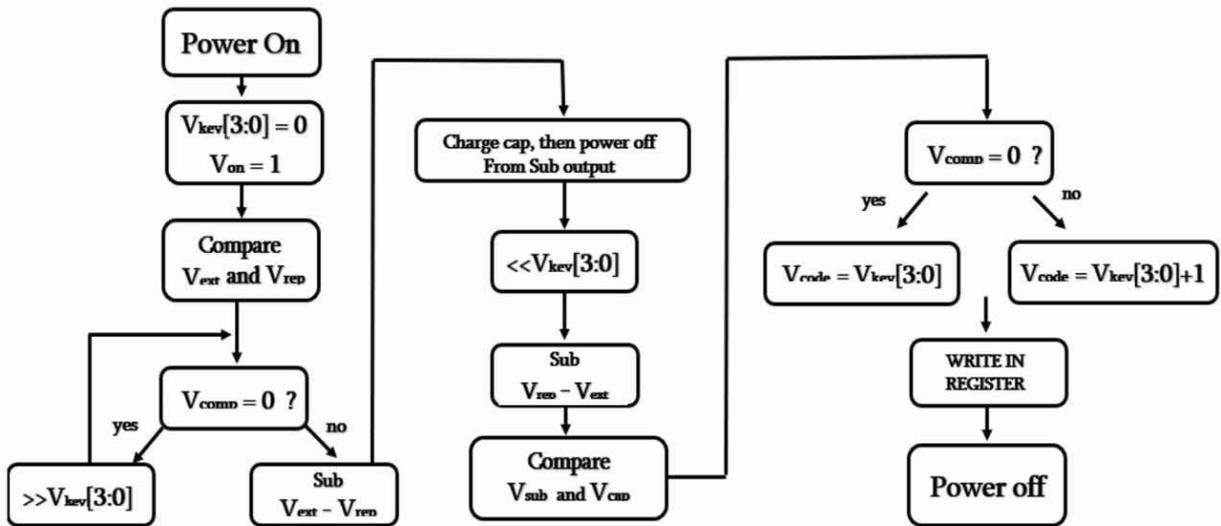
Picture 4. The results of V_{ext} and V_{rep} modelling

In order to get a more accurate resistance, it is necessary to choose the previous code according to the results of the modeling. In order to implement the latter, a new method is proposed where the analog subtractor circuit has been utilized. With the help of the analog subtractor, the system has the opportunity to distinguish which of the following codes is preferable. The code at which the difference between V_{ext} and V_{rep} voltages will be the minimal will be considered preferable and as a result a more accurate resistance value will be gained.



Picture 5 The proposed circuit of impedance calibration with analog subtractor

The reduction of the calibration time is conditioned by the demotion of the generated code range and the improvement of the logic module. In the case of the proposed logic module there is no need to increase the code to the maximum value. When the comparator output records ‘0’ – ‘1’ exchange, the further growth of the code stops and instead several actions are implemented which are described in the algorithm (Pic. 6).



Picture 6 The proposed digital system designing of impedance calibration

Research results

The results of the research are summarized in Table 1. We see from the table that when applying the proposed method, the calibration time has been reduced by approximately 3 times. Such a significant reduction is possible due to the fact that the system no longer spends time on the further growth of the code finding the required code. The simulation is implemented in more technological deviation cases and in larger scale of temperature change.

The proposed circuit is simulated with the SAED14nm FinFet technology process. The simulation has been carried out with the help of HSIPCE schematic modeling tool of Synopsys. The results have been displayed with the CosmosScope software tool.

Table 1

The summary of results

Parameter	Current circuit	Proposed circuit
Maximum resistance deviation (%)	2.1	1.3
Calibration period (us)	3.2	1.05
Power consumption (mW)	12.4	8.2
Temperature conditions (°C)	55, 125, -40	25, 150, -40
Technical process	TT, SS, FF	TT, SS, FF, SF, FS

Conclusion

The use of an analog subtractor in the calibration circuit as well as the improvement of the digital system designing algorithm has provided an opportunity to increase the calibration accuracy by more than 1,6 times. At the same time the calibration period has been reduced more than 3 times and the power consumption has been decreased by 1,5 times. The circuit has been designed with the modern 14nm FinFet technical process and can be utilized in the receiver-transmitter circuits currently being designed.

Therefore, whenever it is necessary to have less calibration time and opportunity to increase the design surface with a small amount, the proposed method is a good solution.

References

1. DeBenedictis E. P., It's Time to Redefine Moore's Law Again // Computer. - Feb. 2017, vol. 50, no. 2, p. 72-75.
2. Delshadpour S. , Low Power 20.625 Gbps Type-C USB3.2/DPI.4/ Thunderbolt3 Combo Linear Redriver in 0,25 μm BiCMOS Technology // 2018 31st IEEE International System-on-Chip Conference (SOCC), Arlington, VA, 2018, p. 326-329.
3. Choi Y. and Kim. Y. A novel on-chip impedance calibration method for LPDDR4 interface between DRAM and AP/SoC // 2016 International Great Lakes Symposium on VLSI (GLSVLSI), Boston, MA, 2016, p. 215-219.
4. Melikyan V. *et al.* Resistance calibration method without external precision elements //IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2014), Kiev, 2014, p. 1-4.
5. Melikyan V., Balabanyan A., Hayrapetyan A. and Melikyan N., Receiver/transmitter input/output termination resistance calibration method //2013 IEEE XXXIII International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kiev, 2013, 126-130.
6. Melikyan V., Martirosyan M., Piliposyan G., 14 Educational Design Kit: Capabilities, Deployment and Future, Small Systems Simulation Symposium, 2018, 12 p.
7. HSpice Reference Manual, Synopsys Inc., 2019, 846 p.
8. Cosmosscope Reference Manual, Synopsys Inc., 2018, 130 p.

ՀՏԴ - 621.375.132

ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԻՆՏԵԶԱՆԵՐԻ ԸՆԴՈՒՆԻՉ ՀԱՂՈՐԴԻՉ ՀԱՆԳՈՒՅՑՆԵՐՈՒՄ ԱՆԱԼՈԳԱՅԻՆ ՀԱՆԻՉԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿԱՐԳԱԲԵՐՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Ա.Գ. Հայրապետյան¹, Հ.Վ. Մարգարյան², Կ.Ա. Մելիքյան¹, Ս.Ս. Աբազյան²

¹Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

²Երևանի պետական համալսարան

Կոմպլեմենտար մետաղ-օքսիդ-կիսահաղորդիչ (ԿՄՕԿ) տեխնոլոգիան ենթարկվում է անընդհատ արդիականացման, որի արդյունքում տեղի է ունենում տրանզիստորների նվազագույն չափերի մասշտաբավորում: Տարեցտարի արդիականացող տեխնոլոգիան բերում է նրան, որ միևնույն մակերեսի վրա տեղակայված տրանզիստորների քանակը ավելանում է: Արդյունքում խստանում են նաև սխեմաների արագագործությանն առաջադրվող սահմանափակումները:

Ցածր ինքնարժեքի և բարձր թողունակության շնորհիվ ԿՄՕԿ հաջորդական կապով ընդունող և հաղորդող հանգույցները մեծ կիրառություն են գտել ժամանակակից սարքավորումներում: Հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցներում կարևոր խնդիրներից մեկը հաղորդչի ելքային, փոխանցման գծի և ընդունիչի մուտքային դիմադրությունների համաձայնեցումն է:

Առաջարկվում է մեթոդ, որի կիրառմամբ իրականացվում է ընդունիչ-հաղորդիչ հանգույցների դիմադրությունների կարգաբերում՝ ի հաշիվ անալոգային հանիչի ներդրման:

Մեթոդի կիրառումը թույլ է տալիս զգալիորեն կրճատել կարգաբերման ժամանակը մակերեսի ոչ զգալի մեծացման հաշվին:

Բանալի բառեր. Համաձայնեցում, արտաքին դիմադրություն, անդրադարձման գործակից, երկար գծեր, ալիքային դիմադրություն, տրամաբանական մոդուլ:

УДК - 621.375.132

МЕТОД РЕГУЛИРОВКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ В УЗЛАХ ПРИЕМА И ПЕРЕДАЧИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ С ПОМОЩЬЮ АНАЛОГОВОГО ВЫЧИТАТЕЛЯ**А.Г. Айрапетян¹, А.В. Маргарян², К.А. Меликян¹, С.С. Абазян²**¹*Национальный политехнический университет Армении*²*Ереванский государственный университет*

Технология производства комплементарной металл-оксид-полупроводниковой (КМОП) техники постоянно совершенствуется в результате чего происходит масштабирование наименьших размеров транзисторов. Из года в год развитие технологии приводит к увеличению количества транзисторов на единице площади. В результате чего также ужесточаются требования к быстродействию схем.

Благодаря низкой себестоимости и высокой пропускной способности узлы приема и передачи с последовательным соединением КМОП находят широкое применение в современных устройствах. Одной из важнейших задач в узлах приема и передачи является согласование входных сопротивлений с выходной линией передачи. В предлагаемом методе осуществляется регулировка сопротивлений узлов приема и передачи с применением аналогового вычитателя.

Применение данного метода позволяет значительно сократить время регулировки за счет незначительного увеличения площади.

Ключевые слова: координация, внешнее сопротивление, коэффициент отражения, длинные линии, волновое сопротивление, логический модуль.

Ներկայացվել է՝ 15.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 15.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 19.06.2020թ.

INVESTIGATION OF LOW-POWER SYNCHRONOUS JET ENGINES

D.S. Martirosyan, V.A. Sahakyan

National Polytechnic University of Armenia

The single-phase capacitor and three-phase synchronous jet engines of low power are studied. Both of these motors have their own application areas depending on the type of power supply network. The single-phase capacitor motors are widely studied which differ from three-phase synchronous jet engines in some cases associated with the creation of a rotating circular magnetic field which is an important condition for achieving high technical performance. The calculation was performed using the vector diagram of the engine, the active, inductive and capacitive components were considered, the system of equations according to Kirchhoff's laws was made up, the values of the corresponding angles were determined from the vector diagram, the exact calculation of the capacitor was performed and the deviation between the currents was obtained - approximately 90 degrees allowing to create a circular rotating magnetic field. By studying the results of calculations for three-phase and single-phase capacitor motors (taking into account the electrical losses in the winding and the magnetic losses in the stator core), their technical and economic indicators were compared. Since the electromagnetic torque of synchronous jet engines depends on the inductive resistance of the rotor along the longitudinal and transverse axes, the characteristics of the reduction coefficients (reduction to polar coordinates) along these axes are given in this paper depending on the polar conversion coefficient. As a result of investigation, structural modifications of the single-phase capacitor and three-phase synchronous jet engines were proposed taking as a basis the rotor of an induction motor of the same size. The purpose of the modification is to simplify the technology of its production. In order to make synchronous jet engines more reasonable, it is recommended to use the short-circuited rotor of an induction motor by performing the appropriate machining.

Key words: synchronous jet motor, a circular magnetic field, capacitor jet engine, stator and rotor, electromagnetic torque.

Introduction

Synchronous jet engines (SJE) due to their simple design, reliability and lack of sliding electrical contacts are widely used in automation, radio engineering, pumps, ventilation systems, medicine, synchronous communication systems and other modern equipment [1,5,8,10].

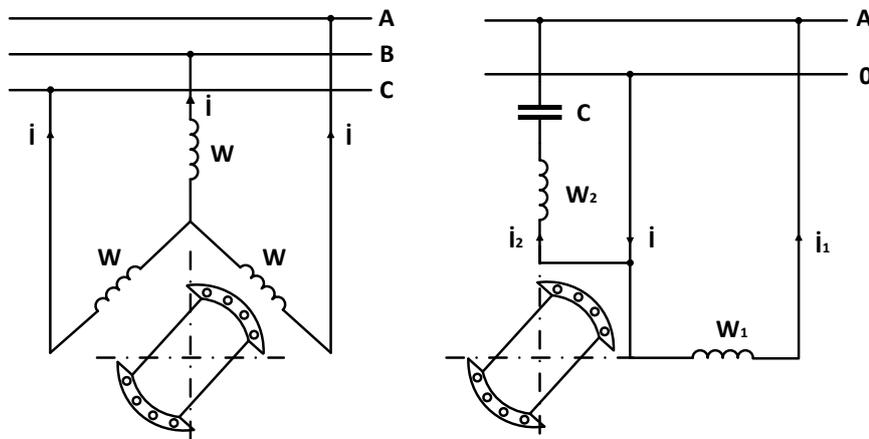


Fig. 1 Electrical diagrams of the a) three-phase and b) capacitor synchronous jet engines

Figure 1a) shows the electrical diagram of a three-phase engine and figure 1b) shows the electrical diagram of a capacitor engine which shows that a capacitor is included in the stator circuit.

where r_1 and x_1 are the active and full inductive resistances of the main winding which correspond to the winding W_1 , and the winding of the capacitor circuit corresponds to the number of turns W_2 , which is equal to:

$$W_2 = \frac{W_1}{\operatorname{tg}\left(\arctg\left(\frac{x_1}{r_1}\right) - \varphi\right)} \quad (2)$$

It should be noted that expressions (1) and (2) are obtained for the case when the MMF of the main and capacitor windings and the wire diameters are equal to each other.

The electromagnetic and maximum torques of the motor are calculated taking into account the active resistance of the stator winding which is a value of the same order as the resistance x_d and x_q [1,9]:

$$M = \frac{m \cdot U^2 \cdot (x_d - x_q)}{2 \cdot 9.81 \cdot \omega_1 (r^2 + x_q x_d)} \cdot (z^2 \sin(2\theta + \chi) - r(x_d - x_q)) \quad (3)$$

where x_d and x_q is the total (synchronous) inductive resistance along the transverse and longitudinal axes; r is the active resistance of the stator winding,

$$z = \sqrt{(r^2 + x_d^2)(r^2 + x_q^2)}, \operatorname{tg}\chi = \frac{r(x_d + x_q)}{x_q x_d - r^2} \quad (4)$$

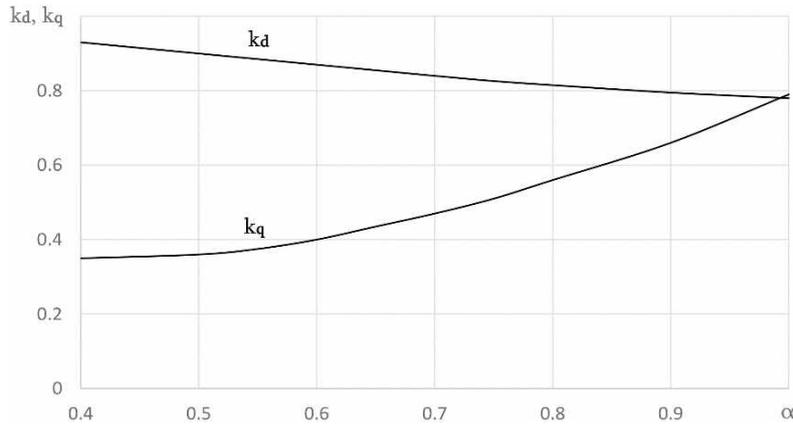


Fig. 3 The dependence of the coefficients k_d and k_q from α

$$M_{max} = \frac{m \cdot U^2 \cdot (x_d - x_q) \cdot 10^5}{2 \cdot 9.81 \cdot \omega_1 (r^2 + x_q x_d)} \cdot (z^2 - r(x_d - x_q)) \quad (5)$$

In the case of a synchronous capacitor motor with great accuracy, $r = \frac{r_1 + r_2}{2}$ can be taken.

To facilitate calculations and further increase in the torque, the characteristics from Fig. 3 [1,3,6,7] can be used where α is the polar conversion coefficient.

The inductive resistance of the tongue along the longitudinal axis x_{ad} and the inductive dispersion resistance x_σ [1,3] are shown in Fig.3:

$$x_d = x_{ad} + x_\sigma \quad (6)$$

$$x_q = k_{ad} \frac{k_q}{k_d} + x_\sigma \quad (7)$$

where k_q and k_d are the coefficients of reduction of the rotor along the transverse and longitudinal axes in accordance with the value α .

Comparison results

The results of comparison of synchronous jet engines are shown in Table 1.

Table 1

Comparison of the engine parameters

Number of phases	-	Three-phase	Capacitor
Active power, P	W	50	50
Coefficient of efficiency, η	%	84	74
Performance factor, $\eta \cdot \cos\phi$	-	0.176	0.177
Maximum torque, M_{max}	<i>Hm</i>	3.8	2.5
Length of a machine, l	<i>m</i>	0.067	0.078
Cost	<i>Dram</i>	13600	16020

When analysing the capacitor and three-phase synchronous jet engines thus taking into account the time and spatial shifts, it turns out that in a three-phase synchronous jet engine the value of the effective MMF is 1,5 times higher than the MMF of the capacitor SJE [2]. We can conclude that in a three-phase motor the value of the effective magnetic flux also exceeds the effective magnetic flux of the capacitor motor. This, in turn, leads to a difference between the number of turns and the currents in both engines. Particularly, in a capacitor motor the number of turns exceeds the number of turns in a three-phase motor. Taking into consideration that both motors have the same power and differ from each other only in the number of phases, we can say that the current in a capacitor motor exceeds the same in a three-phase motor. Consequently, the electrical losses in a capacitor motor are greater than in a three-phase motor. Since the magnetic losses are directly proportional to the square of the magnetic field induction, it turns out that the magnetic losses in a capacitor motor will be greater than in a three-phase motor. Additional losses in both engines were assumed to be approximately equal. As a result, the efficiency of a capacitor motor is less than that of a three-phase one. Other engine parameters are shown in Table 1.

Development of the mechanics of the rotor of the synchronous jet engine.

The development was carried out using sheets of the stator and rotor of an induction motor. The main problem is to determine the mechanical values H and L of the finished rotor (Fig. 4).

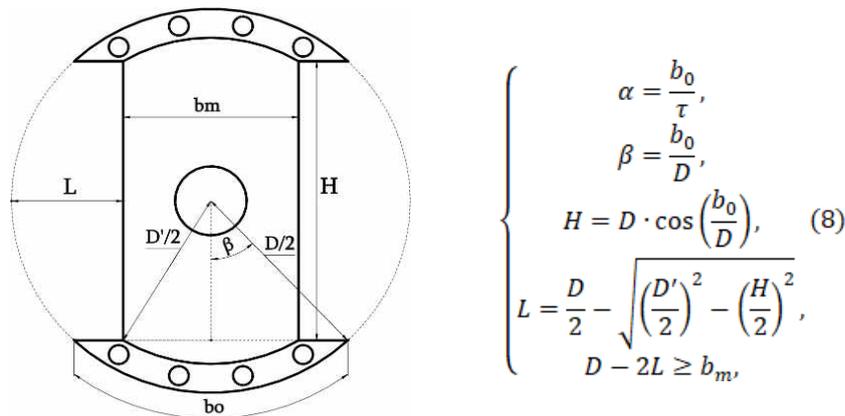


Fig. 4 Development of the rotor mechanics

where D is the diameter of the rotor,

α – coefficient of reduction of the rotor,

τ – polar step,

$h_{кл}$ - height of the short-connected rod.

The width of the rotor pole limits the value L due to the magnetic induction value (in that section).

Conclusion

The design and research of capacitor and three-phase synchronous jet engines are carried out in this work. A comparison of these engines is made resulting in the following conclusions:

1. Capacitor engines are inferior to three-phase synchronous motors in a number of parameters: efficiency, maximum torque, weight.

2. Capacitor engines are more expensive than three-phase SJE.

A significant advantage of capacitor motors is that they are powered by a single-phase network which ensures their demand and production. Since in capacitor motors the stator winding distribution coefficient is higher than that in three-phase motors, that coefficient in capacitor motors contributes to the reduction of higher-order harmonics of the magnetic flux. In this paper we also propose to produce a SJE based on induction motors to avoid unnecessary costs.

References

1. Ермолин Н.П. Электрические машины малой мощности. - М.: Высшая школа, издание 2-е, испр. и доп., 1967г. - 504с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. - Л.: Энергия, издание 2-е, перераб. и доп., 1974г. - 840с.
3. Сергеев П.С., Виноградов Н.В., Горяинов Ф.А. Проектирование электрических машин. - М.: Энергия, издание 3-е, переработ. и доп., 1970г. - 632с.
4. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины. - М.: Высшая школа, издание 2-е, перераб. и доп., 1981г. - 432с.
5. https://www.youtube.com/watch?v=_GUNeWZtC0U
6. Шаншуруп Г.А., Комаров А.В., Бочаров И.В. Электрические машины систем автоматики. -Новосибирск: НГТУ 2006г. – 265с.
7. Кацман М.М. Электрические машины приборных устройств и средств автоматизации. - М.: Академия, 2005 г. - 480с.
8. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. - М.: Издательский центр «Академия», 2006г. - 368 с.
9. Арменский Е.В. Электрические микромашины. - М.: Высшая школа, 3-е изд., 1985г. - 231 с.
10. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. - М: МЭИ, 2-е изд., степеот., 2006 г. - 532с.
11. Хрущев В.В. Электрические машины систем автоматики. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 2-изд., перераб. и доп., 1985г. - 368с.
12. Штеллинг Г., Байссе А., Электрические микромашины. - М.: Энергоатомиздат, 1991г. - 229 с.

References

1. Yermolin N. P., Low power electric machines, M., Vishaya shkola, Ed. 2, corr. and suppl., 1967, 504 pages (in Russian)
2. Voldek A. I., Electric machines. Textbook for students of higher tech. Institutes, L., Energia, Sec. ed., suppl. 1974, 840 pages (in Russian)
3. Sergeev P. S., VinogradovN. V., GoryainovF. A. Design of electric machines, M., Energia, Third. ed., suppl. 1970, 632 pages (in Russian)

4. Bruskin D. E., Zorokhovich A. E., Khvostov V. S., Electric machines and micro machines, M., Vishaya shkola, Sec. Ed., suppl., 1981, 432 pages (in Russian)
5. https://www.youtube.com/watch?v=_GUNeWZtC0U
6. Shanshurov G. A., Komarov A. V., Bocharov I. V., Electrical machines of automated system, Novosibirsk, NSTU, 2006, 265 pages (in Russian)
7. Katsman M. M., Electrical machines of instrumentation and automation equipment, M., Academia, 2005, 480 pages (in Russian)
8. Yuferov F. M., Electric machines of automatic devices, M., Publ. Center Academia, 2006, 368 pages (in Russian)
9. Armenski E. V., Electric micro-machines, M., Vishaya shkola, Third. Ed., 1985, 231 pages (in Russian)
10. Ivanov-Smolenski A. V., Electric machines, M., MEI, Sec. ed., 2006, 532 pages (in Russian)
11. Khrushchev V. V., Electrical machines of automated systems, L., Energoatomizdat, Saint Petersburg, Sec. ed., suppl. 1985, 368 pages (in Russian)
12. Schtelting G., Bayse A., Electric micro-machines, M., Energoatomizdat, 1991, 229 pages (in Russian)

ՀՏԴ - 621.313.375.132

ՓՈՔԻ ՀՋՈՐՈՒԹՅԱՆ ՍԻՆԽՐՈՆ ՌԵԱԿՏԻՎ ՇԱՐԺԻՉՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Դ.Ս. Մարտիրոսյան, Վ.Ա. Սահակյան

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Ուսումնասիրվել են փոքր հզորության միաֆազ կոնդենսատորային և եռաֆազ սինխրոն ռեակտիվ շարժիչները: Այս երկու շարժիչներն էլ ունեն իրենց օգտագործման բնագավառները՝ կախված սնող ցանցի տեսակից: Լայնորեն հետազոտվել են միաֆազ կոնդենսատորային շարժիչները, որոնք ի տարբերություն եռաֆազ սինխրոն ռեակտիվ շարժիչների, առանձնանում են որոշակի բարդություններով՝ կապված պտտվող շրջանային մագնիսական դաշտի ստեղծման հետ, ինչը շատ կարևոր պայման է բարձր տեխնիկական ցուցանիշներ ատանալու համար: Հաշվարկը կատարվել է օգտվելով շարժիչի վեկտորական դիագրամից, հաշվի են առնվել դիմադրությունների ակտիվ, ինդուկտիվ, ունակային բաղադրիչները, համաձայն Կիրխոֆի օրենքների կազմվել է հավասարումների համակարգ, վեկտորական դիագրամից որոշվել են համապատասխան անկյունների մեծությունները, կատարվել է կոնդենսատորի ճշգրիտ հաշվարկ և հոսանքների միջև ստացվել է մոտ 90 էլեկտրակալ աստիճան շեղում, ինչը հնարավորություն է տալիս ստեղծել շրջանային պտտվող մագնիսական դաշտ: Դիտարկելով եռաֆազ և միաֆազ կոնդենսատորային շարժիչների հաշվարկների արդյունքները (հաշվի առնելով ստատորի փաթույթի էլեկտրական կորուստները և ստատորի միջուկում մագնիսական կորուստները), կատարվել է նրանց տեխնիկական և տնտեսական ցուցանիշների համեմատություն: Քանի որ սինխրոն ռեակտիվ շարժիչների էլեկտրամագնիսական մոմենտը կախված է ռոտորի երկայնական և լայնական առանցքներով ինդուկտիվ դիմադրություններից, ապա աշխատանքում բերվում են այդ առանցքներով բերման գործակիցների բնութագրերը՝ կախված բևեռային վերածածկի գործակիցից: Հետազոտությունների արդյունքում առաջարկվել է միաֆազ կոնդենսատորային և եռաֆազ սինխրոն ռեակտիվ շարժիչների կառուցվածքային ձևափոխություններ, որպես հիմք ընդունելով միևնույն գաբարիտի ասինխրոն շարժիչի ռոտորը՝ վերջինիս արտադրության տեխնոլոգիան պարզեցնելու նպատակով: Սինխրոն ռեակտիվ շարժիչներն ավելի մատչելի

դարձնելու համար առաջարկվում է օգտագործել ասինխրոն շարժիչի կարճ միացված ռոտորը՝ կատարելով ռոտորի մեխանիկական մշակում:

Բանալի բառեր. սինխրոն ռեակտիվ շարժիչ, շրջանային մագնիսական դաշտ, կոնդենսատորային ռեակտիվ շարժիչ, ստատոր և ռոտոր, էլեկտրամագնիսական մոմենտ:

УДК - 621.313.375.132

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОМОЩНЫХ СИНХРОННЫХ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д.С. Мартиросян, В.А. Саакян

Национальный политехнический университет Армении

Были изучены однофазные конденсаторные и трёхфазные синхронные реактивные двигатели малой мощности. Оба этих двигателя имеют свои области применения - в зависимости от типа питающей сети. Широко исследованы однофазные конденсаторные двигатели, которые отличаются от трёхфазных синхронных реактивных двигателей некоторыми сложностями, связанными с созданием вращающегося кругового магнитного поля, что является важным условием для достижения высоких технических показателей. Расчёт был произведён с использованием векторной диаграммы двигателя, были учтены активные, индуктивные, ёмкостные составляющие, составлена система уравнений согласно законам Кирхгофа, из векторной диаграммы определены величины соответствующих углов, произведён расчёт конденсатора и получено отклонение между токами - примерно на 90 градусов, что позволяет создать вращающееся круговое магнитное поле. Изучив результаты расчетов для трехфазных и однофазных конденсаторных двигателей (с учётом электрических потерь в обмотке и магнитных потерь в сердечнике статора), было проведено сравнение их технических и экономических показателей. Так как электромагнитный момент синхронных реактивных двигателей зависит от индуктивного сопротивления ротора вдоль продольной и поперечной осей, то в работе приводятся характеристики коэффициентов приведения (приведения к полярным координатам) по этим осям в зависимости от коэффициента полярного преобразования. В результате исследований были предложены структурные модификации однофазных конденсаторных и трёхфазных синхронных реактивных двигателей, принимая за основу ротор асинхронного двигателя одинакового габарита. Целью модификации является упрощение технологии его производства. Для того, чтобы сделать синхронные реактивные двигатели более доступными, рекомендуется использовать короткозамкнутый ротор асинхронного двигателя – выполнив соответствующую механическую обработку.

Ключевые слова: синхронный реактивный двигатель, круговое магнитное поле, конденсаторный реактивный двигатель, статор и ротор, электромагнитный момент.

Ներկայացվել է՝ 08.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 11.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 20.05.2020թ.

THE METHOD OF IMPROVEMENT OF RELIABILITY OF OPERATIONAL AMPLIFIERS IN ANALOG INTEGRATED CIRCUITS

A.Kh. Mkhitaryan¹, H.V. Margaryan², M.T. Grigoryan¹, D.A. Manukyan²

¹National Polytechnic University of Armenia,

²Yerevan State University

Among the technical specifications set for modern integrated circuits, the parameters related to their reliability play a key role taking into account the wide sphere of applications of these circuits in areas that may be related to human life. Modeling of the aging effects of circuits at the schematic level is used as a method of reliability measurement.

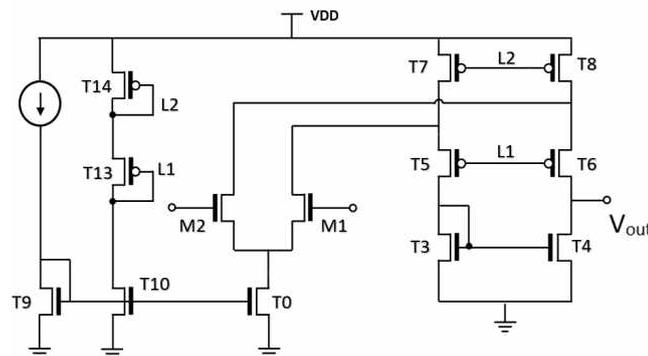
The method of improvement of reliability in analog integrated circuits is suggested where the schematic solutions provide a possibility of reduction of offset between the inputs of operational amplifiers bringing it up to 1.3mV by small increase of semiconductor surface area. The suggested method can be used in integrated circuits designed with modern 14nm and smaller technological processes.

Key words: ageing, lifetime, transistor switch, schematic modeling, threshold voltage, voltage shift.

Introduction

Integral circuits (IC) are widely used in aircrafts, vehicles, military engineering, medical equipment and elsewhere. The ICs used in such systems are of high value because compared to the ones used in household appliances, the technical requirements for both functional and reliability providing parameters are rigid [1-3].

In modern ICs analog segments which are responsible for receiving, processing and transmitting data from one IC to another, are considered to be the most sensitive ones. The key nodes of analog integrated circuits are operational amplifiers. The type of operational amplifier providing more amplification and bandwidth than many of the various architectures available is the embedded cascade operating amplifier circuit (Pic. 1) [4-5]. The high value of the amplification factor is due to the multi-cascade structure and the great bandwidth is a result of the embedded cascading architecture without Miller's phenomenon. Meanwhile, as a result of the application of such architecture, the input working range of the operational amplifier increases which makes it possible to amplify the analog signal with a larger amplitude without distorting its appearance. On the other hand, with 3 output cascades the probability of transistors leaving the saturation mode is minimized [6-8]. Considering the above mentioned fact, further research has been done on this architecture with the aim of improving its reliability and ensuring 10 years of uninterrupted operation.



Picture 1 The current circuit of operational amplifier

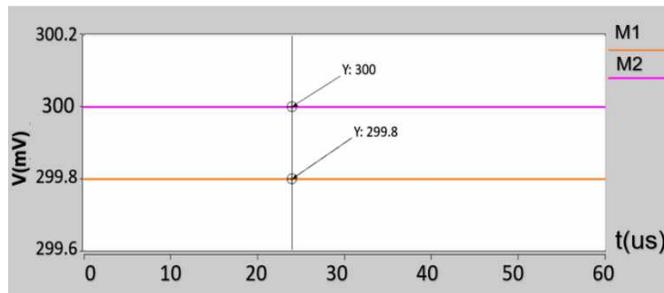
A number of reliability parameters are used in the designing process of the modern integral circuits. These include electromagnetism, verification of the possibility of exceeding the maximum permissible voltage of the transistor nodes and testing the aging of individual IC transistors etc [9-12]. The work is dedicated to the improvement of the key parameters of the operational amplifiers which are part of analog integral circuits because of aging. The aging is estimated according to the working years of the IC, though it is clear that it's impossible to wait, for instance, 10 years to detect problems available in the IC nodes. Therefore, schematic modeling is done for the implementation of the latter using special aging models of transistors [13-14]. There are well-known mathematical formulas that describe the aging process and the main influencing factors. The mathematical formula for the shift in the threshold voltage of the transistor as a result of such aging is presented below [15]:

$$\Delta V_{TH} \sim C_{HC} \frac{1}{\sqrt{L}} \exp(\alpha_1 E_{one}) \exp(\alpha_2 V_{DS}) t^{n_{HC}}$$

wherein n_{HC} is the time exponent, E_{one} is the electric field applied to the valve insulator, C_{HC} is a constant value describing the technological process, L is the length of the transistor channel, V_{DS} is the voltage applied between the drain and source of the transistor, α_1 and α_2 are the voltage scale coils.

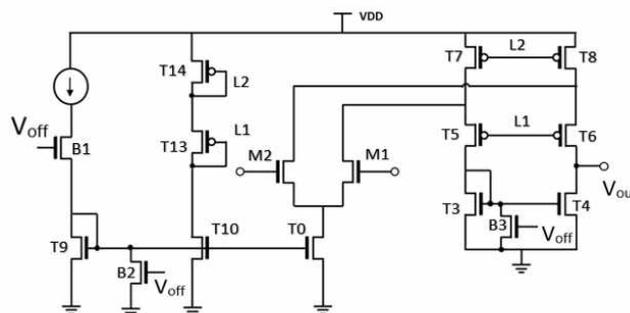
Conflict setting

In order to clarify the phenomenon of aging, to identify the main influencing factors and to mitigate their effects, the scheme of the operational amplifier with the embedded cascade is considered in two modes – power on and power off. In the operating mode any significant aging or deviation of the functional parameter are not recorded (Pic. 2).



Picture 2 The results of modeling the operational amplifier after being aged in 10 years of operating mode

After simulating the aging of the circuit in the power off mode and applying it in the negative feedback loop, the measurements showed that there is a voltage deviation between the positive and negative inputs of the amplifier. The disconnected mode of the circuit is provided by B1, B2 and B3 N-type metal-oxide-semiconductor (NMOS) transistors (Pic. 3).



Picture 3 The circuit of the operational amplifier providing the switching mode with transistor switches

At the gates of the transistors specified in the off mode, a logical “1” signal is applied, opening them and equalizing the potentials of the corresponding nodes to zero. One of the main reasons for aging is that in the current circuit with availability of power supply high-impedance nodes are formed and in the case of a 10-year aging model their threshold voltage shifts. Depending on the type of design, in the power off mode case, signals with the following combinations may be applied to the input M1 and M2 transistor gates:

- 1) M1 - '0' and M2 - '0'
- 2) M1 - '0' and M2 - '1'
- 3) M1 - '1' and M2 - '0'
- 4) M1 - '1' and M2 - '1'

wherein the logical “0” level is equal to 0V and “1” is equal to the value of the supply voltage.

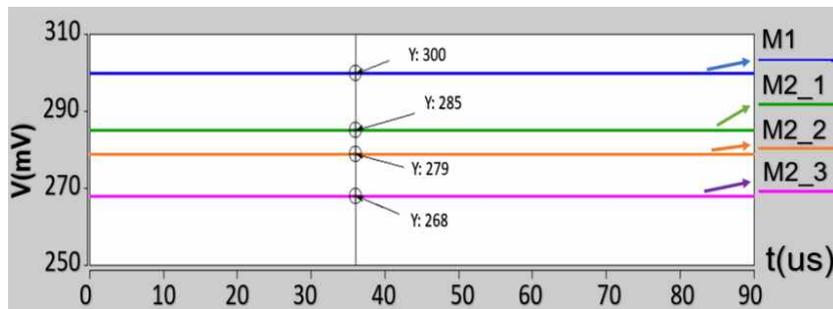
The threshold voltage shifts of input transistors caused by the aging are presented in the Table 1.

Table 1

The shifts in the threshold voltage of the current circuit’s input transistors caused by aging after 10 years of operation

Combination of input signals	M1 transistor’s threshold voltage shift (mV)	M2 transistor’s threshold voltage shift (mV)
M1 - '0' and M2 - '0'	56	56
M1 - '1' and M2 - '1'	260	260
M1 - '1' and M2 - '0'	258	55
M1 - '0' and M2 - '1'	55	258

The maximum change in the threshold of transistors voltage is recorded when the transistors are in the open state. The modeling to assess the effect of a threshold voltage shift on the parameters of operating amplifier in the operating mode of the circuit has shown offset of up to 32 mV between its inputs (Pic.4).



Picture 4 The voltage deviation in the off mode between the input transistors in the operational amplifier

Table 2 shows the offset between the inputs of operational amplifier in the power off mode depending on the signals applied to the inputs as a result of 10 years of aging.

Table 2

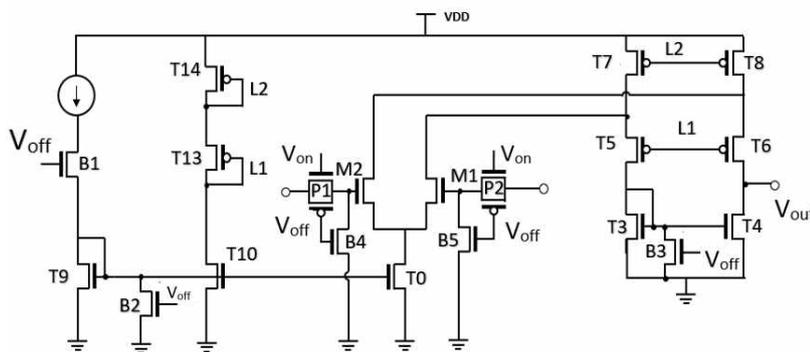
The results of the voltage deviation recorded in the inputs of the operating amplifier after staying in the power off mode for 10 years

Combination of input signals	Offset (mV)
M1 - '0' and M2 - '0'/ M2_1	15
M1 - '1' and M2 - '1'/ M2_2	21
M1 - '1' and M2 - '0'/ M2_3	32

Combining the results of Table 1 and Table 2 we can conclude that on the one hand, the threshold voltages of the transistors are mostly shifted when they are open, and on the other hand, the reason for the deviation between the inputs of the operational amplifier is the reverse deviated input transistors. The task is to decrease the offset between the inputs of the operational amplifiers by using schematic solutions thus increasing their reliability and ensuring 10 years of uninterrupted operation.

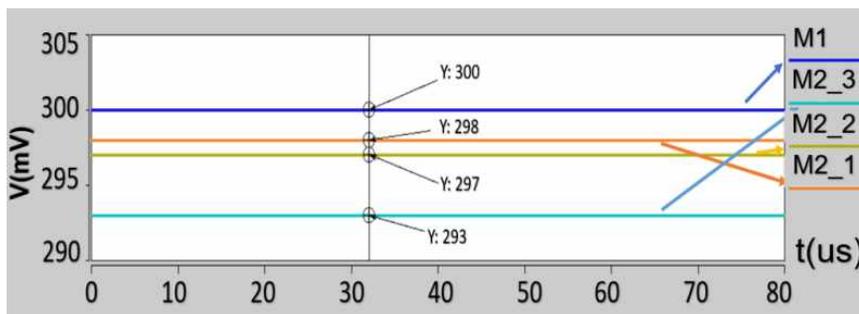
Research results

Multiple researches to solve this problem have shown that in order to reduce threshold voltages as well as to reduce offset between the inputs of the operational amplifier, it is necessary to make such schematic changes that the input N-MOS transistors should be closed or deviated to the same side. In order to implement the latter, the inputs of the operational amplifier are isolated from the primary inputs of the circuit by means of the switches combined with N and P transistors. At the same time, the B4 u B5 switches are added, resulting in the closure of the input M1 and M2 transistors in the circuit power off mode (Pic. 5).



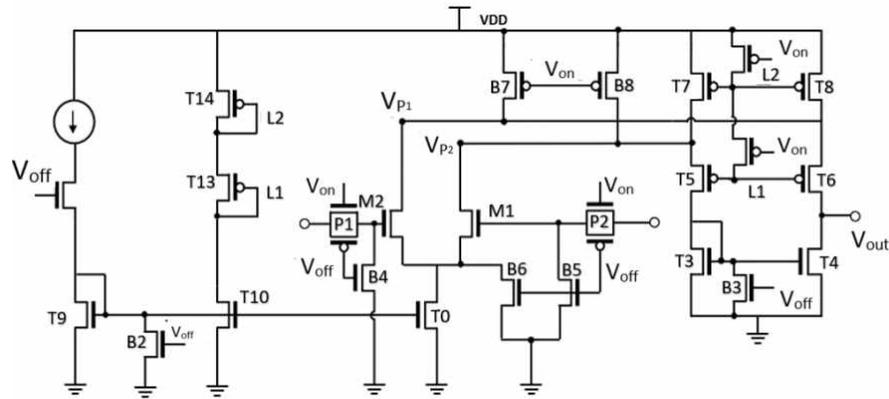
Picture 5 The suggested circuit of the operational amplifier with the application of B4 and B5 switches

The results of the schematic modeling to evaluate the effectiveness of the proposed solution showed a significant improvement in the detected problems, in particular, the offset between inputs of the operational amplifier has decreased from 32 mV to 7 mV.



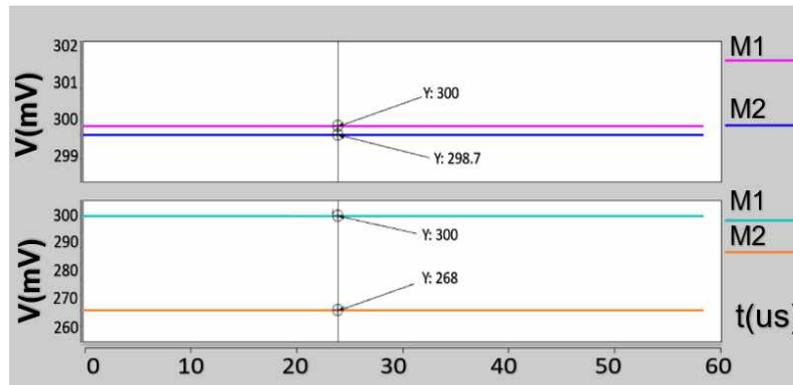
Picture 6 The offset voltage of the operational amplifier with the presence of B4 and B5 switches

However, this index of improvement is not enough as it is comparable to the levels of signals developed in modern analog ICs. In order to further improve the obtained results, all the secondary nodes of the circuit which can be in high impedance and cause such problems have been considered. To solve this problem, transistor switches have been added to the L1, L2, Vp1 and Vp2 nodes which connect them to the power supply in the power off mode of the circuit (Pic. 7).



Picture 7 The suggested circuit of the operational amplifier

In the proposed circuit in contrast to the existing one, there are no high-impedance nodes, there is no possibility of a reverse deviated voltage across the inputs. The results of the schematic modeling prove the effectiveness of the method (Pic. 8) - the maximum offset between the inputs of the operational amplifier does not exceed 1.3 mV.



Picture 8 The offset of input voltage as a result of 10 years of aging in a power off mode using the proposed and current method of operational amplifier

The obtained results are summarized in Table 3.

Table 3

The research results of the operational amplifier designed with using the proposed method

Parameter	Available circuit	Proposed circuit
Maximum input voltage offset (mV)	32	1.3
Maximum shifting of transistor's threshold voltage	260	40
Power consumption (uW)	100	100
Surface occupied by semiconductor crystal (um ²)	167	172

Conclusion

SAED14nm FinFet technological process has been implemented in the design of the operational amplifier with an embedded cascode. As a result of the proposed schematic-technical solutions, it is possible to increase the reliability of the amplifier by changing the 32 mV offset of 10 years aging between the inputs to 1,3 mV. The proposed solutions do not lead to an increase in the power consumption of the circuit and the surface occupied by the semiconductor crystal increases slightly by 5 um², which is only 3% of the surface occupied by the operational amplifier.

We can conclude that if the designed IC is used approximately 10 years, this method will give an opportunity to have reliable parameters of operational amplifiers.

References

1. Liu C. et al. Systematical study of 14nm FinFET reliability: From device level stress to product HTOL // 2015 IEEE International Reliability Physics Symposium, Monterey, CA, 2015, p. 2F.3.1-2F.3.5.
2. Mahmud M. I. et al. Hot Carrier Reliability Improvement of Thicker Gate Oxide nFET Devices in Advanced FinFETs // 2019 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), Monterey, CA, USA, 2019, p. 1-6.
3. Kumar B. S. et al. Performance and reliability insights of drain extended FinFET devices for high voltage SoC applications // 2018 IEEE 30th International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs (ISPSD), Chicago, IL, 2018, p. 72-75.
4. Razavi B., Design of Analog CMOS Integrated Circuits, Mc Graw Hill India, 2nd edition, 2017, 782 p.
5. Baker J.R. CMOS Circuit Design, Layout and Simulation, 3rd Edition, John Wiley and & Sons, Inc., Publication, 2010, 1173 p.
6. Garde M. P. et al. Folded Cascade OTA with 5540 MHzpF/mA FoM // 2018 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), Florence, 2018, p. 1-5.
7. Navidi R. et al. Improved Gain Folded Cascade OpAmp Employing a Novel Positive Feedback Structure // 2019 27th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), Yazd, Iran, 2019, p. 269-273.
8. Gupta H. et al. Design of high PSRR folded cascode operational amplifier for LDO applications // 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), Chennai, 2016, p. 4617-4621.
9. Toledano-Luque M. et al. Reliability-Aware FinFET Design // 2019 Electron Devices Technology and Manufacturing Conference (EDTM), Singapore, Singapore, 2019, p. 218-221.
10. Paliwoda P. et al. Self-Heating Effects on Hot Carrier Degradation and Its Impact on Logic Circuit Reliability // IEEE Transactions on Device and Materials Reliability, June 2019, Vol. 19, no. 2, p. 249-254.
11. Kerber A. et al. Device reliability metric for end-of-life performance optimization based on circuit level assessment // 2017 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), Monterey, CA, 2017, p. 2D-3.1-2D-3.5.
12. Ahn J. et al. Product-Level Reliability Estimator with advanced CMOS technology // 2013 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), Anaheim, CA, 2013, PR.1.1-PR.1.5.
13. Hillebrand T. et al. REL-MOS—A Reliability-Aware MOS Transistor Model // IEEE Transactions on Electron Devices, Jan. 2019, Vol. 66, no. 1, p. 60-65.
14. Salamin S. et al. Modeling the Interdependences Between Voltage Fluctuation and BTI Aging // IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, July 2019. Vol. 27, no. 7, p. 1652-1665.
15. Malipatlolla S. et al. User dependent aging prediction model for automotive controllers with power electronics // 2017 27th International Symposium on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (PATMOS), Thessaloniki, 2017, p. 1-6.
16. Amrouch H. et al. Impact of BTI on dynamic and static power: From the physical to circuit level // 2017 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), Monterey, CA, 2017, p. CR-3.1-CR-3.6.

17. Baklezos A. T. et al. Effect of LVDS link speed and pattern length on spectrum measurements of a Spacewire harness // 2017 International Workshop on Antenna Technology: Small Antennas, Innovative Structures, and Applications (iWAT), Athens, 2017, p. 38-41.
18. Jagannathan S. et al. Design of aging aware 5 Gbps LVDS transmitter for automotive applications // 2018 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), Burlingame, CA, 2018, p. 5C.3-1-5C.3-5.

ՀՏԴ - 621.375.132

ԱՆԱԼՈՒԳԱՅԻՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԻՆՏԵՄԱՆԵՐՈՒՄ ՕՊԵՐԱՑԻՈՆ ՈՒԺԵՂԱՐԱՐՆԵՐԻ ՀՈՒՍԱԼԻՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈՂ

Ա.Խ. Մխիթարյան¹, Հ.Վ. Մարգարյան², Մ.Տ. Գրիգորյան¹, Դ.Ա. Մանուկյան²

¹Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան,

²Երևանի պետական համալսարան

Ժամանակակից ինտեգրալ սխեմաներին առաջադրվող տեխնիկական առաջադրանքների մեջ առանցքային տեղ են գրավում դրանց հուսալիությանը վերաբերող պարամետրերը՝ հաշվի առնելով այդ սխեմաների լայն կիրառությունը այնպիսի բնագավառներում, որոնք կարող են առընչվել մարդկային կյանքերի հետ: Որպես հուսալիության չափման եղանակ կիրառվում է սխեմաների ծերացման երևույթի մոդելավորումը սխեմատեխնիկական մակարդակում:

Առաջարկվում է ծերացման հետևանքով անալոգային ինտեգրալ սխեմաներում հուսալիության անկման բարելավման մեթոդ, որտեղ սխեմատեխնիկական լուծումների ներդրման արդյունքում հնարավորություն է ստեղծվում փոքրացնելու օպերացիոն ուժեղարարների մուտքերի միջև առաջացող լարման շեղման չափը՝ հասցնելով այն ընդհուպ 1.3մՎ-ի՝ ի հաշիվ այդ սխեմայի՝ կիսահաղորդչային բյուրեղի վրա զբաղեցրած մակերեսի չնչին ավելացման: Առաջարկվող մեթոդը կարող է կիրառվել ժամանակակից 14նմ և ավելի փոքր տեխնոլոգիական գործընթացներով նախագծվող ինտեգրալ սխեմաներում:

Բանալի բառեր. ծերացում, կյանքի տևողություն, տրանզիստորային բանալի, սխեմատեխնիկական մոդելավորում, շեմային լարում, լարման շեղում:

УДК - 621.375.132

МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ В АНАЛОГОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

А.Х. Мхитарян¹, А.В. Маргарян², М.Т. Григорян¹, Д.А. Манукян²

¹Национальный политехнический университет Армении,

²Ереванский государственный университет

В технических заданиях на проектирование современных интегральных схем, учитывая широкое использование данных схем в отраслях тесно связанных с жизнедеятельностью человека, ключевое место отводится параметрам характеризующим надежность. В качестве метода оценки степени надежности используется моделирование процесса старения схемы на схемотехническом уровне.

В данной статье предлагается метод уменьшения степени деградации надежности аналоговых интегральных схем, возникающей в процессе старения. Данный метод, в результате использования ряда схемотехнических решений позволяет, уменьшить разность напряжений возникающую между входами операционных усилителей, доводя таким образом значения разности до 1.3мВ, за счет незначительного увеличения площади занимаемой данной схемой на полупроводниковом кристалле. Предлагаемый метод может быть использован при проектировании интегральных схем по технологическим процессам 14нм и меньше.

Ключевые слова: старение, ожидаемый срок службы, транзисторный переключатель, схематическое моделирование, пороговое напряжение, отклонение напряжения.

Ներկայացվել է՝ 05.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 06.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 26.05.2020թ.

DATA AND POWER SUPPLY MONITORING AND SWITCHING SYSTEM FOR IMPROVED POWER EFFICIENCY AND SIGNAL INTEGRITY

H.H. Sahakyan, R.M. Soghomonyan, D.Kh. Gabrielyan, G.A. Voskanyan

National Polytechnic University of Armenia

Power efficiency and signal integrity are one of the key performance metrics in modern communication interface design. We suggest a modern approach of improving power efficiency and signal integrity via implementing data driven supply monitoring and switching scheme. Instead of the traditional approach of having multiple slave devices in idle state waiting for the signal from the master device, the suggested solution offers a more power efficient approach of switching these devices only in case when they are in communication. The suggested architecture takes advantage of differential data line communication protocols to generate an artificial low capacity supply voltage to power small logic blocks which perform switching of supply voltages. The system also employs a non-conventional power-on-reset block to monitor the supply level. The artificial supply generating block can also be used to improve the signal integrity in open-drain/open-collector communication protocols such as I²C, SCSI-1, etc. via verifying the authenticity of ESD events in power off devices thus preventing unnecessary current drainage. The circuit was designed and simulated using 14nm finFET technological process developed by Synopsys Armenia Educational Department. Synopsys's Custom Compiler and HSPICE were used for graphical design of circuit and simulation respectively. The circuit was tested in three extreme corners to ensure stable operation in various conditions. The results are displayed through Custom WaveView.

Key words: integrated circuit, power-efficiency, data divider, supply control, power on reset, electrostatic discharge.

Introduction

During the last thirty years, the sizes of the transistors used in integrated circuit (IC) design have shrunk enormously: from several hundred micrometers to as small as 5 nanometers [1]. This trend of decreasing the device sizes almost every year was needed because of ever increasing demands of faster and less energy consuming architectures. As the power consumption of a digital circuit is proportional to the cube of the supply voltage, reduction of the supply voltage even by a small amount has a noticeable impact on the consumed power. The less energy the circuit demands the longer the supplying battery can last. This concern is especially crucial for smaller devices with little PCB real estate to spare. Decreasing power dissipation also positively affects the longevity of the system, as devices will operate under smaller stress conditions because of lowered voltages, smaller currents and less heat. Improving power efficiency and longevity of integrated circuits can prove high profit for systems developed for commercial usage and can be a crucial improvement for systems used for biomedical applications. Another important performance metric is signal integrity which is a set of measures of the quality of the electrical signal. As digital signals are fundamentally analog in nature, they are subject to effects such as noise, distortion and loss. In some protocols, particularly ones using open-drain architecture, turning idle devices off is not a viable option as it leaves room for potential negative effects on signal integrity. One of such effects is a data signal triggering a false electrostatic discharge event which opens the clamp transistor draining a large amount of current from data line, thus dissipating more power and increasing the rise time and ring-back voltage of the signal. In some cases, the steady state value might not even reach the intended level.

Conflict setting

Digital circuits are primarily used for information processing and transmission. There are several connected devices and each one implements some functionality in a system. It may be the case

that some of the devices are not needed for some time. If the power supply can be “detached” from them then the power consumption of the whole system can be optimized. This method can be especially beneficial for slower systems where settling related delays won’t be a significant sacrifice in achieving better efficiency.

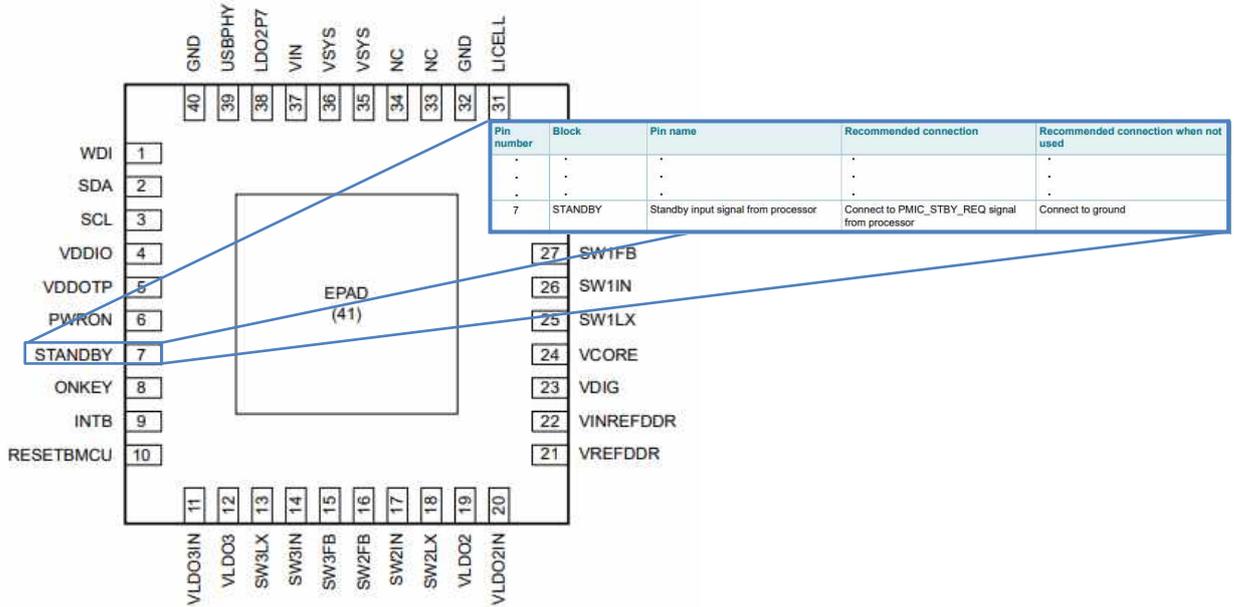


Fig. 1 PF1510 PMIC with a stand-by input pin

Most ICs have a separate stand-by input pin for controlling the power mode of the IC. Figure 1 shows such case from [7]. Some architectures like the one shown in Fig. 2 and do not require a stand-by pin, but instead use timing for detecting the stand-by input which requires a finite state machine (FSM) structure for monitoring which increases power consumption and surface area. This solution also constantly dissipates power [8].

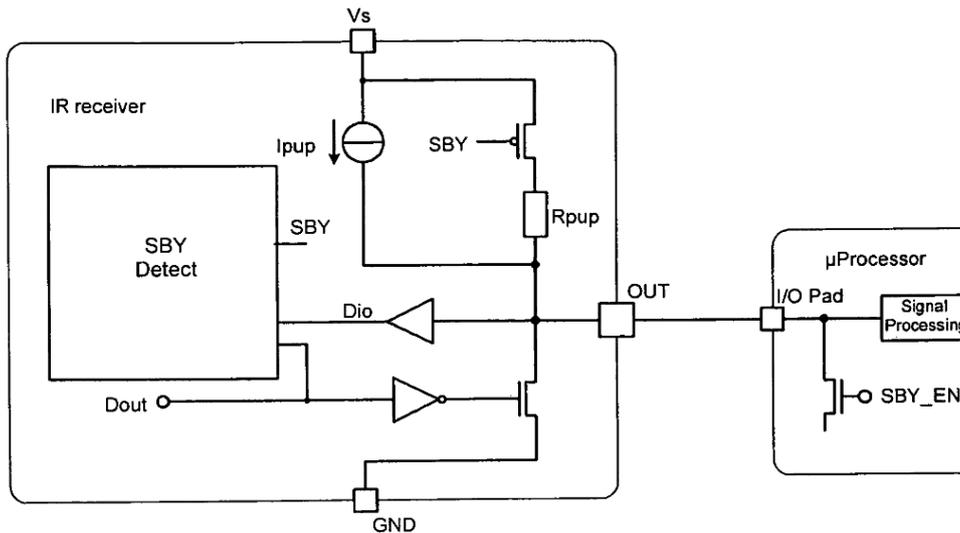


Fig. 2 Stand-by control through timing monitoring

The suggested method uses data lines to turn on or off the circuit. It takes advantage of differential data lines and requires neither constant power supply nor an external control signal. Instead it uses the signals on differential data lines as both inputs and supply. This alleviates the need of an external stand-by control and offers a monitoring system which doesn’t constantly dissipate power. The block diagram of the suggested architecture is presented below (Figure 3).

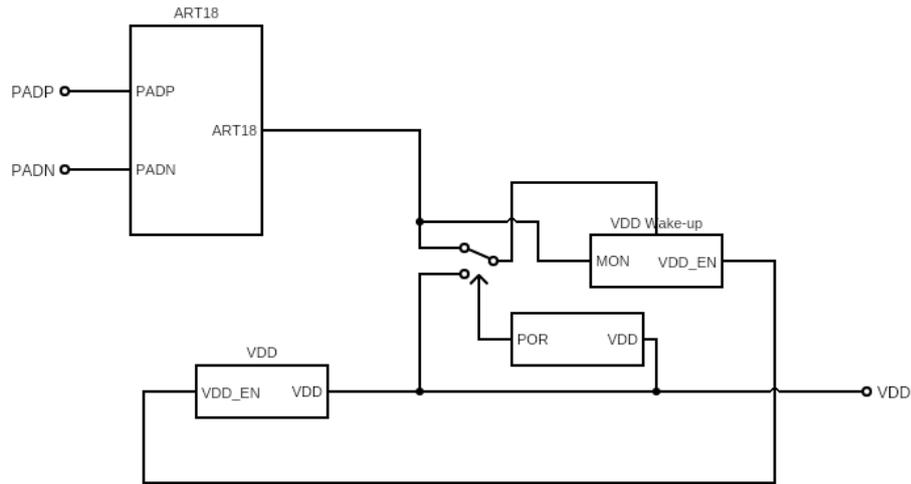


Fig. 3 Block diagram of the proposed architecture

Of course, attaching and detaching the power supply from these unnecessary devices can only be achieved through another system that decides and performs the switching. This means that there must be some other and presumably smaller system constantly monitoring which devices do not need power for the given time. This solution can be easily implemented but it requires a precise definition for what it means “a subsystem does not need to be connected to the supply now”. A much easier way to solve the issue is to embed this monitoring into the system itself. A sub-circuit can be “activated” only when it has inputs to process. This means that the data itself can be the trigger to activate or deactivate the power source.

ART18 data divider is a block with two inputs and one output. The inputs are the lines of differential data and the output is a voltage equal to VDD. The VDD block is the main supply itself. The VDD wake up block is a logic circuit that detects the presence of data and turns the VDD supply on or off. It is supplied by either the 3v3 data divider block or from VDD and the latter case is when the VDD is turned on. The structure of each individual block will be presented next.

The ART18 block is a voltage divider with diode connected transistors in series. The scheme is presented in Figure 4.

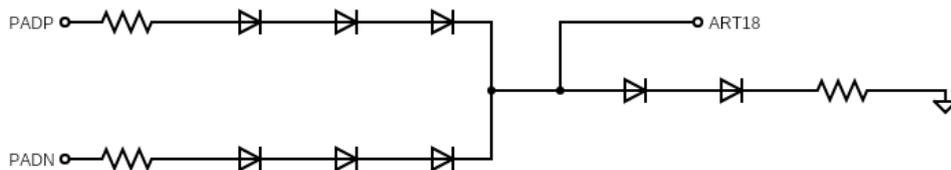


Fig. 4 ART18 data divider structure

PADP and PADN are the differential data inputs and art18 is the output of the circuit. When there is no data being transferred through data lines both PADP and PADN are 0. However, when data is transferred either PADN or PADP will be 3.3V. The ART18 output will be generated by dropping 3.3V down to about 1.8V through diode connected transistors. The circuit is enabled or disabled by means of two transistors, M1 and M3 which receive a digital signal on their gates that indicates whether the supply voltage has reached some predefined level or not. After the VDD supply passes the Power-on-Reset (POR) threshold value, the circuit is disabled and the VDD Wake-up logic, powered by VDD directly, continues to monitor PADP and PADN. When they both become 0 VDD Wake-up turns VDD off and switches its supply to ART18.

The previous discussion implied the existence of a VDD detection circuit. Figure 5 shows this supply detecting POR circuit [2].

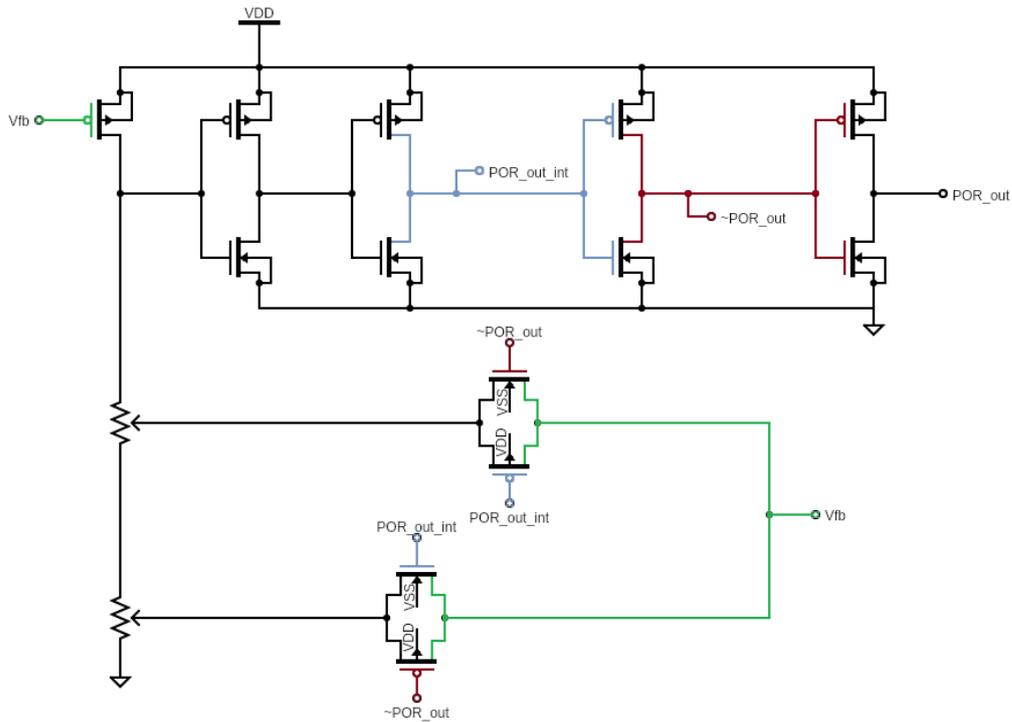


Fig. 5 VDD detection POR circuit

The two pass gates are used to define two different threshold voltages for the circuit. When VDD is zero, the circuit outputs zero, as the input of the first inverter is low (by means of resistive pulldown [3]) and it also outputs VDD which is low. This is true for all the inverters in the chain. When the VDD rises from zero, it must pass through the higher threshold defined by the pass gate which receives its input on the gate of PMOS from the POR_out_int net. When VDD passes this threshold value, the output of the circuit starts following VDD and the pass gate which was on, turns off and the other one turns on and the threshold value changes. When VDD falls from its nominal value towards zero, the reverse of the actions described in the previous case take place, differing only in the threshold value. The simulation results for this circuit will be presented in the next section.

The purpose of VDD Wake-Up block is to turn VDD on when differential data is present on the inputs and turn it off in opposite case. The exact procedure won't be described in this paper as it is a defined implementation and can be synthesized depending on the given structure.

Figure 6 shows cases of another application for artificial supply voltage block that solves previously mentioned false ESD event detection issue in open-drain communication standard [4], [5].

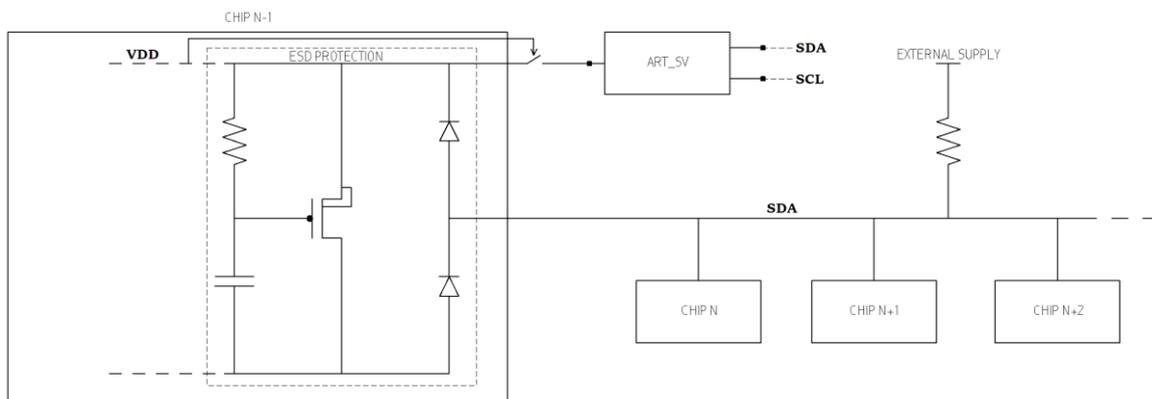


Fig. 6 False ESD detection prevention architecture

When VDD is off, the switch toggles on and ART_SV block is connected to ESD protection circuit. After a small amount of time the artificial SV stabilizes and provides the ESD diode a strong reverse bias. Now a much higher voltage is required at the anode of the diode to turn it on. Note that this implementation assumes that when the device is off, its elements are properly pulled up and pulled down to prevent any static current flow through the circuit. If this is not the case, then a more complex switching system will be required.

As any IC has ESD protection on its pins, when it gets powered off, the issue of static current drainage through the ESD diodes cannot be overlooked and it is solved by having a constant bias on the powered off supply rail. Any solution that suggests turning off idle devices on open-drain communication but ignores the possible ESD event detection is incomplete. While some power might be saved by turning the devices off, the false ESD events will not only add to power consumption but also jeopardize the integrity of communication.

Research results

The circuits were simulated using SAED 14nm [6] technology with HSPICE circuit simulation program. The simulations were done for three PVT (process, voltage, temperature) corner variations shown in

Table 1

Three PVT corners where simulations were performed

Corner	Temp	Process	VDD
Typical	25	TT	1.8
Slow	-40	SS	1.62
Fast	125	FF	1.98

Figures 7 and 8 show the transient responses of VDD detecting POR block and the proposed switching system.

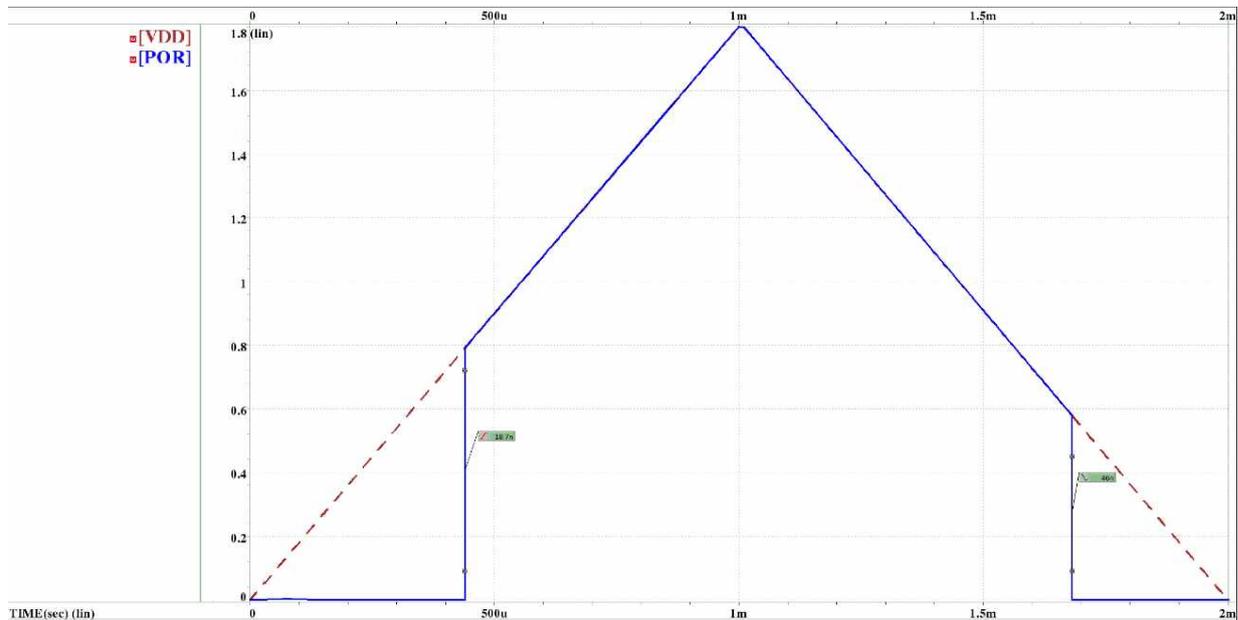


Fig. 7 Voltage detection circuit output and supply voltages

As Figure 7 shows POR block has different low-to-high and high-to-low thresholds in order to avoid false switches which would otherwise be caused by supply rail noises [3].

Figure 8 shows cases when the entirety of suggested solution is in action. In the absence of data both PADN and PADD are pulled down, VDD is off and so is ART18. When one of the data lines goes high, a voltage close to VDD is formed at the ART18 output which triggers the VDD Wake-Up block to connect other sub-circuits to power supply. When voltage at VDD node reaches around 0,8V (Typical corner) the POR output toggles on and starts shifting the supply of Wake-up logic from ART18 to VDD. When VDD reaches around 80% (1.4V for Typical corner) of its final value POR out is high enough to completely switch Wake-Up supply to VDD. The Wake-Up block, now powered by VDD, continues to monitor data lines and when they both are pulled down VDD is once again disconnected from power rail. A small delay mechanism is also added to prevent false toggle offs in case of slight data non-overlap.

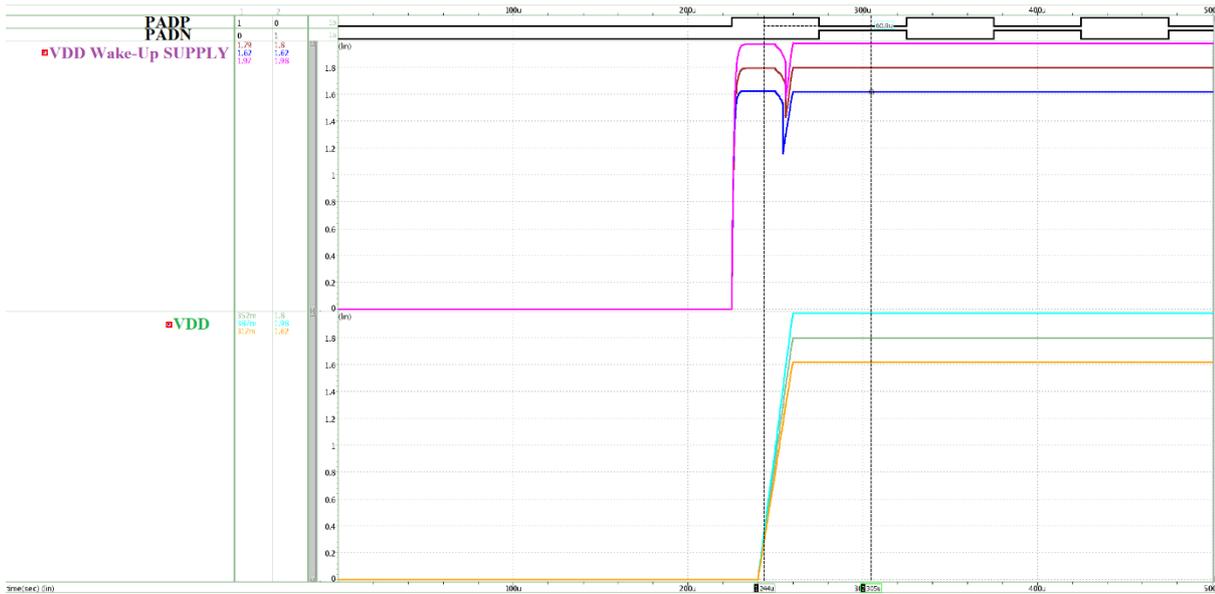


Fig. 8 Proposed supply switching architecture in action

Figure 9 shows the signal on SDL line with and without the implemented solution. In the Before signal the rising edge starts to break at around 1,5V and the dissipating power doesn't allow the signal to reach its intended 3,3V value. After implementing the proposed solution, the signal has full 3,3V swing and the rising edge breaks at around 3V.

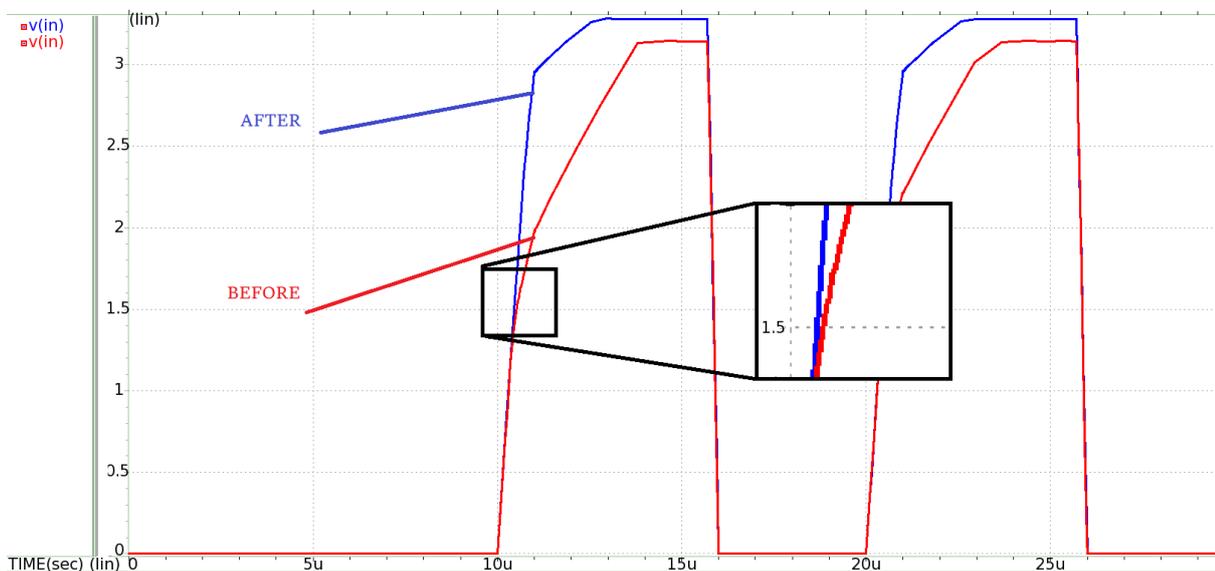


Fig. 9 Signal integrity with and without the proposed solution

Conclusion 1

A method for improving the power-efficiency of an electrical system is proposed by using data driven power supply monitoring and switching. As the power is not wasted in the absence of data, the lifetime of the system using an autonomous power source is increased. This can be very useful in systems where longevity concerns supersede startup speed requirements. Compared to other solutions the proposed architecture alleviates the need of an external stand-by control and offers a monitoring system which doesn't require a constant supply. The proposed architecture was implemented and simulated using SAED 14nm finFET technological process and HSPICE simulator. Simulation results show that the proposed architecture can provide very close to supply voltage with enough driving capacity to empower the wake-up logic circuit.

Conclusion 2

Another application of the circuit is verifying ESD events in open-drain communication interfaces thus improving the signal integrity. Simulation results show that both rising edge of the signal as well as steady state voltage are significantly closer to the ideal values with the artificial supply generator connected to the ESD protection circuit. In case of I2C protocol where rise times are measured from 30% to 70% of the steady value the added circuit twice decreases the rise time while dissipation no DC power.

References

1. L. Xiu, "Time Moore: Exploiting Moore's Law from The Perspective of Time", in IEEE Solid-State Circuits Magazine, vol. 11, no. 1, p. 39-55, winter 2019.
2. A. Amaya, L. E. Rueda G and E. Roa, "A Multi-Level Power-on Reset for Fine-Grained Power Management", 2018, 28th International Symposium on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (PATMOS), Platja d'Aro, 2018, p. 129-132.
3. Razavi B., Design of Analog CMOS Integrated Circuits, International Edition, McGraw-Hill, 2001.
4. Jonathan Valdez, Jared Becker, Understanding the I2C Bus, Texas instruments
5. UM10204, I2C bus specification and user manual, Rev. 6, 4 April, 2014
6. Vazgen Melikyan, Meruzhan Martirosyan, Anush Melikyan, Gor Piliposyan "14nm Educational Design Kit: Capabilities, Deployment and Future", Proceedings of the 7th Small Systems Simulation Symposium, 2018, Niš, Serbia
7. PF1510, Power management integrated circuit (PMIC) for low power application processors, Rev. 3 -7 April, 2020
8. Munder Gunnar, "Standby modes for integrated circuit devices", U.S. Patent Application No. 12/148,351.

ՀՏԴ - 621.382.13

**ԷՆԵՐԳԱՍՊԱՌՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԱԶԴԱՆՇԱՆԻ
ԱՄԲՈՂՋԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐԵԼԱՎՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ՏԵՂԵԿԱՏՎԱԿԱՆ
ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԸ ԵՎ ՍՆՈՒՑՄԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐԸ ՎԵՐԱՀՍԿՈՂ ԵՎ
ՂԵԿԱՎԱՐՈՂ ՀԱՄԱԿԱՐԳ**

Հ.Հ. Սահակյան, Ռ.Մ. Սողոմոնյան, Դ.Խ. Գաբրիելյան, Գ.Ա. Ոսկանյան

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Էներգասպառման արդյունավետությունը և ազդանշանի ամբողջականությունն ու որակը ժամանակակից հաղորդակցման ստանդարտների նախագծման փուլի կարևորագույն

չափանիշներից են: Առաջարկվում է, էներգասպառման արդյունավետության և ազդանշանի ամբողջականության մեծացման նոր մեթոդ, որը օգտագործում է մուտքային ինֆորմացիայի հիման վրա սնուցման աղբյուրի վերահսկողության և փոպանջատման համակարգ: Ի տարբերություն ընդունված մոտեցմանը, որտեղ բազմաթիվ ծառա սարքեր գտնվելով պարասպ վիճակում սպասում են ղեկավարող սարքից ազդանշանի, առաջարկվող համակարգը ներկայացնում է էներգասպառման տեսանկյունից ավելի արդյունավետ մեթոդ: Այն է՝ միացնել այս սարքերը միայն այն ժամանակ երբ նրանց տեղեկություն է փոխանցվում: Առաջարկվող համակարգը օգտվում է դիֆֆերենցիալ տեղեկության փոխանցման դողերից, որպեսզի գեներացնի կեղծ, ցածր հզորությամբ սնման աղբյուրը, որը սնում է հիմնական սնման աղբյուրի փոխանջատումները իրականացնող փոքր թվային բլոկներ: Համակարգը նաև օգտագործում է ոչ-դասական լիցքաթափում-ըստ-միացման բլոկ, որպեսզի իրականացնի սնման լարման մակարդակի վերահսկողություն: Կեղծ սնուցում գեներացնող բլոկը կարող է նաև օգտագործվել էլեկտրաստատիկ պարպման հայտնամբերման իսկությունը հաստատելով բաց-հորդան/բաց-ընդունիչ կառուցվածքով հաղորդակցման ստանդարտներում ազդանշանի որակի և ամբողջականության բարելավման համար: Շղթաները նախագծվել և նմանարկվել են օգտագործելով Սինոփսիս Արմենիա Ուսումնական Դեպարտամենտի 14-նմ finFET տեխնոլոգիական գործընթացի մոդելները: Մխեմայի գրաֆիկական նախագծման և նմանարկման համար օգտագործվել են Սինոփսիս ընկերության Custom Compiler և HSPICE ծրագրային գործիքները: Տարբեր վիճակներում շղթայի աշխատանքի որակը ապահավելու նպատակով, այն փորձարկվել են 3 եզրային վիճակներում: Արդյունքում ստացած ազդանշանները ներկայացված են Custom WaveView գործիքի միջոցով:

Բանալի բառեր. ինտեգրալ սխեմաներ, էներգասպառման էֆեկտիվություն, ինֆորմացիայի բաժանիչ, էներգիայի աղբյուրի կառավարում, լիցքաթափում ըստ միացման, էլեկտրաստատիկ պարպում:

УДК - 621.382.13

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ИНФОРМАЦИИ И ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛА

Г.Г. Саакян, Р.М. Согомонян, Д.Х. Габриэлян, Г.А. Восканян

Национальный политехнический университет Армении

Энергоэффективность и целостность сигнала являются главными показателями в проектировании современных коммуникационных интерфейсов. Предложен новый метод для повышения энергоэффективности и целостности сигнала путём осуществления мониторинга источника энергии по входным данным, используя переключательную архитектуру. Вместо традиционного подхода, когда многочисленные устройства находятся в режиме ожидания пока не придёт сигнал от ведущего, предложенный метод предлагает более энергоэффективный подход, включая эти устройства только когда с ними связываются. Предложенная архитектура воспользуется наличием дифференциальных информационных линий в коммуникационных протоколах для генерации искусственного маломощного источника для питания малых логических блоков, которые реализуют переключение напряжений питания. Система использует нестандартный блок сброса по включению для контроля уровня питания. Блок генерации искусственного питания может быть также использован для повышения целостности сигнала в коммуникационных архитектурах открытого истока/открытого коллектора, каковыми

являются, например I2C, SCSI-1 и т.д., проверяя подлинность ЭСП в отключённых устройствах, тем самым предотвращая ненужное потребление тока. Схема была спроектирована и симулирована, используя 14нм finFET технологический процесс, разработанный Синописис Армения Учебным Департаментом. Synopsys Custom Compiler и HSPICE были использованы для графического дизайна схемы и симулирования соответственно. Схема была протестирована в трёх крайних случаях, чтобы обеспечить стабильную работу в разных обстоятельствах. Снимки результатов были получены с помощью Custom WaveView.

Ключевые слова: интегральные схемы, энергоэффективность, делитель данных, управление источником энергии, сброс по включению, электростатический разряд.

Ներկայացվել է՝ 13.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 15.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 09.06.2020թ.

H-TYPE CLOCK TREE COMBINED WITH COMPLEX BUFFER TREE

S.S. Abazyan

Yerevan State University

In integrated circuits (IC) the clock is playing a very special role. With daily increasing IC complexity and need of higher working frequencies, clock reliability of circuits is becoming more and more important as the bad design of clock routing can cause skew or big power consumption etc. Skew happens due to disturbance in synchronization of different flops on a single clock, it also happens if flops in the same design running on multiple clocks (including several local clocks) are not synchronized. There are several requirements based on this that the clock of IC needs to satisfy, like small skew, less power consumption, small fluctuations etc.

For meeting clock requirements, the best way is to create a good and reliable clock connection (so-called clock tree) and do better clock routing. Some types of clock trees are buffer tree and H-tree each of which has its advantages and disadvantages.

In this paper a new approach to clock tree synthesis is described. The main idea of the suggested method is to combine less power consumption of the H-tree method and better results of timing QoR of the buffer tree method.

Usage of the suggested method gives the opportunity of having an advantage in power consumption by 9% compared with the buffer tree method while having improvements of timing QoR by 5% compared with the H-tree method.

Key words: clock tree, buffer tree, H-style tree, power saving.

Introduction

With Very Large Scale Integration (VLSI) technology scaling, delays of wires and gates are changing in opposite ways. Gates based on more advanced technology nodes imply less output switching delay. On the other hand, metal wires began to impact more on the overall delay with decreasing their thickness. Wire delay is dominating in circuit performance for advanced nodes [1]. An increase in interconnecting wire parasitic features is directly impacting power consumption, timing and other features of the entire IC.

Meanwhile, more and faster increase of IC working frequency is leading to have better clock routing inside the chip. The clock of ICs is to ensure that all parts of sequential circuits are working in accordance and respective to each other.

Requirements to the clock can be splinted into two classes:

1. Constraints that ensure every flip-flop makes a forward move from the previous step to the next step when the clock is “on”. This constraint is known as “setup”.
2. Constraint to ensure that every flip-flop is not making more than one step from the previous state to the next step of the clock “on” time. This is known as “hold”

Each flip-flop has one setup and one hold constraint in design where at least one logic path does exist.

For having better and synchronized operating of flip-flops in big designs, it is critical to make sure that the clock gets distributed evenly to all sequential elements in a design. For being able to reach the clock from the root of it to every flip-flop, different techniques are used, some of them are:

1. H-type clock tree synthesis where nets are splitting into “H” like branches from clock root and are getting to each input of flip-flop
2. Buffer tree, where every previous “level” is separated with buffers.

Clock tree synthesis buffer tree style

Buffer insertion reduces wire delay by restoring signal level. Delay of critical paths could be reduced by applying buffer insertion on long wires. Important parameter in buffer insertion is a minimum distance between inserted buffers on wire which brings to delay reduction compared to the same wire without buffers. As it is described above, node scaling wire delay with technology increases, so it brings to minimization of minimum buffer insertion distance.

Buffer cells could be used in two ways for wire delay decreasing. (Figure 1).

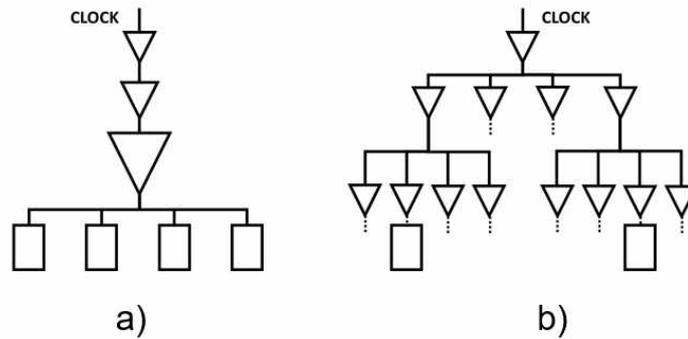


Fig.1 Buffer insertion variants

Figure 1(a) demonstrates usage of a big centralized buffer which drives flip-flops while Figure 1(b) shows buffer distribution on wire forming a tree. First method is effective from skew optimization point of view. In second case it is very important to use buffer cells with the same delay. Also, it is important to equalize the load for each cell. Difference in load may bring to skew existence which can impact on circuit timing and functionality. Even if buffers and loads are equalized in buffer tree, clock skew may still exist in network due to On Chip Variations (OCV). To reduce OCV effect it is recommended to use same buffer cells layout and place them one after another in same chip location. Distributed buffer insertion strongly impacts on chip area and power consumption because of big count of cells in tree. To reduce power the method of buffer sizing is used. The higher the output load is the bigger buffer is needed. The output load may be decreased by adding another level in buffer tree.

Number of buffers should be increased in advanced nodes. Usage of big buffer count will bring to thermal problems related to power consumption. There is an activity [2] where construction of buffer trees is performed with considerations not only of delay but of power also. In our work [3] we presented timing model of creating independent symmetrical structure for better runtime and skew minimization with aligning and also wiring structure instead of only buffer cells. The work [4] focuses on optimization of clock buffer tree by reducing buffer cell counting to save power consumption of clock trees.

There is also method to reduce OCV impact on buffer trees called clock mesh. A clock mesh is a grid of wires which are connected to outputs of clock buffers. If one of buffers in tree switches before others it is slowed down by other later switching cells. If one cell switches later than others, then its signal level will be repaired by other switching cells. Structure is demonstrated in Figure 2.

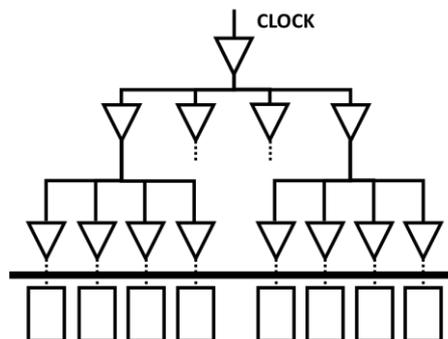


Fig. 2 Clock mesh example

Clock mesh may need custom design which will impact on runtime. Also, clock meshes increases power of chips due to additional routings connected to highly switching signal. Shorts are representing extra capacity which must charge and discharge every clock cycle.

H-Tree Clock Distribution Networks

Another type of clock distribution meshes is H-tree structure. This is a highly symmetrical structure which can have better control over clock skew for the clock domains with many flip-flops.

This is perfectly balanced network with one large central driver and recursive H-style structure to match wire-lengths (Figure 3).

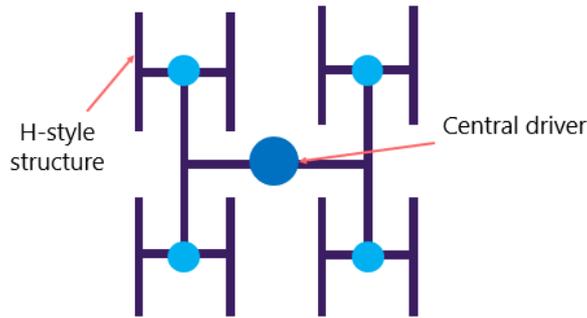


Fig. 3 H-style tree structure

The process of building H-Tree can mainly be divided into three major steps.

The initial starting step for H-Tree generation is defining the clock root pin for which the structure will be created. After this step, the placement step is taking place. Here, based on pre-created locations, high drive clock cells (these can be 94 drive, 128 drive cells) are placed. These cells locations are being defined by considering the integrated circuit block requirements.

The next stage is the clock tree actual wire routing. In this stage for clock routes, specific non-default rules are assigned to metals and they are set for not to touch. Also, few more rules are used for routes like using higher metal layers for routing and usage of as straight routes as possible to minimize clock skew etc.

Non-default routing rules (NDR) are special rules that are applied on clock routing metals to address electromigration constraints and reduce parasitic and delay variations. These routed shapes are commonly wider and have more space. However, their different parameters lead to larger capacitance and dynamic power usage.

Among different works on NDR routing for clock signal nets, represented work [5] shows another approach to routing with smart non-defaults rules. In the represented approach, NDM rules are applied on selected clock net segments while overall skew, delay and electromigration remains maintained.

After upper described points, H-Tree points are indicated as anchor points where sink balancing will be done from to ensure target latency and skew.

H-type clock tree combined with complex buffer tree

For overcoming the issue of clock network power consumption basic H-tree clock tree synthesis is used. But daily increasing IC complexity and transistor density bring additional on-chip variation (OCV). OCV stands for on-chip variation of the IC process and typically used in Static Timing Analysis (STA) to encounter local variation for process nodes. In general, OCV using derate for different types of paths such as data path and clock path. It is obvious that in big designs OCV can cause an unfixable timing issue. It is becoming violent in the case of high-frequency design. Moreover, the clock period of the IC is determined by adding the worst-case clock jitter value to the longest delay between any two sequentially adjacent flip-flops in the circuit [6]. Above mentioned variation can force to reduce clock frequency in the design.

Timing based issues can be fixed by a complex buffer tree structure, as a basic buffer tree can have the same issues related to the timing. Connecting all outputs from the same level of the buffer tree will synchronize all buffers output, but as a result, dramatic increase of power consumption will be explored.

To overcome both timing critical issues and high-power consumption a combined technique is used which increases clock tree synthesis complexity but at the same time combines the advantages of the above-mentioned techniques. Combined technique cut out the most of the OCV influence on the clock network with increased power consumption which meets the criteria of expected power consumption.

But the resistance of wire has been increased with high frequency and scaled-down technology and it directly impacts power consumption by increasing it.

The suggested technique uses a new combination of H-tree and complex buffer combination. It mainly consists of two major parts (Figure 4)

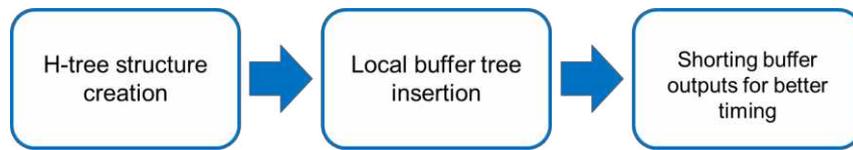


Fig. 4 H-tree and complex buffer insertion steps

In the beginning, the H-tree structure is created with top metals. This will ensure low power consumption but it causes time loss. For having better timing, after every three level, buffer tree is inserted and connected with via-ladders. Outputs of buffers are shortened afterwards.

The basic structure of the clock network in the proposed method can be described with Figure 5

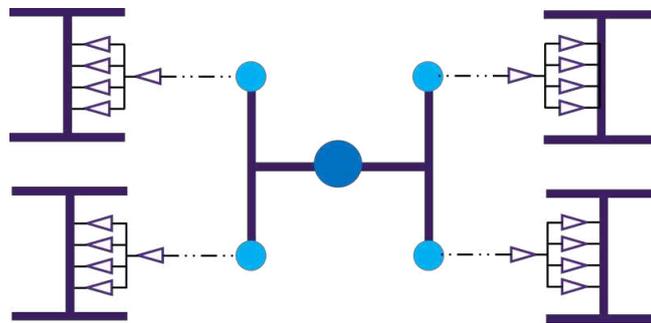


Fig. 5 Structure for proposed method

Experimental results

To demonstrate suggested method efficiency, three types of clock tree are tested on design with about 500k cells. Experimental results are presented in Table 1. Based on results we can see that by using the suggested method, power consumption is decreased by 9% compared with the pure buffer tree method but timing (maximum clock transition time) parameters are worsened by 11%.

Compared with the H-tree method, timing parameters are better by 5%, but power consumption is higher by 7%.

Table 1

Experimental results for 3 types of clock tree

	Clock max transition time	TNS	WNS	Power	CPU Runtime
Complex Buffer Tree	528 ps	6 ns	98 ps	719 mW	2268 s
H-tree	615 ps	18 ns	125 ps	695 mW	2065 s
Suggested method	586 ps	7 ns	107 ps	653 mW	3729 s

It is seen from Table 1 that CPU runtime for suggested method is higher than complex buffer tree CPU runtime and H-tree CPU runtime. There is difference in CPU runtime because in suggested method two steps of clock tree creation is done – H-tree synthesis at first and buffer tree element insertion at proper places.

Conclusion

In this paper we presented another approach to clock tree synthesis which shows that by using proper combination of H-type clock tree and buffer tree either timing (clock max transition time) improvements or less power consumption can be achieved.

References

1. J.A. Davis, R. Venkatesan, A. Kaloyeros, M. Beylansky, S. J. Souri, K. Banerjee, K. C. Saraswat, A. Rahman, R. Reif, and J. D. Meindl, Interconnect limits on gigascale integration (GSI) in the 21st century, Proceedings of IEEE, 89(3):305–324, March, 2001
2. Yibo Wang, Yici Cai and Xianlong Hong, “Performance and power aware buffered tree construction”, 2006 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Island of Kos, 2006, p. 4, p. 328, 10.1109/ISCAS.2006.1692588.
3. X. Shih and Y. Chang, “Fast timing-model independent buffered clock-tree synthesis”, Design Automation Conference, Anaheim, CA, 2010, p. 80-85
4. Z. Ge, J. Fu and P. Wang, “Low Power Clock Tree Optimization by Clock Buffer/Inverter Reduction”, 2019, IEEE International Conference on Integrated Circuits, Technologies and Applications (ICTA), Chengdu, China, 2019, p. 69-70, doi: 10.1109/ICTA48799.2019.9012842.
5. He, Xin & Huang, Xu & Li, Yujing. (2015). Implementation of Clock Network Based on Clock Mesh. 10.2991/icitmi-15.2015.123.
6. Kahng Andrew and Kang, Seokhyeong and Lee, Hyein, Smart non-default routing for clock power reduction. Proceedings, Design Automation Conference, 2013, 1-7. 10.1145/2463209.2488846.

ՀՏԴ - 519.688:621.313

H-ՏԻՊԻ ՏԱԿՏԱՅԻՆ ԱԶԴԱՆՇԱՆԻ ԾԱՌԻ ՄԻԱՎՈՐՈՒՄԸ ԲՈՒՖԵՐԱՅԻՆ ԾԱՌԻ ՀԵՏ

Ա.Ա. Աբազյան

Երևանի պետական համալսարան

Ինտեգրալ սխեմաներում (ԻՍ) տակտային ազդանշանը մեծ դեր ունի: Օրեցօր մեծացող ԻՍ բարդությունը և բարձր աշխատանքային հաճախությունների կիրառման պահանջը տակտային ազդանշանի հուսալիությունը դարձնում են ավելի ու ավելի կարևոր, քանի որ տակտային ազդանշանի վատ ծրագծումը կարող է բերել ազդանշանի շեղման, մեծ հզորության ծախսի և այլն: Ազդանշանի շեղումն առաջանում է տրիգերների ոչ սինքրոն աշխատանքի հետևանքով, ինչպես նաև մի քանի տակտավորող ազդանշանների կիրառման հետևանքով: Ըստ վերոնշյալի, որոշակի պայմաններ են դրվում տակտային ազդանշանի վրա՝ քիչ շեղում, քիչ հզորության ծախս, փոքր շեղումներ և այլն:

Տակտային ազդանշանի պայմաններին բավարարելու համար, հարկավոր է ունենալ ազդանշանի վստահելի ծրագծում: Դա արվում է տակտային ազդանշանի ծառի կիրառմամբ:

Այսպիսի ազդանշանային ծառերի օրինակներ են H-տիպի ծառը և բուֆերների ծառը, որոնցից յուրաքանչյուրը ունի իր առավելությունները և թերությունները:

Այս աշխատանքում ներկայացված է տակտային ազդանշանի ծառի մեկ այլ տարբերակ, որը իր մեջ ներառում է H-տիպի ծառի քիչ հզորության ծախսը և բուֆերների ծառի ժամանակային առավելությունները:

Մշակված մեթոդի կիրառմամբ հնարավորություն է ստեղծվում ստանալ 9% հզորության խնայողություն ի համեմատ բուֆերների ծառի և 5% ժամանակային լավացում՝ H-տիպի ծառի նկատմամբ:

Բանալի բառեր. տակտային ազդանշանի ծառ, բուֆերների ծառ, H-տիպի ծառ, հզորության խնայում:

УДК - 519.688:621.313

ДЕРЕВО СИНХРОНИЗАЦИИ Н-ТИПА В СОЧЕТАНИИ СО СЛОЖНЫМ БУФЕРНЫМ ДЕРЕВОМ

С.С. Абазян

Ереванский государственный университет

В интегральных схемах (ИС) синхросигнал играет особую роль. С ежедневным увеличением сложности ИС и необходимости в более высоких рабочих частотах надежность тактовых схем становится все более важной, поскольку неправильная трассировка синхросигнала может привести к асинхронности, большому энергопотреблению и т. п. Асинхронность возникает из-за нарушения синхронизации нескольких триггеров, а также если триггеры в одном устройстве, оперирующие на нескольких синхросигналах (включая несколько локальных синхросигналов), не синхронизированы. Исходя из этого, существует несколько требований, которым должны удовлетворять синхросигналы ИС, такие как небольшая асимметрия, меньшее энергопотребление, небольшие колебания и т. д.

Наилучшим способом для удовлетворения требований к синхросигналам является улучшенная трассировка и создание хорошего и надежного соединения сигналов (так называемое дерево синхронизации). Буферное дерево и дерево H-типа являются видами дерева синхросигнала, каждое из которых имеет свои преимущества и недостатки.

В этой статье описан новый подход к синтезу дерева синхронизации. Основная идея предлагаемого метода состоит в том, чтобы объединить меньшее энергопотребление метода H-дерева и лучшие результаты синхронизации QoR метода буферного дерева.

Использование предложенного метода дает возможность получить преимущество в энергопотреблении на 9% по сравнению с методом буферного дерева при одновременном улучшении QoR синхронизации на 5% по сравнению с методом дерева H-типа.

Ключевые слова: дерево синхронизации, буферное дерево, дерево синхронизации H-типа, энергосбережение.

Ներկայացվել է՝ 01.06.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 03.06.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 16.06.2020թ.

THE STUDY OF DASHED-LIKE POWER MESH WIRING ON SIGNAL ROUTING CONGESTION

V.A. Janpoladov

Russian-Armenian University

In this paper dashed-like power mesh wiring is presented and optimization of signal routing congestion based on power mesh modification in integrated circuits (IC) is analyzed. Due to new Metallization approaches and increase of counting and complexity of design rules the problem of routing congestion becomes one of the key factors in IC physical design. Also new methods of optimization and analyzation need to be performed on earlier design stages in order to minimize the probability of high routing congestion occurrence. The idea is to create additional routing wire budget by cut power mesh wires and empty areas for signal routes which will directly improve routing congestion. Measurements show that this technique brings more than 6,4% improvement in routing congestion compared to the usual power and ground mesh wiring.

Besides, additional positive effect on IR drop reduction accrues in this structure but runtime for mesh synthesis is increased due to more complex wire patterns. The suggested method can be used in designs with complex architecture which makes design wire connections dense and highly congested.

Key words: routing congestion, power and ground mesh, wire length, measurement.

Introduction

Wide scale of technology brings additional complexity in design routing, moreover, interconnects play a crucial role in the overall performance of the Integrated Circuits (IC). As technology continues to scale down, the sizes of transistors are getting smaller and a significant portion of circuit delay is coming from interconnects. Limited sizes of the die forces to minimize an area which was the major concern in floorplan design.

Nowadays design complications bring interconnected increase in counting which is directly connected to the routability. Moreover, dense power/ground mesh is needed to escape static IR drop violation [1]. It directly increases issues of routability and brings lack of signal routing tracks in different metal layers.

Different methods of power/ground network reduction are used for overcoming routability issue [2, 3]. Most of these methods are post-processing already existing power/ground network in the areas where there is lack of routing tracks. This kind of techniques are quite useful for fixing routability, there are only two major disadvantages: runtime and possible worst timing QoR. The runtime increase can be explained by the fact that for each area where lack of routing tracks exists time must be considered. Dense power/ground mesh brings additional detours in the signal routing while in the case of sparse power/ground mesh we can achieve better timing of QoR.

This paper represents sparse M5 metal routing pattern which can directly decrease routing congestion, moreover, for saving runtime this pattern can be applied in the power mesh creation process from the beginning.

Previous work

In previous work [4] dashed-like power mesh structure is presented and analyzed for IR drop. It is compared with standard power mesh pattern which is presented in Figure 1.

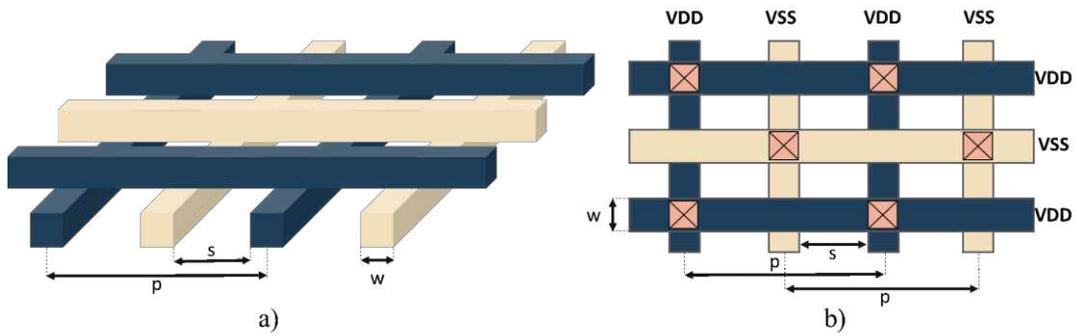


Fig. 1 Standard orthogonal structure. a) 3d view, b) top view

The idea of presented enhanced power/ground mesh structure is to trim the upper layer wires between every second pair of power and ground nets, so this structure will look like a dashed line both for power and ground nets. Measurements proved the positive impact on IR drop value. Presented structure is shown in Figure 2.

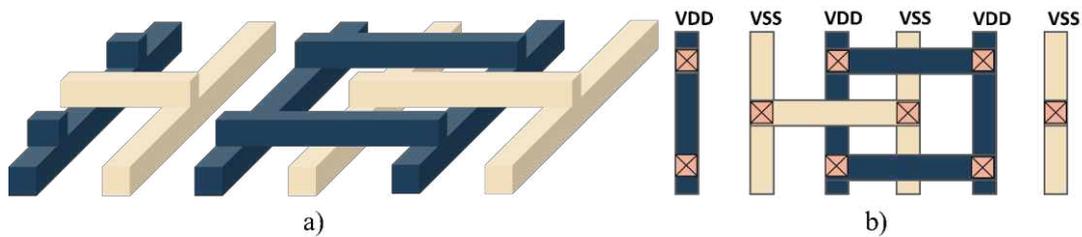


Fig. 2 Suggested structure with modified M6 layer. a) 3d view, b) top view

Created structure reduces total length of wires in power distribution network by about 40% which leads to a decrease of wire resistance in total power/ground mesh and therefore to IR drop reduction.

Modified structure

Daily increasing very large scale integration design complexity brings to increase of interconnect counting which directly impacts on routing congestion overhead [5]. For complex designs routing track availability is critical which rises importance of optimal usage of routing tracks in the IC design.

To overcome lack of routing tracks in the different metal layers the suggested method can be used, this work focuses on switching of modified layers in the previously suggested structure for changing Metal 5 metallization layer instead of Metal 6. This change will bring accessibility issue to the lower standard cell power rails on the Metal 1 layer, that is why direction of the power and ground straps in top layers must be swapped. After swapping, Metal 6 straps are vertical and Metal 5 shapes are horizontal. After the above mentioned change full access to standard cell rails on Metal 1 is recovered. This structure allows Place and Route tool to use empty space for signal routing. Modified structure is shown in Figure 3.

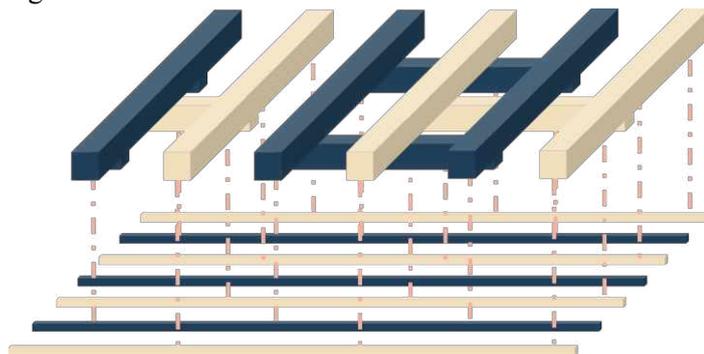


Fig. 3. Modified structure with changed Metal 5 and Metal 6 layers

Runtime for power and ground mesh synthesis is increased by about 12% and their values are demonstrated in Table 1.

Table 1

Power mesh synthesis runtime comparison

Structure	Value
Standard	36,14 minutes
Suggested	40,57 minutes

Experimental results

The tructure suggested in previous work was modified as described above. Afterwards for designs with both standard and suggested structures were implemented traditionally as Place and Route steps. All constraints and power mesh parameters were kept the same for correct comparison. Routing reports were collected and analyzed for both mesh structures. Results are demonstrated in Table 2.

Table 2

Routing reports

Report	Layer name	Standard structure	Suggested structure
Wire length	Metal 1	9866.065 um	9754.225 um
	Metal 2	88449.615 um	88653.300 um
	Metal 3	1197187.470 um	938029.840 um
	Metal 4	829913.240 um	818078.305 um
	Metal 5	5732.230 um	262127.390 um
Number of wires	Metal 1	147689	146755
	Metal 2	489761	492168
	Metal 3	891454	829210
	Metal 4	479584	463567
	Metal 5	7373	23582

Total wire length reduced about 0,7% compared to signal routing with standard mesh structure. Routing reports are demonstrating that Place and Route tool uses Metal 5 layer for more signal routes and number of wires on that layer increased more than by 219% compared to standard mesh value. Runtime for routing is demonstrated in Table 3.

Table 3

Routing runtime comparison

Structure	Value
Standard	11,99 hours
Suggested	11,41 hours

Metal layer congestion was analyzed for both structures from Metal 3 to Metal 5 layers. Results are demonstrated in Table 4 and Table 5.

Table 4

Congestion reports on each layer

Layer name	Total number of wires with lack of track		Maximum overflow value	
	Standard mesh	Suggested mesh	Standard mesh	Suggested mesh
Metal 3	386	378	4	3
Metal 4	18	0	1	0
Metal 5	0	0	0	0

Reports show that Metal 3 layer is highly congested, also Metal 4 layer has some percent of congested areas. Comparison of these reports proves that congestion is reduced in case of using

proposed power mesh structure. Congestion on Metal 3 reduced by about 2%, while on Metal 4 the layer disappeared completely.

Table 5

Total congestion reports

Routing Direction	Total number of wires with lack of track		Maximum overflow value	
	Standard mesh	Suggested mesh	Standard mesh	Suggested mesh
Horizontal	18	0	1	0
Vertical	386	378	4	3

Total congested cases in design reduced by 6,4%. Congestion disappearance on Metal 4 proves that proposed power mesh structure can be used when lower layer is highly congested which can bring to congestion reduction on even lower metal layers in big System on a Chip systems. These measurements were done on different design architectures and overall results are the same and this fact proves the effectiveness of suggested structure.

Conclusion

Observed experimental results proved the effectiveness of suggested power and ground mesh structure. This mesh structure is implemented in the first step of IC implementation which saves timing resources by reducing congestion cases which need to be debugged and fixed. Suggested mesh can be used in dense and highly congested designs.

References

1. Abazyan Suren and Mamikonyan Narek, (2020). Static IR Drop Estimation on the Power Network. OALib. 2020. 07. 1-7. 10.4236/oalib.1105995.
2. Chen H. Y. and Cheng C. K., Kahng Andrew and Wang, QK and Mori M., Optimal planning for mesh-based power distribution, Proceedings of the Asia and South Pacific Design Automation Conference, 2004. ASP-DAC. p. 444- 449. 10.1145/1015090.1015201.
3. Gupta Pushpendra and Kahng Andrew, Efficient Design and Analysis of Robust Power Distribution Meshes. 2006. 6 p., 10.1109/VLSID.2006.79.
4. Janpoladov Vakhtang and Abazyan Suren, Enhanced Power and Ground Mesh Structure for IR-Drop Reduction. OALib. 2020, 07, p. 1-5. 10.4236/oalib.1106334.
5. Westra H.J.L., Congestion analysis and management. Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven, 2009.

ՀՏԴ - 519.688:621.313

ԾՐԱԳԾՄԱՆ ԾԱՆՐԱԲԵՌՆԿԱԾՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍՆՈՒՑՄԱՆ ՑԱՆՑԻ ԿԵՏԱԳԾԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

Վ.Ա. Ջանփոլադով

Հայ-ռուսկական համալսարան

Այս աշխատանքում ներկայացված է ինտեգրալ սխեմայի (ԻՍ) սնման դողերի կետագծային կառուցվածքը և հետազոտված է ծրագծման ծանրաբեռնվածության լավարկումը փոփոխված կառուցվածքի արդյունքում: Նոր մետաղայնացման մոտեցումների և նախագծման կանոնների քանակի աճի և նրանց բարդեցման հետևանքով ծրագծման ծանրաբեռնվածությունը դարձել է ԻՍ-ի ֆիզիկական նախագծման գլխավոր դժվարություններից մեկը: Ըստ վերոնշյալի նոր

հետազոտման և լավարկման մեթոդներ պետք է կիրառվեն նախագծման նախնական փուլերում, որպեսզի կանխվի ծրագծման ծանրաբեռնվածության առաջացումը: Միտքը կայանում է լրացուցիչ ծրագծման միջոցներ ստեղծելու և ազդանշանային ծրագծման համար տարածք ազատելու մեջ, ինչը ուղակիորեն լավացնում է ծրագծման ծանրաբեռնվածությունը: Չափումները ապացուցում են, որ մեթոդը բերում է 6.4% ծրագծման ծանրաբեռնվածության նվազման ի տարբերություն սովորական սնման համակարգի կառուցվածքի:

Բացի այդ՝ լրացուցիչ առավելություն է լարման անկման նվազեցումը առաջարկվող մեթոդի կիրառման դեպքում, բայց դրա հետ մեկ տեղ ավելանում է նախագծման ժամանակը՝ սնման դողերի ավելի բարդ կառուցվածքի պատճառով: Առաջարկվող մեթոդը կարող է կիրառվել դժվար կառուցվածք ունեցող նախագծերում, որտեղ գոյություն ունի բարձր ծրագծման խտություն և ծանրաբեռնվածություն:

Բանալի բառեր. ծրագծման ծանրաբեռնվածություն, սնման/հողի ցանց, լարերի երկարություն, չափում:

УДК - 519.688:621.313

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕГРУЖЕННОСТИ ТРАССИРОВКИ ПРИ ПУНКТИРНОЙ СЕТИ ПИТАНИЯ

В.А. Джанполадов

Российско-армянский университет

В данной статье представлена пунктирная структура проводов сети питания и проанализировано улучшение перегруженности трассировки вследствие изменения структуры сети питания интегральной схемы (ИС). Из-за новых подходов к металлизации и увеличения количества правил проектирования и их усложнения проблема перегруженности трассировки стала одним из основных факторов при физическом проектировании ИС. Также новые методы для анализа и оптимизации должны быть внедрены на ранних этапах проектирования для предотвращения возникновения перегруженности трассировки. Идея заключается в создании дополнительного ресурса для трассировки при обрезке проводов питания и освобождении места для сигнальной трассировки, что напрямую улучшает перегруженность трассировки. Измерения доказывают, что эта методика приводит к уменьшению перегруженности трассировки на 6.4% в сравнении со стандартной структурой сети питания.

Помимо этого, дополнительным преимуществом является уменьшение падения напряжения с применением данной структуры, но при этом увеличивается время проектирования сети питания из-за более сложной структуры проводов. Предложенная методика может быть использована в блоках со сложной архитектурой, в которых имеется высокая плотность трассировки и перегруженность.

Ключевые слова: перегруженность трассировки, сеть питания/земли, длина проводов, измерение.

Ներկայացվել է՝ 11.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 11.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 15.06.2020թ.

THE METHOD OF INCREASING THE OPERATING FREQUENCY RANGE FOR CASCODE-LEVELED CONVERTER

R.M. Soghomonyan, A.L. Mnatsakanyan, A.K. Hayrapetyan

National Polytechnic University of Armenia

A new approach is suggested for enhancing the operating frequency of a level converter. The level converter is nonconventional one and the architecture is discussed in details. As the level converter is used in the interfaces between the IC and the outer world, its speed sets the maximum data rate for the system in which the IC may be used. The main concept of using capacitive coupling is to increase the maximum operating frequency of the circuit. By using capacitive coupling between the input and the most sensitive nodes of the circuit, the maximum operating frequency is enhanced up to 480 MHz which is the high speed protocol of USB2. The architecture is stress resistant which means that it can be implemented in the lower technological nodes making it practical for modern applications. The architecture was designed and simulated for 14nm FinFET technological process which is designed by Synopsys Armenia Educational Department. Custom Designer was used as the schematic capture program. The simulations were done using HSPICE circuit simulator. Simulations were performed for worst case corners to ensure proper operation under all possible process, voltage and temperature variations.

Key words: level shifter, level converter, switch, capacitive coupling, USB, USB2, high speed, increase of frequency.

Introduction

The sizes of transistors and supply voltage values in integrated circuits (ICs) have reduced over years by a substantial amount. Although modern transistors have shrunk in sizes to become as small as 5 nanometers, the supply voltages didn't scale down proportionally. This trend created new problems and difficulties for the circuit designers to overcome as the voltages used inside and outside of the chip are too large to be "handled" by the small transistors. New circuit architectures and design methods were developed to keep the functionality of the chips the same as it was before using much smaller transistors. Although the trend in the market is to scale down the transistor sizes to make circuits occupy smaller die area and lower the power consumption, the voltages used to represent information in the parts of the system not occupied by the IC have stayed the same because of various reasons such as standard protocols, historical reasons etc. To connect different parts of the system that use different supply voltages or to be able to process information represented by a voltage bigger than the maximum for a single transistor, a type of circuits, called level shifters are used [1]. These circuits convert their input voltage levels to an permissible value to be processed by the main circuitry. They are inseparable part of the ICs and are placed between the contacts of the chip and the part of the circuit that does the logical processing. As level shifters are placed in the path of the data, their speed is crucial and determines the rate at which the information can be interchanged between different data processing units. Consequently, by increasing the operating speed of the level shifters, the overall speed of the information exchange inside a system or between different systems can be increased, implying bigger volumes of data per unit time.

Existing solutions

The basic level shifter repeats its input on its output, changing only the voltage level used to represent logic one. Its circuit diagram is presented in Fig. 1.

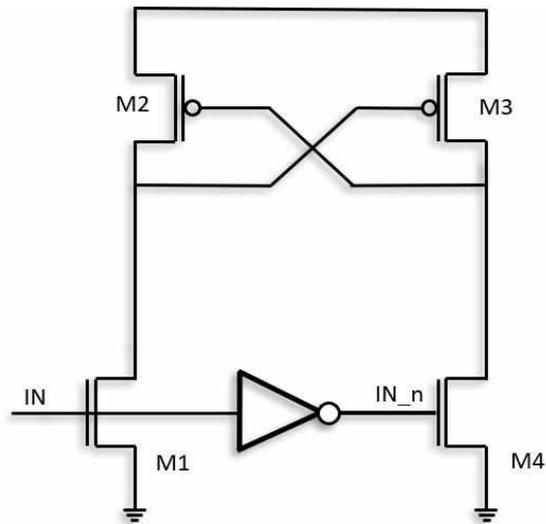


Fig. 1 Basic level shifter

The circuit has two supply levels: vdd_low and vdd_high . The input swings between ground and vdd_low and the output swings from ground to vdd_high . The circuit state for two possible input values, i.e. high and low, will be discussed next which incorporates all the possible cases. When the input is high, M1 is in triode and M4 is in cut-off. M1 pulls its drain to ground and this action opens M3, as the gate of the latter is connected to the drain of M1. As M3 opens, the voltage on its drain rises towards vdd_high , thus closing M2. After some time, the voltage on the output node stabilizes to vdd_high . Thus, high input of vdd_low level causes a high output of vdd_high level.

For the case of low input, the two branches interchange their roles, as the circuit is symmetric and the rest of circuit operation is a mirror reflection of the previous case. This structure has one major issue: the output swings from ground to vdd_high . This means that the four transistors operate under stress because vdd_high may have higher value than the maximum allowable voltage level of a transistor. This issue is most commonly solved by incorporating cascoding method into circuit design.

The cascoded level shifter solves the problem of transistors operating under stress (Fig. 2)[2]. Two additional NMOS devices M7 and M8 protect the drains of M1 and M4 and limit the voltage swings on these nodes to V_{bias} from above [3]. The PMOS devices still have the stress issue in this configuration and if thick oxide devices aren't available, then the cascoding technique can be utilized for them as well.

The topologies described above have maximum operating frequencies of up to 3MHz. Compared to the high speed protocol of USB2 they have two orders of magnitude difference. The suggested architecture enhances the speed of the level converter to be as big as 480MHz and is based on capacitive coupling technique.

Suggested architecture

The schematic capture of the suggested architecture is presented in Fig. 3. It is a level converter that changes the voltage levels used to represent both the high and low logic levels. The suggested method uses capacitive coupling to achieve an increase of operating speed of the level converter. The latter consists of three main parts: the cascoded level shifter, the low level converters and the output buffers.

The circuit receives an input signal that swings from ground to 1,2 V (vdd_{12}) and outputs a signal that swings from 2,2 V (vdd_{22}) to 3,2 V (vdd_{32}). The architecture can be conceptually broken down to three different functional parts.

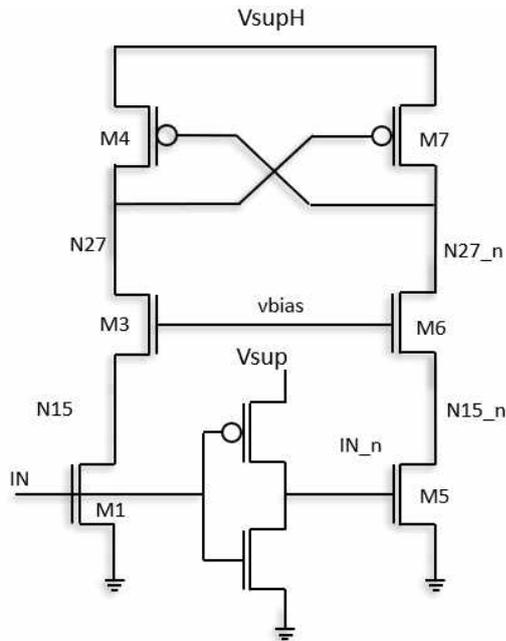


Fig. 2 Cascoded level shifter

The first block, i.e. the cascoded level shifter, shifts the high level voltage value from vdd₁₂ to vdd₃₂. The second block, which is the low level converter, shifts the low logic level voltage from ground to vdd₂₂ and the last stage is an inverter which is added to buffer the output signal. The working principle of each block will be presented next.

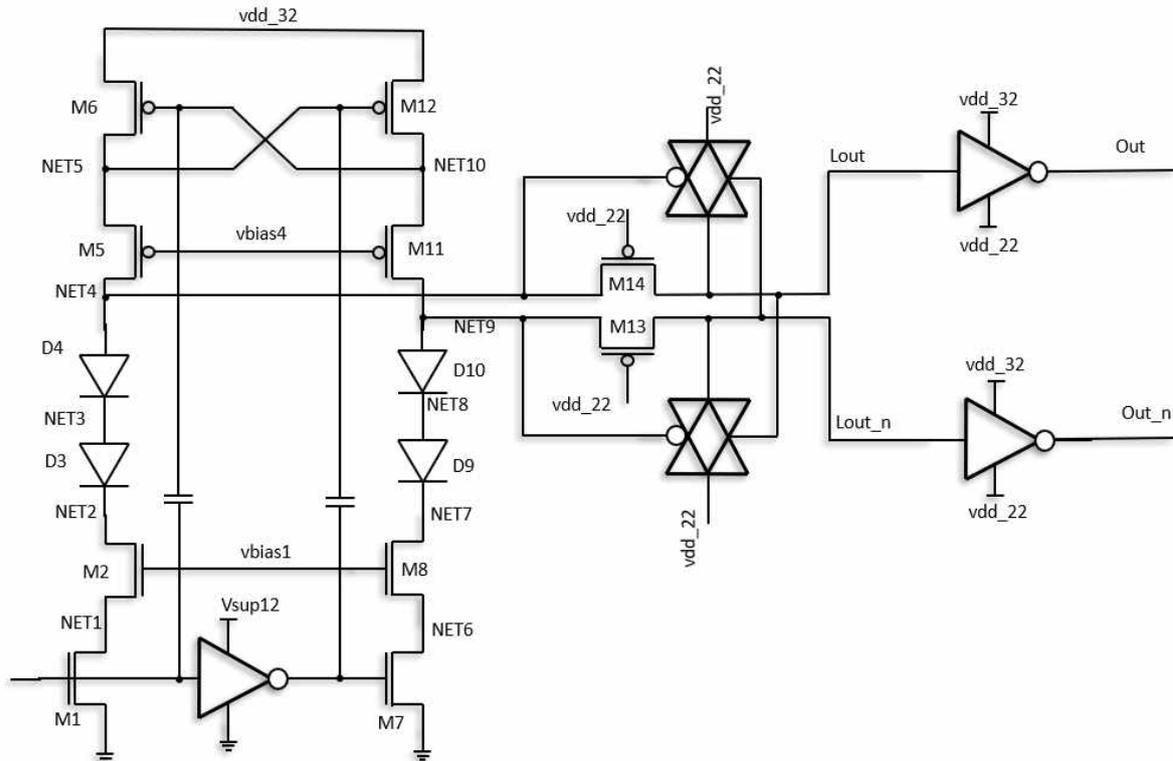


Fig. 3 The proposed architecture

The cascoded level shifter incorporates cascoding technique for both PMOS and NMOS devices. As the supply level of 3.2V is quite high, the cascoding devices themselves must be protected from voltage overswings. The PMOS cascode is protected with M3 and M9. When the input is high, NET2 gets pulled down to ground and D3, D4, D9 and D10 diodes provide a voltage

shift to ensure that neither the NMOS nor the PMOS cascade stack gets damaged when the supply goes up.

The underlying principle of the low level converter operation is to pass its input to output if the former is high, vdd_32 in this case and connect its output to vdd_22, if the input is low.

In the suggested method capacitors are added in parallel to the main signal path and as the input to the circuit is a pulse, it will travel through the capacitors and reach the gates of M6 and M12 before the main signal paths, i.e. cascoded branches settle to their final state [4]. This action will help to pull the nodes NET5 and NET 10 to the appropriate values earlier, causing the outputs to settle faster thus enabling the circuit to operate with higher frequencies.

Simulation Results

In this part the simulation results for the suggested architecture are presented. The level converter was simulated with and without the capacitive coupling method using SAED 14nm transistor models and the resulting waveforms are presented in the following figures.

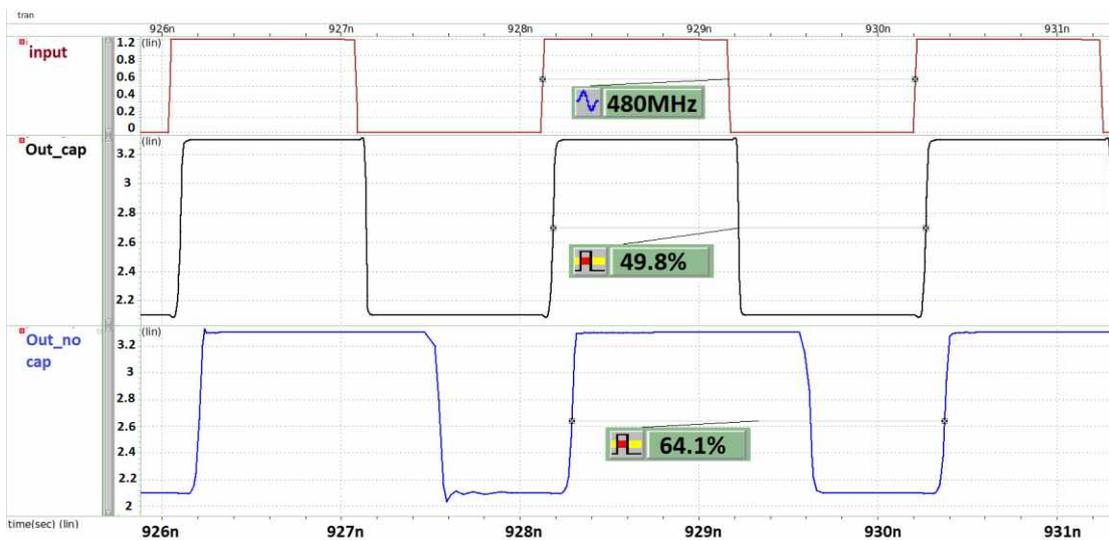


Fig. 4 The input and the outputs of the circuits with (middle) and without (bottom) capacitive coupling for the typical corner

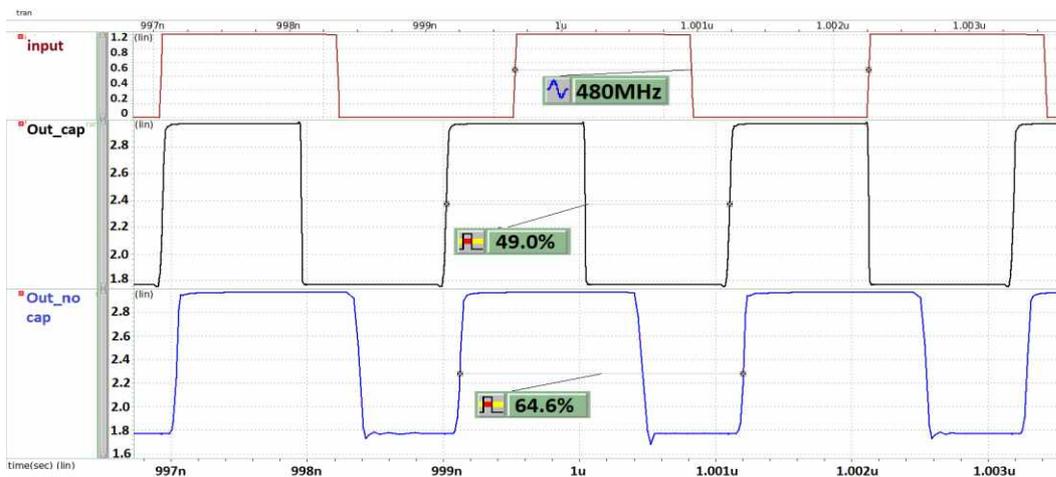


Fig. 5 The input and the outputs of the circuits with (middle) and without (bottom) capacitive coupling for the worst corner

Fig. 4 represents the typical case of input and output waveforms. Fig. 5 represents the input and outputs for the worst corner. Both cases were simulated for a 480MHz input. As can be seen in

the waveforms, the output for the circuit with capacitive coupling has a constant duty cycle while the same output for the circuit without the capacitive has intolerably high duty cycle even for the typical case.

Conclusion

Cascoded level converter architectures with and without capacitive coupling were simulated and compared. The suggested method of capacitive coupling greatly improves the circuit performance for higher frequencies, 480MHz in this case which corresponds to high speed protocol of USB2[5].

References

1. Ebrahimi, E., Possignolo, R. T., & Renau, J. (2017, May). Level shifter design for voltage stacking. In 2017 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), p. 1-4.
- IEEE.Aoki H., Kobayashi H. Self-Heat Characterizations and Modeling of Multifinger MOSFETs for RF-CMOS Applications // IEEE Transactions on Electron Devices, 2015, p. 2704-2709.
2. Razavi B., Design of Analog CMOS Integrated Circuits, 2017, New York, NY, McGraw-Hill, p. 83-90.
3. Razavi B., Design of Analog CMOS Integrated Circuits, 2017, New York, NY: McGraw-Hill, p. 160-166.
4. Westerlund, S., & Ekstam, L. (1994). Capacitor theory. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 1(5), p. 826-839.
5. Universal Serial Bus Specification Revision 2.0, 2000

ՀՏԴ- 621.382.13

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ՀԱՃԱԽՈՒԹՅԱՆ ՄԵԾԱՑՈՒՄԸ ՈՒՆԱԿԱՅԻՆ ԿԱՊԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ԿԱՍԿՈՂԱՑՎԱԾ ՄԱԿԱՐԴԱԿՆԵՐԻ ՁԵՎԱՓՈՒՏԻՉՈՒՄ

Ռ.Մ. Սողոմոնյան, Ա.Լ. Մնացականյան, Ա.Կ. Հայրապետյան
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Առաջարկվում է մակարդակների ձևափոխիչի աշխատանքային հաճախության մեծացման նոր մեթոդ: Մակարդակների ձևափոխիչը ստանդարդ տիպի չէ և կառուցվածքը տեքստում մանրամասն քննարկվում է: Քանի որ մակարդակների ձևափոխիչը օգտագործվում է ԻՍ-ի և արտաքին աշխարհի ինտերֆեյսում, դրա արագագործությունը որոշում է այն համակարգի առավելագույն արագագործությունը, որտեղ օգտագործվում է ԻՍ-ը: Գլխավոր գաղափարը ունակային կապի օգտագործումն է՝ սխեմայի առավելագույն աշխատանքային հաճախությունը մեծացնելու համար: Մուտքի և առավել զգայուն հանգույցների միջև ունակային կապ կիրառելով՝ առավելագույն աշխատանքային հաճախությունը հասցվում է մինչև 480 ՄՀց, որը համապատասխանում է USB2-ի high speed արագությանը: Կառուցվածքը ստրեսակայուն է, ինչը նշանակում է որ այն կարող է օգտագործվել է ցածր տեխնոլոգիական հանգույցներում՝ կառուցվածքը դարձնելով պրակտիկ ժամանակակից կիրառությունների համար: Կառուցվածքը նախագծվել և սիմուլացվել է 14նմ FinFET տեխնոլոգիական պրոցեսի համար, որը նախագծվել է Սինոփսիս Արմենիա Ուսումնական Դեպարտամենտի կողմից: Որպես սխեմայի գրաֆիկական ներկայացման ծրագիր՝ օգտագործվել է Custom Designer-ը: Սիմուլյացիաները կատարվել են HSPICE սիմուլյատորի օգնությամբ: Սիմուլյացիաները կատարվել են վատագույն շեղումների

դեպքերի համար՝ ապահովելու համար սխեմայի աշխատունակությունը բոլոր հնարավոր գործընթացի, լարման և ջերմաստիճանի շեղումների համար:

Բանալի բառեր. Տրամաբանական մակարդակների ձևափոխիչ, բանալի, ունակային կապ, USB, USB2, high speed, հաճախության մեծացում:

УДК - 621.382.13

ПОВЫШЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ КАСКОДИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УРОВНЕЙ МЕТОДОМ ЁМКОСТНОЙ СВЯЗИ

Р.М. Согомонян, А.Л. Мнацаканян, А.К. Айрапетян

Национальный политехнический университет Армении

Предлагается новый метод для повышения рабочей частоты преобразователя уровней. Преобразователь уровней не стандартный и архитектура детально обсуждена. Так как преобразователь уровней применяется в интерфейсах между ИС и внешним миром, его скорость определяет максимальную скорость передачи данных в системе, где применяется ИС. Главная идея применение ёмкостной связи для повышения максимальной рабочей частоты схемы. Использование ёмкостной связи между входом и наиболее чувствительными узлами, максимальная рабочая частота повышается до 480 МГц, что соответствует high speed протоколу USB2. Архитектура стрессоустойчива, что значит что она может быть реализована в низких технологических узлах, делая её практичной для современных применений. Архитектура была спроектирована и смоделирована для 14нм FinFET технологического процесса, разработанного Синописис Армения Учебным Департаментом. Для графического дизайна схемы был использован Custom Designer. Симуляции были сделаны с помощью HSPICE симулятора. Симуляции были выполнены для худших отклонений чтобы обеспечить работоспособность для всех вариаций процесса, напряжения и температуры.

Ключевые слова: Преобразователь логических уровней, ключ, ёмкостная связь, USB, USB2, high speed, повышение частоты.

Ներկայացվել է՝ 14.04.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 14.04.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 26.05.2020թ.

OPTIMIZATION OF RIBBED PLATE OF FREE VIBRATIONS MADE OF COMPOSITE MATERIAL

E.B. Belubekyan, A.G. Poghosyan, T.S. Badasyan

National Polytechnic University of Armenia

The thin-walled systems intensified with ribs of stiffness are one of the most common structural elements found in various fields of technology.

They have been widely used in civil, industrial and hydraulic engineering, road transport construction, mechanical engineering, shipbuilding and aircraft construction. For designing ribbed structures their comprehensive study is important by taking into account working conditions, the creation of new calculation models, the development and application of modern calculation methods.

The issues of optimal design of ribbed plates are of particular interest due to which it is possible to significantly increase their characteristics of strength, stiffness and stability providing maximum material savings. Moreover, a greater effect can be achieved by manufacturing structures from composite materials (CM). The use of these materials is conditioned by several advantages over traditional materials used in production.

For a plate made of a composite material pivotally supported along two opposite edges and reinforced by a stiffener in the middle of the span or along one of the free edges of the plate, the optimal geometric and physical parameters of the structure are determined which ensure the largest low frequency value for a given overall dimensions and constant weight of the vibrations of the structure.

Key words: optimization, material, plate, rib, oscillation, frequency, the greatest value.

Introduction: The optimal design of thin-walled structural elements is one of the leading directions in the mechanics of a solid deformable body. When designing them, an important problem is to increase the characteristics of strength and stiffness of the structure while ensuring maximum material economy. One way to achieve this goal is to optimally distribute the material of the structure over its volume.

Conflict setting

Free vibrations of a rectangular plate are considered with the dimensions of a, b, h_2 , jointed around the edges $y=0, y=b$ free around the edges $x = \pm a/2$ and reinforced in the middle of the span $x = 0$ with ribs of stiffness of rectangular section ($\alpha h_1 \times h_1$). The case when the edge is located on the edge is also considered $x = a$, and the edge $x = 0$ is free.

It is assumed that the plate is composed of monolayers of fibrous composite material (FCM), stacked alternately at angles $\pm \varphi$ to axis x , and in the ribs the monolayers are oriented along the axis y .

The task is to determine the optimal geometric and physical parameters of the structure $h_1, h_2, \alpha, \varphi$, providing the maximum value of the lowest frequency of eigen oscillations of the plate with constant weight and specified overall dimensions of the structure $\xi = (a + \alpha h_1) / b$.

The design problem, reinforced along two edges with stiffeners of a rectangular plate of composite material of the highest lowest frequency of eigen oscillations was considered in [1].

The constancy of the weight of the structure corresponds to the following condition:

$$a(h_0 - h_2) = \alpha h_1 (h_1 - h_0) \quad (1)$$

where h_0 - is the corresponding thickness of a solid plate of a given weight.

The problem of eigen oscillations of a plate is solved which satisfies the conditions of pairing with stiffeners working in bending and torsion. Moreover, in the case when the edge of the plate is located in the middle of the plate due to symmetry half of the plate is considered ($0 \leq x \leq a/2$) using the study of cases of symmetric and antisymmetric modes of vibration.

The adopted structure of the plate package allows us to consider it orthotropic for which the equation of eigen oscillations is written in the form as follows

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2(D_{12} + 2D_{66}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \rho h_2 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0, \quad (2)$$

where D_{ik} stiffness of the plate is determined by the following formula:

$$D_{ik} = \frac{B_{ik} h_2^3}{12} \quad (i, k = 1, 2, 6),$$

B_{ik} - the elastic characteristics of the FCM in the main geometric directions of the plate, determined through its characteristics in the main physical directions according to the known rotation formulas [2].

The boundary conditions are written in the form:

-of hinged support

$$w = 0, \quad \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0 \quad \text{when } y = 0, \quad y = b, \quad (3)$$

- of elastic support, when the stiffener is located in the middle of the span:

in the case of a symmetrical oscillation shape

$$\frac{\partial w}{\partial x} = 0, \quad B \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -2 \left(D_{11} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (D_{12} + 4D_{66}) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right) \quad \text{when } x = 0, \quad (4)$$

in case of an antisymmetric oscillation shape

$$w = 0, \quad C \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} - \rho J_k \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial t^2} = -2 \left(D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad \text{when } x = 0, \quad (5)$$

- of free edge when the stiffener is located in the middle of the span

$$D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0, \quad D_{11} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (D_{12} + 4D_{66}) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} = 0, \quad \text{when } x = a/2 \quad (6)$$

- of free edge when the stiffener is located on the edge of the plate

$$D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0, \quad D_{11} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (D_{12} + 4D_{66}) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} = 0, \quad \text{when } x = 0, \quad (7)$$

- of elastic support when the stiffener is located on the edge of the plate

$$B \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = D_{11} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (D_{12} + 4D_{66}) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2},$$

$$C \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} - \rho J_k \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial t^2} = D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}, \quad \text{when } x = a, \quad (8)$$

where $B = E a h_1^4 / 12$ is rib stiffness at bending, $A = a h_1^2$ is rib cross-sectional area, C is rib stiffness torsion determined by the following formula:

$$[3] C = G_{23} J_k, \quad J_k = a h_1^4 \beta, \quad \beta = d^2 \left[\frac{1}{3} - \frac{64}{\pi^5} d \sum_{1,3,\dots} \frac{1}{n^5} \operatorname{th} \frac{\pi m}{2d} \right], \quad d = \alpha \sqrt{\frac{G_{23}}{G_{13}}},$$

G_{13}, G_{23} - shear module of rib material in planes xoz and $yo z$.

The second terms in the left-hand sides of conditions (5) and (8) take into account the influence of inertial forces during torsional vibrations of the rib. In further numerical calculations, it is shown that the influence of these members is insignificant and when solving the tasks they may be omitted:

The solution of equation (2) satisfying conditions (3) is taken in the form

$$w = \left(\begin{array}{l} C_{1m} ch\mu_{1m}\lambda_m x + C_{2m} sh\mu_{1m}\lambda_m x + C_{3m} \cos \mu_{2m}\lambda_m x + \\ + C_{4m} \sin \mu_{2m}\lambda_m x \end{array} \right) \sin \omega_m t \sin \lambda_m y, \quad (9)$$

where

$$\mu_{1m} = \sqrt{\frac{\sqrt{D_3^2 + D_{11}D_{22}(k_m^2 - 1)} + D_3}{D_{11}}}, \quad \mu_{2m} = \sqrt{\frac{\sqrt{D_3^2 + D_{11}D_{22}(k_m^2 - 1)} - D_3}{D_{11}}},$$

$$\lambda_m = \frac{m\pi}{b}, \quad D_3 = D_{12} + 2D_{66}, \quad k_m^2 = \omega_m^2 \frac{\rho h_2}{D_{22}\lambda_m^2}, \quad (10)$$

ω_m - is the frequency of eigen oscillations of the plate.

In the case when the rib is located in the middle of the plate, the satisfaction of conditions (4), (6) leads to a homogeneous linear system of equations with respect to the coefficients C_{im} ($i=1,2,3,4$). From the condition for the existence of a nontrivial solution of this system, we obtain the following transcendental equation with respect to the coefficient k_m for the case of a symmetric form of oscillations

$$H_1(k_m) = \left[f_1 ch\mu_{1m}\lambda_m \frac{a}{2} - f_0 f_5 \right] \times \left[\mu_{2m} f_4 \sin \mu_{2m}\lambda_m \frac{a}{2} - f_0 f_6 \right] -$$

$$- \left[f_2 \cos \mu_{2m}\lambda_m \frac{a}{2} + f_0 f_5 \right] \times \left[\mu_{1m} f_3 sh\mu_{1m}\lambda_m \frac{a}{2} - f_0 f_6 \right] = 0, \quad (11)$$

where

$$f_0 = \frac{B_{22}m\pi\alpha h_1^2}{B_{11}h_2b} \left(\frac{E_1}{B_{22}} \frac{h_1^2}{h_2^2} - k_m^2 \right), \quad f_1 = \frac{B_{11}\mu_{1m}^2 - B_{12}}{B_{22}}, \quad f_2 = \frac{B_{11}\mu_{2m}^2 + B_{12}}{B_{22}},$$

$$f_3 = \frac{B_{11}}{B_{22}} \mu_{1m}^2 - \frac{B_{12} + 4B_{66}}{B_{22}}, \quad f_4 = \frac{B_{11}}{B_{22}} \mu_{2m}^2 + \frac{B_{12} + 4B_{66}}{B_{22}},$$

$$f_5 = \frac{1}{2(\mu_{1m}^2 + \mu_{2m}^2)} \times \left(\frac{f_1}{\mu_{1m}} sh\mu_{1m}\lambda_m \frac{a}{2} + \frac{f_2}{\mu_{2m}} \sin \mu_{2m}\lambda_m \frac{a}{2} \right),$$

$$f_6 = \frac{1}{2(\mu_{1m}^2 + \mu_{2m}^2)} \times \left(f_3 ch\mu_{1m}\lambda_m \frac{a}{2} + f_4 \cos \mu_{2m}\lambda_m \frac{a}{2} \right)$$

In the case of the antisymmetric form, the satisfaction of conditions (5), (6) leads to the following transcendental equation with respect to the coefficient k_m

$$H_2(k_m) = \left[f_1 sh\mu_{1m}\lambda_m \frac{a}{2} + \mu_{1m} f_7 f_9 \right] \times \left[-\mu_{2m} f_4 \cos \mu_{2m}\lambda_m \frac{a}{2} + \mu_{2m} f_8 f_9 \right] +$$

$$+ \left[f_2 \sin \mu_{2m}\lambda_m \frac{a}{2} - \mu_{2m} f_7 f_9 \right] \times \left[\mu_{1m} f_3 ch\mu_{1m}\lambda_m \frac{a}{2} + \mu_{1m} f_8 f_9 \right] = 0, \quad (12)$$

where

$$f_7 = \frac{1}{2(\mu_{1m}^2 + \mu_{2m}^2)} \times \left(f_1 ch\mu_{1m}\lambda_m \frac{a}{2} + f_2 \cos \mu_{2m}\lambda_m \frac{a}{2} \right)$$

$$f_8 = \frac{1}{2(\mu_{1m}^2 + \mu_{2m}^2)} \times \left(\mu_{1m} f_3 \operatorname{sh} \mu_{1m} \lambda_m a / 2 - \mu_{2m} f_4 \sin \mu_{2m} \lambda_m a / 2 \right),$$

$$f_9 = \frac{B_{22} m^3 \pi^3 \alpha h_1^4 \beta}{B_{11} b h_2} \left(\frac{12 G_{23}}{B_{22} h_2^2 m^2 \pi^2} - k_m^2 \right).$$

In the case when the rib is located on the edge of the plate, the satisfaction of conditions (7) and (8) leads to the following transcendental equation with respect to the coefficient k_m

$$\begin{aligned} H_3(k_m) = & (-\mu_{2m} q_0 \sin \mu_{1m} \lambda_m a + q_5 \cos \mu_{2m} \lambda_m a + q_1) \times \\ & \times (f_0 \sin \mu_{2m} \lambda_m a + \mu_{2m} f_4 \cos \mu_{2m} \lambda_m a + q_4) - \\ & - (\mu_{2m} q_0 \cos \mu_{2m} \lambda_m a + q_5 \sin \mu_{2m} \lambda_m a + q_3) \times \\ & \times (f_0 \cos \mu_{2m} \lambda_m a - \mu_{2m} f_4 \sin \mu_{2m} \lambda_m a + q_2) = 0, \end{aligned} \quad (13)$$

where

$$q_0 = \frac{m^3 \pi^3 \alpha h_1^4 \beta}{b h_2} \left(\frac{12 G_{23}}{B_{22} h_2^2 m^2 \pi^2} - k_m^2 \right), \quad q_1 = \frac{f_2}{f_1} (\mu_{1m} q_0 \operatorname{sh} \mu_{1m} \lambda_m a - f_1 \operatorname{ch} \mu_{1m} \lambda_m a),$$

$$q_2 = \frac{f_2}{f_1} (f_0 \operatorname{ch} \mu_{1m} \lambda_m a - \mu_{1m} f_3 \operatorname{sh} \mu_{1m} \lambda_m a),$$

$$q_3 = \frac{\mu_{2m} f_4}{\mu_{1m} f_3} (\mu_{1m} q_0 \operatorname{ch} \mu_{1m} \lambda_m a - f_1 \operatorname{sh} \mu_{1m} \lambda_m a),$$

$$q_4 = \frac{\mu_{2m} f_4}{\mu_{1m} f_3} (f_0 \operatorname{sh} \mu_{1m} \lambda_m a - \mu_{1m} f_3 \operatorname{ch} \mu_{1m} \lambda_m a), \quad q_5 = \frac{B_{11} \mu_{2m}^2 - B_{12}}{B_{22}}.$$

After determining the coefficient k_m , from equations (11) - (13) the value of the frequency of eigen oscillations according to (9) is determined by the following formula, respectively

$$\omega_m = \lambda_m^2 k_m \sqrt{\frac{D_{22}}{\rho h_2}}. \quad (14)$$

The optimization task is to redistribute the material of the ribbed structure between the rib and the plate in such a way as to ensure the highest value of the lowest frequency of eigen oscillations at given overall dimensions ξ and the condition of constant weight of the structure (1). Determination of the optimal design parameters is limited to the following nonlinear programming problem:

To find:

$$\omega_o = \max_x \min_m \omega_m, \quad \bar{x} = \{\alpha, h_1, h_2, \varphi\}, \quad (15)$$

under restrictions

$$H_i(k_m) = 0 \quad (i = 1, 2, 3), \quad h_2 = h_0 - \frac{3\alpha h_1}{2a} (h_1 - h_0), \quad (16)$$

$$h_0 \leq h_1 \leq 0.2b, \quad 0.2 \leq \alpha \leq 5, \quad \delta \leq h_2 \leq h_0. \quad (17)$$

The first of the restrictions in the form of equation (16) corresponds to equations (11) - (13) with respect to k_m , the second follows from the condition that the weight of the structure (1) is constant. Limitations in the form of inequalities (17) are due to the limits of applicability of the classical theory of beams and plates. For $\delta = 0.01b$ is accepted when $a \geq b$, $\delta = 0.01a$, when $a \leq b$.

The problem is solved by the method of deformable polyhedron in combination with the direct search method [4].

Numerical calculations are made for a design with overall dimensions $\xi = 1, 2$ when $\bar{h}_0 = h_0 / b = 0.015, 0.02, 0.03$. The FCM with the following characteristics was adopted as a material

$$\bar{B}_{11}^0 = 1; \bar{B}_{22}^0 = B_{22}^0 / B_{11}^0 = 0.0818; \bar{B}_{12}^0 = B_{12}^0 / B_{11}^0 = 0.0196; \bar{B}_{66}^0 = B_{66}^0 / B_{11}^0 = 0.04297;$$

$$G_{23} / G_{13} = 1; \bar{E}_1 = E_1 / B_{11}^0 = 0.995; \bar{G}_{23} = G_{23} / B_{11}^0 = 0.0497.$$

The optimal parameter values $\alpha, \bar{h}_1 = h_1 / b, \bar{h}_2 = h_2 / b, \varphi$ and corresponding values of the reduced frequency of eigen oscillations $\bar{\omega}_o = \omega_o / \sqrt{\rho b^2 / B_{11}^0}$ are calculated.

Research results

The results of calculation for the case when the rib is located in the middle of the span of the plate are shown in Table 1. For comparison, the corresponding frequency values for equilibrium plates with two stiffeners located along its edges $\bar{\omega}_o^*$ and in the absence of ribs $\bar{\omega}^0$ are also given there.

Table 1

ξ	\bar{h}_0	α	\bar{h}_1	\bar{h}_2	φ	$\bar{\omega}_o$	$\bar{\omega}_o^*$	$\bar{\omega}^0$
1	0.015	0.2	0.0935	0.0120	45°	0.0512	0.0624	0.0427
	0.020	0.2	0.1127	0.0157	45°	0.0669	0.0869	0.0569
	0.030	0.2	0.1469	0.0229	45°	0.0974	0.1350	0.0854
2	0.015	0.2	0.0434	0.0147	90°	0.0429	0.0430	0.0427
	0.020	0.2	0.0516	0.0197	90°	0.0571	0.0574	0.0569
	0.030	0.2	0.0662	0.0295	90°	0.0855	0.0859	0.0854

Calculations show that in all studied cases optimal projects are obtained when $m = 1$, while in the case $\xi = 1$ asymmetric form of oscillations takes place and when $\xi = 2$, symmetric form of oscillations takes place. Comparison of the results shown in Table 1 shows that the value of the lowest frequency of eigen oscillations for an optimal project $\bar{\omega}_o$ when $\xi = 1$ almost 1.2 times greater than the corresponding values for continuous plate $\bar{\omega}^0$ and as much less than for a plate with two ribs $\bar{\omega}_o^*$. Obviously, as the parameter ξ increases, the vibrating effect decreases.

For the case when the stiffener is located on the right edge of the plate, the calculation results are shown in Table 2.

Table 2

ξ	\bar{h}_0	α	\bar{h}_1	\bar{h}_2	φ	$\bar{\omega}_o$
1	0.015	0.2	0.0354	0.0148	90°	0.0427
	0.020	0.2	0.0431	0.0198	90°	0.0572
	0.030	0.2	0.0561	0.0297	90°	0.0857
2	0.015	0.2	0.0273	0.0150	90°	0.0428
	0.020	0.2	0.0339	0.0199	90°	0.0570
	0.030	0.2	0.0427	0.0299	90°	0.0855

Here, the optimal projects are obtained when $m = 1$, and the values $\bar{\omega}_o$ are close to the corresponding values $\bar{\omega}^0$ for a solid plate.

Conclusion

Thus, the location of the stiffener in the middle of the span of the plate leads to a greater increase in the lower frequency of eigen oscillations than its location on the edge of the plate. It should also be noted that the increase in the number of ribs while maintaining the total weight of the structure, according to Table 1, also leads to an increase in its lowest frequency of eigen oscillations.

References

1. Белубекян Э.В., Погосян А.Г. Проектирование ребристой пластинки из композиционного материала наибольшей низшей частоты собственных колебаний // Изв. АН Арм. ССР, Механика, 1994. Т.47. 15- 6. С. 24-29.
2. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. М: Наука, 1987, 360 с.
3. Лехницкий С.Г. Кручение анизотропных и неоднородных стержней. М: Наука, 1971, 240с.
4. Погосян А.Г. Применение метода деформируемого многогранника к решению задачи оптимального проектирования прямоугольной сжатой пластинки, усиленной по краям ребрами жесткости, при заданном значении первой частоты собственных колебаний // Изв. НАН Армении, Механика, 1998.Т.51.1 3.С.28-33.

References

1. Belubekyan E.V., Poghosyan A.G., Designing a ribbed plate made of composite material of the highest low frequency of eigen oscillations // P. AN Arm.SSR, Mechanics, 1994.v.47 15-6, p. 24-29.
2. Hambardzumyan S. A., Theory of anisotropic plates. M., Science, 1987, 360 p.
3. Lekhnitsky S. G., Torsion of anisotropic and heterogeneous rods. M, Science, 1971, 240 p.
4. Poghosyan A.G. , Application of the deformable polyhedron method to solving the problem of optimal design of a squeezed rectangular plate reinforced along the edges with stiffeners for a given value of the first frequency of eigen oscillations // P. NAS of Armenia, Mechanics, 1998, v.51¹ 3, p. 28-33.

ՀՏԴ - 531.396:534.121.1

ԿՈՄՊՈԶԻԶԻՈՆ ՆՅՈՒԹԻՑ ՊԱՏՐԱՍՏՎԱԾ ԿՈՂԱՎՈՐ ՍԱԼԻ ՕՊՏԻՄԱԼԱՑՈՒՄԸ ԱՋԱՏ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

Է.Վ. Բելուբեկյան, Ա.Գ. Պողոսյան, Տ.Ս. Բադալյան

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Կոշտության կողերով ուժեղացված բարակապատ համակարգերը տեխնիկայի տարբեր բնագավառների կառույցների հաճախակի հանդիպող տարրերից են: Դրանք լայն կիրառություն են գտել արդյունաբերական, քաղաքացիական, հիդրոտեխնիկական, ճանապարհային շինարարությունում, նավաշինության, մեքենաշինության, ինքնաթիռաշինության մեջ: Կողավոր կառուցվածքների նախագծման ժամանակ կարևոր նշանակություն ունի տարբեր աշխատանքային պայմաններում դրանց համակողմանի ուսումնասիրությունը, հաշվարկային նոր մոդելների ստեղծումը, ժամանակակից մեթոդների կիրառումը և մշակումը:

Առանձնակի հետաքրքրություն են ներկայացնում կողավոր սալերի օպտիմալ նախագծման հարցերը, որոնց շնորհիվ կարելի է էապես մեծացնել դրանց ամրության, կոշտության և կայունության բնութագրերը՝ ապահովելով նյութի առավել տնտեսումը:

Առավել մեծ արդյունավետության կարելի է հասնել, երբ կառուցվածքները պատրաստված են կոմպոզիցիոն նյութերից /ԿԼ/: Ժամանակակից տեխնիկայի բնագավառներում այդ նյութերի կիրառումը պայմանավորված է մի շարք կարևոր առավելություններով արտադրությունում օգտագործվող ավանդական նյութերի նկատմամբ: Դիտարկվում է երկու հանդիպակաձ կողմերով հողակապորեն ամրացված կոմպոզիցիոն նյութից պատրաստված ուղանկյուն սալը, որը թռիչքի մեջտեղում կամ ազատ եզրերից մեկում ուժեղացված է կոշտության կողով: Որոշվում են սալի օպտիմալ երկրաչափական և ֆիզիկական պարամետրերը, որոնք հաստատուն կշռի դեպքում ապահովում են նրա սեփական տատանումների ստորին հաճախության առավելագույն արժեքը:

Բանալի բառեր. օպտիմալացում, նյութ, սալ, կող, տատանում, հաճախություն, կոմպոզիցիոն նյութ, առավելագույն արժեք:

УДК - 531.396:534.121.1

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕБРИСТОЙ ПЛАСТИНКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЯХ

Э.В. Белубекян, А.Г. Погосян, Т.С. Бадасян

Национальный политехнический университет Армении

Тонкостенные системы, усиленные ребрами жесткости, являются одним из наиболее распространенных конструктивных элементов, встречающихся в различных областях техники. Они получили широкое применение в гражданском, промышленном, гидротехническом, дорожно-транспортном строительстве, машиностроении, судостроении, самолетостроении.

При проектировании ребристых конструкций важное значение имеет их всестороннее изучение с учетом условий работы, создание новых расчетных моделей, разработка и применение современных методов расчета. Особый интерес представляют вопросы оптимального проектирования ребристых пластин, благодаря чему можно значительно увеличить их характеристики прочности, жесткости и устойчивости, обеспечивая максимальную экономию материала. При этом большего эффекта можно добиться путем изготовления конструкций из композиционных материалов (КМ). Использование этих материалов обусловлено рядом их преимуществ по сравнению с применяемыми в производстве традиционными материалами.

Для пластинки, изготовленной из композиционного материала, шарнирно опертой по двум противоположным краям и усиленной ребром жесткости в середине пролета или по одному из свободных кромок пластинки, определяются оптимальные геометрические и физические параметры конструкции, обеспечивающие при заданных габаритных размерах и постоянном весе конструкции наибольшее значение низшей частоты собственных колебаний.

Ключевые слова: оптимизация, материал, пластинка, ребро, колебание, частота, наибольшее значение.

Ներկայացվել է՝ 06.05.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 07.05.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 18.06.2020թ.

THE STUDY OF THE FACTORS AFFECTING THE PASSAGE OF URBAN PUBLIC TRANSPORT

P.A. Tonapetyan¹, K.A. Grigoryan², M.T. Hayrapetyan²

¹Armenian National Agrarian University

²Shushi University of Technology

The number of means of passenger transport is constantly increasing in the cities as a result of which road network has become overloaded to such an extent that there are problems with the management of public transport routes connected with the sharp increase of private transport, the increase of traffic of route transport and traffic management at bus stops which do not meet the current situation.

It is suggested to determine the service time of passengers according to the routes and means of public transport in public transport stops in the conditions of high intensity and heavy traffic of urban passenger transport using the coefficients of possible rejection of service and variation applications.

Key words: road network, heaviness, traffic, intensity, parking space, passage.

Introduction

The number of means of passenger transport is constantly increasing in cities and the road network remains almost unchanged. Currently, the heaviness of the city road network has reached such a level that there are problems with the management of public transport. These problems are caused by a number of reasons, for instance, the number of private transport routes and the intensity of public traffic have sharply increased. As a result there are problems with the management of road traffic at bus stops which do not meet the current situation. The stops themselves cause traffic jams.

The following measures are necessary for solving the studied problem:

- Concentration of routes in a more number of streets, i.e. reduction of the route coefficient,
- Increasing the passage of the transport stops.

The first of these measures is related to the length of the route network and can be planned for long term perspective. The second measure, although leading to limited efficiency, /i.e. high passage/, can be used in not all areas of the route network in a short period of time and soon give results.

The analyses of domestic and foreign literature have shown that the management of the public transport route has not been extensively studied in the current intensity of the city. In the last 30 years no calculations of stop passages have been made and implemented in the project. A number of parameters concerning parking space passages and projects were not taken into account in the instructions of the local specialists which principally are very important in the case of heavy traffic flows.

Conflict setting and research results

The foreign theory and experience are of great interest in the design of urban passenger transport stops in the current situation, particularly the methodology of estimating the passage of the stops recommended by US scientists [1]. Some basic facts about the activity of stops are described in details here. These data are very easy to compare with the experimental data obtained as a result of studies conducted in the conditions of our republic.

To determine the passage of stops the model given in [1] has been chosen:

$$B_s = N_{eb} \cdot B_{bb} = N_{eb} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{c}\right)}{t_c + \left(\frac{g}{c}\right) \cdot t_d + Z_a \cdot C_v \cdot t_d}, \quad (1)$$

the time spent on getting on one passenger, second, t_{oc} – is the time spent on opening and closing the doors, second.

Experimental data show that the time to open and close the doors of many buses coincides with the time to approach the stop or to free the stop which is unacceptable from the point of view of passenger safety. Therefore, the total time spent on passenger service may not include the time spent on opening and closing the doors.

It is suggested to understand the saying *service time of the passengers* as the time from the moment the bus stops at the bus stop to the time spent on freeing the stop.

It is accepted that the time spent on opening and closing the doors is already taken into account. Particularly it turned out that the average time spent on opening doors comprised 1,95 seconds and 1,55 seconds correspondingly for special small class vehicles (public taxis) and the buses having hydraulic system, and on closing doors 1,35 and 1,93 seconds respectively. As different technical characteristics and various staff are used in the town public transport of RA, so the time of passenger service will also be different. There are also other factors which affect certain parameters such as number of doors and passenger bill.

Based on the above mentioned, it is necessary to take into account the cases when it turns out that all the seats are busy there while approaching the bus stop. Because different classes of vehicles have different dimensions of passenger service time at the bus stops depending on the dimension of the difference of route demand, the type of driving staff and other factors, the impact of passenger time variation is of great importance.

C_v variation coefficient of observed parameter may be defined as relation of deviation of passenger service time and average value:

$$C_v = \frac{S}{\bar{t}_d}, \quad (3)$$

where S – is the deviation of passenger service time and \bar{t}_d – is average time of passenger service, seconds.

If the C_v coefficient of variation is equal to 0, then all the observed cases will have the same value. In case when C_v is equal to 1, it means that approximately every third bus will have twice more time for passenger service than its average value is. The research carried out in the USA shows that the coefficient of time variation of passenger service fluctuates between 0,4 – 0,8 and in case of lack of studies we suggest to use 0,54 [1].

To increase the reliability of passenger service time at stops while calculating passage Z_a coefficient of possibility of rejecting service applications changes (Fig.2). The underlined part shows that the time of passenger service in some cases may exceed its average value:

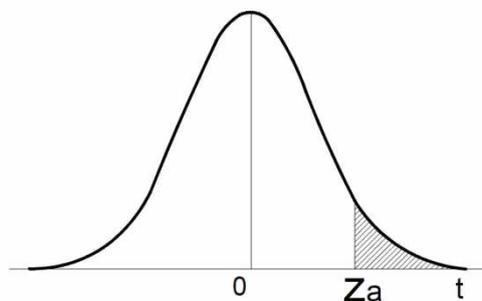


Fig. 2 Normal distribution

The coefficient of possibility of rejecting the passenger service applications at stops may be defined by the following expression:

$$Z_a = \frac{\Delta t_i}{S} = \frac{t_i - \bar{t}_d}{S}, \quad (4)$$

where t_i – is the random dimension of service time, seconds, Δt_i – is the deviation from average \bar{t}_d value, seconds and S – is the standard deviation.

Consequently

$$S = C_v \cdot \bar{t}_d, \quad (5)$$

Deviation is $\Delta t_i = t_i - \bar{t}_d$, $\Delta t_i = S \cdot Z_a = C_v \cdot \bar{t}_d \cdot Z_a$

According to [1], the possibility of rejecting the applications of stop service in central parts of the town (business-centres, public crowded places etc) is about 7,5 to 15%. Such data is obtained in case of communication speed and high stop passages in central parts of towns. The possible heaviness of stop in the edges of road network comprises 2,5%.

In case of the lack of studies we suggest to accept the average time of passenger service as 26,5 s and the coefficient of variation as 0,54.

Conclusions

1. It is necessary to distinguish between the service time of passengers by routes and vehicle classes which can be determined with the help of the variation coefficient in the high intensity of urban public transport, heavy traffic and the variety of routes. According to experimental data, the value of this coefficient varies from 0,4 to 0,8. It is recommended to use the value of 0,54 in case of lack of studies.
2. In case of normal distribution of time of passenger service (Z_a) coefficient of possibility of rejecting the service applications may be used. The value of this coefficient is guaranteed from 7,5 to 15% in central parts of towns (business centres, public crowded places etc).

References

1. Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2000, – 1134 p.
2. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – 2е-изд. Перераб. и доп. – М.: финансы и статистика, 1975. –120 с.
3. Гудков В. А., Миротин Л. Б., Вельможин А. В., Ширяев А. С. Пассажирыские автомобильные перевозки : учебник для вузов / Под ред. Гудкова В. А. – М.: 2004. – 448 с.
4. Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионно-корреляционного анализа. Учеб. пособ. М. – 1981

References

1. Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., USA, 2000, 1134 p.
2. Voznesenskiy V.A., Statistical methods of planning experiments in technical-economic studies, 2nd edition, completed and edited, M., Finance and statistics, 1975, 120 p.
3. Gudkov V.A., Mirotin L.B., Belmojin A.V., Shiryaev A. C., Passenger car transportations, manual for higher educational institutions, edited by Gudkova B.A., M., 2004, 448 p.
4. Zavadskiy Yu. V., Solution of the tasks of car transport and highway construction machines using the regressive – correlation analysis, Manual, M., 1981

ՀՏԴ - 656.051.00

ՔԱՂԱՔԱՅԻՆ ՈՒՂԵՎՈՐԱՏԱՐ ՏՐԱՆՍՊՈՐՏԻ ԿԱՆԳԱՌՆԵՐԻ ԹՈՂՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ԱԶԴՈՂ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ

Պ.Ա. Տոնապետյան¹, Ք.Ա. Գրիգորյան², Մ.Թ. Հայրապետյան²

¹Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան

²Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան

Քաղաքներում անընդհատ աճում են ուղևորատար ավտոտրանսպորտային միջոցների քանակը, արդյունքում ճանապարհափողոցային ցանցի բեռնվածքը հասել է այն մակարդակի, որ առաջացել են հասարակական օգտագործման ուղևորատար տրանսպորտի երթևեկության կազմակերպման խնդիրներ, կապված մասնավոր ուղևորատար տրանսպորտի երթուղիների քանակի կտրուկ աճի, երթուղային տրանսպորտի երթևեկության ինտենսիվության մեծացման, ինչպես նաև քաղաքային ուղևորատար տրանսպորտի կանգառներում երթևեկության կազմակերպման հետ, որոնք չեն բավարարում ստեղծված իրավիճակներին:

Առաջարկվում է քաղաքային ուղևորատար տրանսպորտի բարձր ինտենսիվության, խիտ հոսքերի և երթուղիների բազմազանության պայմաններում, քաղաքային ուղևորատար տրանսպորտի կանգառներում ուղևորների սպասարկման ժամանակը որոշել ըստ երթուղիների և տրանսպորտային միջոցների դասերի, օգտվելով վարիացիայի և սպասարկման հայտերի մերժման հավանականության գործակիցներից:

Բանալի բառեր. ճանապարհափողոցային ցանց, բեռնվածք, երթևեկություն, ինտենսիվություն, կանգառ, թողունակություն:

УДК - 656.051.00

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ОСТАНОВОК ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Պ.Ա. Տոնապետյան¹, Կ.Ա. Գրիգորյան², Մ.Թ. Այրապետյան²

¹Национальный аграрный университет Армении

²Шушинский технологический университет

Количество пассажирских транспортных средств в городах непрерывно увеличивается, в результате чего нагрузка на дорожно-уличную сеть достигла такого уровня, что возникли проблемы с организацией движения общественного пассажирского транспорта, связанные с резким увеличением количества маршрутов частного пассажирского транспорта, увеличением интенсивности движения маршрутного транспорта, а также с организацией движения на остановках городского пассажирского транспорта, которые не удовлетворяют создавшейся ситуации.

В условиях высокой интенсивности городского пассажирского транспорта, плотного потока и разнообразия маршрутов, рекомендуется определять время обслуживания

пассажиров на городских автобусных остановках в соответствии с маршрутами и классами транспортных средств, используя коэффициенты вероятности вариации и отказа сервисных заявок.

Ключевые слова: дорожно-уличная сеть, нагрузка, движение, интенсивность, остановка, пропускная способность.

Ներկայացվել է՝ 08.04.2020թ.

Գրախոսման է ուղարկվել՝ 10.04.2020թ.

Երաշխավորվել է տպագրության՝ 14.06.2020թ.

AUTHORS

- Abazyan S.S.** - Yerevan State University, Aleq Manukyan str. 1, Yerevan, RA, +37493800335, su.abazyan@gmail.com
- Babajanyan H.A.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +374 99 856006, babajany@synopsys.com
- Badasyan T.S.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37491006464, tigranbadasyan@gmail.com
- Baljyan P.H.** - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37493823541, baljyan-1951@list.ru
- Baskovchyan A.G.** - European University, Davit Anghaght str. 10, Yerevan, RA, +374 93 635069, baskovch@synopsys.com
- Belubekyan E.B.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37494380427, belubekyan.ernest@mail.ru
- Gabrielyan D.Kh.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37494414842, davidga@synopsys.com
- Galstyan S.B.** - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37497294901, galstyan.saribek@mail.ru
- Grigoryan K.A.** - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37497288847, kristinagrigoryan1989@mail.ru
- Grigoryan M.T.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37455868666, mushegg@synopsys.com
- Hayrapetyan A.G.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37455775837, artakh@synopsys.com
- Hayrapetyan A.K.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37410492158, and@synopsys.com
- Hayrapetyan M.T.** - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37497109002, marklen.hayrapetyan@mail.ru
- Janpoladov V.A.** - Russian-Armenian University, Hovsep Emin 123 str., Yerevan, RA, +37499518789, vakhtang.janpoladov@gmail.com
- Kelejian H.G.** - Yerevan Technological Institute, Armenakyan str. 125, Yerevan, RA, +37493556698, hovo98@mail.ru
- Manukyan D.A.** - Yerevan State University, Aleq Manukyan str. 1, Yerevan, RA, +37498131020, manukyan.davit6139@gmail.com
- Margaryan H.V.** - Yerevan State University, Aleq Manukyan str. 1, Yerevan, RA, +37443454343, haykmargaryan97@gmail.com
- Markosyan M.V.** - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37491401215, mark@yetri.am
- Martirosyan D.S.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37499477977, david.martirosyan.99@gmail.com
- Melikyan K.A.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37494556582, melikyan@synopsys.com
- Melikyan V.Sh.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +374 99 003728, vazgenm@synopsys.com
- Mikaelyan A.K.** - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37497122108, miqaelyan_ani86@mail.ru
- Mkhitaryan A.Kh.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37494493305, marthur@synopsys.com
- Mnatsakanyan A.L.** - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37494283024, albertm@synopsys.com

Namatyan N.T. - Yerevan Technological Institute, Armenakyan str. 125, Yerevan, RA, +374 77252808, namatyan.namat@mail.ru

Nersisyan G.H. - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37497550199

Poghosyan A.A. - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37497224722, anaida.a.poghosyan@gmail.com

Poghosyan A.G. - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37499662335, arevpoghosyan@mail.ru

Sahakyan H.H. - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37496235599, hrays@synopsys.com

Sahakyan V.A. - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37498901983, vahan_sahakyan98@mail.ru

Soghomonian R.M. - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37455555539, razmiks@synopsys.com

Tokmajyan V.H. - Shushi University of Technology, Ashot Bekor str. 4, Shushi, RA, +37443040804, tokmajyanv@gmail.com

Tonapetyan P.A. - Armenian National Agrarian University, Teryan str.74, Yerevan, RA, +37499917181, tonapetyan.pargev@mail.ru

Vartanyan A.A. - Moscow State University after Lomonosov, Leninskie gor str. 1, Moscow, RF, +74959395624, arevshad@mail.ru

Voskanyan G.A. - National Polytechnical University of Armenia, Teryan str. 105, Yerevan, RA, +37495001030, garnikv@synopsys.com

ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐ

- Աբազյան Ա.Ս.** - Երևանի պետական համալսարան, Ալեք Մանուկյան 1, Երևան, ՀՀ, +37493800335, su.abazyan@gmail.com
- Բաբաջանյան Հ.Ա.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +374 99 856006, babajany@synopsys.com
- Բադասյան Տ.Ս.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37491006464, tigranbadasyan@gmail.com
- Բալջյան Պ.Հ.** - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37493823541, baljyan-1951@list.ru
- Բասկովչյան Ա.Գ.** - Եվրոպական համալսարան, Դավիթ Անհաղթի 10, Երևան, ՀՀ, +374 93 635069, baskovch@synopsys.com
- Բելուբեկյան Է.Վ.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37494380427, belubekyan.ernest@mail.ru
- Գաբրիելյան Դ.Խ.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37494414842, davidga@synopsys.com
- Գալստյան Ա.Ք.** - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37497294901, galstyan.saribek@mail.ru
- Գրիգորյան Մ.Տ.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37455868666, mushegg@synopsys.com
- Գրիգորյան Ք.Ա.** - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37497288847, kristinagrigoryan1989@mail.ru
- Թոքմաջյան Վ.Հ.** - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37443040804, tokmajyanv@gmail.com
- Հայրապետյան Ա.Գ.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37455775837, artakh@synopsys.com
- Հայրապետյան Ա.Կ.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37410492158, and@synopsys.com
- Հայրապետյան Մ.Թ.** - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37497109002, marklen.hayrapetyan@mail.ru
- Մանուկյան Դ.Ա.** - Երևանի պետական համալսարան, Ալեք Մանուկյան 1, Երևան, ՀՀ, +37498131020, manukyan.davit6139@gmail.com
- Մարգարյան Հ.Վ.** - Երևանի պետական համալսարան, Ալեք Մանուկյան 1, Երևան, ՀՀ, +37443454343, haykmargaryan97@gmail.com
- Մարկոսյան Մ.Վ.** - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37491401215, mark@yetri.am
- Մարտիրոսյան Դ.Ա.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37499477977, david.martirosyan.99@gmail.com
- Մելիքյան Կ.Ա.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37494556582, melikyan@synopsys.com
- Մելիքյան Վ.Շ.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +374 99 003728, vazgenm@synopsys.com
- Միքայելյան Ա.Կ.** - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37497122108, miqaelyan_ani86@mail.ru
- Մխիթարյան Ա.Խ.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37494493305, marthur@synopsys.com
- Մնացականյան Ա.Լ.** - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37494283024, albertm@synopsys.com
- Նամաթյան Ն.Տ.** - Երևանի տեխնոլոգիական ինստիտուտ, Արմենակյան 125, +374 77252808, namatyan.namat@mail.ru

Ներսիսյան Գ.Հ. - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37497550199

Ոսկանյան Գ.Ա. - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37495001030, garnikv@synopsys.com

Պողոսյան Ա.Ա. - Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան, Աշոտ Բեկորի 4, Շուշի, ԱՀ, +37497224722, anaida.a.poghosyan@gmail.com

Պողոսյան Ա.Գ. - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37499662335, arevpoghosyan@mail.ru

Ջանփոլադով Վ.Ա. - Հայ-ռուսական համալսարան, Հովսեփ Էմին 123, Երևան, ՀՀ, +37499518789, vakhtang.janpoladov@gmail.com

Սահակյան Հ.Հ. - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37496235599, hrayrs@synopsys.com

Սահակյան Վ.Ա. - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37498901983, vahan_sahakyan98@mail.ru

Սողոմոնյան Ռ.Մ. - Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Տերյան 105, Երևան, ՀՀ, +37455555539, razmiks@synopsys.com

Վարդանյան Ա.Ա. - Լոմոնոսովի անվան Մոսկվայի պետական համալսարան, Լենինսկիե գորը 1, Մոսկվա, ՌԴ, +74959395624, arevshad@mail.ru

Տոնապետյան Պ.Ա. - Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան, Տերյան 74, Երևան, ՀՀ, +37499917181, tonapetyan.pargev@mail.ru

Քելեջյան Հ.Գ. - Երևանի տեխնոլոգիական ինստիտուտ, Արմենակյան 125, +37493556698, hovo98@mail.ru

АВТОРЫ

- Абазян С.С.** - Ереванский государственный университет, ул. Алека Манукяна 1, Ереван, РА, +37493800335, su.abazyan@gmail.com
- Айрапетян А.Г.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37455775837, artakh@synopsys.com
- Айрапетян А.К.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37410492158, and@synopsys.com
- Айрапетян М.Т.** - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37497109002, marklen.hayrapetyan@mail.ru
- Бабаджаниян А.А.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +374 99 856006, babajany@synopsys.com
- Бадасян Т.С.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37491006464, tigranbadasyan@gmail.com
- Балджян П.О.** - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37493823541, baljyan-1951@list.ru
- Басковчян А.Г.** - Европейский университет, ул. Давида Анахта 10, Ереван, РА, +374 93 635069, baskovch@synopsys.com
- Белубекян Э.В.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37494380427, belubekyan.ernest@mail.ru
- Варганиян А.А.** - Московский государственный университет им. Ломоносова, ул. Ленинские горы 1, Москва, РФ, +74959395624, arevshad@mail.ru
- Восканян Г.А.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37495001030, garnikv@synopsys.com
- Габриэлян Д.Х.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37494414842, davidga@synopsys.com
- Галстян С.Б.** - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37497294901, galstyan.saribek@mail.ru
- Григорян К.А.** - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37497288847, kristinagrigoryan1989@mail.ru
- Григорян М.Т.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37455868666, mushhegg@synopsys.com
- Джанполадов В.А.** - Российско-армянский университет, ул. Овсепя Эмина 123, Ереван, РА, +37499518789, vakhtang.janpoladov@gmail.com
- Келедзян О.Г.** - Ереванский технологический институт, ул. Арменакияна 125, Ереван, РА, +37493556698, hovo98@mail.ru
- Манукян Д.А.** - Ереванский государственный университет, ул. Алека Манукяна 1, Ереван, РА, +37498131020, manukyan.davit6139@gmail.com
- Маргарян А.В.** - Ереванский государственный университет, ул. Алека Манукяна 1, Ереван, РА, +37443454343, haykmargaryan97@gmail.com
- Маркосян М.В.** - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37491401215, mark@yetri.am
- Мартirosян Д.С.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37499477977, david.martirosyan.99@gmail.com
- Меликян В.Ш.** - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +374 99 003728, vazgenm@synopsys.com

Меликян К.А. - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37494556582, melikyan@synopsys.com

Микаелян А.К. - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37497122108, miqaelyan_ani86@mail.ru

Мнацаканян А.Л. - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37494283024, albertm@synopsys.com

Мхитарян А.Х. - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37494493305, marthur@synopsys.com

Наматян Н.Т. - Ереванский технологический институт, ул. Арменакаяна 125, Ереван, РА, +374 77252808, namatyan.namat@mail.ru

Нерсисян Г.Г. - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37497550199

Погосян А.А. - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37497224722, anaida.a.poghosyan@gmail.com

Погосян А.Г. - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37499662335, agevpoghosyan@mail.ru

Саакян В.А. - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37498901983, vahan_sahakyan98@mail.ru

Саакян Г.Г. - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37496235599, hrayrs@synopsys.com

Согомонян Р.М. - Национальный политехнический университет Армении, ул. Теряна 105, Ереван, РА, +37455555539, razmiks@synopsys.com

Токмаджян В.О. - Шушинский технологический университет, ул. Ашот Бекора 4, Шуши, РА, +37443040804, tokmajyanv@gmail.com

Тонапетян П.А. - Национальный аграрный университет Армении, ул. Теряна 74, Ереван, РА, +37499917181, tonapetyan.pargev@mail.ru

The article copyright submission format requirements

Articles should be submitted in Armenian, English or Russian up to 14 pages (articles of the section “Economics” up to 24 pages).

Sheet format A4, margins up, down, left, right 18 mm.

The fonts: Armenian – Unicode /GHEA Grapalat/, Russian, English – Times New Roman.

Line spacing – 1,15

1. The title of the article is given in 10 **Bold** p.t. on the right top of the page. The bulletin is published under the sections of Agriculture, Architecture, Economics, Information and Communication Technologies, Machine Industry and Logistics, Natural Sciences, Water Systems.
2. On the left part of the page one line down the section there is UDC with no less than six numbers.
3. A line down in the middle the title is given in capital letters 12 **Bold** p.t.
4. Two lines down from the left the initials of the author’s name, second name and surname are given in 11 **Bold** p.t. The number of authors, as a rule, can not be more than four. In the end of author’s name the index of organization is given.
5. A line down from the left the name of the organization (organizations) is given in 10 p.t. in Italics.
6. The text should be separated by horizontal bold line and two lines down the abstract of the article is given in 10 p.t. in Italics.
7. Two lines down **Key words** are given in 11 p.t. (5-8 words).
8. Two lines down the main text of the article is given in 11 p.t. The paragraphs begin from new line 10 mm Tab. The following order of typing the text of the article is suggested: “**Introduction**”, “**Conflict setting**”, “**Research results**”, “**Conclusion**”. If necessary other sections with corresponding titles may be added.
9. The formulas are presented in separate lines in the middle of the article and are numbered on the right in brackets. The formulas as well as mathematical symbols and equations are given in the text in **Microsoft Equation, Italic** 10 p.t.
10. Pictures, diagrams, graphs and tables may be used in texts. The pictures and diagrams are numbered by transit numbering pointed as “Pic.”. The pictures, diagrams and graphs are pointed and described below them. They can be placed vertically or horizontally in 10 **Bold** p.t. Tables are numbered by transit numbering pointed as **Table**. The names and descriptions of tables and symbols are given above them. They can be placed vertically or horizontally. If the table can not be placed on a single page, it must be transferred to another page and pointed as **Continued**. Free columns should not be left in tables, **dashes** or “**not determined**” should be inserted in the gaps.
11. Pictures, diagrams and graphs are given in coloured printing by electronic mail as a rule.
12. In the end of the article two lines down 10 mm left Tab “References” is given in 12 **Bold** p.t. A line down the list of literature numbered by link order is presented. The sources must be marked [...] and must include the surname and the first letter (letters) of the name and second name of author (authors), full title of the article, publishing data (place of publication, edition, town, year, volume and pages). Full data should be provided in case of official information as well as electronic sources, computer programs, reports, instructions, copyright license and patents. The sources are given in original. At the same time in case of reference in other languages the reference should be presented in English and in case of only English the second language is not required.
13. The translation of titles and **Summary** is given in Armenian, Russian (Резюме) and English on separate pages.
14. The articles should be sent to **info@bulletin.am**. e-mail.
15. Information about authors (names, surnames and second names (full), photo, scientific degree, scientific title, address, telephone number, organization, post, electronic mail) should be given on separate page.
16. The article is recommended to be published by editorial board according to the opinion of reviewer or member of editorial board. The review may be presented in free style of writing but should obligatorily include conclusion on scientific novelty.

Հոդվածների հեղինակային օրինակների ձևակերպման համար ներկայացվող պահանջներ

Հոդվածներն անհրաժեշտ է ներկայացնել անգլերեն և հայերեն կամ ռուսերեն լեզուներով՝ մինչև 14 էջի («Էկոնոմիկա» խորագրով՝ մինչև 24 էջի) սահմաններում:

Էջի ֆորմատը՝ A4, լուսանցքները՝ վերևից, ներքևից, աջից և ձախից՝ 18 մմ:

Տառատեսակը անգլերեն և ռուսերեն՝ Times New Roman, հայերեն՝ Unicode /GHEA Grapalat/, Միջտողային հեռավորությունը՝ 1,15:

1. Էջի վերին աջ անկյունում, գլխատառերով, 10 **bold** տառաչափով տրվում է հոդվածի խորագիրը: Տեղեկագիրը հրատարակվում է Agriculture, Architecture and Construction, Economics, Information and Communication Technologies, Machine Industry and Logistics, Natural Sciences, Water Systems խորագրերով:
2. Հաջորդ տողի էջի ձախ անկյունում տրվում է ՀՏԴ-ն՝ առնվազն վեցանիշ թվով:
3. Դրանից մեկ տող ներքև, մեջտեղում, գլխատառերով դրվում է վերնագիրը 12 **bold** տառաչափով:
4. Երկու տող ներքև, ձախից, հեղինակի Անվան, Հայրանվան սկզբնատառերը և Ազգանունը 11 **bold** տառաչափով: Հեղինակների թիվը, որպես կանոն, չի կարող գերազանցել 4-ը: Հեղինակի Ազգանվան վերջում նշվում է կազմակերպության ցուցիչը:
5. Մեկ տող ներքև, ձախից, շեղատառերով (*Italic*) տրվում է կազմակերպության (կազմակերպությունների) անվանումը 10 տառաչափով:
6. Անջատելով տեքստը հորիզոնական հոծ գծով երկու տող ներքև, շեղատառերով (*Italic*), գրվում է հոդվածի համառոտագիրը 10 տառաչափով:
7. Երկու տող ներքև տրվում են **Բանալի բառերը** (5-8 բառ) 11 տառաչափով:
8. Երկու տող ներքև ներկայացվում է հոդվածի հիմնական տեքստը 11 տառաչափով: Պարբերությունները սկսվում են նոր տողից՝ 10 մմ խորքից: Երաշխավորվում է նյութի շարադրման հետևյալ սխեման. «**Ներածություն**», «**Խնդրի դրվածքը**», «**Հեղազույրության արդյունքները**», «**Եզրակացություն**»: Անհրաժեշտության դեպքում կարող են լինել նաև այլ բաժիններ՝ համապատասխան վերնագրերով:
9. Բանաձևերը ներկայացվում են առանձին տողով, մեջտեղում և համարակալվում են աջ մասում, փակագծերի մեջ: Բանաձևերը, ինչպես նաև տեքստում տեղադրվող մաթեմատիկական սիմվոլներն ու արտահայտությունները տրվում են Microsoft Equation-ով, *Italic*՝ 10 տառաչափով:
10. Տեքստում կարող են լինել նկարներ, գծապատկերներ, գծագրեր և աղյուսակներ: Նկարները և գծապատկերները համարակալվում են միջանցիկ համարակալմամբ՝ «**Նկ.**» նմուշառմամբ: Նկարների, գծապատկերների, գծագրերի անվանումները, նշանակումների բացատրությունները տրվում են ներքևում: Դրանք կարելի է տեղադրել ուղղաձիգ կամ հորիզոնական դիրքով՝ 10 **bold** տառաչափով: Աղյուսակները համարակալվում են միջանցիկ համարակալմամբ՝ «**Աղ.**» նմուշառմամբ: Աղյուսակների անվանումները, նշանակումների բացատրությունները տրվում են վերևում՝ 10 **bold** տառաչափով: Դրանք կարելի է տեղադրել ուղղաձիգ կամ հորիզոնական դիրքով: Եթե մեկ թերթի վրա աղյուսակը չի տեղավորվում, պետք է շարունակել մյուս թերթի վրա՝ նշելով, որ շարունակությունն է: Աղյուսակի սյունյակներում ազատ տեղեր չպետք է մնան. պետք է դնել գծիկ կամ գրել «չկա» («չի որոշված»):
11. Նկարները, գծապատկերները, գծագրերը էլեկտրոնային տարբերակով, որպես կանոն, տրվում են գունավոր տարբերակով:
12. Հոդվածի վերջում, երկու տող ներքև, ձախից՝ 10 մմ խորքից տպագրվում է «**Գրականություն**» (**References**) 12 **bold** տառաչափով: Մեկ տող ներքև ներկայացվում է գրականության ցանկը՝ համարակալված ըստ հղումների հերթականության: Ցանկում աղբյուրները պետք է նշվեն [...] տեսքով և ընդգրկեն՝ հեղինակի/ների/ ազգանունը և անվան /Հայրանունի/ առաջին տառը /երը/, նյութի լրիվ անվանումը, հրատարակության տվյալները /տեղը, հրատարակչությունը, քաղաքը, տարեթիվը, հատորը, էջերը/: Տեղեկատվական պաշտոնական, այդ թվում՝ էլեկտրոնային աղբյուրների, համակարգչային ծրագրերի, հաշվետվությունների, հրահանգների, հեղինակային իրավունքի արտոնագրերի, պատենտների դեպքում ներկայացվում են լրիվ տվյալները: Աղբյուրները բերվում են բնօրինակի լեզվով: Միևնույն ժամանակ, այլ լեզուներով գրականության առկայության դեպքում գրականության ցանկն ամբողջությամբ բերվում է նաև անգլերեն լեզվով, իսկ միայն անգլերենի դեպքում երկրորդը չի գրվում:
13. Առանձին էջերի վրա տրվում է հոդվածի գլխամասի և համառոտագրի թարգմանությունը հայերեն, ռուսերեն (Резюме) և անգլերեն լեզուներով (Summary): Արտերկիրը գիտական հոդված ներկայացնելու դեպքում հեղինակը կարող է չտրամադրել հոդվածների հայերեն և ռուսերեն լեզուներով տարբերակները և ամփոփումները:
14. Հոդվածները պետք է ուղարկել info@bulletin.am էլ. հասցեով:
15. Առանձին էջով տրվում է հեղինակների մասին տվյալները (Ազգանուն, Անուն, Հայրանուն (լրիվ), լուսանկարը, գիտական աստիճանը, գիտական կոչումը, հասցեն, հեռախոսը, կազմակերպությունը, զբաղեցրած պաշտոնը, էլեկտրոնային հասցեն):
16. Հոդվածը տպագրության է երաշխավորվում խմբագրական խորհրդի կողմից՝ խմբագրական խորհրդի անդամի երաշխավորության կամ գրախոսման ուղարկված մասնագետի կարծիքի հիման վրա: Կարծիքը կարող է ներկայացվել ազատ շարադրանքով, սակայն, պարտադիր կերպով, պետք է ունենա եզրակացություն գիտական նորոյթի վերաբերյալ:

**Требования, предъявляемые к оформлению
авторских оригиналов статей**

Статьи необходимо представить на английском и армянском или русском языках объемом до 14 страниц (под рубрикой "Экономика" до 24 страниц).

Формат страницы - А4. Поля: сверху, снизу, справа и слева - все по 18 мм.

Шрифт: Times New Roman (русский и английский текст), **Unicode /GHEA Grapalat/** (армянский текст).

Межстрочный интервал - 1,15.

1. В правом верхнем углу страницы прописными буквами, жирным шрифтом кеглем 10 приводится рубрика статьи. В журнале публикуются научные статьи по следующим рубрикам: Сельское хозяйство, Архитектура и строительство, Экономика, Информационные и коммуникационные технологии, Машиностроение и логистика, Естественные науки, Водные системы.
2. В верхнем левом углу следующей строки страницы проставляется индекс УДК (минимум шестизначное число).
3. На следующей строке, посередине, приводится название (заголовок) статьи прописными буквами жирным шрифтом, кегль 12.
4. Две строки ниже, слева приводятся инициалы имени и отчества автора и фамилия жирным шрифтом, кегль 11. Число авторов, как правило, не должно быть более четырех. В конце фамилии автора указывается аффилиация автора.
5. На следующей строке, слева, курсивом (*Italic*) дается название организации (организаций), размер шрифта (кегель) - 10.
6. Отделив текст горизонтальной выделенной линией, через две строки, курсивом (*Italic*) дается аннотация статьи, размер шрифта - 10.
7. Через две строки приводятся ключевые слова (5-8 слов), размер шрифта - 11.
8. Через две строки приводится основной текст статьи, кегль - 11. Абзацы начинаются с новой строки с отступом 10 мм. Рекомендуется следующая схема изложения материала: "**Введение**", "**Постановка задачи**", "**Результаты исследования**", "**Заключение**". При необходимости могут быть и другие разделы с соответствующими заголовками.
9. Формулы располагаются отдельной строкой по центру и нумеруются в правой части в скобках. Формулы, а также математические символы и выражения набираются в "Microsoft Equation", курсивом (*Italic*), кегль - 10.
10. В тексте могут быть рисунки, графики, чертежи и таблицы. Рисунки и графики нумеруются сквозной нумерацией по образцу - "**Рис.**". Названия рисунков, графиков, чертежей, объяснения обозначений приводятся ниже. Их можно расположить в вертикальном или горизонтальном положении жирным шрифтом размером 10. Таблицы нумеруются сквозной нумерацией по образцу - "**Таб.**". Названия таблиц, объяснения обозначений приводятся сверху, кегль - 10. Их можно расположить в вертикальном или горизонтальном положении. Если таблица не помещается на одной странице, нужно продолжить ее на следующей странице, отметив, что это продолжение данной таблицы. В таблице не должно быть свободных столбцов, в этом случае нужно поставить черточку или написать "нет" ("не определено").
11. Рисунки, графики и чертежи в электронной версии, как правило, приводятся в цветном варианте.
12. В конце статьи, через две строки, с отступом слева 10 мм печатается «**Литература**» (**References**) жирным шрифтом размером 12. На следующей строке приводится список использованной литературы, пронумерованный по последовательности ссылок. В списке источники должны указываться в квадратных скобках, в виде [...] и включать фамилию автора (ов) и инициалы имени /Отчества/, полное название материалов, данные публикации (место, издательство, город, год, том, страницы). В случае официальной информации, в том числе электронных источников, компьютерных программ, отчетов, инструкций, сертификатов об авторских правах, патентов, приводятся полные данные. Источники приводятся на языке оригинала. В то же время, при наличии литературы на других языках, список литературы полностью приводится и на английском языке.
13. На отдельных страницах дается перевод заголовка статьи и аннотации на армянском языке, русском (Резюме) и английском языках (Summary). В случае представления научной статьи из-за рубежа, автор может не предоставлять варианты и резюме статей на армянском и русском языках.
14. Статьи должны быть отправлены по электронному адресу info@bulletin.am.
15. На отдельной странице приводятся данные об авторах (фамилия, имя, отчество (полное), фотография, ученая степень, ученое звание, адрес, телефон, организация, занимаемая должность, электронный адрес).
16. Статья рекомендуется к публикации редакционным советом по рекомендации члена редакционного совета и на основании отзыва специалиста. Отзыв может быть представлен в свободном изложении, однако в обязательном порядке должен иметь заключение о научной новизне.

CONTENTS

A.A. Vartanyan, M.V. Markosyan, V.H. Tokmajyan, S.B. Galstyan	Management of processes of growing winter crop in rainfed conditions using innovative technological solutions	3
S.B. Galstyan, G.H. Nersisyan, A.K. Mikayelyan	The effectiveness of peanut cultivation depending on applied agricultural machinery	14
P.H. Baljyan, A.A. Poghosyan, H.G. Kelejyan, N.T. Namatyan	Quantitative evaluation of sediment accumulation in Mataghis Reservoir	21
V.Sh. Melikyan, H.A. Babajanyan, A.G. Baskovchyan	Wide swing folded cascode operational amplifier with comparator	27
A.G. Hayrapetyan, H.V. Margaryan, K.A. Melikyan, S.S. Abazyan	The method of impedance of receiver/transmitter calibration in integrated circuits with analog subtractor	35
D.S. Martirosyan, V.A. Sahakyan	Investigation of low-power synchronous jet engines	42
A.Kh. Mkhitaryan, H.V. Margaryan, M.T. Grigoryan, D.A. Manukyan	The method of improvement of reliability of operational amplifiers in analog integrated circuits	49
H.H. Sahakyan, R.M. Soghomonyan, D.Kh. Gabrielyan, G.A. Voskanyan	Data and power supply monitoring and switching system for improved power efficiency and signal integrity	57
S.S. Abazyan	H-type clock tree combined with complex buffer tree	66
V.A. Janpoladov	The study of dashed-like power mesh wiring on signal routing congestion	72
R.M. Soghomonyan, A.L. Mnatsakanyan, A.K. Hayrapetyan	The method of increasing the operating frequency range for cascode-leveled converter	77
E.B. Belubekyan, A.G. Poghosyan, T.S. Badasyan	Optimization of ribbed plate of free vibrations made of composite material	83
P.A. Tonapetyan, K.A. Grigoryan, M.T. Hayrapetyan	The study of the factors affecting the passage of urban public transport	90

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.Ա. Վարդանյան, Մ.Վ. Մարկոսյան, Վ.Հ. Թոքմաջյան, Ս.Բ. Գալստյան	Բնական պայմաններում աշնանացան սերմնացու ցորենի աճեցման կառավարումն ինովացիոն տեխնոլոգիական լուծումների օգնությամբ	3
Ս.Բ. Գալստյան, Գ.Հ. Ներսիսյան, Ա.Կ. Միքայելյան	Գետնանուշի մշակության արդյունավետությունը՝ կախված կիրառվող ագրոտեխնիկայից	14
Պ.Հ. Բալջյան, Ա.Ա. Պողոսյան, Հ.Գ. Քելեջյան, Ն.Տ. Նամայան	Մատաղիսի ջրամբարում կուտակված ջրաբերուկների քանակական գնահատումը	21
Վ.Շ. Մելիքյան, Հ.Ա. Բաբաջանյան, Ա.Գ. Բասկովյան	Լայն լարման տիրույթով, ծավված կասկոդով և կոմպարատորով օպերացիոն ուժեղարար	27
Ա.Գ. Հայրապետյան, Հ.Վ. Մարգարյան, Կ.Ա. Մելիքյան, Ս.Ս. Աբազյան	Ինտեգրալ սխեմաների ընդունիչ հաղորդիչ հանգույցներում անալոգային հանիչի կիրառմամբ դիմադրությունների կարգաբերման մեթոդ	35
Դ.Ս. Մարտիրոսյան, Վ.Ա. Սահակյան	Փոքր հզորության սինխրոն ռեակտիվ շարժիչների հետազոտումը	42
Ա.Խ. Մխիթարյան, Հ.Վ. Մարգարյան, Մ.Տ. Գրիգորյան, Դ.Ա. Մանուկյան	Անալոգային ինտեգրալ սխեմաներում օպերացիոն ուժեղարարների հուսալիության բարձրացման մեթոդ	49
Հ.Հ. Սահակյան, Ռ.Մ. Սողոմոնյան, Դ.Խ. Գաբրիելյան, Գ.Ա. Ոսկանյան	Էներգասպառման արդյունավետության և ազդանշանի ամբողջականության բարելավման համար տեղեկատվական ազդանշանները և սնուցման աղբյուրը վերահսկող և ղեկավարող համակարգ	57
Ս.Ս. Աբազյան	H-տիպի տակտային ազդանշանի ծառի միավորումը բուֆերային ծառի հետ	66
Վ.Ա. Ջանփոլադով	Ծրագծման ծանրաբեռնվածության հետազոտությունը սնուցման ցանցի կետագծային կառուցվածքի դեպքում	72
Ռ.Մ. Սողոմոնյան, Ա.Լ. Մնացականյան, Ա.Կ. Հայրապետյան	Աշխատանքային հաճախության մեծացումը ունակային կապի միջոցով կասկոդացված մակարդակների ձևափոխիչում	77
Է.Վ. Բելուբեկյան, Ա.Գ. Պողոսյան, Տ.Ս. Բադալյան	Կոմպոզիցիոն նյութից պատրաստված կողավոր սալի օպտիմալացումը ազատ տատանումների դեպքում	83
Պ.Ա. Տոնապետյան, Ք.Ա. Գրիգորյան, Մ.Թ. Հայրապետյան	Քաղաքային ուղևորատար տրանսպորտի կանգառների թողունակության վրա ազդող գործոնների ուսումնասիրություն	90

СОДЕРЖАНИЕ

А.А. Вартанян, М.В. Маркосян, В.О. Токмаджян, С.Б. Галстян	Управление процессами выращивания озимой семенной пшеницы в богарных условиях с помощью инновационных технологических решений	3
С.Б. Галстян, Г.Г. Нерсисян, А.К. Микаелян	Эффективность возделывания арахиса в зависимости от применяемой сельскохозяйственной техники	14
П.О. Балджян, А.А. Погосян, О.Г. Келеджян, Н.Т. Наматян	Количественная оценка наносов, отложенных в Матагисском водохранилище	21
В.Ш. Меликян, А.А. Бабаджанян, А.Г. Басковчян	Широкодиапазонный операционный усилитель с сложенным каскодом и компаратором	27
А.Г. Айрапетян, А.В. Маргарян, К.А. Меликян, С.С. Абазян	Метод регулировки сопротивления в узлах приема и передачи интегральных схем с помощью аналогового вычитателя	35
Д.С. Мартиросян, В.А. Саакян	Исследование маломощных синхронных реактивных двигателей	42
А.Х. Мхитарян, А.В. Маргарян, М.Т. Григорян, Д.А. Манукян	Метод увеличения надежности операционных усилителей в аналоговых интегральных схемах	49
Г.Г. Саакян, Р.М. Согомонян, Д.Х. Габриэлян, Г.А. Восканян	Система мониторинга и контроля информации и источника питания для повышенной энергоэффективности и целостности сигнала	57
С.С. Абазян	Дерево синхронизации N-типа в сочетании со сложным буферным деревом	66
В.А. Джанпололадов	Исследование перегруженности трассировки при пунктирной сети питания	72
Р.М. Согомонян, А.Л. Мнацаканян, А.К. Айрапетян	Повышение рабочей частоты каскодированного преобразователя уровней методом ёмкостной связи	77
Э.В. Белубекян, А.Г. Погосян, Т.С. Бадасян	Оптимизация ребристой пластинки из композиционного материала при свободных колебаниях	83
П.А. Тонапетян, К.А. Григорян, М.Т. Айрапетян	Исследование факторов, влияющих на пропускную способность остановок городского пассажирского транспорта	90