

A. A. Laptev

THE MODEL OF INFORMATION SECURITY BASED ON MARKOV RANDOM PROCESSES

In this article rotary and proposed mathematical apparatus which as part of the information security are not the threat of unauthorized removal of information — attack and threats — the possibility of eavesdropping vulnerability. Most of the known modelling approaches that differ in which parameters in the simulation they are used as the input information and the characteristics of the simulated system are calculated and sent to the model (models are Built using probability theory, stochastic processes, Petri nets, automata theory, graph theory, fuzzy sets, catastrophe theory, entropy approach, etc.), provides for the use as a simple safety feature the threat of an attack on an information system [3].

The practical applicability of such models is extremely complicated through the necessity of the expert of the task key characteristics of safety — probability of threat of attack.

In the simulation, based on the use of as the simplest element of security threats attacks threats attacks is regarded as independent events; therefore, use appropriate calculation formulas. However, this original promise is wrong, because the real threats of attack created in the system are vulnerable, while the events of the threats of attacks, as a rule, dependent sensitivity because many attacks use the same vulnerability. Because of emergence and elimination of sensitivity with certain reservations, can be interpreted as the occurrence and elimination of failures (in this case, the security characteristics of the information system), we can assume that to solve these problems, modeling simulation of failures and recoveries safety features — can be used mathematical apparatus of reliability theory. As parameters in the vulnerability threat considering the intensity of occurrence of vulnerability λ and intensity of vulnerability μ . Under the appearance of vulnerability (here and beyond) naturally understand its detection by the security breach. On the one hand, assuming that the system contains a finite (albeit very large) number of undiscovered vulnerabilities, I can say that in this case, the process is not Markov, since the identification and elimination of vulnerabilities of each leads to change their numbers on a finite initial set, i. e. have a process with aftereffect.

Will sight, the mathematical apparatus for simulation of systems with refusals and restoration (identifying channels of information leakage and prevention of information acquisition through these channels), with the safety features. Had calculated on this method for different values of ρ (where $\rho = \lambda/\mu$, λ — the emergence of vulnerability and μ — vulnerability).

Keywords: mathematical apparatus; systems modeling; information retrieval; attack; threat; vulnerability.

УДК 621.391.8

В. Л. ПАРХОМЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

М. С. ІЛЬЄНКО, магістр;

В. В. ПАРХОМЕНКО, здобувач;

В. С. КРИВОБОК, магістр;

О. А. ОГОРОДНІК, магістр,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОБУДОВИ ТА МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕДВИХІДНОГО КАСКАДУ ЦИФРОВОГО ПЕРЕДАВАЧА

Запропоновано побудову підсилювача потужності цифрового передавача з високими якісними характеристиками. Наведено схеми передвихідного і вихідного каскадів. Розрахунок режимів підсилювачів дозволяє домогтися заданих якісних показників підсилювача потужності при високому ККД.

Ключові слова: підсилювач потужності; схеми передвихідного каскада; схема вихідного каскада; ККД; режими підсилювачів.

Вступ

Упровадження цифрового телебачення та радіомовлення вимагає від передавального обладнання більш високих якісних характеристик порівняно з аналоговим мовленням. Усе жорсткіші вимоги висуваються до якісних характеристик підсилювачів потужності, а саме до нелінійних спотворень, АЧХ та ФЧХ. Досягти цього можна, здійснивши розрахунки передвихідного та вихідного каскадів.

Вихідний каскад

Вихідний каскад побудовано на двох модулях, потужності яких складаються за допомогою мостової схеми. Кожний із модулів містить підсилювач телевізійних радіочастотних коливань, побудований за схемою Догерті. Беручи до уваги, що симетрична схема Догерті будується як двоканальна, то вельми доцільним є використання балансного транзистора MRFE6VP8600HR6, який складається з сформованих на одному кристалі двох польових транзисторів і віддає у навантаження корисну середню потужність 125 Вт.

Принципову схему модуля вихідного каскаду наведено на рис. 1.

© В. Л. Пархоменко, М. С. Ільєнко, В. В. Пархоменко, В. С. Кривобок, О. А. Огороднік, 2018

Схема має деякі особливості, зумовлені підімкненням балансних транзисторів у схему підсилювача Догерті. Для збудження балансного транзистора зі зсувом фаз 90° використовується квадратурний розподільувач потужності, реалізований на чотирьох П-ланках L₁-L₄ і C₂-C₅. Елементи L₅, C₇, L₇ і L₆, C₈, L₈ створюють вхідний узгоджувально-фільтруючий пристрій.

На виході транзисторів підсилювачів встановлено вихідні узгоджувальні кола, побудовані на елементах L₁₃, C₁₃, L₁₅ і L₁₄, C₁₄, L₁₆.

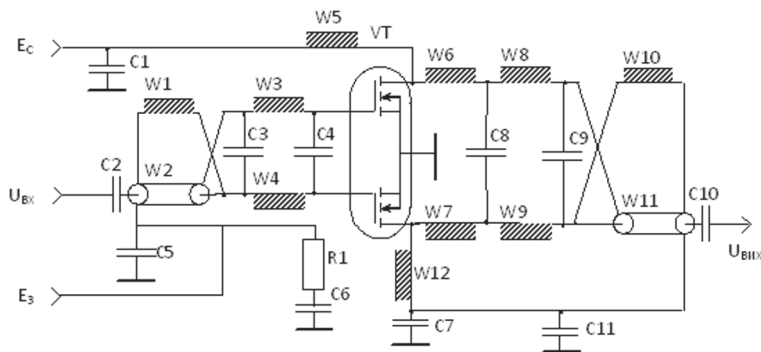


Рис. 1. Схема модуля вихідного каскаду

Стокова напруга ЕС подається через блокувальні дроселі L₁₁, L₁₂. Паралельно радіочастотному блокувальному конденсатору C₁₀ вмикають електролітичний конденсатор С емністю в сотні мікрофард для зняття паразитної демодуляції. Ця демодуляція може з'явитися через помітне падіння напруги на вихідному опорі джерела живлення стоків, оскільки опір навантаження, який створюється транзисторами для джерела живлення, низькоомний. Напруги зміщення на заслінні транзисторів подаються окремо через блокувальні дроселі L₉, L₁₀. Інвертор фази і трансформатор опору, еквівалентні чвертьхвильовим відрізкамі ліній, виконано на П-ланках C₁₅L₁₇, C₁₆ і C₁₆, L₁₈C₁₇.

Транзистори працюють у недонапруженому режимі, кут відсікання колекторного струму $\theta = 90^\circ$.

Параметри транзистора (одного) наведено в табл. 1 [16].

Таблиця 1

Параметри транзистора MRFE6VP8600HR6

Параметри еквівалентної схеми						
r _{нас} , Ом	r _з , Ом	r _в , Ом	r _{кан} , Ом	R _t , Ом	S, А/В	E', В
0,18	0,1	0,01	0,1	30	12	2,5
Радіочастотні параметри						
C _{кан} , пФ	C _{зв} , пФ	L _к , нГн	L _в , нГн	L _с , нГн		
264	1,5	0,15	0,1	0,5		
Граничні величини						
U _{свдоп} , В	U _{звдоп} , В	U _{сздоп} , А	I _{сдоп} , А	P _{розс.д} , Вт	t _{пд} , °С	
130	- 6, + 10	65	40	500	200	

Оскільки у відомій літературі не наведено методики розрахунку енергетичних показників усієї схеми Догерті, виконаємо розрахунки окремо для підсилювача носійної в режимі середньої потужності і для допоміжного підсилювача в піковому режимі [15].

1. Розрахунок режиму підсилювача носійної

Розрахунок проводимо у недонапруженому режимі для одного транзистора за методикою, наведеною в [6, с. 272]. Для забезпечення лінійності амплітудної характеристики підсилювача вибираємо кут відсікання стокового струму $\theta = 90^\circ$. Для $\theta = 90^\circ \cos \theta = 0$, коефіцієнти гармонічних складових імпульсу стокового струму $\alpha_1(\theta) = 0,5$, $\alpha_0(\theta) = 0,318$.

Стокове коло. Для забезпечення недонапруженого режиму беремо $U_C = 0,95U_{СКР}$.

Максимальна напруга на стоці

$$U_{C \max} = E_C + U_C \cdot \tag{1}$$

Амплітуда першої гармоніки стокового струму

$$I_{C1} = 2P_1/U_C \cdot \tag{2}$$

Постійна складова стокового струму

$$I_{C0} = I_{C1} \alpha_0(\theta)/\alpha_1(\theta). \tag{3}$$

Максимальна величина стокового струму

$$I_{C \max} = I_{C0}/\alpha_0(\theta). \quad (4)$$

Потужність, що споживається від джерела стокового живлення

$$P_0 = E_C \cdot I_{C0}. \quad (5)$$

Коефіцієнт корисної дії стокового кола

$$\eta = P_1/P_0. \quad (6)$$

Потужність, що розсіюється на стоці транзистора

$$P_C = P_0 - P_1. \quad (7)$$

Опір стокового навантаження

$$R_C = U_C/I_{C1}. \quad (8)$$

Результати розрахунків за формулами (1)–(8):

$$U_{CKR} = 50 \cdot \left[0,5 + 0,5 \sqrt{1 - \frac{8}{0,5} \cdot \frac{0,18}{50^2} \cdot 62,5} \right] = 47,36 \text{ В.}$$

Для недонапруженого режиму $U_C = 0,95 \cdot 47,36 = 45 \text{ В.}$

$$U_{C \max} = 50 + 45 = 95 \text{ В;}$$

$$I_{C1} = 2 \cdot 62,5 / 45 = 2,78 \text{ А;}$$

$$I_{C0} = 2,78 \cdot 0,319 / 0,5 = 1,77 \text{ А;}$$

$$I_{C \max} = 2,78 / 0,5 = 5,56 \text{ А;}$$

$$P_0 = 50 \cdot 1,77 = 88,6 \text{ Вт;}$$

$$\eta = 62,5 / 88,6 = 0,705;$$

$$P_C = 88,6 - 62,50 = 26,1 \text{ Вт;}$$

$$R_C = 45 / 2,78 = 16,2 \text{ Ом.}$$

Вхідне коло. Параметри вхідного кола розраховуємо відповідно до рекомендацій [6, с. 117].

Амплітуда змінної напруги на каналі

$$U_{\text{кан}} = I_{C1}(1 + R_C/R_i)/S_{\gamma 1}(\theta). \quad (9)$$

Напруга зміщення на заслоні

$$E_{3M} = E' - U_{\text{кан}} \cos \theta. \quad (10)$$

Максимальна напруга на заслоні

$$\pm E_{3 \max} = E_{3M} \pm U_{\text{кан}} < E_{3 \text{ доп}}. \quad (11)$$

Амплітуда струму заслону

$$I_3 = \chi \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_{\text{кан}} I_{C1}(1 + R_C/R_i)/[S \cdot \gamma_1(\theta)], \quad (12)$$

де $\chi = 1 + [\gamma_1(\theta) \cdot S \cdot R_C \cdot R_i / (R_C + R_i) + 1] \cdot (C_{3C} / C_{\text{кан}})$.

Значення параметрів еквівалентної схеми вхідного опору транзистора

$$\left. \begin{aligned} L_{\text{вхСВ}} &= LZ + LB / \chi; \\ r_{\text{вхСВ}} &= r_3 + [r_{\text{кан}} + r_B + (L_B / C_{\text{кан}}) S_{\gamma 1}(\theta)] / \chi; \\ C_{\text{вхСВ}} &= \chi C_{\text{кан}} / [1 + r_B S_{\gamma 1}(\theta)]. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Резистивна та реактивна складові вхідного опору

$$r_{\text{вх}} = r_{\text{вхСВ}}; \quad x_{\text{вх}} = 2\pi \cdot f \cdot L_{\text{вхСВ}} - 1 / (2\pi \cdot f \cdot C_{\text{вхСВ}}). \quad (14)$$

Вхідна потужність

$$P_{\text{вх}} = 0,5 I_3^2 r_{\text{вх}}. \quad (15)$$

Потужність, розсіювана в транзисторі

$$P_{\text{розс}} = P_0 - P_1 + P_{\text{вх}}. \quad (16)$$

Коефіцієнт підсилення за потужністю

$$K_P = P_1 / P_{\text{вх}}. \quad (17)$$

Результати розрахунків за формулами (9)–(17):

$$U_{\text{кан}} = 2,78(1 + 16,2/30)/(12 \cdot 0,5) = 0,713 \text{ В;}$$

$$E_{3M} = 2,5 - 0,713 \cdot 0 = 2,5 \text{ В;}$$

$$\pm E_{3 \max} = 2,5 \pm 0,71 = (3,21 \dots 1,79) \text{ В} < E_{3 \text{ доп}} = 10 \text{ В;}$$

$$I_3 = 1,36 \cdot 2\pi \cdot 6,46 \cdot 10^8 \cdot 2,64 \cdot 10^{-10} \cdot 2,78(1 + 16/30)/(12 \cdot 0,5) = 1,04 \text{ А,}$$

де $\chi = 1 + [0,5 \cdot 12 \cdot 16 \cdot 300 / (16 + 30) + 1] \cdot (1,5 / 264) = 1,36;$

$$L_{\text{вхСВ}} = 0,15 + 0,1 / 1,36 = 0,22 \text{ нГн;}$$

$$r_{\text{вхСВ}} = 0,2 + [0,1 + 0,01 + (0,1 \cdot 10^{-9} / 2,64 \cdot 10^{-10}) \cdot 12 \cdot 0,5] / 1,36 = 1,95 \text{ Ом;}$$

$$C_{\text{вхСВ}} = 1,36 \cdot 2,64 \cdot 10^{-10} / [1 + 0,01 \cdot 12 \cdot 0,5] = 3,4 \cdot 10^{-10} \text{ Ф;}$$

$$r_{вх} = 1,95 \text{ Ом};$$

$$x_{вх} = 2\pi \cdot 6,46 \cdot 10^8 \cdot 0,22 \cdot 10^{-9} - 1/(2\pi \cdot 6,46 \cdot 10^8 \cdot 3,4 \cdot 10^{-10}) = 0,18 \text{ Ом};$$

$$P_{вх} = 0,5 \cdot 1,04^2 \cdot 1,95 = 1,06 \text{ Вт};$$

$$P_{розс} = 88,6 - 62,50 + 1,06 = 27,16 \text{ Вт};$$

$$K_p = 62,5/1,06 = 59,1.$$

Результати розрахунку режиму K_p носійної вихідного каскаду незначно відрізняються від значення, взятого при розрахунку структурної схеми.

2. Розрахунок режиму пікового підсилювача

Згідно з теорією роботи схеми Догерті піковий підсилювач у режимі максимальної потужності має віддавати три чверті потужності всієї схеми (одного модуля) при роботі на опір навантаження, що дорівнює половині опору навантаження підсилювача носійної. Отже, $P_{пик} = 187,5 \text{ Вт}$ при опорі навантаження $R_{Спик} = R_{Снес} / 2 = 8 \text{ Ом}$. За таких умов амплітуда стокової напруги в критичному режимі

$$U_{Спик} = \sqrt{2 \cdot P_{пик} \cdot R_{Спик}} = \sqrt{2 \cdot 187,5 \cdot 8} = 55 \text{ В}.$$

Для забезпечення недонапруженого режиму беремо $U_C = 50 \text{ В}$.

Амплітуда першої гармоніки стокового струму визначатиметься як

$$I_{C1} = 2P_{пик}/U_C = 2 \cdot 187,5/50 = 7,5 \text{ А}.$$

Для забезпечення високого ККД пікового підсилювача задаємося кутом відсікання $\theta = 75^\circ$, для якого $\cos \theta = 0,259$; $\alpha_1(\theta) = 0,455$; $\alpha_0(\theta) = 0,269$; $\gamma_1(\theta) = 0,337$.

Подальші розрахунки параметрів пікового режиму здійснюємо за формулами (3)–(17) з використанням пакета програм MathCad. Результати розрахунків наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Параметри пікового режиму підсилювача на транзисторі MRFE6VP8600HR6

P_1 , Вт	R_C , Ом	U_C , В	I_{C1} , А	I_{C0} , А	P_0 , Вт	η
187,5	8	50	7,5	4,34	222	0,8
E_C , В	$U_{кан}$, В	I_3 , А	$R_{вх}$, Ом	$C_{вх}$, пФ	$P_{вх}$, Вт	K_p
1,9	2,3	1,96	1,9	280	3,7	51,3

Передвихідний каскад

Передвихідний каскад побудовано за однотактовою схемою на транзисторі BLF871. Схему проміжного каскаду наведено на рис. 2.

Параметри транзистора передвихідного каскаду наведено в табл. 3 [16].

Розрахунок енергетичних показників каскаду проводимо за методикою, запропонованою в [6, с. 272], за допомогою системи MathCAD. Програму розрахунку наведено у додатку А. Результати розрахунку режиму каскаду подано в табл. 4.

Здобуті результати показують, що вибрані транзистори забезпечують коефіцієнти підсилення потужності, визначені при розрахунку структурної схеми, тому структурна схема уточнень не потребує.

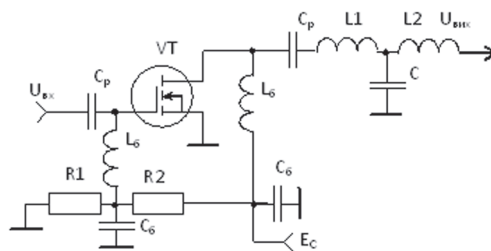


Рис. 2. Схема передвихідного каскаду

Таблиця 3

Параметри транзистора BLF871

Параметри еквівалентної схеми						
$r_{нас}$, Ом	r_3 , Ом	$r_в$, Ом	$r_{кан}$, Ом	R_f , Ом	S , А/В	E' , В
0,4	0,2	0,02	0,2	60	5	2,4

Радіочастотні параметри					
$C_{св}$, пФ	$C_{кан}$, пФ	$C_{зв}$, пФ	L_3 , нГн	$L_в$, нГн	$L_с$, нГн
30	95	1	0,1	0,1	0,5

Граничні величини					
$U_{свдоп}$, В	$U_{звдоп}$, В	$U_{сздоп}$, А	$I_{сдоп}$, А	$P_{розс.д}$, Вт	$t_{пд}$, °С
80	13	80	8	80	200

Таблиця 4

Результати розрахунку режиму передвихідного каскаду

Тип транзистора	P_1 , Вт	R_C , Ом	U_C , В	I_{C1} , А	I_{C0} , А	η
BLF871	40	26	3,1	1,97	59	0,68

E_C , В	U_{KAN} , В	I_3 , А	R_{BX} , Ом	C_{BX} , пФ	P_{BX} , Вт	K_p
2,4	1,4	0,65	2,48	110	0,53	75,6

Висновки

Для побудови підсилювача потужності з високими якісними характеристиками пропонується використання переднього вузла, побудованого за одноктактовою схемою, а також вихідного підсилювача, побудованого за схемою Доггерти. При цьому математично розраховані режими підсилювачів. Такі обчислення дозволяють відшукати коефіцієнти прискорення потужності, визначені при розрахунку структурної схеми підсилювача.

На основі розрахунку режимів підсилювача пропонується схема побудови передвихідного і вихідного каскадів підсилювача потужності. Побудований підсилювач має високі якісні характеристики. Подібні розрахунки дають можливість створювати підсилювачі потужності для використання в цифровому телебаченні і радіомовленні.

Список використаної літератури

1. Шахнович И. DVB-T2 – новый стандарт цифрового телевизионного вещания // Связь и телекоммуникации. 2009. № 6. Величини реактивних елементів фільтра [8, с. 32].
2. Ник Уэллс, Крис Нокс. DVB-T2: Новый стандарт вещания для телевидения высокой четкости // Телеспутник. 2008. № 11.
3. Пархоменко В. Л. Основы телебачення та радіомовлення: навч. посібник. Київ, 2017. 548 с.

Рецензент: доктор техн. наук, доцент С. І. Отрох, Державний університет телекомунікацій, Київ.

V. L. Parkhomenko, M. S. Iliencko, V. V. Parkhomenko, V. S. Krivobok, O. A. Ogorodnik

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТРОЕНИЕ И МЕТОДА РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНОГО КАСКАДА ЦИФРОВОГО ПЕРЕДАТЧИКА

Предложено построение усилителя мощности цифрового передатчика с высокими качественными характеристиками. Представлены схемы предвыходного и выходного каскадов. Расчет режимов усилителей позволяет добиться заданных качественных показателей усилителя мощности при высоком КПД.

Ключевые слова: усилитель мощности; схемы предвыходного каскада; схема выходного каскада; КПД; режимы усилителей.

V. L. Parkhomenko, M. S. Iliencko, V. V. Parkhomenko, V. S. Krivobok, O. A. Ogorodnik

RESEARCH CONSTRUCTION AND METHOD OF CALCULATING THE TRANSIENT CASCADE OF A DIGITAL TRANSMITTER

The considered power amplifier is presented in the form of pre-exit and output stages. The parameters of transistors and the calculation of amplifier modes are described. To build a power amplifier, the use of a pre-exit stage constructed according to a single-ended scheme and an output stage built according to Dogerty's circuit is used. By selecting transistors with different parameters on the basis of calculations, you can build amplifiers of various power with high quality characteristics and high efficiency.

Keywords: amplifier; pre-cascade circuit; output stage circuit; efficiency; amplifier modes.