

УДК 621.314.572

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТИРИСТОРНОМ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ

НИЗАМОВ Т.И.

Азербайджанское Национальное Аэрокосмическое Агентство

В статье рассматривается тиристорный преобразователь напряжения ультразвуковой частоты с трансформаторной связью для питания гидроакустических антенн. Приводится анализ электромагнитных процессов и результаты их вычислений.

В силовых полупроводниковых преобразовательных устройствах электротехнических, радиотехнических, гидроакустических и других системах весьма перспективно использование ультразвуковых преобразователей напряжения на тиристорах с трансформаторной связью. К преимуществам таких преобразователей можно отнести получение гальванически развязанных цепей, возможность согласования с нагрузкой любого характера, повышение технико-экономических показателей при использовании их непосредственно от сети переменного тока.

Создание ультразвуковых источников питания на основе промышленных высокочастотных тиристоров выдвигает особое требование к схемным решениям, в частности, к обеспечению рабочей частотой выше предельной частоты используемых тиристоров при надежной работе системы электропитания. Особый интерес представляет создание импульсных источников питания мощностью в десятки киловатт с синусоидальными заполнениями, немодулированных по амплитуде, выше ста килогерц, управляемых выходными параметрами, а именно, длительностью пачек импульсов и частотой их посылок [1-3].

В статье рассматривается тиристорный ультразвуковой преобразователь, который используется в качестве источника питания для магнитострикционных и пьезокерамических гидроакустических антенн [2, 4].

На рис. 1 представлена схема тиристорного ультразвукового преобразователя, выполненного на базе тиристоров ТЧ-25-1000. В рассматриваемом варианте преобразователь напряжения содержит три канала (их может быть m -каналов), по два высокочастотных VS1 и VS2, VS3 и VS4, VS5 и VS6 в каждом канале. Общая точка каждой пары подключена к одному концу соответствующей последовательной резонансной цепочки $Сп_1L_1$, $Сп_2L_3$, $Сп_3L_4$, которые шунтированы вспомогательными конденсаторами соответственно $Св_1$, $Св_2$, $Св_3$. Другие концы последовательных резонансных цепочек соединены между собой и подключены к общей точке, образованной емкостным делителем С1 и С2, подключенным ко входу. Индуктивность выходной обмотки трансформатора выполненного на неферромагнитном материале L_2 , а параметры нагрузки R_n и C_n , причем все обмотки наматываются скрученными вместе проводами.

Тиристоры каналов управляются импульсами, сдвинутыми во времени

$$t = \frac{nT}{2}, \quad (1)$$

где $n=1, 3, 5, \dots$ - количество полупериодов выходного напряжения, T - период колебания частоты.

При включении тиристора любой пары, например VS1, происходит заряд вспомогательного конденсатора по цепи: «плюс» конденсатора С1, тиристор VS1, конден-

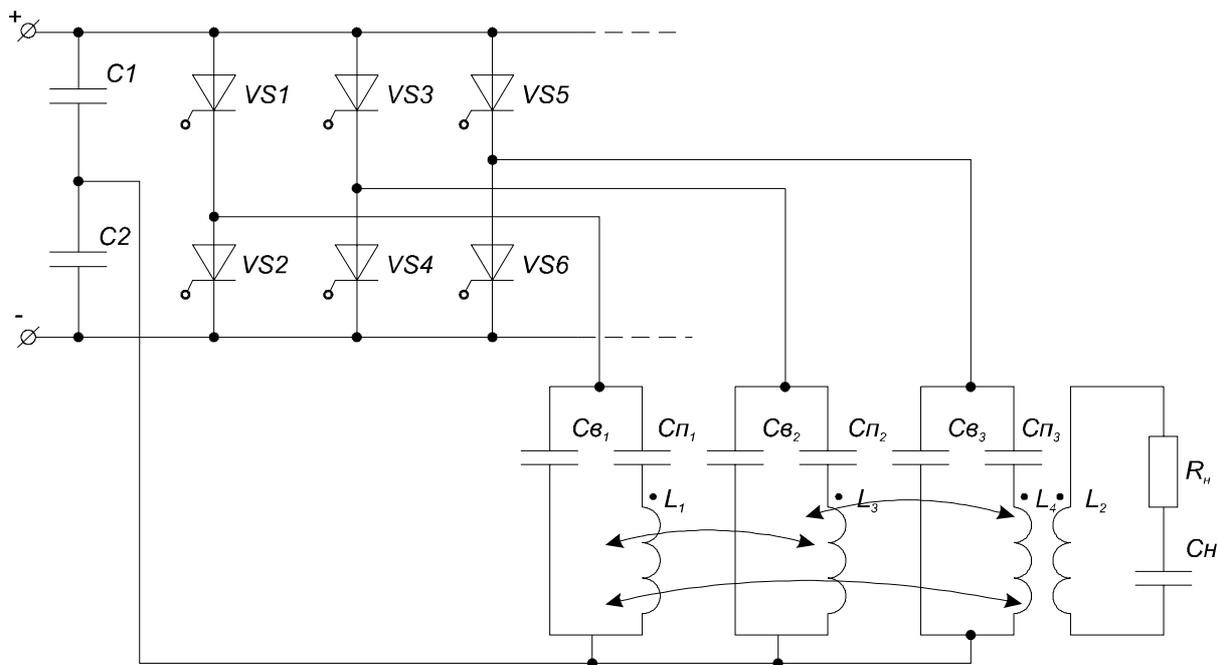


Рис. 1

сатор $C_{в1}$, «минус» конденсатора $C1$. По окончании заряда конденсатора тиристор $VS1$ выключается, начинается затухающий колебательный процесс в контуре $C_{в1}-L_1-C_{п1}$, и во все обмотки индуктируется э.д.с. Через время t включается нижний тиристор второго канала $VS4$ и начинается перезаряд конденсатора $C_{в2}$ (подзаряженного в предыдущем цикле) по цепи: «плюс» конденсатора $C2$, общая точка емкостного делителя, конденсатор $C_{в2}$, тиристор $VS4$, «минус» конденсатора $C2$. После полного перезаряда $C_{в2}$ тиристор $VS4$ выключается. Начинается затухающий колебательный процесс в контуре $C_{в2}-C_{п2}-L_3$ и, следовательно, во все магнитосвязанные контуры индуктируется э.д.с. противоположной полярности относительно случая включения $VS1$. Соответственно через время t включается верхний тиристор третьего канала $VS5$, который перезаряжает $C_{в3}$ по цепи: «плюс» конденсатора $C1$, тиристор $VS5$, конденсатор $C_{в3}$, общая точка емкостного делителя, «минус» конденсатора $C1$.

После полного перезаряда $C_{в3}$ тиристор $VS5$ выключается и в контуре $C_{в3}-C_{п3}-L_4$ происходит затухающий колебательный процесс. Далее цикл повторяется и вновь включается тиристор $VS1$.

Таким образом, во вторичной обмотке трансформатора L_2 происходит геометрическое сложение э.д.с. от затухающих колебаний обмоток L_1, L_3, L_4 .

На рис. 2 представлены временные диаграммы напряжений при последовательном включении тиристоров и напряжения на нагрузке U_n .

Для анализа электромагнитных процессов с учетом параметров пьезокерамической гидроантенны на рис. 3 представлены схемы замещения тиристорного преобразователя. При анализе приняты следующие допущения: тиристоры представляют собой идеальные ключи, при полном перезаряде вспомогательных конденсаторов тиристоры выключаются, а последовательные конденсаторы резонансных цепочек во время перезаряда участия не принимают. Для ясности процессов полярности зарядов работающих вспомогательных конденсаторов отмечаются с левой стороны обкладок (наружная часть), а остальных - внутри схемы, (см. рис. 3а, б, в).

При включении соответствующих тиристоров электромагнитные процессы в контурах будут определяться в виде матрицы для первого канала (см. рис. 3,а):

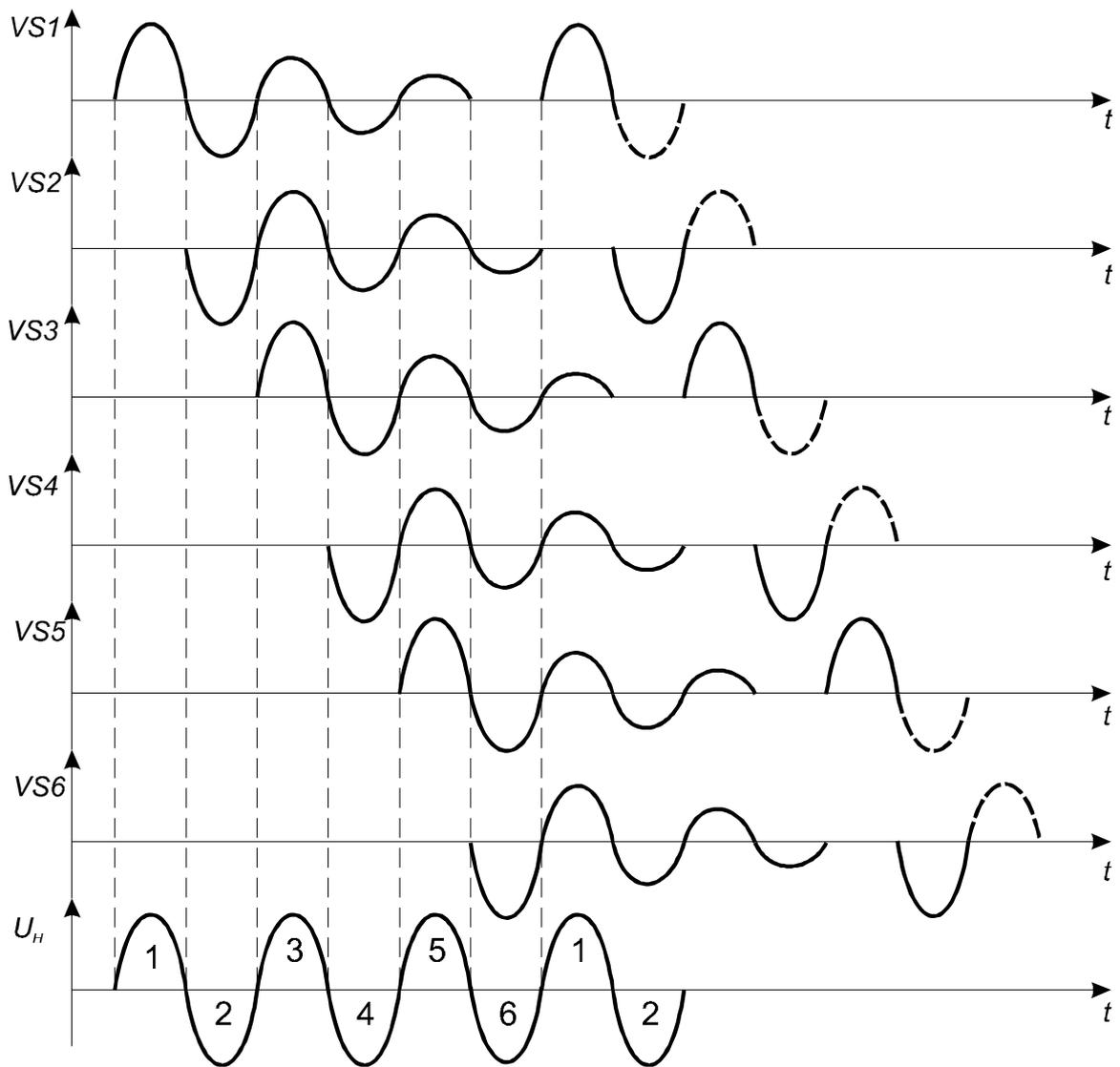
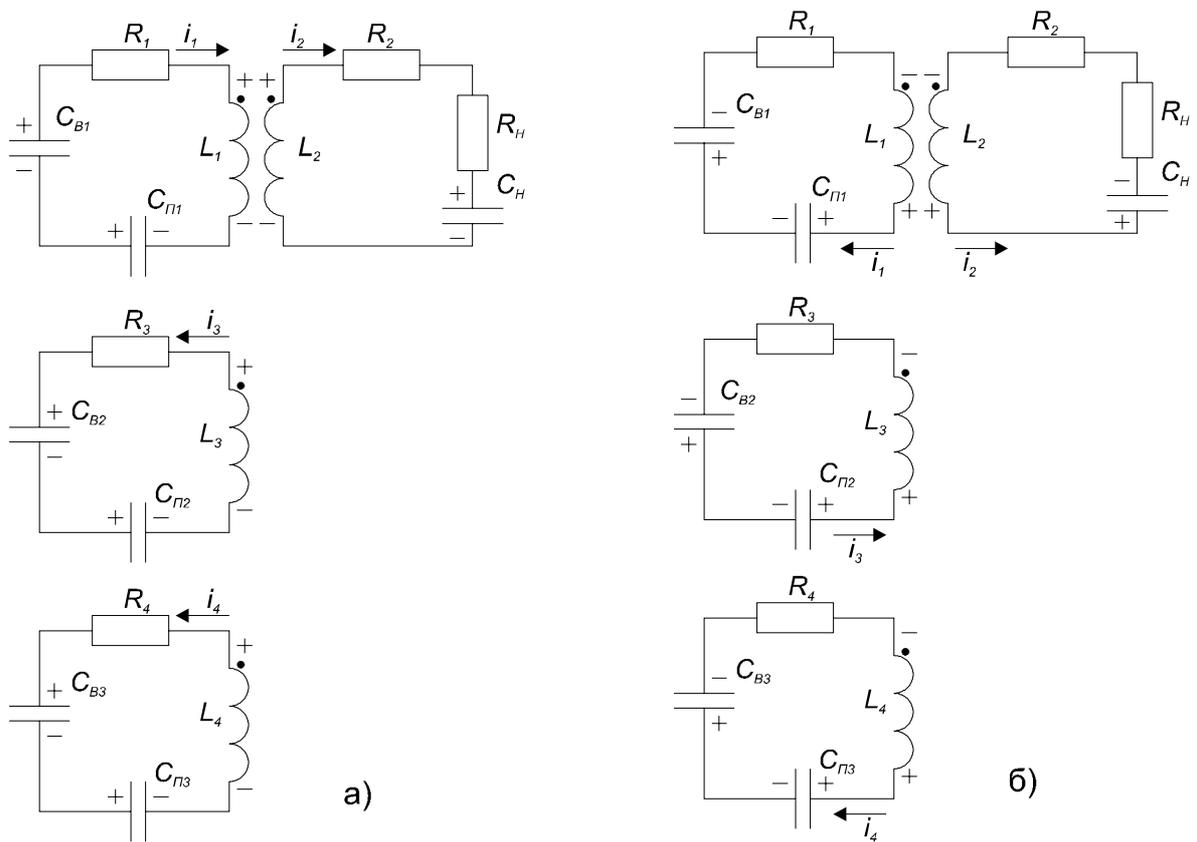


Рис. 2

$$\begin{bmatrix} L_1 & -M_{12} & -M_{13} & -M_{14} \\ -M_{21} & L_2 & M_{23} & M_{24} \\ -M_{31} & M_{32} & L_3 & M_{34} \\ -M_{41} & M_{42} & M_{43} & L_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} di_1/dt \\ di_2/dt \\ di_3/dt \\ di_4/dt \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_1 i_1 - u_{CB_1} - u_{\tilde{N}I_1} - U_{CB_1}(0) \\ -(R_2 + R_f) i_2 - u_{CH} \\ -R_3 i_3 - u_{CB_2} - u_{CI_1} \\ -R_4 i_4 - u_{CB_3} - u_{CI_3} \end{bmatrix}$$

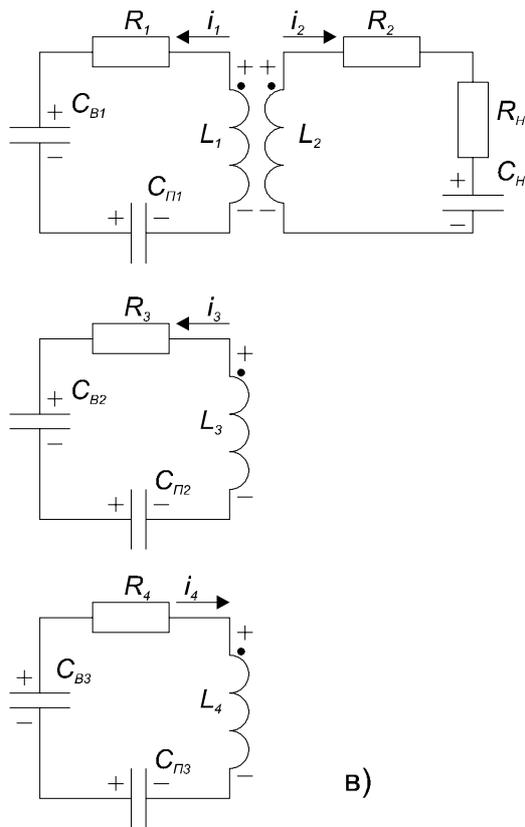
для второго контура (см. рис. 3,б)

$$\begin{bmatrix} L_1 & M_{12} & -M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & L_2 & -M_{23} & M_{24} \\ -M_{31} & -M_{32} & L_3 & -M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & -M_{43} & L_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} di_1/dt \\ di_2/dt \\ di_3/dt \\ di_4/dt \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_{CB_1}(0) + U_{\tilde{N}I_1}(0) - u_{CB_1} - u_{\tilde{N}I_1} - i_1 R_1 \\ -i_2 (R_2 + R_f) + U_{CH}(0) - u_{CH} \\ U_{\tilde{N}I_2}(0) + U_{CI_2}(0) - u_{\tilde{N}I_2} - u_{CB_2} - U_{CB_2}(0) - i_3 R_3 \\ -u_{CB_3} - u_{CI_3} + U_{CB_3}(0) - U_{CI_3}(0) - R_4 i_4 \end{bmatrix},$$



а)

б)



в)

Рис. 3

для третьего контура (см. рис. 3,в)

$$\begin{bmatrix} L_1 & M_{12} & M_{13} & -M_{14} \\ M_{21} & L_2 & M_{23} & -M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & L_3 & -M_{34} \\ -M_{41} & -M_{42} & -M_{43} & L_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} di_1/dt \\ di_2/dt \\ di_3/dt \\ di_4/dt \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_1 i_1 - u_{CB_1} - u_{NI_1} - U_{CI_1}(0) - U_{NI_1}(0) \\ -(R_2 + R_j) i_2 - u_{CH} - U_{CH}(0) \\ -R_3 i_3 - u_{NI_1} - u_{CI_2} + U_{NB_2}(0) + U_{CI_2}(0) \\ -U_{CB_3}(0) - u_{CA_3} - u_{CI_3} - R_4 i_4 + U_{CB_3}(0) + U_{CI_3}(0) \end{bmatrix}$$

С учетом нижеприведенных параметров контуров произведены численные расчеты и на рис. 4 показано напряжение и ток в относительных единицах на нагрузке.

$$U_{CB_1}(0) = 150 \text{ В}; C_{B_1} = C_{B_2} = C_{B_3} = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ Ф};$$

$$C_{I_1} = C_{I_2} = C_{I_3} = 0,068 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = 5,04 \cdot 10^{-6} \text{ Гн};$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 0,079 \text{ Ом};$$

$$M_{12} = M_{21} = M_{13} = M_{31} = M_{14} = M_{41} = M_{23} = M_{24} = M_{32} = M_{34} = M_{42} = M_{43} = 4,47 \cdot 10^{-6} \text{ Гн};$$

$$R_H = 97,08 \text{ Ом}; C_H = 4,43 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}, \text{ (параметры антенны).}$$

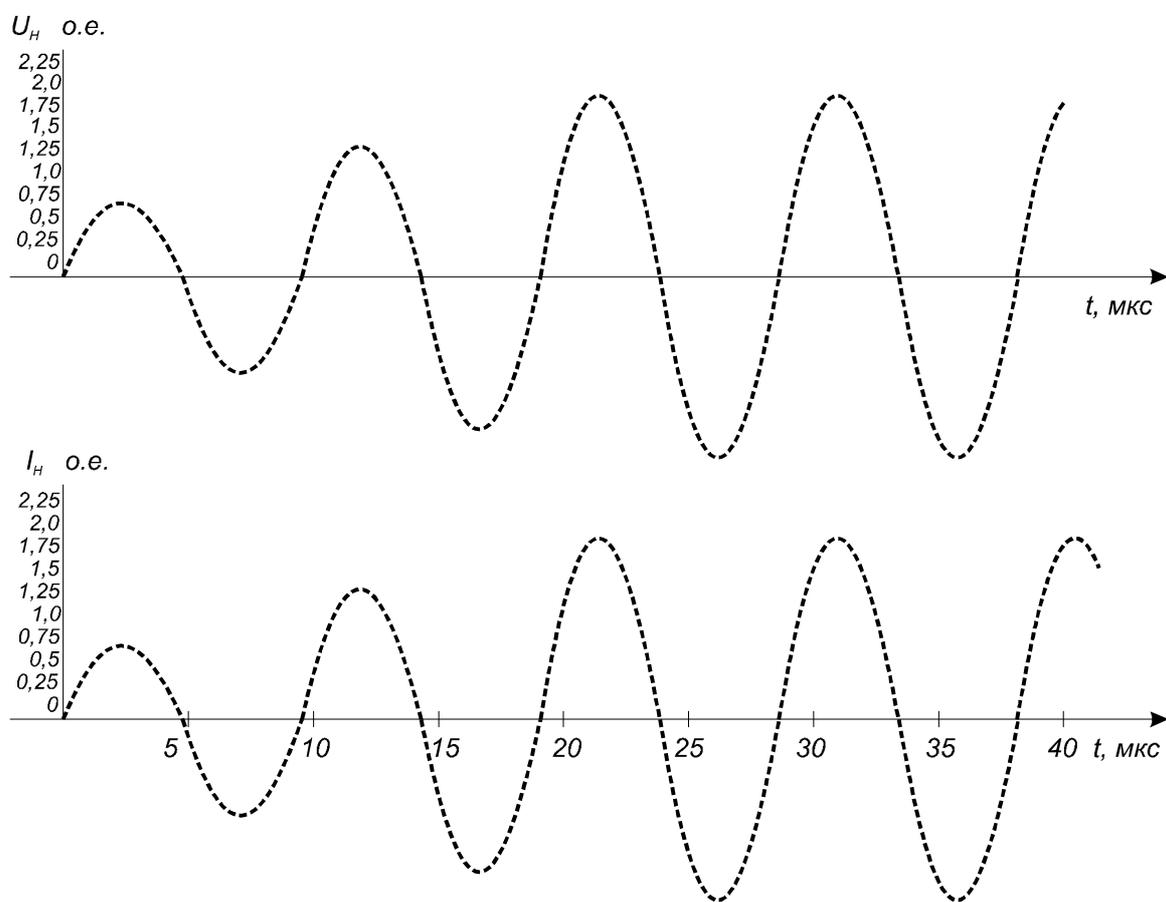


Рис. 4

Рассматриваемая схема была реализована при создании ультразвукового источника питания пьезокерамической антенны гидролокатора бокового обзора с частотой 125 кГц.

1. Беркович Е.И., Ивенский Г.В., Иоффе Ю.С. и др. Тиристорные преобразователи повышенной частоты. Энергоатомиздат, 1983, с.56-64.
2. Абдуллаев Г.Б., Исмаилов Т.К., Низамов Т.И. А.с. №767918 Н02 М7/515, БИ №36, 30.09.80.

3. *Низамов Т.И., Велиев М.Ю.* Тиристорный ультразвуковой генератор для возбуждения гидроакустических антенн. Проблемы энергетики, Изд-во «ЭЛМ», Баку, 2000, №3-4, с.178-184.
4. *Paşayev A.M., Mehdiyev A.Ş., Nizamov T.İ.* Yüksək tezlikli inverter № a2002 0215 13.11.02-dən «İlkin Ekspertizanın nəticələri haqqında müsbət BİLDİRİŞ» AR SMPDA.

TİRİSTORLU ULTRASƏS TEZLİKLİ GƏRGİNLİK ÇEVİRİCİSİNDƏ ELEKTROMAQNİT PROSESLƏRİ

NİZAMOV T.İ.

Məqalədə hidroakustik iqtisadiyyat sistemində antenasını qidalandırmaq üçün tiristorlu ultrasəs tezlikli gərginlik çevrəcisinin yaradılmasından bəhs edilir. Yaradılmış gərginlik çevrəcisində elektromaqnit prosesləri araşdırılmış və alınmış nəticələr göstərilmişdir.

ELECTROMAGNETIC PROCESSING ON THE THYRISTOR OF ULTRASONIC FREQUENCY CONVERTER VOLTAGE

NIZAMOV T.I.

This paper describes electromagnetic processing on the thyristor of ultrasonic frequency converter voltage for power supply antenna of hydro acoustics information systems. Calculated expression received here allows determining current and voltage values.