

ТВ ВИДЕО СИСТЕМА ЗА ПОДВОДНИ НАБЛЮДЕНИЯ И НАВИГАЦИЯ TV VIDEO SYSTEM FOR UNDERWATER OBSERVATION AND NAVIGATION

Росен Спиров, Нели Грънчарова, Георги Ангелов

Резюме: Статията представя проект и конструктивно решение на ТВ система за подводни наблюдения и ДУ за навигация за подводен робот, съобразени със спецификата на подводните условия, течения, осветеност, дълбочина, налягане и др.

Ключови думи: Визуализация, Дифракция, Обработка на Изображения, Холограма

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Роботите за подводни изследвания и спасителни операции са модерни технически съоръжения, проектирани в анонс със спецификата на работа под вода и световните тенденции (фиг. 1) [1].



Фиг.1 ROV

Съществена и неопценима е помощта на тези апарати в издирвателни и спасителни операции, при бедствия и аварии в трудни и понякога опасни за човека условия (фиг.2).



Фиг.2 Спасителни операции

Подводния апарат е ефективно средство за опазване на водите, подводната флора и фауна, засичане на петролни разливи в акваторията на пристанищата и шелфа (фиг.3).



Фиг.3 Подводна екология и археология

Подводните работи обикновено са оборудвани с локатори за страничен обзор (сонари) и подводни ТВ камери. Съвременните ТВ системи са два типа:

❖ Отворени - тук се отнасят системите за телевизионно радио разпръскване.

❖ Затворени - предназначени са за наблюдения на напълно определени обекти или процеси, което дава възможност за значително опростяване на техните регулировки и за намаляване на теглото, размерите и цената им.

Параметрите, съставът, схемите и конструктивните решения на затворените системи са съгласувани максимално с предназначението им. В случаите, когато тв сигнали трябва да се предават на големи разстояния, като преносна среда в затворените телевизионни системи, се използват влакнесто – оптични кабели [2].

II. ТЕХНИЧЕСКИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ СИСТЕМАТА ЗА ПОДВОДНА ТЕЛЕВИЗИЯ

2.1. Компоненти на системата за подводна телевизия

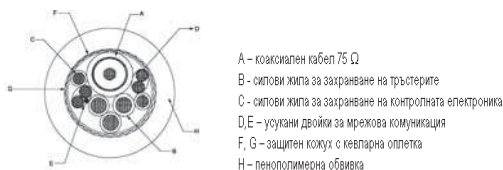
Системата за подводна телевизия включва две основни звена [3]:

➤ Първото звено се намира на кораба и включва в себе си: монитор, приемник на ТВ сигнал, хидроакустична апаратура, предавател на блока за дистанционно управление и захранващ блок.

➤ Второто звено се намира в подводния апарат и се състои от ТВ камера, предавател на ТВ сигнал, приемник на блока за дистанционно управление, бордна електроника, ел. задвижване, хидроакустична апаратура, прожектори, фотоапарат, манипулатор, др.

Двете звена са свързани помежду си с коаксиален кабел - тетер, дълъг 2000 м., който е същевременно и носещ на цялата подводна конструкция.

Най – критичния параметър на кабела е затихването на пренасяния сигнал, като за честота 5.5 MHz, то е над 30 dB на 1000м. Затихването на сигнала следва логаритмичен закон и за честоти над 10MHz ще е нужно по-голямо усилване. По същия кабел към подводния апарат трябва се подава захранващо напрежение 220 V и управляващи сигнали, а в обратна посока се получава видео и хидроакустическа и др. информация.

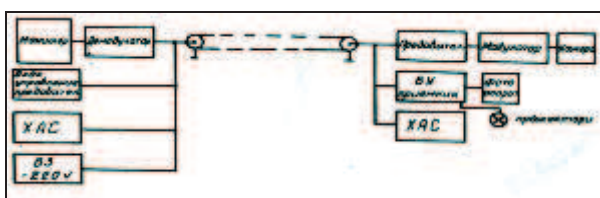


Фиг. 6. Сечение на тетер

2.2. Проблематика и възможности

Основния проблем в системата за подводна телевизия е обработката на видеосигнала е освобождаването на долната честотна лента - до 100kHz, като същевременно носеща честота на модулирания видео сигнал да не надхвърля 10MHz.

Търсеното решение може да се базира на използване на принципите за честотната модулация и демодулация [4]. На същия принцип работят множество видеоманетофони, като видеосигнала се компресира до 3.5 MHz, извършват се съответните предавателни обработки и сигнала се модулира с носеща честота 5.5 MHz така, че честотната девиация е около 1.9 MHz. Така долната честота се освобождава, а носещата честота на модулираното трептение е под 10 MHz. Блоквата схема комуникационния канал на системата за посводна ТВ е представена на фиг.7



Фиг.7 Блокова схема на система за подводна ТВ

III. ТЕХНИЧЕСКИ РЕШЕНИЯ

Имайки предвид изискванията, които се поставят пред тв канал в системата и начините и методите, използвани за подбор и обработка на видеосигнала, практично решение би могло да бъде сведено до

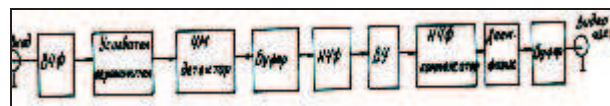
използване на 2 интегрални схеми производство на компанията „SONY”:

- ✓ CX131A - модулатор,
- ✓ CX135 -демодулатор.

Реализацията на блоковата и принципната схеми на модулатора и демодулатора са техническото решение, предложено от SONY Co. в модел “VD-5850P” [5]. Пълните блокови схеми на модулатора и демодулатора са представени на фиг.10 и фиг.11.

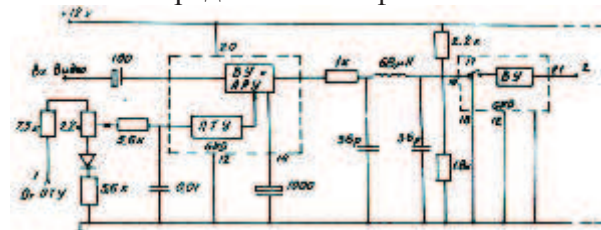


Фиг.10 Блокова схема на модулатора



Фиг.11 Блокова схема на демодулатора

Принципа на действие на модулатора накратко е а следния. Първото стъпало на схемата представлява един видеоусилвател с АРУ. Той поддържа постоянно ниво на подавания сигнал, защото условията при които работи камерата се променят непрекъснато. Този видеоусилвател се намира в интегрална схема CX131A, а принципната ел схема е представена на фиг.12.



Фиг.12 Видеоусилвател с CX131A

Второто стъпало представлява НЧФ. Той ограничава спектъра на усиления сигнал. НЧФ е П-образен. Условието за прозрачност на филтъра е:

$$-1 \leq \frac{j\omega L}{4/j\omega C} \leq 0 \quad \text{или} \quad 0 \leq \frac{\omega^2 LC}{4} \leq 1$$

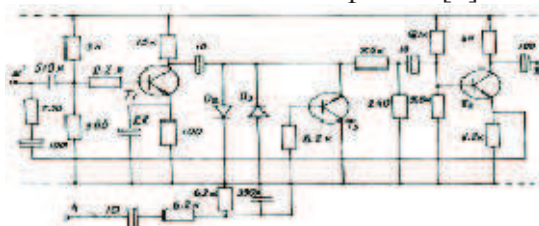
Получават се 2 честоти на срез $\omega_0 = 0$ и $\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{LC}}$. Така филтъра пропуска сигнали с

честоти от 0 до $\frac{2}{\sqrt{LC}}$. В този интервал: $\varphi = \beta - \arccos \cos(1 - 2\omega^2/\omega_0^2)$

за $\omega \geq \omega_0$, $\alpha = \text{arch}(1 - 2\omega^2/\omega_0^2)$. Вълновото съпротивление на филтъра е:

$$\rho_n = \sqrt{\frac{L}{c} \left(\frac{1}{1 + \omega^2 / \omega_0^2} \right)}$$

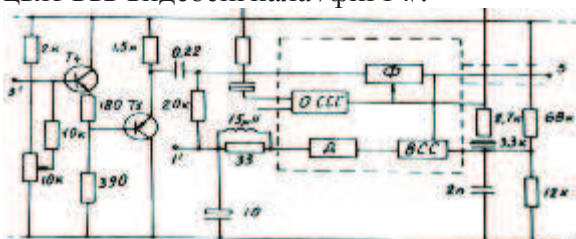
Третото стъпало е видеоусилвател на нивото на видеосигнала след НЧФ /фиг13/ [6].



Фиг.13 Видеоусилвателя

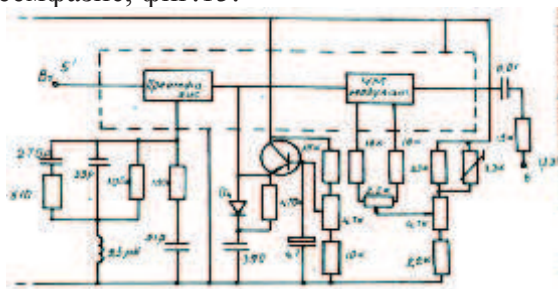
При постъпване на сигнала през ВЧФ с Т1 следва усилване и инвертиране на ВЧ съставни на сигнала и последващо ограничение с диодите Д1 и Д2. След ограничителя следва смесително стъпало с Т2. Така се постига отрязване на ВЧ в областите близки до ниво черно, което е необходимо, защото ниво черно се предава в НЧ област. Т3 е ключ за изключване на схемата за ДВЧК по време на предаване на синхронизиращите импулси. Това предотвратява евентуална загуба на информация за цвят.

След блока на ДВЧК видеосигнала преминава през буферно стъпало от 2 емитерни повторители за съгласуване с входа на фиксатора, който поддържа нивото на черния цвят във видеосигнала /фиг14/.



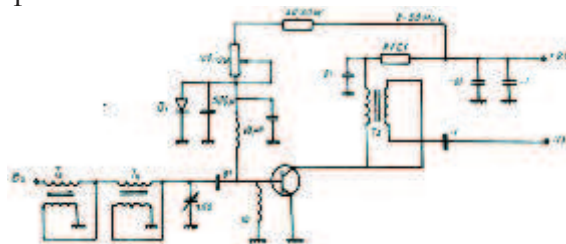
Фиг14. Буферно стъпало с фиксатор

От фиксатора, видеосигналът постъпва на входа на блок за ВЧ корекция - т.н. преемфазис, фиг. 15.



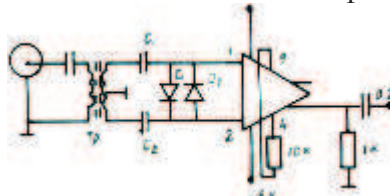
Фиг.15 Блок за ВЧ корекция

След процеса девиацията на видеосигнала се ограничава с транзистора Т5 и сигнала постъпва на входа на честотния модулатор. Честотно модулирания сигнал след буфера се подава към оптичния предавател. За да се осигури изискваната стабилност на преднапрежение със защита срещу повреда от прегряване е използвана диодната схема от фиг16.



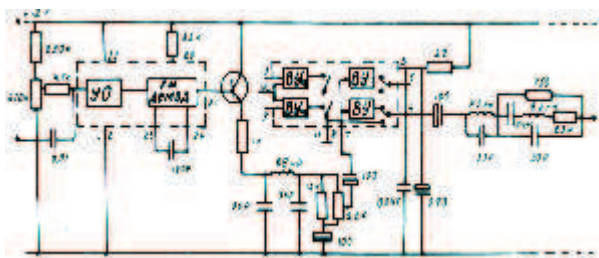
Фиг.16 Изходно стъпало

В приемната страна на комуникационния канал в подводния апарат, сигналът от кабела преминава през ВЧ филтър за отделяне на сигналите с ЧМ от хидроакустичните и комутационните сигнали, които през диоден ограничител постъпват на диференциалния вход на ОУ МАА733 от фиг.17 [7].



Фиг.17 Приемник на комуникационния канал

Така усиленият сигнал преминава през ограничител, за елиминиране на паразитната амплитудна модулация, получена вследствие на нееднаквото затихване на сигналите с различна честота по канала. След АО ЧМ сигнал преминава през демодулатора. Получения комплексен тв сигнал постъпва на входа на буферно стъпало, изградено като емитерен повторител. Той съгласува изхода на модулатора с входа на следващия блок – НЧФ, елиминиращ комбинационните честоти след дедектирането. Затихналият КТС трябва да се усили и се подава на ВУ. През НЧФ видеосигнала преминава през блока за деемфазис корекция. АЧХ на тази корекция е обратна на преемфазисната. Тук наклонът в характеристиката на деемфазисната корекция може да се промени със следната схема:



Фиг.18 Блок за деемфазис-корекция

Около ниво черно двата диода D_1 и D_2 са запушени и съпротивлението на филтъра е 820Ω при хоризонтален наклон на характеристиката. В областите близки до ниво бяло двата диода се отпушват и резисторът $1k\Omega$ се оказва паралелно включен на този 820Ω . Сумарното съпротивление на хоризонталният наклон може да се определи:

$$R_x = \frac{(R_{D1} + R_{D2} + R_{820}) \cdot R_{1k}}{R_{D1} + R_{D2} + R_{820} + R_{1k}}$$

Тази промяна на съпротивлението води до промяна на времеконстантата на филтъра, а оттам се променя наклона в характеристиката на деемфазисната корекция. Така вече коригиран видеосигналът е пълно копие на този от тв камера и през буферното стъпало се изпраща за запис, последваща цифрова обработка или към монитор за видео наблюдение.

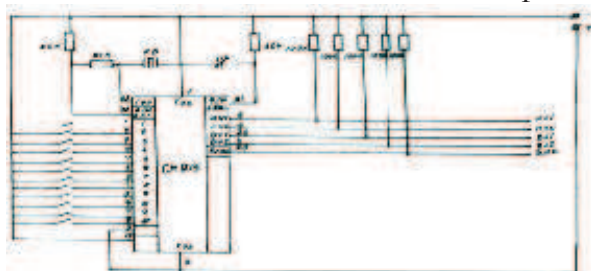
III. БЛОВОВА И ПРИНЦИПНА СХЕМА НА ДИСТАНЦИОННОТО УПРАВЛЕНИЕ

От особеностите на задачата се вижда, че дистанционното управление трябва да осъществи връзка между пулта за наблюдение, намиращ се на кораба и електронната ТВ и хидроакустична апаратура и управление на задвижването на подводния апарат, за да се осигури нормална работа.

Системата на ДУ се състои от два блока:

- Блок -пулт за управление:
- Блок –приемен в подводния апарат:

За блок „избор на команда” се използва клавиатура от дванадесет бутона и генератор на базата на ИС СМ915 и ел.схема от фиг.19.



Фиг.19 Блок „избор на команда”

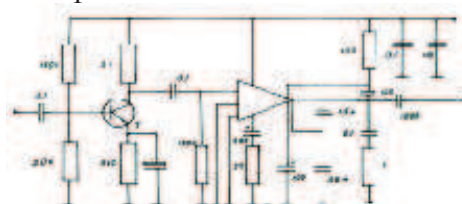
Предавателния блок на ДУ може да се представи с блок-схемата от фиг.20.



Фиг.20 Предавателен блок

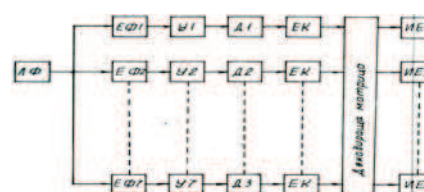
Исходният сигнал от генератора G съответства на избраната команда и се подава към предусилвателя ПУ. След преминаване през НЧ усилвател и лентов филтър управляващият сигнал постъпва към линията за връзка към приемника на подводния апарат.

Използваната ел.схема на ПУ е едностъпална, изпълнена с NPN транзистор по схема „общ емитер” и усилвател на мощност /фиг.21/.



Фиг.21 Схема на ПУ и УМ

НЧУ е изпълнен с ИС МВА 810. Блоквата схема на приемника на ДУ е представена на фиг.7.



Фиг.22 Блоквата схема на приемника на ДУ

Схемата включва функционалните блокове:

- Електронен теснолентов филтър за ограничение на лентата на пропускане от 300 Hz до 5 kHz,
- 7-теснолентови ел. филтри за филтриране на 7-те основни честоти от предавателя.
- Усилватели за възстановяване нивото на сигнала.
- Декодираща матрица
- Логически блок и изпълнителни елементи.

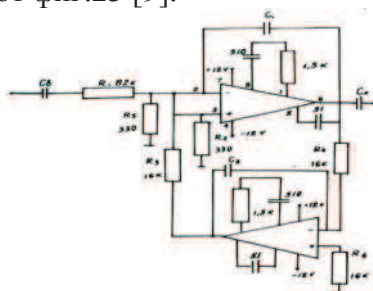
Най – съществена част в приемния блок са електроните теснолентови филтри и определяне на необходимия качествен фактор [8]. Честотите са: 697, 770, 852, 941, 1209, 1336, 1477 Hz.

Вижда се, че най – малкото честотно разстояние е това между честотите 697Hz и 770Hz, което е 73Hz. Така теснолентовия филтър с качествен фактор 20, напълно отговаря на изискванията и :

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q} \quad \Delta f = \frac{697}{20} \approx 35 \text{ Hz} \quad f_{c2} = f_0 + \frac{\Delta f}{2}$$

$$f_{c2} = 697 + \frac{35}{2} \approx 714,5 \approx 715 \text{ Hz}$$

За реализиране на филтъра се използва схемата от фиг.23 [9].



Фиг.23 Лентов филтър

Схемата е с $Q = 50$, коефициентът на предаване $= 10$ и средна честота в границите от 300 до 5 kHz. По своята същност схемата представлява усилвател, реализиран с OU_1 , обхванат от честотно зависима активна ООВ осъществена с OU_2 . Сабилността на постоянно токовия режим на двата ОУ се обуславя от постоянно токова ООВ от изхода на OU_1 през R_4 OU_2 и R_3 към неинвертиращия вход на OU_1 .

С увеличаване на честотата коефициента на усилване на усилвателя с OU_1 и дълбочината на активната ООВ с OU_2 намаляват, но намаляването на дълбочината на ООВ става по-бързо. Така при много високи честоти активната ООВ фактически престава да действа, тъй като кондензатора C_2 има нищожно съпротивление и в неинвертиращия вход на ОУ не се подава напрежение.

Свойствата на схемата, като теснолентов филтър се определя едновременно от RC – групата $R_1 - C_1 - C_2 - R_2$ и честотнозависимата ООВ от изхода на ОУ към инвертиращия вход R_1 и C_1 образуват пасивен Γ – образен НЧФ, който пропускат сигнали от 0 до

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Следващата група $C_2 - R_2$ е Γ – образен пасивен ВЧФ, пропускащ сигнали до гранична честота:

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

Елементите $R_3, R_4, R_5, C_3, C_4, C_5$ и във веригата на ООВ на ОУ образуват двоен Т – мост. Неговата АЧХ е много остра -лентата на пропускане е тясна, и при точни стойности на елементите, коефициента на предаване на моста е 0 т.е при тази честота няма ООВ и коефициента на предаване на филтъра е максимален. За да се получи дадена f_0 капацитетите $C_1 - C_5$ се изчисляват по формулите:

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = \frac{10,2 \text{ [nF]}}{f_0 \text{ [kHz]}}$$

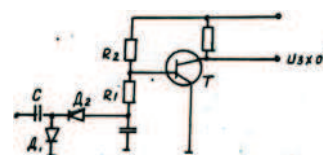
$$C_5 = 2C_1$$

Стръмността на АЧХ в първата октава под долната граница на честотата и в първата октава над горната гранична честота е 26,5 dB/oct.

След лентовия филтър е използван усилвател с ОУ с голямо входно съпротивление и регулиране на дълбочината на ООВ плавно в границите от 1 до 100 пъти. Това е напълно достатъчно, тъй като сигнала на лентовия филтър може да се изменя в границите от 204 mV ÷ 4 V, тъй като коефициента на предаване е равен на 68, а входното напрежение е от 3 mV до 60 mV.

$$k = \frac{R_2 + R_1}{R_2} = 1 + 100 \text{ пъти}$$

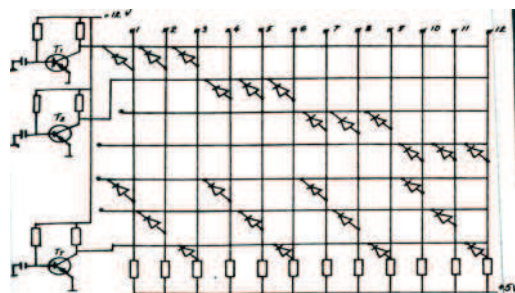
при $R_1=0$ $k=0$. След изправяне може да се осигури необходимото постоянно напрежение за работа на електронните ключове, често изпълнени по схема „ОЕ. Транзисторът се запущва при $0 \leq U_{BE} \leq U_{BE0}$ На фиг.24 е представена ел.схема на диоден изправител с транзисторен ключ.



Фиг.24 Електрония ключ

Сигнала се изправя от D_1 и D_2 и компенсира тока, протичащ през съпротивлението R_2 . Транзистора Т се запущва и неговото колекторно напрежение се повишава.

За дешифриране на командите се използва схема с диодна матрица, представена на фиг.25.



Фиг.25 Декодер на команди

След декодиране на командите следва тяхното изпълнение от системите за позициониране и ел.задвижвания на подводния робот, манипулатори и др изпълнителни механизми.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Създаденият комуникационен канал обезпечава с визуална информация командното звено на кораба за текущото местоположение на подводния апарат и предава навигационните команди към системите за задвижване и управление на манипулатор ако е предвиден такъв. Това са особено важен и отговорен набор задачи изискващи съобразяване със спецификата на подводните условия, течения, осветеност, дълбочина, налягане, др.

III. ИЗВОДИ

1. Направен е анализ с акцент върху особеностите на апаратите за работа под вода и специфичните изискванията към подводните телевизионните видео системи.
2. Постигнато е решение на основния проблем при изграждането на системата за подводна телевизия, като чрез обработка на видеосигнала се освобождава долната честотна лента - до 100kHz, като носеща честота на модулирания видео сигнал не надхвърля 10MHz.
3. Реализирано е конкретно конструктивно решение на ТВ канал за подводна телевизия.
4. Реализирано е конкретно конструктивно решение на ДУ за навигация на подводен апарат.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Kato N, Median and paired fin controllers for biomimetic marine vehicles, Journal of Applied Mechanics Reviews, vol. 58, pp. 238–252, 2005.
- [2] Спиоров Р, Цанов П. „FPGA Интегрирана система и управление на подводен робот СКАТ за откриване на динамични обекти“, „Известия Съюза на Учените“ 2010г, ISSN 1310-5833.
- [3]Е. Филков и Р. Кунчев – „Електронни схеми за визуална информация“изд. Техника 1981 г.
- [4]В. Кисьов – „Телемеханика“изд. Техника 1978г.
- [5]Сервизно описание на видеоманетофон „Сони“ модел VO-5850 P – 1983 г.
- [6]Н. Шварц – „Линейни транзисторни усилватели на СВЧ“ изд. Советское радио 1980 г.
- [7]Х. Шойлев – „Сборник от приложни схеми с операционни усилватели“ изд. Техника 1981 г.
- [8]С. Куцаров – „55 практически схеми на електронни филтри“ изд. Техника, 1984 г.
- [9]Д.Ленк–„Наръчник по опростено проектиране на схеми с полупроводникови елементи“, Техника 1981.

За контакти:

Росен Спиоров
ТУ-Варна, “ОУЛ по Електроника”,
9010, Варна, Ул. Студентска № 1, 606Е
e-mail: rosexel@abv.bg

Нели Грънчарова, ТУ-Варна, ФЕ,
кат.КТТ,
9010, Варна, Ул. Студентска № 1,
e-mail: nelly2000@abv.bg

Георги Ангелов ТУ-Варна, ФЕ, кат.ЕТМ,
9010, Варна, Ул. Студентска № 1,
e-mail: valeddy@abv.bg