

ISSN 1811-1858

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ



С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ
ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІ

ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ СЕРИЯ



2'2011

ПМУ ХАБАРШЫСЫ
ВЕСТНИК ПГУ

43
серия ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ

1

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік
университетінің ғылыми журналы
Научный журнал Павлодарского государственного
университета имени С. Торайғырова

1997 жылы құрылған
Основан в 1997 г.



С. Торайғыров
атындағы ПМУ-дің
академик С.Бейсембағи
атындағы ғылыми
КІТАПХАНАСЫ

ПМУ
ХАБАРШЫСЫ
ВЕСТНИК ПГУ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

2 2011

Теруге 11.12.2011 ж. жіберілді. Басуға 12.12.2011 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 6,10 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген М.А. Ескожинова
Корректорлар: Б.Б. Әубәкірова, М.А. Джумадиева, А.Р. Омарова
Тапсырыс №1625

Сдано в набор 11.12.2011г. Подписано в печать 12.12.2011 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 6,10 ч.-изд. л Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка М.А. Ескожинова
Корректоры: Б.Б. Аубакирова, Б.В. Нургожина, А.Р. Омарова
Заказ №1798

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: publish@psu.kz
kereku@mail.ru

А.П. КИСЛОВ, А.О. ЮСУПОВА, А.А. БЕКТАСОВА АНАЛИЗ ПЕРЕДАТЧИКОВ С ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

В радиолокации, радионавигации и некоторых специальных системах используются ВЧ колебания с прямоугольной огибающей и имеющих скважность Q импульсов десятки, сотни, тысячи. В зависимости от назначения передатчиков длительность импульсов может быть различной – от наносекунд до миллисекунд.

Из-за широкой полосы частот передатчики, излучающие более короткие импульсы, работают на более коротких волнах: при наносекундных импульсах – в диапазоне миллиметровых волн, при микросекундных импульсах – в диапазоне сантиметровых и дециметровых и т.д.

Средняя мощность импульсных колебаний ВЧ $P_{\text{ср}}$ определяется отношением энергии, выделенной за время $\tau_{\text{им}}$, к периоду T (рисунок 1)

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{имп}} \cdot (\tau_{\text{им}} / T) = P_{\text{имп}} / Q;$$

где $P_{\text{имп}}$ – мощность в импульсе.

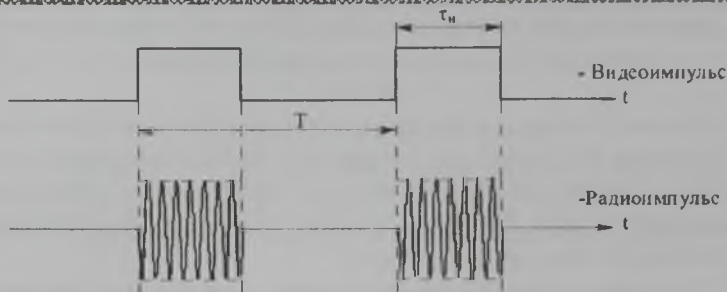


Рисунок 1

Спектр радиопульса определяется длительностью прямоугольной огибающей, т.е. длительностью видеоимпульса.

Верхняя частота спектра определяется соотношением

$$f_B = (0,3 \div 0,4) / \tau_{\phi}$$

где τ_{ϕ} - длительность фронта видеоимпульса

В среднем $\tau_{\phi} = 0,1 \mu\text{с}$, тогда $f_B = (3 \div 4) / \tau_{\phi}$.

Например, для $\tau_{\phi} = 1 \text{ мкс}$, $f_B = 3 \div 4 \text{ МГц}$, а полоса спектра, занимаемая радиопульсом при АМ, $\Delta f = 2f_B = 6 \div 8 \text{ МГц}$.

Таким образом, импульсные передатчики занимают широкую полосу частот. При этом высокой стабильности средней частоты не требуется, поскольку полоса широкая и уход средней частоты не будет сильно влиять на качество передачи. Схемы не требуют стабилизирующих цепей, т.е. многокаскадности.

В принципе может применяться однокаскадный передатчик, например, на одном магнетроне.

На практике, однако, в связи с повышением требований к качеству передатчиков, используются многокаскадные импульсные передатчики.

Поскольку мощность в импульсе $P_{\text{имп}}$ в сотни или тысячи раз превышает среднюю мощность, то целесообразно применять генераторные лампы или другие электронные приборы (активные элементы) специальной конструкции, обеспечивающей большие кратковременные импульсы анодного тока при высоких напряжениях анодного питания и относительно малых значениях мощности рассеиваемой на электродах. Оксидные катоды таких ламп могут работать при микросекундных и меньших длительностях импульсов. При значениях τ_n в десятки мкс наступает «отравление» катода и лампа теряет эмиссию. Поэтому используются обычные генераторные лампы с тарированными карбидированными катодами, предназначенными для работы в непрерывном режиме.

В импульсном режиме анодное напряжение лампы форсируется до $25 \div 30$ кВ, а также повышается напряжение возбуждения. Выпускаются для импульсной модуляции и специальные лампы.

Импульсный режим в принципе можно осуществить и методами АМ. Однако усиление импульсных ВЧ колебаний с большой скважностью, без снятия анодного питания во время пауз имеет существенные недостатки. Основной недостаток - увеличивается средняя мощность рассеяния на аноде, что может вывести лампу из строя.

В связи с этим широкое распространение получила импульсная модуляция в анодной цепи лампы.

Импульсная анодная модуляция может осуществляться одновременно в двух и более смежных каскадах ВЧ или в сочетании с манипуляцией в сеточной цепи.

При импульсной анодной модуляции экономически невыгодно использовать источники постоянного напряжения. Поэтому на практике используются схемы питания, в которых реактивность (емкость или индуктивность) длительно накапливает энергию, получаемую от источников постоянного тока, т.е. происходит так называемый заряд накопителя. Затем накопитель отдает энергию кратковременно в виде импульса (разряд накопителя). Подобные устройства, называются импульсными модуляторами.

В самом общем случае в зависимости от того, какой из параметров импульсов меняется, различают три основных вида модуляции:

1. Амлитудно-импульсную (АИМ).
2. Широтно-импульсную (ШИМ).
3. Фазово-импульсную (ФИМ).

В генераторах на триодах, используемых в РЛС метровых и дециметровых волн, возможна модуляция на сетку и на анод.

Модуляции на сетку присущи недостатки:

1. Увеличение потерь в анодной цепи в связи с появлением термотока сетки, который в импульсных лампах оказывается значительным вследствие большой мощности накала и близкого расположения сетки к катоду.

2. Уменьшение электрической прочности ламп, т.к. анодное питание не снимается.

Достоинства: требуется меньшая мощность модулятора. На практике, однако, такой способ применяется редко.

Основной в РЛС является модуляция на анод. В момент пауз генерация отсутствует, т.к. напряжение на аноде лампы равно нулю. В моменты работы генератора на анод лампы подается импульс высокого напряжения от модулятора.

Достоинства анодно-импульсной модуляции:

1. Величина импульсного напряжения может быть значительно больше постоянного.

2. Отпадает необходимость в большом отрицательном смещении в цепи сетки.

сетки.

Классификация импульсных модуляторов

Приведём структурную схему импульсного модулятора (рисунок 2):

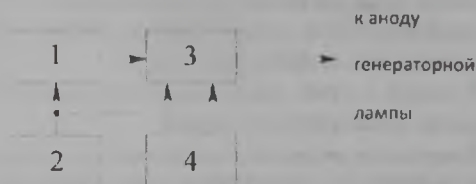


Рисунок 2

1. Накопитель.
2. Источник питания.
3. Коммутатор.
4. Подмодулятор (может отсутствовать).

Различают модуляторы с емкостными, индуктивными накопителями и накопители на основе длинных линий (наиболее перспективные модуляторы).

1. Емкостные накопители накапливают электрическую энергию при разомкнутом коммутаторе (в паузах между импульсами) и отдают её генератору при замкнутом коммутаторе.

2. В индуктивных накопителях энергия накапливается в магнитном поле катушки при замкнутом коммутаторе и отдается генератору при разомкнутом, когда разрыв тока в катушке вызывает появление большой ЭДС самоиндукции.

3. В длинных линиях при разряде на активное сопротивление, равное её волновому сопротивлению, на нагрузке создается близкий к П-образному импульс напряжения.

В качестве коммутаторов, позволяющих осуществить быструю коммутацию больших токов (сотни ампер) и напряжений (десятки киловольт), используются искровые вращающиеся разрядники, тиратроны и тригатроны, а также нелинейные индуктивности.

При этом их называют «мягкими» коммутаторами, а если в коммутаторе используются электронные лампы, то «жесткими» коммутаторами.

В «мягких» коммутаторах можно управлять только началом процесса разряда. Начавшийся разряд уже нельзя прервать и он продолжается до тех пор, пока напряжение не упадет до величины напряжения затухания. Такой характер работы коммутатора приводит к полному разряду накопителя.

Преимущество «мягких» коммутаторов - простота конструкции, малые габариты и вес.

Недостатки:

1. Невозможность работы на размыкание.
2. Зависимость формы импульса от длительности разряда.

«Жёсткие» коммутаторы на лампах могут быть использованы, как и при замыкании, так и при размыкании.

Достоинство: Форма импульса близка к прямоугольной.

Недостаток: Необходимость в больших запирающих напряжениях для сетки. Это снижает КПД.

Требования, предъявляемые к модуляторам РЛС:

1. Минимальное время нарастания и спада импульса.
2. Малое изменение амплитуды в течение длительности импульса.
3. Минимум внутреннего сопротивления.
4. Максимум импульсной и средней мощности.

Высокая крутизна фронта нарастания $t_{\mu} = (0,1 \div 0,2)\pi_{\mu}$ увеличивает точность фиксации времени начала импульса, а, следовательно, повышает точность определения координат объекта.

Модуляторы с частичным и полным разрядом накопителя

Модуляторы с частичным разрядом накопителя. Обычно применяют ёмкостные накопители или искусственные длинные линии.

Приведём два варианта эквивалентных схем импульсных модуляторов с частичным разрядом накопителя (рисунок 3) и (рисунок 4).

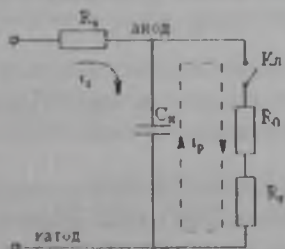


Рисунок 3

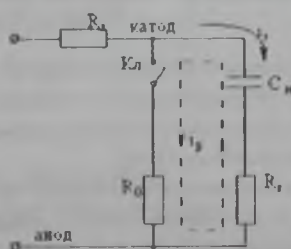


Рисунок 4

На рисунке 3. Сопротивление R_g генератора не входит в цепь заряда и включено последовательно с ключом Кл. При этом медленный заряд конденсатора C_n происходит через сопротивление R_g , а разряд – через сопротивление $R_n + R_g$ (сопротивление $R_n \gg R_n + R_g$ и на разряд не влияет).

На рисунке 4. Заряд конденсатора происходит через сопротивления R_g и R_n , а разряд также, как и в первом варианте.

Применение каждого из вариантов связано с тем, какой из электродов генератора заземлён (анод или катод)

СИМВОЛЫ И СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРALLELНОМУ СОЕДИНЕНИЮ

Постоянная времени заряда до уровня $0,9 E_0$ и разряда во второй схеме (рисунок 4): $\tau_i = 2.23 \cdot C_H \cdot (R_i + R_l)$;

$$\tau_p = C_H \cdot (R_0 + R_l);$$

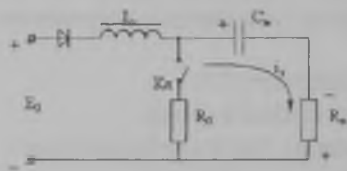


Рисунок 5

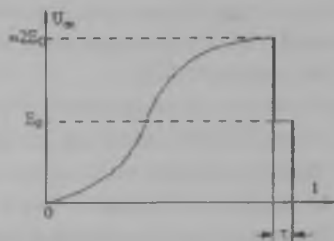


Рисунок 6

При разряде период собственных колебаний зарядной цепи должен быть согласован с периодом следования импульсов.

$$U_{Cn} \approx E_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

Индуктивность зарядного дросселя $L3$ с ёмкостью Cn образуют контур с периодом собственных колебаний

$$U_{Cn} = E_0 \cdot e^{-t/\tau};$$

Изменение напряжения на контуре в течение длительности импульса τ_H

$$\Delta U = E_0 (1 - e^{-\tau_H/\tau}) \approx E_0 \cdot (\tau_H / \tau).$$

Схемы с частичным разрядом позволяют создавать импульсы напряжения близкие по форме к прямоугольным, но обладают малым КПД (рисунок 6).

Модуляторы с полным разрядом накопителя также получили широкое распространение в РЛС.

В качестве накопительного элемента используется искусственная длинная линия, а управление работой осуществляется «мягким» коммутатором.

Достоинство: Получение больших мощностей, высоких напряжений и большого КПД вследствие уменьшения внутреннего сопротивления коммутатора.

Для реализации этого применяют резонансный метод заряда длинной линии от источника питания (\sim или $=$). Такой заряд накопителя, в отличие от заряда через активное сопротивление, позволяет получить высокий КПД (до 95%) и, почти, удвоенное напряжение на зарядном элементе.

С помощью индуктивных накопителей заряда также реализуются модуляторы с полным разрядом.

А.П. КИСЛОВ, А.О. ЮСУПОВА, А.А. БЕКТАСОВА
ИМПУЛЬСТЫ МОДУЛЯЦИЯСЫ БАР ХАБАРЛАҒЫШТАРДЫҢ
ТАЛДАУЫ

A.P. KISLOV, A.O. USSUPOVA, A.A. BEKTASOVA

THE ANALYSIS OF TRANSMITTERS WITH PULSE MODULATION

Түйіндеме

Жұмыста талдаудың нәтижесінде радиоимпульсінің спектрі тік төртбұрышты айналатын ұзақтығымен анықталатыны айқындалған, яғни бейнеимпульстің ұзақтығымен; импульсты хабарлағыштар жиіліктерінің кең жолақтары орналасады. Кең және орташа жиіліктің күтуі жолақ берілуді сапаға ықпал етпейді, сонымен бірге орташа жиіліктің биік тұрақтылығы керек болмайды. Схемалар тұрақтанған шынжырлар талап етпейді, сонымен бірге зарядтың индукциялы жинақтағыштары көмегімен толық дәрежесі бар модуляторларды жүзеге асырады.

Resume

The analysis of the work revealed that the range of the radio pulse is determined by the length of a rectangular envelope, ie video pulse duration, pulse transmitters occupy a wide band of frequencies. At the same time high stability of the average frequency is not required because the band is wide and the average frequency of care will not greatly affect the transmission quality. Scheme does not require stabilizing chains, ie multistage, with inductive storage charge modulators are also implemented with a full discharge.