

УДК 621.314.572:621.376.56

СТРУКТУРЫ СИЛОВЫХ ИНВЕРТОРНЫХ ЯЧЕЕК С КОДОИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ И ЗВЕНОМ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ

А.М. Семиглазов

В работе рассмотрены схемные решения силовых инверторных ячеек работающих на повышенных частотах и структуры цифровых инверторов на их основе. Подробно исследованы методы формирования алфавита ЦИ, как для p -ричной системы счисления, так и для комбинированной двоично- p -ричной. Исследованы также мостовые ЦИ и широко представлены структуры ключей переменного тока.

Ключевые слова: силовая ячейка, цифровой инвертор, демодулятор, мостовая схема, эпюра, ключи переменного тока, трансформатор, габарито-массовые показатели.

Введение

Трансформаторные цифровые инверторные (ЦИ) ячейки без звена повышенной частоты с коммутацией по первичной стороне трансформатора не целесообразно использовать для синтеза квазисинусоидального сигнала на частотах ниже 1 кГц из-за значительного повышения их массо-габаритных показателей.

Для устранения этого недостатка следует обеспечить работу силовой ячейки на повышенных частотах 10 – 20 кГц. а коммутацию обмоток производить по вторичной стороне трансформатора.

На рисунке 1 приведены некоторые из таких структур [1–4]. Схема 1а представляет пятеричный двухразрядный ЦИ. На первичной стороне силовой ячейки ($C_{ия}$) трансформатора подключён двухтактный ключевой усилитель мощности по «нулевой» схеме; на вторичной стороне расположены две группы обмоток (разрядов). Каждый разряд содержит по 5 отводов и по 5 ключей переменного тока – по два по обе стороны от среднего ключа $K_{лс}$.

Каждая секция в разряде содержит равное число витков, но количество витков в каждом из разрядов в p - раз отличается от соседнего (p - основание системы счисления, в нашем случае $p = 5$). Ноль алфавита обеспечивается одновременным включением средних ключей обоих разрядов (к.з. нагрузки Z_H). Формирование 1 алфавита осуществляется замыканием соседнего ключа с $K_{лс}$ и размыканием $K_{лс}$; формирование 2 алфавита осуществляется замыканием крайнего ключа и размыканием предыдущего. Формирование положительных чисел осуществляется работой, например, левой группой ключей, а отрицательных чисел – правой.

Последовательное включение групп обмоток (разрядов) позволяет формировать всю цифровую ёмкость чисел (S) или число ступенек в четверти периода синтезируемого выходного сигнала:

$$S = \frac{p^n - 1}{2} = 12,$$

(в нашем случае $p = 5$; $n = 2$).

Формирование каждой из ступенек выходного низкочастотного сигнала будет происходить за несколько периодов высокой частоты (в/ч) поэтому каждый полупериод в/ч будет производиться симметричная смена работы левой и правой относительно ключа $K_{лс}$ групп обмоток и ключей, осуществляя двухфазное выпрямление в/ч сигнала по схеме со «средней точкой»

Если необходимо сформировать многофазную сеть то это достигается размещением на вторичной стороне дополнительных обмоточно-ключевых групп, управляющие коды для которых сдвинуты по фазе.

Если необходимо увеличить число разрядов, то это можно выполнить по схеме рис. 1б, где разрядные группы ЦИ включены последовательно.

Можно значительно увеличить цифровую ёмкость ЦИ, если соотношение секционных витков в группе между собой подчинить двоичному коду. На рис.1в представлен двухразрядный ЦИ, алфавит в котором формируется трёхразрядным двоичным кодом. Цифровая ёмкость таких ЦИ определяется по формуле:

$$S = \frac{(2^r - 1)^n - 1}{2},$$

где:

r – число секций во вторичной обмотке;

n – число разрядов ЦИ.

Для нашего случая $r = 3$; $n = 2$ и $S = 24$.

Принцип работы такого ЦИ практически не отличается от принципа работы рассмот-

РАЗДЕЛ III. КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

ренных выше структур ЦИ, но добавляется демодулятор D_M , на входе которого форма напряжения имеет вид, представленный на рис. 3б. После демодуляции сигнал на нагрузке Z_H примет вид ступенчатого квазисинусоидального сигнала рисунок 3а. Преимущество такого комбинированного ЦИ перед

рассмотренными ранее по цифровой ёмкости начинает сказываться с $r = 4$.

На рисунке 4 представлены схемы ключей переменного тока, выполненных как на однополярных транзисторах (рисунок 4 а, б, в, д, ж, з, и,), так и на комплементарных (рисунок 4 г, л). На рисунке 4л. представлена схема мостового демодулятора.

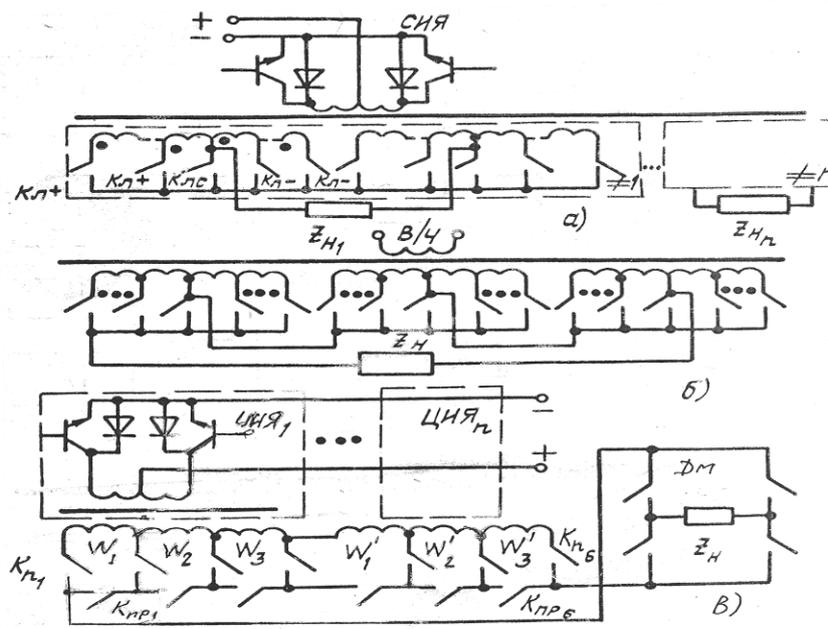


Рисунок 1 - Структуры ЦИ со звеном повышенной частоты



Рисунок 2 - Осциллограмма трёхфазного выходного напряжения ЦИ

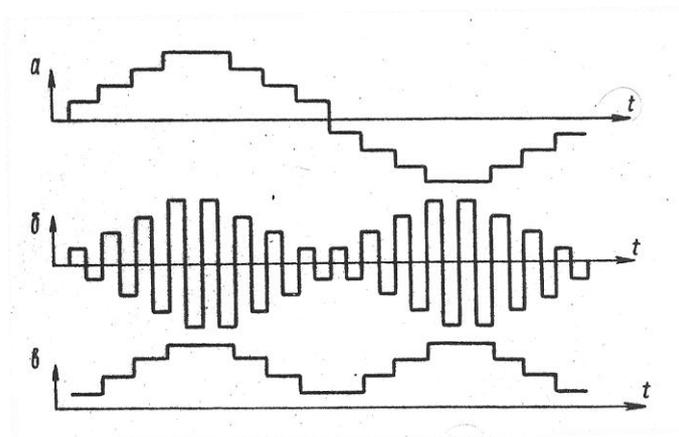


Рисунок 3 - Эпюры сигналов ЦИ со звеном $v/4$

СТРУКТУРЫ СИЛОВЫХ ИНВЕРТОРНЫХ ЯЧЕЕК С КОДОИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ И ЗВЕНОМ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ

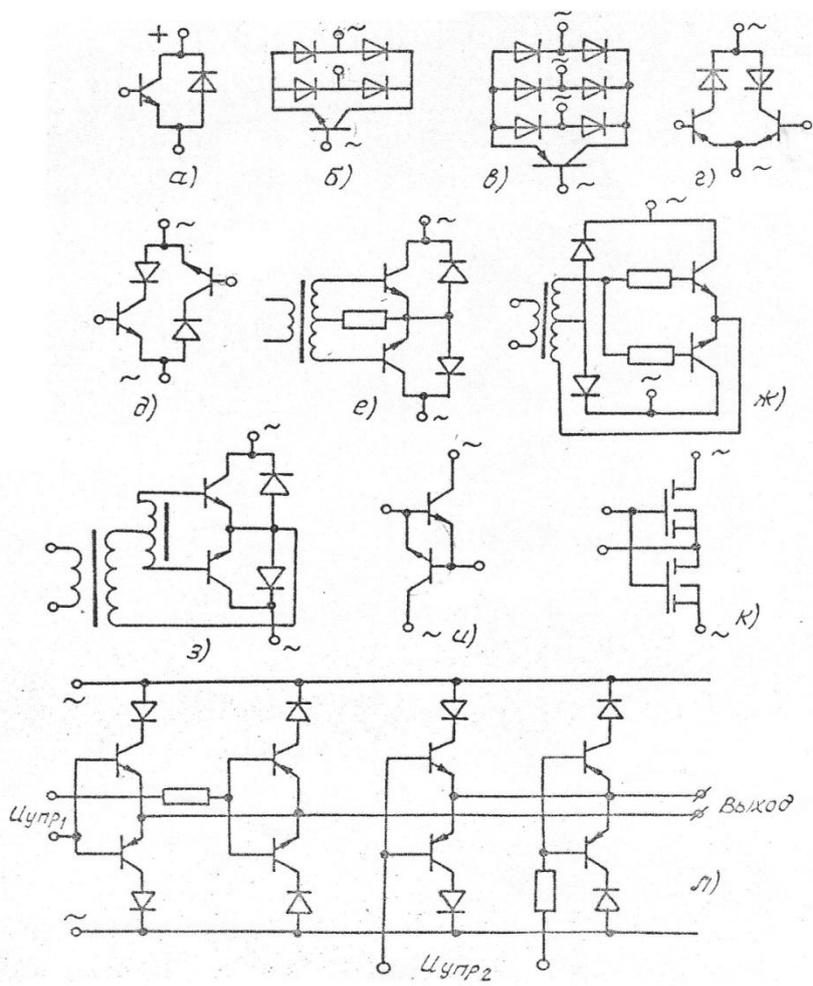


Рисунок 4 - Схемы ключей переменного тока

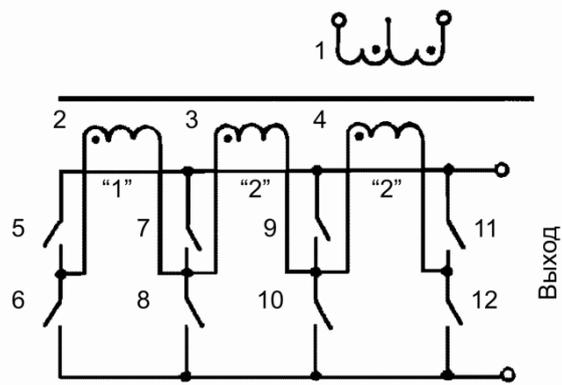


Рисунок 5 - Многомостовая инверторная цифровая ячейка с $r_{тах}=11$

Недостатком рассмотренных структур является большое количество ключей переменного тока. Этот недостаток можно снизить двумя путями. Первый – разработкой интегральной сборки ключей переменного тока,

что может быть оправдано при массовом выпуске ЦИ, второй – построить ЦИ со звеном повышенной частоты на базе многоразрядной структуры с силовыми ячейками по схемам рисунок 4а и 4б, работающих на высокой ча-

РАЗДЕЛ III. КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

стоте. Полученный выходной сигнал по форме рисунок 3б выпрямить (форма рисунок 3в) и затем подать на демодулятор, выполненный на ключах постоянного тока, и окончательно получить выходной сигнал по форме рисунок 3а.

Рассмотренные выше инверторы со звеном повышенной частоты содержит большое количество вторичных обмоток, включенных по схеме со «средней точкой». Это не только усложняет трансформатор, но и приводит к повышению коллекторного напряжения для крайних транзисторов. Эти недостатки удастся избежать, если использовать мостовые инверторные ячейки в разрядах цифрового инвертора в целом [3].

На рисунке 5 представлена одноразрядная 11-тиричная ячейка, где:

1 – входная первичная обмотка, подключенная к силовому задающему коммутатору;

2-4 – вторичные обмотки с соотношением витков 1:2:2;

5-12 – ключи переменного тока.

Замыкание любой пары ключей 5-6; 7-8; 9-10; 11-12 формируют цифру 0. Коммутация комбинаций других ключей обеспечивает синтез цифр ± 1 , ± 2 , ± 3 , ± 4 , ± 5 . Измененный алгоритм коммутации ключей позволяет обеспечить основания счисления $p = 9$. Исключением обмотки 4 и ключей 11, 12 обеспечивается $p = 7$ и т.д. Количество обмоток, например, для $p = 9$ определяется как $\frac{p}{3}$, что существенно меньше, чем в предыдущем варианте, равно p . Максимальное напряжение, прикладываемое к закрытым транзисторам при $p = 9$ в рассматриваемой ячейке равно $4U$, а в предыдущей схеме $9U$.

На рисунке 6 представлена форма выходного напряжения трехразрядного с $p = 7$ цифрового инвертора.



Рисунок 6 - Эюра выходного трехразрядного цифрового инвертора с $p=7$

Малогабаритные цифровые инверторы с выходным напряжением, соответствующим промышленной сети, могут найти широкое применение в автомобильных электростанциях (рисунок 7) [5] и экологически чистых источниках электропитания с использованием энергии солнца и ветра.



Рисунок 7 - Автомобильная электростанция, нагруженная на дрель

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 2079885 РФ, МПК G06 G7/26 Мостовой функциональный генератор/ А.М. Семиглазов (РФ). – № 5063088/09; заявл. 14.05.92г.; опубл. 20.05.97г. Бюл. №14 – 4с.
2. Пат. № 1397945 РФ, МПК G06 G7/26 Мостовой функциональный преобразователь/ А.М. Семиглазов (РФ). – №4110468/24; заявл. 16.06.86г.; опубл. 23.05.88г. Бюл. № 19 – 3 с.
3. Пат. № 2078374 РФ, МПК G06 G7/26 Мостовой функциональный преобразователь / А. М.Семиглазов, В.А. Семиглазов (РФ). №92005763/09; заявл. 12.11.92г.; опубл. 27.04.97г. Бюл. № 12– 4 с.
4. Пат. № 1024942 РФ, МПК G06 G 7/26 Многофазный функциональный преобразователь /А.М. Семиглазов (РФ). - № 3354087/18 – 24; заявл. 04.11.81г.; опубл. 23.06.83г Бюл. № 23 – 4с.
5. Свидетельство на полезную модель 12301 РФ, МПК Н 02К 19/34. Автомобильная электростанция / А.М. Семиглазов, И.А. Семиглазов, В.А. Семиглазов (РФ).– №99101365; заявл. 20.01.99г.; опубл. 16.12.99г. Бюл. № 2 – 2с.

Семиглазов Анатолий Михайлович Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), профессор каф. Телевидения и управления, докт. техн. Наук, т. (3822) раб.41-59-71, моб.57-87-07, дом.42-34-74 sam@tu.tusur.ru