

УДК 621.314.572:621.376.56

А.М. Семиглазов

Цифровые инверторы для ветро- и гелиоэлектростанций

В работе приведены примеры применения цифровых инверторов с кодоимпульсной модуляцией для построения ветроэлектростанций. Обсуждается идея снижения массы и повышения КПД гелиоэлектростанций с использованием цифровых инверторов.

Ключевые слова: ветро- и гелиостанция, многозначная система счисления, цифровой инвертор, кодоимпульсная модуляция.

В работе [1] авторами введено понятие «цифровой инвертор» как силового инвертора с кодоимпульсной модуляцией, в основе которой заложена многозначная система счисления с алфавитом, симметричным относительно нуля. В этой же работе представлена математическая модель инверторных ячеек; представлены некоторые варианты их схемной реализации.

Ветроэлектростанция

Доказано, что экономически целесообразно использование ветроэлектростанций (ВЭС), как возобновляемого экологически чистого источника энергии, в тех районах Земли, где среднегодовая скорость ветра не менее 4 м/с (в Томской области – 3,4 м/с). Такими районами являются побережья морей, ущелья гор, пустыни и, в частности, северные регионы России.

Разработанная нами совместно с фирмой «Восток ЛТД» ветроэлектростанция предназначалась для использования её в Якутии, что накладывало жёсткие требования на функционирование инвертора в широком температурном режиме.

Инвертор как составная часть ВЭС должен обеспечивать на выходе синусоидальное напряжение промышленной сети 220 В, 50 Гц от аккумулятора с напряжением 24 В, заряжаемого ветроустановкой.

В целях снижения массогабаритных показателей силового инвертора путём исключения выходного трансформатора с удельной массой 15 Г/Вт на частоте 50 Гц и выходного фильтра, было принято решение использовать трёхразрядный цифровой инвертор (ЦИ) с кодоимпульсной модуляцией на основе троичной системы счисления [2].

Силовая часть ЦИ представлена на рис. 1 в виде трёх мостовых инверторов (разрядов), выходы которых соединены последовательно с нагрузкой, а питание каждого из них осуществляется от развязанных источников питания. При этом напряжение младшего разряда $E_{мл} = 24 \cdot 1 = 24$ В, среднего разряда – $E_{ср} = 24 \cdot 3 = 72$ В и старшего разряда – $E_{ст} = 24 \cdot 9 = 216$ В.

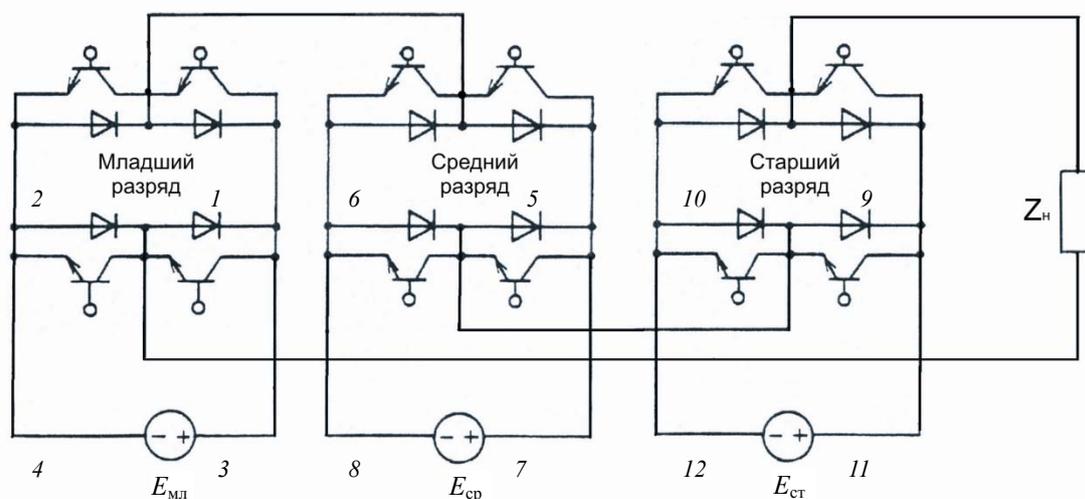


Рис. 1. Силовая ячейка

Алфавит системы счисления: 0 ± 1 . Нуль обеспечивается одновременным открыванием чётных или нечётных ключей разрядов, в которых необходимо сформировать 0; плюс 1 обеспечивается одновременным открыванием диагональных ключей, в нашем случае 1–4, или 5–8, или 9–12 в зависимости от выбранного разряда; минус 1 обеспечивается одновременным открыванием ключей противоположной диагонали мостов. Сетка питающих напряжений 24, 72 и 216 В формируется конвертором, запитанным от аккумулятора.

На рис. 2 показан пример формирования четверти периода выходного квазисинусоидального напряжения с 19 дискретами по времени и 13 ступеньками по амплитуде. Порядок коммутации разрядных ключей (x) представлен в таблице.

Порядок коммутации ключей

№ ключа	Номер дискреты																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	x			x			x			x						x	x	x	x
2		x	x		x	x		x	x		x	x	x	x	x				
3		x			x			x			x	x							
4	x		x	x		x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x
5		x	x								x	x				x	x	x	x
6	x				x	x	x	x	x	x									
7					x	x	x												
8	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10	x	x	x	x															
11																			
12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

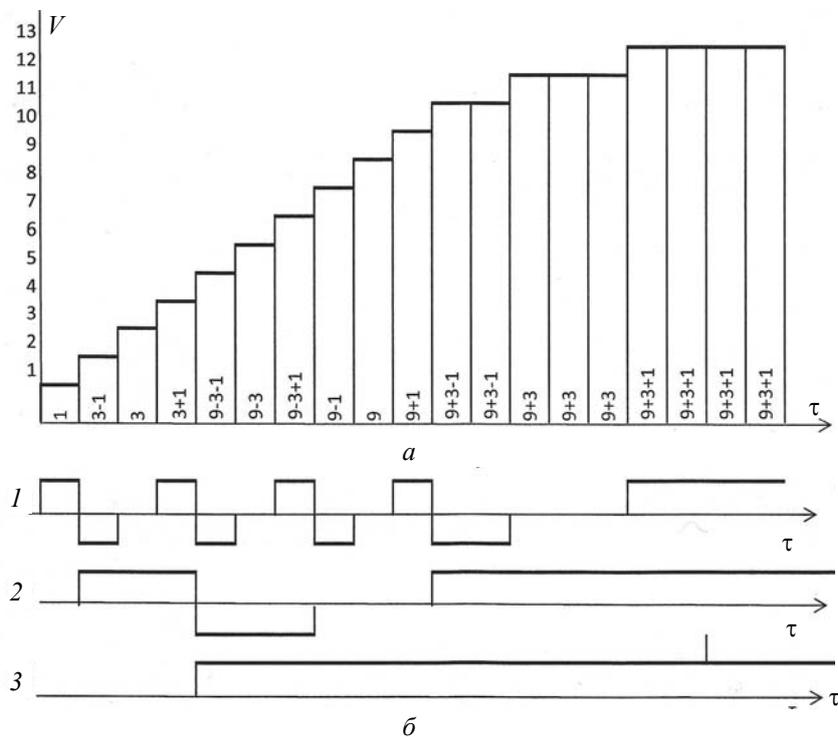


Рис. 2. Эюра четверти периода выходного напряжения ЦИ – а;
б – графики срабатывания разрядных модулей: 1 – младший, 2 – средний и 3 – старший

Клир-фактор (коэффициент несинусоидальности) такой формы выходного напряжения $K_{\phi} = 0,42/13 = 13$. Повышение частоты дискретизации позволяет более точно формировать длительность ступеней и добиться дальнейшего снижения K_{ϕ} .

На рис. 3 представлен одноблочный вариант ЦИ, где в одной конструкции размещены конвертор, синтезирующий три уровня развязанных напряжений, и ЦИ, формирующий промышленную сеть мощностью в 1 кВт.

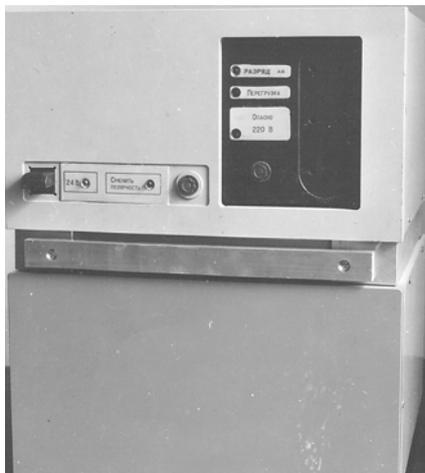


Рис. 3. Одноблочный вариант ЦИ

На рис. 4 – двухблочный вариант преобразователя: конвертор и ЦИ с выходной мощностью 2 кВт и к.п.д. 0,85.



Рис. 4. Двухблочный вариант преобразователя

На рис. 5 представлена в целом ветроэлектростанция со следующими характеристиками:

- выходные напряжения постоянного тока – 24, 72 и 216 В;
- выходное напряжение переменного тока – 220 В, 50 Гц;
- диаметр ветроколеса – 5,7 м;
- расчётная скорость ураганного ветра – 50 м/с;
- мощность при скорости ветра 8 м/с – 2 кВт;
- выработка электроэнергии за год при скорости ветра 8 м/с – 20000 кВт·ч;
- высота башни – 7,5 м, масса – 620 кг.

Гелиоэлектростанция

Гелиоэлектростанции целесообразно использовать в регионах РФ с большим количеством солнечных дней в году (Бурятия, Краснодарский край и т.д.). В качестве преобразователей солнечной энергии в электрическую обычно используют кремниевые элементы, объединённые в отдельные панели, которые могут последовательно или параллельно соединяться между собой для формирования источников напряжения необходимой величины и мощности.

Простота синтеза отдельных развязанных источников напряжения на основе солнечных панелей позволяет использовать рассматриваемые ЦИ без дополнительных конверторов, что значительно удешевляет электропреобразовательную аппаратуру и повышает её КПД и надёжность. При этом, конечно, придётся использовать три набора аккумуляторных батарей и три контроллера для их заряда. Но установленная мощность аккумуляторных батарей в обоих случаях примерно одинакова, а контроллеры значительно проще конвертора.

Автор полагает, что предложенное техническое решение перспективно и целесообразно более подробное его исследование.

Литература

1. Семиглазов А.М. Силовые инверторные ячейки с кодоимпульсной модуляцией / А.М. Семиглазов, В.А. Семиглазов // Доклады ТУСУР. – 2007. – № 2(16). – С. 50–54.
2. Пат. №2079885 РФ, МПК G 06 67/26 Мостовой функциональный генератор / А.М. Семиглазов (РФ), №5063088/09; заявл. 14.05.92; опубл. 20.05.97. Бюл. № 14. – 4 с.



Рис. 5. Ветроэлектростанция

Семиглазов Анатолий Михайлович

Д-р техн. наук, профессор каф. телевидения и управления ТУСУРа

Тел.: 382-2-41-59-71

Эл. почта: sam@tu.tusur.ru

Semiglazov A.M.

Digital inverters for wind and solar power stations

The examples of application of digital inverters with code pulse modulation for building the wind power stations are given in the paper. In the article we discuss the idea of decreasing the weight and increasing the efficiency of solar power stations with the use of digital inverters.

Keywords: digital inverter, solar power station, code pulse modulation, notation, wind power station.
