

СТАБИЛИЗАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЗВЕНЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА ГИБРИДНОГО МНОГОУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Сагирова Д.Д., студент; Шавёлкин А.А., доц., к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В настоящее время возможности минимизации силовых цепей схем многоуровневых преобразователей частоты для привода среднего напряжения связывают с использованием несимметричных гибридных схем на базе трехуровневого автономного инвертора напряжения (АИН) с дополнительными однофазными АИН в выходных фазах. Напряжения базового трехуровневого и дополнительных АИН различны и кратны минимальному. Причем дополнительный АИН (ДАИН) с минимальным напряжением при определенном алгоритме управления может работать без передачи энергии в нагрузку и выполнен без источника постоянного тока.

В [1] показана возможность задания режима работы ДАИН, когда значение основной гармоники выходного напряжения равно нулю и конденсатор в звене постоянного тока обеспечивает только обмен реактивной мощностью. Вместе с тем, реально обеспечить точное равенство напряжения $U_{(1)}$ нулю невозможно и речь может идти только о некотором приближении к нулю. Это связано со следующими моментами:

1. Расчет параметров для обеспечения режима работы ДАИН связан с решением трансцендентных уравнений, что предполагает определенную степень приближения, т.е. решение имеет определенную область значений, когда выполняется примерное равенство $U_{(1)}$ нулю. Как показал анализ всех факторов дальнейшее повышение точности расчетов затруднительно и, в общем-то, не имеет смысла.

2. При расчете параметров не учитываются пульсации напряжения в звене постоянного тока, при использовании ШИМ производится усреднение на периоде коммутации, что дает достоверный результат только при высокой частоте модуляции. В реальности значение частоты ограничено.

3. В динамике при регулировании частоты и амплитуды выходного напряжения нарушается периодичность процессов и обеспечение основной гармоники на нулевом уровне не возможно.

Рассмотрим, как проявляется отклонение основной гармоники от нуля на процессы в схеме. Постоянная составляющая тока на входе ДАИН $I_d = (U_{(1)} \cdot I_n \cdot \cos\varphi) / U$. Напряжение в звене постоянного тока, если пренебречь пульсациями $U_{c1} = U \pm \Delta U$, где $\Delta U = I_d \cdot t / C$ - приращение напряжения обусловленное наличием постоянной составляющей тока в звене постоянного тока. Предположим, что $U_{(1)} / U = 3\%$ и $\cos\varphi = 1$, емкость $C = 0.00422 \text{ Ф}$.

При этом скорость изменения напряжения в звене постоянного тока $du_c / dt = I_d / C = 0.03 I_n / 0.00422 = 711$, т.е. только за один период частоты 50 Гц приращение напряжения составит 14.2 В.

Исходя из отмеченного, можно сделать вывод о неработоспособности разомкнутой системы регулирования преобразователем. Поскольку конечной целью регулирования является стабилизация напряжения в звене постоянного тока, то целесообразно замыкать систему регулирования по напряжению u_c .

При этом регулирующим параметром является амплитуда третьей гармоники или коэффициента ослабления при использовании модифицированной ШИМ. Причем отклонение регулирующего параметра от значения заданного зависимостями будет приводить к соответствующему приращению $\pm \Delta U_{(1)}$ и $\pm \Delta U_c$. Как показал анализ в этих условиях целесообразно использовать релейный принцип с поддержанием напряжения в звене постоянного тока ДАИН в «коридоре значений» $U \pm \Delta U$. При этом не имеет существенного значения величина прираще-

ния $\pm\Delta U_{(1)}$, вызванного соответствующим отклонением регулирующего параметра, а только его знак. Расчетные зависимости регулирующего параметра A_{3+} (с положительным приращением $\Delta U_{(1)}$) и A_{3-} (с отрицательным приращением $\Delta U_{(1)}$), а также (аналогично) K_+ и K_- приведены в табл.1.

Таблица 1

Интервал A	$A_3 (U_{1m(1)}=0)$	$U_{1m(1)}=0.05\pm 0.02$	$U_{1m(1)}= - 0.05\pm 0.02$
(1.5 - 1.8)	$A_3=2.51*A_2-6.73*A+3,98$	$A_{3+}= A_3+0.02$	$A_{3-}= A_3 - 0.07$
(1.8 - 2.4)	$k=0.5*A^2-2.63*A+4.11$	$k_+= k - 0.1$	$k_-=f(A)+0.3$
(2.4 - 3.54)	$A_3=0.9937*A^3-8.4816*A^2+24.6813*A-24.9327$	$A_{3+}= A_3 - 0.08$	$A_{3-}= A_3+0.08$

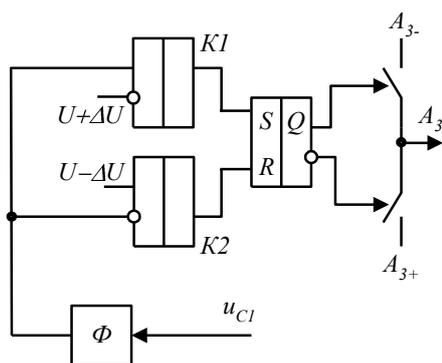


Рис.1. Релейный регулятор

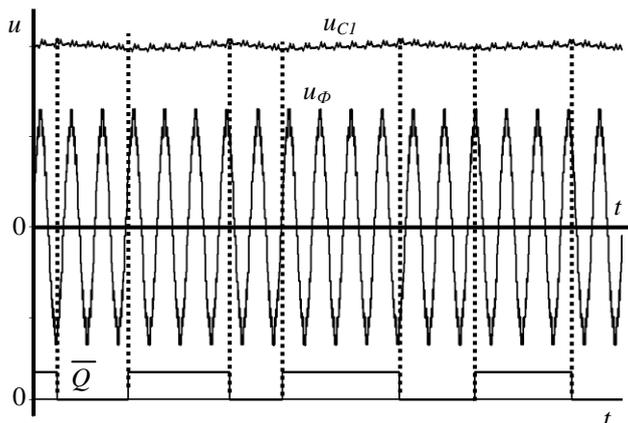


Рис.2. Осциллограммы работы с релейным регулятором напряжения

При этом значение отклонения $\Delta U_{(1)}$ составляет 3-7%. Принцип построения САР обеспечивающей предложенный принцип иллюстрирует рис.2. Регулятор предусматривает два компаратора $K1$ и $K2$, выходные сигналы которых воздействуют на RS – триггер. Для сглаживания пульсаций напряжения на входе ДАИН предусмотрен фильтр Φ . Работа осуществляется следующим образом: при превышении напряжения u_c значения $U+\Delta U$ триггер устанавливает $Q=1$ устанавливая регулирующий параметр A_{3-} , что приводит к постепенному снижению напряжения u_c . При $u_c < U-\Delta U$ срабатывает $K2$ и устанавливает триггер в состояние $Q=0$, а регулирующий параметр A_{3+} . Как результат напряжение u_c увеличивается и т.д.

Осциллограммы иллюстрирующие работу преобразователя с релейным регулятором по результатам моделирования приведены на рис. при $A=4$ (амплитудное регулирование с квантованием по уровню).

Перечень литературы

1. Шавёлкин А.А., Уланов Р.В. Принципы реализации несимметричных каскадных многоуровневых преобразователей частоты. Наукові праці ДонНТУ. Серія: “Електротехніка та енергетика”, випуск 128: Донецьк: ДонНТУ, 2007, с.80-84.