



6. Дадабаев Ш.Т. Разработка математической модели системы регулирования насосных агрегатов оросительной станции первого подъема. «Известия Тульского государственного университета» Технические науки. 2017. Вып. 9. Ч. 1. с. 532-536.

Т.В. Долгова, А.У. Алпаров

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОПОЛЯРНОЙ И ДВУХПОЛЯРНОЙ ШИМ

(Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева-КАИ)

При проектировании и схемотехнической реализации систем автоматического управления самолетов, роботов, промышленных станков, в судостроении широко применяются двигатели постоянного тока, в гидравлических системах пропорциональные электрогидравлические клапаны. Для управления ими нужен сигнал постоянного тока. Для того чтобы получить достаточно мощный сигнал постоянного тока нужно иметь усилитель постоянного тока. Однако усилитель постоянного тока имеет низкий КПД, большие габариты и низкую надежность. Появилась возможность использовать широтно-импульсное модулирование, которое позволяет построить усилитель постоянного тока для потребителей с ограниченной полосой пропускания любой мощности, малых габаритов и при этом обеспечивая очень высокий КПД системы модулятор+потребитель. Стоит отметить, что КПД самого модулятора очень высок, практически стремится к 100%, так как КПД определяется потерями, а потери на модуляторе минимальны, потому что в разомкнутом состоянии нет тока, а в замкнутом состоянии мало падение напряжения.

В основном используются два вида реверсивной ШИМ. Модуляция при которой в выходном сигнале модулятора постоянная составляющая изменяется за счет изменения соотношения между длительностями положительного T_+ и отрицательного T_- импульсов, чаще всего при постоянном периоде сигнала T . При этом амплитуды положительного и отрицательного импульсов одинаковы, а коэффициент команды $K_k = \frac{T_+ - T_-}{T}$ характеризуется соотношением между T_+ и T_- . Существует и другой вид модуляции, при которой для изменения постоянной составляющей выходного сигнала изменению подвергается соотношение между длительностью импульса $T_{и}$ и паузы $T_{п}$, причем в выходном сигнале присутствуют импульсы одной полярности, зависящей от необходимой полярности выходного сигнала. Коэффициент команды определяется выражением $K_k = \frac{T_{и}}{T}$, где $T_{и}$ длительность импульса, а T – период сигнала. Длительность паузы равна $T_{п} = T - T_{и}$ [1].

Статическая характеристика однополярной реверсивной ШИМ с периодом T и длительностью импульса $T_{и}$ представлена на рис.1.

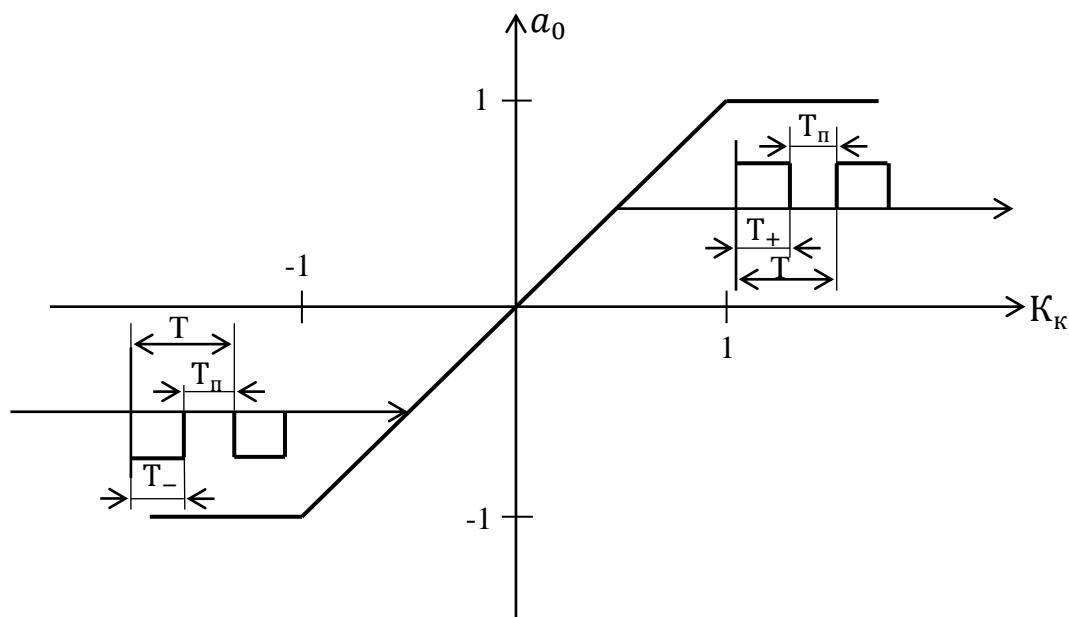


Рис. 1. Статическая характеристика однополярной ШИМ

Так как статическая характеристика симметрична, рассмотрим только половину.

Постоянная составляющая (a_0) тригонометрического ряда Фурье при изменении скважности определяется по формуле [2]:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^{T_n} f(t) dt. \quad (1)$$

Однако больший интерес представляет зависимость постоянной составляющей от коэффициента команды $K_k = \frac{T_n}{T}$.

По результатам вычислений были получены графики зависимости постоянной составляющей a_0 и K_k от скважности и постоянной составляющей a_0 от коэффициента команды, представленные на рис.2 и рис.3.

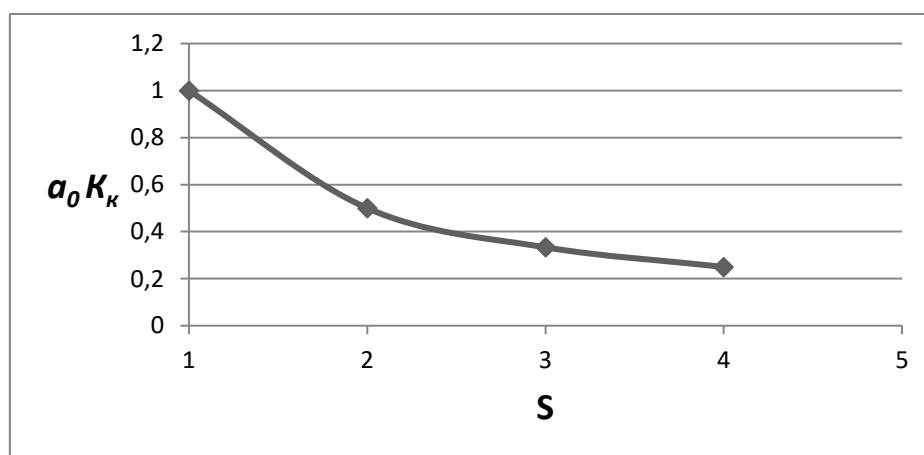


Рис. 2. Зависимость постоянной составляющей a_0 и K_k от скважности

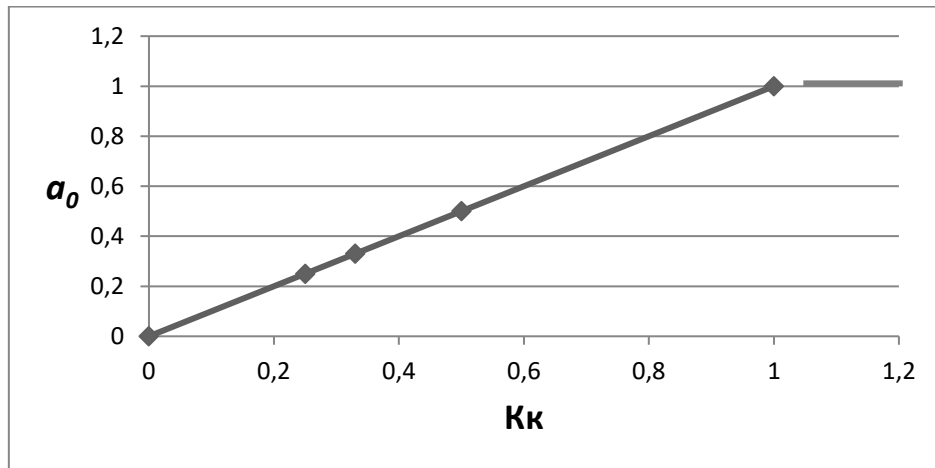


Рис. 3. Зависимость постоянной составляющей a_0 от коэффициента команды

Таким образом при малых K_k в однополярном реверсивном модуляторе необходимо формировать весьма малые длительности $T_{и}$, что вызывает сложности реализации аппаратных и схемотехнических решений. Вследствие этого в реальных схемах такого ШИМ появляется зона нечувствительности в статической характеристике модулятора вблизи нуля.

При использовании двухполярной реверсивной ШИМ изменение постоянной составляющей происходит за счет изменения длительности положительного и отрицательного импульсов, статическая характеристика которой представлена на рис.4.

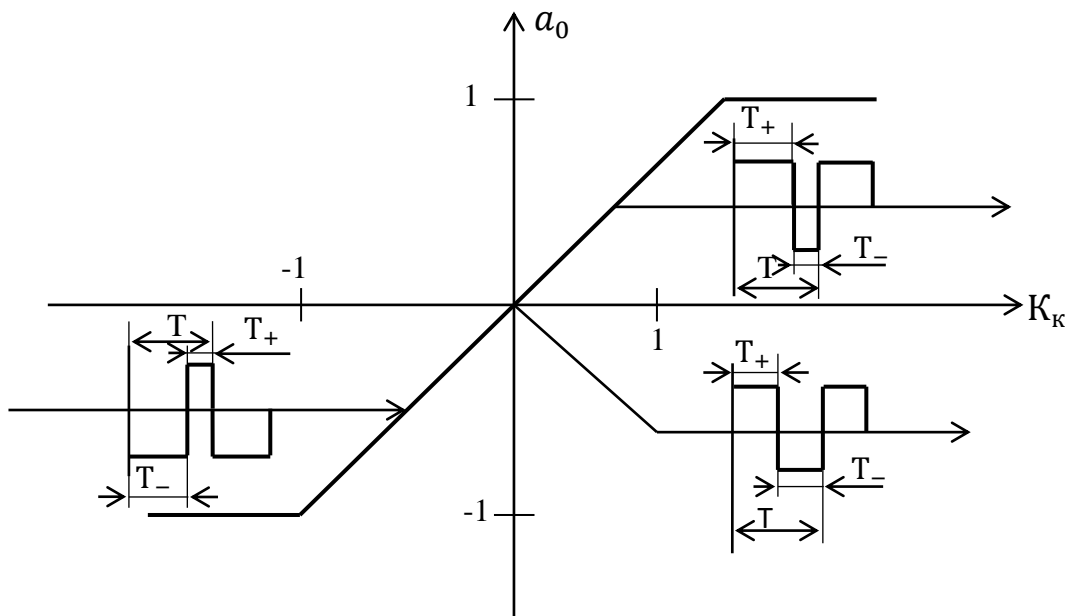


Рис. 4. Статическая характеристика двухполярной ШИМ

По результатам вычислений был получен график зависимости постоянной составляющей a_0 от K_k , представленный на рис.5.

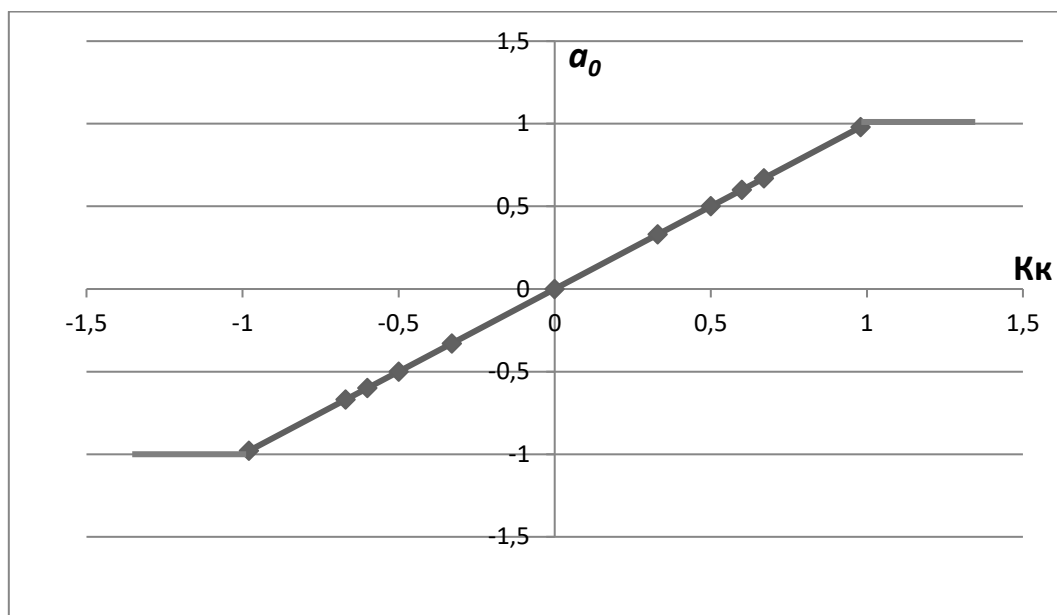


Рис. 5. Зависимость постоянной составляющей a_0 от коэффициента команды

КПД системы модулятор+потребитель двухполярной ШИМ зависит от величины $|K_k|$ и при $|K_k| \geq 1$, без учета потерь на ключах, стремится к 100 %. По мере уменьшения $|K_k|$ увеличивается длительность импульсов полярности противоположной полярности K_k за счет уменьшения длительность импульсов полярности совпадающей с полярностью K_k .

Таким образом, все больше становится время реверсирования тока нагрузки, что снижает КПД системы. При $K_k \Rightarrow 0$ коэффициент полезного действия двухполярной ШИМ теоретически и практически стремится к нулю, так как среднее значение тока нагрузки равно нулю, а потребление тока определяется напряжением питания и сопротивлением нагрузки. Но при этом статическая характеристика модулятора не имеет зоны нечувствительности, проходит через нуль, что не вызывает появление аппаратных и схемотехнических проблем. Но при $K_k \Rightarrow 1$ возникает проблема генерации коротких импульсов обратной полярности около нуля статической характеристики и она такая же, как в однополярной ШИМ при малых K_k .

Литература

[1] Алпаров А.У., Благоев А.Е.. Научная статья «Модифицированная реверсивная широтно-импульсная модуляция». Журнал: Технические науки – от теории к практике. Издательство: Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга" (Новосибирск). 2016. – С. 42-54.

[2] Справочник по радиоэлектронике. Том 1. Под общей редакцией А.А. Куликовского. Издательство «Энергия». Москва. 1967.