

входом и однофазным выходом. Такие ИБП могут иметь на входе шестипульсный выпрямитель (схема Ларионова), который выпрямляет не фазное, а линейное напряжение. При этом нейтральный провод разгружен, гармоники, кратные трем, в нём отсутствуют, нагрузка равномерно распределяется по фазам. Применение в ИБП двенадцатипульсного выпрямителя позволяет дополнительно устранять пятую гармонику. Второй путь предусматривает применение трансформаторов серии ТСТ (трансформаторы симметрирующие трехфазные). При применении ТСТ однофазная нагрузка воспринимается сетью как трехфазная, что также устраняет вышеперечисленные негативные последствия. Совместное использование трехфазных ИБП и ТСТ позволит усилить защиту трехфазной сети от нелинейной однофазной нагрузки современных потребителей.

УДК 621.3

### **Высшие гармоники в питающей сети и способы защиты от них**

Гавриленко С.Д., Циркунова М.И.

Белорусский национальный технический университет

Для обеспечения электроэнергией мощных потребителей широко используются управляемые выпрямители. Однофазные выпрямители потребляют из питающей сети ток, содержащий кроме полезной первой, другие нечетные гармоники: 3, 5, 7, 9 и т.д. Доли этих гармоник зависят от угла управления  $\alpha$ , и эта зависимость была исследована с помощью программы MathCad для однофазного двухполупериодного выпрямителя.

При угле управления  $\alpha = 90^\circ$  доли нечётных гармоник соответствовали известному соотношению, однако появился ряд косинусных нечётных гармоник с аналогичным распределением их долей. Суммируясь между собой, синусные и косинусные составляющие образуют негармоническое колебание, амплитуда которого по отношению к первой полезной гармонике возрастает на всех нечётных частотах примерно в 1,41 раза.

При угле управления  $\alpha = 135^\circ$  также образуются ряды синусных и косинусных гармоник, доля которых возрастает очень сильно. При этом известные соотношения нарушаются, и доли гармоник распределяются неравномерно. Синусные составляющие: 3-я – 208%; 5-я – 125%; 7-я – 15,5%; 9-я – 12%; 11-я – 57%; 13-я – 59%; 15-я – 7%; 17-я – 6,3%; 19-я – 32,7%; 21-я – 30% и т.д. Видно, что очень сильно возросли 3-я и 5-я гармоники, однако весьма существенными стали и дальние гармоники – 11-я; 13-я; 19-я; 21-я. У косинусных составляющих распределение немного другое. Амплитуда суммарного негармонического колебания синусной и косинусной составляющих по отношению к первой гармонике составляет: 3-я –

225%; 5-я – 135%; 7-я – 39,5%; 9-я – 31%; 11-я – 61,5%; 13-я – 62,5%; 15-я – 18,6%; 17-я – 14,6%; 19-я – 35,5%; 21-я – 32,2% (остальные малы).

Эти результаты показывают, что при больших углах управления ( $\alpha > 90^\circ$ ) высшие гармоники сильно возрастают. Эффективность традиционной фильтрации в системе электроснабжения, ориентированной на 3-ю, 5-ю и 7-ю гармоники будет падать. Вероятно снижение эффективности компенсации реактивной мощности на более высоких частотах в связи с возрастанием потерь в косинусных конденсаторах, их дополнительный нагрев и сокращение срока службы. Выходом из этой ситуации может стать регулирование амплитуды входного напряжения управляемых выпрямителей и обоснованное ограничение диапазона изменения угла управления  $\alpha$ .

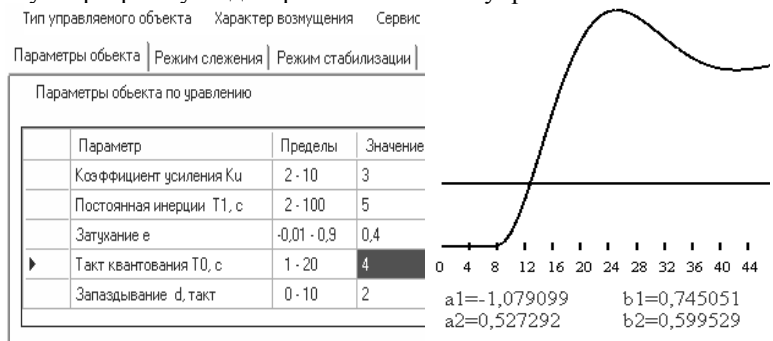
УДК 681.518.5

### Программа по управлению динамическими объектами

Ежов В.Д.

Белорусский национальный технический университет

Требуется настроить цифровой регулятор типовой одноконтурной системы управления для технологического объекта. Зная физику процессов объекта, можно экспериментально определить параметры его непрерывной передаточной функции. После преобразования этой функции в дискретную можно, используя теорию дискретных систем, составить простую программу моделирования системы управления.



Первый экран (фрагмент) – начало работы. Выбираем тип управляемого объекта – аperiodический, колебательный и др. Задаем параметры непрерывной передаточной функции объекта по управлению  $K_U$ ,  $T_1$ , ( $T_2$ ,  $T_3$ ,  $e$ ), такт квантования  $T_0$ , запаздывание  $d$ . Экран отражает вид переходной характеристики и параметры дискретной передаточной функции  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ , соответствующие введенным параметрам.