

УДК 004.02:621:628.9

ПРОБЛЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ОЦЕНКИ ДОПУСТИМОСТИ ФЛИКЕРА

В. М. КОВАЛЬЧУК

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Известно, что электроприемники с резко переменной нагрузкой вызывают в электрических сетях колебания напряжения (КН) и фликер (мерцание) светового потока электрических источников света, что вызывает отрицательную реакцию работающих в условиях электрического освещения.

На стадии проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий для решения задач обеспечения электромагнитной совместимости по фликеру приходится использовать методы аналитических расчетов на основе математической модели фликерметра [1], состоявшей из трех последовательно соединённых блоков:

- 1) взвешивающего фильтра с передаточной функцией $W_f(p)$;
- 2) квадратора;
- 3) инерционного звена первого порядка с постоянной времени 0,3 с.

Нахождение аналитического решения для такой математической модели фликерметра даже для периодических колебаний напряжения не синусоидальной формы приводят к громоздким выражениям. Например, при использовании метода парциальных реакций [2], процесс на выходе фликерметра представляется суммой более 70 слагаемых. Более громоздкие выражения получаются при использовании частотных методов, если разложить процесс на входе фликерметра в ряд Фурье.

Поскольку фликерметр [1] оценивает допустимость фликера по порогу его заметности, автор предлагает для аналитических расчетов использовать модифицированную модель фликерметра [3], в котором допустимость фликера оценивается по степени превышения единичного значения размахов сигнала на выходе взвешивающего фильтра фликерметра. В этом случае аналитическое решение сводится к нахождению размахов колебаний сигнала на выходе линейного фильтра с передаточной функцией $W_f(p)$.

Проведенные исследования показали, что и для модифицированной модели фликерметра частотные методы аналитического решения не преодолевают трудности с выбором числа учитываемых гармоник ряда Фурье и воспроизведения ступенчатого входного процесса (явление Гиббса).

Наилучший результат достигается при использовании метода парциальных реакций. Суть этого метода состоит в замене передаточной функции фильтра $W_f(p)$, представленной в виде отношений многочленов порядка m и n :

$$W_f(p) = k \frac{R(p^m)}{M(p^n)},$$

где k – коэффициент передачи фильтра; p – оператор дифференцирования при $m < n$,

суммой передаточных функций $W_i(p)$ звеньев первого порядка

$$W_i(p) = k \frac{c_i}{\frac{p}{-\alpha_i} + 1},$$

где α_i – полюса знаменателя $W_f(p)$; c_i – коэффициент передачи,

$$c_i = (p - \alpha_i) W_f(p) \Big|_{p=\alpha_i}.$$

Например, передаточная функция взвешивающего фильтра фликерметра [1] представляется как четыре параллельно соединенных инерционных звена с коэффициентами передачи $c_1 = 4,73 + j7,71$; $c_2 = 4,73 - j7,71$; $c_3 = -2,04$; $c_4 = -7,42$ и $\alpha_1 = 25,51 + j51,56$; $\alpha_2 = 25,51 - j51,56$; $\alpha_3 = 7,70$; $\alpha_4 = 137,61$, реакции которых суммируются.

Наиболее простое аналитическое решение таким методом достигается при периодических колебаниях напряжения типа меандр с частотой f , Гц (т. е. периодом цикла $t_{ц} = 1/f$) и длительностью импульса $t_{и} = 0,5t_{ц}$. В этом случае стационарное решение в пределах $t_{ц}$ находится методами припасывания сразу без вычисления всего переходного процесса. С этой целью через систему уравнений переходных процессов каждого звена первого порядка за периоды $t_{и}$ и $t_{ц}-t_{и}$ находятся ординаты переходного процесса на границах участков y_{i0} и y_{i1} , разность суммы которых определяет степень восприятия фликера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 51317.4.15–2012 (МЭК 61000.4.15:2010). Совместимость технических средств электромагнитная. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования. – Москва: Стандартинформ, 2014.
2. Куренный, Э. Г. Метод парциальных реакций для анализа на выходе линейных фильтров в модели электромагнитной совместимости / Э. Г. Куренный, А. П. Лютыи, Л. В. Черникова // Электричество. – 2006. – № 10. – С. 11–18.
3. Ковальчук, В. М. Оценка электромагнитной совместимости по дозе фликера / В. М. Ковальчук // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2021. – № 2 (71). – С. 50–56.