

Расчет нагрузок низковольтных электрических сетей по мгновенным значениям токов электроприемников

КУРЕННЫЙ Э.Г., ДМИТРИЕВА Е.Н., ЛЕНКО В.Г.

Рассматривается задача расчета показателей режима сети электроснабжения при работе группы электроприемников. Предлагается метод расчета по кривым тока электроприемников. Применение метода рассматривается на примере импульсных нагрузок.

Ключевые слова: электрическая сеть, режим, электроприемники, кривая тока, электромагнитная совместимость

В настоящее время расчет низковольтных электрических нагрузок группы электроприемников и оценивание электромагнитной совместимости (ЭМС) выполняется по параметрам режима каждого из них: активной P и реактивной Q мощностям, а также по действующим значениям и фазам токов высших гармоник I_n . При этом возникает неконтролируемая погрешность, обусловленная суммированием абсолютных погрешностей определения исходных индивидуальных параметров режима.

Широкое распространение электроприемников с импульсной нагрузкой (компактные люминесцентные и светодиодные лампы, компьютеры, телевизоры) и переход к цифровым регуляторам напряжения делают актуальной разработку принципиально точного метода расчета, что является целью статьи. При этом рассматривались в качестве нагрузки лампы, но все выводы распространяются и на силовые электроприемники с длительными или повторно-кратковременными режимами работы.

Кривые мгновенных значений фазных напряжений источника питания $u(t)$ считаются синусоидальными, а их система — симметричной. Обозначим через

$$M_f\{(\dots)\} = \frac{1}{t_f} \int_0^{t_f} \dot{O}(\dots) dt; \quad D_f\{(\dots)\} = \sqrt{\frac{1}{t_f} \int_0^{t_f} \dot{O}(\dots)^2 dt}$$

операторы нахождения среднего и действующего значений параметра режима за цикл $t_f = 0,02$ с синусоиды напряжения частотой $f = 50$ Гц (угловой частотой $\omega_f = 2\pi f$).

Сущность метода. В отличие от существующих методов исходными для расчетов являются не индивидуальные параметры режима, а кривые мгновенных значений (кратко — кривые токов) ламп

The problem of calculating indicators characterizing the operating conditions of a power supply network during operation of a group of electric loads is considered. A method for calculating these indicators from the load current waveforms is proposed. The application of the method is considered taking impulse loads as an example.

Key words: electric network, operating conditions, electric loads, current waveform, electromagnetic compatibility

$i(t)$, которые находятся опытным путем. На рис. 1 приведены кривые токов компактных ламп: 1 — 18 Вт без электронного управления; 2 — 21 Вт; 3 — 23 Вт; 4 — 15 Вт; 5 и 6 — 20 Вт разных фирм. Кривые регистрировались цифровым осциллографом фирмы RECON с шагом квантования $D = 0,2$ мс (100 точек на синусоиду 50 Гц).

Из-за разброса параметров элементов схем питания ламп реальные кривые несколько несимметричны. Для использования их в проектной практике в каждой кривой оставлялся участок длительностью $t_f/2$ с наибольшим по абсолютному значению импульсом, а недостающий участок такой же длительности получался симметричным отображением первого относительно оси времени. Такие кривые не имеют постоянных составляющих и четных гармоник.

При отсутствии данных для компактных ламп можно использовать как типовую кривую 7 (рис. 1), которая была получена осреднением по ординатам кривых тока 10 разных ламп (фирмы Osram, Германия, 12 и 21 Вт; Philips, Голландия, 20 Вт; Philips, Польша, 11, 15, 20 и 23 Вт; EQS, Китай, 38 Вт; Supermax, США, 30 Вт; ОАО «Искра», Украина, 11 Вт). На ней ординаты выражаются относительно номинального тока I_n по первой гармонике, равного отношению номинальной мощности к номинальному напряжению.

По мере накопления статистических данных возможно уточнение типовой кривой. Для ламп накаливания типовой кривой является синусоида с амплитудой $\sqrt{2}$.

Предлагаемый «прямой» метод заключается в суммировании кривых тока ламп. Если между фазами A , B , C и нулевым проводом N подключено m_A , m_B и m_C ламп, то соответствующие суммарные токи равны: