

В задачах второго типа получают данные для технико-экономического обоснования и оценки эффективности применения средств уменьшения несимметрии и несинусоидальности, что требует определения показателей ЭМС конкретного электрооборудования.

1.2. Принцип моделирования ЭМС

Развитие теории ЭМС начиналось с нормирования показателей качества напряжения, относящихся к помехе $x(t)$. При этом не учитывалось, что одна и та же помеха на разные электроприемники воздействует по-разному.

В [26] был сформулирован принцип моделирования объектов, согласно которому оценку качества электроэнергии предлагалось производить не по характеристикам помехи $x(t)$, а по характеристикам реакции $y(t)$ объекта на помеху. Для этой цели необходимо моделировать рассматриваемый объект.

По аналогии с [58] блок ВФ (рис. 1.1), моделирующий реакцию, будем называть взвешивающим фильтром. Квадратор 1 учитывает то обстоятельство, что воздействие помехи зависит от мощности реакции. Инерционность объекта моделируется инерционным звеном 2, на выходе которого протекает квадратичный инерционный процесс $w_T(t)$. На выходе модели предусмотрен блок ПЭ вычисления показателя ЭМС ψ .

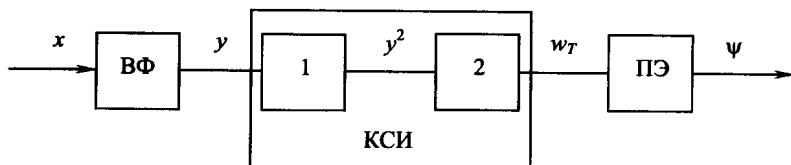


Рис. 1.1. Модель воздействия помехи

Если помеха изменяется медленно или инерционность объекта мала, то переходными процессами в блоках модели можно пренебречь. В этом случае реакция и помеха, связанные функциональной зависимостью

$$y = \varphi(x), \quad (1.1)$$

которая является статической характеристикой объекта. Соответственно и модель ЭМС будет статической.

Звенья 1 и 2 образуют блок КСИ квадратичного инерционного сглаживания (в [58] – *squaring and smoothing*). В [54] этот блок условно именовался энергетическим.

В большинстве случаев, особенно в системах электропитания с резкопеременными нагрузками, помехи изменяются быстро, что требует использования динамических моделей ЭМС. В них реакция и помеха связаны между собой дифференциальными или интегральными уравнениями. Учет переходных процессов здесь принципиально необходим.

Уровень сложности модели ЭМС зависит от целей ее использования.

Оценивание ЭМС в рамках моделей стандартных электроприемников (п.1.1) вполне оправдано при разграничении ответственности за ухудшение качества напряжения между энергопоставляющей компанией и потребителями электроэнергии на границах их балансовой принадлежности. Актуальность такого контроля возрастет в случае введения экономических санкций за несоблюдение норм стандартов – по примеру России [38, 39].

Иначе обстоит дело с оцениванием ЭМС в системах электроснабжения проектируемых и действующих предприятий, так как удовлетворительный для стандартного электроприемника уровень требований для конкретного электроприемника может оказаться завышенным или заниженным. В первом случае стремление к выполнению норм приводит к неоправданным затратам на нормализацию ЭМС, а во втором – к ущербу от плохого качества напряжения. В связи с этим необходимо разрабатывать модели ЭМС конкретных электроприемников.

По аналогии с теорией электрических нагрузок [35, 52] разделим электроприемники на *массовые* и *уникальные* – выделяющиеся по мощности и режиму. Модели ЭМС массовых электроприемников выбираются предельно простыми, качественно однотипными, различающимися лишь числовыми значениями параметров. Модели же уникальных электроприемников могут

быть сколь угодно сложными. Далее рассматриваются стандартные и массовые электроприемники, но принятые методы оценивания ЭМС могут быть распространены и на уникальные электроприемники.

Предложенная классификация хорошо согласуется с классификацией измерений [70]: оценивание ЭМС стандартных электроприемников относится к классу *A*, а остальных – к классу *B*. Класс *A* используется при необходимости прецизионного измерения, т.е. при проверке на соответствие стандартам, решении споров, а класс *B* – при статистическом анализе, нахождении неисправностей и в других случаях, где не требуется высокая точность.

1.3. Математическое описание помехи

Детерминированные помехи делятся на неизменные, периодические и непериодические. Они описываются функциями времени, заданными аналитически, графически и таблично. Периодические помехи могут быть представлены в виде ряда Фурье. Номер гармонической составляющей (гармоники) будем обозначать по-разному: μ – если длительность $t_{\text{ц}}$ цикла не равна длительности $t_f = 1/f = 0,02$ с цикла синусоиды частотой $f = 50$ Гц, угловой частотой $\omega_f = 2\pi f = 100\pi \text{ с}^{-1}$, и n – при $t_{\text{ц}} = t_f$. В последнем случае помеха и гармоники называются каноническими. Неканонические помехи имеют основную угловую частоту $\omega_{\text{ц}} = 2\pi/t_{\text{ц}}$.

Комбинированные периодические помехи в пределах длительности общего цикла имеют участок с одним или несколькими циклами канонической помехи. Примером может служить работа источника помех в повторно-кратковременном режиме, когда за время включения $t_{\text{в}}$ он создает каноническую помеху, а во время паузы помеха отсутствует. Относительная длительность участка с помехой $k_{\text{в}} = t_{\text{в}}/t_{\text{ц}}$ называется коэффициентом включения.

В действующих сетях помехи являются случайными. Если ЭМС оценивается по статическим моделям объектов (п.1.2) или