УКРАЇНСЬКА ТЕХНОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОДІЛЛЯ

III- науково-технічна конференція

"ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ І КОНВЕРСІЇ ВИРОБНИЦТВА"

(23-25 травня 1995 р., м.Хмельницький)
Збірник матеріалів конференції

Хмельницький 1995 р.

УДК 621.316.18 В.Я. Супьян, А.В. Рудик

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Когда колебание на входе исследуемой системы негармоническо, для расчетов выходного напряжения приходится прибегать к спектраль-ному или временному методам, которые в большинстве случаев привод к весьма громоздким выкладкам. Если выходное напряжение определять через статический коэффициент передачи $\dot{K}_{cm}$, то в этом случае прен-брегают переходными процессами, происходящими в исследуемой систем Расчеты, основанные на данном подходе, являются приближенными, при-чем степень приближения определить затруднительно. В докладе изла-гается методика оценки динамических погрешностей измерения, когда колебание на входе исследуемой системы квазигармонично (его ампли-туда и частота меняются относительно медленно). В этом случае выхо-дное напряжение вычисляется как произведение входного напряжения не на статический, а на динамический коэффициент передачи $\dot{K}_g$, в кото-ром учитывается не только значение мгновенной частоты, но также и значение производных частоты и амплитуды по времени.

Поставленная задача решается методом "близких" систем. Динами-ческий коэффициент передачи определяют как

$$\dot{K}_g = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau)\, e^{-j\omega\tau}\, V(t,\tau)\, d\tau,$$

где $g(\tau)$ – импульсная характеристика исследуемой системы;

$$V(t,\tau) = \frac{\dot{U}_1(t-\tau)}{\dot{U}_1(t)}\, e^{j\omega\tau} = \frac{A(t-\tau)}{A(t)}\, e^{j[\varphi(t-\tau)-\varphi(t)+\omega\tau]}$$ – функция различия.

В докладе рассмотрены динамические погрешности измерения при воздействии на исследуемую систему с коэффициентом передачи вида $K = (1 + ja)^{-1}$ суммы двух гармонических колебаний с близкими часто-тами $\omega(t) - \Omega$ и $\omega(t) + \Omega$ при линейном законе изменения частоты, описываемом уравнением $\omega(t) = \omega_{min} + t(\omega_{max} - \omega_{min})/T$, где T – пери-од изменения частоты от ω_{min} до ω_{max}, $a = 2(\omega(t) - \omega_{cp})/2\Delta\omega$ – обоб-щенная расстройка, $\omega_{cp} = Q2\Delta\omega = 0.5(\omega_{max} + \omega_{min})$ – средняя частота ис-следуемого диапазона частот, $2\Delta\omega$ – полоса пропускания исследуемо системы на уровне 0.707, Q – добротность исследуемой системы.

Для рассматриваемого случая функция различия $V(t,\tau) = \exp(j0.5 * \dot{\omega}(t)\tau^2)$. Разлагая функцию $V(t,\tau)$ в ряд по степеням τ по форму

Маклорена с остаточным членом, получим выражение для динамического коэффициента передачи :

$$\dot{K}_g = \dot{K}_{cm} + \sum_{n=1}^{m} j^n \frac{\dot{\omega}^n(t)}{2^n n!} \frac{\partial^{2n} \dot{K}_{cm}}{\partial \omega^{2n}} + \dot{R}_m , \qquad (1)$$

где $\dot{R}_m$ - остаточный член разложения, при оценке которого определяют получающуюся погрешность разложения;

$\dot{\omega}(t)$ - первая производная частоты по времени.

При панорамных измерениях частотных характеристик следует выбирать такую скорость изменения частоты, при которой погрешность измерения за счет отличия динамической характеристики от статической не превышала бы заданной малой величины. При этом условии можно отбросить все члены порядка выше первого и переписать выражение (1) следующим образом:

$$\dot{K}_g = \dot{K}_{cm} + j \frac{\dot{\omega}(t)}{2} \frac{\partial^2 \dot{K}_{cm}}{\partial \omega^2} .$$

Для этого случая получены следующие выражения :

1)выражение для относительной погрешности модуля частотной характеристики коэффициента передачи

$$\varepsilon_\kappa(\omega) = \sqrt{1 + \frac{k(k-4a)}{(1+a^2)^2}} - 1 \; ; \qquad (2)$$

2)выражение для относительной погрешности фазы коэффициента передачи

$$\varepsilon_\varphi(\omega) = \frac{\operatorname{arctg} \dfrac{k(1-a^2)}{(1+a^2)^2 - 2ka}}{\operatorname{arctg} a} \; ; \qquad (3)$$

3)выражение для относительной погрешности группового времени запаздывания (ГВЗ)

$$\varepsilon_\tau(\omega) = \frac{2k(a^3-3a-k)}{(1+a^2)^2 + k(k-4a)} , \qquad (4)$$

где $k = 4Q^2(\omega_{max} - \omega_{min})/T\omega^2_{cp}$ - безразмерный коэффициент.

Проведенный на ЭВМ анализ выражений (2),(3) и (4) в диапазоне частот 300...3400 Гц дал следующие результаты:

1)при Q =10 и T = 3с ε_κ=1.25%, ε_φ=4.65%, ε_τ=3.49%;

2)при Q =1 и T = 3с ε_κ=0.013%, ε_φ=0.89%, ε_τ=0.35%;

3)при Q =0.4 и T =3с ε_κ=0.002%, ε_φ=0.15%, ε_τ=0.0054%;

4)все погрешности с увеличением периода изменения частоты T уменьшаются практически прямо пропорционально изменению T.