

МЕТОДИКА ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОГО СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В.А. Климчук
(представил д.т.н., проф. Б.Ф.Самойленко)

Рассматривается методика технико-экономической оценки оптимального синтеза структуры измерительного комплекса для определения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, который учитывает как экономический эффект от снижения стоимости самого измерительного комплекса, так и экономию средств при организации проектных работ на стадии внешнего проектирования с использованием теории графов.

Ожидаемый экономический эффект оптимального синтеза структуры измерительного комплекса на основе теории графов оценим по направлению экономии средств на проектирование при организации проектных работ на стадии внешнего проектирования. Для этого затраты материальных ресурсов на получение информации, необходимой для принятия обоснованных решений, будем рассматривать как ее стоимость, а ожидаемый экономический эффект от использования этой информации в процессе проектирования создаваемого комплекса — как полезность информации.

Начальную неопределенность проектируемого комплекса (или его энтропию) представим в виде [1]

$$H_0 = -\sum_{j=1}^N p_j \log_2 p_j ,$$

где p_j - априорная вероятность выбора разработчиком j -го варианта проектируемой системы;

N - число возможных вариантов структурно-параметрической организации комплекса.

Предположим, что при использовании методов оптимального синтеза разработчиком комплекса эмпирически или эвристически выбрано во множестве N некоторое подмножество $N_1 \in N$ возможных вариантов структурной организации этого комплекса. Неопределенность проекти-

руемой системы снижается в этом случае до уровня

$$H_1 = - \sum_{j=1}^{N-N_1} p_j \log_2 p_j ,$$

где $N - N_1$ – мощность множества неоцененных возможных вариантов разрабатываемого комплекса.

Полезность информации, полученной в результате снижения неопределенности структуры проектируемого комплекса, принято оценивать в показателях степени его организованности в отношении рассматриваемой цели или решаемой функциональной задачи [2]. Под степенью организованности понимается количественная мера экономической (стоимостной) различимости организации комплекса.

Организованность комплекса в общем случае может рассматриваться в отношении структуры (структурная организованность S_j) и его параметров (параметрическая организованность P_j). Для пространственно - распределенных комплексов может оцениваться также и пространственно-структурная организованность Π_j .

При сопоставительной оценке возможных вариантов проектируемого измерительного комплекса целесообразно использовать показатели структурно-параметрической неорганизованности Q_{jk} , $j \in N$, $k \in K$, взвешенные по степени их влияния на эффективность этого комплекса.

Указанные показатели могут быть определены из зависимости

$$Q_{jk} = | K_{jk} (\Pi_j, S_j, P_j) - K_{копт} (\Pi_{опт}, S_{опт}, P_{опт}) - r (K_k) | ,$$

где $K_{jk} (\Pi_j, S_j, P_j)$ - оцениваемый k -й показатель эффективности проектируемого комплекса при j -м варианте его структурно-параметрической организации;

$K_{копт} (\Pi_{опт}, S_{опт}, P_{опт})$ - расчетный k -й показатель эффективности проектируемого комплекса при оптимальной структурно-параметрической организации;

$r (K_k)$ - квазиупорядоченная зона с центром упорядоченности $K_{копт} (\Pi_{опт}, S_{опт}, P_{опт})$, соответствующая чувствительности k -го показателя эффективности проектируемого комплекса к изменению его параметров с учетом технологических допусков и принятой шкалы типоминалов.

Показатель неорганизованности i -го элемента как компонента проектируемого комплекса при j -м возможном варианте его технического исполнения может быть найден из соотношения

$$Q_{ijk} = K_{пijk} | K_{ijk}(P_{ij}) - K_{ijk}(P_{оптij}) | ,$$

где $K_{пijk}$ - коэффициент приведения, характеризующий ожидаемое изменение k -го показателя эффективности проектируемого

комплекса в целом при изменении k -го показателя i -го элемента этого комплекса при j -м варианте технического исполнения данного элемента;

$K_{ijk}(P_{ij})$ - оцениваемый k -й показатель эффективности i -го элемента при j -м возможном варианте его технического исполнения;

$K_{ijk}(P_{оптij})$ - ожидаемое значение k -го показателя эффективности i -го элемента проектируемого комплекса при оптимальной его параметрической организованности как компонента этого комплекса при j -м варианте технического исполнения данного элемента.

Коэффициент приведения в общем случае может быть определен соотношением

$$K_{nijk} = \frac{\Delta K_{cjk}(P_j, S_j, P_j)}{K_{ijk}(P_{ij})},$$

где $\Delta K_{cjk}(P_j, S_j, P_j)$ - приращение оцениваемого k -го показателя эффективности проектируемого комплекса, вызванное введением в структуру комплекса i -го элемента при j -м его конструктивном исполнении.

Исходя из вышеизложенного, можно записать выражение для полезности информации, получаемой при проектной проработке j -го возможного варианта структурно-параметрической организации создаваемого измерительного комплекса:

$$P_{ijk} = \sum_{i=1}^{N_j} \frac{K_{nijk} \Delta Q_{ijk}}{\Delta I_{jk}}, \quad i = 1..N_j, \quad k \in K,$$

где ΔQ_{ijk} - снижение неорганизованности i -го элемента как компонента проектируемого измерительного комплекса по k -му показателю эффективности в результате проектной проработки данного элемента;

ΔI_{jk} - количество информации, получаемой при проектной проработке j -го возможного варианта структурно-параметрической организации проектируемого комплекса.

Отсюда, полезность информации, получаемой при снижении неопределенности проектируемого измерительного комплекса с уровня H_0 до уровня H_1 , равна

$$P_{\Delta Hk} = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{N_j} \frac{K_{nijk} \Delta Q_{ijk}}{\Delta I_{jk}} p_j \log_2 p_j - \sum_{j=1}^{N-N_1} \sum_{i=1}^{N_j} \frac{K_{nijk} \Delta Q_{ijk}}{\Delta I_{jk}} p_j \log_2 p_j,$$

где $i=1..N_j$, $k \in K$.

Переходя к показателям статистической неорганизованности и статистической информации, а также предполагая в соответствии с основной леммой теории распознавания образов [2] равную вероятность выбора любого j -го варианта при отсутствии достоверной априорной информации, получаем следующее выражение для статистической полезности информации при проектной проработке $N_1 \in N$ возможных вариантов организации структуры создаваемого измерительного комплекса:

$$\tilde{\Pi}_{\Delta Hk} = \sum_{i=1}^{\tilde{N}} \frac{\tilde{K}_{nik} \Delta \tilde{Q}_{ik}}{\Delta \tilde{I}_k} N_1, \quad i=1.. \tilde{N}, \quad k \in K,$$

где \tilde{K}_{nik} - усредненный коэффициент приведения, характеризующий ожидаемое изменение k -го показателя эффективности проектируемого комплекса в целом при изменении k -го показателя i -го элемента этой системы;

$\Delta \tilde{Q}_{ik}$ - усредненное значение показателя снижения неорганизованности i -го элемента как компонента проектируемого измерительного комплекса по k -му показателю эффективности в результате проектной проработки данного элемента;

$\Delta \tilde{I}_k$ - усредненное количество информации, получаемой при проектной проработке варианта структурно-параметрической организации проектируемого комплекса;

\tilde{N} - усредненное количество элементов проектируемого комплекса.

Соответственно, потенциальный ущерб, связанный с ограниченным рассмотрением возможных вариантов организации разрабатываемого измерительного комплекса, может быть охарактеризован следующей статистической зависимостью:

$$\Delta \tilde{\mathcal{E}}_k = \sum_{i=1}^{\tilde{N}} K_{nik} \Delta \tilde{Q}_{ik} (N - N_1) = \Delta \tilde{Q}_{ck} (N - N_1), \quad i=1.. \tilde{N}, \quad k \in K,$$

где $\Delta \tilde{Q}_{ck}$ - усредненное значение показателя снижения неорганизованности проектируемого измерительного комплекса по k -му показателю эффективности в результате проектной проработки.

Следовательно, при применении предлагаемой методики оптимального синтеза потенциальный ущерб $\Delta \tilde{\mathcal{E}}_k$, при ($k \in K$) от недоиспользованных реальных возможностей по достижению оптимальной структур-

но-параметрической организованности разрабатываемого измерительного комплекса стремится к 0 (согласно вышеприведенной зависимости при $N_1 \rightarrow N$ имеем $\Delta \tilde{\mathcal{E}}_k \rightarrow 0$).

В общем случае, при использовании традиционных методов проектирования $N_1 \ll N$ (как правило, $N_1 < 10$, $N > 10^{10}$), что позволяет предполагать существенное недоиспользование потенциальных возможностей повышения организованности разрабатываемых комплексов для измерения параметров ЭМП. Строго говоря, множество N возможных вариантов структурно-параметрической организации проектируемого измерительного комплекса разработчику вообще неизвестно, и его определение связано с принципиальными трудностями.

Использование данной методики позволяет в значительной мере повысить эффективность разработок комплексов для измерения параметров ЭМП, так как можно считать, что при направленном формировании оптимальной структуры системы анализируются все возможные варианты возможной структурно-параметрической организации, т.е. $N_1 \rightarrow N$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин М.С., Мурадян А.Е., Мамонтов В.Н. Информационно - экономические характеристики и их применение для оценки эффективности автоматизации проектирования электрических сетей // Электричество. – 1981. – № 7. – С. 34 – 37.

2. Горский Ю.М. Информационные аспекты управления и моделирования. М.: Наука. – 1988. – 245 с.
