

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМНО-ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЭЭС

Докт. техн. наук ГУСЕЙНОВ А. М.,  
канд. техн. наук ЮСИФБЕЙЛИ Н. А.

*АзНИИЭиЭП,  
ЦДУ ОАО «Азербэнерго»*

Большой объем задач, решаемых с целью управления режимной надежностью ЭЭС, и сложная структура самого объекта управления диктуют необходимость создания иерархической системы диспетчерского управления. При этом на каждом иерархическом уровне должны быть обеспечены функционирование и взаимодействие следующих информационно-технологических систем [1]:

- оперативного контроля и управления режимом;
- оперативного анализа и планирования режима;
- долгосрочного и краткосрочного планирования режима;
- контроля и учета электропотребления (АСКУЭ);
- автоматического управления.

Основой построения единой иерархической системы технологического управления являются создание единых информационного пространства и масштабируемой открытой архитектуры, а также использование единых информационной технологии и системы стандартных интерфейсов.

Определяющие критерии качества этой системы:

- информативность (информационная эффективность), главный компонент которой время реакции (реактивность) системы;
- оперативность предоставления данных о текущем режиме диспетчерскому персоналу;
- информационная надежность и живучесть системы.

Характеристики реакции системы должны рассматриваться в двух аспектах:

- реакции информационного тракта в целом (времени задержки поступления пользователю информации о текущем режиме);
- реакции человеко-машинного интерфейса, связанного с задержкой исполнения запроса на доступ к определенному набору данных.

Следовательно, задача построения эффективной иерархической системы диспетчерского управления состоит в определении:

- числа ступеней (уровней) управления;
- структуры вертикальных и горизонтальных связей между уровнями и элементами уровней управления;
- оптимального распределения задач по уровням управления;
- информационно-технических средств, обеспечивающих эффективность работы выбранной иерархической системы (надежность, реактивность, живучесть, стоимостную эффективность и др.).

В настоящей работе рассматриваются первая и вторая задачи.

Одноуровневая система оперативно-технологического управления с одним центральным диспетчерским пунктом (ЦДП) не может эффективно решать эти задачи, учитывая к тому же иерархическую технологическую структуру объекта управления. Для такой системы управления характерны большая нагрузка и огромный поток информации с низкой надежностью, потери которой при одноступенчатом ЦДП также могут быть вызваны отказами оборудования, недостаточным быстродействием системной автоматики, более высокими затратами умственного труда и самой эксплуатацией системы. Эти доводы дают основание для создания многоуровневой децентрализованной системы управления.

Число уровней управления определяется как технологическими особенностями энергосистемы (производство, передача, распределение), так и архитектурой строения (ЕЭС, ОЭС, ЭС). Исходя из последнего принципа может быть принята трехуровневая иерархическая структура диспетчерского управления: I (высший) уровень – ЦДУ ЕЭС; II уровень – ОДУ ОЭС; III уровень – ДУ ЭС, входящих в ОЭС.

Если определение числа уровней управления применительно к действующей энергосистеме не представляет сложности, то вторая задача – определение оптимальной структуры с системой вертикальных (между уровнями) и горизонтальных (между элементами уровней) связей – по-настоящему сложная задача.

Создаваемая иерархическая система должна обладать свойством целостности. Для достижения этой цели необходимо:

- определить представительность элементов структуры;
- выяснить степень целостности;
- рассчитать коэффициент использования каждого элемента иерархической структуры и коэффициент полезного действия отдельных элементов и системы в целом.

В качестве примера рассмотрим двухуровневую систему, в которой на нижнем уровне  $n$  управляемых подсистем связаны с одной вышестоящей управляющей системой (рис. 1) [2].

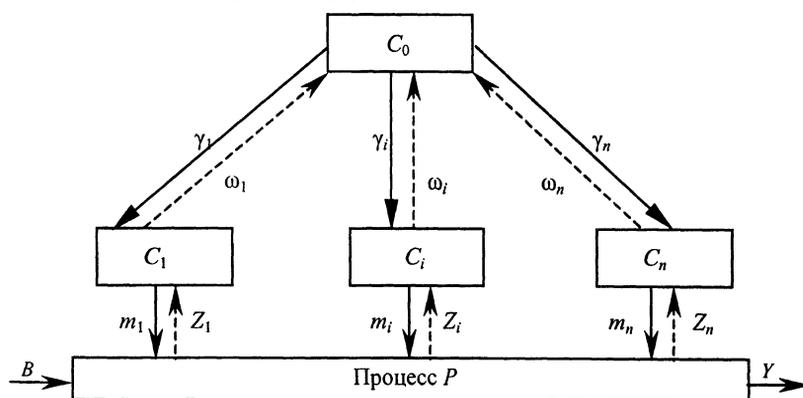


Рис. 1. Двухуровневая иерархическая система диспетчерского управления

Здесь процесс  $P$  – управляемая система. К ней приходят сигналы двух видов: управляющие сигналы  $m_1, \dots, m_i, \dots, m_n$  и сигналы внешнего возму-

щения  $B$ . Выход процесса  $P$  представляется сигналом  $Y$ . Таким образом реализуется известная схема «вход – выход» с управляющим воздействием. Каждая из управляющих систем нижнего уровня  $C_i$  оказывает воздействие на процесс  $P$  с помощью управляющего сигнала  $m_i$ , получая координирующие сигналы  $\gamma$  от верхнего уровня  $C_0$ . Обратная связь в виде сигналов  $Z_1, \dots, Z_i, \dots, Z_n$  информирует о состоянии процесса  $P$  после полученных управляющих воздействий  $m_1, \dots, m_i, \dots, m_n$ . Аналогично обратные связи  $\omega_1, \dots, \omega_i, \dots, \omega_n$  содержат в себе информацию относительно поведения нижних управляющих систем.

Для построения эффективной иерархической структуры оперативно-технологического управления можно использовать методы теории информационных систем, с помощью которой возможно получить комплексную оценку свойства целостности.

В общем случае степень сложности любой системы при наличии различных элементов с разными возможными вероятностями может быть описана с использованием теории сложных систем [2, 3]:

$$C = -J \sum_{k=1}^n p_k \log p_k = JH,$$

где  $J$  – некоторая положительная константа, определяющая выбор единицы измерения;  $p_k$  – вероятность состояния  $k$ -го состояния элемента;

$H = -\sum_{k=1}^n p_k \log p_k$  – энтропия множества вероятностей  $p_1, p_2, \dots, p_k, \dots, p_n$  [4].

В теории информации больших систем показатель  $C$  именуется также как смысл (содержание) системы. При этом обозначим:  $C_c$  – содержание системы;  $C_0$  – собственное содержание (произведение вероятностей отдельных априорных состояний элементов вне связи их между собой) и взаимное содержание  $C_{вз}$ . Между всеми ними существует соотношение

$$C_{вз} = C_c - C_0.$$

Используя информационный аппарат, можно определить количественную оценку целостности создаваемой иерархической структуры:

- степень целостности

$$\alpha = -C_{вз}/C_0;$$

- коэффициент использования

$$\beta = C_c/C_0 = 1 - \alpha;$$

- коэффициент полезного действия

$$\gamma = C/C_c.$$

Наличие самого свойства целостности в иерархической структуре оперативно-технологического управления фиксируется согласно условиям:

$$C_{вз} \neq 0; \beta \neq 1; \alpha > 0.$$

Предлагаемый информационный подход был использован при построении иерархической оперативно-технологической системы управления для Азербайджанской ЭЭС.

Исходя из изложенного выше принципа выбора иерархической структуры диспетчерского управления, новых условий, возникающих после распада СССР и ЕЭЭС и смены экономических условий, для Азербайджанской ЭЭС рекомендуется двухуровневая структура оперативно-технологического управления с Национальным диспетчерским центром (НДЦ) на высшем уровне.

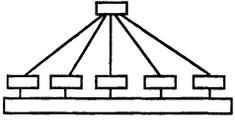
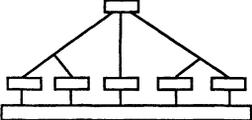
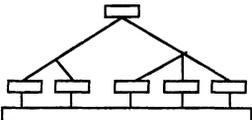
Учитывая проведенную и планируемую реструктуризацию в отрасли на нижнем уровне управления (региональные диспетчерские центры (РДЦ)), рассматриваются соответственно пять и восемь элементов. В первом случае – это РДЦ Баку, Сумгаита, Гянджы, Али-Байрамлы, Нахичевани – электрические сети, управления электрическими компаниями. Во втором случае – те же пять элементов, а также выделенные три группы электрических станций с головными – АзГРЭС, ГРЭС Али-Байрамлы, Шимал ГРЭС. Последнее обусловлено возможным образованием в процессе реструктуризации трех генерирующих компаний. Таким образом, в 1-м варианте на нижнем уровне – пять элементов, во 2-м – 8.

В табл. 1 и 2 приведены результаты расчета показателей целостности для различных структур управления. Их анализ показывает следующее:

- в обоих вариантах схема 1 не обладает свойством целостности;
- в 1-м варианте следует отдать предпочтение схеме 2 с более высокой степенью целостности ( $\alpha$ );
- во 2-м по тем же причинам предпочтительна схема 3 ( $\alpha$ ).

Таблица 1

Показатели целостности иерархической системы диспетчерского управления (два уровня управления – пять элементов)

№ п/п	Вариант схемы	$C$	$C_c$	$C_o$	$C_{вз}$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
1		2,33	4,0	4,0	0	0	1,0	0,583
2		2,33	3,524	4,0	-0,476	0,12	0,88	0,661
3		2,33	3,547	3,6	-0,053	0,015	0,985	0,657

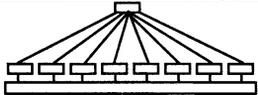
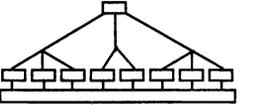
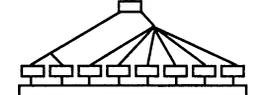
Известно, что при наличии целостности следует отдавать предпочтение той структуре, в которой обеспечиваются меньшие затраты умственного труда. А это имеет место при более значительной структуризации. Чем больше структурирована система управления, тем меньше затраты умственного труда. Окончательные рекомендации выглядят следующим образом:

- по 1-му варианту – схема 2;
- по 2-му – также схема 2.

При этом не сложно выполнить структурный переход от схемы 1-го варианта к схеме 2-го и наоборот.

Таблица 2

**Показатели целостности иерархической системы диспетчерского управления  
(два уровня управления – восемь элементов)**

№ п/п	Вариант схемы	C	C <sub>c</sub>	C <sub>o</sub>	C <sub>вз</sub>	α	β	γ
1		3,0	7,0	7,0	0	0	1,0	0,429
2		3,0	5,75	5,8	-0,05	0,01	0,99	0,52
3		3,0	4,4	4,6	-0,2	0,043	0,96	0,68

Поскольку ряд основных задач управления режимами решается только на верхнем уровне оперативно-технологического управления, ему принадлежит функция выдачи нижестоящим уровням контрольных режимных показателей, прогнозных данных и др. Эффективность функционирования всей иерархической системы определяется в основном верхним уровнем, в обязанности которого входит функция координации, обеспечивающая оперативное взаимодействие как между уровнями, так и между элементами. Это особенно важно в условиях рыночной экономики при компромиссном рассогласовании интересов разных элементов с использованием экономических критериев управления.

Информационный подход и методика были применены при выборе иерархической системы диспетчерского управления ЭЭС Азербайджанской Республики. На основе сопоставления расчетных вариантов рекомендована двухуровневая структура с пятью (или восьмью) элементами.

### ВЫВОДЫ

Рассмотрены комплекс оперативно-технологических задач по улучшению режимной надежности ЭЭС и принципы построения иерархической системы диспетчерского управления, обладающей свойствами децентрализации и целостности. В основе методики – информационный подход, определяющий жесткие характеристики иерархической системы, такие как степень целостности, коэффициент использования, коэффициент полезного действия и др.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация управления энергообъединениями / В. В. Гончунов, В. М. Горнштейн, Л. А. Крумм и др.; Под ред. С. А. Савалова. – М.: Энергия, 1979. – 432 с.
2. Месарович М., Мако Д., Такахага Ц. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
3. Цвиркун А. Д. Структура сложных систем. – М.: Сов. радио, 1975. – 200 с.
4. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 829 с.

Поступила 20.05.2004