

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ ІЄРАРХІЧНО ОРГАНІЗОВАНИХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖНИХ СИСТЕМ

Аналіз властивостей і особливостей існуючих та проєктованих розподільних мереж (РМ), проведений на підставі [1, 2], дозволяє виділити основні умови й обмеження, яким підпорядковані такі об'єкти. Найбільш істотні з таких умов та обмежень перераховані нижче.

1. Графи G_i^* різних РМ N_i , $i \in I$, розділені між собою вершинами: $\forall i, j \in I, i \neq j \Rightarrow V_i^* \cap V_j^* = \emptyset$, де V_i^* , V_j^* — множини вершин графів G_i^* і G_j^* РМ N_i і N_j відповідно.

З цієї умови випливає, що графи G_i^* різних РМ N_i , $i \in I$, розділені між собою ребрами: $\forall i, j \in I, i \neq j \Rightarrow E_i^* \cap E_j^* = \emptyset$.

Дане обмеження зумовлене характером відносного розташування РМ в інженерних мережних системах (ІМС). У реальних ІМС РМ звичайно розташовуються в кільцях, утворених магістральними мережами (ММ), у силу цього РМ безпосередньо не з'єднуються між собою і не мають спільних елементів.

2. Дуги графа G_i^* РМ N_i не містять активних елементів (АЕ): $E_i^a \cap E_i^* = \emptyset$, де E_i^a і E_i^* — відповідно множина дуг графа G_i^* РМ N_i , котрі містять АЕ, і множина всіх дуг графа G_i^* .

Це обмеження має місце в силу принципу створення припустимих умов функціонування АЕ, який запропоновано у [1, 2]. Оскільки в РМ зміна сталого поточкорозподілу відбувається дуже часто, встановлювати АЕ в їхніх дугах недоцільно. АЕ доцільно встановлювати в дугах ММ N_0 , де такі зміни відбуваються значно рідше.

3. Кожна фіктивна дуга $j \in E_i'$ графа G_i , де E_i' — множина джерел графа G_i , містить фіктивний АЕ: $E_i^a = E_i'$, $i \in I$.

Оскільки в силу обмеження 2 дуги графа G_i^* не містять АЕ, сталий поточкорозподіл в РМ N_i підтримується за рахунок створення визначених напорів ММ N_0 у вхідних вершинах РМ N_i . Цей же результат можна одержати формально, припустивши, що дуги множини джерел E_i' РМ N_i , $i \in I$, мають фіктивні АЕ.

4. Кожна фіктивна дуга $j \in E_i''$, де E_i'' — множина стоків графа G_i РМ N_i , відповідає одному визначеному споживачу цільового продукту (СЦП), підключеному до розглянутої РМ N_i .

5. Граф G_i^* , а отже, і граф G_i , не містить дуг, що з'єднують між собою вхідні вершини множини $V_i' \cap PM N_i$.

Це обмеження для реальних ІМС справедливе в силу того, що вхідні вершини графа $G_i^* \cap PM N_i$ з'єднані (збігаються) із вихідними вершинами $MM N_0$.

При цьому вхідні вершини РМ N_i виявляються з'єднаними між собою дугами $MM N_0$, і в силу цього дуг, рівнобіжних зазначеним, РМ N_i не містить.

6. Пасивні елементи (ПЕ), що належать РМ N_i , можуть знаходитися тільки в тих дугах графа G_i^* , котрі інцидентні вхідним вершинам $x \in V_i'$, де V_i' — множина таких вершин. Таке розташування ПЕ має місце в реальних РМ і зумовлено певними міркуваннями. До них можна віднести мінімізацію кількості ПЕ, оскільки число дуг РМ N_i , інцидентних вхідним вершинам, є незначним стосовно загального їхнього числа; зручність реалізації керуючих дій; можливість перекриття всіх потоків цільового продукту (ЦП) із $MM N_0$ у випадку створення в РМ N_i аварійної ситуації [1, 2].

З урахуванням пропозицій 5 і 6 множина E_i^P дуг, що містять ПЕ, задовольняє наступним умовам: $E_i^P \subset E_i^*$, $E_i^P = \{x_i, \forall x_i \in V_i', u_i \in V_i^* \setminus V_i'\}$; де E_i — множина дуг графа $G_i^* \cap PM N_i$; E_i' і E_i^* — відповідно множина джерел графа G_i і множина усіх дуг графа $G_i^* \cap PM N_i$.

7. Множина дуг E_i^Γ графа $G_i \cap PM N_i$, котрі є нерегульовані елементи (НЕ), задовольняє умові: $E_i^\Gamma = (E_i^* \setminus E_i^P) \cup E_i''$; де E_i^* , E_i^P і E_i'' — відповідно множина всіх дуг графа G_i^* ; множина дуг графа G_i , що містять ПЕ; множина стоків графа $G_i \cap PM N_i$, $i \in I$.

Дана умова означає, що до множини дуг E_i^Γ будемо відносити дуги графа G_i^* , що не є інцидентними множині вхідних вершин V_i' , і, отже, на підставі обмежень 5, 6 не належать до множини дуг E_i^P , що містять ПЕ, а також дуги, що відповідають окремим СЦП і на підставі обмеження 4 належать до множини стоків E_i^Γ . При цьому ніяких вхідних дуг множина E_i^Γ не містить.

Приклад моделюючого графа топологічної структури РМ, що задовольняє перерахованим вище обмеженням 1—7, наведений у [1, 2].

8. Протягом часу виконання вимірів, розрахунку та реалізації необхідних керуючих дій у РМ N_i значення вектора напорів у вхідних

вершинах Z_i' та вектора напорів у вихідних вершинах Z_i'' залишаються незмінними.

Ця умова породжена властивістю оперативності керуючого алгоритму, котра сформульована у [1, 2].

9. Ціллю функціонування РМ N_i є створення припустимих умов функціонування для всіх підключених до неї СЦП.

Аналіз реальних об'єктів, виконаний на підставі досліджень, що містяться в [1, 2] показує, що всі споживачі, підключені до РМ N_i , функціонують у припустимих режимах, якщо для сталого поточкорозподілу у відповідній РМ N_i , виконується наступна умова: $\forall x \in V_i'''$, $z_x \in [z_i^*, z_i^{**}]$; де z_i^* і z_i^{**} — відповідно нижня і верхня межа напору z_x у проміжній вершині $x \in V_i'''$; V_i''' — множина проміжних вершин РМ N_i .

Відповідно до досліджень, проведених в [1, 2], можна вважати, що значення z_i^* і z_i^{**} визначаються режимами функціонування СЦП, підключених до РМ N_i , і є відомими числами для $\forall i \in I$. Наведена умова формалізує ціль функціонування РМ N_i , $i \in I$.

При всіх можливих сталих поточкорозподілах у РМ N_i не може існувати двох таких вершин $x, u \in V_i'''$, де V_i''' — множина проміжних вершин розглянутої РМ, для котрих одночасно були б справедливі наступні співвідношення: $z_x < z_i^*$, $z_u > z_i^{**}$, $i \in I$.

Це припущення справедливе в силу конструктивних та функціональних особливостей РМ [1, 2]. Виконання цього припущення зумовлене установленою вище схемою з'єднань дуг РМ і розташуванням ПЕ в її дугах. Дане припущення необхідне для відносно рівномірного розподілу напорів у вихідних вершинах підключення СЦП для створення припустимих режимів їхнього функціонування.

Використовуючи перераховані обмеження, що накладаються на РМ N_i , $i \in I$, формалізуємо взаємозв'язок між напорами z_x у вершинах $x \in V_i^* \setminus V_i'$ і координатами r_j вектора стану ПЕ $R_i \in \Omega(R_i)$ у розглянутій РМ N_i .

Нехай у розглянутій РМ N_i , $i \in I$, має місце сталий поточкорозподіл. Тоді при фіксованому значенні вектора напорів у вхідних вершинах Z_i' і вектора стану ПЕ Γ_i напор z_x у будь-якій вершині $x \in V_i^* \setminus V_i'$ є функцією координат r_j , $j \in E_i^P$, вектора стану ПЕ R_i РМ N_i : $z_x = z_x(R_i) = z_x(r_j, j \in E_i^P)$.

Областю визначення кожної такої функції z_x , $x \in V_i^* \setminus V_i'$, є область можливих значень $\Omega(R_i)$ вектора R_i . При цьому має місце наступне твердження.

Для РМ N_i , $i \in I$, при фіксованих значеннях векторів Z_i' і Γ_i усі z_x , де $x \in V_i \setminus V_i'$, є обмеженими і безперервними функціями по будь-якому аргументу $r_j \in [r_j^*, r_j^{**}]$. Причому усі z_x або монотонно зростають по обраному аргументу r_j , або монотонно спадають.

Доказ справедливості даного твердження міститься в [1, 2].

Побудована в даній роботі модель оперативного керування РМ може бути використана при синтезі глобальної системи оперативного управління ієрархічно організованою ІМС.

Висновки

На підставі виділення істотних властивостей та характерних особливостей функціонування формалізовані окремі РМ різного рівня ієрархії, що входять до складу ієрархічно організованих ІМС. Сформульовано твердження, що установлює взаємозв'язки між керуючими параметрами і параметрами сталих потокорозподілів у розглянутих РМ. Отримані залежності можуть бути використані для алгоритмізації локальних процесів оперативного управління окремими РМ різного рівня ієрархії в ієрархічно організованих ІМС.

Література

1. *Леви Л. И.* Декомпозиция в задачах моделирования процессов оперативного управления иерархически организованными инженерными сетевыми системами. — Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996. — 122 с.
2. *Леви Л. И.* Иерархическая декомпозиция в задачах оперативного управления инженерными сетевыми системами. Дис... д-ра техн. наук: 05.13.07 — Луганск, 1999. — 342 с.