

Н.А. КУРЧАТОВ, студент гр. ЭАм-241 (КузГТУ)
Ю.Д. КУРЧАТОВА, студент гр. ЭАМ-241 (КузГТУ)
Научный руководитель Р.В. КОТЛЯРОВ, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СЕТЕЙ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГРАФОВОЙ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ

Введение

В [1] поднята проблема определение места возникновения аварии для участков СЭС напряжения 0,4 и 6(10) кВ, для которых характерна низкая наблюдаемость. В качестве пути решения данной проблемы предложено применение вероятностного анализа для определения состояния ненаблюдаемого электрооборудования (ЭО).

Суть метода заключается в следующем: на основе общей информационной модели сети (CIM) [2] строится граф связности (причинности) G , каждому узлу которого соответствует единица или группа ЭО, для которых из внешних источников известны априорные вероятности отказа $Q(X_g | r)$. Например, источником сведений могут служить, системы управления производственными активами (СУПА) и техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР).

Каждый узел графа X (представлен на рисунке 1) может иметь n входов и m выходов.

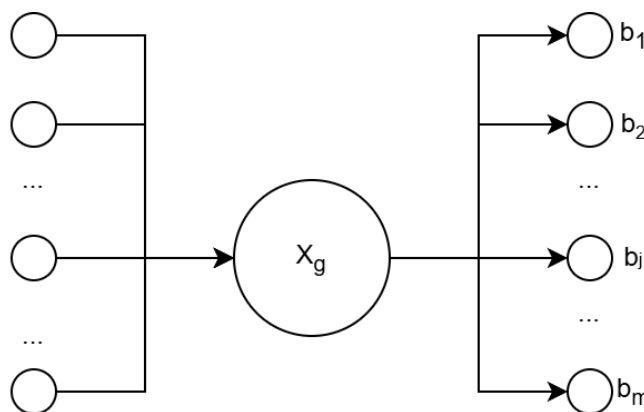


Рис. 1. Узел графа электрических связей X : a_i – входы,
 b_j – выходы узла

Вычислив апостериорная вероятность отказа каждого узла в зависимости от вероятностей состояния соседних питающих (входов) и питаемых (выходов) узлов $Q(X_g|AB)$.

Построение графа

Для сетей 0,4 и 6(10) кВ в продолжительном режиме работы характерна древовидная топология графа электрических связей с несколькими источниками питания. Электрическая связь имеет направление от источника к потребителям.

Таким образом граф связности (причинности) G является ациклическим, направленным и простой каузальной байесовской сетью (ПКБС) [3]. Простота сети заключается в том, для последовательных ветвей вероятность отказа (обесточивания) узла при отказе (обесточивании) родительских узлов $Q(X_g|\underline{par}(X_g)) = 1$.

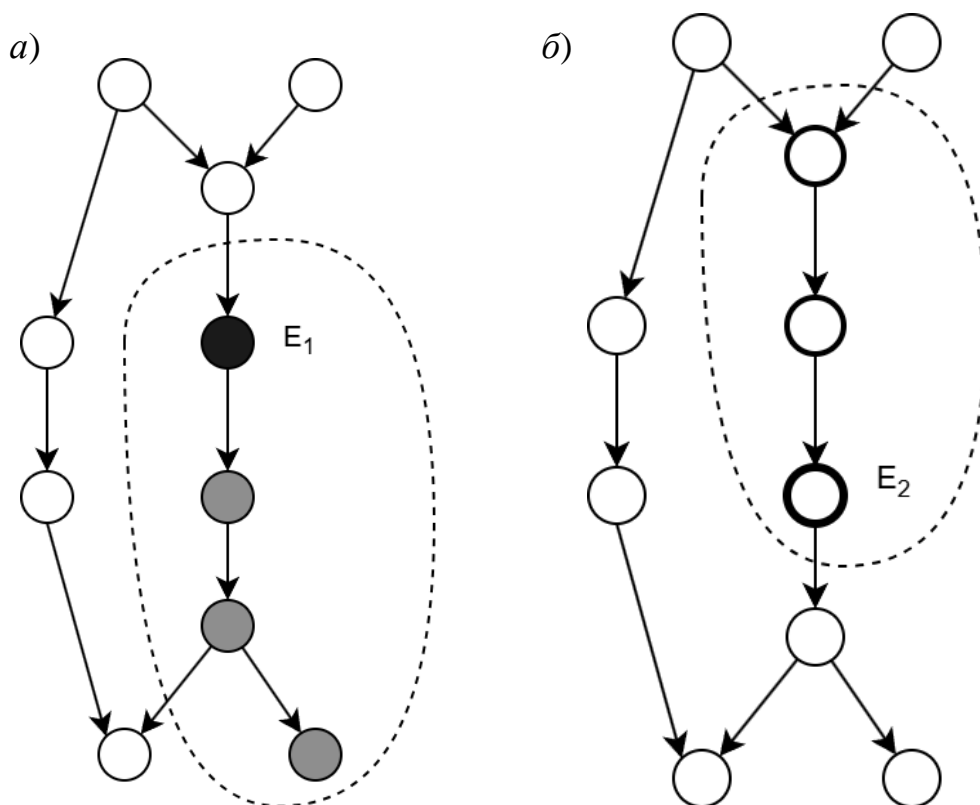


Рис. 2. Пропагация свидетельства обесточивания (а),
наличия напряжения (б)

Будем называть свидетельствами E заведомо известные состояния узлов: $Q(E) = 0$ – есть напряжение, $Q(E) = 1$ – обесточен. Тогда для ПКБС характерна пропаганда (или «продление») вероятности вдоль ветви S_E , содержащей узел, где зафиксировано свидетельство. Для обесточенного состояния в сторону потомков до узла имеющего предков не принадле-

Для остальных узлов необходимо определять апостериорная вероятность отказа. Поскольку основной задачей является поиск отказавшего узла целесообразно рассматривать восходящие ветви свидетельств.

$$Q(X_i \in S_E | E) = \frac{Q(X_i \in S_E) \cdot R}{Q(S_E)}, \quad (1)$$

Вероятность отказа ветви равна:

$$Q(S_E) = 1 - \prod \left(1 - Q(X_i \in S_E, X_i \notin Z_j)\right) \cdot \prod (Z_j \in S_E) Q, \quad (2)$$

Апостериорная вероятность отказа каждого узла при нескольких свидетельствах:

$$Q(X_i|E_k) = 1 - \prod_k (1 - Q(X_i \in S_F|E_k)), \quad (3)$$

где $Q(X_i \in S_E | E_k)$ – априорная вероятность отказа узлов ветви S_E при k -том свидетельстве.

Список литературы:

1. Курчатова Ю., Курчатов Н. Снижение ущерба от отказов в сетях энергоснабжения за счет логико-вероятностного анализа // XIV Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ». – 2022. – URL: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2022/RM22/pages/Articles/021311.pdf>. (дата обращения: 15.10.2025).
2. ГОСТ Р 58651.9-2023. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Информационная модель электроэнергетики. Схемы электрических соединений электроэнергетических систем и объектов электроэнергетики [Текст] : национальный стандарт Российской Федерации : утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 марта 2023 г. № 553-ст: Дата введения 2023-04-01. – URL: <https://protect.gost.ru/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=0&month=10&year=2024&search=58651&id=245346> (дата обращения: 15.10.2025).
3. Литвиненко, Н.Г., Литвиненко, А.Г., Мамырбаев, О.Ж., Шаяхметова, А.С. Работа с Байесовскими сетями в BAYESIALAB. – Алматы: ИИВТ, 2018. – 311 с.
4. Методика оценки вероятности отказов основного электросетевого оборудования с учетом его технического состояния / Р. Бердников [и др.] // Сборник научно-технических статей сотрудников Группы компаний «Россети». – Москва : «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение», 2017. – С. 151–163. – URL: <https://eepir.ru/release/sbornik-nauchno-tehnicheskikhstatey-sotrudnikov-gruppy-kompaniy-rosseti-yanvary-fevraly-2017/> (дата обращения: 15.10.2025).

Информация об авторах:

Курчатов Николай Александрович, студент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, kurchatov_na@ke.rosseti-sib.ru

Курчатова Юлия Дмитриевна, студент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, kurchatovajud@yandex.ru

Котляров Роман Витальевич, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, kotlyarovrv@kuzstu.ru