УДК 004.02

Кулыгин М.В.

студент

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

МЕТОДИКИ И АЛГОРИТМ ВЫБОРА ТИПА ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 6/10.

Аннотация: в статье представлено описание методики выбора типа трансформаторной подстанции 6/10 кВ, состоящей из шести последовательных этапов: выявление влияющих факторов, формирование системы критериев, разработка онтологии предметной области, создание алгоритма взаимодействия пользователя с системой, построение экспертной системы и окончательный выбор параметров. Методика направлена на систематический и объективный подбор ТП с учётом различных критериев. На основе методики разработан алгоритм выбора типа ТП, реализованный в виде экспертной системы, которая последовательно опрашивает пользователя, обрабатывает ответы с помощью базы знаний и машины вывода, выдаёт рекомендацию и может объяснить полученный результат.

Ключевые слова: трансформаторная подстанция 6/10 кВ, методика выбора, экспертная система, онтология предметной области, база знаний, машина вывода, алгоритм выбора, система критериев, электрическая нагрузка, категория надёжности электроснабжения.

Kulygin M.V.

student

Belgorod State National Research University

COMPARATIVE ANALYSIS OF DECISION-MAKING TECHNIQUES

Abstract: the article presents a description of a methodology for selecting the type of 6/10 kV transformer substation, consisting of six sequential stages: identification of influencing factors, formation of a criteria system, development

of a domain ontology, creation of an algorithm for user–system interaction, construction of an expert system, and final selection of parameters. The methodology is aimed at systematic and objective selection of a transformer substation taking into account various criteria. Based on the methodology, an algorithm for selecting the type of transformer substation has been developed, implemented as an expert system that sequentially queries the user, processes the answers using a knowledge base and an inference engine, issues a recommendation, and can explain the obtained result.

Keywords: 6/10 kV transformer substation, selection methodology, expert system, domain ontology, knowledge base, inference engine, selection algorithm, criteria system, electrical load, power supply reliability category.

Методика представлена на рисунке 1.

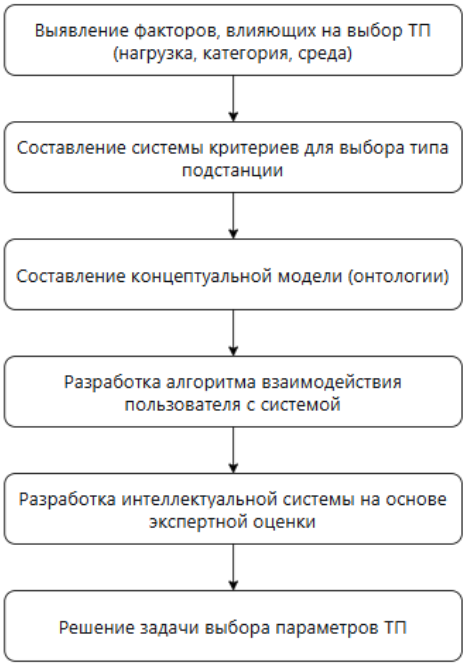


Рисунок 1 – Методика выбора типа ТП

Предлагаемая методика включает в себя шесть последовательных этапов, каждый из которых направлен на систематический и объективный выбор оптимального типа трансформаторной подстанции (ТП) 6/10 кВ [1, 3].

Этап 1. Выявление факторов, влияющих на выбор ТП (нагрузка, категория, среда).

На первом этапе проводится всесторонний анализ факторов, определяющих выбор конкретного типа ТП 6/10 кВ. Ключевыми факторами, подлежащими первоочередному изучению, являются:

Заявленная электрическая нагрузка (кВА) (величины требуемой мощности с учетом текущих и перспективных потребностей объекта).

Категория надежности электроснабжения (анализ нормативных требований и их влияния на выбор схемно-компоновочных решений, необходимость резервирования, тип трансформаторов и систем управления).

Дополнительные факторы: Анализ также включает оценку требований к типу установки, предпочтений в отношении производителей, экономических ограничений (капитальные и эксплуатационные затраты), требований к энергоэффективности и соответствия современным тенденциям (Smart Grid).

Результатом первого этапа является перечень релевантных факторов, подлежащих учету при выборе ТП, с определением их основных характеристик и диапазонов значений.

2 Этап. Формирование системы критериев для анализа исходных данных.

На основе данных, полученных на первом этапе, формируется структурированная система критериев. Каждый критерий детализируется с указанием возможных диапазонов значений, шкалы оценки или конкретных вариантов. Эта система служит «инструментом» для дальнейшего анализа.

Результатом второго этапа является четко определенный набор параметров и шкал, позволяющий унифицировать исходные данные для последующей обработки.

Этап 3. Разработка онтологии предметной области.

Создается концептуальная модель предметной области (онтология), которая формально описывает понятия, их свойства и отношения, связанные с выбором ТП 6/10 кВ.

Идентификация ключевых сущностей, определяются основные классы объектов.

Определение свойств и отношений, описываются атрибуты каждой сущности и отношения между сущностями.

Формализация (онтология кодируется на формальном языке, что позволяет использовать ее в компьютерных системах для семантической интерпретации данных и логического вывода).

Результатом третьего этапа является формализованная семантическая модель предметной области, служащая основой для построения базы знаний и алгоритма.

Этап 4. Разработка алгоритма взаимодействия пользователя с системой.

Создается подробный алгоритм, определяющий логику диалога между пользователем и интеллектуальной системой.

Пользовательский интерфейс (разрабатывается структура интерфейса, который будет последовательно запрашивать у пользователя значения параметров, соответствующих критериям из этапа 2).

Логика диалога (алгоритм определяет последовательность вопросов, варианты ответов, правила проверки корректности введенных данных).

Обработка ответов.

Результатом четвертого этапа является четко определенная последовательность шагов и логика диалога, обеспечивающие удобный и корректный сбор данных от пользователя.

Этап 5. Создание интеллектуальной системы (экспертной системы).

На основе разработанной онтологии (этап 3) и алгоритма взаимодействия (этап 4) создается интеллектуальная система, в виде экспертной системы.

База знаний (формируется база знаний, содержащая правила и структуру дерева решений/таблицы переходов, которые описывают логику принятия решений на основе входных данных. Эти правила и структура

основаны на формализованных знаниях из онтологий и требованиях нормативной базы).

Машина вывода (реализуется механизм, который использует базу знаний для анализа входных данных, полученных от пользователя, и выдачи рекомендаций).

Блок объяснений (интегрируется механизм, способный объяснить, на основании каких правил и факторов было принято то или иное решение, что повышает доверие пользователя к системе).

Результатом пятого этапа является функционирующий прототип интеллектуальной системы, способный обрабатывать входные данные и предлагать решения.

Этап 6. Окончательный выбор параметров и решение задачи подбора ТП.

Заключительный этап, на котором происходит интеграция всех предыдущих шагов.

Генерация рекомендации (интеллектуальная система, проанализировав все данные и применив заложенную логику, формирует окончательную рекомендацию по выбору типа трансформаторной подстанции 6/10 кВ).

Валидация и принятие решения (инженер-проектировщик получает рекомендацию с пояснениями. Он может принять ее, основываясь на опыте и дополнительных данных, или использовать как основу для дальнейшего детального проектирования).

Результатом шестого этапа является рекомендация о выборе ТП 6/10 кВ, соответствующего заявленным требованиям.

На основании разработанной методики выбора типа трансформаторной подстанции 6/10 разработан алгоритм выбора типа трансформаторной подстанции 6/10 [6].

Алгоритм выбора типа трансформаторной подстанции 6/10 представлен на рисунке 2.

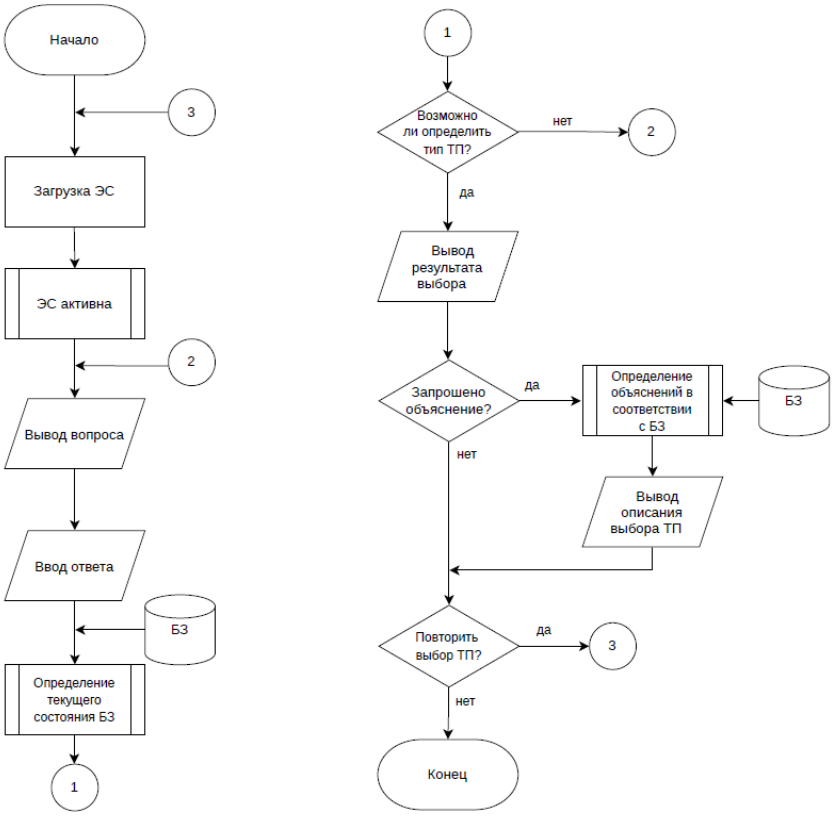


Рисунок 2 – Алгоритм выбора типа трансформаторной подстанции 6/10

Алгоритм начинается с загрузки экспертной системы, что позволяет проверить ее активность. Если система активна, то система выводит вопросы пользователю в заданной последовательности [2, 4].

Далее пользователь вводит ответы на заданные ему вопросы, определяющие потребности пользователя и его требования к выбору типа трансформаторной подстанции 6/10.

По окончанию ответов пользователя на вопросы, определяется текущее и конечное состояния Базы знаний, позволяющей автоматически определить тип трансформаторной подстанции 6/10. После этого выводится окно с результатами [5].

Далее пользователь может начать сначала выбора типа трансформаторной подстанции 6/10, либо запросить объяснения результата

подбора, которые будут выведены на экран пользователю. После этого пользователь может выйти из системы, либо начать выбор сначала.

Таким образом, разработанный алгоритм позволит поддерживать гибкость работы, обеспечивать точность и полноту информации при выборе типа ТП.

Использованные источники:

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ): 7-е изд. – Москва: Энергоатомиздат, 2003. – 648 с.

2. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей: утв. Комитетом Российской Федерации по муниципальному хозяйству 14.10.1994: введ. 01.01.1995. – Текст: электронный // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 10.11.2026).

3. Сталович, В.В. Алгоритм выбора рационального конструктивного исполнения трансформаторных подстанций 6–10/0,4 кВ / В.В. Сталович // Репозиторий БНТУ. – 2020. – URL: https://rep.bntu.by/handle/data/ (дата обращения: 10.11.2026). – Текст: электронный.

4. Сталович, В.В. Технико-экономическая оценка трансформаторных подстанций напряжением 6–10/0,4 кВ с различными типами высоковольтных распределительных устройств / В.В. Сталович, В.Н. Радкевич // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2011. – № 4. – С. 45–52.

5. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б.И. Кудрин, В.В. Прокопчик. – Минск: Вышэйшая школа, 1988. – 358.