

УЧЁТ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ПРИ НЕСИММЕТРИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СЕТЯХ 380В

В.С. Гребенников

В статье рассмотрены методы расчёта и определения уровня несимметрии в распределительных сетях сельскохозяйственного назначения 380в. Показана необходимость учёта неопределённости исходной информации при определении уровня несимметрии. Предложены методы формализации и обработки неопределённости исходной информации, основанные на теории нечётких множеств и интервальном методе.

Ключевые слова: несимметрия напряжений, методы расчёта, неопределённость исходной информации, теория нечётких множеств, интервальный метод расчёта.

Сельское хозяйство является одним из крупнейших потребителей электрической энергии. Быстрый рост количества однофазных бытовых электроприборов у сельского населения привел к снижению доли трехфазных потребителей в общем объеме электрооборудования сельскохозяйственного назначения. Это вызывает несимметричные режимы работы в распределительных сетях 0,38 кВ и, как следствие, ухудшение качества получаемой электроэнергии. Несимметрия приводит к резкому ухудшению технико-экономических характеристик элементов сети (многократно увеличенные потери электроэнергии, повышенный нагрев элементов сети и др.), снижению эксплуатационной надежности и электробезопасности, сокращению срока службы электрооборудования, а так же к уменьшению производительности труда.

Исследованию и разработке эффективных методов оценки и разработке способов снижения уровня несимметрии посвящены работы вузов и научно-исследовательских институтов СПбГАУ, УСХА, МГАУ, ИСЭМ, ИрГТУ, ИрГСХА, МЭИ и др. Значительный вклад в решение этой проблемы был сделан такими известными учёными как Ю.С. Железко, И.В. Жежеленко, Наумов А.К., Закарюкин В.П., Крюков А.В., Будзко И.А., Лещинская Т.Б. и др.

Но, несмотря на значительные достижения, задача совершенствования разработанных и создания новых методов расчета и оценки уровня несимметрии напряжений в электрических сетях сельскохозяйственного назначения является важнейшим аспектом исследования энергосистем.

В настоящее время используется ряд методов, позволяющих производить как точный расчет несимметричных режимов (детерминированные методы), так и оценивание

уровня несимметрии (вероятностно-статистические методы).

При детерминированных расчетах несимметричных режимов трехфазных систем используется метод симметричных составляющих или его модификации [1,2,3], а также метод фазных координат [4,5]. Последний метод является более универсальным и позволяет рассчитывать режимы совмещенных трехфазных и однофазных сетей. Оба метода требуют составления соответствующих схем замещения и применения адекватных моделей элементов электрической системы, причем решение этих двух вопросов для каждого из методов производится по-разному.

Метод симметричных составляющих имеет ограниченное применение для несимметричных электрических сетей. Основной причиной, ограничивающей возможности его применения, является сильное усложнение схем замещения при росте числа несимметрий в электрической сети. Фактически метод работает только при расчётах режимов в симметричных трёхфазных системах при одной или двух введенных несимметриях, а при увеличении количества несимметрий сложности растут практически по экспоненте.

Основным преимуществом метода симметричных составляющих по сравнению с методом фазных координат является уменьшенное количество информации, требующейся для формирования схемы замещения, меньший объем машинной памяти при выполнении расчетов на ПЭВМ, меньшее количество расчетных операций и затрат процессорного времени. Однако при представлении трехфазной системы в симметричных составляющих происходит выравнивание параметров фаз и теряется пофазное различие.

Метод симметричных составляющих при анализе сложных несимметричных режимов

УЧЁТ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ПРИ НЕСИММЕТРИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СЕТЯХ 380В

требует применения сложного математического аппарата и не является универсальным. В этих случаях он не имеет заметного преимущества перед методом фазных координат.

Более эффективно задача расчета несимметричных режимов может быть решена на основе применения метода фазных координат. Использование фазных координат целесообразно при необходимости учета различий в фазных параметрах линии, для расчетов режимов комбинированных однофазных и трехфазных сетей и электрических систем с особыми схемами соединений трансформаторов, а также при расчетах взаимных электромагнитных влияний линий. При использовании соответствующих моделей элементов ЭС расчеты можно выполнять с помощью имеющихся компьютерных программ расчетов режимов и коротких замыканий, рассматривая схему в фазных координатах в качестве фиктивной схемы прямой последовательности.

Так как детерминированные методы основаны на замене реального процесса изменений в электрической сети расчетным режимом, который считается наиболее характерным, то очевидно, что требование детерминированности входных данных является неоправданным упрощением реальности и идеализацией реальных объектов энергосистемы. В действительности процесс изменения уровня несимметрии является совокупностью реализаций случайных процессов, поэтому получить достаточно полной информации о режимных параметрах сети практически невозможно. Вследствие этого необходимо использовать вероятностно-статистические методы расчета несимметричных режимов, которые являются оценочными и позволяют определить уровень несимметрии с определенным доверительным интервалом.

Наиболее распространенными вероятностно-статистическими методами оценки несимметрии в электрических сетях являются факторный анализ, выборочный метод, методы планирования эксперимента, метод Монте-Карло, регрессионный анализ, а также некоторые другие вероятностно-статистические методы анализа. Вероятностный подход подразумевает под собой, что входные и выходные данные рассматриваются как случайные величины с известными математическими ожиданиями и дисперсиями. В результате расчета определяется «наиболее вероятное»

значение зависимых параметров и возможный разброс относительно этого значения.

Общим недостатком вышеперечисленных способов определения несимметрии является требование четкой определённости входных данных, которая достигается за счёт непосредственных измерений параметров сети т.е. непосредственного сбора статистических данных. Отсутствие достаточного количества статистической информации приводит к неустранимой неопределённости, которая порождает столь же неустранимый риск неверного определения уровня несимметрии. Это приводит к необходимости определения показателей несимметрии с учётом неопределённости в исходной информации на основе математических методов, позволяющих формализовать и одновременно обрабатывать различные виды неопределённостей.

Понимание необходимости разработки эффективного математического аппарата для работы с неопределённостями и осознание недостатков теоретико-вероятностных методов, привело к бурному развитию ряда новых научных направлений: интервальной математики, теории нечетких множеств, теории возможностей, теории свидетельств Демпстера-Шефера и т.д. Эти направления не отрицают, а обобщают традиционные представления. В работе [6] также показано, что теория вероятностей является частным случаем теории возможностей. В свою очередь математической основой последней является теория нечетких множеств.

Основоположителем теории нечётких множеств является Л.А. Заде, заложивший её основы в статье. До появления аппарата теории нечётких множеств любая неопределённость, возникающая при решении задач, отождествлялась со случайностью. С другой стороны в нашей жизни мы используем такие понятия как, много, не очень много, нормально и т.д., которые являются нечёткими. Однако эта неопределённость не носит вероятностного характера. Теория нечётких множеств разработана специально для работы с такими нечёткими объектами и позволяет оценить степень принадлежности некоторого объекта к тому или иному классу. Другими словами, нечёткое множество это класс объектов, в котором нет резкой границы между теми объектами, которые входят в этот класс, и теми, которые в него не входят.

Решению общих и специальных вопросов оптимизации и управления в электротехнических системах, основанных на нечеткой логике, посвящены работы многих авторов.

Лещинской Т.Б. предложено применение методов многокритериального выбора при оптимизации систем электроснабжения сельских районов с учетом неопределенности части исходной информации [7]. Также, Лещинской Т.Б. совместно с Глазуновым А.А. и Шведовым Г.В., предложен алгоритм решения многокритериальных задач оптимизации с неопределенной информацией на примере выбора оптимальной мощности глубокого ввода высокого напряжения [8]. Гиззатовым Р.Р., Манусовым В.З. проанализированы режимы электрической системы при нечётко-определённых нагрузках [9]. В работе Манусова В.З. и Могиленко А.В. «Методы оценивания потерь электроэнергии в условиях неопределенности» приведены исследования возможности применения двух подходов нечеткого регрессионного анализа для задач оценивания и прогнозирования потерь электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем. В данной работе показано, что информация при решении данных задач обладает определенным уровнем неопределенности, что осложняет возможности применения традиционных методов и делает предпочтительным использование методов, основанных на теории нечетких множеств, к которым и относится нечеткий регрессионный анализ. Проанализированный удачный опыт применения теории нечётких множеств определяет целесообразность применения её при создании методики определения уровня несимметрии при неопределённой исходной информации. При этом разработка такой методики, а также создание устройств с управлением на основе теории нечёткой логики в значительной степени зависит от усовершенствования, а именно использования алгоритмов многокритериальной оптимизации. Поэтому теоретические исследования таких систем и вопросы их проектирования чрезвычайно актуальны и имеют большую практическую ценность.

К методам, базирующихся на теории нечетких множеств, в качестве частного случая, можно так же отнести широко известный интервальный метод. Данный метод целесообразно применять, когда достаточно точно известны лишь границы значений анализируемого параметра, в пределах которых он может изменяться, но при этом отсутствует какая-либо количественная или качественная информация о возможностях или вероятностях реализации различных его значений внутри заданного интервала. В соответствии с данным методом, входные переменные се-

ти задаются в виде интервалов, функции принадлежности которых, являются классическими характеристическими функциями множества, поэтому далее возможно прямое применение правил нечеткой математики для получения результирующего показателя уровня несимметрии в интервальном виде.

Нечеткие интервалы обладают меньшей информативностью, чем вероятностные распределения, в связи с чем возникает проблема совместного использования в имитационной модели указанных типов неопределенности, математические методы оперирования с которыми принципиально различаются. Ясно, что на практике точность результатов моделирования будет определяться точностью ее наиболее неопределенных параметров, поэтому искусственное преобразование интервалов в частотные распределения даст лишь имитацию точности и методологически не оправданно. Очевидно, что в этой ситуации, преобразование частотных распределений в интервалы более методологически обоснованно.

Основным оперируемым понятием в теории нечетких множеств является понятие функции принадлежности. Она является обобщением обычной характеристической функции подмножества, непрерывно возрастающей от 0 до 1 при изменении параметра от значений находящихся за пределами подмножества, до значений, наиболее характерных для данного подмножества. Основное отличие частотного распределения от функции принадлежности заключается в степени информативности. Например, для задания частотного распределения $f(x)$ требуется, чтобы для каждых двух значений a и b было известно отношение $f(a)/f(b)$, в то время как для математической формализации функции принадлежности $\mu(x)$ достаточно качественной информации о том, что, например, значение a более возможно, чем b . Необходимо отметить, что именно снижение требований к информативности дает возможность существенно расширить конструктивные возможности теории нечетких множеств, в частности, позволяет сравнительно просто построить арифметику, оперирующую с нечеткими интервалами.

В процессе трансформации частотных распределений в нечёткие интервалы желательно сохранить как можно больше информации, характеризующей исходные неопределенности. На рис. 1 показан такой способ трансформации. Он сохраняет количественную информацию о размерах и расположении

УЧЁТ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ПРИ НЕСИММЕТРИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СЕТЯХ 380В

на оси доверительных интервалов и качественную информацию о вероятностях. Оче-

видно, что чем гуще сетка α -уровней, тем точнее результат трансформации.

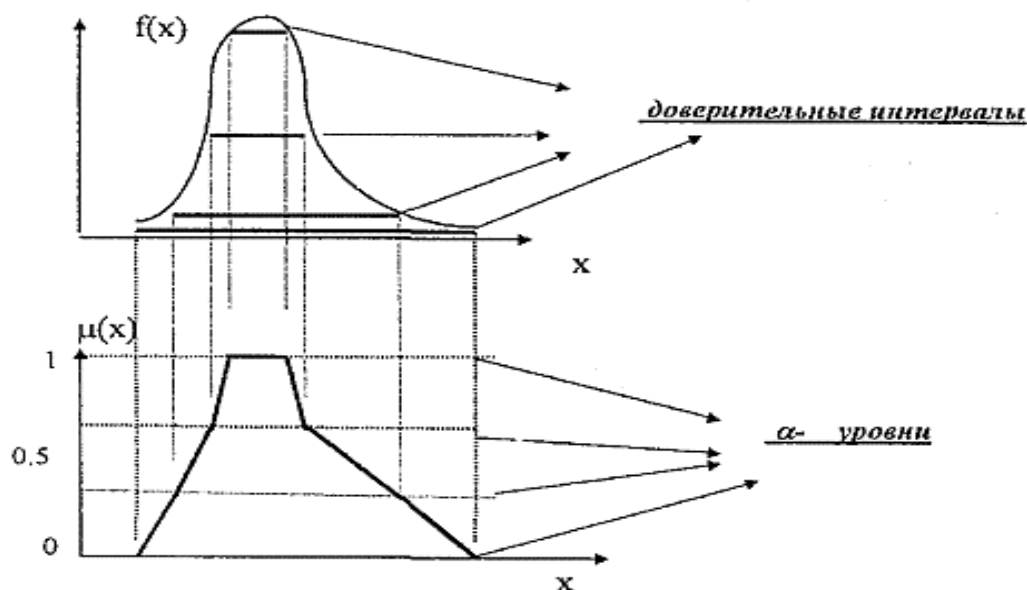


Рисунок 1 – Трансформация частотных распределений в нечёткие интервалы

Учитывая вышеизложенное можно сделать вывод, что применение нечётко-интервальных методов при оценке показателей несимметрии, позволит формализовать и обрабатывать неопределённости исходных данные, а так же учитывать маловероятные события и крайние значения случайных переменных. Применение аппарата теории нечётких множеств при определении показателей несимметрии позволит обрабатывать различные неопределённости исходной информации, что в свою очередь даст возможность учесть новые факторы, влияющие на уровень несимметрии в сельских сетях, которые не возможно или очень сложно получить с помощью детерминированных или вероятностно-статистических методов. Это в свою очередь, позволит более точно оценить эффективность сельской электрической сети, как с технической, так и с экономической точки зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульянов, С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1964. – 695 с.
2. Нейман Л.Р., Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа, 1981. – 408 с.
3. Лосев С.Б., Чернин А.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах

электрических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

4. Берман, А.П. Расчет несимметричных режимов электрических систем с использованием фазных координат // Электричество. - 1985. - № 12. - С. 6-12.
5. Гусейнов, А.М. Расчет в фазных координатах несимметричных установившихся режимов в сложных системах // Электричество. - 1989. - №8.
6. Ягер, Р.Р. Нечёткие множества и теория возможностей. Последние достижения // Под редакцией Р.Р. Ягера. - М.: Радио и связь, 1986. - 408 с.
7. Лещинская, Т.Б. Методы многокритериальной оптимизации систем электроснабжения сельских районов в условиях неопределённости исходной информации Текст. / Т.Б. Лещинская. - М.: Агроконсалт, -1998.
8. Лещинская, Т.Б. Алгоритм решения многокритериальных задач оптимизации с неопределенной информацией на примере выбора оптимальной мощности глубокого ввода высокого напряжения/ Т.Б. Лещинская, А.А. Глазунов, Г.В. Шведов // Электричество. - 2004. - №10. - С.8-14.
9. Гиззатов Р. Р. Анализ режимов электрической системы при нечетко-определенных нагрузках / Р. Р. Гиззатов, В.З. Манусов // Энергетика: управление, качество и эффективность использования ресурсов: материалы пятой Всерос. науч.-техн. конф. с международным участием, Благовещенск, 22 – 24 октября 2008 г. – С. 47 – 51.

Гребенников В.С., аспирант, Рубцовский индустриальный институт, E – mail: vikwork@inbox.ru