

3. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: справочник. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.

4. Научно-технический семинар: распределительные сети России 21 века [электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.elks.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

5. Доклад по силовым кабелям с СПЭ-изоляциями [электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.energoaudit.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

УДК 621.311

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖИМНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ДАННЫМ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

Гапанюк С.Г., Вацкель С.Л.

Научные руководители – канд. техн. наук, доцент ШИМАНСКАЯ Т.А., БОБРОВ А.В.

Поставлена задача опытно-промышленной реализации и апробации вероятностной методики определения потерь энергии в питающих сетях энергосистем, согласно которой вместо случайной величины потерь определяется ее математическое ожидание

$$\Delta \mathcal{E} = M_p T, \quad (1)$$

где M_p – математическое ожидание потерь мощности в сети за период времени T

$$M_p = \frac{1}{U_{\text{ср}}^2} \sum_{k=1}^m R_k (M_{P_k}^2 + M_{Q_k}^2 + D_{P_k} + D_{Q_k}), \quad (2)$$

T – интервал стационарности временных рядов узловых мощностей $p_i(t)$, $q_i(t)$;

M_{P_k} , M_{Q_k} – математические ожидания потоков мощности по ветвям сети, определяемые путем расчетов потокораспределения при приложении в узлах математических ожиданий нагрузок M_p , M_q , определяемых за период времени T по показаниям счетчиков энергии на вводах трансформаторных подстанций;

D_{P_k} , D_{Q_k} – дисперсии потоков мощности k -ой ветви сети, определяемые на основе блочной матрицы корреляционных моментов узловых мощностей

$$[\mathbf{K}] = \begin{pmatrix} k_{pp} & k_{pq} \\ k_{qp} & k_{qq} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} D_{P_k} \\ D_{Q_k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C' & C'' \\ -C'' & C' \end{pmatrix}^{(k)} \begin{pmatrix} k_{pp} & k_{pq} \\ k_{qp} & k_{qq} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C' & C'' \\ -C'' & C' \end{pmatrix}^{(k)T}, \quad (3)$$

где $(C' \ C'')^{(k)}$ – k -ая строка соответственно вещественной и мнимой составляющих комплексной матрицы коэффициентов распределения \mathbf{C} .

Корреляционные моменты узловых мощностей k_{p_i, p_j} вычисляются на основе текущих телеизмерений ТИГ или по данным электронных счетчиков АСКУЭ – $P_{30 \text{ мин сред}}$, $P_{3 \text{ мин сред}}$. Они также считаются неизменными на интервале стационарности T .

По такой методике можно определить нагрузочные потери в сети за $T = 1$ месяц, а потери за год – как сумму потерь за каждый месяц. Как видим, получаемые значения потерь зависят от используемых исходных данных и методик расчета вероятностных характеристик режимной информации.

Нами апробированы алгоритмы определения матрицы C на основе матриц параметров сети и матриц инцидентов и по методу единичных токов. Для расчета дисперсий по (3) матрицу C следует получать в виде C_{P_Δ} , C_{Q_Δ} путем расчета режимов единичных отклонений от матожиданий нагрузок в узлах. При программной реализации (3) существенно, что матрица корреляционных моментов $[K]$ полностью заполнена, ее блоки симметричны относительно диагоналей.

Из анализа выражений (1)–(3) следует, что параметры всего множества режимов, имевших место за период T , косвенно заключены в выражениях (3), использующих наибольший объем исходной информации для получения $[K]$ и $[D]$ по результатам телеизмерений.

Фрагмент массива, телеизмерений часовых параметров режима подстанции 35/10/6 кВ приведен в таблице 1. Замеры нуждаются в определенной сортировке и отборе необходимых параметров. Также существует проблема неполноты информации по некоторым подстанциям, не обеспеченным в полной мере электронными средствами учета энергии и средствами телемеханики. Для таких узлов необходимо определять заменяющие значения P и Q для каждого рассматриваемого промежутка времени по данным сезонных контрольных замеров. Если в процессе программирования применяется MathCAD, где каждое значение нагрузки вводится вручную, то для автоматизации процесса ввода необходима подпрограмма занесения и сортировки исходных данных, написанная на языке C++ или Pascal.

Таблица 1. Пример замеров по подстанции Оршанских электрических сетей

Наименование ТИТ	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
ВВ-6 Т-1 I	95,08	86,95	83,56	81,68	75,79	76,43	77,60	75,82
ВВ-6 Т-1 P	0,85	0,77	0,73	0,72	0,65	0,67	0,69	0,66
ВВ-6 Т-1 Q	0,41	0,40	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37
1 секция шин 6 кВ	6,11	6,12	6,11	6,12	6,10	6,11	6,08	6,10
ВВ-6 Л-612 1СШ I	0	0,12	0,74	1,65	1,65	1,82	8,77	4,73
ВВ-6 Л-614 1СШ I	0,6	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
ВВ-6 Л-616 1СШ I	12,93	11,89	13,03	12,18	12,94	12,98	11,67	11,91
ВВ-10 Т-2 I	18,58	17,37	18,02	16,80	17,28	18,71	19,05	20,62
ВВ-10 Т-2 P	0,31	0,29	0,30	0,28	0,28	0,30	0,32	0,34
ВВ-10 Т-2 Q	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,18	0,19	0,17
2 секция шин 10 кВ	10,52	10,52	10,50	10,50	10,50	10,48	10,48	10,47
ВВ-10 Л-502 2СШ I	10,19	9,52	10,05	8,85	9,64	9,55	9,59	10,72
ВВ-10 Л-503 2СШ I	8,68	8,39	8,36	8,68	8,80	8,70	10,42	11,85
ВВ-10 Л-504 2СШ I	2,63	2,63	2,47	2,39	2,47	4,27	3,30	2,70

Элементы измерительных цепей телемеханики – трансформаторы тока, напряжения, вторичные измерительные преобразователи типа \bar{E} и, следовательно, результаты телеизмерений, по точности уступают показаниям счетчиков энергии и данным АСКУЭ. При отсутствии полной информации по определенному типу измерений, следует комбинировать данные телемеханики и АСКУЭ. Результаты телеизмерений должны быть непротиворечивы. Система телемеханики должна обеспечивать интервал между телеизмерениями, который должен быть увязан с характером наблюдаемого процесса и требованием точности. Формат базы данных телеизмерений должен быть открытым, то есть доступ должен осуществляться стандартными средствами – этим требова-

ниям удовлетворяет распространенный в энергосистемах республики ПТК «Сириус» и другие.

Далее стоит задача выбора рационального пути расчета математического ожидания и дисперсий потоков мощности по ветвям сети.

Один из вариантов определения математических ожиданий потоков мощности по ветвям сети – это расчет режима для каждого телеизмерения, полученного по узлам схемы, и из полученных значений потоков мощности по ветвям как среднее определить математические ожидания по ветвям сети. При этом в каждом расчете режима определяются поэлементные потери мощности и далее дискретным путем, как сумма, рассчитываются потери энергии.

Следующий вариант – это проведение расчетов установившихся режимов приложении в узлах сети математических ожиданий узловых мощностей M_p , M_q . Можно сравнить значения по математическим ожиданиям потоков мощности, полученные этими способами.

В энергосистеме имеет место приборный учет энергии и поэтому потери могут быть определены как сальдо показаний счетчиков поступления электроэнергии в сеть и отпуска ее из сети. Потери электроэнергии должны определяться для каждого структурного подразделения энергосистемы, а в задаче технического учета энергии – и для каждой ступени номинального напряжения для получения структурно-балансовой модели сети.

Представляет интерес, параллельно с замерах энергии и определением потерь как сальдо показаний счетчиков, проведение расчетов потерь энергии по вышеописанной вероятностной методике (выражения (1)–(3)) и на основе расчетов режимов на каждом шаге телеизмерений узловых мощностей $p_i(t)$, $q_i(t)$.

Заключение о целесообразности того или иного варианта определения вероятностных характеристик и о точности методики определения потерь может быть дано на основе их программной реализации и проведения достаточного объема расчетов. При этом должны учитываться постоянные потери, их зависимость от напряжения, t° и др.

Литература

1. Гурский С.К. Алгоритмизация задач управления режимами сложных систем в электроэнергетике. – Минск: Наука и техника, 1977. – 368 с.

УДК 621.311

РАСЧЕТЫ ТОКОВ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Кунцевич А.И.

Научный руководитель – канд. техн. наук ЗОЛОТОЙ А.А.

Расчёт и анализ электромагнитных переходных процессов в электрических сетях энергосистем, вызванных короткими замыканиями, является сложной научно-практической задачей, успешное решение которой, зависит от правильного построения математической модели исследуемой электрической сети. В самом общем виде электрическую сеть для анализа электромагнитных переходных процессов математически можно представить в виде системы дифференциально-алгебраических уравнений описывающих поведение всех её элементов (генераторов, трансформаторов, линий электропередачи, нагрузок и т. д.). Непосредственное решение полной системы дифференциально-алгебраических уравнений описывающей поведение элементов электрической