

УДК 621.311

ПОСТРОЕНИЕ ГРАНИЦЫ ОБЛАСТИ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Е.О. Тихомиров, студент гр. ЭТФ-2, IV курс (Самарский государственный
технический университет)

М.А. Столяров, магистрант, ПИМ-1301, II курс (Тольяттинский
государственный университет)

Научный руководитель: В.В. Сенько, к.т.н., доцент

В новых рыночных условиях при решении задач оперативного управления электроэнергетической системой (ЭЭС) требуется быстрая оценка границ области статической устойчивости (СУ). В этой связи, создание быстродействующих методов и алгоритмов построения границ области СУ является актуальной и востребованной задачей [1]. Одним из эффективных методов расчета параметров границ ОУ является решения модифицированных уравнений предельных режимов (УПР) [2].

Модифицированная форма записи уравнений предельных режимов имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{F}(\mathbf{X}, \mathbf{Y}_0 + \mathbf{T}\Delta\mathbf{Y}) &= 0 \\ \mathbf{V}(\mathbf{X}, \mathbf{R}) &= \left(\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{X}} \right)^T \mathbf{R} = 0 \\ \mathbf{U}(\mathbf{R}) &= \mathbf{R}^T \mathbf{R} - 1 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где \mathbf{F} – нелинейная вектор-функция; $\mathbf{X} = [x_1 x_2 \dots x_n]^T$ – вектор нерегулируемых параметров режима (зависимых переменных); $\mathbf{Y} = [y_1 y_2 \dots y_m]^T$ – вектор регулируемых параметров режима (независимых переменных); \mathbf{V} – n-мерная вектор функция; $\mathbf{R} = [r_1 r_2 \dots r_n]^T$ – собственный вектор матрицы $\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{X}}$.

Авторами с помощью пакета Mathcad была разработана учебная компьютерная модель расчета установившихся и предельных режимов ЭЭС, основанная на решении модифицированных УПР. С помощью этой модели был проведен ряд вычислительных экспериментов построения границ ОУ (на примере консервативной тестовой трехузловой схемы ЭЭС). Результаты расчетов сведены в табл.1 и показаны на рис.2

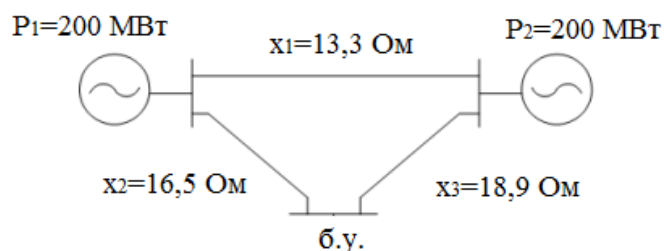


Рисунок 1. Консервативная тестовая трехузловая схема ЭЭС

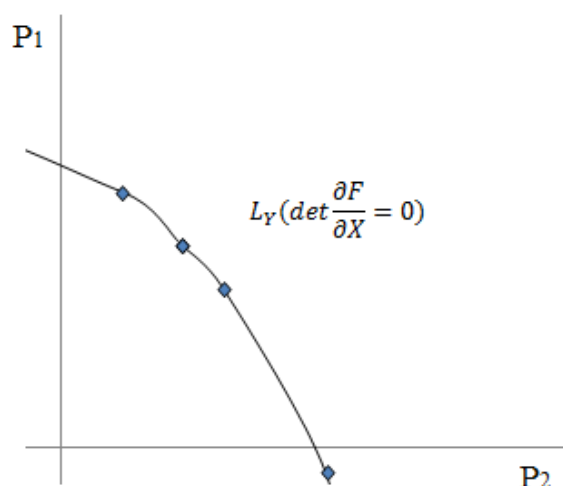


Рисунок 2. Граница области устойчивости ЭЭС

Таблица 1. Результаты расчетов для построения границ
области устойчивости ЭЭС

ИТ	N узла	P _{пр} МВт	ΔP МВт	δ _{пр} град	L о.е.	R о.е.	T о.е.
7	1	399.9	3.8	88.5	0.00	1.0	52.3
	2	682.8	9.2	91.0	-1011.31		DETMJ=-0.02
5	1	537.6	7.1	98.0	0.00	1.1	47.8
	2	537.9	7.1	84.3	-991.00		DETMJ=-0.03
6	1	879.5	9.2	107.6	-0.00	4.2	73.5
	2	-80.7	-3.8	36.9	-736.64		DETMJ=0.00
7	1	927.6	7.1	89.1	0.00	-95.2	102.8
	2	-525.8	-7.1	-1.7	-654.15		DETMJ=-0.01
7	1	741.7	3.8	37.3	-0.00	-0.07	141.1
	2	-1102.6	-9.2	-68.8	-295.56		DETMJ=0.02
7	1	202.1	0.0	-37.1	0.00	0.4	130.4
	2	-1104.3	-10.0	-101.6	-640.54		DETMJ=-0.03
4	1	-536.4	-7.1	-97.9	-0.00	1.1	104.3
	2	-539.3	-7.1	-84.4	-991.47		DETMJ=0.03
5	1	-903.0	-10.0	-103.3	-0.00	6.1	110.3
	2	197.4	-0.0	-26.5	-726.50		DETMJ=0.03

7	1	-721.2	-7.1	-33.5	-0.00	-0.6	129.9
	2	1116.0	7.1	71.6	-298.61		DETMJ=0.00
5	1	197.9	-0.0	74.0	0.00	0.8	66.2
	2	861.9	10.0	98.2	-946.77		DETMJ=-0.03

Авторами были проведены расчеты УПР на основании уточнения начальных приближений и вычисления оптимальной длины шага метода Ньютона на каждой итерации, а также получены результаты решения УПР с применением процедуры Энеева – Матвеева.

Результаты исследований доказали, что для улучшения сходимости итерационных процессов в задачах построения границ СУ целесообразно применение модификации классического метода Ньютона, основанной на ограничении длины шага.

Разработанные авторами компьютерная модель и алгоритмы могут позволить повысить скорость принятия оперативных решений диспетчерских служб ЭЭС, и на данном этапе они используются в учебном процессе СамГТУ при проведении лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

Список литературы:

1. **Андерсон П, Фуад А.** Управление энергосистемами и устойчивость/ Пер. с англ. под ред. Я.Н. Лугинского – М.: Энергия, 1980. – 568 с.
2. **Крюков А.В.** Предельные режимы электроэнергетических систем / А.В. Крюков – Иркутск : ИрГУПС. – 2012. – 236 с.
3. **Крюков А.В., Сенько В.В.** Расчеты предельных режимов электроэнергетических систем для целей оперативного управления. // Изв. ВУЗов. Электромеханика. – 2014. – №3. С. 21-23.
4. **Крюков, А.В.** Математические модели предельных режимов сложных энергосистем [Текст]/А.В. Крюков// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - №1. – 2004. – С.97-103.