

УДК 621.3.017

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В ПАКЕТЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ MATLAB

Куксин А. В.

Куксин Алексей Владимирович, декан энергетического факультета МИКТ, кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики.

E-mail: kuksin-aleksey@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена структура математической модели оценки потерь мощности в линиях электропередач, реализованная в пакете прикладных программ Matlab.

Ключевые слова: линия электропередач, потери мощности, математическая модель.

MATHEMATICAL MODEL FOR POWER LOSSES ESTIMATION IN POWER LINES IN THE MATLAB

Kuksin A.V.

Abstract. The article deals with the structure of the mathematical model for calculating power losses in power lines implemented in the Matlab.

Keywords: power line, power loss, mathematical model.

Введение. Одной из основных задач современной электроэнергетики является максимальное снижение потерь мощности на всех этапах производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

Как известно, фактические потери электроэнергии можно разделить на технологические и коммерческие потери. Среди технологических потерь, в свою очередь, можно выделить технические потери: нагрузочные, потери холостого хода и климатические потери [1].

Остановимся на технических потерях электроэнергии, которые возникают при ее передаче на большие расстояния посредством воздушных и кабельных ЛЭП. Эти потери обусловлены физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии, и выражаются в преобразовании части электроэнергии в тепло в элементах сетей.

Математическая модель оценки потерь мощности в линиях электропередач. В рамках основного научного направления кафедры электроэнергетики автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Международный институт компьютерных технологий» разработана математическая модель, позволяющая оценить технические потери ЛЭП.

Структура математической модели, реализованной в пакете прикладных программ Matlab, показана на рис. №1.

Модель состоит из трехфазного источника питания, позволяющего формировать напряжение различной амплитуды и частоты, двух измерителей тока и напряжения, модели ЛЭП, модуля нагрузки, расчетного модуля, который производит расчет мощности до объекта исследования и после, и дисплея, который отображает результаты измерения и расчета.

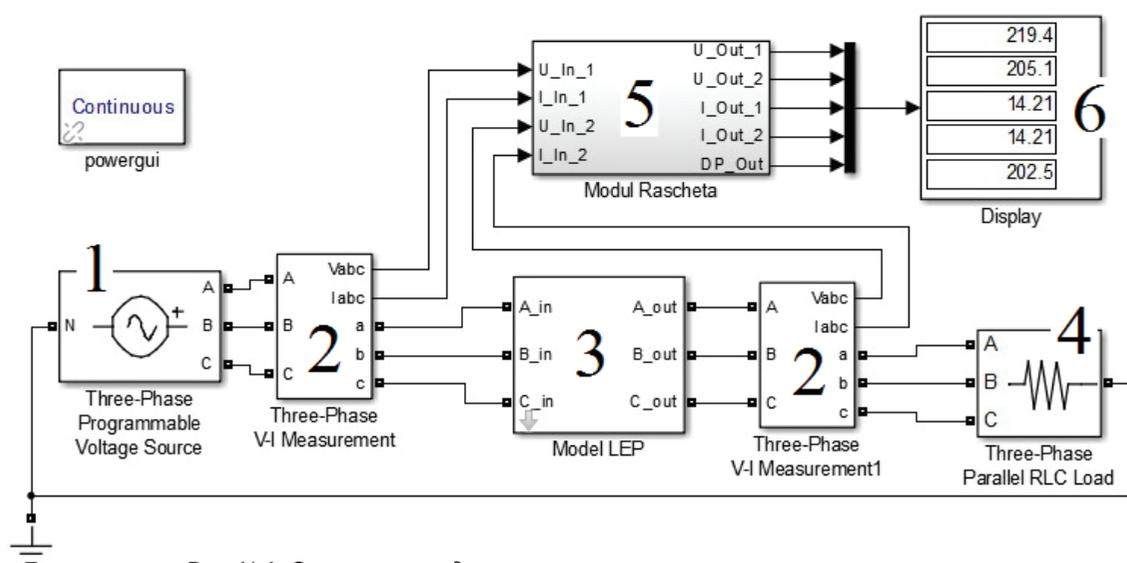


Рис. №1. Структура модели оценки потерь мощности в линиях электропередач: 1 – трехфазный источник питания; 2 – измерители тока и напряжения; 3 – модель ЛЭП; 4 – нагрузка; 5 – расчетный модуль; 6 – дисплей.

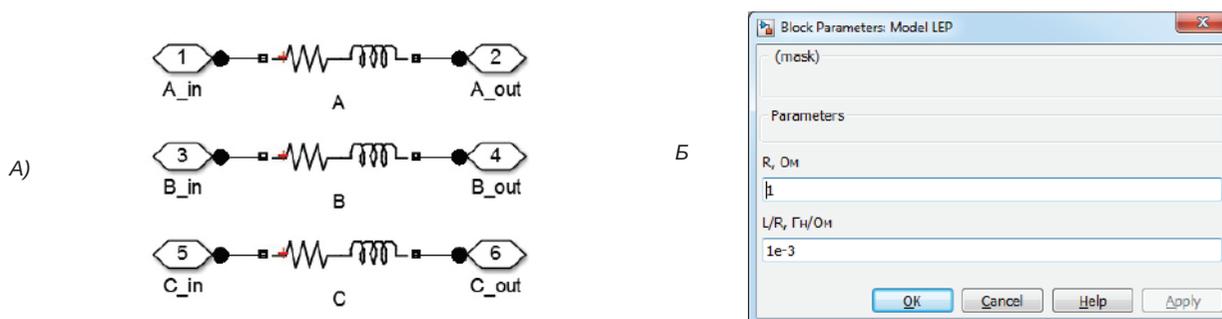


Рис. №2. Модель ЛЭП: а) – структура модели; б) – блок параметров модели.

Структура и блок параметров математической модели ЛЭП показана на рис. №2.

В качестве основы модели ЛЭП является простейшая схема замещения, модель позволяет изменять активное и индуктивное сопротивления ЛЭП.

Структура модели расчетного модуля показана на рис. №3.

Расчетный модуль получает данные о напряжении и токе от ваттметров, рассчитывает мощности, а также величину технических потерь ЛЭП.

Экспериментальная установка. Результаты вычисления, а также адекватность математической модели были проверены в лаборатории «Электроэнергетических систем» на лабораторном оборудовании «Модель электрической системы» производства ООО «Инженерно-производственный центр «Учебная техника». Внешний вид установки показан на рис. №4.

Лабораторная установка состоит из трехфазного источника питания, двух моделей ЛЭП, двух измерителей мощности и модуля активной нагрузки.

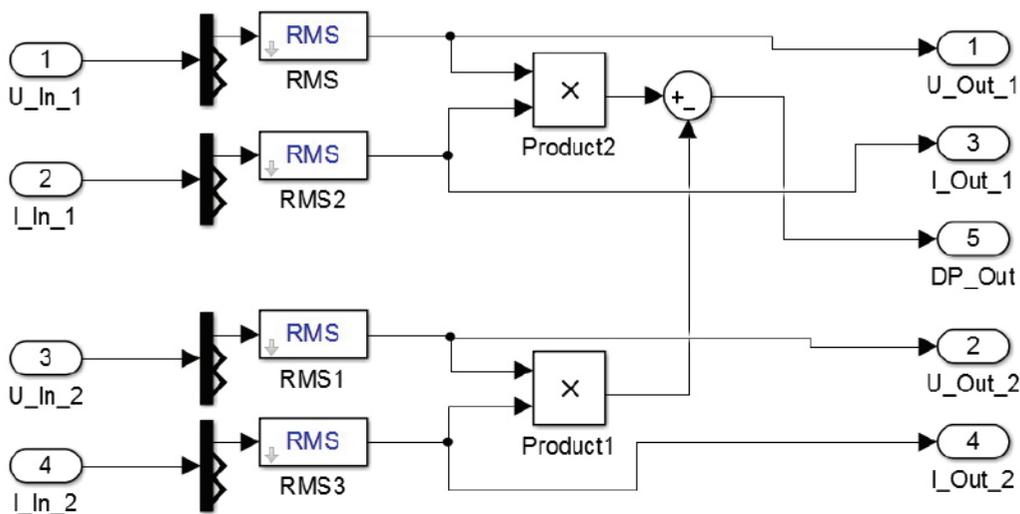


Рис. №3. Структура модели расчетного модуля.

Результаты моделирования и эксперимента. Расчет потерь мощности ЛЭП с помощью разработанной модели и измерение потерь ЛЭП на экспериментальной установке проводились при одинаковых начальных условиях: фазное напряжение порядка 220 В, активное сопротивление линии (0, 50) Ом, индуктивное сопротивление линии (0, 0,3/8) Гн/Ом, мощность нагрузки менялась дискретно, и составляла 50, 100 и 150 Вт.

Результаты моделирования и эксперимента сведены в табл. 1., их графическая интерпретация изображена на диаграмме.

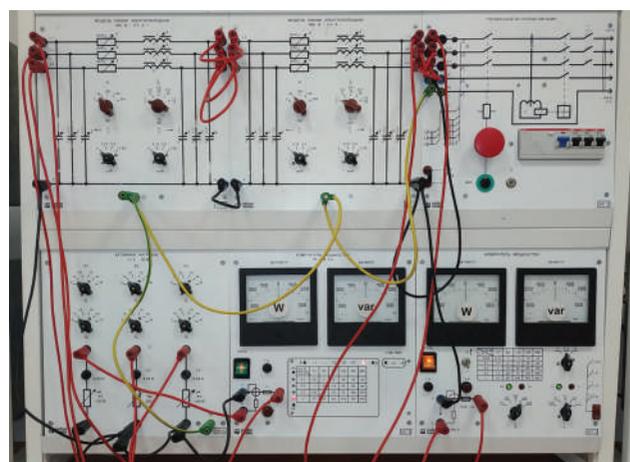


Рис. №4. Внешний вид лабораторной установки для расчета потерь ЛЭП.

Выводы

1. Разработанная математическая модель для расчета потерь мощности в линиях электропередач, реализованная в пакете прикладных программ Matlab, позволяет производить оценку потерь мощности в ЛЭП с различными параметрами, при различных токах нагрузки.

2. Адекватность разработанной модели подтверждена экспериментально. Погрешность результатов моделирования, относительно экспериментальных данных не превосходит 30%.

3. При отсутствии ЛЭП модель ведет себя «идеально», потери мощности отсутствуют. Экспериментальная

же установка показывает наличие потерь, что связано с потерями в проводах, измерительных приборах и т. д.

4. Потери мощности зависят от величины тока нагрузки. С увеличением тока нагрузки увеличиваются и потери, что не противоречит общепринятой теории.

5. Потери мощности в основном зависят от активного сопротивления. Результаты исследования показали, что индуктивная составляющая полного сопротивления линии вносит незначительный вклад, которым можно пренебречь.

6. Модель может быть использована для оценки потерь мощности ЛЭП распределительных сетей 6-35 кВ.

Таблица 1

Результаты исследования

Параметры ЛЭП	R = 0; L/R = 0			R = 0; L/RL = 0,3/8 Гн/Ом			R = 50 Ом; L/RL = 0			R = 50 Ом; L/RL = 0,3/8 Гн/Ом		
	50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150
$P_{\text{Зад}}, \text{ Вт}$	50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150
Результаты моделирования												
$U_{\text{СЕТИ}}, \text{ В}$	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
$I_{\text{СЕТИ}}, \text{ А}$	0,23	0,47	0,71	0,23	0,47	0,71	0,23	0,43	0,62	0,23	0,43	0,62
$P_{\text{СЕТИ(МОД)}}, \text{ Вт}$	55	110	165	55	110	165	52,4	99,8	143	52	99,8	143
$U_{\text{Н}}, \text{ В}$	230	230	230	230	230	230	219	209	199,9	219,5	209,2	199,8
$I_{\text{Н}}, \text{ А}$	0,23	0,47	0,71	0,23	0,47	0,71	0,22	0,43	0,61	0,22	0,43	0,61
$P_{\text{Н (МОД)}}, \text{ Вт}$	55	110	165	55	110	165	49,8	90,5	123,9	49,8	90,4	123,7
$\Delta P_{\text{(МОД)}}, \text{ Вт}$	0	0	0	0,004	0,03	0,1	2,5	9,35	19,2	2,5	9,3	19,24
Результаты эксперимента												
$U_{\text{СЕТИ}}, \text{ В}$	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
$I_{\text{СЕТИ}}, \text{ А}$	0,23	0,47	0,71	0,23	0,46	0,67	0,22	0,43	0,62	0,22	0,42	0,58
$P_{\text{СЕТИ(ЭКСП)}}, \text{ Вт}$	52	108	163	52	105	154	50	98	143	50	96	133
$U_{\text{Н}}, \text{ В}$	227	226	226	225	220	212	216	206	197	213	198	185
$I_{\text{Н}}, \text{ А}$	0,22	0,46	0,70	0,22	0,45	0,65	0,21	0,42	0,60	0,21	0,40	0,57
$P_{\text{Н (ЭКСП)}}, \text{ Вт}$	50	104	158	50	99	137	45	86	118	44	79	105
$\Delta P_{\text{(ЭКСП)}}, \text{ Вт}$	0	20	10	10	30	20	30	40	40	0	20	30
$\Delta P_{\text{(ЭКСП)}}, \text{ Вт}$	2	4	5	2	6	7	5	12	25	6	17	28

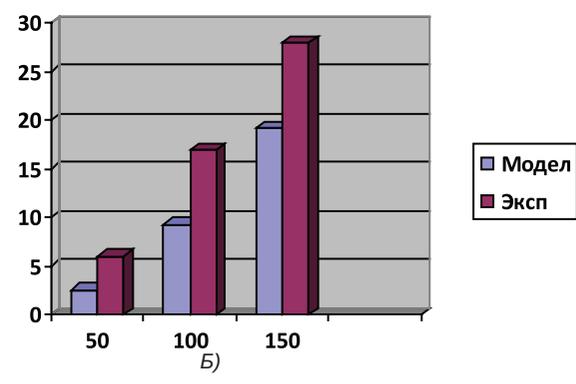
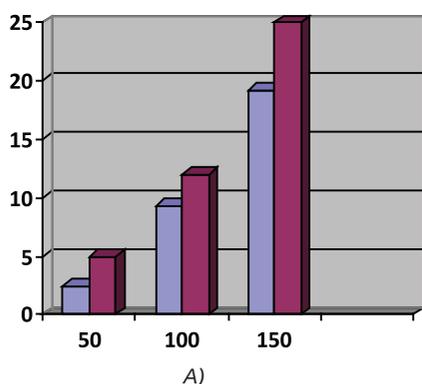


Диаграмма. Сравнение результатов исследования:

а) – сравнение величин потерь, полученных в результате моделирования и эксперимента при параметрах ЛЭП: $R = 50 \text{ Ом}, L/RL = 0$;

б) – сравнение величин потерь, полученных в результате моделирования и эксперимента при параметрах ЛЭП: $R = 50 \text{ Ом}, L/RL = 0,3/8 \text{ Гн/Ом}$.

Литература

1. Поспелов Г.Е. Потери мощности и энергии в электрических сетях / Г. Е. Поспелов, Н.М. Сыч; под ред. Г.Е. Поспелова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 216 с.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – 2007.
3. С. Герман-Галкин. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. Корона принт. – 2001.

References

1. Pospelov G. E. Power and energy Losses in electric networks / G. E. Pospelov, N. M. Syc; ed. by G. E. Pospelov. – Moscow: Energoizdat, 1981. – 216 p.
2. Chernykh I. V. Modeling of electrical devices in MATLAB, SimPowerSystems and Simulink. – 2007.
3. S. Herman-Galkin. Computer simulation of semiconductor systems in MATLAB 6.0. Crown print. – 2001.

