

УДК 621.331

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ НА ВВОДАХ
ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ В ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ СИСТЕМ
ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА 25КВ В
УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В
ГРАФИЧЕСКОЙ СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ MATLAB SIMULINK**

Карибов Тимур Тофик оглы,
Аспирант,
Российский Университет Транспорта.
timurkroko@gmail.com

Аннотация

Объектом исследования предложенной статьи являются несимметрии напряжений на вводах тяговых подстанций в имитационных моделях системы тягового электроснабжения переменного тока 25кВ с трехфазными трансформаторами, трансформаторами Скотта и эквивалентного Скотта, разработанными в графической среде программирования MATLAB Simulink. Рассматриваются графики несимметрии напряжений на вводах тяговой подстанции у всех трех представленных систем тягового электроснабжения. Дается информация о влиянии несимметричной нагрузки на энергосистемы. В итоге, приводится анализ полученных графиков и вывод об их эксплуатационных возможностях по нормам питания оборудования систем.

Ключевые слова: несимметрия, потери напряжения, нагрузка, тяговые подстанции, трехфазная система.

**INVESTIGATION OF VOLTAGE ASYMMETRY AT TRACTION
SUBSTATION INPUTS IN SIMULATION MODELS OF 25 KV AC TRACTION
POWER SUPPLY SYSTEMS IN CONDITIONS OF HIGH-SPEED TRAIN
TRAFFIC IN THE MATLAB SIMULINK GRAPHICAL PROGRAMMING
ENVIRONMENT**

Karibov Timur Tofik ogli,
postgraduate student,
Russian University of Transport

ABSTRACT

The object of research of the proposed article is the asymmetry of voltages at the inputs of traction substations in simulation models of a 25 kV AC traction power supply system with three-phase transformers, Scott transformers and equivalent Scott transformers developed in the

MATLAB Simulink graphical programming environment. The graphs of voltage asymmetry at the inputs of a traction substation for all three presented traction power supply systems are considered. Information is provided on the effect of an asymmetric load on power systems. As a result, the analysis of the obtained graphs and the conclusion about their operational capabilities according to the power standards of the system equipment are given.

Keywords: asymmetry, voltage losses, load, traction substations, three-phase system.

Несимметричная нагрузка энергосистем вызывает несимметричные потери напряжения в ее элементах и в результате приводит к появлению несимметрии напряжения у трехфазных потребителей. Обычно, трехфазная система питает большое количество потребителей как трехфазных, так и однофазных. При этом однофазные потребители стараются распределить как можно равномернее между фазами трехфазной системы [1]. Чем меньше доля нагрузки, приходящейся на энергосистему, и чем она равномернее распределена, тем меньше несимметрия нагрузки и тем, следовательно, меньше неблагоприятное влияние однофазной нагрузки на трехфазную систему. Однако от негативного влияния однофазных потребителей избавиться полностью не выходит и неравномерность нагрузки приводит к менее эффективной работе всех элементов трехфазной цепи (генераторов, трансформаторов, асинхронных двигателей и линий электропередачи) [3].

При симметричных (если все э. д. с., напряжения или токи равны между собой и сдвинуты относительно друг друга на 120°) трехфазных потребителях все фазы трехфазной системы нагружаются равномерно [2].

Электрический локомотив однофазного тока является однофазной нагрузкой, к тому же нагрузкой большой мощности. Поэтому вопросам несимметрии нагрузки и несимметрии напряжения, вызываемых в энергосистеме тяговой нагрузкой, уделяют серьезное внимание как при проектировании и эксплуатации системы электроснабжения электрифицированных железных дорог, так и при проведении технико-экономических исследований [3,5].

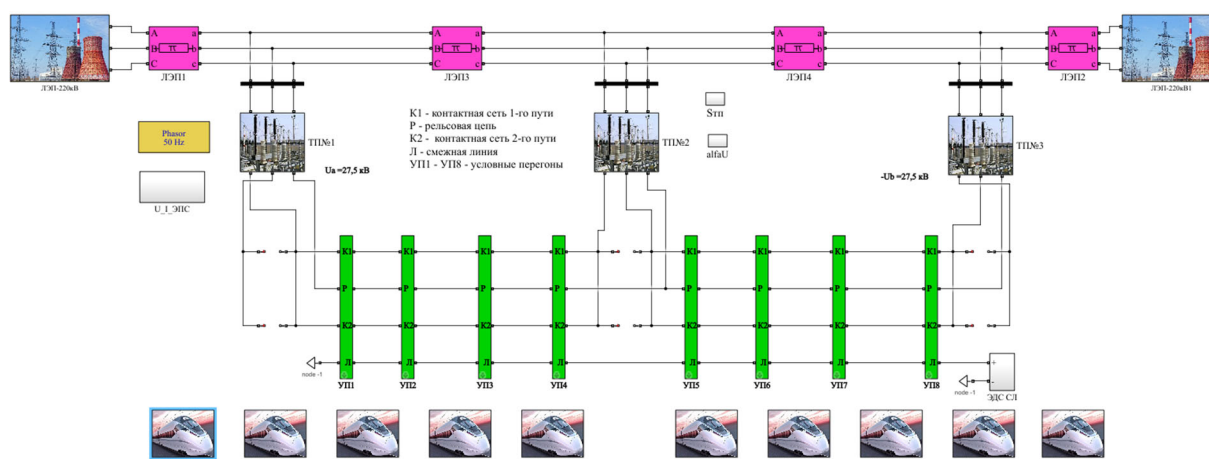


Рисунок 1. Имитационная модель системы тягового электроснабжения 25кВ для двухпутного участка. (рисунок автора)

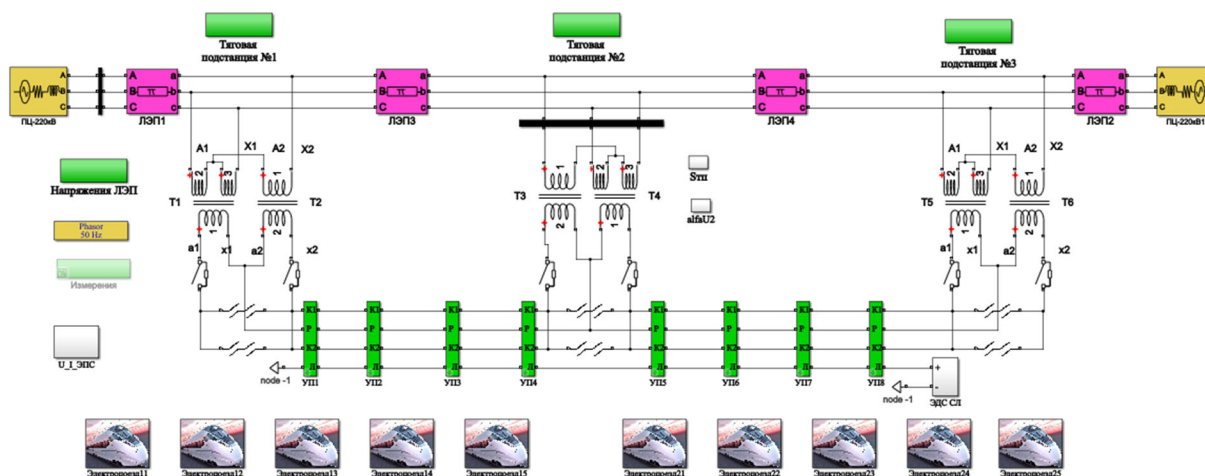


Рисунок 2. Имитационная модель системы тягового электроснабжения с трансформаторами, соединенными по схеме Скотта для двухпутного участка. (рисунок автора)

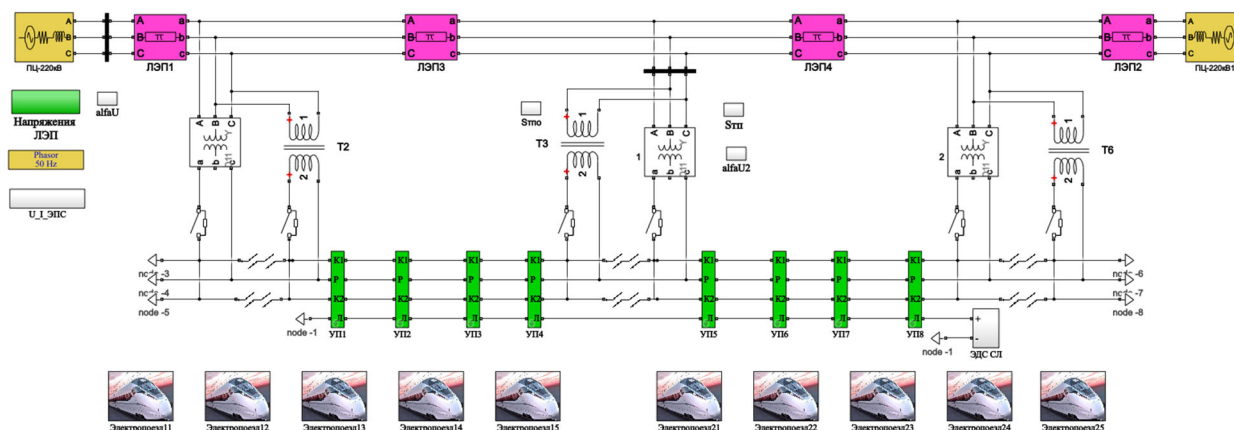


Рисунок 3. Имитационная модель системы тягового электроснабжения с трансформаторами, соединенными по эквивалентной схеме Скотта для двухпутного участка. (рисунок автора)

Для каждой из рассматриваемых схем систем тягового электроснабжения были разработаны модели в среде Matlab/Simulink. Каждая из них включает в себя три тяговых подстанции с двумя межподстанционными зонами между ними [4].

Модель имитирует характеристики реальных устройств, образующих систему тягового электроснабжения. Внутренние функциональные связи элементов системы также заложены в модель.

При моделировании были использованы следующие входные данные:

- Режим максимальной пропускной способности участка. Таким образом достигается максимально возможная нагрузка межподстанционных зон и тяговых подстанций.
- Минимальный межпоездной интервал – 7 минут.

По полученным результатам имитационного моделирования построены графики изменения несимметрии напряжений на вводах тяговых подстанций во времени. По оси Y расположены значения несимметрии напряжений на вводах тяговых подстанций, а по оси X отложено время в секундах.

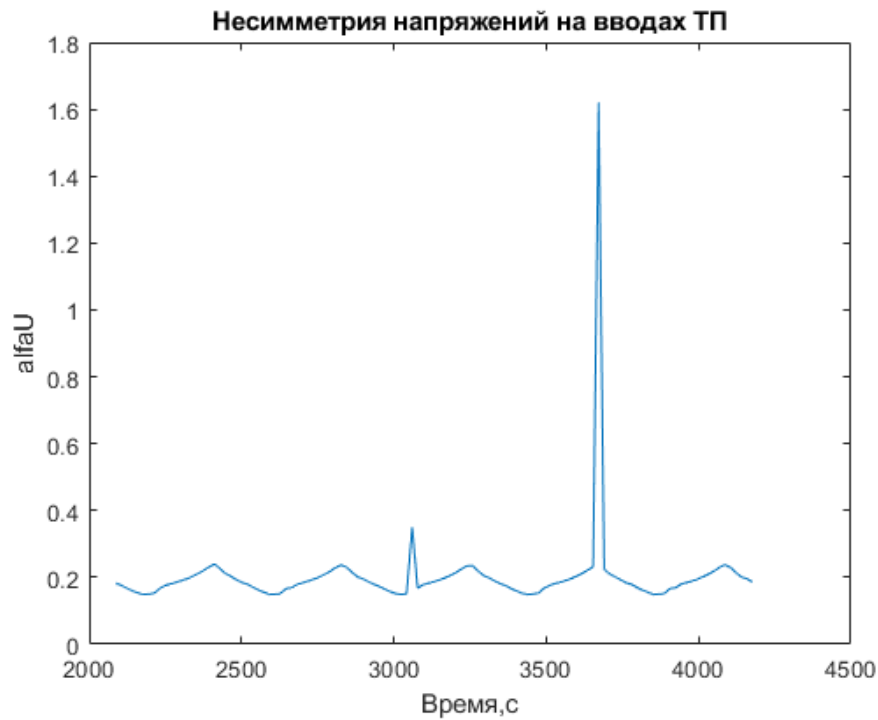


Рисунок 1 Несимметрия напряжений на вводах ТП, полученная в результате моделирования СТЭ 25 кВ. (рисунок автора)

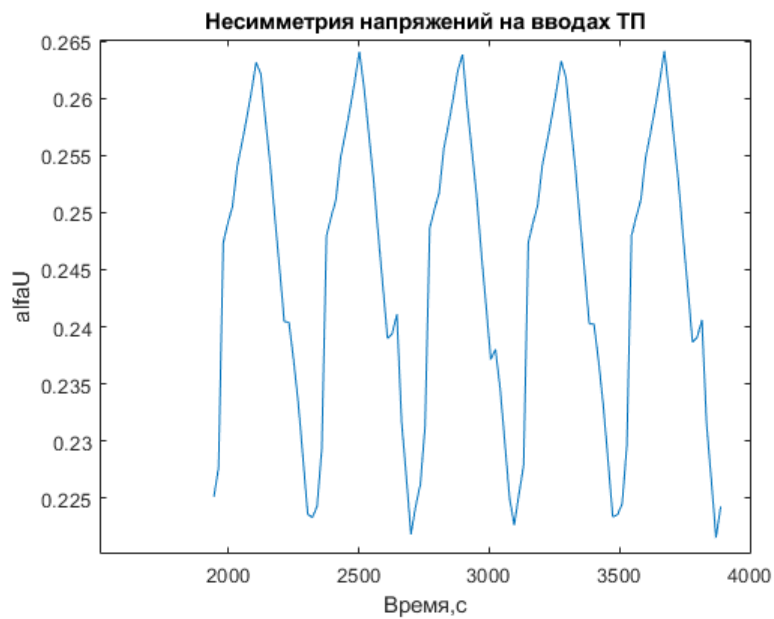


Рисунок 2 Несимметрия напряжений на вводах ТП, полученная в результате моделирования схемы Скотта 25 кВ (рисунок автора)

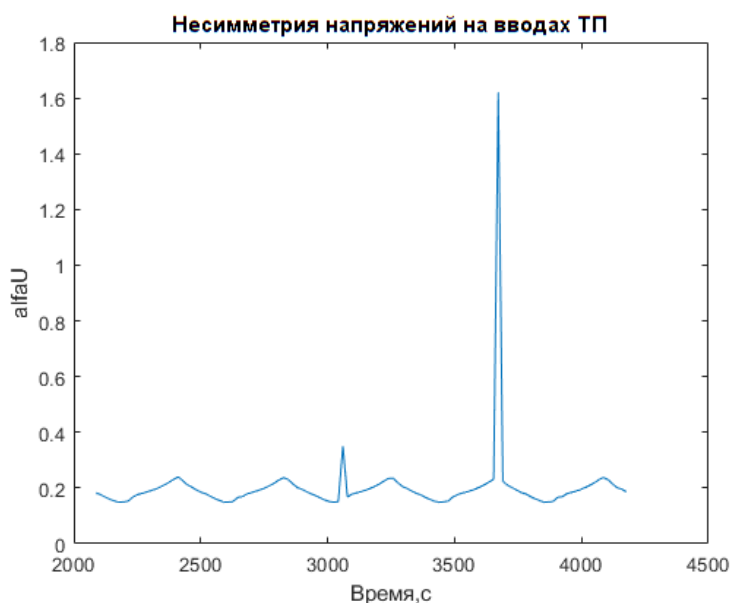


Рисунок 3 Несимметрия напряжений на вводах ТП, полученная в результате моделирования эквивалентной схемы Скотта 25 кВ (рисунок автора)

Таблица 1. Несимметрия напряжений на вводах ТП, полученные в результате работы модели.

сс	α_U
1x25 Y/Δ – 11	2,5914
1x25 Scott	0,2449
1x25 EquiScott	0,2014

α_U – коэффициент несимметрии напряжений – это конечное интегральное значение, определённое за период моделирования.

Вывод:

По полученным графикам несимметрии напряжений на вводах тяговых подстанций видим, что несимметрия СТЭ 25кВ (рис.4) и эквивалентной схемы Скотта (рис.6) значительно выше значений, полученных для схемы Скотта(рис.5), эта разница говорит о том, что схема Скотта более точно выполняет свою цель, а именно уменьшение несимметрии.

Список литературы:

1. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. Учебник для вузов ж.-д. тр-та. – М.: Транспорт, 1982 – 528 с.
2. Мамошин Р.Р., Бородулин Б.М., Зельвянский А.Я., Титов А.Ф. Трансформаторы тяговых подстанций с повышенным симметрирующим эффектом // Вестник ВНИИЖТ, 1989. № 1. С 22-24.
3. Бородулин Б.М. Симметрирование токов и напряжений на действующих тяговых подстанциях переменного тока // Вестник ВНИИЖТ, 2003. № 2. С. 17-24.
4. Трансформаторы для тягового электроснабжения железных дорог. Руководство по выполнению лабораторных работ Редактор Д.Н. Тихонычев Компьютерная верстка О.А. Денисова. С. 18-34.
5. Э. В. Тер-Оганов, А. А. Пышкин Электроснабжение железных дорог. С. 345-349.

References:

1. Marquardt K.G. Power supply of electrified railways. Textbook for higher education institutions of railway engineering. - M.: Transport, 1982 - 528 p.
2. Mamoshin R.R., Borodulin B.M., Zelvyansky A.Ya., Titov A.F. Transformers of traction substations with increased symmetrizing effect // Bulletin of the All-Russian Research Institute of Railway Transport, 1989. No. 1. P. 22-24.
3. Borodulin B.M. Symmetrization of currents and voltages at operating AC traction substations // Bulletin of the All-Russian Research Institute of Railway Transport, 2003. No. 2. P. 17-24.
4. Transformers for traction power supply of railways. Guide to performing laboratory work Editor D.N. Tikhonychev Computer layout by O.A. Denisova. P. 18-34.
5. E.V. Ter-Oganov, A.A. Pyshkin Electricity supply of railways. P. 345-349.