УДК 621.3.019.34

ВЛИЯНИЕ НЕУЧЕТА ПРОВОДИМОСТЕЙ НА РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Барановский П. Г., Мятлев Е.В.
Научный руководитель –старший преподаватель Мышковец Е.В.

Для расчета устойчивости электроэнергетических систем на ЭВМ используются различные программы, одна из которых MUSTANG.В качестве исходных данных по ветвям задаются параметры линий и трансформаторов: проводимости, сопротивления, коэффициенты трансформации. Рассмотрим варианты расчета устойчивости с учетом проводимостей и без.

В качестве исходной будем использовать схему сети, изображенную на рисунке 1

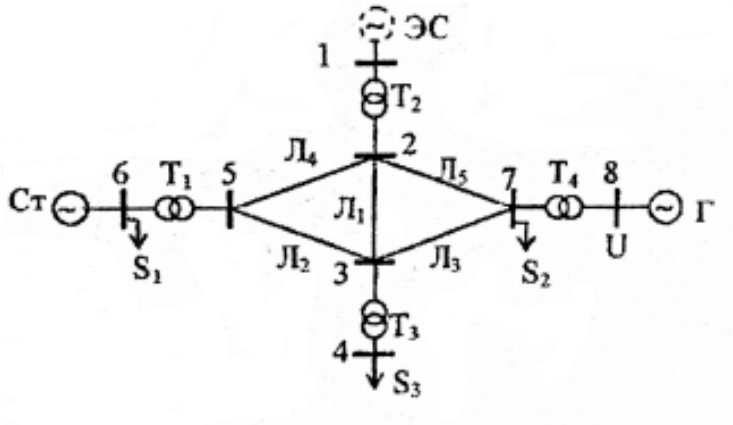

Рисунок 1 – Схема сети

Произведем расчет системы на статическую устойчивость. Под статической устойчивостью понимается способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения или режим, весьма близкий к исходному (если возмущающее воздействие не снято).

Рассчитаем исходный режим рассматриваемой системы при номинальной активной мощности станции. После того, как расчет будет выполнен, произведем подбор ЭДС генератора таким образом, чтобы напряжения в узлах были в допустимых пределах. Для определения предельной передаваемой мощности системы по условию статической устойчивости произведем серию расчетов режимов при увеличении и уменьшении мощности станции при постоянной ЭДС. Для генераторов с АРВ ПД фиксируется переходная ЭДС E' за сопротивлением X'_d При расчетах устойчивости с учетом проводимостей и без переходная ЭДС E' принимается равным 17,5 кВ. Поэтому в результате расчета в этом узле получаем угол δ'.Фактический угол δ найдем следующим образом:

$$\delta = \delta' + \Delta\,\delta'$$

где угол δ'- угол сдвига вектора ЭДС E' относительно вектора напряжения системы U, а дополняющий угол

$$\Delta\delta^{'} = arctg\frac{(P_{\Gamma}(X_d - X_d^{'})}{(E^{'})^2 + Q_{\Gamma}(X_d - X_d^{'})}$$

Здесь P_{Γ} и Q_{Γ} – мощности станции, замеренный в узле $E^{'}$.

По результатам расчета предельная передаваемая мощность с учетом проводимостей $P_{пр1} = 1160$ МВт, а без учета $P_{пр2} = 1140$ МВт

Угловые характеристики будут иметь вид:

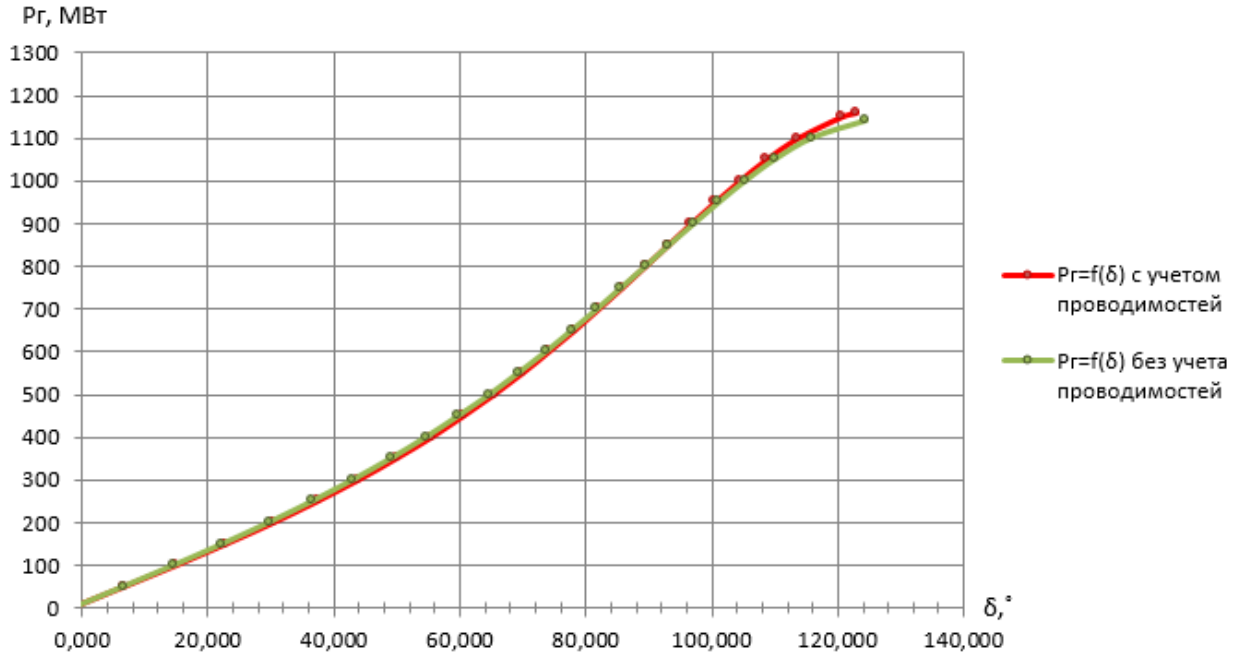

Рисунок 2 – Совмещенные угловые характеристики

Надежная и устойчивая работа электроэнергетической системы в режимах, близких к границе области устойчивости, невозможна. В этих режимах любые, даже малые возмущения или незначительные утяжеления режима будут приводить к нарушению устойчивости.

Коэффициент запаса устойчивости с учетом проводимостей

$$K_p = \frac{P_{пр} - P_0}{P_0} = \frac{1160 - 400}{400} = 1{,}9$$

Коэффициент запаса устойчивости без учета проводимостей

$$K_p = \frac{P_{пр} - P_0}{P_0} = \frac{1140 - 400}{400} = 1{,}85$$

По результатам расчета можно сделать вывод, что неучет проводимостей практически не влияет на результаты расчета. Это можно заметить по разнице коэффициентов запаса статической устойчивости, которая весьма несущественна и составляет 2,63 %.

Далее произведем расчет системы на динамическую устойчивость. Под динамической устойчивостью понимается способность системы

восстанавливать после большого возмущения исходное состояние или состояние, практически близкое к исходному.

Для оценки динамической устойчивости электроэнергетической системы необходимо рассчитать изменение углов генераторов от времени переходного процесса. Признаком нарушения динамической устойчивости является увеличение разности между углами любых двух синхронных машин на 360 градусов и более.

В качестве возмущения моделируем трехфазное КЗ в узле 5 с последующим отключением линии 2-5. Выполним расчет переходного процесса. Определим изменение взаимных углов ЭДС всех генераторов δ_{ij}от времени, и по изменению этого угла будем судить о динамической устойчивости.

Подберем максимальное время отключения КЗ с учетом проводимостей ($t^1_{\text{отк}}$) и без ($t^2_{\text{отк}}$), при котором устойчивость системы будет сохраняться.

$$t^1_{\text{отк}} = 0{,}42 \text{ с}$$
$$t^2_{\text{отк}} = 0{,}424 \text{ с}$$

Изменение взаимных углов ЭДС генераторов с учетом проводимостей будет иметь следующий вид:

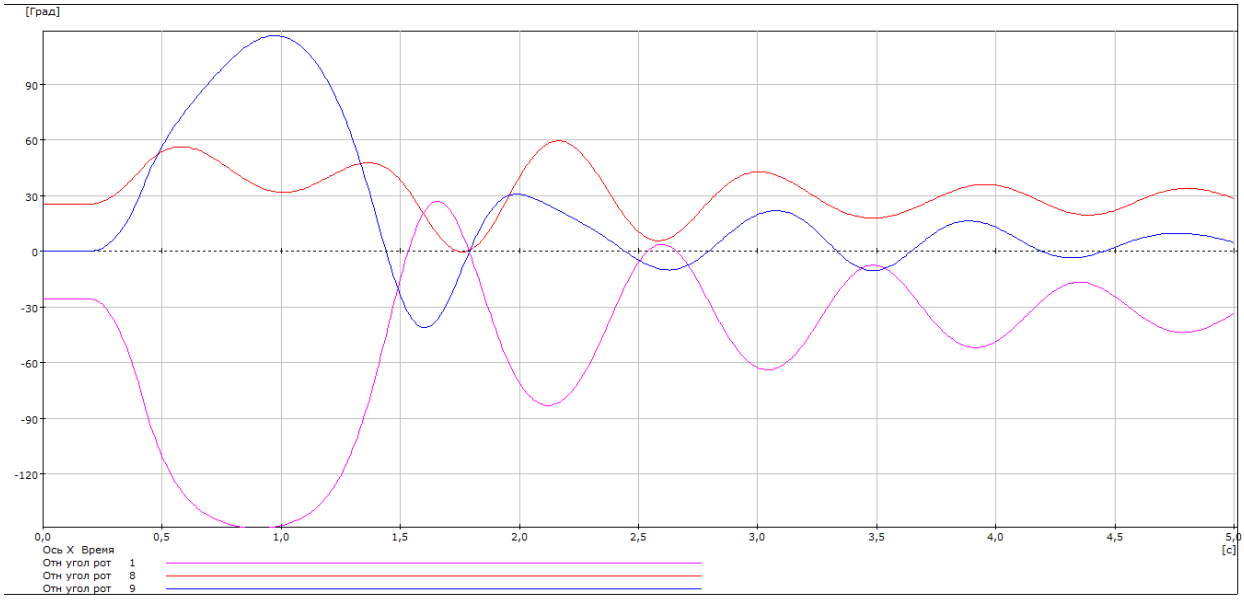

Рисунок 3 – Изменение взаимных углов ЭДС с учетом проводимостей

Изменение взаимных углов ЭДС генераторов с учетом проводимостей будет иметь следующий вид:

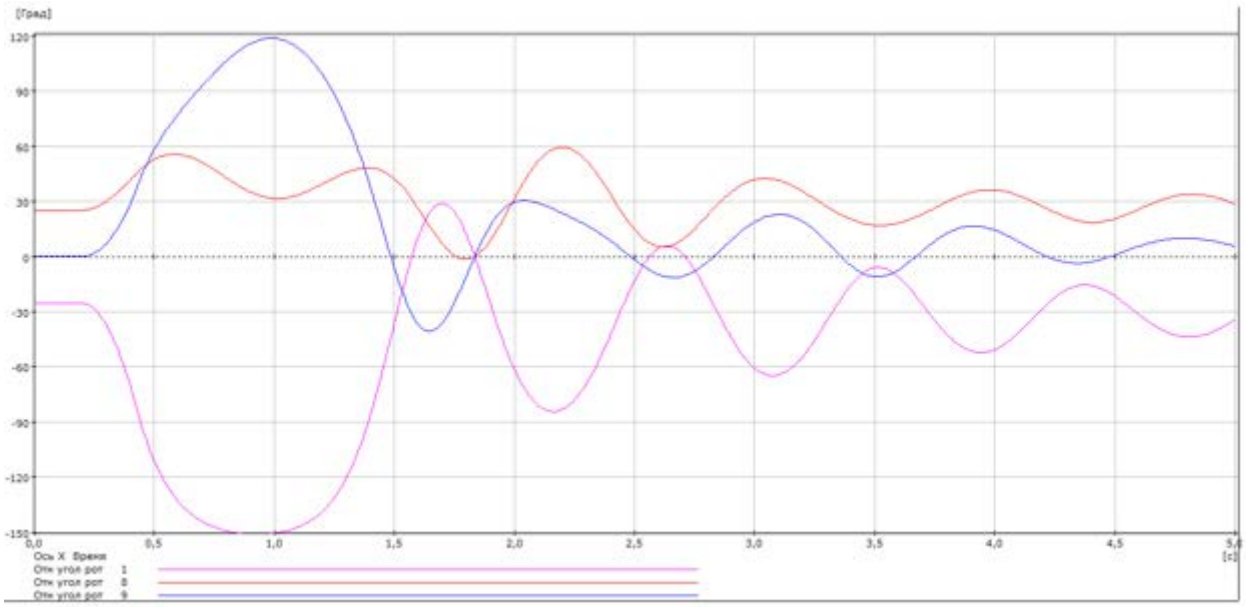

Рисунок 4 – Изменение взаимных углов ЭДС без учета проводимостей

Зависимость напряжений на шинах генератора, станции и энергосистемы от времени с учетом проводимостей будет выглядеть следующим образом:

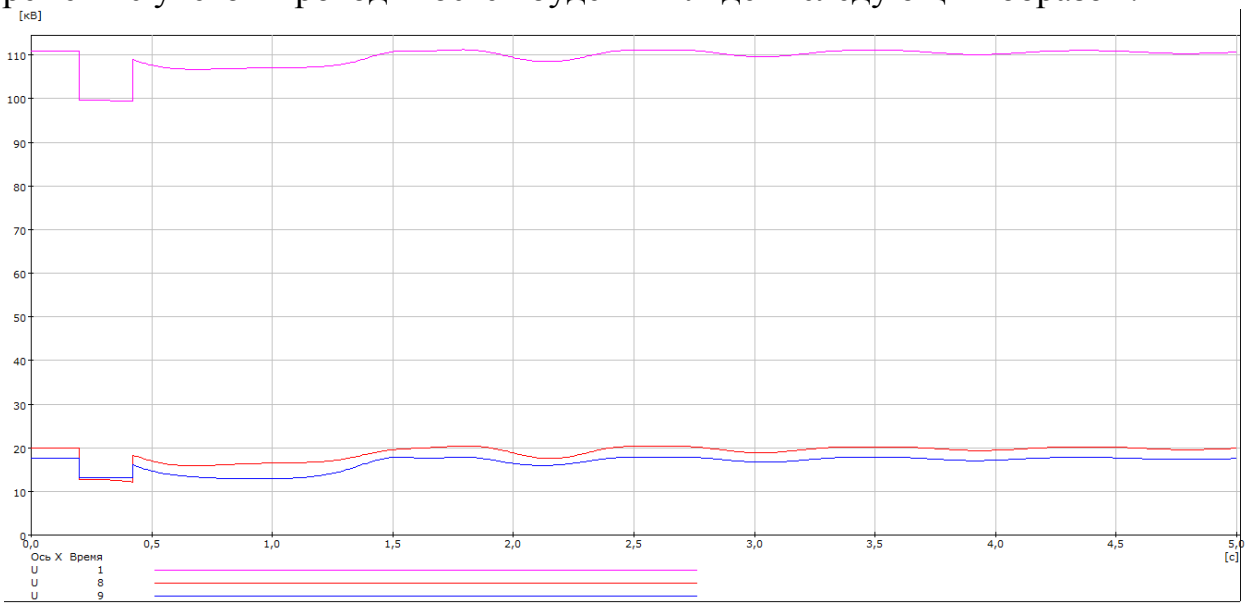

Рисунок 5 – Изменение напряжений на шинах с учетом проводимостей

Зависимость напряжения на шинах генератора, станции и энергосистемы от времени без учета проводимостей будет выглядеть следующим образом:

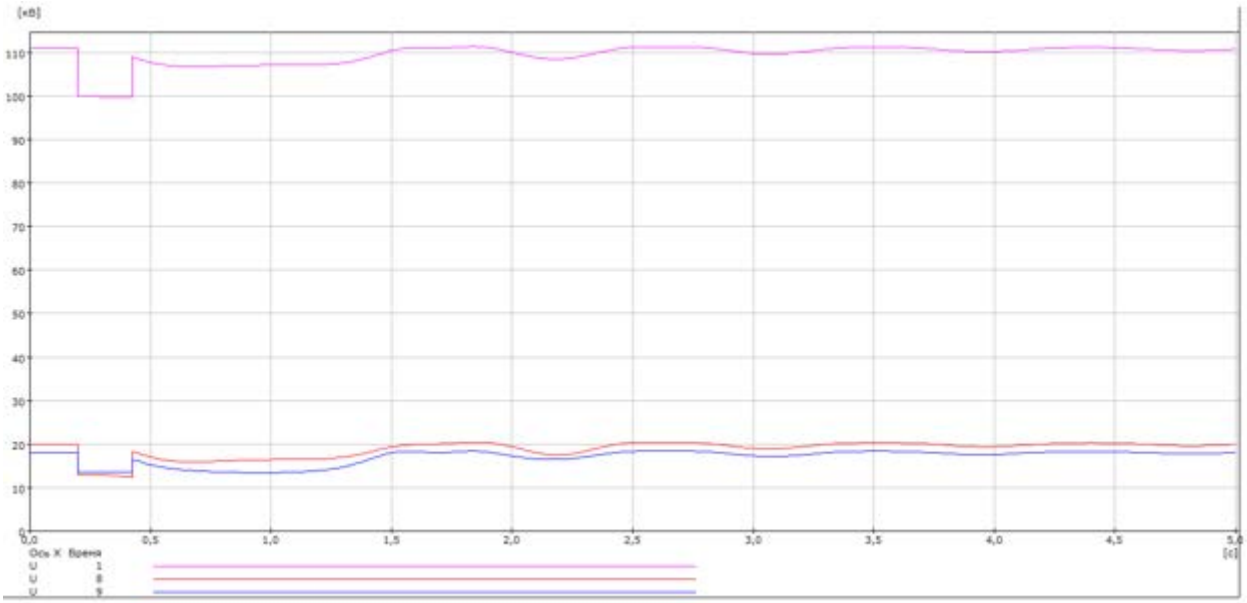

Рисунок 5 – Изменение напряжений на шинах без учета проводимостей

Из анализа результатов расчетов динамической устойчивости, можно сказать, что влияние неучета проводимостей линий и трансформаторов мало, так как время отключения КЗ отличается на 0,004 с.

Таким образом по результатам расчетов статической и динамической устойчивости можно сделать вывод, что неучет проводимостей практически не влияет на результат расчета устойчивости системы.

Литература

1. Калентионок Е.В., Филипчик Ю.Д. Исследование устойчивости электроэнергетических систем на ЭВМ. Методическое пособие к курсовой работе. – Минск: БНТУ, 2010. – 84 с.

2. Калентионок Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем – Минск: Техноперспектива, 2007. – 350 с.

3. Устойчивость электроэнергетических систем. Сборник задач и примеры их решений/ Е.В. Калентионок, А.А. Волков, Е.В. Мышковец, В.М. Цыганков. – Минск: БНТУ, 2007. – 131 с.