

УДК 621.713.13:621.313

## РАСЧЕТ ДОАВАРИЙНОГО РЕЖИМА ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

**Кукуй К.А., аспирант**

*(Донецкий национальный технический университет,  
г.Донецк, Украина)*

В настоящее время широко используются методы математического моделирования для анализа переходных режимов работы узлов электрических систем, состоящих из асинхронных, синхронных двигателей и статической нагрузки. Расчеты переходных режимов (пуска, самозапуска, коротких замыканий и др.) производятся по мгновенным значениям режимных параметров с использованием полных дифференциальных уравнений [1]. Этим режимам предшествуют стационарные режимы работы узла нагрузки, из которых определяются начальные условия для дифференциальных уравнений элементов. Во многих программах [2, 3] расчеты доаварийного режима на ЭВМ производят путём решения исходных дифференциальных уравнений, что требует больших затрат машинного времени даже при достаточно близких начальных приближениях. Это связано с тем, что процесс устанавливается за 30-50 периодов питающего напряжения, а шаг расчета дифференциальных уравнений должен быть в 20-40 раз меньше периода изменения питающего напряжения.

В данной работе предложена методика расчета доаварийного режима, лишенная указанных недостатков за счет использования схем замещения асинхронных и синхронных двигателей, используемых для расчёта стационарных режимов. В этом случае расчеты производятся по алгебраическим уравнениям с использованием метода итераций. Отметим, что с целью повышения точности расчётов как в переходных так и в стационарных режимах для асинхронных и синхронных двигателей используется схема замещения с двумя эквивалентными демпферными контурами по каждой из осей  $\alpha$ ,  $\beta$  или  $d$ ,  $q$ . Методика их определения изложена в [4]. Для расчетов доаварийного режима должны быть заданы: напряжение питающей системы, коэффициенты загрузки

приводных механизмов, сопротивления статической нагрузки, параметры схем замещения асинхронных и синхронных двигателей, а для синхронных двигателей и коэффициент мощности доаварийного режима. В основу алгоритма расчета положено использование матрицы узловых проводимостей, элементы которой для статической нагрузки (питающих линий, трансформаторов, шунтов для моделирования коротких замыканий и др.) известны, а итерационному уточнению подлежат проводимости двигательной нагрузки.

Алгоритм расчёта доаварийного режима выполняется в следующей последовательности. Для многоузловой системы электроснабжения принимаем начальные приближения для узловых напряжений. Для каждого из синхронных двигателей, зная коэффициент загрузки и коэффициент мощности или потребляемую реактивную и активную мощности, находим ток статора, фиктивную электродвижущую силу  $E_q$ , токи статора по осям  $d$  и  $q$ , угол вылета ротора, электродвижущую силу возбуждения  $E_0$ , ток возбуждения и угол положения ротора по отношению к статору. Затем, используя формулы перехода, определяем токи статора в фазных координатах. Для асинхронных двигателей находим начальные приближения для скольжения, которые пропорциональны коэффициенту загрузки, номинальному скольжению и квадрату напряжения статора, а затем по схеме замещения асинхронного двигателя определяем его входное сопротивление, токи статора и ротора, вращающий момент. Если последний отличается от момента сопротивления при заданном коэффициенте загрузки, то производится итерационное уточнение скольжения. Далее находим суммарный ток, потребляемый узлом нагрузки от асинхронных, синхронных двигателей и других элементов. Аналогичные расчёты производим для всех остальных узлов системы. Зная приложенные напряжения и суммарные токи элементов определяем проводимости узлов нагрузки, а затем находим матрицу узловых проводимостей всей схемы и с её помощью определяем новые значения напряжений в узлах схемы. Указанная последовательность продолжается до тех пор, пока отличие между предшествующим и последующим значениями напряжений не снизится менее заданной величины. По уточнённым значениям токов и напряжений всех элементов схемы определяются необходимые начальные условия для решения дифференциальных уравнений и

производится переход на расчёт режима по дифференциальным уравнениям.

Описанный алгоритм реализован в виде Фортран-программы и используется в математической модели для анализа переходных процессов в системе собственных нужд ТЭС. Так, например, для четырёхузловой схемы при наличии 30-40 двигателей затраты машинного времени для расчета доаварийного режима сокращаются на порядок и, кроме того, исключаются случаи нарушения численной устойчивости при некорректных начальных приближениях для дифференциальных уравнений.

Таким образом, изложенный алгоритм, основанный на использовании статических схем замещения двигательной нагрузки, имеет преимущество перед использованием дифференциальных уравнений для расчетов доаварийных режимов и может быть рекомендован для включения в состав программ математического моделирования переходных процессов двигательной нагрузки, в которых используются расчеты по дифференциальным уравнениям.

#### Перечень ссылок

1. Сивокобыленко В.Ф. Переходные процессы в многомашинных системах электроснабжения электрических станций: Уч. пособие. – Донецк, ДПИ, 1984. – 116 с.
2. Чабан В.И. Методы анализа электромеханических систем – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1985. – 192 с.
3. Гамазиин С.И., Ставцев В.А., Цырук С.А. Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой. М.: Изд-во. МЭИ, 1997. – 424 с.
4. Сивокобыленко В.Ф., Лебедев В.К. Переходные процессы в системах электроснабжения собственных нужд электрических станций: Учебное пособие. – Донецк, ДонНТУ, 2002. – 135 с.