

Правильный выбор ограничителей позволяет помимо прочего уменьшить воздушные изоляционные промежутки по сравнению с ПУЭ для РУ, защищенных разрядниками, и, сократив габариты РУ, получить значительный экономический эффект.

УДК 621.316.925

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ГЕНЕРАТОРОВ МИНИ-ТЭЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Дервогд В.А.

На сегодняшний день развитие энергетики многих стран СНГ претерпевает изменения. Все большую популярность приобретает применение технологии когенерации (использование когенерационных установок), т. е. одновременного производства тепловой и электрической энергии в пределах одного устройства на таких объектах, как промышленные производства, больницы, объекты ЖКХ, газоперекачивающие и компрессорные станции, котельные и т. д. В настоящее время объекты, использующие технологию когенерации часто относят к термину «мини-ТЭЦ».

Следует отметить, что генераторы когенерационных установок (КГУ) работают параллельно с энергосистемой, и несмотря на то, что число КГУ постоянно возрастает, многие вопросы работы КГУ до сих пор остаются нерешенными. Так, например, схемы электроснабжения предприятий многие десятилетия разрабатывались и проектировались как пассивные, т. е. считалось, что у потребителя нет своих источников электроэнергии (не резервных), которые в нормальном режиме работы могут длительно быть подключены к энергосистеме на параллельный режим работы. Релейная защита сетей и различных объектов также разрабатывалась с учетом одного источника питания – энергосистемы. Другими словами генераторы мини-ТЭЦ не включены в схемы защит и автоматики энергосистемы.

Одним из аварийных режимов параллельной работы КГУ с энергосистемой является нарушение связи с участком сети, к которому присоединены один или несколько генераторов. В данном случае это может привести к нарушению напряжения и частоты в отделенном участке, резкому сбросу или набросу мощности на генератор (генераторы) и недопустимому снижению напряжения оперцепей мини-ТЭЦ, а также опасности несинхронного включения генератора при восстановлении напряжения сети, когда за время её отключения напряжения генератора и сети существенно разошлись по фазам.

На сегодняшний день для быстрого обнаружения нарушения связи мини-ТЭЦ с энергосистемой используется делительная защита, реагирующая на бросок вектора напряжения (защита, реагирующая на скорость изменения частоты или напряжения). Принцип работы защиты, реагирующей на бросок вектора напряжения, заключается в следующем: в нормальном режиме работы генератор работает параллельно с энергосистемой; ток нагрузки состоит из тока протекающего от энергосистемы и тока генератора. При внезапном отключении участка сети от энергосистемы, нагрузка получает питание только от генератора. Это приводит к смещению вектора (смещению синусоиды) напряжения относительно первоначального значения. Данная защита сравнивает длительности предыдущего полупериода напряжения и последующего. Если разница больше уставки, формируется сигнал неисправности [6].

Аналитический расчет броска вектора на основе векторных диаграмм довольно неточен, так как не учитывает замедление или ускорение ротора с относительно малым моментом инерции при резком набросе или сбросе активной нагрузки.

Целью данной работы являлось создание математической модели синхронного генератора мини-ТЭЦ и разработка на базе данной математической модели программы DzmG1.exe для расчета переходных режимов параллельно работающего генератора при нарушении связи с энергосистемой на основе численного решения дифференциальных уравнений.

Окно программы DzmG1.exe показано на рисунке 1.

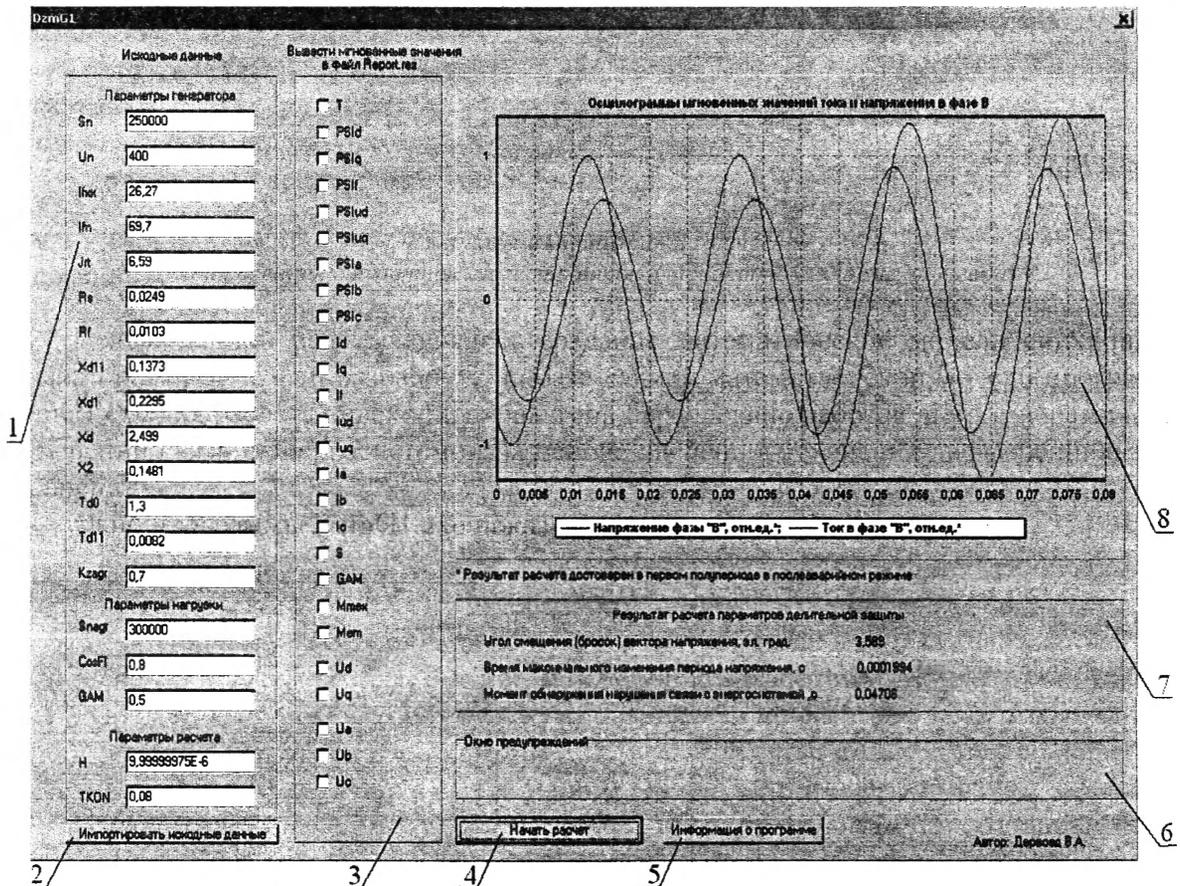


Рис. 1. Внешний вид программы DzmG1.exe: 1 – окно исходных данных; 2 – кнопка импорта исходных данных; 3 – окно вывода мгновенных значений переменных в файл Report.gez; 4 – кнопка начала расчета; 5 – кнопка вывода информации о программы; 6 – окно вывода предупреждений; 7 – окно результатов расчета делительной защиты; 8 – окно осциллографа напряжения и тока в фазе В

Для реализации математической модели использована среда программирования C++ с использованием объектно-ориентированный подхода.

Одним из примеров практического применения программы DzmG1.exe является расчет параметров делительной защиты для когенерационных энергоблоков на базе газопоршневого электроагрегата АГ-200 производства ООО «Уральский дизель-моторный завод» содержащего в своем составе синхронный генератор БГ-200, которые устанавливаются на территории Республики Беларусь с 2006 г. Одним из недостатков комплектного устройства КУ-200.G1-02, поставляемого комплектно с установкой и выполняющего функции защиты АГ-200, является недостаточная чувствительность при нарушении связи с энергосистемой. Так в ряде случаев при эксплуатации отмечалось отключение части сети с генератором на автономный режим работы. Причем нагрузка отключенной сети была соизмерима (а иногда и меньше) с мощностью генератора и ни устройства РЗА энергосистемы, ни устройство КУ-200.G1-02 энергоблока «не виде-

ли» автономно работающую часть сети. В результате возникала вероятность повреждения соединительной муфты генератора и газопоршневого двигателя в результате электродинамического удара при несинхронном включении участка сети (например, включение выключателя отходящего фидера от ЧАПВ). Также возникала опасность поражения током оперативно-ремонтного персонала, обслуживающего отключенный участок сети т. к. осуществлялась подпитка данного участка от генератора. Устанавливаемая дополнительная делительная защита на основе реле частоты, реле напряжения, а также реле мощности не позволяет получить необходимую чувствительность на протяжении всего времени работы энерго модуля, т. к. нагрузка отключенного участка сети, а следовательно и переход к режиму автономной работы для многих потребителей с мини-ТЭЦ зависит от времени года и времени суток (например, работа сетевых насосов на котельных).

Одним из путей повышения чувствительности делительных защит когенерационных энерго модулей на базе газопоршневого электроагрегата АГ-200 является установка дополнительного реле исчезновения сетевого напряжения, например LMR-111D или LMR-122D (пределы настройки функции обнаружения векторного скачка: 2–20 электрических градусов).

Для расчета параметров делительной защиты использовались следующие данные: $S_H = 250$ кВА; $U_H = 0,4$ кВ; $I_{fxx} = 26,67$ А; $I_{fn} = 69,7$ А; $J = 5,69$ кг·м²; $T_{d0} = 1,3$ с; $T_d = 0,0082$ с; $R_s = 0,0249$ Ом; $R_f = 0,0103$ Ом; $x_d'' = 0,1373$ о.е.; $x_d' = 0,2295$ о.е.; $x_d = 2,499$ о.е.; $x_2 = 0,1481$ о.е.

С использованием программы DzmG1.exe были рассчитаны броски вектора напряжения для различных набросов и сбросов мощностей в зависимости от предварительной загрузки генератора. Результаты представлены на рисунке 2. Положительные значения броска вектора приняты для сброса нагрузки с генератора и соответственно повороту вектора напряжения по часовой стрелке (уменьшению периода напряжения относительно доаварийного). Следует отметить, что не принципиально отличие в положительных и отрицательных значениях броска вектора т. к. реле использует модуль броска вектора напряжения на выводах генератора.

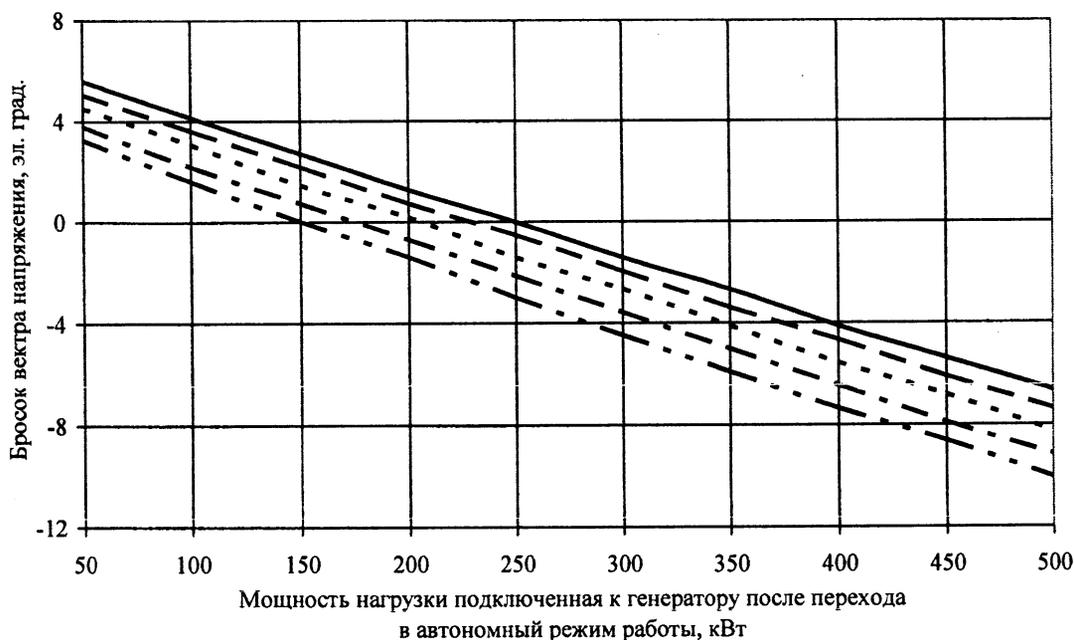


Рис. 2. Результаты расчета: — — — предварительная загрузка генератора 60 %; — — — 70 %; — — — 80 %; — — — 90 %; — — — 100 %

Выводы

Для длительной работы генераторов мини-ТЭЦ параллельно с энергосистемой необходима разработка специальных делительных защит, реагирующих на нарушение связи с энергосистемой. В качестве таких защит наиболее целесообразно применять устройства, реагирующие на бросок вектора напряжения у вывода генератора или устройства, реагирующие на скорость изменения частоты или напряжения.

Для выбора контролируемых параметров, их уставок, а также типа делительной защиты необходим расчет переходных электромагнитных и электромеханических процессов, в связи с тем, что скорость изменения напряжения и частоты части сети с генератором при нарушении связи с энергосистемой может меняться в больших пределах, а именно при соизмеримых мощностях генератора и нагрузки части сети частота и напряжение могут «зависать» длительное время, а при отличии мощностей в несколько крат, время значительного изменения частоты и напряжения части сети может быть соизмерима со временем срабатывания делительных защит.

Литература

1. Романюк Ф.А., Новаш В.И. Информационное обеспечение вычислительного эксперимента в релейной защите и автоматике энергосистем. – Минск: ВУЗ-ЮНИТИ, 1998. – 174 с.
2. Фишман В.С. Построение систем РЗА при наличии собственных источников электроэнергии у потребителей // Новости электротехники. – 2002. – № 6. С. 34–37; – 2003. – № 1. – С. 41–44.
3. Важнов А.И. Переходные процессы в машинах переменного тока. – Л.: Энергия, 1980.
4. Применение аналоговых вычислительных машин в энергетических системах / Под ред. Н.И. Сакалова. – М.: Энергия, 1970.
5. Сергеев П.С. и др. Проектирование электрических машин. – М.: Энергия, 1969.
6. Алексеев Н., Ростиславин Г. Контроллеры DEIF. Защита автономного генератора, работающего параллельно с сетью // Новости электротехники. – 2006. – № 2. – С 54–58.

УДК 621.316

ПРОГРАММА РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СТАНЦИИ

Демчук О.Н., Шнитко А.Л.

Научный руководитель – ГЛИНСКИЙ Е.В.

Натурные испытания по самозапуску электродвигателей на станциях очень опасны, потому как нельзя предусмотреть и предугадать всевозможные режимы и результаты, капиталозатратны и не могут охватить все реальные ситуации по условиям самозапуска электродвигателей. Кроме того, натурные испытания снижают надежность работы самих электрических станций. По этой причине на кафедре «Электрических станций» была разработана программа самозапуска электродвигателей станции.

Программа расчета самозапуска электродвигателей станции предназначена для расчета самозапуска электродвигателей напряжением 6 кВ собственных нужд ТЭЦ и КЭС. Программа состоит из нескольких частей: базы данных, расчета (непосредственно сама программа) и результатов расчета. Программа позволяет рассчитать исходный установившийся режим, режим короткого замыкания, групповой выбег электродвигателей в бестоковую паузу и групповой самозапуск электродвигателей после восстановления напряжения. Ручной счет таких сложных процессов занимает очень большой промежуток времени. Программа значительно уменьшает затраты умственного и физического труда. В программе очень хорошо отражены параметры элементов. Их многообразие позволяет быстро и качественно менять режимы работы станции. В программе сделаны некоторые учеты и допущения. Очень удобно выдаются результаты расчетов –