

УДК 620.9

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ГОЛОВНОЙ ГАЗОКОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ «САХАЛИН»**Ю.В. Хрущев**

*Профессор кафедры электрических сетей и электротехники
Национального исследовательского Томского политехнического университета,
доктор технических наук, e-mail: khrushchevv@tpu.ru*

И.С. Токарев

*Инженер по техперевооружению и ремонту электрооборудования
ООО «Газпром трансгаз Томск», аспирант Национального исследовательского
Томского политехнического университета, e-mail: tokarevisgtt@sibmail.com*

Рассматриваются вопросы повышения надежности и устойчивости работы автономных электроэнергетических систем в газовой промышленности.

Ключевые слова: автономная энергосистема, статическая устойчивость, бесперебойное электроснабжение потребителей.

В последние десятилетия в нефтегазотранспортных системах большое распространение получили автономные электроэнергетические системы (ЭЭС), предназначенные для электроснабжения объектов нефтеперекачивающих и газокomppressorных станций. Целесообразность их использования обусловлена тем, что развитие нефтегазотранспортных систем опережает развитие магистральных электрических сетей, вследствие чего централизованное электроснабжение этих объектов часто не представляется возможным.

В качестве примера можно привести такие системы как нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан и газопровод Сахалин – Хабаровск – Владивосток. В настоящее время ведется строительство магистрального газопровода Сила Сибири (Якутия – Дальний Восток), который также будет проходить по районам, где отсутствуют магистральные электрические сети, что приведет к возрастанию количества автономных энергосистем в нефтегазотранспортных системах.

Как известно, одним из важных недостатков автономных энергосистем, применяемых в нефтегазотранспортной промышленности, является невысокий уровень надёжности их работы. Научно-практическим задачам повышения этого

уровня уделено большое внимание [1]. Однако соответствующие инженерно-технические задачи и связанные с ними задачи научного анализа решены далеко не полностью.

В качестве полигона исследования определена автономная энергосистема Головной компрессорной станции (ГКС) «Сахалин», которая, в свою очередь, является объектом газотранспортной системы «Сахалин – Хабаровск – Владивосток», предназначенной для газоснабжения регионов Дальнего Востока. Задачей станции является обеспечение транспорта газа с острова Сахалин через Хабаровск до Владивостока. По настоящее время ГКС «Сахалин» является единственной станцией, обеспечивающей транспорт газа по данному газопроводу.

Генерация электрической энергии для объектов ГКС осуществляется на электростанции собственных нужд (ЭСН), включающей четыре энергоблока, связанных двухсекционной системой шин. Каждый энергоблок представляет собой электростанцию типа Звезда-ГП-1100ВК-02М3-02 [2] мощностью 1100 кВт, способную работать автономно. Энергоблоки оснащены газопоршневыми двигателями фирмы Cummins и генераторами фирмы Stamford. Энергоблоки осуществляют питание семи трансформаторных подстанций мощностью

от 100 до 1600 кВА через закрытое распределительное устройство (ЗРУ) – 10 кВ. От наиболее мощной трансформаторной подстанции – 2х1600 кВА осуществляется питание двух газотурбинных газоперекачивающих агрегатов ГПА-16М-10, мощностью 16 МВт каждый [3]. Управление объектами автономной энергосистемы осуществляется дистанционно с автоматизированного рабочего места. В зависимости от сезонной нагрузки и режима работы ГКС в работе используются один или два генератора. При останове всех генераторов и потере питания от ЭСН электроснабжение обеспечивает аварийная дизельная электростанция (АДЭС).

Согласно требованиям нормативной документации нефтегазовых организаций и, в частности, ОАО Газпром такие объекты, как ГКС «Сахалин» должны иметь два независимых взаимно резервируемых источника электроэнергии [4, 5], а также отвечать требованиям ГОСТ 13109-97 по качеству электрической энергии [6].

В статье излагаются некоторые результаты разработки технических решений по обеспечению бесперебойности электроснабжения потребителей электрической энергии ГКС «Сахалин». Для этого проведён анализ работоспособности действующей схемы электроснабжения, технического состояния электрооборудования, алгоритмов работы устройств противоаварийной автоматики и релейной защиты и выполнены соответствующие теоретические и практические исследования.

В результате анализа выяснилось, что согласно проекту генераторы ЭСН работают на не разделённую по секциям систему шин ЗРУ, образуя один источник электроснабжения. При этом в случае аварийного отключения одного из генераторов автоматика отключает всех потребителей электроэнергии энергосистемы, так как срабатывает автоматика быстрой разгрузки (АБР), которая отключает все ячейки в ЗРУ для того, чтобы на оставшийся в работе генератор не переключились все потребители и он не остановился по перегрузке. Возобновление электроснабжения возможно только при ручном последовательном включении потребителей, что занимает очень много времени и весьма негативно сказывается на протекании технологических процессов ГКС. Выявились случаи ос-

тановов генераторов вследствие потери синхронизма при их включении на параллельную работу (таблица), что, в свою очередь, приводит к потере половины генерирующих источников энергосистемы и, соответственно, к усложнению технологических процессов транспортировки газа на материк.

Наибольшее количество остановов происходит из-за внутренних неполадок энергоблоков и ЭСН в целом (табл. 1). Конкретные причины этих остановов различны. Это не полностью проработанные проектные решения, ошибки монтажа, нарушения регламентов пуска-наладки энергооборудования и другие причины.

В ходе инженерно-технических работ по обеспечению бесперебойности электроснабжения потребителей ГКС выполнены следующие мероприятия:

- перенастроены устройства релейной защиты и автоматики;
- устранены технические неисправности энергоблоков, допущенные заводом-изготовителем.

В результате в значительной мере устранены отмеченные причины остановов. В тех случаях, когда в работе остается один энергоблок (см. таблицу), задача подключения всех элементов нагрузки к этому энергоблоку решается следующим образом:

- разделение секций ЗРУ путем отключения секционного выключателя (СВ), исключив при этом резкий наброс всей нагрузки на оставшийся в работе генератор;
- ступенчатое подключение потребителей на оставшийся в работе генератор по напряжению 0,4 кВ посредством секционных выключателей в КТП согласно рассчитанным временам автоматического включения резерва (АВР) без срабатывания АБР;
- после введения в работу резервного генератора нагрузка точно так же, ступенчато, переходит на вновь введенный в работу энергоблок, и схема приобретает первоначальный вид с двумя независимыми, взаиморезервируемыми источниками энергии.

Проведенные мероприятия не позволяют поддерживать требуемый уровень надёжности для бесперебойного обеспечения потребителей ГКС электрической энергией, так как проектная схема электрических соединений ЭСН все равно остается фактически с одним источником питания.

Таблица 1

Аварийные остановки энергоблоков ЭСН по датам

Дата останова	Остановленные энергоблоки	Причина останова	Примечание
05.08.2012	№2	Неисправность нагрузки	Потеря питания от ЭСН
18.08.2012	№4	Внутренние неполадки	Потеря питания от ЭСН
18.09.12	№1, №3	Потеря синхронизма	Потеря питания от ЭСН
25.09.12	№1	Внутренние неполадки	Потеря питания от ЭСН
07.10.12	№2	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
15.10.12	№4	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
16.11.12	№3, №4	Потеря синхронизма	Потеря питания от ЭСН
22.11.12	№1, №3	Потеря синхронизма	Потеря питания от ЭСН
01.12.12	№1	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
22.12.12	№3	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
22.12.12	№4	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
25.12.12	№2	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
07.01.13	№1	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
14.01.13	№4	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
01.02.13	№2	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
03.02.13	№3	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
09.03.13	№1	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
09.03.13	№3	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок
17.03.13	№2	Внутренние неполадки	В работе остался один энергоблок

Одним из возможных вариантов формирования двух независимых источников питания в энергосистеме является перевод ЭСН на раздельную работу секций шин, то есть на работу при выключенном секционном выключателе в ЗРУ – 10 кВ (рис.1) и включённых СВ – 0.4 кВ на отдельных КТП. В этом случае вся электростанция вместе с нагрузкой делится на две части и образует автономную энергосистему, в которой задачи анализа и обеспечения устойчивости параллельной работы генераторов требуют специального рассмотрения. Для решения этих задач автономная энергосистема может быть представлена в виде типовой двухмашинной модели ЭЭС (рис. 2, а) [7].

Для проведения анализа устойчивости на первом этапе работы была детально изучена автономная энергосистема и произведен расчет ее статической и динамической устойчивости. Для этого разработана исходная упрощённая схема электрических соединений автономной энергосистемы ГКС «Сахалин» (рис. 1), в которой все нагрузочные элементы на стороне 0.4 кВ объединены в эквиваленты, сформирована двухмашинная модель ЭЭС (рис. 2, а) и составлена её схема замещения (рис. 2, б) В последующих преобразованиях объединены генераторы Г1, Г3 в эквивалентный генератор ЭГ1, и генераторы Г2, Г4 в эквивалентный генератор ЭГ2. Реально в рабо-

те может находиться по одному генератору на каждой секции. Объединение образовавшихся двух подсистем осуществлено включением секционных выключателей на стороне 0,4 кВ комплектных трансформаторных подстанций «Собственных нужд (СН)» и «Компрессорного цеха (КЦ)» от которых запитаны потребители, наиболее чувствительные к кратковременным нарушениям электроснабжения. Предложенная схема исключает потерю питания при останове одного из двух генераторов. Остальные нагрузочные элементы представлены в виде элементов местной нагрузки Н1и Н2 генераторов ЭГ1 и ЭГ2 (рис. 2, а).

В порядке проведения оценочных расчетов аperiodической статической устойчивости автономной энергосистемы ГКС по её двухмашинной модели построены угловые характеристики генераторов ЭГ1 и ЭГ2 (рис. 3). Определены зона устойчивой работы и предельные по устойчивости значения генераторных мощностей.

Визуально по рис. 3 можно оценить, что в рассматриваемом схемно-режимном состоянии автономной энергосистемы ГКС коэффициент запаса статической устойчивости генераторов электростанций ЭГ1 и ЭГ2 имеет значения свыше ста процентов, что является достаточным основанием для более глубокого изучения различных аспектов её работы.

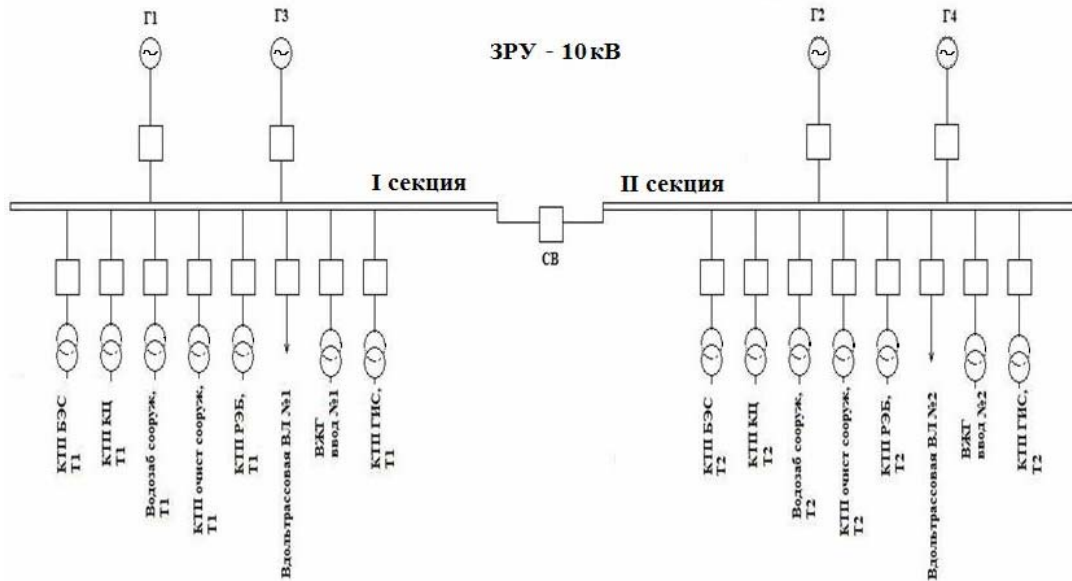


Рис. 1. Упрощенная схема электрических соединений ЭСН ГКС "Сахалин"

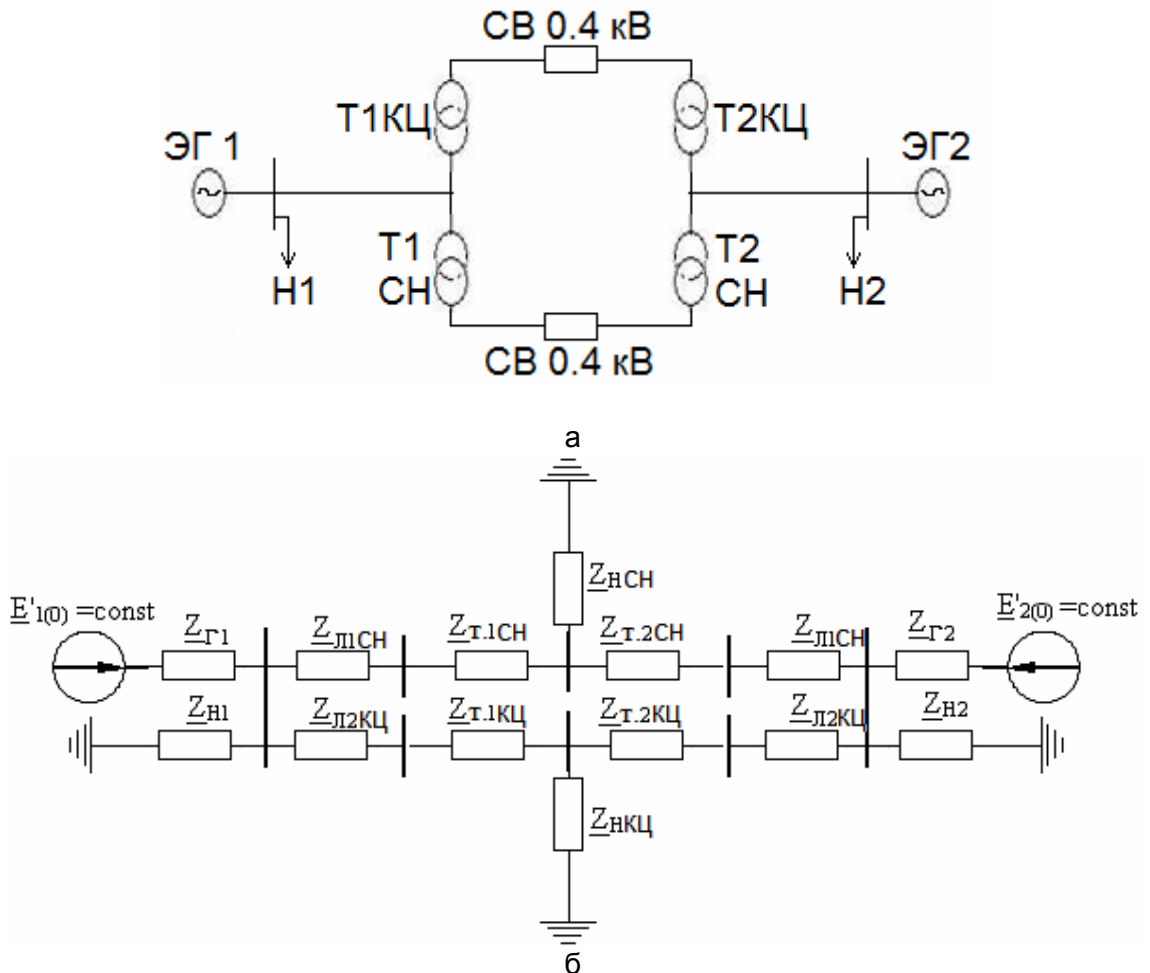


Рис. 2. Двухмашинная модель ЭЭС (а) и схема замещения двухмашинной модели ЭЭС (б)

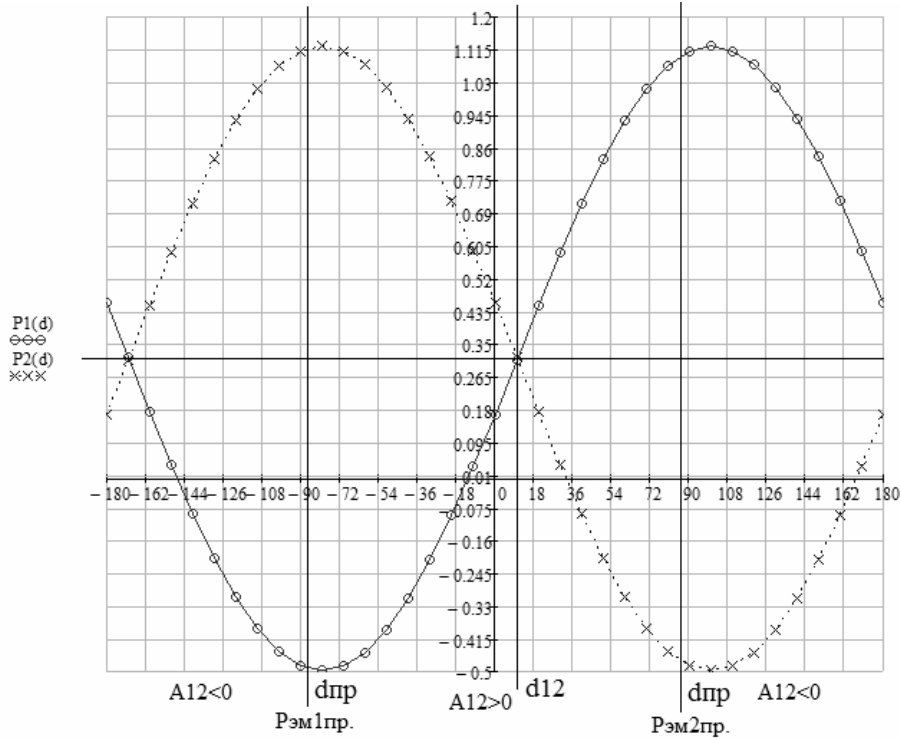


Рис. 3. Угловые характеристики и пределы статической устойчивости двухмашинной модели автономной энергосистемы ГСК

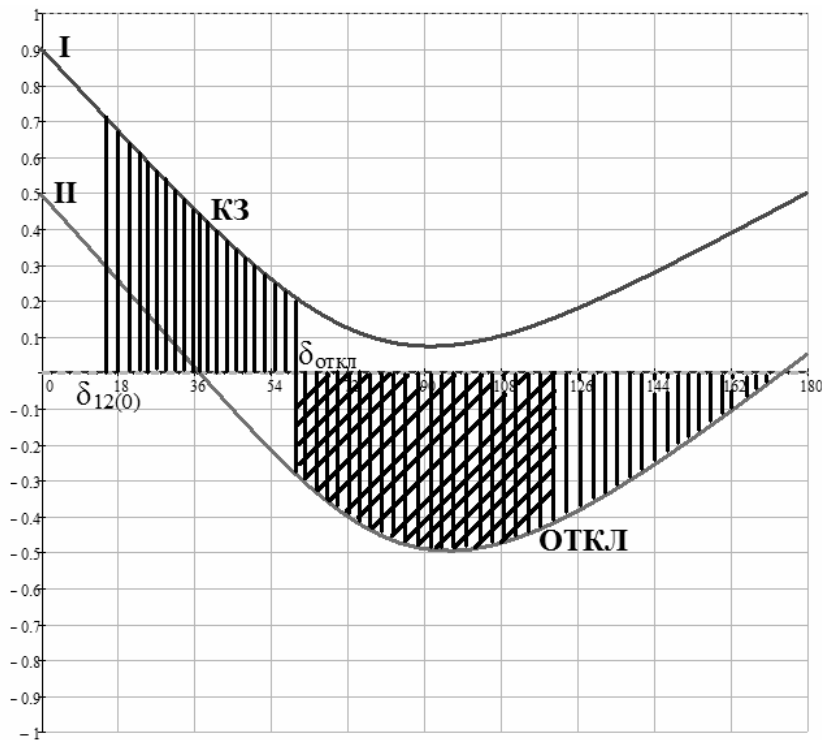


Рис. 4. Кривая относительного ускорения при отключении поврежденной линии

В расчете динамической устойчивости рассматривались наиболее тяжелые режимы работы энергосистемы. Были рассмотрены электромеханические процессы, протекающие при трехфазном коротком замыкании длительностью 0,3 с на рас-

стоянии 0,37 км от первой секции шин, и последующем отключении одной из линий электропередач ЗРУ – КТП СН. Кривые относительного ускорения роторов генераторов при отключении поврежденной линии показаны на рис. 4.

Визуально можно оценить, что по фактору влияния больших возмущений система работоспособна, так как коэффициент запаса её динамической устойчивости в наиболее тяжёлой аварийной ситуации заметно больше единицы.

В свою очередь, предложенная схема ЭЭС ГКС работы требует более глубокого изучения вопроса колебательной устойчивости.

По полученным результатам работы были сформированы предложения основных технических решений и требований, внесенные в разработку стандарта ОАО «Газпром» «Применение электростанций собственных нужд нового поколения с поршневым и газотурбинным приводом».

В данный момент проводятся теоретические исследования автономных энерго-

систем объектов газотранспортной системы «Сила Сибири», для того чтобы еще на проектной стадии выявить и решить проблемы надежности и устойчивости автономных энергосистем, для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей.

Результаты работы показывают необходимость проведения научно-исследовательских работ на этапе проектирования путем использования компьютерных моделей построения автономных энергосистем для расчета различных режимов работы с учетом их индивидуальных особенностей. Это обеспечит бесперебойную и безаварийную работу автономных энергосистем на производственных объектах, которые являются ответственными потребителями.

Литература

1. Глухов, В.А. Повышение надежности электроснабжения компрессорных станций с газотурбинным приводом [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.А. Глухов. – СПб., 2007. – 18 с.
2. Проект электростанции Звезда-ГП-1100ВК-02М3-0211. 082.ЭВЭН.000.000.000. – ОАО «Звезда-Энергетика». – СПб., 2010.
3. Проект Магистрального газопровода Сахалин – Хабаровск – Владивосток. ГКС «Сахалин». 4400/11-ГКС-0. – Гипрогазцентр. – Дзержинск, 2010.
4. Выбор схем электроснабжения автономных объектов от электростанций собственных нужд. СТО Газпром 2-6.2-208-2008. Газпром ВНИИГАЗ. – М., 2008. – 35 с.
5. Применение электростанций собственных нужд нового поколения с поршневым и газотурбинным приводом. СТО Газпром ; проект СТО Газпром 2-6.2-XXX-2013, Газпром ВНИИГАЗ. – М., 2013. – 61 с.
6. ГОСТ 13109-97. МЭК354-91 Межгосударственный стандарт. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 31 с.
7. Жданов, П.С. Вопросы устойчивости электрических систем [Текст] / П.С. Жданов ; под ред. Л.А. Жукова. – М. : Энергия, 1979. – 456 с.

DEVELOPMENT OF TECHNICAL DECISIONS FOR INCREASE IN STAND-ALONE POWER STATION STABILITY AND RELIABILITY OF «SAKHALIN» GAS COMPRESSOR STATION

Yu. V. Khrushchev, I.S. Tokarev

This work considers questions of increase in stability and reliability of stand-alone power supply systems in gas industry.

Key words: stand-alone power supply system, static stability, trouble-free power supply of customers.