

УДК. 621.311

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИИ С ГАЗОТУРБИННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ НА РЕЖИМ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

ГАШИМОВ А.М., ФАТТАХИ Ф.*, РАХМАНОВ Р.Н. **

Институт Физики НАН Азербайджана

**Азербайджанский Центр Энергетических Исследований и Образования,
Тебриз-ИРИ*

***ВР–Азербайджан*

Введение. За последние 10 лет применение распределённой генерации (РГ) стало одним из важных направлений развития электроэнергетики во многих странах мира. По своему назначению РГ используется для электроснабжения удаленных локальных потребителей электроэнергии. При этом в качестве источника генерации применяют как альтернативные, так и традиционные источники энергии малой мощности [1-2].

Для РГ с газотурбинной электростанцией, кроме свойств общего характера (мощность каждого генерирующего источника в системе РГ значительно меньше мощности источников ТЭС и ГЭС энергосистемы, существует возможность изолированной работы на выделенную нагрузку), имеются также особые отличия – высокая скорость протекания переходных процессов и низкая устойчивость работы газотурбинных агрегатов (ГТА) по сравнению с устойчивостью традиционных генераторов. Опыт, накопленный к настоящему времени, показывает, что без учёта этих факторов во многих случаях нельзя обеспечить надёжное электроснабжение потребителей в системе электроснабжения РГ [3-4].

В статье рассматриваются вопросы, возникающие при функционировании РГ в энергосистеме и изолированно от неё, а также исследуется влияние структуры и мощности РГ, включённой параллельно с энергосистемой. На примере распределённой генерации, обеспечивающей электроснабжение потребителей нефтяной нагрузки с помощью газотурбинной электростанции, проведен анализ режимов работы при наличии и отсутствии связи РГ с энергосистемой. Учитывая удаленность потребителей узла нагрузки РГ от основного источника питания – энергосистемы, суммарная установленная мощность газотурбинных агрегатов выбрана с учетом покрытия номинальной мощности всего узла нагрузки. Кроме того, для обеспечения надежного электроснабжения потребителей исследуемая схема распределённой генерации имеет также связь с энергосистемой. Проведены расчёты потокораспределения в электрической системе и определены уровни напряжения, потери активной и реактивной мощности для разных сценариев структуры РГ и схемы электрической сети. Для указанных вариантов состава ГТ станции, схем и режимов внешней энергосистемы проведён анализ переходных процессов, вызванных короткими замыканиями в основной сети.

Расчёты проведены на основе специализированных программных комплексов, включающих модели для решения задач установившихся режимов и переходных процессов при коротких замыканиях [1].

Особенности режимов РГ, использующей в качестве источников газотурбинные агрегаты

Наиболее распространённым в структуре РГ является наличие в качестве источников энергии ГТА. Обычно мощность ГТА, используемых в РГ, значительно меньше мощности генераторов, установленных на электростанциях энергосистемы. Кроме того, параметры этих ГТА отличаются от параметров обычных агрегатов ТЭС.

Различие характеристик ГТА и генераторов энергосистемы создают определённые проблемы при их параллельной работе. Устранение этих проблем обусловлено решением ряда задач, связанных с оценкой технического влияния РГ на режим работы сети энергосистемы как в установившихся, так и в переходных режимах. Для полноты анализа влияния на режимы питающей сети следует рассматривать различные режимы работы РГ (с максимальной, минимальной и 50% загрузкой газотурбинной станции).

С учетом изложенного были проведены расчеты установившихся и переходных режимов для схемы электрической сети Азербайджанской энергосистемы «Азербэнеджи» с параллельно работающей газотурбинной станцией, подключенной к узлу (п/ст Сангачал) и питающей местную нагрузку (Рис.1). ГТ станция состоит из семи ГТА с мощностью каждого по 22,5МВт. Основным видом нагрузки в указанной системе электроснабжения являются потребители нефтяной нагрузки – насосы и компрессоры с асинхронными двигателями.

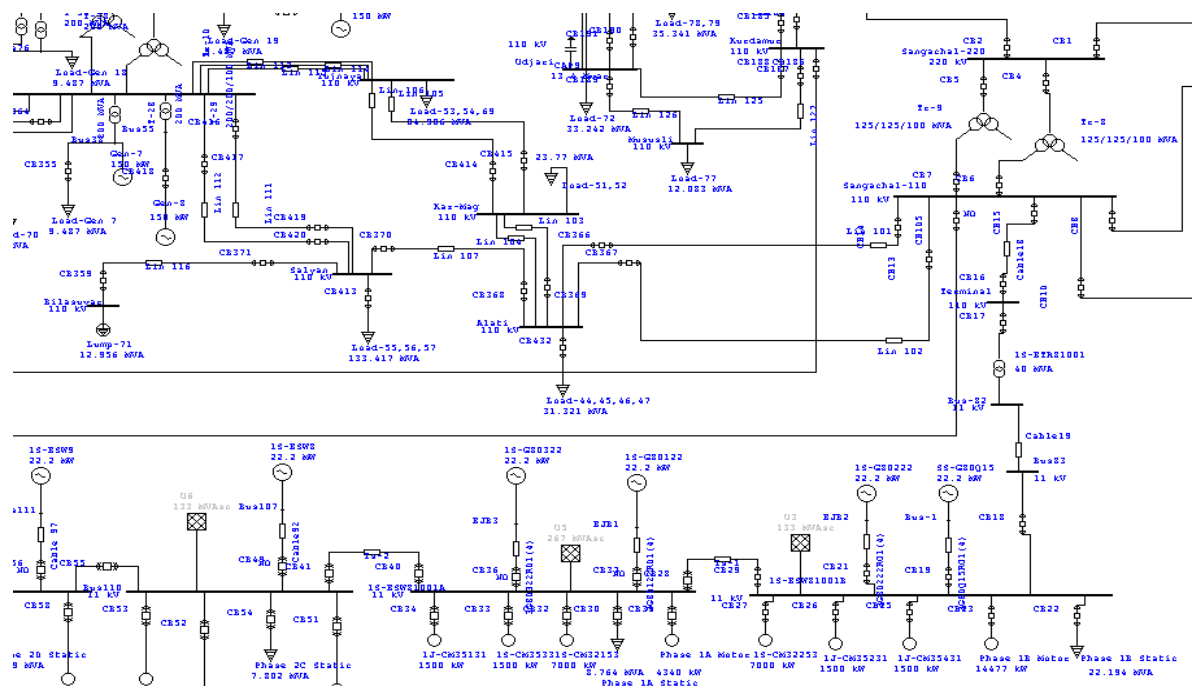


Рис.1 Фрагмент схемы сети с распределенной генерацией

Влияние РГ на установившийся режим питающей электрической сети энергосистемы в части изменений уровня напряжения, потерь активной и реактивной мощности и загруженности ветвей сети определяется путем расчёта потокораспределения. Расчеты проводились для вариантов схемы сети с различным числом включённых газотурбинных агрегатов в системе РГ. Результаты расчетов сведены в таблицу 1

Параметры режима РГ, характеризующие её влияние на энергосистему в установившихся режимах.

Таблица 1

Параметры режима	Состояние схемы «РГ – энергосистема»					
	Число работающих ГТ агрегатов в системе РГ			Изменения в схеме сети энергосистемы		
	0	2	5	Отключение трансформаторов на п/ст Сангачал		Откл. питающей ЛЭП 220 кВ
Откл. один тр-р				Откл. оба тр-ра		
1. Напряжение на шинах 110 кВ п/ст Сангачал	98,74кВ	102,34 кВ (в работе 1 ЛЭП Сангачал-Терминал)	104,6 кВ (в работе 1 ЛЭП Сангачал-Терминал)	103,21 кВ (в работе 5 ГТ агрегатов)	98,81кВ (в работе 5 ГТ агрегатов)	101,86 кВ
		102,77 кВ (в работе 2 ЛЭП Сангачал-Терминал)	104,77 кВ (в работе 2 ЛЭП Сангачал-Терминал)			
2. Потери мощности в общей системе РГ – энергосистема: -одна ЛЭП связи -две ЛЭП связи	162,85 МВт 163,07 МВт	156,06 МВт 156,06 МВт	154,19 МВт 154,19 МВт	152,33 МВт 152,33 МВт	157,25 МВт 157,25 МВт	154,18 МВт

Как видно из Табл. 1, увеличение от двух до пяти числа включённых ГТ агрегатов, увеличивает напряжение во внешней сети на 2,5%. В случае отключения источников РГ величина напряжения в узле п/ст Сангачал уменьшается до значения ниже номинального, что является недопустимым из технологических соображений, т.к. приведет к уменьшению производительности насосов большой мощности и уменьшению перекачки значительных объемов нефти.

Анализ суммарных потерь в сети для различных вариантов схемы сети с РГ показывает, что потери с включением РГ уменьшаются, что составляет 5-7% от суммарных потерь в энергосистеме.

Анализ влияния РГ с газотурбинной станцией на переходные процессы в энергосистеме

Проведен анализ переходных процессов при к.з. в энергосистеме, с которой параллельно работает система РГ, состоящая из газотурбинных генераторов. Для полноты оценки расчеты к.з. были выполнены при различном числе включенных ГТУ, электрических связей РГ с энергосистемой, а также мощности нагрузки.

Влияние распределенной генерации иллюстрируют Рис.2, 3 и 4, где приведены изменения напряжений на шинах п/ст Сангачал 110кВ, служащей узлом связи РГ с энергосистемой (при трехфазном к.з.). На Рис.2 и 3 показаны изменения напряжения в узле примыкания РГ к энергосистеме (шины 110кВ п/ст Терминал) и на зажимах генераторов ГТУ, соответственно при двух и пяти источниках на станции и наличии одной связи с энергосистемой. Как видно, глубина снижения напряжения как на шинах ГТ станции, так и в узле ее примыкания к энергосистеме при пяти генераторах (Рис.2) существенно меньше, чем при двух генераторах (Рис.3). Это, прежде всего, вызвано повышенной эффективностью действия форсировки возбуждения генераторов.

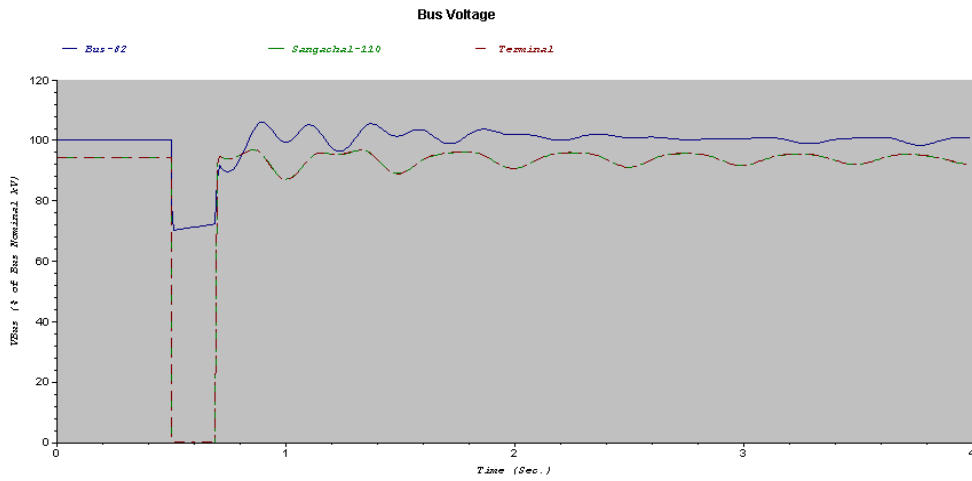


Рис. 2 Напряжения на шинах РГ и в узле ее примыкания к энергосистеме при к.з. в энергосистеме и работе пяти генераторов и одной связи.

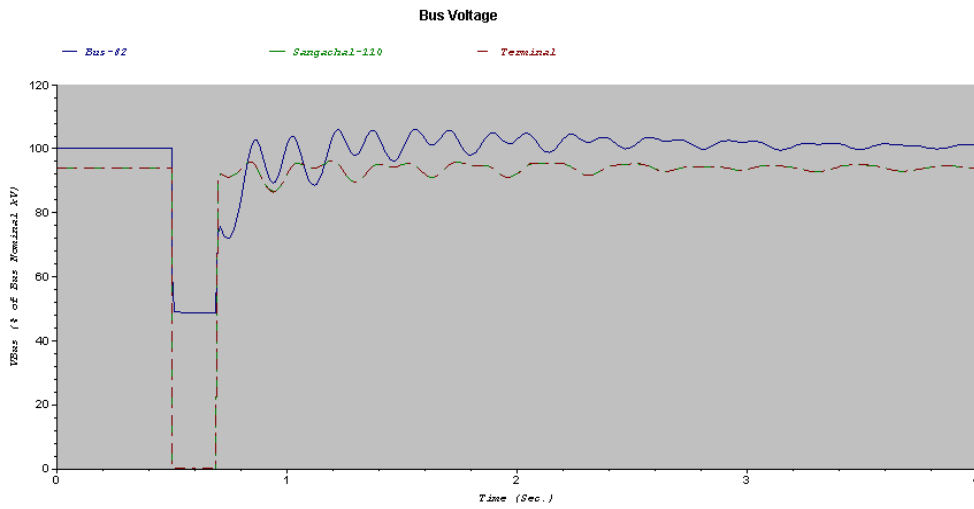


Рис. 3 Напряжения на шинах РГ и в узле ее примыкания к энергосистеме при к.з. в энергосистеме и работе двух генераторов и одной связи.

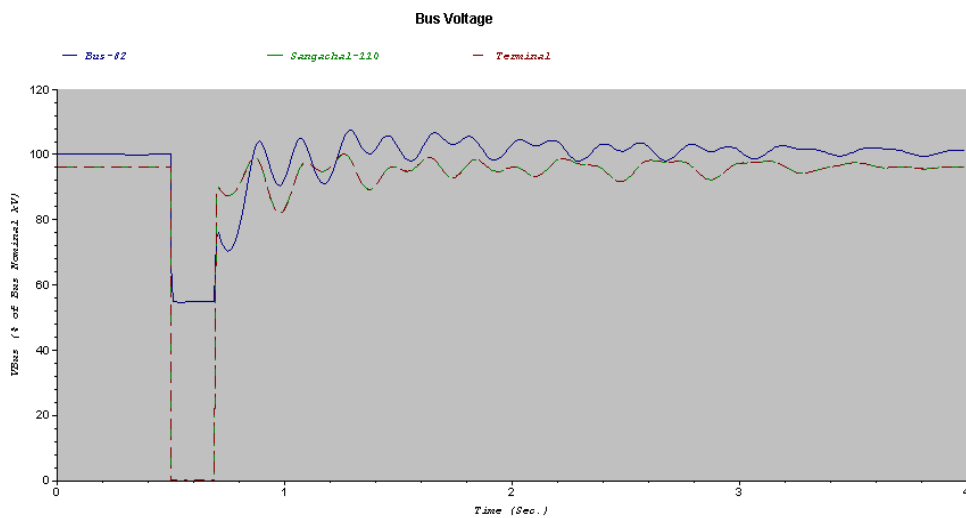


Рис. 4 Напряжения на шинах РГ и в узле ее примыкания к энергосистеме при к.з. в энергосистеме и работе пяти генераторов и двух связей.

На Рис.4 показано изменение напряжения на шинах РГ и в энергосистеме при работе пяти ГТ агрегатов и двух связей. Из сравнения результатов расчета Рис.3 и Рис.4 видно, что при наличии второй связи глубина напряжения больше, чем при работе РГ с одной связью с энергосистемой. Это вызвано, прежде всего, тем, что при наличии в работе двух связей сопротивление от шин источников РГ до точки короткого замыкания в энергосистеме меньше, чем при одной связи. В соответствии с этим увеличена доля вклада РГ в суммарный ток к.з. при наличии двух связей между РГ и энергосистемой.

Выводы

1. Работа энергосистемы в присутствии распределенной генерации с ГТ электростанцией повышают эффективность ее функционирования в установившихся режимах - улучшается уровень напряжения, и сокращаются суммарные потери в питающей электрической сети.
2. Установлено, что при более глубокой интеграции РГ в энергосистему улучшается качество переходных процессов, вызванных к.з. вблизи шин РГ. Глубина снижения напряжения уменьшается при увеличении числа работающих ГТ агрегатов.
3. При увеличении числа ЛЭП, связывающих РГ с энергосистемой, увеличивается глубина снижения напряжения, вызванная к.з. в основной энергосистеме.

-
1. CIGRE Working Group WG 37-23, Impact of increasing contribution of dispersed generation to the power system, 1997
 2. P.Jones, B.Richardson. Finding the missing link. IEE Power Engineer. December/January, 2005, p.28-31
 3. I.A.P. Lopes et. al.,. Integrating a distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities. Electrical Power Systems Research. (2006), doi: 10.1016/j. epsr. 2006.08.016
 4. N.Hadjsaid, J.F.Canard, F.Dumas. Dispersed generation impact on distribution networks: Computer applications in Power, vol. 12(2), IEEE, 1999, pp. 22-28

QAZ-TURBIN ELEKTRİK STANSİYASİYALI PAYLANMIŞ GENERASIYANIN ENERJİSİSTEMİN REJİMİNƏ TƏSİRİ.

HƏŞİMOV A.M., FƏTTAHİ F., RƏHMANOV R.N.

Paylanmış generasiyanın (PG) enerjisistemə inteqrasiyası ilə bağlı bəzi problemlərə baxılıb. Elektrik enerjisi mənbəyi kimi qaz-turbin aqreqlərindən istifadə edilən paylanmış generasiyanın qidalandırıcı elektrik şəbəkəsinə təsirinin təhlili verilib. Enerjisistemdə paylanmış generasiyasız və paylaşdırıcı generasiya olduqda qərarlaşmış rejimlərin hesabatının nəticələri verilir. Qərarlaşmış rejimlərdə gərginlik səviyyələrinə və enerjisistemdə güc itkilərinə, həmçinin qısaqapanma cərəyanlarına və qəza rejimlərində sistemin dinamik dayanıqlığına paylanmış generasiyanın nə dərəcədə inteqrasiya olunmasının təsiri göstərilir.

Açar sözlər: paylanmış generasiyanın, qaz-turbin elektrik stansiyası, güc itkisi, elektrik şəbəkəsində gərginlik səviyyələri, qısaqapanma cərəyanları.

IMPACT OF DISTRIBUTED GENERATION WITH GAS-TURBINE POWER PLANT ON OPERATION OF POWER SYSTEM

HASHIMOV A.M., FATTAHI F., RAHMANOV R.N.

Some problems of distributed generation (DG) integration to the main power system are considered. Impact of several gas-turbine power plants, which constitute DG, on operation of power system, is analyzed. Load flow calculations with and without DG units are performed. Impact of DG presence on voltage profile and losses in power system at steady state regime and DG contribution in SC currents as a function of DG integration level are presented.

Key words: distributed generation, gas-turbine power plant, power losses, voltage profile at power system, short circuit currents.