

УДК 621.311.

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

ГУСЕЙНОВ А.М., АХУНДОВ Б.С., ГАРАДАГИ А.Э.

*Азербайджанский Научно-Исследовательский Институт  
Энергетики и Энергетического Проектирования*

Распределенная генерация электростанциями малой мощности рассматривается как объективная тенденция развития энергосистем в новых условиях.

На конкретном примере оценивается техническая эффективность применения установок распределенной генерации в Азербайджанской энергосистеме.

На рубеже XIX и XX веков в развитии энергетики и систем электроснабжения стран и регионов мира сформировался ряд объективных тенденций, направленных на повышение эффективности, надежности и качества энергоснабжения, усиление экономических, технологических, межгосударственных и межконтинентальных связей различных секторов энергетики. Это глобализация и либерализация, которые, в свою очередь, вызвали необходимость диверсификации видов топлива и типов энергоустановок. Новые высокоэффективные энергетические технологии получили широкое распространение. Используя их, получил развитие принцип распределенной генерации, имея ввиду генерирующие установки относительно малой мощности, включенные в распределительные электрические сети. Рыночная экономика в энергетике порождает необходимость их широкого применения благодаря следующим причинам.

В результате либерализации должны создаться условия, при которых потребитель должен получить возможность (право) выбора для себя энергоснабжающих компаний, исходя из более выгодных технических и экономических соображений. Этому могут удовлетворять установки распределенной генерации (УРГ), находящиеся в регионах вблизи потребителей. Достаточно крупные и ответственные потребители могут поставить себя вне зависимости от состояния режима энергосистемы и построить свои собственные УРГ.

При всем том, что стоимость производства электрической энергии на таких установках может быть не ниже, а может быть и выше, чем на действующих крупных электростанциях, снижение затрат на передачу и распределение (в т.ч. снижение потерь), а также отсутствие необходимости обеспечения прибыли генерирующих компаний, может создать для потребителей положительный экономический эффект и снизить сроки окупаемости. В силу этих причин во многих странах УРГ получили распространение в виде паро- и газотурбинных установок, гидроустановок, установок, использующих различные виды возобновляемых источников энергии, топливные элементы, двигатели внутреннего сгорания и др. Так, в Японии в период 1997-2000гг. 11% прироста мощности составляет малая энергетика [1]. В сфере УРГ в настоящее время уже установилась определенная классификация в зависимости от диапазона мощностей (таблица 1.) [2], куда входят все виды генерации.

Таблица 1.

Виды установок	Диапазон мощностей
Микро УРГ	1 Вт < 5 кВт
Малые УРГ	5 Вт < 5 МВт
Средние УРГ	5 МВт < 50 МВт
Большие УРГ	50 МВт < 300 МВт

Несмотря на широкое распространение УРГ, процесс внедрения и использования распределенной генерации не является простым. На этом пути есть трудности и вопросы:

- резкое отличие их параметров от параметров действующих мощных блоков, с которыми придется работать параллельно, что может сказаться на устойчивости всей энергосистемы;
- сложности подключения к основной сети;
- трудности регулирования напряжения на микроуровнях и несовместимость с общей системой регулирования напряжения;
- способы управления, особенно противоаварийного, в сочетании с общей системой противоаварийного управления энергосистемы;
- трудности координации систем защиты и др.

Степень эффективности внедрения УРГ зависит от режимных и структурных особенностей каждой конкретной энергосистемы.

Цель настоящей статьи - дать оценку технической эффективности введения принципа распределенной генерации в Азербайджанской энергосистеме.

В Азербайджанской энергосистеме при установленной мощности 5300 МВт на Азербайджанскую ГРЭС приходится 2400 МВт (45,3%), на Али-Байрамлинскую ГРЭС - 1050 МВт (19,8%), т.е. 65,1 % мощностей сосредоточено на 2-х крупноблочных тепловых электростанциях. Это породило определенную диспропорцию "генерация-потребление" в структуре энергосистемы.

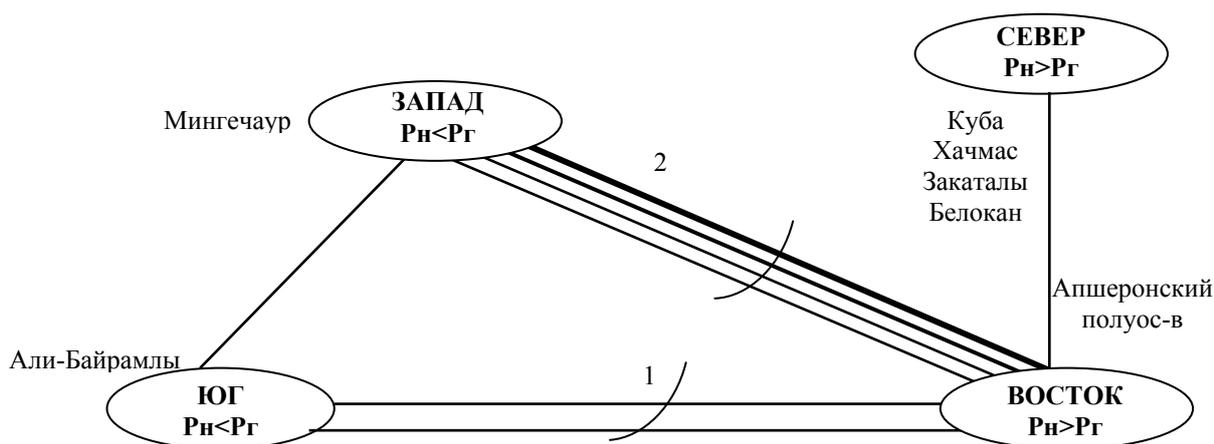


Рис.1. Региональная структура генерации – потребления электрической энергии

На рис.1. приведена упрощенная схема этой структуры. Нынешнее распределение генерирующих источников, наличие "территориальных разрывов" концентрации генерации и нагрузки приводят к неудовлетворительным уровням напряжения в Северных регионах, высокий уровень зависимости потребителей Восточного региона (Апшерон) от поставок электроэнергии с Запада по сечению 220-330-500кВ (300 км) Мингечаур-Апшерон, имеющего естественную проблему обеспечения требуемой пропускной способности, излишних потерь и т. д.

В условиях интенсивного роста нагрузок (в 2003г. потребление электрической энергии достигло уровня 1990 года, и по сравнению с 2002 годом выросло почти на 13%) появляется желание строительства и ввода крупных по мощности блоков и электростанций (400-500 МВт). На их строительство уходит не менее 2-х лет, и в этот период проблема электроснабжения отдаленных регионов остается не решенной, т.к. потребление продолжает расти. Время же строительства и ввода УРГ-менее года.

Исходя из этих соображений, в Государственной Энергетической Программе развития энергетики, наряду с созданием крупных блоков ПГУ (400-500 МВт) в

2006-2008гг., предусматривается установка в краткосрочной перспективе (2005-2006гг.) в 4-х регионах республики под ключ 52-х УРГ на базе 8,7 МВт-ных агрегатов фирмы Wartsila (Финляндия) общей мощностью около 450-460 МВт.

С целью количественной оценки технической эффективности их внедрения, т.е. степени влияния на некоторые показатели функционирования, проведен расчетный эксперимент.

В условиях перспективной нагрузки 4600 МВт проведен расчет режима и статической устойчивости энергосистем для следующих вариантов:

1. Действующая схема (2005г.), режим нагрузки 4600 МВт без ввода дополнительной генерирующей мощности.
2. Для покрытия перспективной нагрузки введена дополнительная мощность в виде второго блока ПГУ-400 МВт на Шимал ГРЭС.
3. Дополнительная мощность 400 МВт введена УРГ в 4-х регионах по 100 МВт
4. Одновременно введение второго блока ПГУ-400 МВт и УРГ в 4-х регионах по 100 МВт.

В этих вариантах сопоставлялись:

- потери мощности в энергосистеме;
- уровни напряжения в дефицитных регионах;
- перетоки мощности по основному сечению 2 (рис.1) "Запад-Восток" (Мингечаур-Апшерон) в нормальном и утяжеленном, предельном по устойчивости режимах;
- коэффициент запаса по условию обеспечения статической устойчивости энергосистемы.

Результаты расчетов, выполненных по программе "Мустанг", приведены в таблице 2 и 3.

Их анализ показывает следующее:

1. Увеличение нагрузки энергосистемы (вариант 1) до 4600 МВт при существующей структуре и объемах генерирующих мощностей сопровождается:
  - снижением напряжения в узлах нагрузки, особенно, в "Северных" регионах потребления, достигая околоритических значений;
  - увеличением потерь мощности в передающей сети (5,6%), что объясняется увеличением перетока из избыточного по мощности "Запада" в дефицитный "Восток" (Апшеронский регион) по трассе 300 км;
  - снижением коэффициента запаса против нормативных в нормальной схеме до 1,1 % (<20%) и в послеаварийной схеме < 1% (<8%);
  - загрузка Азербайджанской ГРЭС превышает располагаемую мощность.
2. При удовлетворении возросшей нагрузки в перспективе путем включения на Шимал ГРЭС второго блока ПГУ-400 МВт (вариант 2):
  - снижается переток мощности по сечению "Запад-Восток";
  - снижаются потери мощности до 4,7 %;
  - коэффициент запаса по статической устойчивости в нормальной схеме - 35,6%(>20%), в послеаварийном 7,3 % ( $\approx$ 8%);
  - разгружается Азербайджанская ГРЭС;
  - уровень напряжения в регионах улучшается, причем в "Северном" регионе остается ниже, чем в остальных.
3. Увеличение генерации путем ввода 4-х УРГ в различных регионах (вариант 3) дает дальнейшее снижение потерь мощности (3,7%), но, самое главное, повышение уровня напряжения в узлах нагрузки "Северного" региона. Остальные показатели также улучшаются, хотя и находятся на уровне варианта 2 (включение блока ПГУ-400 МВт на Шимал ГРЭС);
4. Объединение двух способов покрытия нагрузки путем ввода второго блока ПГУ-400 МВт на Шимал ГРЭС и 4-х УРГ дает дальнейшее улучшение всех показателей, в т.ч. по уровню напряжения в "Северном" регионе. Возрастающие коэффициенты запаса по условию обеспечения статической устойчивости

ограничиваются термической пропускной способностью автотрансформаторов п/ст Апшерон и 1-ой Мингечаурской ВЛ-220 кВ.

Эффект УРГ особенно четко просматривается в таблице 3, где приводятся уровни напряжения на ряде подстанций "Северного" региона. Сравнение вариантов 3,4 с вариантом 2 показывает, что без ввода 4-х УРГ с помощью только мощного блока 400 МВт на Шимал ГРЭС (вариант 2) не удастся добиться требуемого уровня напряжения на Северных подстанциях.

В этом и состоит один из главных эффектов распределенной генерации: повышение надежности и качества электроснабжения в отдаленных от основных магистралей регионах потребления.

Таблица 2.

	Ед.измер.	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
1.Суммарная нагрузка системы	МВт	4605	4614	4613	4614
2.Суммарная генерация	МВт	4877	4829	4789	4782
3. Суммарные потери мощности	<u>МВт</u> %	<u>272</u> 5,9	<u>216</u> 4,7	<u>177</u> 3,7	<u>169</u> 3,6
4.Загрузка АЗГРЭС	МВт	2082	1634	1594	1487
5.Уровни напряжения (средние значения по узлам регионов) "Север" "Юг"	кВ	85,1 97,5	96,8 101	113,9 105	117,1 106
6.Переток и коэффициент запаса по устойчивости по сечению "2" "Запад-Восток"					
Исходный режим	МВт	1736	1292	1352	1248
Предельный режим	<u>МВт</u> %	<u>1755</u> 1,1	<u>1757</u> 36	<u>1812</u> 34	<u>1847</u> 48
7.Переток и коэффициент запаса по статической устойчивости при отключение одной ВЛ-330 кВ сечения "2" Исходный режим	МВт	1583	1336	1379	1268
Предельный режим	<u>МВт</u> %	<u>1590</u> 0,442	<u>1434</u> 7,3	<u>1479</u> 10,5	<u>1502</u> 18,5

кВ

Таблица 3.

п/ст \ варианты	2	3	4
Ялама	98,5	120	121
Худат	95,2	117,4	118,4
Хачмас	94,5	116,7	117,6
Сиязань	97	109,5	110,3
Кусар	94,9	117	118

Приведенные технические характеристики далеко не все, на которые могут оказать положительное влияние УРГ. Применение УРГ может сопровождаться сглаживанием пиковых нагрузок, снижением уровня необходимого резервирования мощности, возможностью использования местных энергоресурсов и др., что связано также с экономической эффективностью и требует исследования в каждом конкретном случае.

Различие механических постоянных инерции УРГ, имея в виду прежде всего, газотурбинные установки, и генераторов мощных блоков может привести к более значительным взаимным колебаниям при больших возмущениях, ухудшая состояние динамической устойчивости энергосистемы в целом, что также является предметом анализа.

Заключение.

В условиях интенсивного роста спроса на электроэнергию, наряду с строительством и вводом мощных генерирующих блоков на электростанциях, необходим ввод установок малой мощности в регионах, особенно в отдаленных, с быстро растущей экономикой. Это обеспечивает надежное их электроснабжение электроэнергией высокого качества, отвечает рыночным условиям.

- 
1. Энергетика за рубежом. Приложение к журналу Энергетик. Выпуск 1-2005г. с. 25-30.
  2. Ackermann N., Andersson G., Soder L. Distributed generation a definition // Electric power systems research. 2001, 57, 195-204.

## **AZƏRBAYCAN ENERJİSİSTEMİNDƏ PAYLAŞDIRILMIŞ GENERASIYANIN EFFEKTİVLİYİNİN TEXNİKİ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ**

**HÜSEYNOV A.M., AXUNDOV B.S., QARADAĞI A.E.**

Generasiyanın kiçik güclü elektrikstansiyaları tərəfindən paylaşıdırılması enerjisistemin yeni şəraitdə inkişafının obyektiv vəziyyəti kimi baxılır.

Konkret nümunədə generasiyanı paylaşdırma qurğularının Azərbaycan enerjisisteminə tətbiqinin texniki effektivliyi qiymətləndirilir.

## **ESTIMATION OF AZERBAIJAN POWER SYSTEM'S DISTRIBUTED GENERATION TECHNICAL EFFICIENCY**

**GOUSEYNOV A.M., AKHUNDOV B.S., GARADAGI A.E.**

Distributed generation between power plants of small capacity is considered as objective tendency of power system development in new conditions.

Technical efficiency of using of distributed generation installations in Azerbaijan power system is estimated after a specific example.