

УДК 577.4

## ОЦЕНКА РЕЖИМНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ВВОДА 400МВт ПГУ НА ГРЭС "ШИМАЛ"

ЮСИФОВ Н.А.

*ОАО "Азербээнерджи"*

В связи с вводом значительной мощности в энергосистеме обосновывается необходимость проверки режимной надежности энергосистемы. Приводятся результаты расчета потокораспределения и устойчивости в связи с вводом блока ПГУ-400МВт на "Шимал" ГРЭС.

В соответствии с Государственной программой развития энергетики идет интенсивный процесс замены морально устаревшего, исчерпавшего свой ресурс и неэкономичного силового оборудования. Эти меры направлены на повышение эффективности электроэнергетики и надежное удовлетворение тепло-и электроэнергией высокого качества растущих потребностей экономики республики. Вновь вводимое оборудование удовлетворяет мировым стандартам как по надежности, так и экономичности.

Именно этим критериям удовлетворяет введенный в 2002г. блок ПГУ-400МВт ГРЭС "Шимал" производства фирмы "Мицуи". По своей мощности этот блок составляет 8,6% от установленной мощности на электростанциях энергосистемы (с учетом ввода из баланса мощности старого блока на ГРЭС "Шимал" и останова неэкономичных электростанций Сумгаитских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2) и 10% от располагаемой мощности, что говорит о его значимости.

Выпуск мощности в объеме 400МВт предполагался по существующей сети отходящих от ПС ГРЭС "Северной" ВЛ-110кВ без их предварительной модернизации (рис.1). В то же время эти, а также другие близлежащие ВЛ-110кВ "Апшеронского энергоузла", находятся долгое время в эксплуатации и имеют ограничение пропускной способности. Поэтому и возникла необходимость проведения серии расчетов потокораспределения с целью проверки пропускной способности сети.

Было выполнено около 40 расчетов для типовых режимов 4100, 3700, 2800, 2100МВт нормальных и ремонтных схем.

Анализ результатов расчета показал, что в целом ряде случаев при передаче мощностей 400МВт от ГРЭС "Шимал" возможна перегрузка по ряду линий.

В режимах 4100, 3700, 2800МВт в нормальных и ремонтных схемах возможна перегрузка по току на отходящих от ПС-110кВ ГРЭС "Шимал" 4 и 5 "Шимал", которые принимают почти 40% перетока, а также на принимающих ВЛ-110кВ 1,2 и 3 Калининские, 1-ая Сураханская (рис.1).

В режиме 4100МВт к этому списку добавляются 1 и 2 Бинагадинские ВЛ-110кВ..

При неприятии мер по снятию ограничений по току выдаваемая мощность блока ПГУ-400МВт ГРЭС "Шимал" должна быть снижена до 340МВт в нормальных схемах, до 290МВт в ремонтных (режим 3700МВт) и 240МВт в ремонтных (режим 4100МВт) схемах.

В режиме 2100МВт и выпуске мощности из ГРЭС "Шимал" 250МВт токовые перегрузки не наблюдаются

В целях снятия токовых ограничений и обеспечения выпуска полной мощности расчетными экспериментами и рекомендованы мероприятия первой очереди:

**Рис. 1**

- принятие нагрузки трансформаторов 35кВ, питающихся от СШ 110кВ ГРЭС "Шимал" на уровне 55-60МВт;
- отключение ВЛ-110кВ 2 Пром.узел, а ее нагрузка переводится на подстанцию Маштаги;
- ремонт 2 и 3 "Шимал" ВЛ-110кВ с доведением их номинального тока до 600А.

Влияние ввода ПГУ-400МВт на ГРЭС "Шимал" на уровень устойчивости всей энергосистемы проверялась двумя циклами расчетов:

- проверка условий обеспечения динамической устойчивости;
- проверка уровня статической устойчивости.

Динамическая устойчивость проверялась при следующих условиях:

- 2-х фазное к.з. на землю с отключением и без отключения отходящих от ПС-110кВ ГРЭС "Шимал" ВЛ-110кВ (рис.1) с успешным и неуспешным АПВ;
- то же при отказе выключателя и действия устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- потеря возбуждения на генераторе нового блока на ГРЭС "Шимал";
- отключение наиболее нагруженных ВЛ сечения 220-330-500кВ АзГРЭС-Апшерон.

Эти виды возмущений диктуются "Руководящими указаниями по обеспечению устойчивости энергосистемы" и обусловлены также характерными особенностями азербайджанской энергосистемы.

Расчеты динамической устойчивости выполнены для режима энергосистемы 3700МВт при работе блока ПГУ-400МВт на ГРЭС "Шимал" на полную мощность.

Выполненные расчеты для вышеприведенных возмущений показали, что энергосистема в целом остается динамически устойчивой. В то же время анализ результатов расчета показывает следующее.

1. Нарушение динамической устойчивости в энергосистеме связано только с выходом из синхронизма генератора ПГУ ГРЭС «Шимал», т.е. ухудшение параметров энергосистемы, характеризующих уровень динамической устойчивости в связи с включением блока ПГУ-400 ГРЭС "Шимал" не наблюдается.
2. Наименьшее значение предельного времени отключения к.з. на СШ 110кВ ГРЭС «Шимал» и вблизи их, обеспечивающее сохранение динамической устойчивости, составляет 0,29 с, т.е. динамическая устойчивость может быть обеспечена основными и резервными защитами (рис.2,3,4).

Колебательный процесс после снятия возмущения синфазный.

Наибольший размах колебания связан с движением ротора генератора блока ПГУ-400МВт ГРЭС «Шимал» относительно роторов генераторов Чиркей ГЭС (Россия), АзГРЭС, ГРЭС Али-Байрамлы.

3. Предельные времена отключения к.з., обеспечивающие сохранение динамической устойчивости, определены для всех близлежащих ПС-110кВ.

Включение генератора блока ПГУ-400МВт ГРЭС «Шимал» приводит некоторому снижению предельного времени отключения при возмущениях на некоторых ПС по сравнению с до этого существующей схемой (таблица 1).

Таблица 1

ПС 110 кВ	Блок 150МВт	Блок 400МВт
	$t_{пр}$ с	$t_{пр}$ с
Северная	0,38	0,29
Маштаги	0,73	0,46
Кала	0,5	0,35
Сураханы	0,62	0,54
Раманы	0,6	0,55
8-км	0,66	0,58
Говсаны	0,87	0,57

**Рис.2,3,4**

Однако это не оказывает существенного влияния на динамическую устойчивость азербайджанской энергосистемы в целом.

4. При действующих в системе временных уставках АПВ, защиты и выключателя в случае работы АПВ (успешного и неуспешного) динамическая устойчивость обеспечивается.
5. При отказе выключателя и действия УРОВ на СШ 110кВ ГРЭС «Шимал» для обеспечения устойчивости временная уставка УРОВ должна быть принята в пределах 0,16 - 0,18с..
6. Отключение ВЛ основного сечения АзГРЭС-Апшерон (ВЛ-500кВ–2-ой Апшеронской, ВЛ-330кВ-6 Мингечаурской, ВЛ-330кВ - 1- ой Апшеронской) без к.з. не сопровождается нарушением динамической устойчивости;
7. Отключение генератора ПГУ ГРЭС «Шимал» не приводит к нарушению динамической устойчивости энергосистемы.
8. Устойчивость энергосистемы ОАО "Азерэнерджи" не нарушается при потере возбуждения генератором 400МВт на ГРЭС «Шимал». Выход генератора из синхронизма и начало асинхронного режима зависят от нагрузки генератора:
  - при полной нагрузке генератора 400МВт через 2,9 сек после потери возбуждения;
  - при нагрузке генератора 300МВт через 4,44сек после потери возбуждения;
  - при нагрузке генератора 200МВт через 7,5сек после потери возбуждения

Из синхронизма выходит только сам генератор, потерявший возбуждение. Работа генератора блока ПГУ-400МВт в этом режиме недопустима и требуется его немедленное отключение от сети.

При полной нагрузке 400МВт нарушение устойчивости может произойти через 2,9с.

Статическая устойчивость энергосистемы в условиях работы блока ПГУ-400МВт на ГРЭС "Шимал" оценивалась путем выполнения комплекса расчетов.

Расчеты выполнены для:

- режима максимальной нагрузки энергосистемы 4100МВт;
- нормальной, послеаварийных и ремонтных схем;
- различных траекторий утяжеления;
- условий действия ограничений по току в ветвях, напряжениям в узлах, мощности загрузки АзГРЭС 2000МВт;
- условий работы и отсутствия блока ПГУ-400МВт на ГРЭС "Шимал".

Расчеты проведены в следующей последовательности.

1. В условиях нормальной схемы устанавливается исходный режим с контролем задаваемых ограничений (U,I,P), фиксируются значения мощности по отдельным линиям сечения, суммарная мощность по сечению  $P_{\Sigma}$ .
2. При неучете ограничения путем последовательного утяжеления режима определяется суммарное значение перетока по сечению  $P_{max}$ , определяющее предельный режим по условию обеспечения статической устойчивости режима.
3. Определяется допустимое значение суммарного перетока мощности по сечению  $P_{доп}$  с учетом нормативного коэффициента запаса

$$P_{доп} = \frac{P_{max} - \Delta P}{K_3}$$

где  $\Delta P$  – амплитуда нерегулярных колебаний;

$K_3$  – нормативный коэффициент запаса.

4. При недостижении ограничивающих факторов (U,I,P) полученное значение  $P_{доп}$  принимается как предел передаваемой мощности по сечению с учетом нормативного коэффициента запаса.

5. В случае вступления в действие любого из ограничений производится новый расчет утяжеленных режимов с принудительным вводом граничных значений ограничений. При этом полученное значение  $P^*_{\text{доп}}$  характеризует пропускную способность сечения (т.к.  $P^*_{\text{доп}} < P_{\text{доп}}$ ) и принимается как предел передаваемой мощности.
6. Аналогичная процедура оценки статической устойчивости происходит для послеаварийных и ремонтных режимов.

Ниже приводятся выводы, полученные на основе анализа результатов выполненных расчетов.

1. Сравнительная оценка пределов передаваемой мощности по сечению АЗГРЭС-ПС Апшерон при использовании двух видов траекторий утяжеления (увеличение нагрузки и разгрузка станций в дефицитном энергорайоне) показала, что, исходя из особенностей режима и схемы, меньшие значения пределов по устойчивости имеют место при траектории утяжеления в виде увеличения нагрузки. Согласно "Руководящим указаниям по устойчивости энергосистем", этот вид траектории утяжеления и полученные показатели устойчивости должны приниматься за основу как окончательный искомый результат.
2. Для нормальной и послеаварийных схем получены следующие значения максимальных (без учета ограничений) и допустимых (с учетом ограничений, в т.ч. нормативных коэффициентов запаса по статической устойчивости) предельных значений мощности по сечению АЗГРЭС-ПС Апшерон в условиях ввода и действия блока ПГУ-400МВт на ГРЭС "Шимал" (таблица 2).

Таблица 2

	$P_{\text{max}}, (\text{MW})$	$P_{\text{доп}}, (\text{MW})$	$P_{(\text{АЗГРЭС})}, (\text{MW})$
Нормальная схема	1788	1448	1774
Послеаварийные схемы			
ФОЛ ВЛ-500кV 2 Апшеронская	1322	1130	1385
ФОЛ ВЛ-330кV6 Мингечаурская	1505	1347	1674
ФОЛ ВЛ-330кV1 Апшеронская	1553	1392	1720
ФОЛ ВЛ-220кV1 Мингечаурская	1678	1507	1832
ФОЛ ВЛ-220кV2 Мингечаурская	1754	1578	1906
ФОЛ ВЛ-330кV Дербентская	1681	1373	2000

В нормальной схеме допускаемый предел передаваемой мощности по сечению ограничивается нормативным коэффициентом запаса (20%) и амплитудой нерегулярных колебаний (50МВт).

В послеаварийных схемах наибольшее снижение предела передаваемой мощности имеет место при отключении ВЛ-500кВ 2 Апшеронской и далее ВЛ-330кВ 6 Мингечаурской и 1 Апшеронской.

Допускаемые пределы передаваемой мощности в послеаварийных схемах, обусловленных отключениями ВЛ-330кВ 6 Мингечаурской, 1 Апшеронской и ВЛ-220кВ 1 и 2 Мингечаурских приняты с учетом нормативного коэффициента запаса (8%) и амплитуды нерегулярных колебаний (50МВ).

В послеаварийных схемах, обусловленных отключениями ВЛ-500кВ 2 Апшеронской и ВЛ-330кВ Дербентской допускаемые значения пределов передаваемой мощности приняты с учетом ограничений, соответственно, по напряжению ( $0,8U_n$ ) и загрузке АЗГРЭС (2000МВт).

3. Определены максимальные (без учета ограничений) и допускаемые (с учетом ограничений, в т.ч. нормативных коэффициентов запаса по статической устойчивости) значения мощностей по сечению АЗГРЭС - ПС Апшерон в

ремонтных схемах в условиях ввода и действия ПГУ - 400МВт на ГРЭС "Шимал" (таблица 3).

Таблица 3

Ремонты	$P_{\max}$ , (MW)	$P_{\text{доп}}$ , (MW)	$P_{\text{АзГРЭС}}$ , (MW)
ВЛ-500кV 2 Апшеронская	1322	1060	1314
ВЛ-330кV 6 Мингечаурская	1505	1213	1538
ВЛ-330кV 1 Апшеронская	1553	1253	1578
ВЛ-220кV 1 Мингечаурская	1678	1357	1680
ВЛ-220кV 2 Мингечаурская	1754	1420	1745
ВЛ-330кV Дербентская	1681	1359	1955

Наибольшее снижение предела передаваемой мощности по сечению АзГРЭС-ПСАпшерон имеет место при ремонте ВЛ-500кV 2 Апшеронской и далее ВЛ-330кV 6 Мингечаурской и 1 Апшеронской.

Во всех ремонтных схемах допускаемый предел передаваемой мощности по сечению определяется с учетом нормативного коэффициента запаса (20%) и амплитуды нерегулярных колебаний (50МВт).

4. Пропускная способность сечения при аварийных отключениях (ФОЛ) смежных линий в ремонтных схемах ограничивается, главным образом, низким уровнем напряжения. Снижение пропускной способности происходит при ремонтах и ФОЛах ВЛ-500кV 2 Апшеронской, ВЛ-330кV 6 Мингечаурской и 1 Апшеронской. При всех аварийных отключениях в условиях ремонта ВЛ-330кV Дербентской имеет место снижение пропускной способности в связи с ограничениями по напряжению (таблица 4).

5. В условиях отсутствия ПГУ-400МВт на ГРЭС "Шимал" имеют место более тяжелые условия обеспечения статической устойчивости в рассматриваемом режиме энергосистемы 4100МВт.

В нормальной и послеаварийных схемах имеет место снижение коэффициента запаса по статической устойчивости (таблица 5).

В исходных режимах, устанавливаемых с целью удовлетворения нагрузки в условиях отсутствия блока ПГУ-400МВт, наступает превышение ограничения по мощности АзГРЭС. В связи с чем, мощность исходного режима уменьшается до соблюдения ограничения по мощности АзГРЭС (2000МВт).

При отключении ВЛ-330кV 6 Мингечаурской и 1 Апшеронской условия обеспечения статической устойчивости не соблюдается.

Таким образом, в режиме энергосистемы 4100МВт включение блока ПГУ-400МВт на ГРЭС "Шимал" обеспечивает существенно лучшее условие статической устойчивости.

## ВЫВОДЫ

1. В современных условиях развития азербайджанской энергосистемы идет процесс ввода новых генерирующих мощностей на основе технически совершенного и экономичного оборудования. При вводе мощностей, превышающих 5%-ный уровень установленной мощности действующего оборудования, необходима тщательная проверка условий режимной надежности энергосистемы.

Сводные данные максимальных и допускаемых предельных значений мощности по сечению АзГРЭС – ПС Апшерон в ремонтных схемах, в ремонтных схемах с аварийными отключениями (ФОЛ) смежных линий.

таблица 4.

	<b>P<sub>max</sub></b> Предел без ограничений MW	<b>P<sub>доп</sub></b> Предел с учетом ограничений MW	ограничения			
			K <sub>з</sub>	K <sub>У</sub>	АзГРЭС	I
Ремонт 2-ой Апшеронской	1322	1060	20%	-	-	-
ФОЛ 1-ой Апшеронской	1058	791	27,4%	+	-	-
ФОЛ 6-ой Мингечаурской	1132	899	20,4%	+	-	-
ФОЛ 2-ой Мингечаурской	1252	1055	13,9%	+	-	-
ФОЛ 1-ой Мингечаурской	1080	954	8%	-	-	-
ФОЛ Дербентской	1215	874	33,3%	+	-	-
Ремонт 1-ой Апшеронской	1553	1253	20%	-	-	-
ФОЛ 2-ой Апшеронской	1058	791	27,4%	+	-	-
ФОЛ 6-ой Мингечаурской	1283	1126	9,5%	+	-	-
ФОЛ 2-ой Мингечаурской	1502	1344	8%	-	-	-
ФОЛ 1-ой Мингечаурской	1396	1246	8%	-	-	-
ФОЛ Дербентской	1381	1187	12,1%	+	-	-
Ремонт 6-ой Мингечаурской	1505	1213	20%	-	-	-
ФОЛ 2-ой Апшеронской	1132	899	20,4%	+	-	-
ФОЛ 1-ой Апшеронской	1283	1126	9,5%	+	-	-
ФОЛ 2-ой Мингечаурской	1468	1313	8%	-	-	-
ФОЛ 1-ой Мингечаурской	1390	1240	8%	-	-	-
ФОЛ Дербентской	1313	1084	16,5%	+	-	-

Продолжение таблицы 4

	Р <sub>max</sub> Предел без ограничений MW	Р <sub>доп</sub> Предел с учетом ограничений MW	ограничения			
			К <sub>з</sub>	К <sub>У</sub>	АзГРЭС	I
Ремонт 2-ой Мингечаурской	1754	1420	20%	-	-	-
ФОЛ 2-ой Ап- шеронской	1252	1055	13,9%	+	-	-
ФОЛ 1-ой Апшеронской	1502	1344	8%	-	-	-
ФОЛ 6-ой Мин- гечаурской	1468	1313	8%	-	-	-
ФОЛ 1-ой Мин- гечаурской	1607	1442	8%	-	-	-
ФОЛ Дербент- ской	1646	1404	13,7%	-	+	-
Ремонт 1-ой Мингечаурской	1678	1357	20%	-	-	-
ФОЛ 2-ой Ап- шеронской	1080	954	8%	-	-	-
ФОЛ 1-ой Апшеронской	1396	1246	8%	-	-	-
ФОЛ 6-ой Мин- гечаурской	1390	1240	8%	-	-	-
ФОЛ 2-ой Мин- гечаурской	1607	1442	8%	-	-	-
ФОЛ Дербент- ской	1560	1331	13,4%	+	-	-
Ремонт Дербентской	1681	1359	20%	-	-	-
ФОЛ 2-ой Ап- шеронской	1215	874	33,3%	+	-	-
ФОЛ 1-ой Апшеронской	1381	1187	12,1%	+	-	-
ФОЛ 6-ой Мин- гечаурской	1313	1084	16,5%	+	-	-
ФОЛ 2-ой Мин- гечаурской	1646	1404	13,7%	-	+	-
ФОЛ 1-ой Мин- гечаурской	1560	1331	13,4%	+	-	-

## Таблица 5

2. Проверка режима выпуска полной мощности 400МВт от нового блока ПГУ ГРЭС "Шимал" по действующей примыкающей сети 110кВ показала на возможную перегрузку ряда ВЛ-110кВ в нормальных и ремонтных схемах. Предложенные и проверенные расчетно-экспериментальными исследованиями мероприятия оказались эффективными и решают проблему ограничений по токовой перегрузке сети 110кВ.
3. Динамическая устойчивость энергосистемы к типовым и наиболее тяжелым возмущениям сохраняется, хотя и предельное время отключения выключателей на близлежащих к ПС-110кВ ГРЭС "Шимал" и других ПС несколько снижается.
4. Включение в работу блока ПГУ-400 МВт на ГРЭС "Шимал" в дефицитном энергоузле разгружает основное сечение АзГРЭС–Апшерон, улучшая условия обеспечения статической устойчивости. Определены пределы передаваемой мощности по этому сечению в нормальных, ремонтных, послеаварийных схемах с учетом и без учета ограничений.  
При отключении блока требуемый запас статической устойчивости в некоторых схемах не соблюдается.
5. Проведенное расчетно - экспериментальное исследование подтверждает необходимость предварительной комплексной проверки схемно-ремонтных условий работы энергосистемы перед вводом или заменой морально-устаревшего генерирующего оборудования новым.

- 
1. *Гусейнов А.М. Юсифов Н.А.* Проблемы обеспечения режимной надежности энергосистемы в условиях развития и перехода к рыночным принципам. Проблемы энергетики №4,2002, Баку, с.10-15.
  2. *William Sweet.* Restructuring the thin-stretched grid//IEEE spectrum. June, 2000
  3. *Портной М.Г., Рабинович Р.С.* Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости. М. Энергия, 1978.

## **“ŞİMAL” DRES-də 400 MVt-lıq BQQ-nun İŞƏ QOŞULMASI ŞƏRAİTİNDƏ ENERJİ SİSTEMİN REJİM ETİBARLIĞININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ**

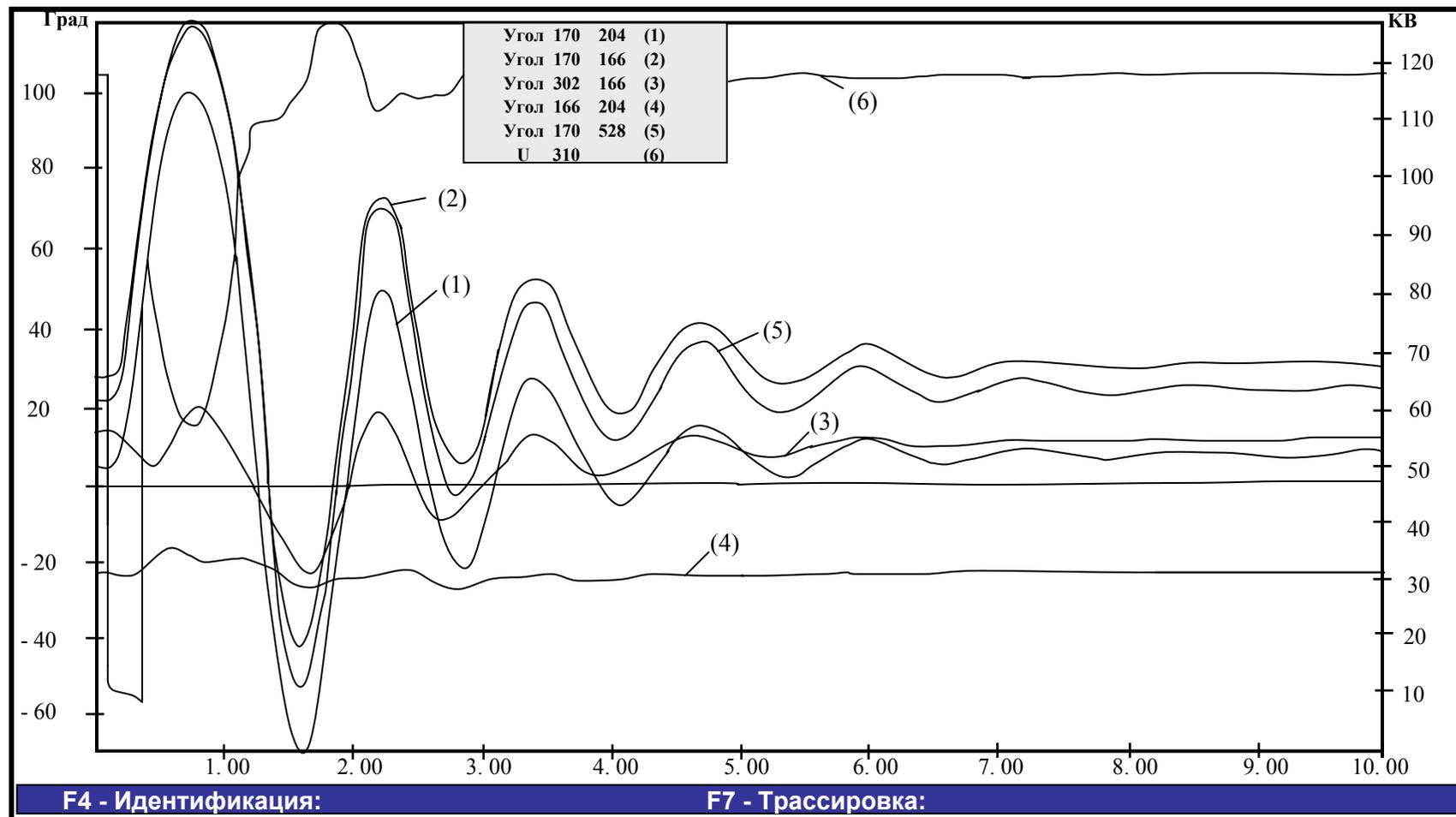
**YUSİFOV N.A.**

Enerjisistemdə böyük gəcəgn verilməsi ilə əlaqədar olaraq enerjisistemin rejim dayanıqlığının yoxlanılmasının vacibliyi əsaslandırılır. “Şimal DRES-də 400-MVt-BQQ blokunun işə qoşulması ilə əlaqədar olaraq güc paylanmasının və dayanıqlığının hesablanması nəticələri verilir.

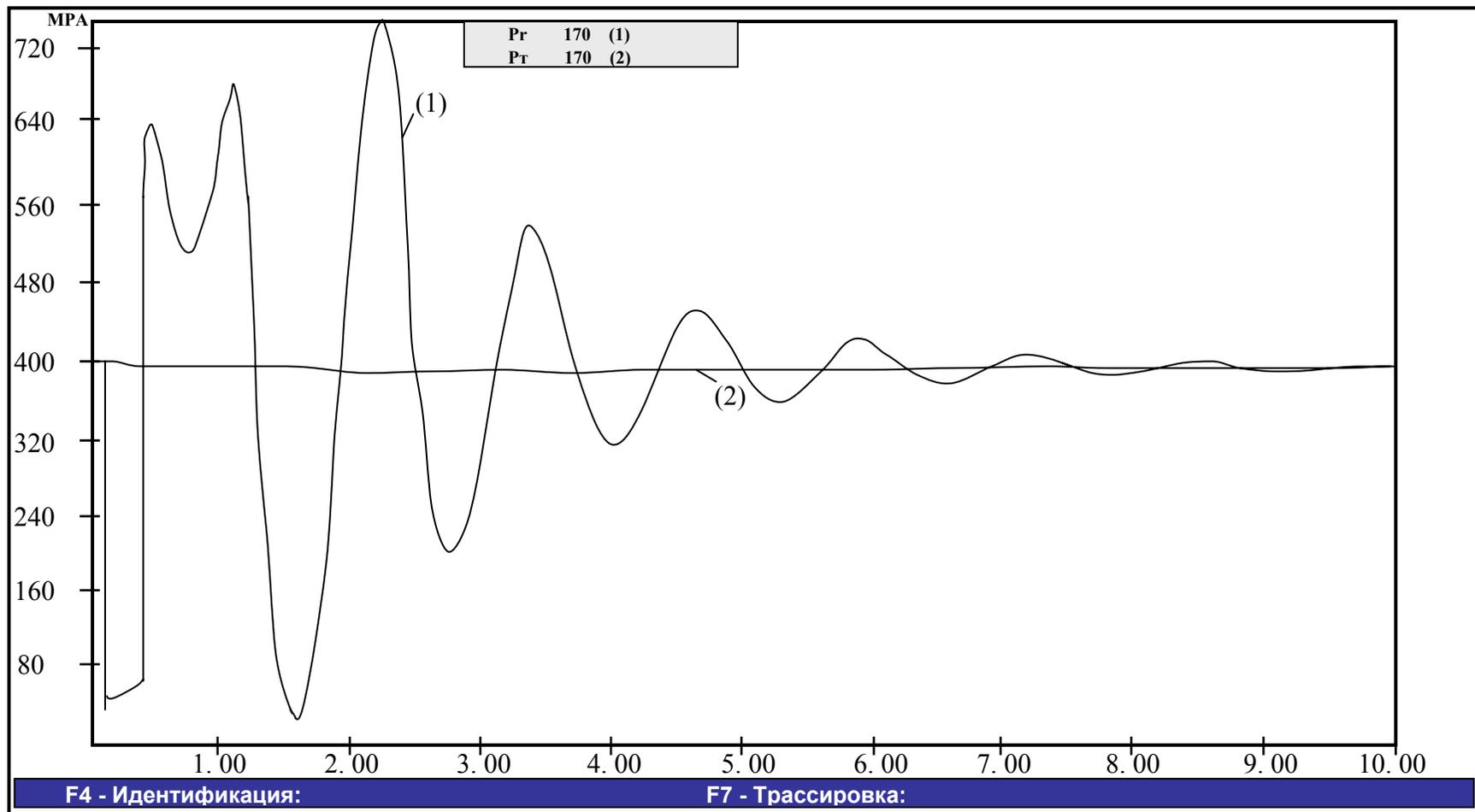
## **REGIME RELIABILITY EVALUATION OF ENERGY SYSTEM IN VIEW OF 400 MW COMBINED CYCLE POWER UNIT COMMISSIONING AT “SHIMAL” PP/CC**

**YUSİFOV N. A.**

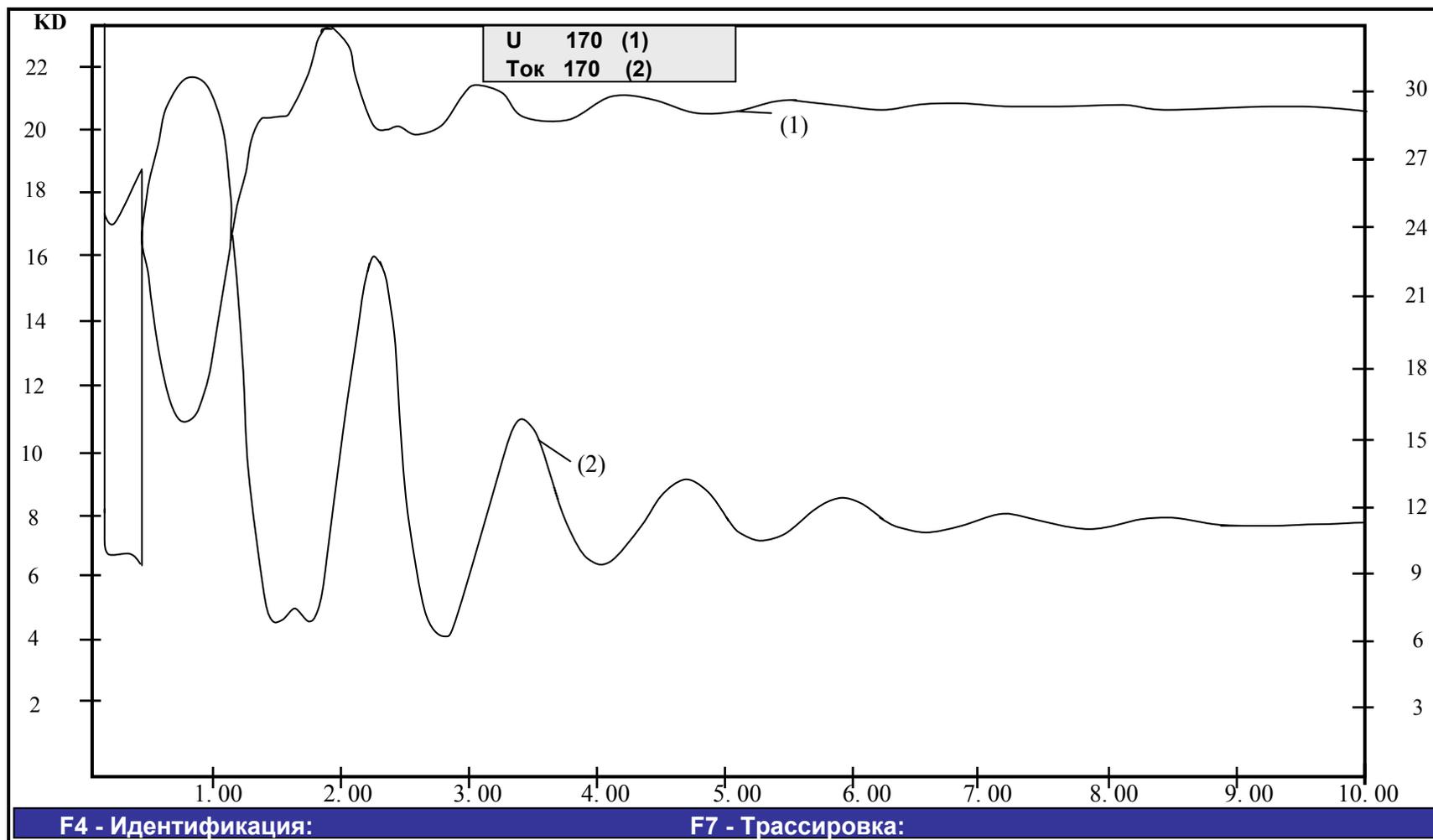
As a result of the significant capacity commissioning, the necessity of energy system regime reliability examination in based in power system. The results of load flow and stability calculation are show in view of 400 MW Combined cycle power unit commissioning at “SHIMAL” PP/CC.



**Рис.2** 2-х фазное к.з. на землю на СШ ПС 110кV ГРЭС "Шимал" с отключением ВЛ 110 кV 4(5) Северной ( $t_{пред}=0,29с$ ) (изменены параметры регулятора возбуждения  $k_f=3$  дел  $k'_f=7$  дел)  
 относительные углы между векторами ЭДС эквивалентных генераторов системы  
 напряжение на СШ ПС 110кV ГРЭС "Шимал"



**Рис.3** 2-х фазное к.з. на землю на СШ ПС 110kV ГРЭС "Шимал" с отключением ВЛ 110 kV 4(5) Северной ( $t_{пред}=0,29с$ )  
 (изменены параметры регулятора возбуждения  $k_f=3$  дел  $k'_f=7$  дел)  
 изменение мощности турбины ( $P_t$ ) и генератора ( $P_i$ )



**Рис.4** 2-х фазное к.з. на землю на СШ ПС 110кV ГРЭС "Шимал" с отключением ВЛ 110 кV 4(5) Северной ( $t_{пред}=0,29с$ )  
 (изменены параметры регулятора возбуждения  $k_f=3$  дел  $k'_f=7$  дел)  
 изменение тока статора и напряжения генератора ПГУ

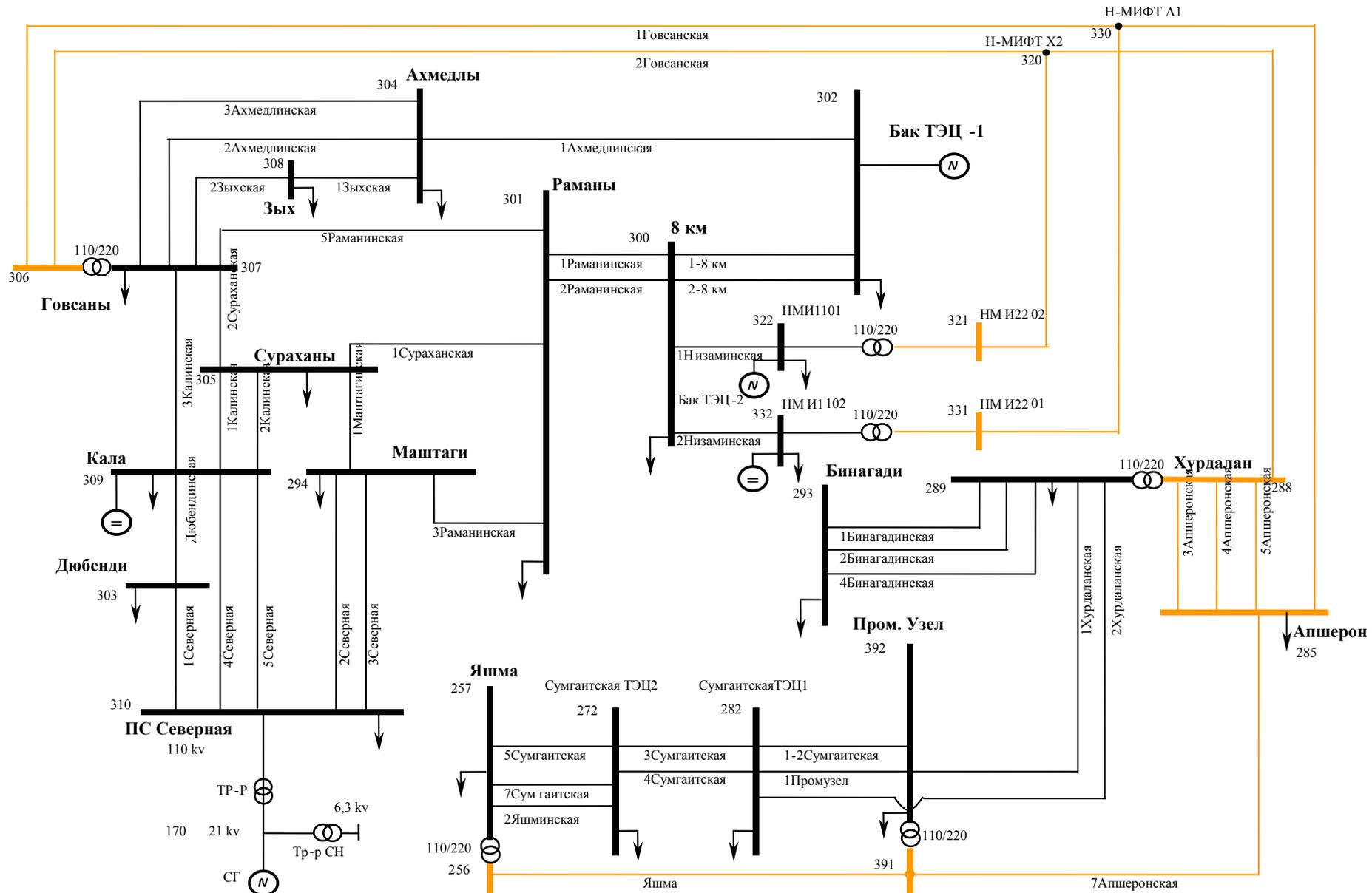


Рис.1 Схема электрической сети 110/220 кВ (сеть в районе ПС – 110кВ ГРЭС «Шимал»)

Сравнение оценок статической устойчивости в условиях вывода и работы блока №8 ПГУ-400 МВт ГРЭС – Шимал и отсутствия его.

таблица 5.

Схема	Р "Шимал" ГРЭС МВт	Р <sub>тах</sub> по сечению МВт	Р <sub>исхд</sub> по сечению МВт	К <sub>з</sub> %	ограничения	Заключение
Нормальная схема	400	1947	1424	33,2	$\frac{6}{огр}$	Снижение запаса устойчивости ниже нормативного в исходном режиме.
	0	1960	1865		Р <sub>АЗГРЭС</sub> =2196	
Откл. ВЛ 500кV 2-ой Апшеронской	400	1429	1094	26	$\frac{6}{огр}$	Снижение запаса устойчивости. Условия устойчивости исходного режима сохранены.
	0	1486	1459		по току в 3-ей Минг.	
Откл. ВЛ 330кV 1-ой Апшеронской	400	1660	1323	21,7	$\frac{6}{огр}$	Условия устойчивости не соблюдаются.
	0	1737	1712		Р <sub>АЗГРЭС</sub> =2044	
Откл. ВЛ 330кV 6-ой Мингечаурской	400	1670	1190	36,1	$\frac{6}{огр}$	Условия устойчивости не соблюдаются.
	0	1661	1655		Р <sub>АЗГРЭС</sub> =2000	
Откл. ВЛ 220кV 2-ой Мингечаурской	400	1978	1440	33,9	$\frac{6}{огр}$	Снижение коэффициента запаса. Условия устойчивости сохраняются.
	0	1942	1811		Р <sub>АЗГРЭС</sub> =2138	
Откл. ВЛ 220кV 1-ой Мингечаурской	400	1804	1402	25,1	$\frac{6}{огр}$	Не соблюдение нормативного коэффициента запаса.
	0	1845	1827		Р <sub>АЗГРЭС</sub> =2154	
Откл. ВЛ 330кV Дербентской	400	1821	1147	54,4		Снижение коэффициента запаса. Условия устойчивости сохраняются.
	0	1884	1435		Р <sub>АЗГРЭС</sub> =2060	
			1375	33,4	Р <sub>АЗГРЭС</sub> =2000	

