



## ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕНЕРИРУЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ МОЛДОВЫ

Калинин Л.П., Зайцев Д.А., Тыршу М.С., Голуб И.В.  
Институт Энергетики Академии Наук Молдовы

**Реферат** – В статье представлены результаты исследования установившихся режимов при реализации различных вариантов функционирования генерирующих источников (КТЭЦ-1, КТЭЦ-2, МГРЭС) в рамках некоторых перспективных сценариев развития молдавской энергосистемы.

**Keywords:** генерирующие источники, потери активной мощности, синхронная работа энергосистем, расчетная модель.

## VARIANTE POSIBILE DE FUNCȚIONARE A SURSELOR DE GENERARE DE PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA

Calinin L., Zaițev D., Tîrșu M., Golub I.  
Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei

**Rezumat** – În articol sunt prezentate rezultatele cercetărilor regimurilor stabilite la realizarea diferitor variante de funcționare a surselor generatoare (CET-1, CET-2, CERS din Moldova) din cadrul unor scenarii de dezvoltare în perspectivă a sistemului electroenergetic al Moldovei.

**Cuvinte cheie:** surse de generare, pierderi de putere activă, funcționare sincronă a sistemelor energetice, model de calcul.

## POSSIBLE VARIANTS OF OPERATION OF GENERATING POWER SOURCES IN MOLDOVA

Kalinin L., Zaitsev D., Tirsu M., Golub I.  
Institute of Power Engineering of Academy of Sciences of Moldova

**Abstract** – The paper present results of steady-state modes of Moldavian transmission network in different scenarios for generation units accommodation.

**Keywords:** power system, transmission network, generator units, steady-state mode.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Производство электрической энергии в Молдове за 9 месяцев 2011г. составило 568,7 млн кВт/ч, сократившись на 2,6% в сравнении с аналогичным периодом 2010г. Один из основных производителей электроэнергии в Молдове - КТЭЦ-2 выработала в январе-сентябре 2011г. более 431,1 млн кВт/ч электроэнергии, что на 1,7% меньше, чем за 9 месяцев 2010г. Объем электрической энергии, произведенной на КТЭЦ-1, сократился на 7,9% - до 50,6 млн кВт/ч [1]. Такая тенденция наблюдается все последние годы, что приводит к снижению выработки электрической и тепловой энергии на КТЭЦ-1 и КТЭЦ-2 и к менее эффективному использованию в Республике Молдова топливных ресурсов, объемы потребления которых, в последние годы не снижается.

В связи с этим в последнее время все чаще поднимается вопрос о возможном закрытии КТЭЦ-1 и КТЭЦ-2, как нерентабельных в связи с большим расходом топлива на производство электроэнергии, и как следствие невозможности работы в оптимальном режиме из-за недостаточной внешней тепловой нагрузки, и закупки недостающей электроэнергии из

внешних источников (в Украине, на МГРЭС, в Румынии). Кроме того, предлагается даже вариант отказа от закупок на МГРЭС.

В рамках исследования возможных вариантов функционирования генерирующих источников на территории Молдовы было рассмотрено и проанализировано несколько вариантов:

1. Базовый режим 1 - синхронная работа с Украиной и отключение КТЭЦ1 и КТЭЦ2,
2. Базовый режим 1, с отключением КТЭЦ-1 и КТЭЦ-2 и отключением от МГРЭС (на МГРЭС отключался один генератор мощностью 200МВт, симулируя отказ от закупок электроэнергии в Приднестровье),
3. Базовый режим 2 - синхронная работа с Румынией и отключение КТЭЦ-1 и КТЭЦ-2,
4. Базовый режим 2, с отключением КТЭЦ-1 и КТЭЦ-2 и отключением от МГРЭС.

Таким образом все расчетные модели строились на основе двух базовых режимов. Детально характеристики базового режима 1 и базового режима 2 приведены соответственно в [1] и [2].

## 2. РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ПРИ СИХРОННОЙ РАБОТЕ ЭНЕРГОСИСТЕМ МОЛДОВЫ И УКРАИНЫ

В условиях синхронной работы энергосистемы Молдовы и Украины рассмотрены первые два варианта режима, охарактеризованные в предыдущем пункте. Сравнительный анализ проводился по отношению к показателям базового режима. На Рис. 1 приведена гистограмма отображающая уровень генерации активной мощности и величин соответствующих внешних активных перетоков в различных вариантах режима работы сети.

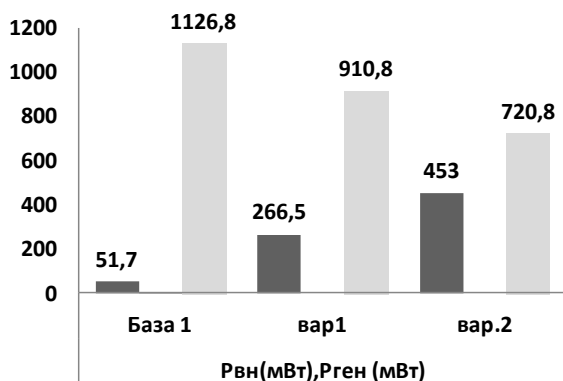


Рис.1. Зависимости Pген, Pвн при различных вариантах режима работы сети

Потокораспределение и основные параметры режима, нанесенные на схему сети, представлены на Рис.2 для режима с отключением КТЭЦ1,2 и на Рис.3 для режима с отключением КТЭЦ1,2 и отключением генератора на МГРЭС.

**Таблица 1. Основные параметры нормального режима при синхронной работе с Украиной**

Район	ΔP(МВт)		
	База 1	1	2
Молдова	35,3	43,8	47,3
Украина	907,8	909,8	915,8
Pген (МВт)			
Молдова	1126,8	910,8	720,8
Украина	32417,8	32417,8	32417,8
Pвн(МВт)			
Молдова	-51,7	-266,5	-453,0
Украина	921,3	1005,6	999,6

Основные параметры режима (величины потерь активной мощности, показатели по активной генерации и внешним перетокам) приведены для базового и анализируемых вариантов в Таблице 1 для молдавской и украинской энергосистем. Из анализа информации, представленной на Рис.1 и в Таблице 1 видно, что при отключении КТЭЦ1,2 соответственно возрастает внешний переток мощности из Украины в

Молдову с 51.7МВт до 266.5МВт, а при отказе от закупок на МГРЭС до 453.0МВт.

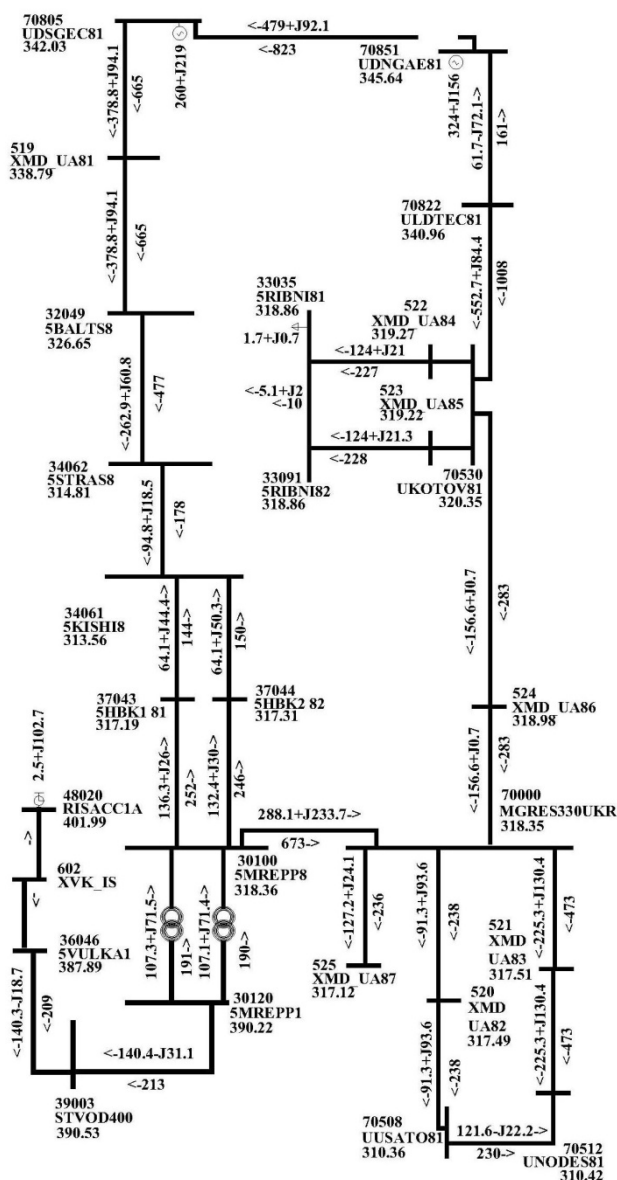


Рис.2. Параметры режима для режима с отключением КТЭЦ1 и КТЭЦ2 при синхронной работе с Украиной

Этот дополнительный переток приводит к повышению уровня активных потерь в энергосистеме Украины с 907.8МВт до 909.8МВт (на 2МВт) в первом варианте, и до 915.8МВт (на 8МВт) во втором. Кроме того существенно возрастают потери в молдавской энергосистеме с 35.3МВт до 43.8МВт (на 24.1%) в первом расчетном варианте и до 47.3МВт (на 34.0%) во втором.

Структура активных потерь мощности по классам напряжения 110-400кВ для республиканской энергосистемы приведена в Таблице 2 для базового и двух рассматриваемых вариантов.

Из информации, представленной в Таблице 2 видно, что при отключении генерирующих мощностей на территории Молдовы потери существенно возрастают в транспортных сетях 330кВ и в значительной степени в сетях 110кВ. Этот эффект наглядно проиллюстрирован на Рис.4.

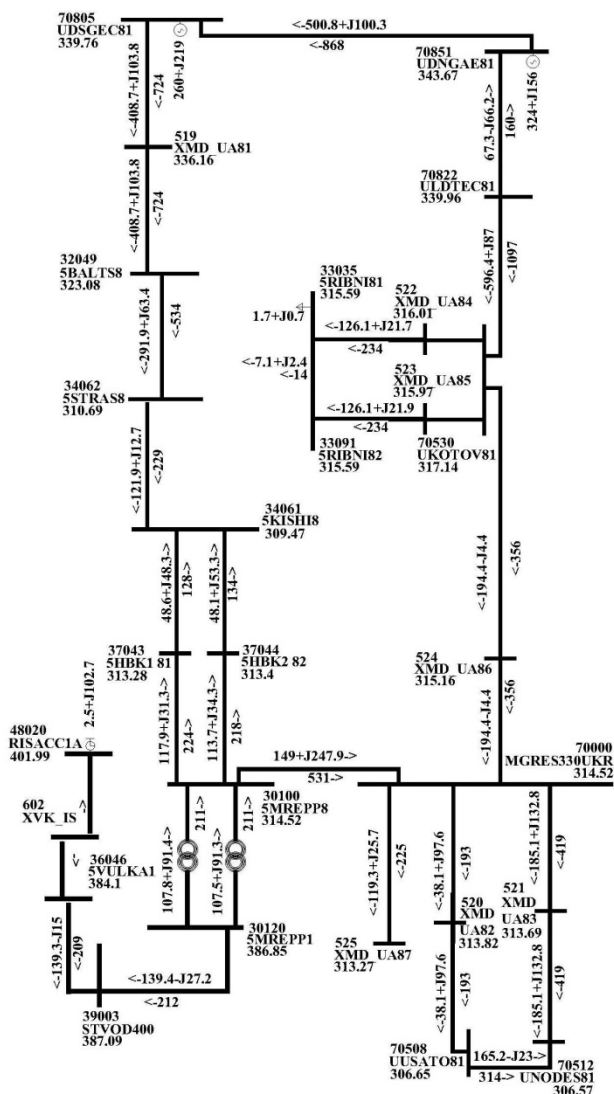


Рис.3. Параметры режима для режима с отключением КТЭЦ1, КТЭЦ2 и генератора на МГРЭС при синхронной работе с Украиной

Таблица 2. Структура активных потерь мощности по классам напряжения при синхронной работе с Украиной

U <sub>н</sub>	База 1			
	ΔP <sub>нагр</sub>	ΔP <sub>лэп</sub>	ΔP <sub>тр</sub>	ΔP <sub>хх</sub>
Молдова	31,86	28,23	3,63	3,47
400	0,6	0,37	0,23	0,75
330	8,99	8,06	0,93	2,3
110	19,83	19,79	0,04	0,43
<b>Вариант 1</b>				
Молдова	40,55	36,7	3,86	3,29
400	0,73	0,45	0,28	0,73
330	13,19	11,65	1,55	2,18
110	24,61	24,59	0,01	0,39
<b>Вариант 2</b>				
Молдова	44,08	40,45	3,62	3,22
400	0,76	0,46	0,3	0,71
330	15,29	13,73	1,56	2,13
110	26,28	26,26	0,01	0,38

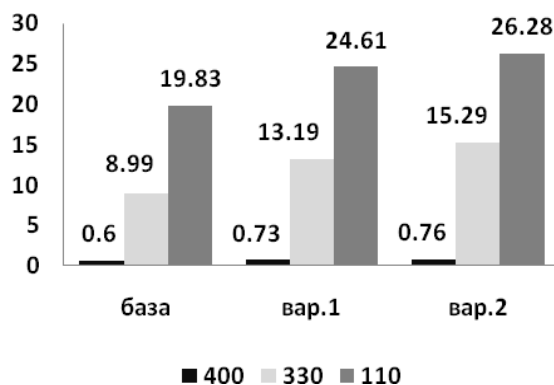


Рис.4. Зависимость потерь в сетях высокого напряжения от мощности генерации в Молдове (при синхронной работе с Украиной)

Отсутствие роста потерь в сети 400кВ объясняется ее относительной обособленностью при работе на островную нагрузку на территории Румынии. Сети же 330кВ и 110кВ являются системообразующими и питающими для энергосистемы Молдовы, поэтому на них в первую очередь ложится нагрузка при отключении генерирующих мощностей в Молдове.

### РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ПРИ СИНХРОННОЙ РАБОТЕ ЭНЕРГОСИСТЕМ МОЛДОВЫ И ENTSO-E

Рассмотренные в настоящем разделе расчетные варианты строились на основе базового режима 2, т.е. в случае присоединения Молдовы к ENTSO-E без Украины. Все анализируемые показатели режима исследуемых вариантов также сравнивались с характеристиками базового режима. Основные параметры режима, нанесенные на схему сети, представлены на Рис.6 для режима с отключением КТЭЦ1,2 и на Рис.7 для режима с отключением КТЭЦ1,2 и отключением от МГРЭС.

Величины потерь активной мощности, параметры по активной генерации и перетокам приведены для базового и анализируемых вариантов в Таблице 3 для молдавской и смежных энергосистем.

Таблица 3. Основные параметры нормального режима при синхронной работе с ENTSO-E

Район	ΔP(МВт)		
	База 2	1	2
Молдова	33,9	44,7	58,0
Румыния	281,1	279,7	304,6
<b>P<sub>ген</sub> (МВт)</b>			
Молдова	1126,8	910,8	66,4
Румыния	10266,8	10266,8	10266,8
<b>P<sub>вн</sub>(МВт)</b>			
Молдова	-58,6	-267,3	-1096,0
Румыния	569,2	570,6	545,8

Из анализа информации, представленной в Таблице 3

и на Рис.5 видно, что при отключении КТЭЦ1,2 соответственно возрастает внешний переток мощности из Румынии в Молдову с 58.6МВт до 267.3МВт, а при отключении от МГРЭС до 1096.0МВт.

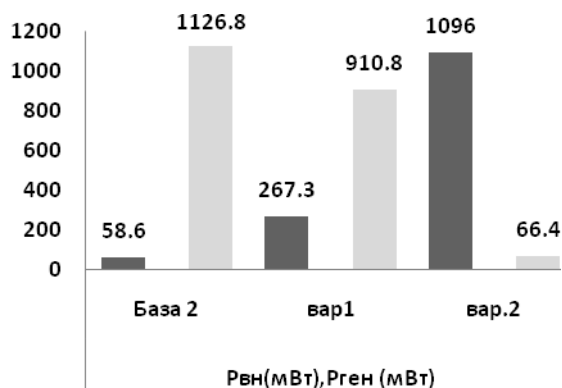


Рис.5. Зависимости Pген при различных вариантах режима работы сети

В первом варианте потери активной мощности в румынской энергосистеме практически не изменяются, в то время как в энергосистеме Молдовы возрастают с 33.9МВт до 44.7МВт (на 31.8%).

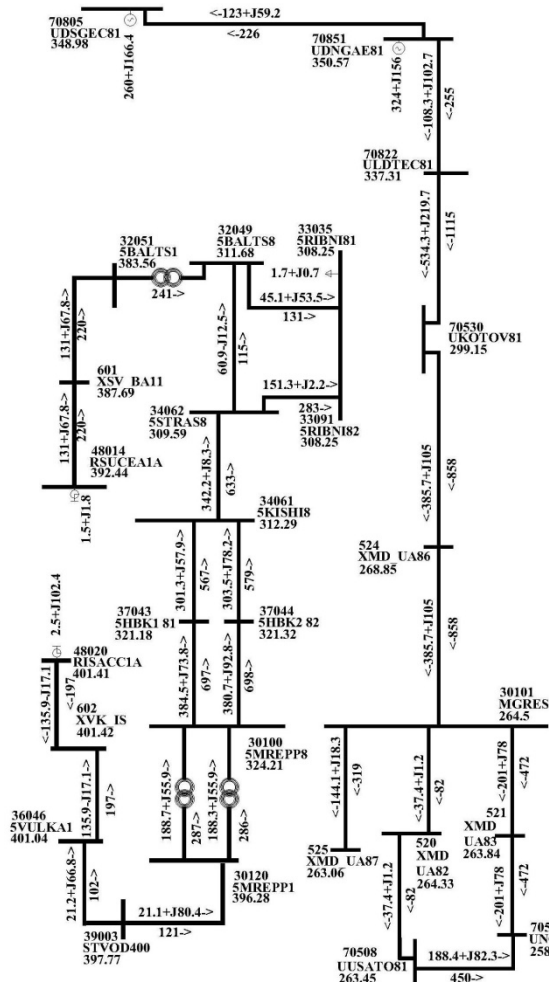


Рис.6. Параметры режима для режима с отключением КТЭЦ1 и КТЭЦ2 при синхронной работе с ENTSO-E

Что касается варианта с отключением от МГРЭС, то активные потери в румынской энергосистеме возрастают до величины 304,6МВт (на 8.3%). В энергосистеме Молдовы активные потери повышаются до величины 58МВт (на 71.1%). Следует также отметить, что режим с отключением от МГРЭС может существовать только при включении в южной части республики источника реактивной мощности из-за недопустимого снижения напряжения (в данном случае ИРМ с Q=j400 включен на шинах МГРЭС).

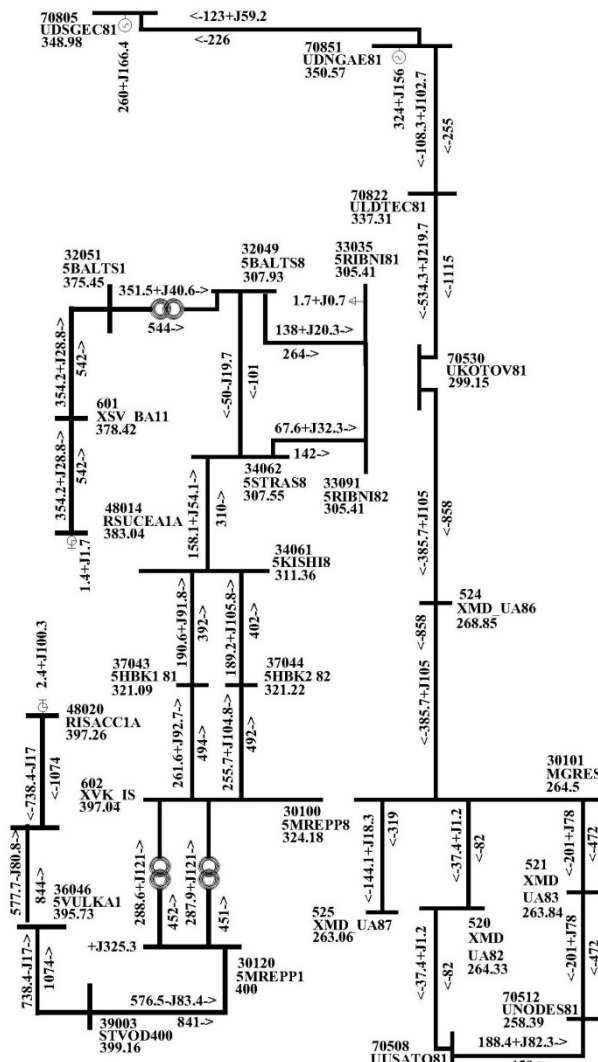


Рис.7. Параметры режима для режима с отключением КТЭЦ1, КТЭЦ2 и генератора на МГРЭС при синхронной работе с ENTSO-E

Структура активных потерь по классам напряжения 110-400кВ для республиканской энергосистемы приведена в Таблице 4 для второго базового и двух рассматриваемых вариантов.

Из информации, представленной в Таблице 4 и на Рис.8 видно, что при отключении КТЭЦ1,2 существенно возрастают потери активной мощности в транспортных сетях 400кВ (на 172%), 330кВ (на 34.4%) и в сети 110кВ (на 42.4%).

Таблица 4. Структура активных потерь по классам напряжения 110-400кВ для республиканской энергосистемы

Un	База 2			
	ΔPнагр	ΔPлэп	ΔPтр	ΔPхх
Молдова	33,9	30,2	26,75	3,45
400	0,46	0,29	0,18	1
330	11,05	10,22	0,84	2,3
110	16,29	16,25	0,04	0,41
Un	Вариант 1			
	ΔPнагр	ΔPлэп	ΔPтр	ΔPхх
Молдова	41,22	37,37	3,85	3,45
400	1,25	0,87	0,38	0,97
330	14,85	13,31	1,54	2,12
110	23,2	23,19	0,02	0,36
Un	Вариант 2			
	ΔPнагр	ΔPлэп	ΔPтр	ΔPхх
Молдова	54,55	51,49	3,06	3,41
400	18,26	17,2	1,06	0,96
330	7,8	6,35	1,45	2,1
110	27,96	27,95	0,02	0,35

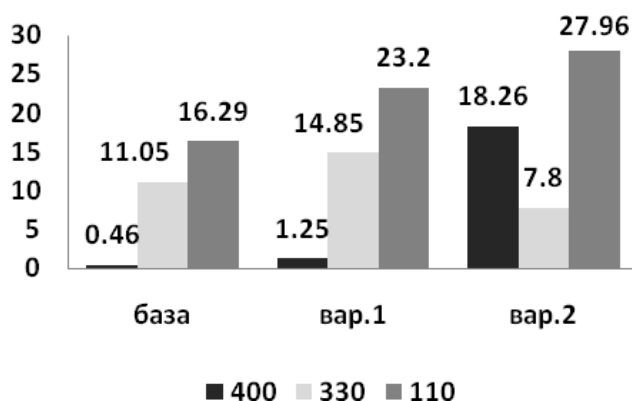


Рис.8. Зависимость потерь в сетях высокого напряжения от мощности генерации в Молдове (при синхронной работе с Румынией)

При отключении от МГРЭС и переходе на внешнее энергопитание (со стороны ENTSO-E) колоссально возрастает нагрузка на сети 400кВ, и соответственно потери в них составляют 18.26МВт, т.е. увеличиваются на 3869.5%. Также при реализации этого варианта потери в сети 110кВ возрастают на 11.7МВт или 71.6%, в то время как в сетях 330кВ потери активной мощности несколько снижаются.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного исследования, можно сделать вывод, что отказ от собственных источников энергоснабжения, находящихся, в данном случае,

рядом с центрами нагрузки, ведет к существенному снижению уровня надежности электроснабжения потребителей, резкому возрастанию потерь активной мощности в сетях всех классов напряжения, и приводит к необходимости решать вопросы, связанные с режимом по напряжению.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пресс-служба <http://www.anre.md>
- [2] Л.Калинин, Д.Зайцев, М.Тыршу, И.Голуб, *Варианты развития транспортной сети Молдовы при параллельной работе с энергосистемой Украины*, Проблемы региональной энергетики 1(18), <http://www.ie.asm.md>
- [3] Lev Calinin, Dmitrii Zaitsev, Mihai Tirsu, Irina Golub, *Scenarios of Moldavian power system development to merge ENTSO-E*, 9<sup>th</sup> World Energy System Conference June 28-30 2012 Suceava, Romania, <http://www.agir.ro/buletine/1449.pdf>

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:



**Калинин Лев Павлович** 31.07.1934. Окончил Одесский Политехнический Институт (Украина) в 1963 году. В 1982 году защитил диссертацию на степень кандидата технических наук в НЭТИ г.Новосибирск (Россия). Область научных интересов связана с применением FACTS контроллеров в энергосистемах.



**Зайцев Дмитрий Александрович** 10.04.1963. Окончил Кишиневский Политехнический Институт (Молдова) в 1985 году, Защитил диссертацию на степень кандидата технических наук в 2000 году в Институте Энергетики АН РМ. Научные интересы лежат в области исследования режимов энергосистем, содержащих гибкие МЕЖСИСТЕМНЫЕ СВЯЗИ. Является заведующим «Лабораторией Энергетического Оборудования и Силовой Электроники».



**Тыршу Михаил Степанович** 27.02.1972. Окончил Технический университет Молдовы в 1994 году. По специальности «Автоматизация и управление техническими системами». В 2003 году защитил диссертацию на степень кандидата технических наук. Является заместителем директора Института Энергетики Академии Наук Молдовы. Основные исследования проводит в области управления транспортными сетями, диагностики высоковольтного оборудования, силовой электроники и др.



**Голуб Ирина Владимировна** 04.10.1967. Окончила Кишиневский Политехнический Институт (Молдова) в 1989 году. Область научных интересов связана с исследованиями режимов энергосистемы.