

ВЫБОР МЕТОДОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

А.Ш. Шукуралиев

заведующий кафедрой «Электротехники, электромеханики и электротехнологий»
Андижанского машиностроительного института.

Ш.С. Манноббоев

старший преподаватель кафедры «Электротехники, электромеханики и электротехнологий»
Андижанского машиностроительного института.

Абстракт: В данной работе выбирается режим основной электропроводки подстанции 110 кВ, определяется структура подстанции, а затем чертится схема основной электропроводки. В зависимости от конструкции и нагрузки первичного электрического соединения выбирают максимальный и минимальный режимы работы для отдельного расчета короткого замыкания. Затем по параметрам тока короткого замыкания устанавливается релейная защита линий электропередачи, трансформаторов, шин и т.п., причем в число настраиваемых защит входят токовая быстроразрывная защита, газовая защита и продольная дифференциальная защита. Наконец, проводится комплексная оценка выбранных устройств защиты. Добавление устройства релейной защиты на подстанцию может отправить сигнал о неисправности и вовремя отключить линию повреждения, чтобы уменьшить возникновение неисправностей на подстанции и обеспечить надежное электроснабжение пользователей и предприятий.

Ключевые слова: электросистема, подстанция, релейная защита, линии электропередачи, генератор, повышающий трансформатор, выбор схемы подстанции, выбор проводов воздушной линии электропередачи.

1. Введение.

Безопасность работы энергосистемы является важнейшим требованием [1]. Фактически, из-за большого количества компонентов, различных конструкций, сложных условий эксплуатации и обширной территории, охватываемой энергосистемой, на которую влияют природные условия, факторы оборудования и человеческие факторы (такие как удар молнии, опрокидывание опоры, внутреннее перенапряжение или неправильная работа операторов), в энергосистеме возникнут различные неисправности и нештатные условия эксплуатации, а в энергосистеме возникнут перегрузки, перенапряжения, снижение частоты, колебания системы и другие явления [2]. Неисправность энергосистемы в основном включает в себя различные типы короткого замыкания и обрыва, такие как: однофазное короткое замыкание, двухфазное короткое замыкание, трехфазное короткое замыкание.

2. Анализ исходных данных.

Имеется подстанция в пригороде, подстанция содержит три уровня напряжения 110кВ, 35кВ, 10кВ, подстанция до 110кВ до 35кВ и 10кВ. Когда подстанция не может нормально работать при возникновении серьезной неисправности, вместо этого она может эксплуатироваться соседними подстанциями. Напряжение 110 кВ подстанции подается на подстанцию по двум одноцепным линиям. 35 кВ — это шина среднего напряжения, розетка имеет 2 цепи, выходная мощность каждой цепи — 5 МВт, коэффициент мощности — 0,85. 10кВ — шина низкого напряжения, розетка имеет 2 цепи, мощность каждой цепи — 4 МВт, коэффициент мощности — 0,85.

3. Выбор схемы основной электропроводки.

Для схемы линии 110 кВ внутренняя мостовая линия в основном используется на длинных линиях без частой замены трансформатора. Напротив, линия внешнего моста в основном используется при коротком замыкании, что требует частого переключения трансформаторов. Метод подключения двойной шины подходит для питания некоторых сложных нагрузок и отличается высокой надежностью. Из-за большого количества переключателей, сложного механизма блокировки, сложного переключателя и высокой стоимости использование двойной шины не рекомендуется. Хотя проводка одной шины относительно проста, использование

меньшего количества оборудования, стоимость ниже, но гибкость плохая, в случае отказа источника питания или шины вся линия не может работать. Учитывая требования гибкости, секционированное соединение одной шины может вовремя устранить неисправность при возникновении неисправности одной шины, и исправная шина может продолжать работать. На основании вышеизложенного постройте принципиальную электрическую схему подстанции 110 кВ, как показано на рисунке 1.

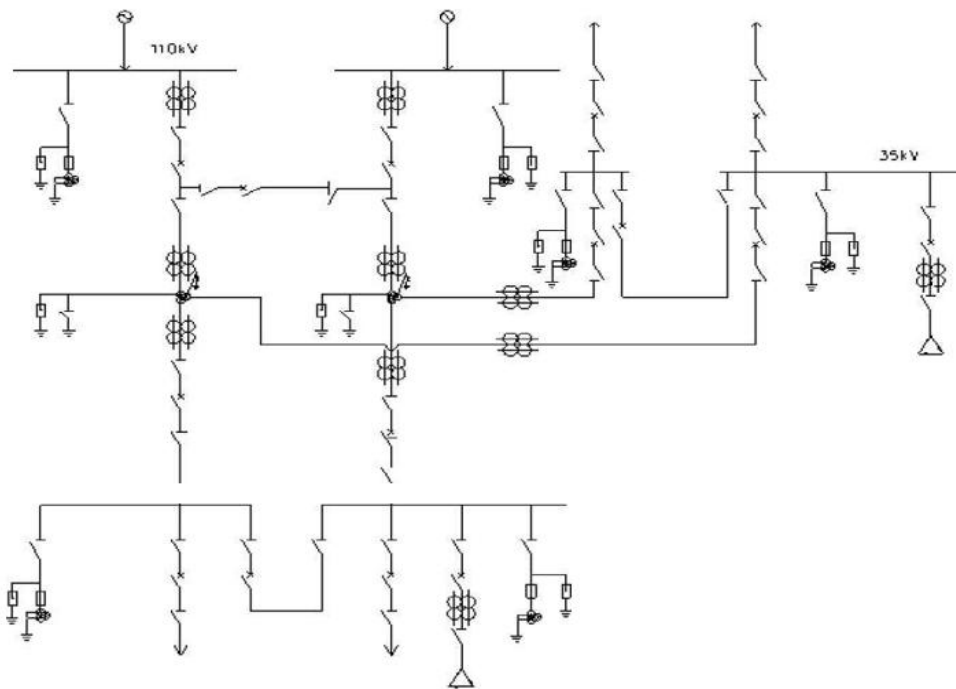


Рисунок 1. Системная схема подстанции 110 кВ.

4. Выбор режима работы.

При выборе различного электрооборудования в трансформаторах и подстанциях необходимо рассчитать величину тока короткого замыкания, чтобы проверить, смогут ли выбранные параметры электрооборудования нормально работать в различных режимах работы подстанций. Чтобы удовлетворить требованиям проектирования релейной защиты подстанции, необходимо проанализировать выбор режима работы. Существует два крайних варианта режима работы: максимальный режим работы и минимальный режим работы. В максимальном рабочем режиме для параллельного расчета выбираются две или более ветвей трансформатора. Рассчитанное значение импеданса является минимальным, а полученное значение тока короткого замыкания — максимальным. Минимальный режим работы выбирает путь ответвления с наибольшим значением импеданса, а соответствующая мощность источника питания является минимальной. В минимальном режиме работы ток короткого замыкания минимальный.

При расчете настроек релейной защиты ток защиты по скорости обычно рассчитывается с использованием тока короткого замыкания в максимальном рабочем режиме, поэтому он не превысит конец линии. При выходе из строя подчиненной линии она не войдет в линию. Двухфазный ток короткого замыкания [3] в минимальном режиме работы используется для проверки чувствительности релейной защиты.

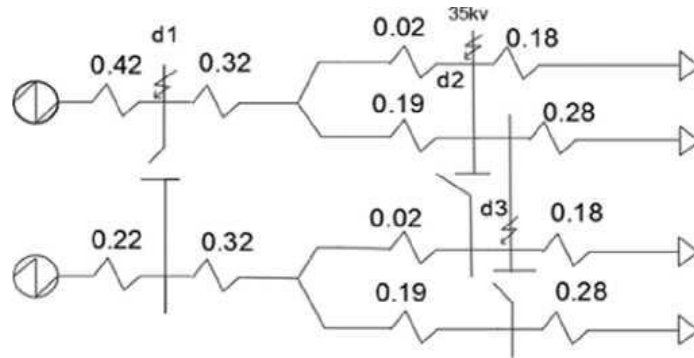


Рисунок 2. Диаграмма эквивалентного импеданса для расчета короткого замыкания.

5.1. Соответствующие параметры.

Параметры известного генератора следующие:

Генератор G1: $P_N = 25MW, \cos\varphi_N = 0.8, X_d = 0.13$

Генератор G2: $P_N = 50MW, \cos\varphi_N = 0.8, X_d'' = 0.14$

Трансформатор T1, T2: номинальная мощность 31,5 МВт, коэффициент мощности 100/100/100, коэффициент трансформации 110/35/10, $U_{K(1-2)}\% = 10.5, U_{K(1-3)}\% = 16, U_{K(2-3)}\% = 6.5$

Линия L1, L2: длина 70 км, $X_L = 0.4(\Omega/km)$

Линия L3, L5, L4, L6: длина 6 км, $X_L = 0.4(\Omega/km)$

5.2. Расчет тока короткого замыкания в максимальном режиме работы

Максимальный режим работы [4] в данной конструкции заключается в одновременной работе двух трансформаторов. По диаграмме импеданса на рисунке 2 можно рассчитать ток трехфазного короткого замыкания в точке d1 шины 110 кВ:

$$X_{\Sigma}^* = \frac{0.63 \times 0.43}{0.63 + 0.43} = 0.26 \quad (1)$$

$$(2) \quad I_{d1}^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{0.502}{0.26} = 1.93$$

ток трехфазного короткого замыкания в точке d2 шины 35 кВ можно рассчитать:

$$(3) \quad X_{\Sigma}^* = 0.26 + 0.17 = 0.43$$

$$(4) \quad I_{d2}^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{1.57}{0.43} = 3.65$$

ток трехфазного короткого замыкания в точке d3 шины 10 кВ можно рассчитать:

$$X_{\Sigma}^* = 0.43 + 0.18 = 0.61 \quad (5)$$

$$(6) \quad I_{d3}^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{1.57}{0.61} = 2.57$$

5.3. Расчет тока короткого замыкания в минимальном режиме работы.

Минимальный режим работы в данной конструкции означает, что работает только один трансформатор, а питание – G1. Диаграмма импеданса эквивалентной цепи представляет собой верхнюю часть рисунка 2. Согласно диаграмме импеданса, приведенной выше, ток двухфазного короткого замыкания при коротком замыкании шины 110 кВ, то есть короткое замыкание в точке d1:

$$X_{\Sigma}^* = 0.63 \quad (7)$$

$$I_d^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{0.502}{0.63} = 0.69$$

аналогично закорачивается шина 35кВ, то есть короткое замыкание в точке d2:

$$X_{\Sigma}^* = 0.63 + 0.34 = 0.97 \quad (9)$$

$$I_{d2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1.56}{0.97} = 1.39$$

шина 10кВ закорочена, то есть короткое замыкание в точке d3: шина 10кВ закорочена, то есть короткое замыкание в точке d3:

$$(11) \quad X_{\Sigma}^* = 0.97 + 0.18 = 1.15$$

$$I_{d3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1.56}{1.15} = 1.17$$

(12)

6. Резервная защита от короткого замыкания на землю.

В этой конструкции сторона высокого и среднего напряжения трансформатора имеет прямое заземление нейтральной точки. Для прямого заземления нейтрали нам необходимо установить специальную релейную защиту, что также является целью данной конструкции.

Ток нулевой последовательности будет возникать из-за замыкания на землю. В соответствии с этим пунктом защита заземления от сверхтоков нулевой последовательности спроектирована как резервная защита. Резервная защита от сверхтоков нулевой последовательности должна быть установлена на сторонах трансформатора 110 кВ и 35 кВ соответственно, что может служить резервной защитой соседних компонентов с каждой стороны и резервной защитой трансформатора. Принцип защиты от перегрузки по току нулевой последовательности и защиты по составному напряжению в основном одинаков, но выбранная электрическая величина различна. Один из них представляет собой напряжение обратной последовательности, а другой — ток нулевой последовательности. Их проводка практически одинакова. Защита по току нулевой последовательности также является селективной. Его реле имеет два регулятора ограничения времени. При внешнем повреждении трансформатора кратковременное реле отключает автоматический выключатель на стороне повреждения. При внутреннем отказе трансформатора автоматический выключатель с длительным срабатыванием отключает все автоматические выключатели трансформатора.

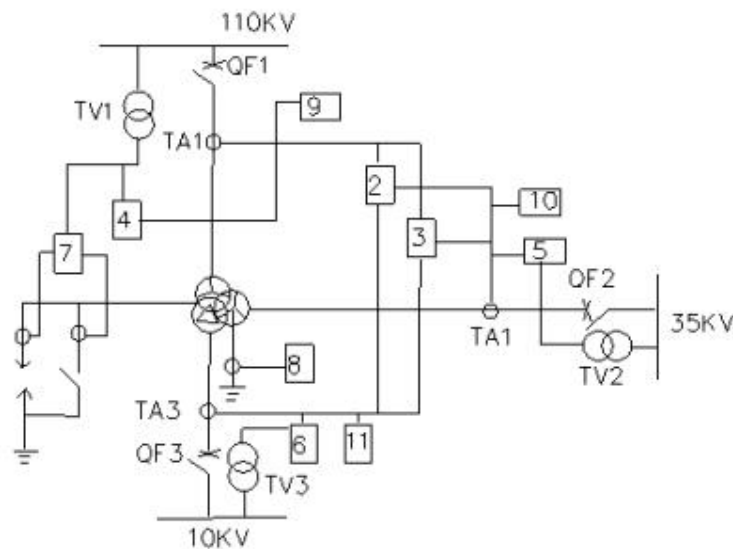


Рисунок 3. Схема конфигурации защиты трансформатора 110 кВ.

Существует множество защит трансформатора, которые должны взаимодействовать друг с другом. Мы разработали комплекс общих схем всех защит трансформатора, как показано на рисунке 3.

На рисунке 3 защиты 2 и 3 представляют собой продольные дифференциальные защиты, защиты 4, 5 и 6 — защиты от сверхтоков, инициируемые составным напряжением, защиты 7 и 8 — токовые защиты нулевой последовательности, а защиты 9 и 10, 11 — защиты от перегрузки.

7. Конструкция защиты линии электропередачи.

В случае короткого замыкания линии передачи ток каждой фазы между источником питания и точкой короткого замыкания внезапно увеличится, и его значение тока может более чем в десять раз превышать номинальный ток или нормальный рабочий ток. По этой характеристике компонент можно использовать для измерения тока и сравнения его с заданным током. Когда измеренный ток превышает заданный ток, выводится соответствующий управляющий сигнал для управления размыканием и замыканием автоматического выключателя, чтобы обеспечить безопасность линии. Это представляет собой защиту от перегрузки по току, которая срабатывает при увеличении реактивного фазного тока [5]. Этот заданный ток называется значением настройки токовой защиты, то есть током действия токовой защиты. Защита линии электропередачи от перегрузки по току разделена на три части: первая часть — это защита от быстрого отключения без ограничения по времени, которая быстро действует как основная защита линии; вторая часть — это защита от быстрого отключения по ограничению тока по времени, которая также является основной защитой линии с периодом задержки; третья часть — это фиксированное ограничение по времени защиты по току, которая действует как резервная защита линии. Вышеуказанные три защиты составляют трехсекционную защиту линии. Эти три секции защиты взаимодействуют друг с другом, обеспечивая совместную защиту линии, как показано на рисунке 4.

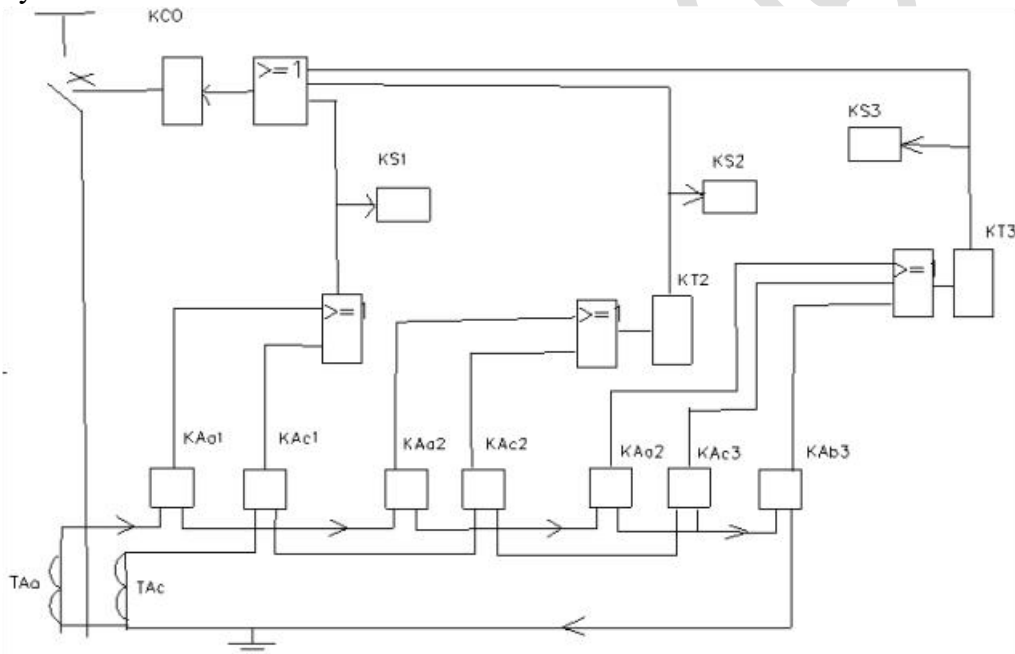


Рисунок 4. Схема трехступенчатой токовой защиты.

8. Выводы.

В процессе проектирования релейной защиты очень важно выбрать тип защиты. После определения типа защиты мы можем проверить, является ли выбранная защита разумной, путем расчета короткого замыкания. После настройки расчета и проверки определите, является ли предоставленная защита разумной. Таким образом мы можем настроить защиту.

На практике можно установить значение настройки релейной защиты, но тип защиты изменить нельзя. Поэтому в процессе проектирования мы должны учитывать тип защиты, а затем определить, является ли защита разумной, путем расчета и проверки. Например, если чувствительность защиты от быстрого отключения тока не может соответствовать требованиям, нам необходимо использовать защиту от мгновенного отключения напряжения блокировки.

Литература:

1. Zakrullayevna, Z. I., Ahmadaliyevich, M. M., Ugli, M. S. S., & Rahimjon, U. (2022). ELECTRIC DOWNLOAD DIAGRAMS AND SELECTION OF ELECTRIC ENGINE POWER. European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies, 2(04), 33-37.
2. Mamadzhanov, B. D., & ugli Mannobboev, S. S. (2022). CONTROL OF THE ELECTRIC FIELD OF DIELECTRIC SEPARATING DEVICES BY THE SUPERIMPOSITION METHOD. INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN COMMERCE, IT, ENGINEERING AND SOCIAL SCIENCES ISSN: 2349-7793 Impact Factor: 6.876, 16(07), 37-41.
3. Мамаджанов, Б. Д., Шукуралиев, А. Ш., & Манноббоев, Ш. С. (2023). МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОПТИРОВОЧНОЙ МАШИНЫ. Educational Research in Universal Sciences, 2(15), 581-589.
4. Мамаджанов, Б. Д., & Манноббоев, Ш. (2023). МЕРЫ ПО МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ. Educational Research in Universal Sciences, 2(15), 162-168.
5. Mamadzhanov, B., Shukuraliyev, A., Mannobboev, S., Turaev, S., Patidinov, A., & Mavlyanova, S. (2024). Dielectric separation. In E3S Web of Conferences (Vol. 471, p. 02017). EDP Sciences
6. Абдихошимов, М. (2024). ДОСТИЖЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КРАНОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ. ОБРАЗОВАНИЕ НАУКА И ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ В МИРЕ, 36(5), 138-140.
7. Абдихошимов, М. (2023). ВЫБОР СИЛОВОЙ СХЕМЫ КРАНОВОГО ТПН. Лучшие интеллектуальные исследования, 11(5), 99-102.
8. Uktamovich, A. S. (2024). НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ. International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING, 4(1), 338-341.
9. Абдурахмонов, С. У., & Азизов, Б. Ё. СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ. СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ Учредители: Международный научно-инновационный центр, (10).
10. Исмаилов, А. И., Тухтамишев, Б. К., & Азизов, Б. Я. (2014). Актуальные вопросы энергетики АПК Андижанской области Узбекистана. Российский электронный научный журнал, (7), 13-18.
11. Yenikeyev, A. A., & Teshaboyev, R. I. O. G. (2021). Ip yiguruv qurilmalarida energiya sarfi va o'lchash vositlari. Science and Education, 2(5), 319-322.
12. Teshaboyev, R. I. O. G., & O'Tanov, A. A. O. G. (2021). ENERGIYA SAMARALI BOSHQARILUVCHI O'ZGARMAS TOK O'ZGARTGICHLAR VA ULARNING AVFZALLIKLARI. Science and Education, 2(3), 119-122.
13. Ходжиматов, М. Б. (2023). ВЫБОР ПОВЕРХНОСТИ СЕЧЕНИЯ СЕТЕВОГО ПРОВОДНИКА ПО ДОПУСТИМОМУ РАССЕЙАНИЮ НАПРЯЖЕНИЯ. ОБРАЗОВАНИЕ НАУКА И ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ В МИРЕ, 35(5), 52-56.
14. Ходжиматов, М. Б. (2024). РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ. ОБРАЗОВАНИЕ НАУКА И ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ В МИРЕ, 36(2), 184-188.
15. Khodjimatom, M. B. (2023). THE PRINCIPLE OF OPERATION OF AUTOMATED LATHES. International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING, 3(2).
16. Абдурахмонов, С. У. (2019). Определение степени увлажненности изоляции обмоток трансформаторов. Наука, техника и образование, (5 (58)), 20-23.
17. Абдурахмонов, С. У. (2021). Снятие характеристик намагничивания и измерение коэффициента трансформации трансформаторов тока. Современные научные исследования и инновации, (2), 8-8.



18. Taslimov, A. D., & Abduxalilov, D. K. (2023). KATTA SHAHARLARNING ELEKTR TA'MINOT TIZIMLARI VAYUQORI KUCHLANISHLI CHUQUR KIRISH TARMOQLARINI QO 'LLANILISHI. Educational Research in Universal Sciences, 2(14), 784-789.
19. Абдухалилов, Д. К. КАЧЕСТВЕННАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ. СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ Учредители: Международный научно-инновационный центр, (5).