

# 60 ЛЕТ УКРАИНСКОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОМУ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ ТРАНСФОРМАТОРОСТРОЕНИЯ

Бурное развитие энергетики Советского Союза, начавшееся в пятидесятые годы прошлого столетия, предопределило создание института трансформаторостроения. Оно привело к необходимости создания трансформаторного оборудования повышенной надежности на новые ультравысокие классы напряжения – 750 и 1150 кВ переменного тока  $\pm 400$  и  $\pm 800$  кВ для ЛЭП постоянного тока.

Для выполнения этих задач 17 августа 1959 года решением Совета Министров СССР был создан Запорожский научно исследовательский институт трансформаторов и высоковольтной аппаратуры (ЗНИИТВА).

В 1963 году институт был передан в подчинение Государственного комитета по электротехнике при Госплане СССР и получил статус Всесоюзного (ВИТ). В 1969 году утвержден научно-техническим центром страны в области трансформаторостроения.

В институте созданы уникальная научно-исследовательская база, экспериментальное производство и коллектив квалифицированных конструкторов, исследователей и технологов, обеспечивших отечественному трансформаторостроению ведущее место в мире.

Институтом совместно с заводами подотрасли создано трансформаторное оборудование предельной единичной мощности в трехфазном исполнении 1250 МВА на 330 кВ и 1000 МВА на 500 кВ;

- групповой мощности 1250 МВА на 750 и 1150 кВ и 2000 МВА на 1150 кВ;
- опытно-промышленные образцы и установочные серии трансформаторного оборудования для ЛЭП постоянного тока на 1500 кВ.

В настоящее время институт продолжает сотрудничать с трансформаторными заводами Украины, стран СНГ и рядом ведущих зарубежных компаний Азии, Европы и Америки.

За разработку и освоение производства современного электротехнического оборудования институт награжден Орденом Дружбы народов; научно-технический вклад ряда ученых и специалистов института отмечен присуждением премий: Ленинской, Государственной СССР, Совета Министров СССР и Государственных премий Украины.

В институте работали и защитили диссертации один доктор и 55 кандидатов наук.

Буквально в считанные годы институт начал интенсивно развиваться. В 1965 году Госпланом СССР и Госкомитетом по электротехнике были выделены необходимые средства и результаты не замедлили сказаться. Проведенные исследования, применение новых материалов, совершенствование расчетных методов проектирования позволили внести радикальные изменения в конструкции трансформаторов. В 60-е годы были внедрены автоматические линии порезки трансформаторной стали, бесшпильная конструкция магнитопроводов, произошли существенные изменения в технологии обмоточного производства, усовершенствованы технологические процессы сушки, сборки, транспортировки и монтажа трансформаторного оборудования. Интенсивно внедрялись прогрессивные активные материалы – новые марки холоднокатанной электротехнической стали, новые виды обмоточных проводов и электроизоляционных материалов.



Фото 1 – Большой высоковольтный зал ВИТ снаружи. Одна из крупнейших лабораторий мира

Это был период, когда большинство разработок института сопровождались словами «впервые в СССР», «впервые в Европе» или даже впервые в мире». В те годы страна переживала настоящий бум энергетического строительства. В исторически короткие сроки возводились крупные гидро- и тепловые электростанции, что требовало резкого повышения напряжения передачи и единичной мощности. В этот период были разработаны уникальные силовые трехфазные трансформаторы для Приднестровской ГРЭС, Братской и Красноярской ГЭС. Спроектированы и переданы в производство первые однофазные и трехфазные автотрансформаторы высокой мощности на напряжение 500 кВ. Для высоковольтных подстанций ЛЭП был разработан целый ряд автотрансформаторов 220, 330 и 500 кВ с использованием созданных ин-



Фото 2 – Вид внутри Большого высоковольтного зала

ституту устройств регулирования напряжения. Были выполнены работы по освоению оборудования для первой в СССР ЛЭП постоянного тока напряжением  $\pm 400$  кВ «Волгоград–Донбасс».

70-е и 80-е годы в истории страны принято называть годами застоя, однако именно в это время институт приобрел славу одной из наиболее высокопрофессиональных отраслевых научных организаций. Именно в это время было защищено более 50 кандидатских диссертаций, тематика которых была связана с высоковольтными, электромагнитными, тепловыми, механическими и экономическими исследованиями. Шел интенсивный обмен идеями и результатами исследований на многочисленных научных

конференциях, в научно-технических журналах. Введение в строй крупнейшего в Европе высоковольтного зала создало условия для проведения работ по исследованию изоляции трансформаторного оборудования ультравысоких классов напряжения переменного и постоянного тока.

Возросший научно-технический потенциал института позволил приступить к решению новых задач по опережающему обеспечению проектируемых энергетических объектов современными трансформаторами, не уступающим по своим техническим параметрам лучшим мировым образцам, а в ряде случаев и превосходящими их. На основе созданной уникальной научно-производственной базы (фото 1 и фото 2) в институте начались комплексные работы по оборудованию для ЛЭП постоянного тока напряжением  $\pm 750$  кВ и переменного тока напряжением 750 и 1150 кВ.

Путем создания прототипов трансформаторного оборудования, прошедших специальные исследования (фото 3), исследователями, конструкторами и технологами института, впервые в мире была решена проблема создания блочных повышающих трансформаторов на напряжение 1150 кВ групповой мощностью 1250 МВА. Также не имели мировых аналогов преобразовательные трансформаторы мощностью 320 МВА и линейные реакторы на напряжение  $\pm 750$  кВ для электропередачи постоянного тока (фото 4).

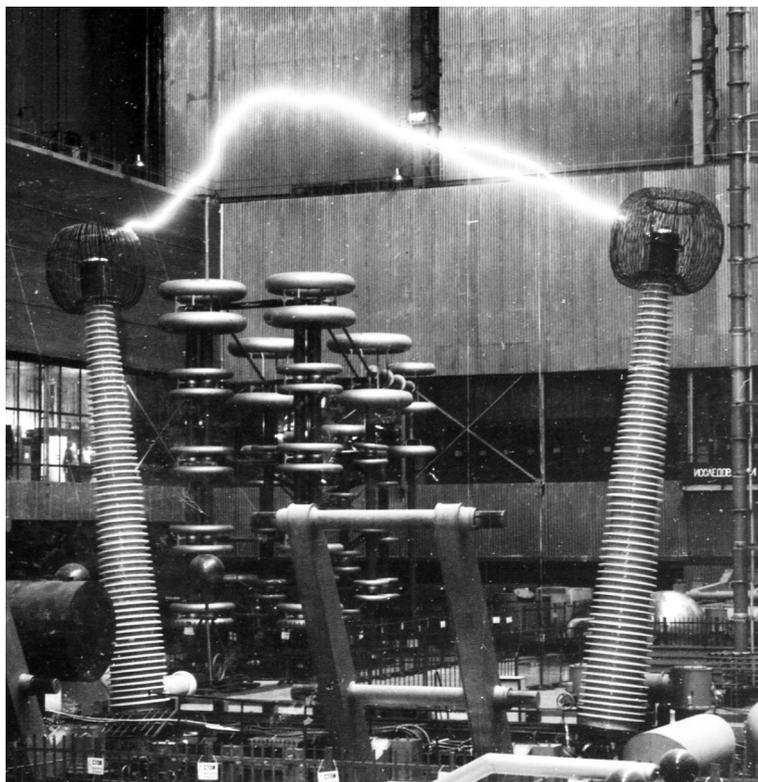


Фото 3 – Пробой в воздухе между вводами 1150 кВ в ходе исследований

Параллельно с этими перспективными разработками в институте продолжались работы по созданию подстанционных и блочных трансформаторов новых типов. Для мощных энергоблоков 500–1200 МВт были разработаны и поставлены трансформаторы единичной мощности в трехфазном исполнении до 1250 МВА на напряжение 330 кВ и до 1000 МВА на напряжение 220 и 500 кВ, а также в однофазном исполнении до 417 МВА напряжением 750 кВ и 533 МВА на 500 кВ. Для распределительных подстанций — разработана серия автотрансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой в широком сочетании напряжений от 220/110 кВ до 1150/500 кВ (фото 5).

Благодаря высокому профессионализму специалистов институт в короткие сроки стал признанным лидером отечественного трансформаторостроения (фото 6). Выполняя функции головной организации, ВИТ успешно проводил единую техническую политику путем разработки комплексов отраслевых и государственных стандартов. Особое внимание в 70-е и 80-е годы уделялось созданию математических моделей для расчета физических полей и процессов в силовых трансформаторах. Растущая номенклатура расчетных методик позволила приступить к созданию интегрированной системы автоматизированного проектирования трансформаторов с единой базой входных данных (САПР ТОН).

Значителен перечень партнеров института, привлекавшихся для решения особо сложных проблем, возникающих при разработке трансформаторов, прежде всего, это Всесоюзный электротехнический институт и старейший в стране Московский электрозавод, на котором стажировались молодые запорожские трансформаторщики еще в 50-е годы. По мере усложнения задач к исследовательским работам подключались ведущие



Фото 4 – Реактор линейный типа РОЛДЦ-1200/4/800 для передачи постоянного тока  $\pm 750$  кВ с элегазовым и масляными вводами

научно-исследовательские организации и высшие учебные заведения. Среди них: институт электродинамики АН УССР, Киевский, Ленинградский и Новочеркасский политехнические институты, Всесоюзный институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), Запорожский машиностроительный институт, Харьковский институт радиоэлектроники и ряд других. Тесное творческое взаимодействие осуществлялось с другими головными институтами Минэлектротехпрома.

Росло признание института и за рубежом, что выражалось в участии его специалистов в разработке стандартов и рекомендаций в рамках международных электроэнергетических организаций «ИНТЕР-электро», СИГРЭ и МЭК. В 1972 году конструкторами ВИТ был спроектирован

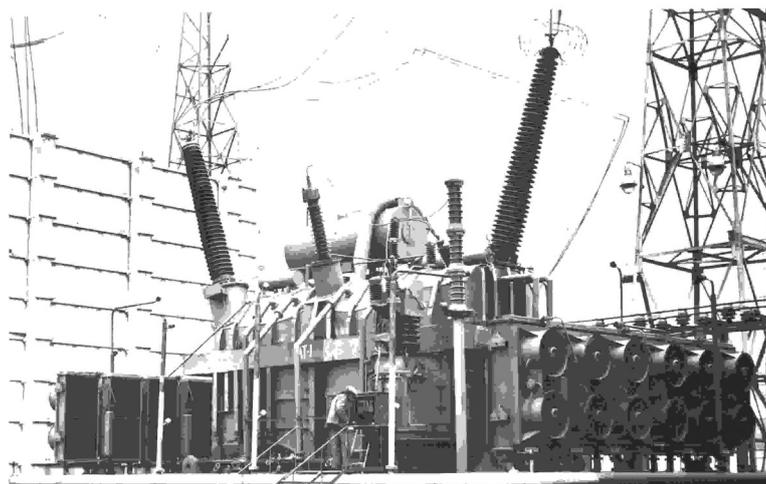


Фото 5 – Автотрансформатор типа АОДЦТН-417000/750/500

и изготовлен на Запорожском трансформаторном заводе трехфазный автотрансформатор на напряжение 345 кВ для подстанции Ковентри «Дейтройт Эдисон Компани» (США). В 1979 году институт был награжден орденом Дружбы народов за разработку и освоение трансформаторного оборудования для ЛЭП 750 кВ переменного тока «Винница-Альбертирша» (Венгрия).

За почти тридцатилетний период своего существования в условиях социалистической системы хозяйствования и научно-технической политики ВИТ пережил немало структурных преобразований, выпавших на долю отраслевых институтов. Менялась подчиненность, менялись финансово-экономические условия оплаты научно-производственной деятельности, но руководство и коллектив института целенаправленно развивали и совершенствовали накопленный научно-технический потенциал и материальную базу. Такая политика полностью оправдала себя в начале 90-х годов, когда после распада СССР предприятия

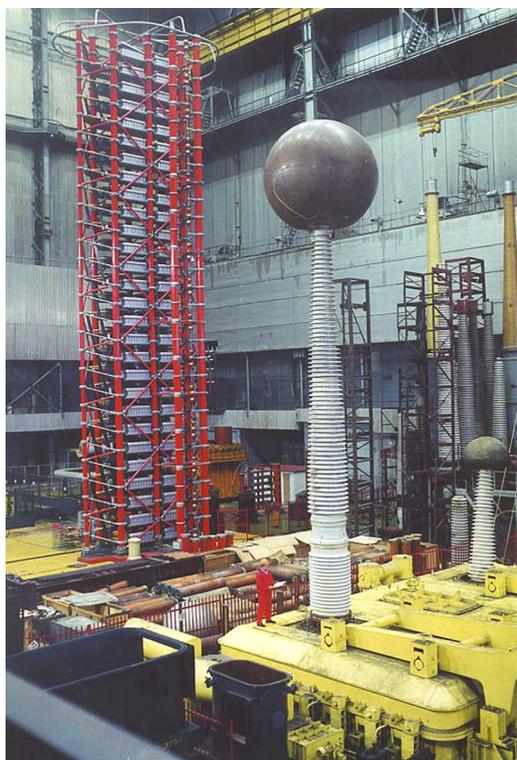


Фото 6 – Макетный образец автотрансформатора 1800/500 кВ. Самое высокое напряжение ЛЭП в

станций 35 и 110 кВ и другой высоковольтной аппаратуры. Затем институт стал получать заказы от энергетиков для решения задач обеспечения надежности функционирования энергетики. Институтские службы занимались ремонтом энергетического оборудования, параллельно совершенствуя их конструкции, поступали заказы и от других предприятий стран СНГ.

Но главным направлением деятельности ВИТа стало освоение зарубежных рынков научной продукции в области трансформаторного оборудования и высоковольтной аппаратуры. Вначале это были контакты со специалистами трансформаторных заводов Израиля, Германии и Китая. Сохранившийся научно-технический потенциал коллектива, предыдущий опыт разработки государственных и международных стандартов, наличие старых связей и приобретение новых на основе участия в различных конференциях и выставках позволили достаточно быстро преодолеть рыночные барьеры. За прошедшее время институт сотрудничал практически со всеми сохранившимися трансформаторными заводами стран СНГ, а также с рядом ведущих зарубежных компаний Австралии, Германии, Франции, Швейцарии, Чехии, Словакии, Ирана, Индии, Южной Кореи, Китая, США, Голландии, Австрии. Надежными партнерами института стали фирма «Сименс» (Германия), Хюндай (Корея), трансформаторные заводы в Китае (ТВЕА), фирмы «Кромптон Гривс» (Индия), «Смит» (Нидерланды), «Шнайдер Электрик» (Франция) и ряд других.

В номенклатуре разработок института появились электропечные трансформаторы, основными поставщиками которых во времена СССР были российские изготовители. Жесткая рыночная конкуренция требовала от специалистов ВИТ значительных усилий для разработки и изготовления целой гаммы таких изделий. В 90-е годы по разработке ВИТ были поставлены печные трансформаторы на металлургические предприятия Братска, Николая, Старого Оскола, Темиртау. Печные комплексы в составе преобразова-

и, в первую очередь, отраслевые институты оказались в совершенно новых социально-экономических условиях. Институт перешел в подчинение Министерства промышленной политики, а в 1995 году преобразован в открытое акционерное общество ОАО «ВИТ».

После прекращения централизованного финансирования объем бюджетных поступлений за три года снизился с 35% до 2%. Резко сократились заказы в страны ближнего и дальнего зарубежья. Формально ВИТ остался головной организацией в области разработки трансформаторного оборудования и высоковольтной аппаратуры. Кроме того, институт был аккредитован как Орган по сертификации трансформаторного и высоковольтного оборудования «ВИТ-СЕПРО». Но проблема заказов, а фактически проблема выживания стояла очень остро.

И, тем не менее, накопленный научно-технический потенциал, наличие множественных научных и деловых связей как по вертикали, так и по горизонтали позволили институту преодолеть тяжелый период своей истории. Это была настоящая перестройка сознания, приобретение нового опыта существования и развития в рыночных-конкурентных условиях. Прежде всего, потребовалось существенно пересмотреть номенклатуру проектно-конструкторских разработок, пользующихся спросом потребителей, как в Украине, так и за рубежом. Так появились заказы на трансформаторы специального назначения, реакторы, масляные распределительные трансформаторы низкой мощности и напряжений, блоки открытых распределительных устройств для под-

тельных трансформаторов, совмещенных с тиристорными преобразовательными блоками, предназначенные для источников питания сталеплавильных печей постоянного тока были разработаны и поставлены на металлургические комбинаты Украины и России.

Кроме трансформаторов и реакторов возник спрос на другое высоковольтное оборудование. Еще в начале 90-х годов специалисты ВИТ разработали передвижные комплектные трансформаторные подстанции специально для работы в широком диапазоне температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Эти КТП оказались незаменимыми в экстремальных условиях для восстановления поврежденных участков электроснабжения. На основе предыдущего опыта разработки трансформаторов с элегазовой изоляцией специалисты института выполнили значительный объем работ по созданию новых типов измерительных трансформаторов, а также испытательного оборудования. За последние годы в институте разработаны, изготовлены и переданы заказчикам установки для испытания изоляции различного электротехнического оборудования.

Рыночная конъюнктура способствовала продолжению работ по созданию и освоению производства устройств регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). По разработкам института ОАО «ZTR» выпускал РПН на токи от 100 до 300 А и напряжения от 35 до 330 кВ, а ООО «Тольяттинский трансформатор» освоил производство устройств РПН на токи от 200 и 300 А для серии трансформаторов 110–220 кВ. На ферросплавных заводах Украины выполнена модернизация реакторных устройств РПН производства Московского электрозавода, увеличившая их ресурс в 30–40 раз за счет применения тиристорных коммутаторов.

В проектировании и освоении новых типов силовых трансформаторов определяющую роль сыграла система автоматизированного проектирования трансформаторов САПР ТОН. В наиболее тяжелые периоды выживания института поступления от продажи программного продукта составляли большую часть институтского бюджета. В начале 90-х годов она была передана по контрактам на трансформаторные заводы Израиля и Германии. Специалисты отдела по разработке САПР ТОН выполняли работы по созданию расчетной подсистемы проектирования трансформаторов по контракту с немецкой фирмой «Сименс». В настоящее время разработана новая версия автоматизированной системы проектирования трансформаторов, обладающая мощными диалоговыми средствами и предназначенная для оптимизации основных размеров активной части трансформатора и технических характеристик по заданной конструктивной схеме. Осуществлена стыковка с графической подсистемой для выпуска технических чертежей, что позволяет полностью автоматизировать процесс расчетного проектирования трансформаторов и автотрансформаторов общего и специального назначения в большом диапазоне напряжений и мощностей. В состав системы входит более 20 прикладных программ расчета электромагнитных, тепловых и электрических полей и процессов в трансформаторах. Специальное программное обеспечение включает программные модули для электромагнитных расчетов трансформаторов и реакторов. На основе интегрированного комплекса САПР ТОН и специального программного обеспечения за последние годы разработано значительное число силовых трансформаторов и реакторов напряжением 220–750 кВ, успешно выдерживавших типовые и прямо-сдаточные испытания.

Нашли свое место на современных рынках и технологи института, разработавшие ряд новых видов технологического оборудования. По заказу Раменского завода была создана автоматическая линия поперечного раскроя электротехнической стали. По заказу Минского трансформаторного завода разработаны и изготовлены модернизированные горизонтально-намоточные станки для намотки обмоток распределительных трансформаторов. ВИТ совместно с ООО «Энергетические техноло-



Фото 7 – Автотрансформатор АОД-ЦТН-333350/765/500, изготовленный фирмой Hyundai (Южная Корея) по документации ВИТ.

гические системы» разработал и внедрил в энергосистемах Украины и Кыргызстана установки для обработки трансформаторного масла.

Пережив драматические годы распада научно-технических и финансово-экономических связей, в 90-е годы существуя в основном только за счет высокого профессионализма кадров и интенсивной работы по поиску новых рынков сбыта своих разработок, ВИТ к 2001 году предстал перед потенциальными инвесторами вполне работоспособной организацией. Из 90 докладов, представленных на Международной конференции по трансформаторостроению, авторами почти трети из них были специалисты ВИТ. Было очевидно, что коллектив института, преодолев кризисные явления, входил в новый век и новое тысячелетие с полной уверенностью в перспективах своего существования.

Но именно в этот период коллектив института подстерегало новое испытание, выразившееся в попытках рейдерского захвата активов научного центра. Однако на этот раз никакие ухищрения и отработанные на других предприятиях схемы не помогли. Это был, вероятно, самый тяжелый период в истории института, существование которого буквально висело на волоске. Но шумные и назойливые попытки скупить акции у работников института провалились, коллектив ВИТа выстоял и вышел из этой борьбы еще более сплоченным. Вновь сработала убежденность коллектива института и его руководства в правильности основной цели, которая была сформулирована экс-директором ВИТ И. Ю. Мелешко как сохранение, развитие научно-производственного потенциала института и получение портфеля заказов.

В борьбе за контрольный пакет акций руководство ВИТ отдало предпочтение Московской холдинговой компании «Электрозавод», с которой институт сотрудничает в области исследований и разработки



Фото 8 – Силовой трансформатор 20 МВА, 154 кВ, заполненный элегазом под давлением

нового трансформаторно-реакторного оборудования с момента своего создания. Решение о продаже акций было принято в январе 2006 года, и вскоре новый собственник начал реализовывать свои инвестиционные обязательства. Был заключен договор на проектирование технологического оборудования для строящегося в Уфе предприятия по производству силовых и распределительных трансформаторов. Кроме того, «Электрозавод» заказал институту разработку новых серий двухобмоточных и трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.

Специалисты института разработали проекты трех типов силовых трансформаторов, по которым были изготовлены 50 трансформаторов для электрической сети 750 кВ переменного тока в Южной Корее (фото 7).

По разработкам ВИТ южнокорейский завод изготовил элегазовые трансформаторы 154 кВ и мощностью 20 МВА (фото 8). По заказам крупнейших электротехнических фирм мира проводились исследования, связанные с разработками трансформаторного и другого высоковольтного оборудования.

По контракту с английской компанией «AREVA» институт провел исследования электрической прочности тиристорных блоков для ультравысоковольтной ЛЭП постоянного тока  $\pm 800$  кВ в Китае.

Исследования проводились при воздействии импульсного и постоянного напряжения при предельных для испытательного оборудования величинах напряжения 2500 кВ коммутационного импульса и 2000 кВ постоянного напряжения. В ходе испытаний проводилась доработка конструкции вентиляей.

Существенный вклад в мировое трансформаторостроение институт внес в последнее десятилетие 2009–2019 гг. Это относится как к созданию крупнейших трансформаторов высоких классов напряжения, так и специальных трансформаторов.

Например, разработан и изготовлен преобразовательных трансформатор ТЦНПУД-63000/10-УХЛЗ, предназначенных для питания выпрямителя постоянного тока 180 кА для печей графитизации АО «Укр-

Графит», г. Запорожье. Трансформатор установлен на самоходной платформе, в одном баке расположены 2 активные части, уравнительные реакторы и 2 устройства РПН (фото 9).

Разработан преобразовательный трансформатор ТНЦП-17000/10-УХЛ4 с ПБВ для питания приводов насосных станций газопроводов. Разработка решала ряд проблем, т. к. трансформатор заполняется специальной негорючей жидкостью вместо масла, что потребовало совершенствования методик расчета изоляции и теплового расчета по причине существенного отличия свойств применяемой жидкости от трансформаторного масла.

Для компании «TADEO ZCHERWENY», Аргентина, разработан трехфазный трехобмоточный трансформатор 300 МВА, 500 кВ при условиях максимально возможной локализации материалов и комплектующих, рационализации существующей технологии на заводе компании, ранее не изготавливавшей трансформаторов такого класса напряжения.

Существенные научно-технические проблемы решались при создании силового трансформатора с элегазовым заполнением ОРЭНЦН-21000/220-У1. Бак трансформатора находился под существенным (0,4 МПа) избыточным давлением. Электрическая прочность конструкции и отвод тепла обеспечивался не жидкой, а газовой средой, что потребовало изменений в подходе при решении этих проблем. Условия и технология изготовления трансформатора также были весьма специфичными.

Институт разработал и изготовил групповой трехфазный трехобмоточный трансформатор с РПН ТДТН-40000/150 для ветроэлектростанции. Определяющее конструкцией требование была максимальная надежность при эксплуатации в условиях ветроэлектростанции.

По заданию МЭЗ институтом была разработана серия двух- и трехобмоточных трансформаторов 110 кВ с улучшенными технико-экономическими параметрами.

Серьезный прогресс в создании мощных силовых трансформаторов и автотрансформаторов высших классов напряжения представлен следующими работами:

- Разработан блочный трансформатор ТЦ-630000/500-У1 предназначенный для использования в составе блока АЭС. Трансформатор отличают повышенная надежность, повышенный уровень испытательных напряжений при ограничении транспортной массы величиной 300 т.

- По заказу МЭЗ для нужд ФСК был разработан автотрансформатор АОДЦТ-417000/750/500-У1. Автотрансформатор предназначен для передачи мощности от ЛЭП 750 кВ в сеть 500 кВ, оснащен ПБВ. Изготовление автотрансформаторов на МЭЗ потребовало существенной рационализации технологических процессов изготовления и обработки активных частей на заводе.

- Для компании «Hyundai», Республика Корея, был разработан однофазный блочный трансформатор 623,5 МВА класса напряжения 765 кВ с ПБВ для эксплуатации в составе блока АЭС мощностью 1400 МВт. Этот трансформатор является самым мощным однофазным трансформатором класса напряжения 765 кВ в мировой практике.

Приближаясь к своему 60 летнему юбилею, руководство и коллектив института выражают удовлетворение объемом и содержанием работ проделанных за прошедшие годы, и надеются на то, что потребность в создании, модернизации ремонте трансформаторного оборудования будет увеличиваться и институт, как и ранее, будет успешно их решать.



Фото 9 – Группа испытателей ВИТ на фоне преобразовательного трансформатора ТНЦНПУД-63000/10 для питания преобразователя 180 кА печей графитизации