

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРИОСТАТА ДЛЯ ОПЫТНОЙ МОДЕЛИ ВТСП-ТРАНСФОРМАТОРА

Беляев Сергей Михайлович,

*старший преподаватель,
филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Самарский
государственный технический университет» в г. Белебее Республики
Башкортостан, г. Белебей*

Инаходова Лолита Меджидовна,

*к.т.н, доцент,
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Самарский государственный
технический университет», г. Самара*

Фролов Александр Леонидович,

*аспирант,
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Самарский государственный
технический университет», г. Самара*

Фролов Кирилл Владимирович

*аспирант,
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Самарский государственный
технический университет», г. Самара*

Основной проблемой при проектировании сверхпроводящего силового трансформатора с обмотками из высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) вне зависимости от его конструктивного исполнения является его криостат. Криостат в общем случае представляет собой специальный сосуд, в котором помимо самого трансформатора находится жидкий азот. Эффективность работы криостата можно оценить по нескольким критериям. В первую очередь – способность изолировать своё внутреннее содержимое от воздействия температуры внешней среды, чем лучше изоляционные свойства – тем меньше будет затрачено жидкого азота во всей криосистеме, так как он будет забирать тепло в большей мере только от обмоток и остова силового трансформатора, а не от стенок криостата. Вторым немаловажным параметром, необходимым для проектирования полноценного электрооборудования, является надежность криостата, а именно его механические свойства, так как жидкий азот при быстром отборе энергии и повышении его температуры начинает активно кипеть с выделением большого объема газов, которые способны производить большое давление на внутреннюю поверхность криостата.

Для создания бака такого трансформатора было предпринято в первую очередь решить несколько практических задач, а именно:

1. для уменьшения теплопроводности стенок бака необходимо изготовить его с двойной стенкой, в полости между стенками создать разрежение воздуха для того чтоб снизить количество теплоносителя;

2. для снижения перерасхода жидкого азота и использования его рационального количества использовать бак максимально компактный, частично повторяющий форму силового трансформатора;

3. сделать бак достаточно прочным чтоб он мог выдержать как сам трансформатор с жидким азотом, так и некоторое повышение внутреннего давления.

Первая из задач решена путем использования имитационного моделирования: созданы полноценные модели бака-криостата в программном комплексе SolidWorks и для достижения необходимой механической прочности предложены ребра-перегородки между внутренней и внешней стенками бака. Данное решение впоследствии признано нерациональным, поскольку повлекло бы за собой повышение затрат на производство, а составная конструкция требовала повышенную точность исполнения с минимальными допусками. Более того, ребра-перегородки являются отличным проводником тепла, что ухудшает параметры теплоизоляции криостата.

Позднее предложена следующая конструкция криостата, а именно, однослойный стальной бак с фланцем для крепления крышки бака, частично повторяющий форму остова трансформатора (рисунок 1). Для улучшения теплоизоляционных свойств предложено нанести изолирующие материалы непосредственно на металлическую стенку бака, включая дно бака, а крышку с выводами и газоотводом оставили без теплоизоляции, так как потери на крышке трансформатора много меньше потерь на боковых стенках бака.



Рисунок 1 – Модель овально-цилиндрического криостата

Однако данное решение технологически нерационально с точки зрения его конструктивного исполнения: гибы металла с выдержкой радиуса, сварные швы и повышенная нагрузка на плоские участки. Поэтому более перспективным решением стал круглоцилиндрический бак, с внешней теплоизоляцией по всей площади бака (Рисунок 2).

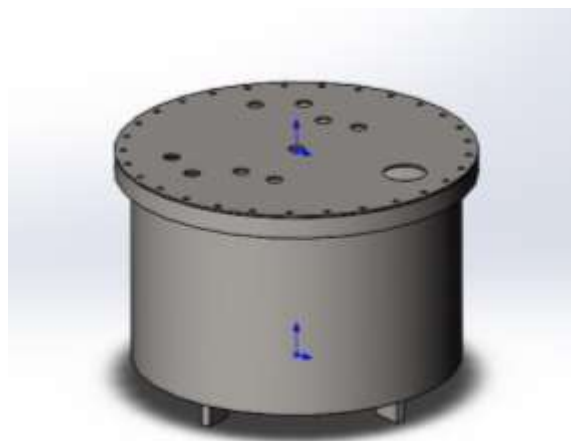


Рисунок 2 – Модель круглоцилиндрического криостата

Основным изолирующим материалом для проходных изоляторов, а также колец уплотнителей выбран фторопласт, который обладает оптимальными механическими и диэлектрическими свойствами в большом диапазоне температур. Устойчивый к нагреву, трению, агрессивным средам, среди полимеров, фторопласт активно используется в различных областях промышленности.

Создание эффективного криостата для сверхпроводящего силового трансформатора с ВТСП обмотками это еще один принципиальный шаг в развитии трансформаторной техники, соответствующей современному уровню развития инновационных технологий в области электроэнергетики и электротехники.

Список литературы

1. Инаходова Л.М. Обоснование преимуществ трансформаторов инновационной конструкции / Л.М. Инаходова, А.А. Казанцев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2015. № 3. С. 29-35.

2. Инаходова Л.М. Анализ применения азота в качестве средства защиты масляной системы в современных силовых трансформаторах / А.Ю. Андреев, Л.М. Инаходова, А.А. Казанцев, А.В. Назарова // Сборник научных трудов по материалам VIII Международной молодежной научно-технической конференции «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ». Самара: Изд. «СамГТУ», 2017. Т.1 С. 198-199.

3. Инаходова Л.М. Технический анализ силового трансформатора с азотной подушкой / А.Ю. Андреев, Л.М. Инаходова, А.А. Казанцев // Научно-практический журнал «Оперативное управление в электроэнергетике». №2(65) М.: Изд. «ПАНОРАМА», 2017. С. 21-23.

4. Inakhodova L.M. Feasibility study of installation of innovative designs of distribution transformers / A.Y. Andreev, L.M. Inakhodova, A.A. Kazantcev // Materials of the X international research and practice conference, Munich. 2015. Vol. 1. P. 38-44.