

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Реконструкция системы электроснабжения в рамках капитального
ремонта главного корпуса Тольяттинского государственного университета»

Студент

П.Н. Мокеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Терентьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.Ю. Усатова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В нижеизложенной выпускной квалификационной работе описан процесс проведения предпроектного обследования главного корпуса ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет».

В работе рассматривается процесс визуального и документального обследования здания, включающий изучение источника питания, питающих сетей, помещения и электрооборудования электрощитовой, системы освещения и силовой розеточной сети здания.

Кроме того, производится инструментальное обследования, в ходе которого замеряется освещенность помещений, замеряются и анализируются показатели качества электрической энергии.

По итогам анализа результатов предпроектного обследования формулируются рекомендации по дальнейшей реконструкции систем электроснабжения и освещения здания.

Выпускная квалификационная работа выполнена в объеме 55 страниц, содержит 4 таблицы, 33 рисунка, список использованных источников из 20 наименований, графическую часть на 6 листах формата А1.

ABSTRACT

The title of the diploma paper is: «Reconstruction of power supply system within the framework of total building renovation of the main building of Togliatti State University». This graduation work is about the pre-project survey of the main building of Togliatti State University.

The subject of the graduation work is the main building of Togliatti State University and, in particular, its power supply system. The key issue of the graduation work is the carrying out a pre-project survey of the main building of Togliatti State University in order to develop recommendations for further reconstruction. We touch upon the problem of obsolete lighting and power supply systems and a number of other types of structures, which should conform to the existing norms and regulations. We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions.

We study the role of power supply system in processes in the functioning of the building as a single educational complex and analyze the technical condition of it. We also examine how lighting conditions affect to working capacity of students and teachers and develop solutions to improve it.

In conclusion we would like to stress that taking into consideration the fact that the building has not been overhauled since the constructing, the survey will allow us to prepare fully for the upcoming renovation. The technique applied has confirmed that the state of the power supply system of the building does not comply with the existing norms and rules and the latter needs reconstruction.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Описание объекта проектирования	7
2 План предпроектного обследования	15
3 Визуальное и документальное обследование	19
3.1 Источник питания	19
3.2 Помещение и электрооборудование электрощитовой	21
3.3 Система освещения объекта	26
3.4 Силовая (розеточная) сеть.....	28
3.5 Информационные сети здания.....	31
4 Инструментальное обследование	33
4.1 Замер освещенности помещений.....	33
4.2 Замер показателей качества электроэнергии	34
4.2.1Анализ результатов измерения показателей качества электрической энергии для первого ввода.	35
4.2.2Анализ результатов измерения показателей качества электрической энергии для второго ввода.....	44
4.2.3Подведение итогов анализа показателей качества электрической энергии	49
5 Рекомендации по дальнейшей реконструкции	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	54

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в связи с напряженной внешнеполитической обстановкой и нарастающим экономическим давлением со стороны западных партнеров, правительство Российской Федерации придает все большее значение политике импортозамещения, которая направлена на повышение независимости внутреннего рынка нашего государства от иностранных товаров.

Одним из основных способов реализации данной политики является повышение конкурентоспособности предприятий РФ по отношению к зарубежным. Повышение же рейтинга товаров отечественного производителя на рынке невозможно без внедрения в производство новых технологий, основанных на применении автоматизированных систем управления и входящей в их состав микропроцессорной и иной техники последнего поколения.

По мере же реализации данных технологий на практике, возникает острая нехватка специалистов, способных не только грамотно эксплуатировать усложняющиеся производственные комплексы, но и самостоятельно проектировать отдельные узлы и даже системы, входящие в их состав.

Именно поэтому в наши дни в Российской Федерации все большее значение придается качеству образования в целом и высшего образования, как главного института, занимающегося подготовкой инженерного состава, в особенности.

В свою очередь, наиболее значимым высшим учебным заведением в городском округе Тольятти является Тольяттинский Опорный Государственный университет. Данное высшее учебное заведение было образовано в 2001 году, как результат объединения филиала Самарского Государственного Педагогического университета и Тольяттинского Политехнического института. В 1961 году был заложен первое здание современного комплекса институтов - главный корпус. Всего строительство учебных корпусов заняло период с 1961 по 25 августа 2006 года – в этот день состоялось торжественное открытие учебно-лабораторного корпуса ТГУ. Главный корпус, который в настоящее время яв-

ляется «сердцем» Тольяттинского государственного университета и куда сходятся все нити управления учебным процессом был заложен в 1961 году. С тех пор, как в декабре 1964 года он был официально сдан в эксплуатацию, его техническое обслуживание ограничивалось аварийным ремонтом отдельных узлов и выборочной модернизацией некоторых помещений. Капитальный ремонт корпуса не проводился ни разу. Это привело, к тому, что более половины электрических цепей системы электроснабжения здания не соответствует современным требованиям по энергоэффективности и электробезопасности электрических установок. Кроме того, в связи с отсутствием единого плана электроснабжения снизилась ремонтпригодность и, соответственно, надежность СЭС, что отрицательно сказывается на ходе учебного процесса и снижает эффективность работы сотрудников администрации ТГУ.

Несмотря на то, что для освещения большей части помещений применяются современные светильники, наряду с ними ряд административных помещений освещается морально устаревшими светильниками, не способными обеспечить достаточную освещенность. Кроме того, большое разнообразие типов светильников создает проблемы при их ремонте и замене ламп.

В контексте данной проблемы поставлена цель реконструкции систем электроснабжения и освещения в рамках капитального ремонта главного корпуса ТГУ, что позволит обеспечить наилучшие условия для работы административного персонала и руководства ВУЗа, а также повысит презентабельность ТГУ в глазах абитуриентов и гостей университета.

1 Описание объекта проектирования

Объект проектирования находится по адресу ул. Белорусская д.14 города Тольятти и представляет собой главный корпус Тольяттинского государственного университета. Фотография фасада корпуса представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Фасад главного корпуса

Корпус является учебно-административным зданием в котором предусмотрены учебные аудитории, помещения для работников администрации. Корпус проектировался как полноценный учебный комплекс, предусматривающий наличие спортивного и актового залов, научной библиотеки, а также собственного заведения общественного питания (буфета) и ряда хозяйственно-бытовых помещений.

Здание имеет четыре полноценных этажа. Пятый – чердачный этаж является техническим – на нем размещены выходы шахт организованной естественной вентиляции и предусмотрены другие вспомогательные системы. Система механической вентиляции, предусмотренная проектом здания, в настоящий момент не функционирует в связи с переоборудованием вентиляционного узла под нужды подсобных служб и демонтажем приточных и вытяжных кондицио-

неров. Полноценный подвал в здании отсутствует – его роль выполняет подпол высотой 1,2 метра. Здание корпуса выполнено из силикатного кирпича. Крыша выполнена из железобетонных плит, с небольшим наклоном для предотвращения скапливания дождевой воды. Покрытие крыши выполнено рубероидом, который затем залит слоем гудрона.

Корпус, имея симметричную компоновку, разделяется на два крыла. В северном располагаются: спортивный зал, лаборатории цикла материаловедение, а также буфет, музей ТГУ, кафедра общей и теоретической физики, преподавательские и лаборатории данной кафедры. В южном – актовый зал, библиотека, помещения бухгалтерии, ректората, конференц-зал, лаборатории кафедры Общей физика, две большие лекционные аудитории, в которых учебные места расположены амфитеатром, кафедры начертательной геометрии и высшей математики, а также преподавательские этих кафедр. На каждом этаже предусмотрены мужской и женский санитарные узлы.

Таким образом, главный корпус ТГУ представляет собой здание, имеющее высокий запас конструктивной прочности и широкие перспективы для улучшения его внешнего вида и эргономичности пространства внутренних помещений, что было выявлено на этапе сбора исходных данных.

Кроме того, в процессе поиска информации по объекту выпускной квалификационной работы, состоялась беседа со специалистами из отдела главного инженера Тольяттинского Государственного Университета, которыми, в качестве исходных данных, в оцифрованном виде был предоставлен рабочий проект главного корпуса, датированный 1961-м годом. Данный проект отражает реальную компоновку помещений и схемы инженерных коммуникаций корпуса по состоянию на декабрь 1964 года, когда корпус был официально сдан в эксплуатацию. Многие из этих помещений с тех пор изменили свое функциональное назначение, а само здание неоднократно подвергалось незначительным перепланировкам: проделывались новые дверные проемы, сносились, либо, наоборот, возводились перекрытия, подвергались частичной, либо полной замене системы, обеспечивающие нормальное функционирование здания. При

этом, обновленная инфраструктура не наносилась на планы здания, равно как и обновленная планировка помещений. Более того, не производился перевод чертежей в современные форматы обработки информации – первая оцифровка была произведена после поступления запроса по сбору информации для ВКР.

Таким образом, данный документ можно принять за основу только после его актуализации в соответствии с реальной планировкой здания на сегодняшний день.

В свою очередь, менее подробным, но более актуальным источником информации являются планы пожарной эвакуации, размещенные на всех этажах главного корпуса ТГУ согласно инструкции по пожарной безопасности, тщательно исполняемой работниками университета. В связи с выдвигаемыми руководством университета высокими требованиями к безопасности персонала и учащихся планы эвакуации являются актуальными и отражают реальную планировку здания, а также, частично, функциональное назначение помещений.

Данный источник информации, при его использовании совместно с проектом 1961-го года позволит составить более полную картину о действительном положении вещей.

Этот вопрос приобретает все большую актуальность в связи с тем, что в 2016-м году была развернута активная подготовка к капитальному ремонту главного корпуса ТГУ. В рамках подготовительных мероприятий сотрудниками службы главного инженера Тольяттинского Государственного Университета совместно с инициативной группой, состоящей из преподавателей архитектурно-строительного института и института изобразительного и декоративно-прикладного искусства был разработан эскизный проект ремонта внутренних и внешних пространств здания и схема презентационного маршрута. Этот документ так же был предоставлен сотрудниками службы главного инженера в целях наиболее полного представления о масштабах предстоящих работ и их направленности.

Капитальный ремонт, подразумевает рестайлинг внешнего вида здания и его интерьера, а также проведение комплекса организационных и строительных

мероприятий по устранению функционального износа структур здания, не изменяя основные архитектурно-технические показатели.

В соответствии с пояснительной запиской эскизного проекта, капитального ремонта главного корпуса ТГУ, основной проблематикой рассматриваемого объекта является:

- неактуальный внешний вид здания;
- низкая энергоэффективность и несоответствие другим современным нормам, принятым в строительстве;
- ветхость некоторых деталей фасада;
- неудовлетворительное состояние кровель и кровельных систем;
- большое количество случайных, ранее реализованных без проекта фрагментов сетей разного назначения.

Для решения данных проблем, проект предлагает новые и актуальные решения композиционной организации фасадов, позволяющие подчеркнуть явно существующие архитектурные достоинства здания. Реализация этих решений выгодно выделит главный корпус университета как в рамках кампуса, так и в сложившейся городской среде города Тольятти. Благодаря этому, появляется возможность применения новых технологических решений по самым разным техническим направлениям (кровля, водосток, система вентиляции, пожарно-охранной сигнализации и т. д.). Также, проект предусматривает замену ветхих систем остекления (окон, витражей). Основная технология отделки наружных стен - облицовка керамогранитом на металлической подсистеме с дополнительным монтажом теплоизоляционного материала. Некоторые части фасада облицовываются природным камнем. В отделке входных групп применяются металлокомпозитные панели и изделия из стекла.

Фасад корпуса планируется выполнить в едином стиле с фасадом соседнего здания – института химии и инженерной экологии, внешняя отделка которого была проведена ранее. Облицовку фасада предполагается осуществить плиткой из керамогранита светло-бежевого цвета. Предполагаемый внешний вид здания после капитального ремонта представлен на рисунке 2.2.



Рисунок 1.2 – Вид фасада главного корпуса согласно эскиз-проекту

Холл первого этажа главного корпуса является главными воротами университета. Через него в университет первый раз входят будущие студенты, тут принимаются гости и почетные посетители университета. По предлагаемой эскизным проектом концепции холл главного корпуса существенно увеличивает свои функциональные площади за счет гардероба, который предложено вынести в дополнительное помещение. Новый гардероб предполагается оборудовать на части площади выходящей во внутренний двор университета. В этом же блоке есть возможность устройства панорамного лифта. Общий стиль интерьерных решений продолжает линию, выработанную при реконструкции актового зала ТГУ - соединение «классики и современности». С одной стороны, применяются самые современные материалы и технологии - потолки Грильято, светодиодное освещение, большой блок медиа. С другой стороны - натуральный камень (травертин и гранит) в отделке стен и колонн и классическое решение кессонных потолков. Предполагаемый внешний вид холла после капитального ремонта представлен на рисунке 2.3.



Рисунок 1.3 - Вид холла первого этажа главного корпуса согласно эскиз-проекту

Холл второго этажа главного корпуса является самым коммуникационно - напряженным. Он связывает между собой самые презентационно-значимые помещения университета - актовый зал, музей, медиахолдинг, зал заседаний ученого совета и т.д. Стилистически он решен так же как холл первого этажа. Особую роль в этом пространстве играют навигация и информационные блоки - например стенд «Попечительский совет», на котором представлены наши соотечественники, внесшие наиболее значимый вклад в формирование сегодняшнего облика Тольяттинского государственного университета. Его планируемый облик представлен на рисунке 2.4.

Облегченная система внутреннего ориентирования в пространстве презентационного фонда обеспечена тщательно проработанной и выверенной в целях повышения эргономичности и эстетичности пространства указателей и поясняющих табличек. Образцы оформления навигационных табличек и световых коробов линейной навигации представлены на рисунке 2.5. Пример дверной таблички представлен на рисунке 2.6.



Рисунок 1.4 – Вид холла второго этажа главного корпуса согласно эскиз-проекту



Рисунок 1.5 – Навигационные таблички

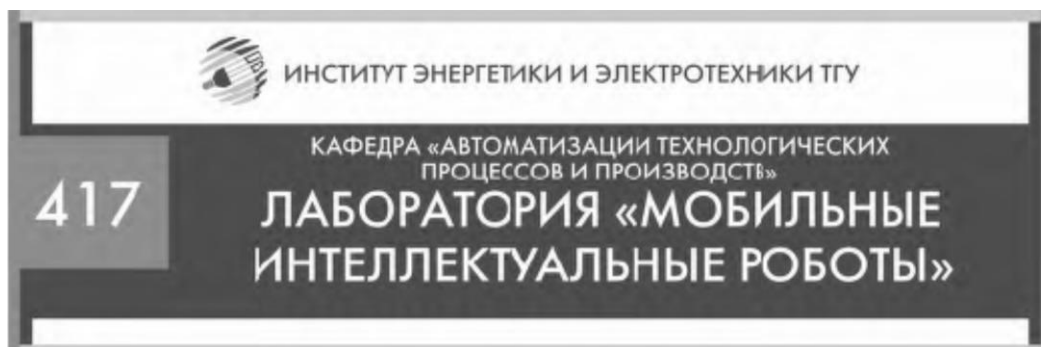


Рисунок 1.6 – Пример дверной таблички

Реализация дизайн проекта предполагает производство большого объема отделочных и декоративно оформительских работ. В рамках их выполнения целесообразной является так же замена основных коммуникаций здания, в особенности, в аспекте электроснабжения, что позволит не только повысить комфорт и улучшить вид интерьера здания, но и привести систему электроснабжения здания в соответствие с существующими нормами и правилами. Важность этого тем больше, что проводившиеся до настоящего времени ремонтные работы не способствовали приведению сетей к изменившимся требованиям, а лишь определялись требованиями текущей целесообразности.

В рамках капитального ремонта планируется произвести не только архитектурное укрепление ветхих частей фасада и элементов помещений здания, но и выполнить приведение уровня энергоэффективности, безопасности и удобства эксплуатации системы электроснабжения и освещения здания к существующим нормам и правилам. Для этого необходимо:

- актуализировать существующую документацию в соответствии с действительной планировкой здания главного корпуса по состоянию на 2017 год;
- провести полное предпроектное обследование и на основании собранных данных сформировать отчет;
- принять деятельное участие в формировании технического задания на проведение реконструкции системы электроснабжения главного корпуса ТГУ в рамках капитального ремонта
- подготовить пакет рабочей документации в интересах дальнейшего его воплощения в полноценное техническое решение.

2 План предпроектного обследования

Выполнение любых работ, связанных с реализацией задач из реальной области техники начинается со сбора данных об объекте работ. Предварительная информация позволит наиболее полно учесть при проектировании те дефекты, которые имеются в здании на настоящий момент и устранить их максимально эффективным способом.

В свою очередь, для того, чтобы произвести исследование рассматриваемого объекта, необходимо определиться с направлениями, которые необходимо исследовать и аспектами, которые нужно рассмотреть. Именно поэтому, на первоначальном этапе составляется план предпроектного обследования.

В целях реализации технического задания, на этапе сбора предварительных данных по объекту проектирования, существует необходимость проведения предпроектного обследования главного корпуса Тольяттинского Государственного Университета. Обследование технического состояния здания позволит произвести актуализацию имеющейся на настоящий момент информации и выявить элементы внутренних систем здания, которые подлежат замене в рамках капитального ремонта.

Предпроектное обследование проводится на основании следующих нормативных документов:

- ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [1] - определяет общий порядок обследования и определения состояния зданий и сооружений.

- СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [2] - определяет нормы освещенности производственных и административных помещений, устанавливает порядок определения степени точности производимых в помещении работ.

- МДС 13-20.2004 Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий [3] – в этом документе представлен обзор основных методов исследования среды, в которой выполняется эксплуатация

помещений. Подробное рассмотрение железобетонных, металлических и деревянных конструкций и подробные исследования основных типов конструкций удержания (стен, покрытий, крыш, полов и т. д.), что необходимо в рамках определения объема работ при реконструкции. Кроме того, описывает методы и средства для измерения структурной деформации и мониторинга трещин. Приводится закрытый инженерный метод теплотехники. Указаны устройства и оборудование для определения физических и технических свойств материала.

- ПУЭ 7, в частности, главы 7.1.48 – 7.1.54 [4] – определяют правила внутреннего электрооборудования зданий и сооружений.

- ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [5] – описывает основные показатели качества электроснабжения, их нормируемые значения и порядок их определения в рамках обследования электрической сети.

- При оформлении результатов предпроектного обследования решено опираться на нормы, установленные в [6].

В соответствии с пунктом 5.5 [1] предпроектное обследование электрической части здания подразумевает следующее:

«5.5.2 Контроль технического состояния электрических сетей и средств связи состоит в обследовании следующего электрооборудования зданий и сооружений:

- шкафов вводных и вводно-распределительных устройств, начиная с входных зажимов питающих кабелей или вводных изоляторов на зданиях;

- внутридомового электрооборудования и внутридомовых электрических сетей питания электроприемников общедомовых потребителей;

- этажных щитков и шкафов, в том числе слаботочных, с установленными в них аппаратами защиты и управления, а также электроустановочными изделиями (за исключением счетчиков энергии);

- осветительных установок общедомовых помещений с коммуникационной и автоматической аппаратурой их управления, включая светильники, уста-

новленные на лестничных клетках, поэтажных коридорах, в вестибюлях, подъездах, лифтовых холлах, у мусоросбросов и мусоросборников, в подвалах, на чердаках, в подсобных помещениях и встроенных в здание помещениях;

- силовых и осветительных установок, установок автоматизации котельных, бойлерных, тепловых пунктов и др.;

- электрических установок систем дымоудаления, систем автоматической сигнализации внутреннего противопожарного водопровода, грузовых и пассажирских лифтов;

- автоматических запирающих устройств дверей дома.

5.5.3 Обследование системы электрооборудования в подвале, на чердаке, в помещениях и на лестничных клетках устанавливают:

- наличие неисправности, повреждений элементов системы, следов ремонта;

- обеспечение функционирования системы пожарной безопасности;

- обеспечение безаварийной работы силовых, осветительных установок и оборудования автоматизации;

- наличие приборов учета электроэнергии, установленных на лестничных площадках, в коридорах, вестибюлях, холлах и др.»

Согласно положениям того же руководящего документа предпроектное обследование должно проводиться в три этапа:

- Подготовительный этап проведения обследования – произведен в рамках сбора предварительной информации по объекту ВКР. Его результаты подробно изложены в пункте 2 данной пояснительной записки.

- Визуальное и документальное (предварительное) обследование – подразумевает внешний осмотр сооружения и его коммуникаций и оценка его общего состояния, с фото и видео фиксацией дефектов для включения в отчёт. А также в данный раздел входит изучение документов, касающихся расхода энергоносителей. В рамках данной ВКР будет рассмотрен расход зданием главного корпуса электрической энергии.

– Инструментальное (детальное) обследование – изучение объекта путем применения различных средств измерения.

В рамках инструментального обследования главного корпуса планируется произвести:

- Замер освещенности помещений
- Нанесение на план фактической схемы электрических сетей здания
- Замер показателей контроля качества электроэнергии.

В конечном итоге, в результате предпроектного обследования необходимо получить следующие данные:

- Данные об источнике электрической энергии, который обеспечивает функционирование систем здания.
- Состояние помещения электрощитовой, а также приборов, аппаратов и агрегатов, расположенных в нем.
- Количественный и качественный состав приборов искусственного освещения, а также соответствие норм освещенности помещений установленным современными нормативными документами нормам и правилам.
- Состояние силовой розеточной сети, в особенности точек присоединения общего пользования по причине их наибольшей подверженности внешним воздействиям и приборов защиты.

Первоначально произведем визуальное обследование главного корпуса в целях выявления общего технического состояния систем его электроснабжения и освещения.

3 Визуальное и документальное обследование

Визуальное обследование представляет из себя внешний осмотр систем освещения и электроснабжения объекта с целью уяснения состояния оборудования и коммуникаций, а также определения дополнительных направлений дальнейшего инструментального обследования. Документальное обследование, проводимое параллельно с визуальным позволяет определить реальное электропотребление объекта, а также составить более полное представление об особенностях системы электроснабжения здания.

В первую очередь, рассмотрим источник питания здания.

3.1 Источник питания

Таблица 3.1. В ходе дальнейших изысканий и опроса специалистов службы главного энергетика Тольяттинского государственного университета установлено, что первичное предположение о его принадлежности верно.

Данная трансформаторная подстанция была построена в 1963-м году для электроснабжения главного корпуса и других построек тогда еще только планируемого образовательного комплекса.

В соответствии с постулатами доступности средств учета, выдвинутыми в [7], а также действующими отечественными нормами, при реконструкции ВРУ-2 счетчики коммерческого учета электрической энергии были расположены в помещении подстанции, тогда как счетчики ВРУ-1 по-прежнему находятся в электрощитовой корпуса.

Питание ВРУ, установленных в помещении электрощитовой главного корпуса осуществляется:

- Для ВРУ 1: от фидерных выключателей 2 и 8. Присоединение выполнено кабелем АСБ 2(3х150+1х50) длиной 158 м.
- Для ВРУ 2: от фидерных выключателей 5 и 13. Присоединение выполнено кабелем АСБл 2(4х150) длиной 160 м.

На основании информации, изложенной автором [8], использование настолько устаревших кабелей значительно снижает надежность системы электроснабжения в целом и может привести к аварии.



Рисунок 3.1 – Трансформаторная подстанция

В ходе изучения документации, предоставленной специалистами службы главного инженера ТГУ, выявлено, что данная трансформаторная подстанция принадлежит ЗАО «Квант»

В соответствии с данными, которые приводятся в исторической справке на страницах [9] имеющаяся подстанция, несмотря на преклонный возраст, пригодна для использования в качестве источника питания в случае отсутствия иных вариантов.

От данной трансформаторной подстанции осуществляется питание вводно-распределительных устройств (рисунок 3.1). В ходе изучения документации,

предоставленной специалистами отдела главного инженера ТГУ, выявлено, что данная трансформаторная подстанция принадлежит ЗАО «Квант».

Далее произведем осмотр помещения электрощитовой, в которой располагаются устройства, первоначально обеспечивающие электропитание систем здания и защиту их от перегрузок и коротких замыканий. Для главного корпуса ТГУ таким помещением является электрощитовая, в которой располагаются устройства, отвечающие за прием и распределение электрической энергии между системами здания.

3.2 Помещение и электрооборудование электрощитовой

В сопровождении главного энергетика Тольяттинского государственного университета было произведено обследование помещения электрощитовой, расположенного на первом этаже здания справа от основного входа, вблизи поста охраны. В нем установлено два вводно-распределительных устройства (ВРУ).

ВРУ-1 (рисунок 3.2) является типичным представителем устройств такого типа, устанавливаемых в большинстве административных зданий во времена СССР и не подвергалось коренной реконструкции со времен постройки здания. Текущий ремонт ВРУ ограничен заменой вышедших из строя по истечении срока эксплуатации, либо, вследствие аварий, узлов. Таким образом, чувствительность защиты и энергобезопасность аппаратуры вводно-распределительного устройства вызывает сомнение.

ВРУ-2 подвергнуто замене в рамках проводившегося ранее ремонта помещений библиотеки и актового зала и представляет из себя комплектное вводно-распределительное устройство (рисунок 3.3), сформированное из ячеек ВРУ1-13-20 и ВРУ1-47-00, а также ВРУ1-17-70 с устройством АВР.

Кроме вышеперечисленной аппаратуры, в помещении электрощитовой располагаются рубильники марки ЯБПВ, отвечающие за электроснабжение отдельных помещений и групп помещений здания, таких, как спортивный зал, ла-

боратории робототехники (рисунок 3.4), а также помещение архива библиотеки, кабинет ректора и серверная (рисунок 3.5).

Как можно увидеть на рисунках 2.4 и 2.5, часть распределительных устройств обновлена в рамках текущего ремонта, а часть не подвергалась замене со времен постройки корпуса.

В соответствии с [10], нахождение оборудования в подобном состоянии является недопустимым, а комплекс ВРУ-1 в целом нуждается в реконструкции, либо полной замене иным оборудованием.



Рисунок 3.2 – Вводно – распределительное устройство №1



Рисунок 3.3 – Вводно-распределительное устройство №2



Рисунок 3.4 – Ящики силовые с рубильниками для отдельных помещений



Рисунок 3.5 – Ящики силовые с рубильниками для отдельных помещений

Присоединение потребителей также осуществляется кабелями, которые через приямок протянуты в подпол здания, где и осуществляется разводка между помещениями.

В помещении электрощитовой имеется схема электроснабжения корпуса, однако она в должной мере не отражает реальной обстановки, так как исходный печатный вариант устарел, а дальнейшие корректуры либо наносились вручную без должного соблюдения норм и правил ЕСКД, либо не наносились вовсе.

Электрические соединения внутри ВРУ-1 выполнены кабелями и проводами различных типов, имеется множество обрезанных и нефункциональных проводников, что затрудняет текущий ремонт и повышает вероятность ошибок обслуживающего персонала (рисунок 3.6).

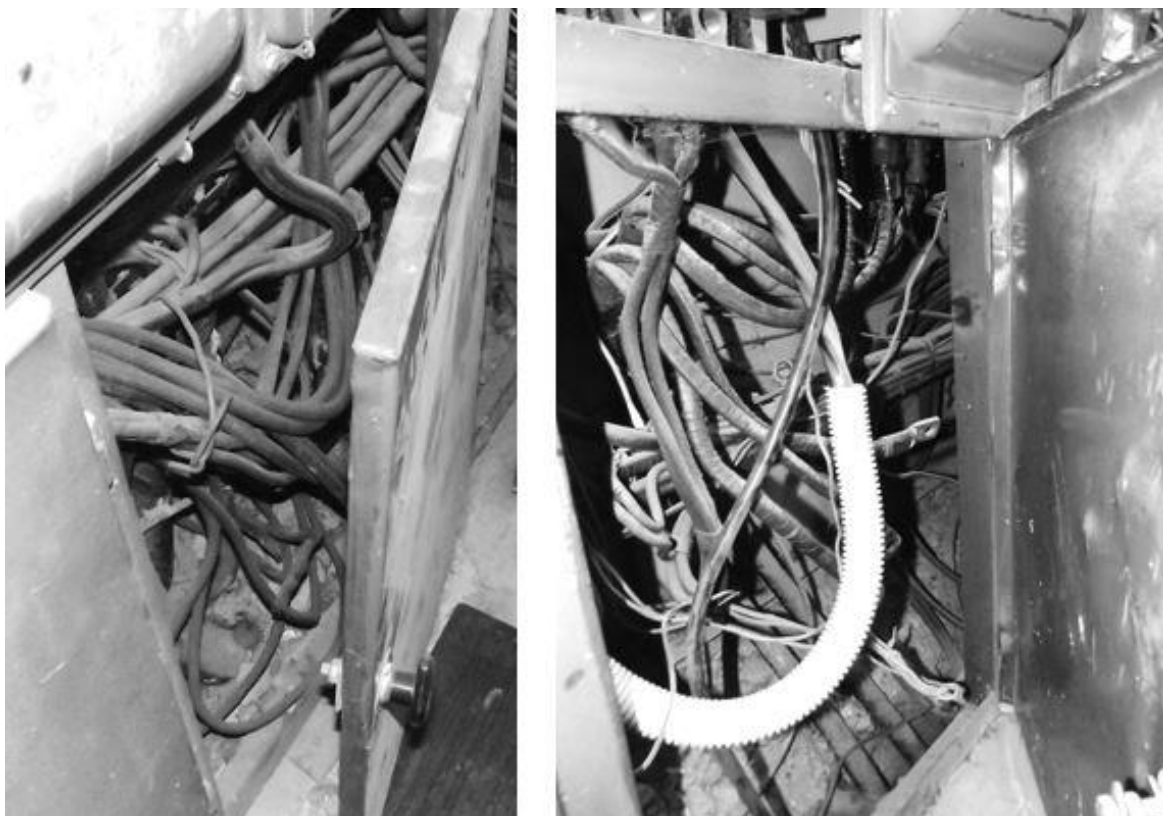


Рисунок 3.6 – Электрические соединения внутри ВРУ-1

Таким образом, существует необходимость приведения электрооборудования электроцитовой к существующим нормам и правилам в целях повышения энергобезопасности и ремонтпригодности объекта.

3.3 Система освещения объекта

В ходе визуального обследования здания главного корпуса ТГУ было выявлено, что система освещения главного корпуса Тольяттинского государственного университета представлена множеством различных светильников, среди которых встречаются как образцы с люминесцентными лампами (преобладают светильники марки ЛСПО-01-2х58, но есть и другие), так и со светодиодными (светильники марок СВПО СТС 01-40-007 для монтажа в составе потолков системы «Армстронг» и СДП СТС 01-60-107. Всего в ходе обследования удалось выявить более десяти различных видов светильников, которые нанесены на имеющиеся планы.

На основании постулатов энергосбережения, выдвинутых в [11], использование устаревших светильников не только повышает энергопотребление осветительной установки, но и приводит к снижению ее надежности, что недопустимо для опорного ВУЗа.

Кроме того, такое многообразие значительно усложняет ремонт и обслуживание системы освещения. Также часть светильников морально устарела и поиск ламп для них с каждым годом становится все более трудоемкой задачей.

На рисунке 3.7 представлен устаревший светильник, не подвергавшийся замене со времен постройки главного корпуса, установленный в помещении преподавательской кафедры «Материаловедение и механика материалов».

На рисунке 3.8 представлен современный светодиодный светильник модульного типа для потолков типа «Армстронг», установленный в помещениях ректората.

В связи с неоднородностью системы освещения, а также наличием множества различных типов светильников, существует необходимость в инструментальном обследовании, призванном выявить освещенность помещений и определить целесообразность реконструкции системы освещения в целом.

Далее, произведем анализ силовой (розеточной) сети в целях оценки ее соответствия нормам и правилам.

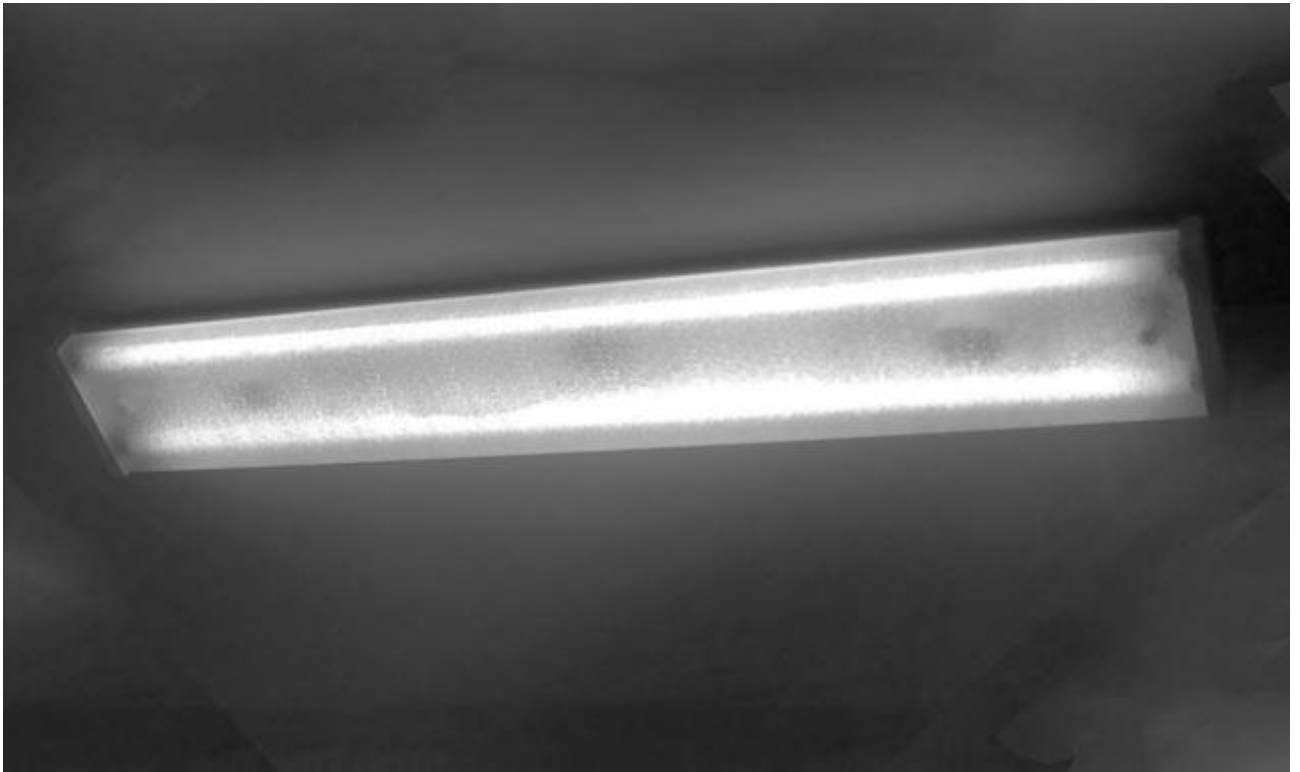


Рисунок 3.7 – Устаревший люминесцентный светильник

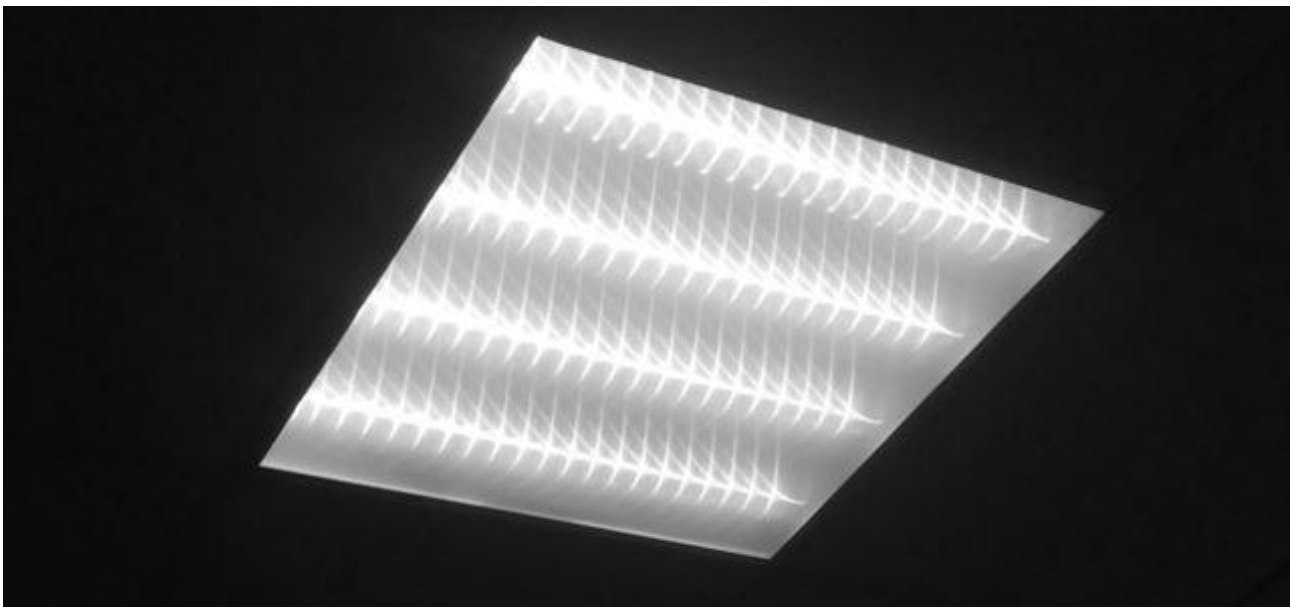


Рисунок 3.8 – Современный светодиодный светильник

3.4 Силовая (розеточная) сеть

Система электрической проводки выполнена комбинированным способом: в части помещений, где коренной модернизации не производилось, она проложена в стенах здания. В другой части помещений, таких, как компьютерные и мультимедийные аудитории и прочие, в которых производился ремонт, проводка выполнена наружным способом – с применением кабель-каналов различного сечения. Розетки и выключатели так же в большинстве случаев выполнены в накладном варианте.

В качестве проводников, проложенных в стенах в основном применяются проводами с алюминиевыми жилами, что противоречит пункту 7.1.34 [4]. Кроме того, поскольку большая часть проводов силовой сети не подвергалась замене с момента сдачи здания в эксплуатацию в 1964 году, их срок эксплуатации на настоящий момент составляет уже более 53-х лет при номинальном сроке службы изоляции не более 30-ти и самих алюминиевых проводов – не более 20-ти лет.

Кроме того, выявлено, что количество и расположение розеток не удовлетворяет возросшим с 1961-го года потребностям в количестве точек подключения, что влечет за собой необходимость применения различных разветвителей и удлинителей, конструкция которых часто противоречит нормам, указанным в [12], а также накладных розеток, тем самым также значительно повышая вероятность возгорания. Кроме того, конструкция точек штепсельного присоединения смонтированных в 1961-м году не соответствует современным требованиям, приведенным в [13].

Далее, были изучены групповые щитки на этажах (представлены на рисунках 3.9 и 3.10). Несмотря на то, что конструкцией щитков предусмотрено их запираение во избежание доступа к управлению системой электроснабжения крыла здания неквалифицированных граждан, все рассмотренные щитки были открыты для свободного доступа, что противоречит пункту 3.12 [14].



Рисунок 3.9 - Устаревший открытый групповой щиток



Рисунок 3.10 – Открытый групповой щиток

Кроме того, в коридоре 4-го этажа было обнаружено РУ, огороженное сеткой рабицей. По информации, полученной от главного энергетика ТГУ, данное устройство ранее обеспечивало электроснабжение учебных и исследовательских лабораторий кафедр «Общая физика» и «Нанотехнологии и материаловедение», но на настоящий момент не используется. В соответствии с [15] данное оборудование должно подлежать демонтажу. Внешний вид устройства представлен на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 – Нефункциональное распределительное устройство

Таким образом, силовая розеточная сеть не удовлетворяет требованиям ремонтпригодности и правилам пожарной безопасности. Необходима ее стандартизация и приведение к требованиям существующих на настоящий момент стандартов.

3.5 Информационные сети здания

Отдельно необходимо остановиться на состоянии информационных сетей здания, а именно, проводов, обеспечивающих связь компьютеров по локальной сети и их выход в интернет, а также цепей пожарной сигнализации и видеонаблюдения, далее определяемых, как слаботочные цепи.

Проводники этих сетей прокладывались в разное время в рамках комплексов мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и информатизации рабочей среды здания. Как правило, они проложены открытым способом в кабельных лотках, закрепляемых на стенах здания. Поскольку в течение длительного времени происходило изменение количества проводов, в некоторые из них подвергались замене, кабельные каналы на настоящий момент большей частью пришли в негодность как с эстетической точки зрения, так и с точки зрения надежности связи (рисунок 3.12), так как в них вновь проводимые силовые цепи соседствуют со слаботочными.

В соответствии с информацией, которой оперирует автор книги [16] Привалов Е.Е. такой способ монтажа недопустим, так как нарушает элементарные нормы безопасности и удобства эксплуатации сетей.

Это влечет за собой вероятность нарушения связи систем здания при возникновении пожара в кабельном канале, а большое количество различных проводов (рисунок 3.13) значительно снижает ремонтпригодность и повышает риск ошибок персонала.

В следующем пункте описан порядок выполнения инструментального обследования здания главного корпуса.



Рисунок 3.12 – Большое количество проводов в одном лотке



Рисунок 3.13 – Вышедший из строя кабельный канал

4 Инструментальное обследование

В рамках инструментального обследования главного корпуса необходимо произвести ряд измерений, которые позволят наиболее полно оценить состояние систем электроснабжения и освещения здания и сделать выводы о необходимости реконструкции тех, или иных узлов, либо отсутствии таковой.

В число замеров входят:

- Замер освещенности помещений главного корпуса – необходим для определения помещений с избыточной и недостаточной освещенностью, а также, подбора оптимального числа светильников для каждого из типов помещений
- Замер показателей качества электрической энергии с целью выявления их соответствия существующим нормам и правилам, регламентируемым положениями [5]

Начать обследование целесообразно с замера освещенности помещений.

4.1 Замер освещенности помещений

Замер освещенности помещений производился с помощью компактного переносного люксметра, предоставленного главным инженером Тольяттинского государственного университета.

Измерения выполнялись в темное время суток в трех точках помещения на высоте рабочей плоскости.

- В административных и учебных помещениях рабочая плоскость установлена на высоте 0,8 м
- Для прочих помещений – на уровне пола.

В результате инструментального обследования выявлена общая тенденция, заключающаяся в том, что в помещениях, где установлены старые типы светильников, освещенность находится на недостаточном уровне. В особенности это актуально для следующих помещений: 44 на первом, 46 на третьем, 24 и 56 на четвертом этажах. При этом, помещения, где производилась замена све-

тильников на новые (марок СВПО СТС 01-40-007 или СДП СТС 01-60-107) освещенность, как правило, значительно выше нормы (800 – 1200 Лк при норме в 400 – 500 Лк в соответствии с [2]).

Причиной этого явилась установка новых светильников на места старых в тех же количествах при их значительно более высокой светоотдаче. Следствием этого является не только избыточные энергозатраты на освещение, но и в большинстве случаев эффект ослепления, который негативно влияет на органы зрения, повышает утомляемость и ухудшает эффективность работы сотрудников и усвоение материала студентами.

Это говорит о необходимости коренной реконструкции системы искусственного освещения здания с перераспределением светильников из помещений с избыточной освещенностью в помещения с недостаточной, что позволит значительно сэкономить на покупке новых приборов освещения и привести освещенность помещений в соответствие с требованиями [2].

4.2 Замер показателей качества электроэнергии

В целях определения соответствия показателей качества электрической энергии требованиям [5]. Анализ показателей качества электроэнергии проводился в два этапа, в дни, когда нагрузка на ВРУ максимальна. Далее, на рисунках 4.1 – 4.14 приведены результаты измерения показателей качества электрической энергии в виде графиков с пояснениями.

При замерах использовались стандартные единицы измерения физических величин, оговариваемые в [17].

Анализ результатов измерений решено производить, используя элементы методики, изложенной в [18].

Первоначально рассмотрим результаты измерений показателей качества электроэнергии для первого ввода ВРУ-1.

4.2.1 Анализ результатов измерения показателей качества электрической энергии для первого ввода.

Вывод графиков осуществлялся в программной среде Power Vision, которая имеет ряд особенностей отображения информации, требующих пояснения:

- Phase 1 + – фаза А
- Phase 2 + - фаза В
- Phase 3 + - фаза С

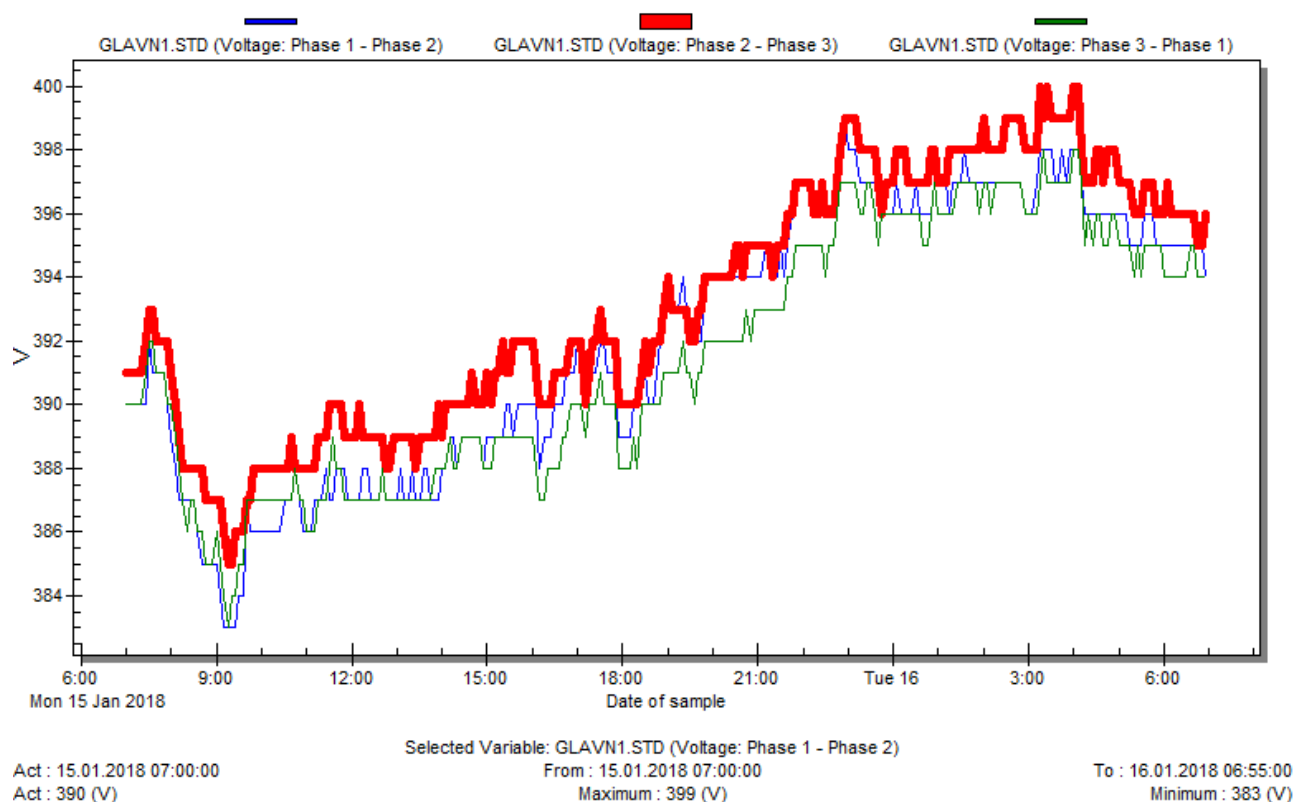


Рисунок 4.1 – График изменения линейного напряжения на первом вводе в течение суток

Как видно из представленного графика, значения напряжения в течение дня изменялись неравномерно, с минимальным значением напряжения 383 В в 9:15 и максимальным 400 В в 4:00.

Ссылаясь на пункт 4.2.2 [5], который гласит, что «В электрических сетях низкого напряжения стандартное номинальное напряжение электропитания $U_{\text{ном}}$ равно ... 380 В (между фазными проводниками для трех- и четырехпроводных трехфазных систем) ...

Для указанных выше показателей КЭ установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 % номинального или согласованного значения напряжения в течение 100 % времени...»

и анализируя график на рисунке 4.1 можно сделать вывод о соответствии напряжения на первом вводе ВРУ-1 существующим требованиям, так как:

$$\delta U_{+} = \frac{U_{m+} - U_0}{U_0} \cdot 100\% = \frac{400 - 380}{380} \cdot 100\% = 5,3\% < 10\% \quad (4.1)$$

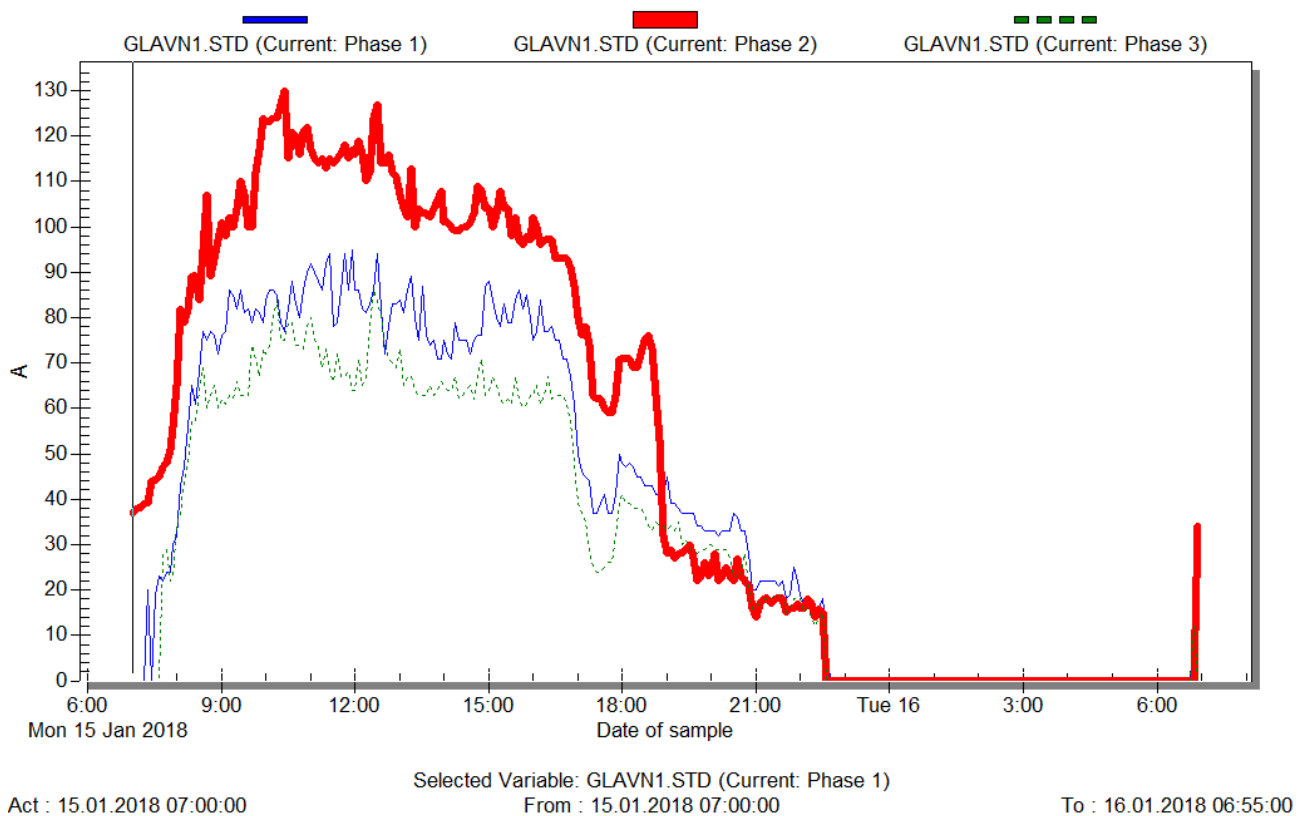


Рисунок 4.2 – График токов в каждой из трех фаз для первого ввода

Графики изменения активной мощности, изображенные на рисунке 4.3, в целом, практически полностью повторяют графики токов, представленные на рисунке 4.2, лишь незначительно отличаясь по форме по причине колебаний напряжения в сети, отраженных на рисунке 4.1.

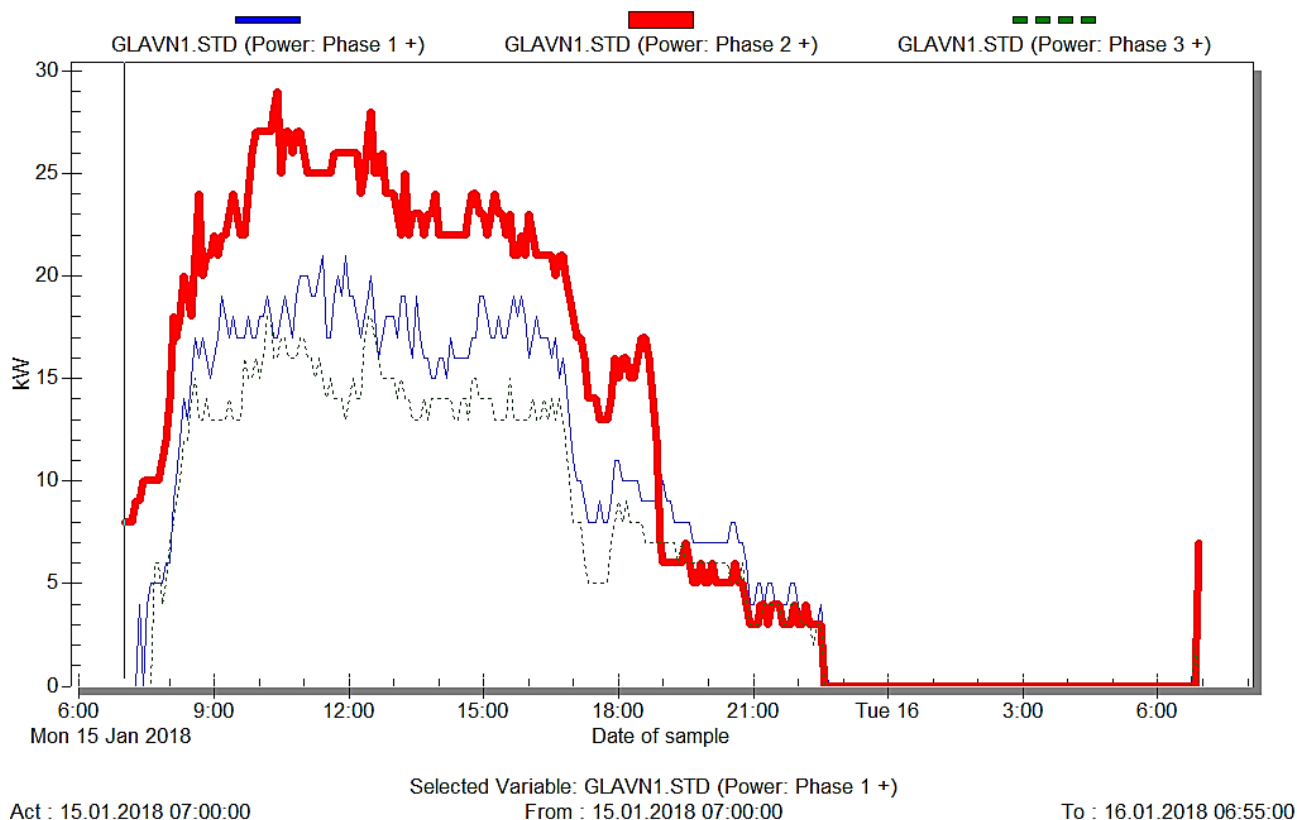


Рисунок 4.3 – График активной мощности каждой из трех фаз для первого ввода

Из графиков на рисунках 4.2 и 4.3 следует, что для первого ввода наблюдается неравномерность загрузки фаз. Так фаза В нагружена сильнее, чем фазы А и С. В режиме пиковой нагрузки, в 10:25 ток в ней составляет 130 А, при потребляемой мощности 29 кВт. В то же при достижении пика нагрузки на фазе А (в 11:55), ток в ней составлял лишь 95 А при мощности 21 кВт.

В соответствии с требованиями пункта 9.5 [19]:

«...разница в токах наиболее и наименее нагруженных фаз не должна превышать 30% в пределах одного щитка и 15% - в начале питающих линий»

Произведем определение несимметрии фаз:

$$\Delta U = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{min}} \cdot 100\% = \frac{29 - 21}{21} \cdot 100\% = 38,1\% \quad (4.2)$$

Это свидетельствует о недопустимой неравномерности распределения нагрузки по фазам. Это может привести к ускоренному износу электрооборудования данной фазы и выходу его из строя. Следовательно, существует необхо-

димось перераспределения нагрузки по фазам для повышения ее симметричности.

Поскольку индуктивная составляющая мощности пренебрежимо мала, приведение ее графика считается нецелесообразным. За весь период измерения произошел лишь один незначительный выброс индуктивной мощности значением в 1 кВар в 19:05, в фазе С. Он может быть вызван подключением к сети двигательной нагрузки, предположительно, тепловой пушки.

В свою очередь, графики емкостной нагрузки, представленные на рисунке 4.4 представляют значительно больший интерес.

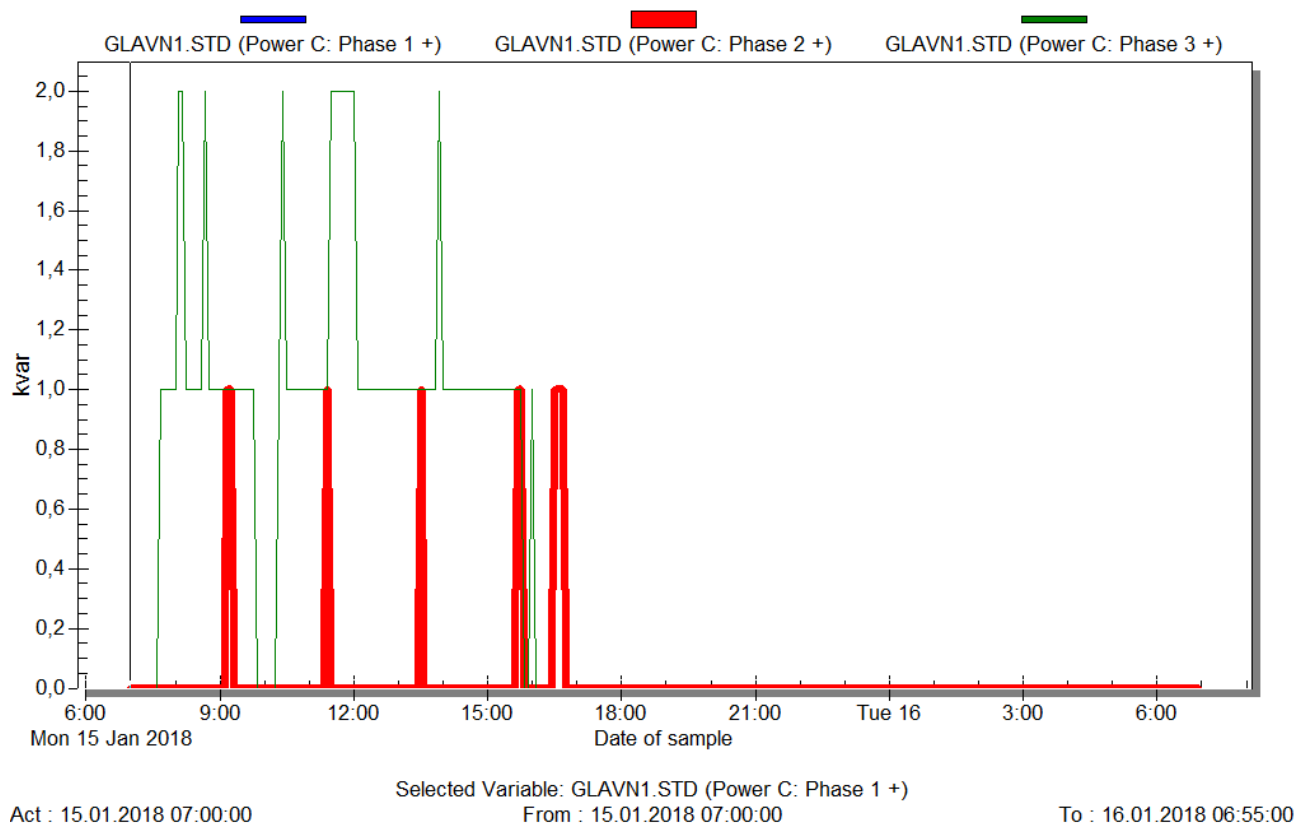


Рисунок 4.4 – Графики емкостной нагрузки в каждой из фаз

Как видно из данного графика, в течение рабочего дня наблюдаются скачки емкостной реактивной мощности значением до 1 кВар в фазе В и до 2-х в фазе С, тогда как в фазе А емкостная нагрузка отсутствует.

Емкостная составляющая нагрузки может быть обусловлена подключением к фазам В и С большого количества компьютеров. При этом для фазы А, ко-

торая обеспечивает электроэнергией систему освещения здания, такого не наблюдается.

В общем случае для компенсации емкостной реактивной мощности применяются блоки дросселей, однако по причине крайне низкого значения данной составляющей в данном случае, их применение считается нецелесообразным.

На рисунке 4.5 представлены графики для коэффициента мощности в сети электроснабжения главного корпуса ТГУ. Наибольший интерес представляет период с 7:00 по 22:30, когда к секции ВРУ подключена нагрузка. Из более подробного графика на рисунке 4.6, отображающего отдельный участок рисунка 4.5 видно, что значение коэффициента мощности за рассматриваемый период неоднократно переходит через 1, а в некоторых случаях равно ему.

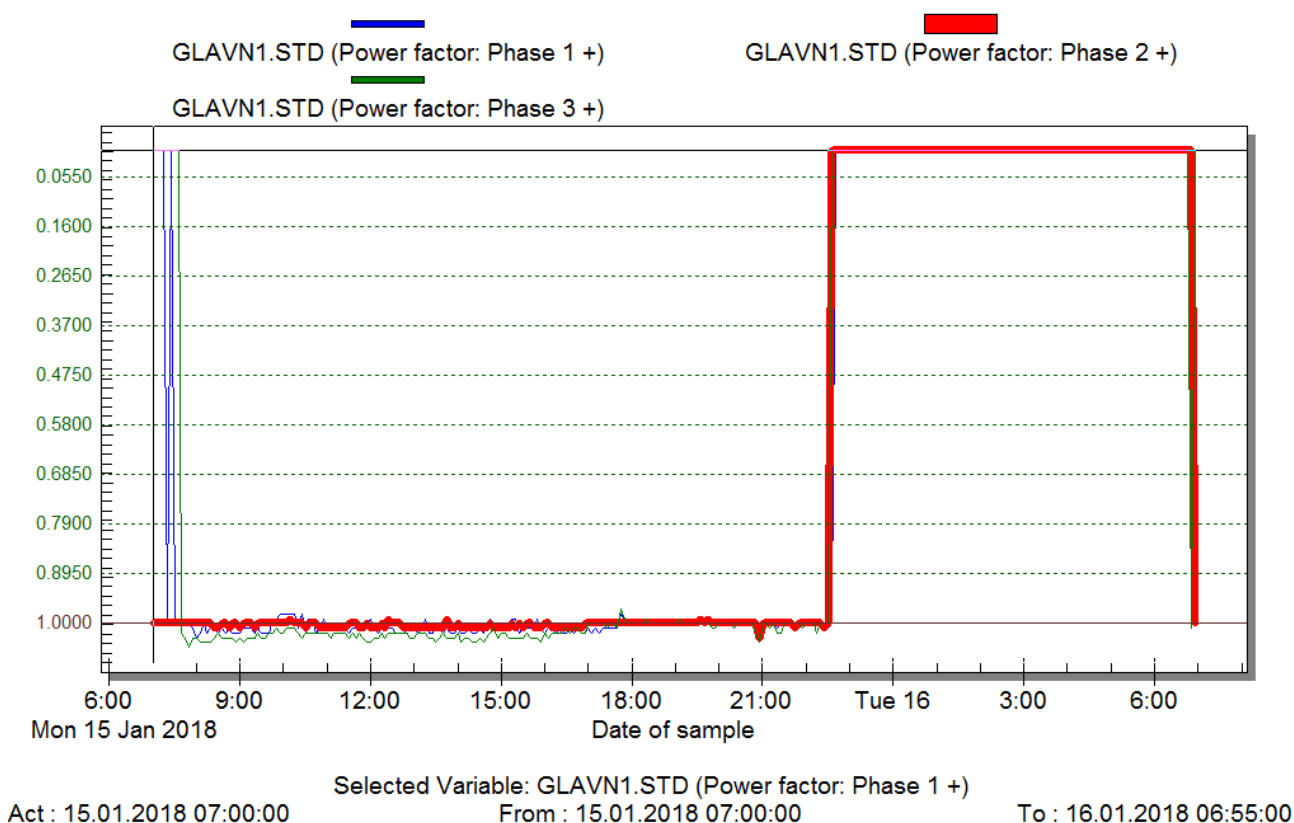


Рисунок 4.5 – Коэффициент мощности в трехфазной цепи первого ввода ВРУ-1

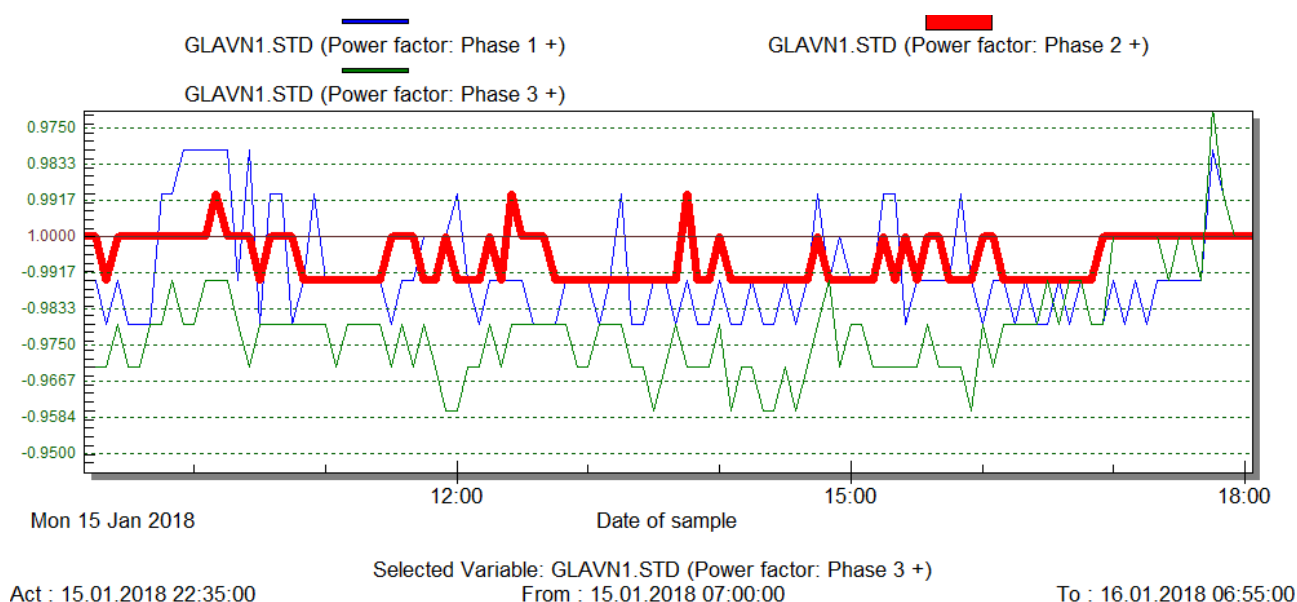


Рисунок 4.6 – Детализация участка графика коэффициента мощности в период с 9:00 до 18:00

В моменты, когда значение $\cos \varphi = 1$ возникает резонанс, характеризующий равенством индуктивной и емкостной составляющих реактивной мощности. В момент резонанса напряжения на индуктивных и емкостных элементах равны и могут значительно превышать входное напряжение при больших значениях индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи. Однако, поскольку для данной цепи реактивные составляющие мощности крайне малы, эффектом резонанса можно пренебречь.

График измерения частоты в данном случае приводить также считается нецелесообразным по той причине, что данная величина в ходе измерения изменений не претерпела, сохраняя значение 50 Гц.

Далее рассмотрим график гармонических составляющих напряжения трех фаз (рисунок 4.7)

На рисунке представлен пример отображения результата измерения коэффициентов, гармонических составляющих напряжения при измерении в момент времени 9:30:00. При этом, измерения, в соответствии с требованиями [5] проводились каждые 10 минут. Согласно пункту 4.2.4.1 [5], значения коэффициентов гармонических составляющих не должны превышать значений, установленных таблицами 4.1, 4.2, 4.3.

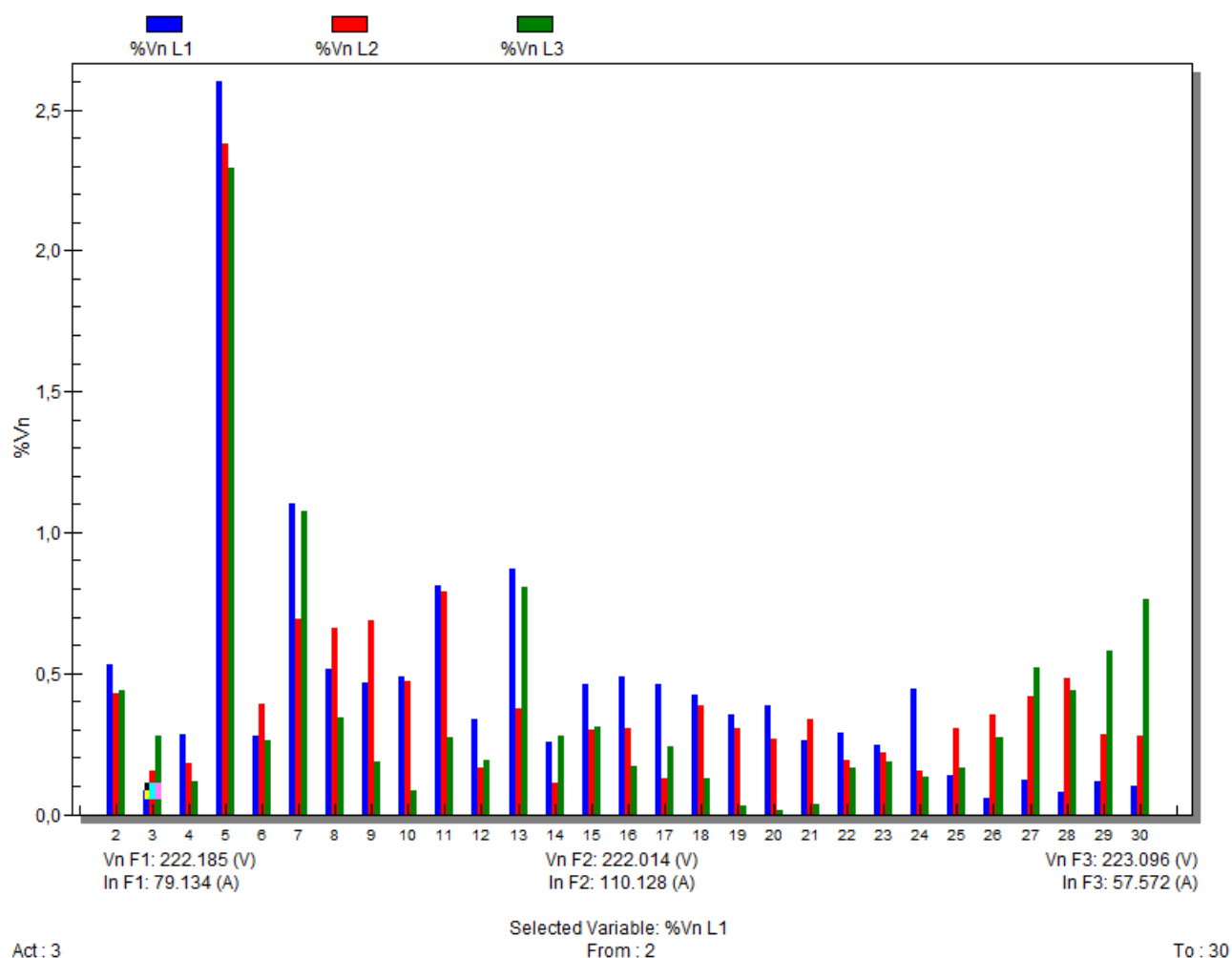


Рисунок 4.7 – График гармонических составляющих напряжения для момента времени 9:30:00

Таблица 4.1– «Значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения не кратных трем»

n	5	7	11	13	17	19	23	25	>27
$K_{U(n)}, \%U$	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	1,5	1,5

Таблица 4.2 – «Значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения, кратных трем»

n	3	9	15	21	>21
$K_{U(n)}, \%U$	5	1,5	0,3	0,2	0,2

Таблица 4.3 – «Значения коэффициентов напряжения четных гармонических составляющих»

n	2	4	6	8	10	12	>12
$K_{U(n)}, \%U$	2	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2

В результате анализа значений коэффициентов гармонических составляющих в течение периода измерения сделаны следующие выводы:

- Значения коэффициентов не кратных трем нечетных гармонических составляющих в течение 100% времени измеряемого интервала не превышали норм, установленных [5].

- Значения для составляющих, кратных трем, в особенности для 15-ой, 21-ой и последующих гармоник неоднократно превышают установленные значения в 0,3 % U_n и 0,2 % U_n .

Это может привести к превышению значения тока в нейтрали над фазными токами (так как нечетные гармоники, кратные трем, суммируются в проводнике нейтрали) и нежелательному перегреву нейтрального проводника и более быстрому выходу из строя его изоляции.

- Для четных гармонических составляющих с 6-й и выше картина аналогична: наблюдаются частые превышения значением коэффициента установленных нормативов в течение более чем 95 % измеренного интервала.

Причиной возникновения нежелательных высших гармоник с большой вероятностью является большое количество газоразрядных осветительных приборов с электронной пускорегулирующей аппаратурой, нелинейный, нелинейный характер работы которой зачастую приводит к возникновению нежелательных влияний на сеть.

Методом противодействия данным явлениям может быть подавление высших гармоник путем применения различных устройств, таких, как разделительный трансформатор или магнитный синтезатор, если после реконструкции системы освещения проблема не нивелируется.

На рисунке 4.8 представлена форма волны напряжения в сети электропитания главного корпуса. Анализ формы кривой на основании методики, изложенной в [20] показал, что форма кривой напряжения находится в пределах допустимых погрешностей.

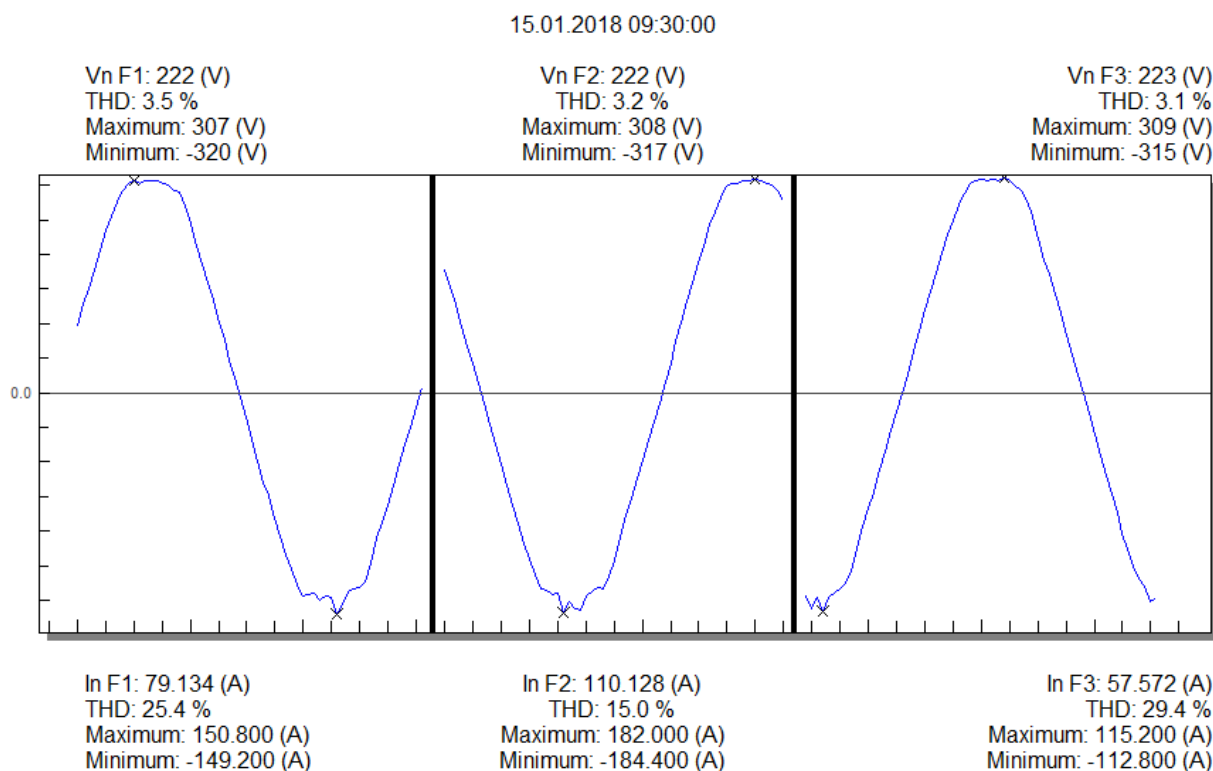


Рисунок 4.8 – Форма волн напряжения для каждой из трех фаз

В качестве общей тенденции, наблюдаемой для волн напряжения в сети можно отметить искажение формы сигнала вблизи пиковых значений, что, однако, не оказывает серьезного влияния на имеющиеся электроприборы.

По итогам рассмотрения результатов измерения показателей качества электрической энергии для первого ввода ВРУ-1 были выработаны следующие рекомендации, которые необходимо учитывать при дальнейшем проектировании системы электроснабжения в рамках капитального ремонта:

- Во-первых, необходимо повысить равномерность распределения нагрузки по фазам.
- Во-вторых, определить целесообразность подавления высших гармонических составляющих и при необходимости предусмотреть установку соответствующих устройств.

Далее произведем рассмотрение результатов измерения показателей качества электрической энергии для второго ввода ВРУ-1.

4.2.2 Анализ результатов измерения показателей качества электрической энергии для второго ввода.

Первоначально рассмотрим график изменения линейного напряжения на втором вводе ВРУ-1, представленный на рисунке 4.9.

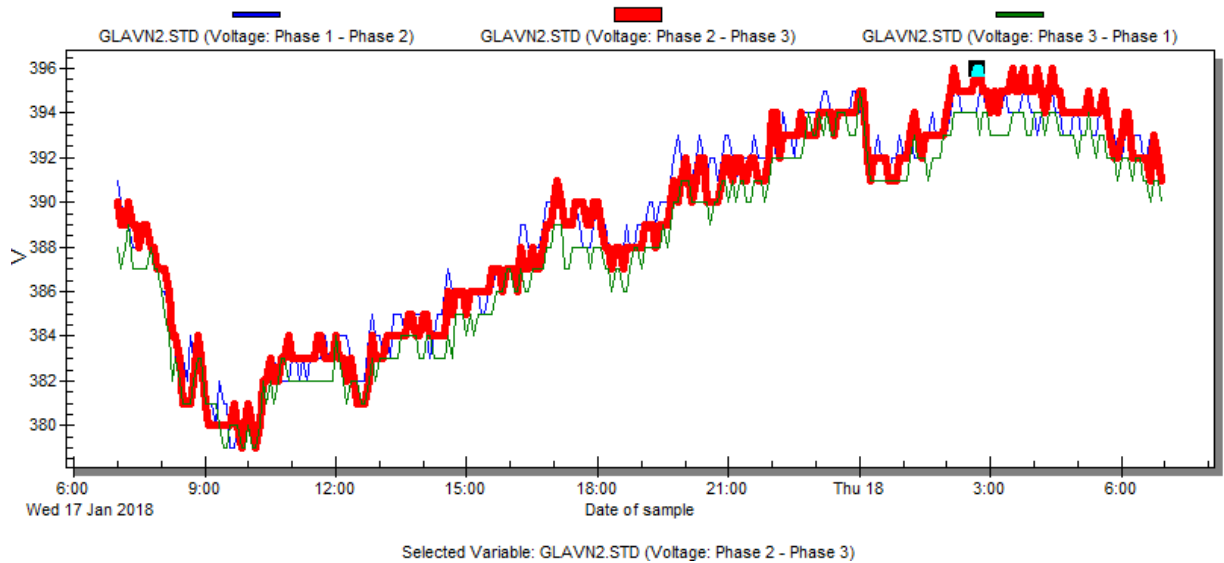


Рисунок 4.9 – График изменения линейного напряжения на втором вводе ВРУ-1

В данном случае наблюдаются не только положительные, но и отрицательные отклонения напряжения от нормы. Произведем расчет величины отклонения:

Для отрицательного отклонения (наименьшее значение напряжения за измеренный интервал времени – 379 В):

$$\delta U_{-} = \frac{U_0 - U_{m+}}{U_0} \cdot 100\% = \frac{380 - 379}{380} \cdot 100\% = 0,2\% < 10\% \quad (4.3)$$

Для положительного отклонения:

$$\delta U_{+} = \frac{U_{m+} - U_0}{U_0} \cdot 100\% = \frac{396 - 380}{380} \cdot 100\% = 4\% < 10\% \quad (4.4)$$

Таким образом можно сделать вывод о том, что напряжение соответствует предъявляемым требованиям.

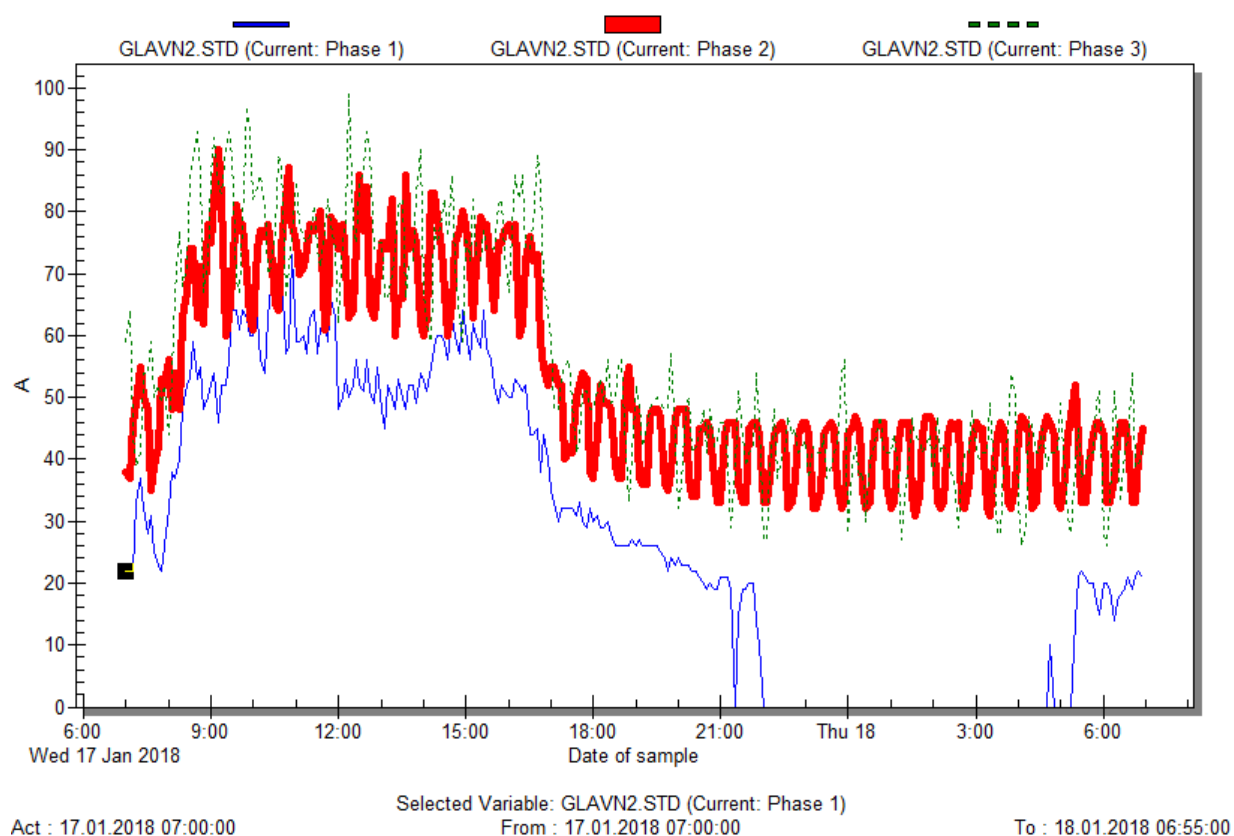


Рисунок 4.10 –График изменения тока каждой из фаз второго ввода ВРУ-1

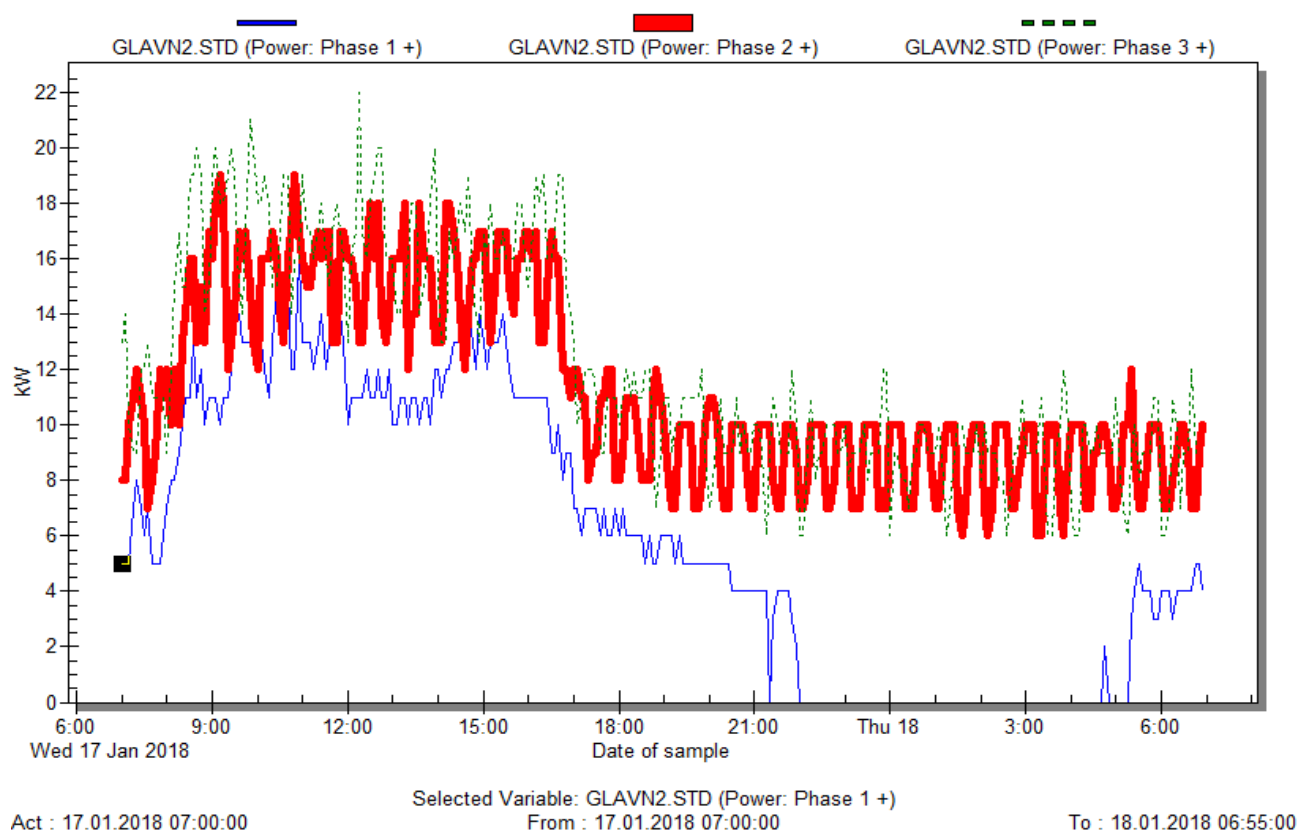


Рисунок 4.11 – График изменения мощности в каждой из фаз второго ввода ВРУ-1

Рассмотрим графики изменения тока и активной мощности (рисунки 4.10 и 4.11)

Как видно из представленных графиков для данного ввода ВРУ так же характерно несимметричное распределение нагрузки по фазам.

При этом, значения нагрузки фаз В и С практически равны во всем измеренном интервале, а нагрузка фазы А – значительно ниже. Так, для пиковых режимов фазы А и наиболее близкой к ней – В разница составляет:

$$U = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{min}} \cdot 100\% = \frac{19 - 16}{19} \cdot 100\% = 15,7 \%, \quad (4.5)$$

при допустимой неравномерности в 15%. В моменты времени, когда нагрузка отлична от пиковой, различия еще более значительны.

Таким образом, как и для первого ввода ВРУ-1 в процессе формирования проекта реконструкции в данном случае необходимо уделить внимание вопросу выравнивания нагрузки по фазам.

Кроме вышеизложенного, характерной особенностью распределения нагрузки является функционирование приемников, подключенных к фазам В и С в ночной период, чего не наблюдается для фазы А.

В результате беседы со специалистами службы главного энергетика ТГУ удалось выяснить, что к данным фазам подключена такая нагрузка, как дежурное и наружное освещение и системы видеонаблюдения, однако значение суммарной мощности известной подключенной нагрузки не соответствует полученным в результате работы анализатора показателям.

Также без объяснения остаются периодические выбросы активной мощности в ночной период.

Далее рассмотрим графики изменения индуктивной и емкостной составляющих реактивной нагрузки (рисунки 4.12 и 4.13).

Как видно из представленного графика, в течение всего интервала измерения наблюдаются постоянные периодические выбросы индуктивной мощно-

сти в фазе С значением в 1 кВар. Такая же ситуация наблюдается и в случае с емкостной составляющей в фазе В.

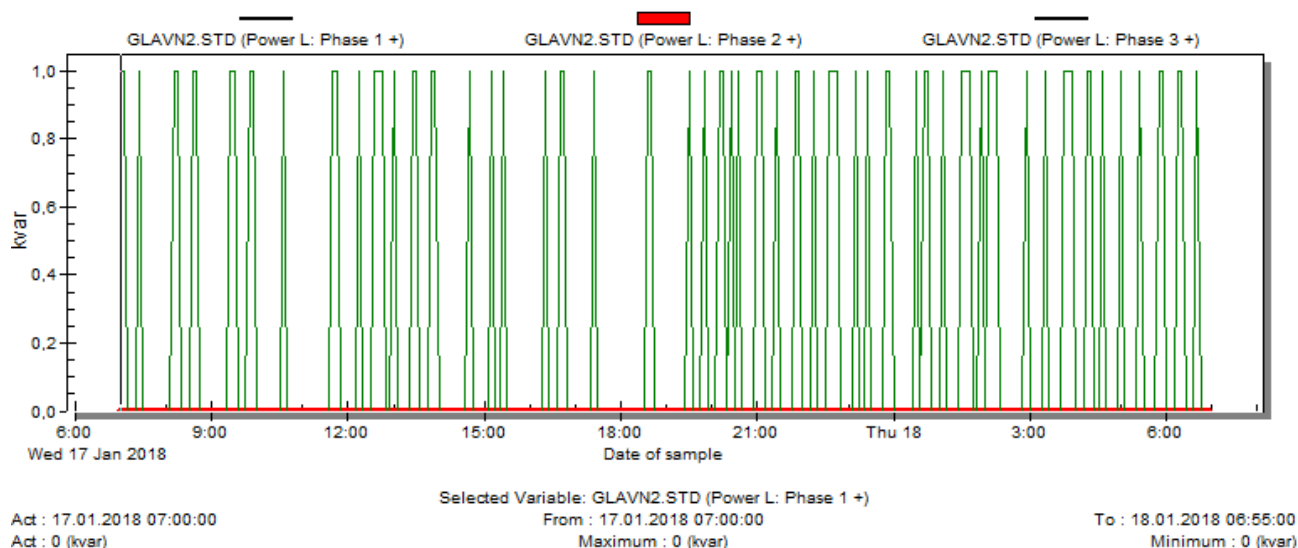


Рисунок 4.12 – График изменения индуктивной составляющей реактивной мощности

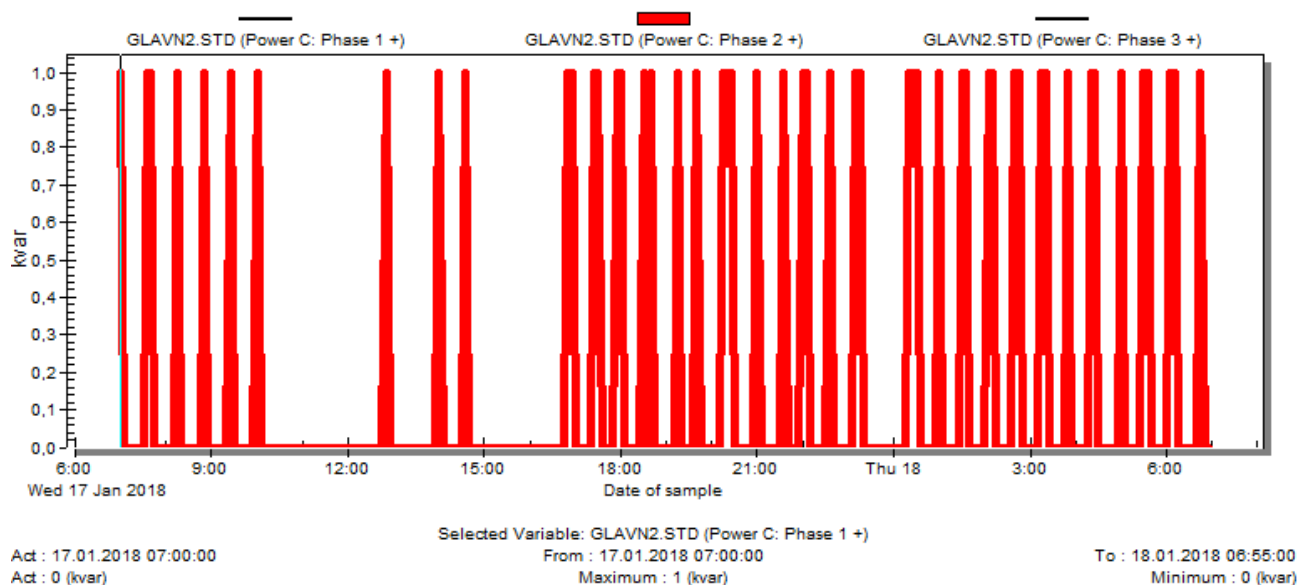


Рисунок 4.13 – График изменения емкостной составляющей реактивной мощности

Из графиков на рисунках 4.10 – 4.13 видно, что в течение всего рабочего дня к второму вводу ВРУ подключена нагрузка, функционирующая в повторно-кратковременном режиме и имеющая высокое значение установленной мощности. На основании того, что выбросы реактивной нагрузки, которые, судя по распределению во времени, тесно связаны с бросками активной нагрузки в

ночной период, происходят и днем, работа данного приемника наблюдается круглосуточно.

Это говорит о необходимости проведения ревизии с целью выявления приемника, создающего в сети подобную картину.

Необходимость обусловлена: во-первых, его высоким энергопотреблением, во-вторых, тем, что вследствие его работы в сети формируются всплески реактивной мощности, оказывающие неблагоприятное влияние на функционирование других приемников и приводящие к периодическому возникновению резонанса.

Далее рассмотрим график изменения коэффициента мощности, представленный на рисунке 4.14

Как и в случае с первым вводом ВРУ-1 наблюдается частый переход значения коэффициента мощности через единицу, что приводит к возникновению явления резонанса, однако величины емкостного и индуктивного сопротивления, как и в случае с первым вводом ВРУ-1, пренебрежимо малы, так что явление резонанса на практике можно не учитывать. Значительное снижение коэффициента мощности фазы А в ночной период обусловлено отсутствием нагрузки на ней.

Отклонения частоты в сети в процессе измерения обнаружены не были.

Вид карты распределения коэффициентов высших гармонических составляющих напряжения, в целом, соответствует картине, наблюдаемой для первого ввода ВРУ-1, вследствие чего выдвинутые ранее рекомендации справедливы и здесь.

Форма кривой напряжения также имеет схожий характер.

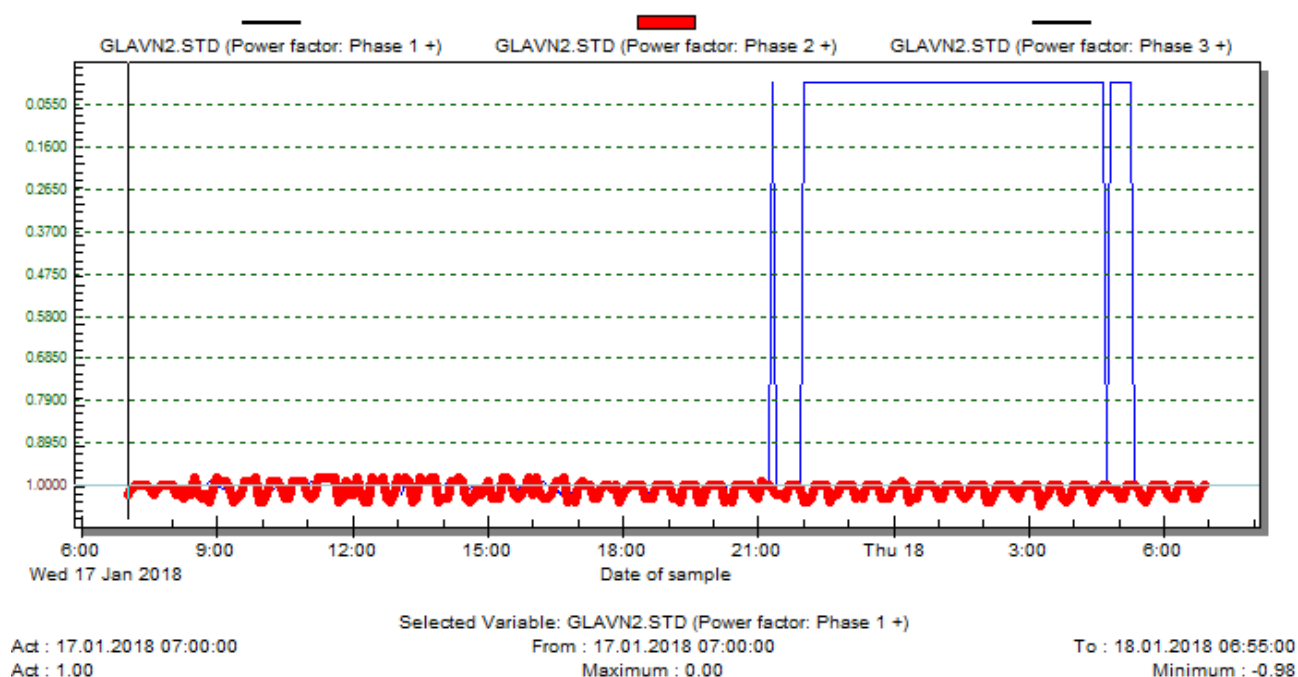


Рисунок 4.14 –График изменения коэффициента мощности

4.2.3 Подведение итогов анализа показателей качества электрической энергии

Таким образом, суммируя данные полученные при исследовании показателей качества электроэнергии объекта можно выделить следующие рекомендации по улучшению качества электроснабжения, единые для первого и второго вводов ВРУ-1:

- Во-первых, при реконструкции объекта нужно учитывать необходимость повышения равномерности распределения нагрузки по фазам во избежание нерационального использования ресурса оборудования электрической сети
- Во-вторых, необходимо принять меры по подавлению высших гармоник напряжения, либо их исключение путем применения соответствующих приемников (например, использования светодиодных ламп с микропроцессорным балластом вместо люминесцентных с электронной ПРА.
- В-третьих, существует необходимость проведения ревизии с целью выявления приемников, продолжающих функционировать в ночной период и оказывающих большое влияние на состояние сети электроснабжения, подключенной ко второму вводу ВРУ-1.

Таким образом, информация, необходимая для формирования проекта реконструкции системы электроснабжения главного корпуса в рамках капитального ремонта получена. Вследствие этого считается возможным приступить к суммированию полученных данных, сформировав основные рекомендации по реконструкции системы электроснабжения здания.

Таковые рекомендации позволят при дальнейшем формировании проекта избежать нежелательных проволочек, связанных с выяснением направлений проектирования, а также создадут базу для плана проектных процедур.

Это дает возможность значительно сократить время разработки проекта и максимально приблизить его к реальному объекту ВКР. Несмотря на то, что на настоящий момент имеются лишь эскизные наработки, в перспективе имеется необходимость разработки как проектной, так и рабочей документации, включающей, помимо прочего, разделы, содержащие информацию о реконструкции сетей освещения и электроснабжения.

Следовательно, проведенное предпроектное обследование, проведенное по заданию главного энергетика ТГУ, ляжет в основу как разрабатываемой проектной, так и рабочей документации.

5 Рекомендации по дальнейшей реконструкции

На основании анализа полученной в ходе предпроектного обследования информации принимается решение о необходимости проведения реконструкции системы электроснабжения главного корпуса Тольяттинского государственного университета в рамках капитального ремонта. Основные причины принятия такого решения описаны в ходе пояснительной записке.

В рамках предстоящей реконструкции предлагается выполнить следующие комплексы мероприятий:

- Замена кабелей, входящих в состав внешних электрических сетей.
- Замена ВРУ-1, а также пересмотр конфигурации оборудования электроценовой в целях установления соответствия требованиям пожарной безопасности и ремонтпригодности.
- Реконструкция системы освещения объекта с приведением реальных значений освещенности помещений к существующим нормам и правилам, в особенности для помещений с недостаточной или крайне избыточной освещенностью.
- Реконструкция силовой розеточной сети: замена выработавшей ресурс алюминиевой проводки, а также, силовых кабелей в кабельных стояках.
- Обеспечение соответствия условий прокладки слаботочных сетей здания существующим нормам и правилам. В особенности, это касается электрических цепей, отвечающих за обеспечение срабатывания противопожарной автоматики.
- Восстановление нормального функционирования системы принудительной вентиляции в соответствии с существующими нормативно-техническими актами.

В дальнейшем, на основании данных рекомендаций предполагается формирование проекта реконструкции системы электроснабжения здания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения предпроектного обследования главного корпуса Тольяттинского государственного университета и анализа полученной информации выявлен ряд характерных особенностей данного здания, которые необходимо учитывать при его реконструкции с точки зрения проектирования электрической части.

В ходе визуального и документального обследования было установлено следующее:

Внешние питающие сети здания, проложенные в 1964-м году на настоящий момент устарели и нуждаются в замене по причине неоднократного истечения установленного производителем срока эксплуатации и повышения опасности возникновения аварии вследствие короткого замыкания.

В помещении электрощитовой была произведена замена оборудования ВРУ-2. Состояние ВРУ-1 и оборудования, которым он укомплектован не удовлетворяет требованиям ремонтпригодности и надежности – данный ввод с момента постройки здания подвергался только незначительному текущему ремонту.

Система освещения объекта представляет собой причудливую смесь из более чем 10-ти видов различных светильников, более 30% которых сохранилось еще со времен постройки здания.

Алюминиевая проводка силовой розеточной сети выполнена из алюминия с резиновой изоляцией. Данные провода двукратно выработали установленный производителем срок эксплуатации (20 лет).

В административных помещениях, где ремонт производился (объединенный деканат, помещения второго этажа, центр трудоустройства, бухгалтерия) используются накладные розетки, что не удовлетворяет требованиям эргономичности. Штепсельные точки присоединения в помещениях, в прочих помещениях нуждаются в замене по причине их физического износа.

Слаботочная сеть здания, работа которой обеспечивает нормальное функционирование систем пожарной безопасности и охранной, проложена в тех же кабельных каналах, которые применялись для обновления силовой проводки. Это приводит к снижению ремонтпригодности и надежности срабатывания системы оповещения при пожаре, а также снижает презентабельность интерьеров здания.

В ходе визуального обследования также были актуализированы имеющиеся планы здания.

На чертежи нанесены существующие на настоящий момент чертежи электрических сетей, а также расположение осветительного оборудования и точек присоединения силовой розеточной сети. Определены типы помещений и количество рабочих мест в каждом из них.

Также производилось инструментальное обследование здания.

По результатам замера освещенности помещений корпуса выявлено, что имеются помещения как с недостаточной (около 10% помещений), так и с избыточной (более 50 % от общего числа аудиторного фонда) освещенностью, вызванной установкой новых светильников с большей светоотдачей на места старых.

Произведено измерение показателей качества электрической энергии с помощью анализатора, результаты которого указали на несоответствие ряда показателей, таких, как симметричность распределения нагрузки по фазам, синусоидальность напряжения и коэффициент мощности имеющимся нормам, отраженным в [5]. При этом необходимо отметить, что нарушения носят характер, типичный для подобного рода зданий и могут быть устранены усилиями персонала, обслуживающего электроустановку. В конечном итоге, сформирован перечень рекомендаций, которые позволят учесть выявленные в ходе предпроектного обследования недостатки и устранить их наиболее эффективным путем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М. : Стандартинформ, 2013. 32 с.
- 2 СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. М. : Стандартинформ, 2011. 114 с.
- 3 МДС 13-20.2004. Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий : методические указания по строительству / под ред. Ю.Н. Хромца. М. : МГАКХиС, 2004. 81 с.
- 4 ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. М. : Стандартинформ, 2001. 330 с.
- 5 ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М. : Стандартинформ, 2012. 20 с.
- 6 СТО МГАТ 02.01.010 – 2013. Требования к составу, содержанию и правилам оформления результатов предпроектного обследования. М. : ГКУ «МОСГОРТЕЛЕКОМ», 2013. 12 с.
- 7 Zhong J.K. Power System Economic and Market Operations : tutorial. Boca Raton : CRC Press, 2018. 237 p.
- 8 Daza S. A. Electric Power System Fundamentals : tutorial. London : Artech house, 2016. 405 p.
- 9 Cassedy E. S., Peter Z. G. Introduction to Energy : tutorial. Cambridge : Cambridge University Press, 2017. 440 p.
- 10 Полуянович Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий : учеб. пособие. М. : Лань, 2016. 396 с.
- 11 Косоухов Ф. Д. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке : учеб. пособие. М. : Лань, 2016. 561 с.

12 ГОСТ Р 51322.1-2011 (МЭК 60884-1:2006). Соединители электрические штепсельные бытового и аналогичного назначения. М. : Стандартинформ, 2010. 45 с.

13 ГОСТ 30849.1-2002 (МЭК 60309-1:1999). Вилки, штепсельные розетки и соединительные устройства промышленного назначения. М. : Стандартинформ, 2001. 62 с.

14 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Серия 17. Выпуск 53. М. : Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. 192 с.

15 СП 31.110.2003. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. М. : Стандартинформ, 2015. 78 с.

16 Привалов Е. Е. Основы электробезопасности : учеб. пособие. Ставрополь : СтГАУ «АГРУС», 2016. 132 с.

17 ГОСТ 8.417 - 2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. М. : Стандартинформ, 2002. 33 с.

18 Upadhyaya S.P., Mohanty S.K. Fast Methods for Power Quality Analysis // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2017. Vol. 18, № 5.

19 СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. М.: Стандартинформ, 2001. 62 с.

20 Survey about Classical and Innovative Definitions of the Power Quantities Under Nonsinusoidal Conditions / G. Bucci [at al.] // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2017. Vol. 15, № 4.