

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБМОТОК ЛИНЗ ТРУБОК ДРЕЙФА НАЧАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ИЯИ РАН

О.В. Грехов, Е.Д. Грехова, Б.В. Калихов, В.Н. Михайлов, В.Л. Серов
Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия
E-mail: grekhov@jnr.ru

Трубки дрейфа начальной части линейного ускорителя являются сложным и дорогим оборудованием. Для предупреждения о перегреве обмоток линз трубок и выхода их из строя была разработана и внедрена автоматизированная система контроля температуры. Система контроля температуры представляет собой программно-аппаратный комплекс, построенный на основе блоков ADAM-4117 и пакета программ (LabView). Контроль температуры осуществляется по изменению сопротивления обмотки линзы трубки дрейфа. Вычисление сопротивления производится по измерениям тока и напряжения на выходе источника питания. Представлены результаты исследования возможности контроля температуры обмоток линз трубок дрейфа на основе данного метода.

1. ВВЕДЕНИЕ

Трубки дрейфа начальной части линейного ускорителя являются сложным и дорогим оборудованием. В последние годы стали происходить выходы из строя трубок дрейфа (ТД) из-за перегрева обмоток линз трубок дрейфа (ОЛТД). Для предупреждения о перегреве ОЛТД и выходе ТД из строя была разработана и внедрена автоматизированная система контроля температуры.

ТД начальной части линейного ускорителя объединены в группы, от одной до семнадцати штук в одной группе (Рис.1). Питание ТД осуществляется по группам от источников питания типа ССП.

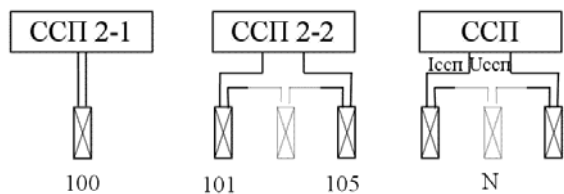


Рис.1. Схема питания трубок дрейфа

Изменение температуры вычисляется измерением сопротивления нагрузка-кабель ($R_{НК}$) на выходе источника питания на основе формулы [1]:

$$R_{НК} = R_{НК}^H (1 + \alpha \Delta T), \quad (1)$$

где $R_{НК}$ – сопротивление нагрузка-кабель; $R_{НК}^H$ – начальное значение сопротивления нагрузка-кабель; α – ТКС меди ($0,004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$); ΔT – изменение температуры.

Сопротивление нагрузка-кабель вычисляется на основе измеренных значений напряжения и тока источника питания по формуле:

$$R_{НК} = U_{ССП} / I_{ССП}. \quad (2)$$

2. СОСТАВ СИСТЕМЫ

2.1. АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ

Современное развитие электроники позволило построить недорогую распределённую систему сбора данных на основе модулей аналогового ввода

(МAB) типа ADAM-4117 и подключить её к уже существующей полевой шине ускорителя RS-485.

Технические параметры ADAM-4117:

Количество каналов измерения..... 8
Диапазон измерений..... от $\pm 150\text{мВ}$ до $\pm 15\text{В}$
Точность измерения..... 16-разрядное АЦП
Интерфейс подключения..... RS-485

С помощью этих модулей производится измерение выходного тока и напряжения стоек ССП. В состав системы входят 10 блоков МAB, обеспечивающих измерение выходных параметров для 31 стойки ССП. Все блоки подключены к полевой шине RS-485, соединённой с сервером управления RS-485 2-го сектора.

2.2. ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

В программную часть входит серверная и клиентская часть пакета программ. Серверная программа производит циклический опрос модулей МAB для измерения текущих значений напряжения и тока на выходе источников питания. Измеренные значения токов и напряжений передаются в систему управления ускорителем [2].

	dTта1	dTта2
ССП2-1	-0,4	-0,5
ССП2-2	-1,8	-2,0
ССП2-3	-1,0	-1,4
ССП2-4	7,2	6,8
ССП2-5	0,0	-0,9
ССП2-6	2,1	1,2
ССП2-7	7,0	9,3
ССП2-8	-0,9	-1,6
ССП2-9	0,0	-0,5
ССП2-10	0,3	0,2
ССП2-11	0,4	0,5
ССП2-12	2,8	2,6
ССП2-13	-0,9	-1,6
ССП2-16	-0,9	-3,3
ИПТ2-36	0,0	-0,0
ИПТ2-37	0,0	0,0
ИПТ2-35	0,1	0,0
ССП2-14	0,0	-0,1
ССП2-15	0,4	-0,1
ССП2-18	0,6	0,4

Рис.2. Окно клиентской программы

В клиентской части (Рис.2) производится расчёт изменения температуры ОЛТД по определённому алгоритму. В клиентской программе отображается изменение температуры в группах ТД (для стоек ССП) и при выходе температур за допуск сигнализируется об этом оператору.

2.3. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

Контроль параметров в группах трубок дрейфа наложил дополнительные требования к алгоритму расчёта изменения температуры ОЛТД.

Согласно схеме питания (см. Рис.1) стойка ССП может питать до 17 трубок в одной группе одновременно. Измерение тока и напряжения производится на выходе источника питания и, согласно (1), вычисляется изменение температуры для всей группы трубок дрейфа (Рис.3). Это изменение может вызываться как суммарным изменением температуры на нескольких ТД, так и на одной ТД. Так, для группы ТД стойки ССП2-5 увеличение температуры группы на 1°C может быть вызвано, в худшем случае, увеличением температуры одной ТД на 17°C. Учитывая вышесказанное, изменение температуры вычисляется по формуле:

$$\Delta T_{ТД} = \Delta T_{ГР} \times N_{ТД}, \quad (3)$$

где $\Delta T_{ТД}$ – изменение температуры в одной ТД; $\Delta T_{ГР}$ – изменение температуры в группе ТД; $N_{ТД}$ – количество трубок дрейфа в группе.

Для обеспечения безопасной работы ТД необходимо контролировать изменение температуры ОЛТД и выдать предупреждение при её увеличении более чем на 30°C. В процессе наладки системы обнаружено изменение температуры в группе на несколько градусов в сутки, что в пересчёте на одну трубку дрейфа уже составляло несколько десятков градусов и превышало заданный порог.

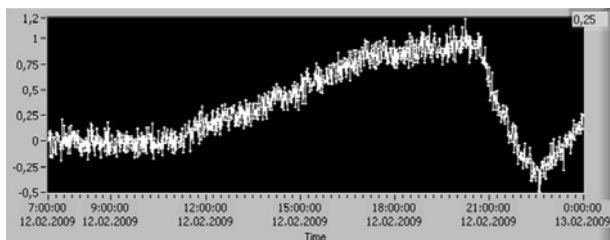


Рис.3. Изменение температуры в группе ССП2-8

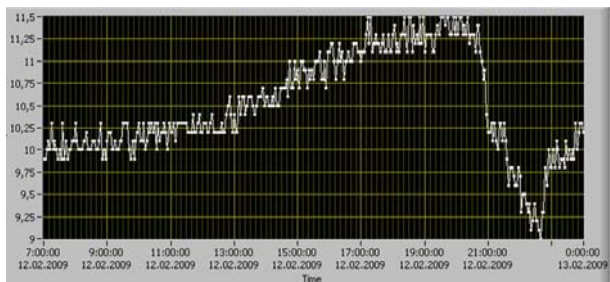


Рис.4. Температура технической воды

В результате исследования обнаружена зависимость от температуры технической воды. Технологически через обмотку линз трубок дрейфа протекает обессоленная вода системы №5, которая охлаждает её. Избыточное тепло в системе №5 через теп-

лообменник снимается технической водой. Охлаждение технической воды осуществляется через градирню, вследствие чего её температура зависит от погодных условий (см. Рис.4).

Для исключения влияния температуры технической воды, изменение температуры в пересчёте на одну ТД вычисляем по формуле:

$$\Delta T_{ТД} = (\Delta T_{ГР} - \Delta T_{Тех.воды}) N_{ТД}, \quad (4)$$

где $\Delta T_{Тех.воды}$ – изменение температуры технической воды.

В схеме питания ТД нагрузка подключена к источнику питания посредством силового кабеля, сопротивление которого может превосходить в несколько раз сопротивление $R_{ТД}$. Учитывая это, формула (1) примет вид:

$$R_{НК} = R_K + R_{ТД}^H (1 + \alpha \Delta T_{ГР}). \quad (5)$$

Исходя из формулы (5), получаем формулу для расчёта изменения температуры в группе трубок дрейфа:

$$\Delta T_{ГР} = \frac{R_{НК} - R_{НК}^H}{\alpha (R_{НК}^H - R_K)}, \quad (6)$$

где $R_{НК}$ – изменение сопротивления нагрузка-кабель; R_K – сопротивление кабеля; $R_{НК}^H$ – начальное значение сопротивления нагрузка-кабель.

В теплое время года производится переключение охлаждения части технологического оборудования ускорителя с технической воды на воду, подаваемую с холодильных машин, в результате чего пропадает возможность контроля температуры технической воды. Тогда возможное изменение температуры в пересчёте на одну трубку дрейфа определяется по формуле:

$$\Delta T_{ТД} = (\Delta T_{ГР} - \Delta T_{ГР}^{CP}) N_{ТД}, \quad (7)$$

где $\Delta T_{ГР}^{CP}$ – среднее изменение температуры в группах трубок дрейфа.

Выявлен ещё один параметр, влияющий на температуру в группе – ток источника питания. Это связано с изменением количества выделяемого тепла в силовых кабелях нагрузки и, соответственно, изменением сопротивления кабеля. В результате исследования выявлено незначительное изменение температуры при изменении тока в нагрузке в допустимых пределах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная автоматизированная система контроля температуры обмоток линз трубок дрейфа показала возможность использования косвенного метода контроля температуры ОЛТД. Система выходит в рабочий режим через один час после включения оборудования. Средняя точность измерения в пересчёте на одну ТД составила не хуже 2°C. Максимальный среднесуточный разброс температур составляет $\pm 10^\circ\text{C}$. Система введена в эксплуатацию и используется для контроля изменения температур в ОЛТД и предупреждения о перегреве обмоток линз трубок и выхода их из строя.

ЛИТЕРАТУРА

1. К.П. Яковлев. *Краткий физико-технический справочник*. М.: «Государственное издательство физико-математической литературы». 1962, т.3, с.443.
2. О.В. Грехов, А.Н. Другаков, Ю.В. Киселев. Система управления линейным ускорителем ИЯИ РАН // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Ядерно-физические исследования»*. 2008, №3, с.64-67.

Статья поступила в редакцию 11.09.2009 г.

THE MONITORING SYSTEM OF DRIFT TUBES LENSES WINDINGS TEMPERATURE IN PRIMARY PART OF INR LINAC

O.V. Grekhov, E.D. Grekhova, B.V. Kalikhov, V.N. Mikhailov, V.L. Serov

Drift tubes of the primary part in linac are a complex and expensive equipment. The monitoring system of temperature was developed and introduced to prevent overheating and failure of the winding of lenses in drift tubes. It represents the hardware-software complex on basis of the ADAM-4117 blocks and the software package (LabView). The control of temperature change is carried out by measuring voltage and current of the power supply. Some results of this method applying are considered.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ОБМОТОК ЛІНЗ ТРУБОК ДРЕЙФУ ПОЧАТКОВОЇ ЧАСТИНИ ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ІЯД РАН

О.В. Грехов, О.Д. Грехова, Б.В. Калихов, В.Н. Михайлов, В.Л. Серов

Трубки дрейфу початкової частини лінійного прискорювача є складним і дорогим обладнанням. Для попередження про перегрів обмоток лінз трубок і виходу їх з ладу була розроблена і впроваджена автоматизована система контролю температури. Система контролю температури являє собою програмно-апаратний комплекс, побудований на основі блоків ADAM-4117 і пакета програм (LabView). Контроль температури здійснюється по зміні опору обмотки лінзи трубки дрейфу. Обчислення опору проводиться з вимірювань струму та напруги на виході джерела живлення. Представлено результати дослідження можливості контролю температури обмоток лінз трубок дрейфу на основі даного методу.