

Воробьев В.М., д-р техн. наук,  
Ильенко С.С.,  
Захарченко В.А., канд. техн. наук

## МОДЕРНИЗАЦИЯ АВИАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБОГРЕВА СТЕКОЛ КАБИНЫ ЭКИПАЖА КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ЛЕТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ.

Аэрокосмический институт НАУ

*Повышение уровня безопасности полетов современных воздушных судов наиболее эффективно решается не только на этапе проектирования, но и в процессе эксплуатации, при столкновении с реальными условиями обслуживания воздушного судна. Усовершенствования электротехнических систем воздушного судна напрямую связано с повышением безопасности полетов.*

### Введение

В процессе эксплуатации самолетов Ан-72 и Ан-74 эффективность системы обогрева стекол зарекомендовала себя с наилучшей стороны при эксплуатации самолета в условиях холодного климата. Жалоб со стороны пилотов на работу системы не было. Но при полетах в условиях высокой влажности и жаркого климата при вхождении самолета с высших слоев атмосферы в более теплые слои с повышенной влажностью система обогрева не справлялась со своими обязанностями, вследствие чего происходило запотевание стекол с ухудшением видимости и потерей пилотом визуальной ориентации в пространстве. Возникла потребность в разработке системы обогрева стекол, которая эффективно справлялась с данной проблемой и не ухудшала свои характеристики в условиях низких температур. В результате появилась система на бесконтактной элементной базе с повышенной потребляемой мощно-

стью, которая решает возникшую проблему. Для разработки данной системы была использована бесконтактная схема включения на основе полупроводникового элемента - симистора. Симисторы других типов использовались и раньше, но более новые типы способны эффективно работать с повышенными мощностями. Это позволило эффективно коммутировать повышенные токи в циклических режимах работы системы избегая проблем, связанных с подгоранием контактных элементов системы.

Особенности системы обогрева стекол в условиях циклической работы.

Два режима работы (интенсивный и ослабленный) определили использование разных схем подключения нагрузочных элементов стекла. На рис.1 показаны схемы подключения нагрузочных элементов «Треугольником» (интенсивный режим работы, рис 1. а) и «Звездой» (ослабленный режим работы, рис 1. б).

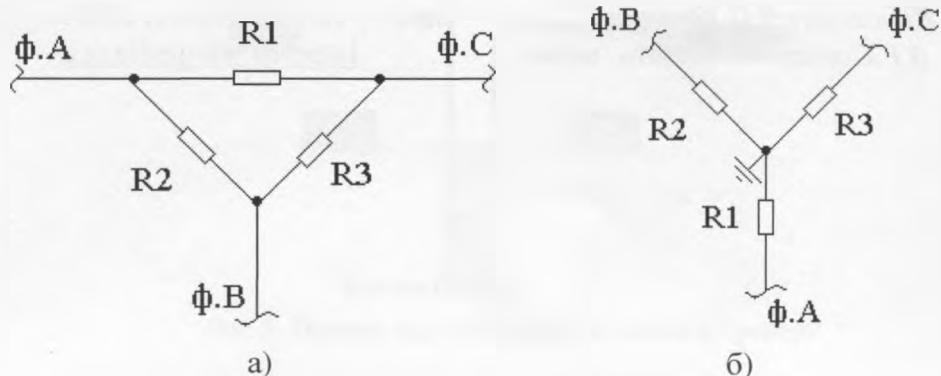


Рис.1. Схемы соединения нагрузки системы обогрева стекол

Как известно из теоретических основ электротехники фазный ток при интенсивном режиме работы вычисляется по формуле:

$$I_{\phi} = U_{\phi} / R,$$

$$I_{л} = I_{\phi} \sqrt{3},$$

Мощность  $P_T$  на нагрузочных элементах в интенсивном режиме вычисляется:

$$P_m = U_{\phi} * \sqrt{3} * R.$$

Ослабленный режим будет потреблять мощность в три раза меньше чем в интенсивном режиме (система трехфазная,  $P_3$ -мощность системы при соединении звездой)

$P_3 = 3 I_{\phi} * U_{\phi}$ ;  $P_m = 3 I_{л} * U_{л}$ , следовательно  $P_T = 3 \sqrt{3} I_{\phi} * \sqrt{3} U_{\phi}$ ,  $P_3 = 3 P_T$ .

Количественная оценка параметров системы обогрева стекол следующая:

- омическое сопротивление нагрузки составляет 50 Ом. Следовательно, ток, протекающий через одно из сопротивлений  $R$ , будет равен:

$$I_{\phi} = 200 / 50 = 4 \text{ A};$$

- линейный ток составляет соответственно:

$$I_{л} = 4 * \sqrt{3} = 6,93 \text{ A};$$

- мощность на нагрузочных элементах в интенсивном режиме:

$$P_T = 200 * 1,73 * 6,93 = 2400 \text{ Вт};$$

- мощность на нагрузочных элементах в ослабленном режиме составляет:

$$P_3 = 2400 / 3 = 800 \text{ Вт}.$$

При проведении испытаний была собрана схема подключения имитаторов нагрузочных элементов обогрева стекол которая показана на рис. 2.

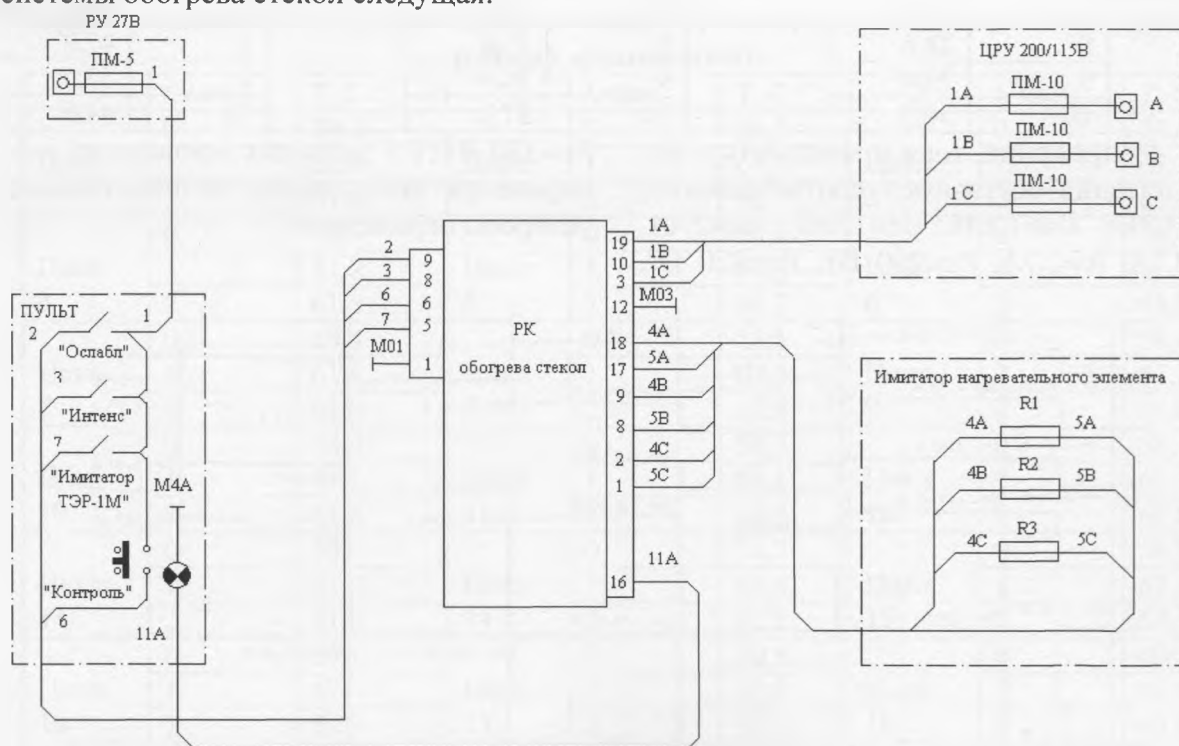


Рис. 2. Схема подключения имитаторов нагревательных элементов системы обогрева стекол в лабораторных условиях

Через предохранитель ПМ-5 подается сигнал + 27В на пульт управления режимами. Включается и выключается любой из режимов выключателем имитатора термoeлектрического регулятора ТЭР-1М при уже замкнутом выключателе данного режима при котором работает система. В распределительной коробке РК обогрева стекол

находятся три симистора (на каждую из трех фаз), управляющие симисторами трансформаторы, комутрующие элементы, конденсаторы для устранения радиопомех, автомат обрыва фаз АОФ контролирующий ненормальные режимы работы системы, а также нагрузочное сопротивление, которое используется в режиме "Кон-

троль». Через предохранители ПМ-10 подается напряжение 115В силовой цепи системы которое прилагается к сопротивлениям R1, R2, R3 имитирующим нагревательные элементы стекол.

Суть работы заключается в установлении пропускной токовой способности коммутирующих элементов (симисторов)

которая определяется по температуре их корпуса. Испытания стекол на работоспособность выполняется заводом изготовителем.

Результаты замеров температуры на корпусе симисторов в режиме «Ослаблено» приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристические величины замера температуры нагрева на корпусе симисторов в режиме «Ослаблено»

Цикл 1	<i>t</i> , мин	<i>T</i> , С °	Цикл 2	<i>t</i> , мин	<i>T</i> , С °	Цикл 3	<i>t</i> , мин	<i>T</i> , С °
	0	19			0		29,3	
1	21		1	30,4		1	37,2	
2	22,1		2	31,1		2	38,2	
3	23,4		3	31,8		3	39,0	
4	24,7		4	32,4		4	39,8	
5	25,8		5	33,1		5	40,7	
6	26,7		6	33,7		6	41,5	
7	27,7		7	34,8		7	41,6	
8	28,6		8	35,6		8	42,8	
9	29,4		9	36,4		9	43,5	
10	30,3		10	37,2		10	44,6	

Напряжения, токи и мощность в фазах питания составляют соответственно:  $U_a=120В$ ,  $U_b=120В$ ,  $U_c=120В$ ,  $I_a=2,4А$ ,  $I_b=2,7А$ ,  $I_c=2,7А$ ,  $P_a=290 Вт$ ,  $P_b=320 Вт$ ,

$P_c=330 Вт$ . ( в условиях проведения эксперимента допускаются незначительные разбросы параметров).

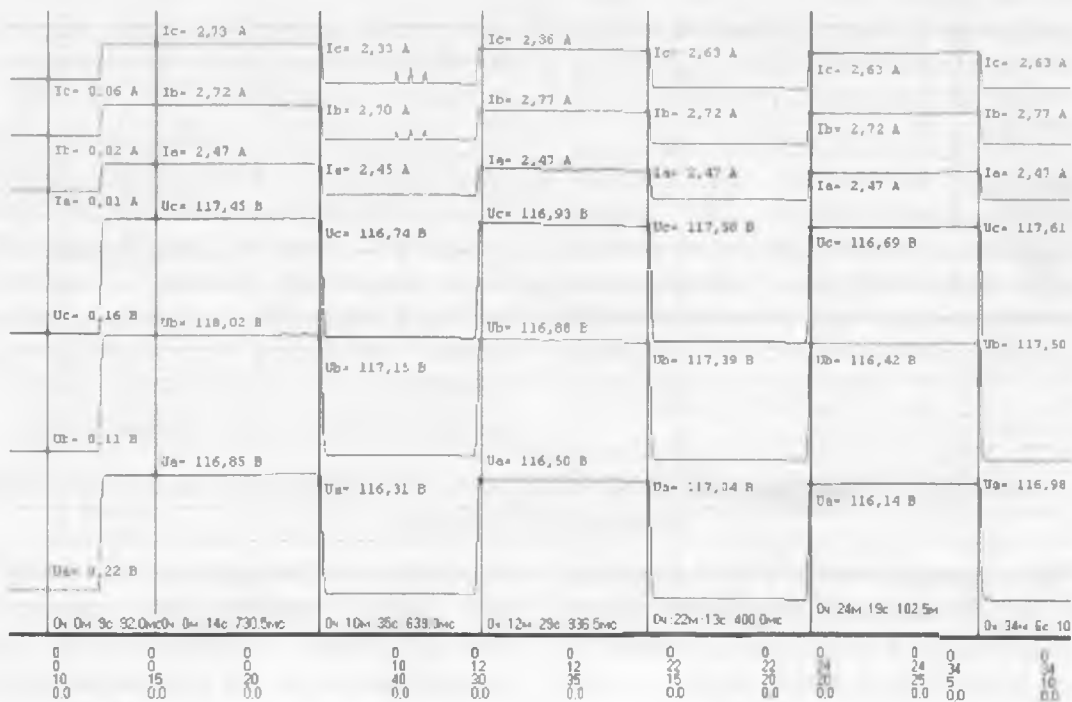


Рис. 3. Оциллограмма работы системы в режиме «Ослаблено»

Проверена работоспособность в режим «Контроль». В режиме «Контроль» в ослабленном режиме работы на одну из на-

грузок набрасывается сопротивление 54 Ом, при этом загорается лампочка М4А. (имитация перекоса фаз). Система работо-

способна во всех циклах проверки в режиме «Ослаблено». Количество проверок – 3.

Результаты замеров температуры на корпусе симисторов в режиме «Интенсивно» приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

Характеристические величины замера температуры нагрева на корпусе симисторов в режиме «Интенсивно»

	<i>t</i> , мин.	<i>T</i> , С°		<i>t</i> , мин.	<i>T</i> , С°		<i>t</i> , мин.	<i>T</i> , С°
	Цикл 1	0		41,4	Цикл 2		0	50
1		43	1	52,2		1	58,1	
2		44,1	2	53,2		2	58,9	
3		45,4	3	54,1		3	59,4	
4		46,4	4	54,9		4	60,1	
5		47,5	5	55,7		5	60,7	
6		48,7	6	56,5		6	61,2	
7		49,4	7	57,2		7	61,7	
8		50,4	8	57,9		8	62,3	
9		51,4	9	58,5		9	62,8	
10	52,2	10	59	10	63,3			

Таблица 3.

Характеристические величины замера температуры нагрева на корпусе симисторов в режиме «Интенсивно»

	<i>t</i> , мин.	<i>T</i> , С°		<i>t</i> , мин.	<i>T</i> , С°		<i>t</i> , мин.	<i>T</i> , С°
Цикл 1	0	59,7	Цикл 2	0	58,5	Цикл 3	0	58,4
	1	61,4		1	61,3		1	61,3
	2	61,8		2	62		2	61,9
Цикл 4	0	58,5	Цикл 5	0	58,4	Цикл 6	0	58,4
	1	61,2		1	61,3		1	61,1
	2	61,8		2	61,7		2	61,8
Цикл 7	0	58,4	Цикл 8	0	58,5	Цикл 9	0	58,4
	1	61,1		1	61,3		1	61,2
	2	61,8		2	61,9		2	61,8
Цикл 10	0	58,4	Цикл 11	0	58,4	Цикл 12	0	58,4
	1	61,1		1	61,1		1	61,2
	2	61,8		2	61,8		2	61,8
Цикл 13	0	55,5	Цикл 14	0	58,7	Цикл 15	0	58,9
	1	61,2		1	61,4		1	61,5
	2	61,9		2	62,1		2	62,3
Цикл 16	0	59,1	Цикл 17	0	59,5	Цикл 18	0	60
	1	62		1	62,5		1	62,6
	2	62,8		2	63,2		2	63,6
Цикл 19	0	61,5	Цикл 20	0	61,9			
	1	63,2		1	63,6			
	2	63,9		2	64,4			

Перерыв между циклами составляет 1 минуту во всех режимах проверок. Допустимая температура корпуса симистора составляет 75 С°. Напряжения, то-

ки и мощность в фазах питания составляют соответственно:  $U_a=120В$ ,  $U_b=120В$ ,  $U_c=120В$ ,  $I_a=6,7А$ ,  $I_b=6,5А$ ,  $I_c=7,2А$ ,  $P_a=800 Вт$ ,  $P_b=780 Вт$ ,  $P_c=840 Вт$ .

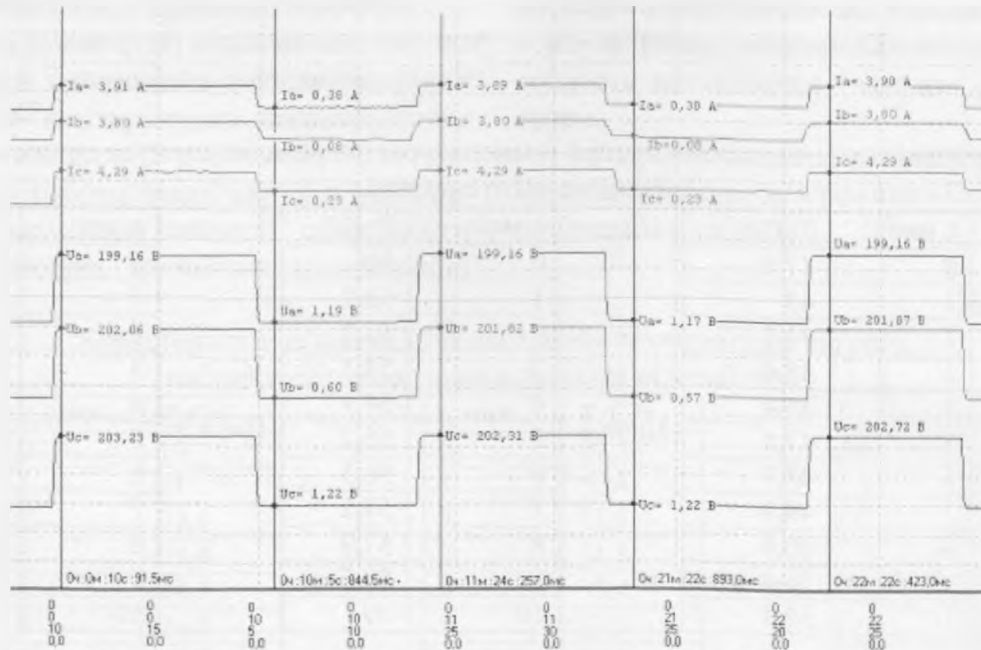


Рис. 4. Осциллограмма работы системы в режиме «Интенсивно»

Проверка в режиме обрыва фазы питания:

при обрыве фазы В в режиме «Интенсивно» АОФ не отключает нагрузку, при этом напряжения, токи и мощности в фазах питания до обрыва составляют соответственно:  $U_a=120\text{В}$ ,  $U_b=120\text{В}$ ,

$U_c=120\text{В}$ ,  $I_a=6,8\text{А}$ ,  $I_b=6,5\text{А}$ ,  $I_c=7,3\text{А}$ ,  $P_a=810\text{Вт}$ ,  $P_b=780\text{Вт}$ ,  $P_c=840\text{Вт}$ , а после обрыва - напряжения, токи и мощность в фазах питания составляют соответственно:  $U_a=120\text{В}$ ,  $U_b=0\text{В}$ ,  $U_c=120\text{В}$ ,  $I_a=3,8\text{А}$ ,  $I_b=0\text{А}$ ,  $I_c=4,7\text{А}$ ,  $P_a=460\text{Вт}$ ,  $P_b=0\text{Вт}$ ,  $P_c=560\text{Вт}$ .

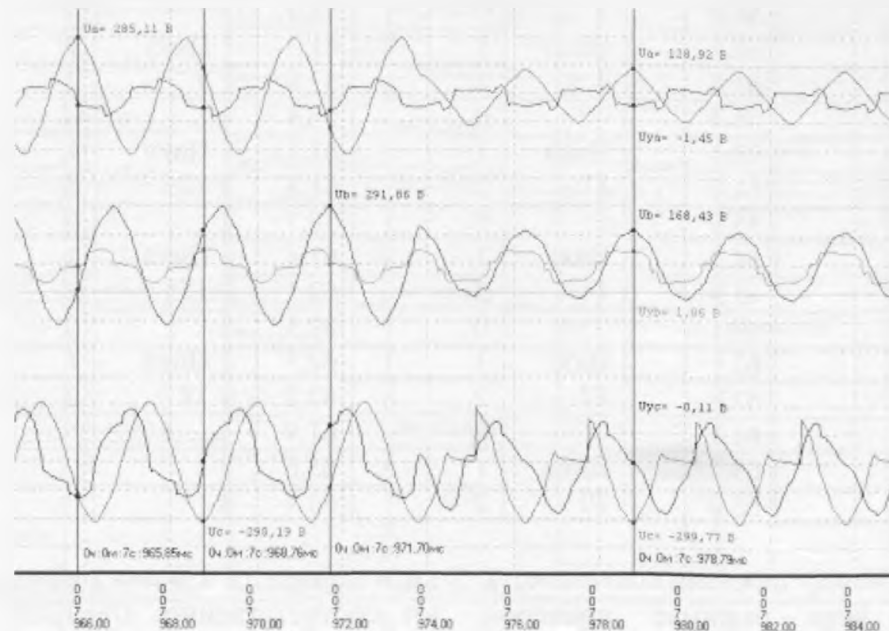


Рис. 5. Осциллограмма работы системы при обрыве питания фазы В в режиме «Интенсивно»

- при обрыве фазы В в цепи питания в режиме «Ослаблено» АОФ отключает нагрузку через 1,5 с после обрыва;

Проверка в режиме обрыва фазы С в цепи нагрузки:

в режиме «Ослаблено» при обрыве фазы нагрузки система отключается за время менее 2-х секунд и при восстановлении цепи питания нагрузки не включается;

в режиме «Интенсивно» при обрыве фазы нагрузки система отключается за время менее 2-х секунд и при восстановлении цепи питания нагрузки не включается.

Проверка в режиме перекоса фаз нагрузок:

в режиме «Интенсивно» ток фазы В плавно уменьшался с 3,8А до 1,54 А, что

составляет перекос фаз в 64 %. Система не отключается и при уменьшении тока фазы В до 0,5А, что составляет перекос в 98%;

в режиме «Ослаблено» при перекосе фаз нагрузки в 50% при напряжениях и мощностях в фазах питания соответственно:  $U_a=120\text{В}$ ,  $U_b=120\text{В}$ ,  $U_c=120\text{В}$ ,  $P_a=300\text{Вт}$ ,  $P_c=250\text{Вт}$ ,  $P_b=150\text{Вт}$  система работоспособна и не отключается в режиме «Контроль». Отключение происходит, когда перекос фаз составляет 86%, а ток в фазе В составляет 0,4А.

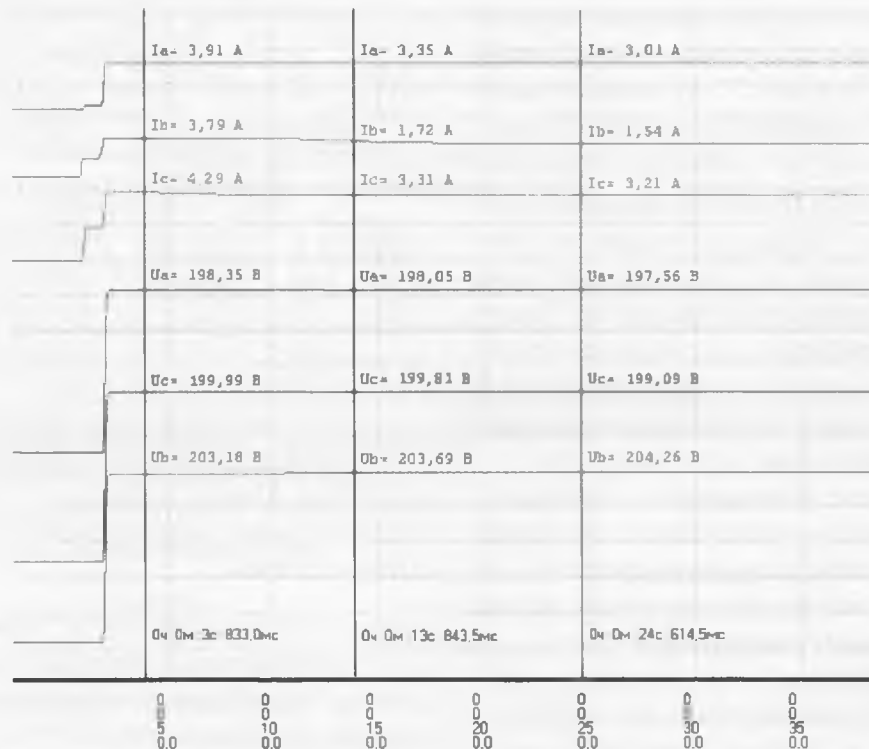


Рис.6. Оциллограмма разбаланса нагрузок при интенсивном режиме работы

Результаты, полученные при проведении эксперимента, были использованы при составлении АНТК «Антонов» протокола по результатам проверки работоспособности системы обогрева стекол с повышенной мощностью имитаторов нагревательных элементов стекла.

### Выводы

Модернизированная система обогрева стекол на самолетах АН-72, АН-74 способна эксплуатироваться во всех климатических условиях. Модернизация системы обогрева стекол напрямую связана с улучшением летно-эксплуатационных характеристик с повышением безопасности полетов при столкновении с реальными

условиями обслуживания воздушного судна.

### Список литературы

1. Ломоносов В. Ю., Поливанов К. М., Михайлов О. П. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1990.- 400 с.
2. Григорьев О. П., Замятин В. Я., Кондратьев Б. В., Пожидаев С. Л. Тиристоры /Справочник - М.: Радио и связь, 1990. – Вып. 1155.– С. 150 – 168.
3. Безсонов Л. А. Теоретические основы электротехники (в трех частях) - М.: Высшая школа. – Издание четвертое. – С. 185 – 196.