



Термовизионен мониторинг на електротехнически корабни системи

Силвия Лецковска,
инж. Камен Сейменлийски
инж. Кольо Орешков

Въведение

Машинното отделение на един кораб е отделението, в което се намират системите за задвижване, управление, както и спомагателните съоръжения. Мониторингът на състоянието на всички тези системи е важен елемент от прогнозната поддръжка и спомага за предотвратяване на множество прекъсвания и аварии при експлоатацията на един кораб. Решенията за машинен мониторинг са все по-масово прилаган и рентабилен способ за намаляване на броя и продължителността на престойте и редуциране на разходите за ремонт и обслужване [1,2,3].

Машинният мониторинг предоставя важна информация за производителността и ефективността на машините, която може да бъде използвана за ранно откриване на потенциални повреди и неизправности [4,5,20,21,22,23].

Мониторингът на оборудването се извършва във всякакви типове промишлени, комунални и строителни съоръжения. Проследяването на състоянието на критичните машини, механични системи и електрическо оборудване е от ключово значение за поддържането на безпроблемната им работа и плановата им ефективност [6,10,11,12,13].

.В много сценарии вибрациите, високите температури или неприсъщите шумове са първи предупредителни знаци, че

при съответната машина е налице риск от възникване на повреда [7,8,15,16,17,18,19].

Такова предупреждение може да осигури достатъчно време за подмяна на рисковия машинен компонент преди настъпването на авария и да предотврати отказа на оборудването, производствените прекъсвания и всички разходи, свързани с тях.

За целите на машинния мониторинг при по-модерните кораби се използва комбинация от хардуер, софтуер и контролно-измервателна апаратура, която позволява непрекъснато следене на статуса и работните параметри на машините и навременно регистриране на различни рискови отклонения [7,8,9,14,15].

Температурата е най-често измервания параметър.

Индустриални термометри и измервателни устройства за температура се използват за мониторинг на електрическото оборудване: на мотори, турбини, трансформатори, главни разпределителни табла и всякакъв тип панели за контрол и автоматизация на електрическо оборудване.

Температурните рекордери (познати още като логери или регистратори) са подходящи за използване с всички популярни типове температурни сензори, включително термодвойки, RTD (Resistance Temperature Detector – съпротивителен температурен сензор) и термистори.

На пазара се предлага широк спектър от регистратори за отчитане на температурата с голямо разнообразие от възможности за комуникация, съхранение и известяване. Достъпни са устройства с или без дисплей, с безжична и LAN комуникация, както и многоканални системи със множество входи.

1. Визуална инспекция чрез инфрачервена термография

Инфрачервената термография, известна още като термовизия, е безразрушителен метод за контрол, чрез визуализация на топлинните вълни, излъчвани или отразявани от заобикалящата среда. Колкото по-висока е температурата на обекта, толкова по-голямо е излъчването от него.

Методът е бърз и точен, безразрушителен и безконтактен, което означава, че за провеждането му не е

* Доц. д-р инж. Силвия Лецковска,
доц. д-р инж. Камен Сейменлийски,
инж. Кольо Орешков
Бургаски Свободен Университет



необходимо спиране или демонтиране на оборудването. В допълнение, изображенията, снети посредством техниката, са много по-лесни за разчитане и интерпретиране в сравнение с резултатите от други методи за безразрушителен контрол. Термографската диагностика е изключително гъвкав и приложим в множество случаи от техническата практика метод, който спомага за редуциране на разходите за поддръжка и експлоатация на механичното оборудване. Ето защо включването на тази техника в програмите по поддръжка на механичните системи и съоръжения е ефективен способ за повишаване на оперативната надежност на индустриални или комерсиални съоръжения незабавно и в дългосрочен план.

Инфрачервената термография намира широко приложение във военното дело и областта на сигурността. Други области, в които тя се прилага, са медицината, огнеборството и биологията. Технологиията широко се прилага в индустриалните предприятия и инвеститорския контрол в строителството.

Инфрачервените камери се използват за обследване на електрически повреди, претоварени и недобре изчислени електрически вериги, за инспекция на топлинни загуби и проникването на въздух, структурни дефекти на сгради и други повреди, както и с превантивна цел или преди и след извършване на ремонтни работи.

С помощта на инфрачервената термография ремонтните работи може да се локализируют само там, където са необходими, или да се провери качеството и надеждността на извършени такива.

Методът се основава на възбуждане на тествания материал от външен източник, В резултат се получава топлинен отговор в инспектирания материал, който се измерва с инфрачервена камера.

Съвременните термографски системи с високоскоростни и високочувствителни IR камери разширяват възможностите на методите за визуална проверка.

Термографията е приложима върху широк спектър от различни материали и може да се разглежда като метод на инфрачервена дефектоскопия, който може да разкрие несъвършенства на материала, като пукнатини, дефекти, празнини, кухини и други нарушения.

Термографската камера (наричана още инфрачервена камера, топовизор, термовизионна камера или термична камера) е устройство, което създава изображение с помощта на инфрачервено излъчване, подобно на обикновената камера, която формира изображение, използвайки видима светлина.

Термографските камери са безконтактни измервателни средства, които откриват невидими за простото око проблеми в механичните системи, свързани с температурни разлики и отклонения.

Те позволяват на техниците да инспектират съоръженията безопасно, дори по време на критични събития. Освен за отстраняване на неизправностите, термовизионните изображения спомагат и за оптимизиране на производствените процеси, както и за качествен мониторинг.

Инфрачервената термография е мощен диагностичен инструмент в различни индустриални приложения, в които функционират механични системи.

Програмите за превантивна поддръжка и RCM-поддръжка (reliability-centred maintenance или "поддръжка според надеждността") на оборудване и съоръжения в много производствени предприятия включват провеждане на обследвания с термовизионни камери за прецизно инспектиране на механичните компоненти. Вместо обхвата 400 – 700 nm на камерата за видима светлина, инфрачервените камери са чувствителни към дължини на вълните от около 1000 nm (1 μm) до около 14 000 nm (14 μm).

Практиката на улавяне и анализ на предоставените от тях данни се нарича инфрачервена термография. Инфрачервена камера (известна също като термична камера) открива и измерва инфрачервената енергия на обектите. Всички обекти излъчват инфрачервена енергия, известна като топлинна сигнатура. Камерата преобразува тези инфрачервени данни в електронно изображение, което показва видимата температура на повърхността на измервания обект.

Инфрачервената камера съдържа оптична система, която фокусира инфрачервената енергия върху специален детекторен чип (сензорна матрица), който



съдържа хиляди детекторни пиксели, подредени в мрежа. Всеки пиксел в сензорния масив реагира на инфрачервената енергия, фокусирана върху него, и произвежда електронен сигнал. Процесорът на камерата получава сигнала от всеки пиксел и прилага математическо изчисление към него, за да създаде цветна карта на видимата температура на обекта. На всяка температурна стойност се задава различен цвят. Получената матрица от цветове се изпраща в паметта и на дисплея на камерата като температурна картина (термично изображение) на този обект.

Много инфрачервени камери също включват камера за видима светлина, която автоматично улавя стандартно цифрово изображение при всяко натискане на спуська. Чрез смесването на тези изображения е по-лесно да се свържат проблемните зони във инфрачервено изображение с действителното оборудване или зона, която се инспектира.

Сензорите от типа CCD и CMOS, които се използват във фотоапаратите за видима светлина са чувствителни само към нетоплинната част на инфрачервения спектър, наричана близка инфрачервена област, но не и към средно- и дълговълнова инфрачервена области, използвани за инфрачервена термография.

Повечето камери за инфрачервена термография използват специализирани матрици (FPA, focal-plane array) от чувствителни към инфрачервеното (топлинно) лъчение елементи, разположени във фокалната равнина на обектива, които са способни да регистрират по-големи дължини на вълните (35 и 814 микрометра).

Най-разпространените матрици са изработени на базата на полупроводници от типа InSb, InGaAs, HgCdTe. Най-новите технологии използват евтини и неохладжани микроболометрични сензори. Техният растер е значително по-малък от този на съответните фотоапарати за видима светлина, най-често от 160x120 до 640x512 пиксела.

Термографските апарати са много по-скъпи от съответната фотографска апаратура. По-старите камери с болометри или по-чувствителните, като тази с InSb сензор, изискват криогенно охлаждане, например, с миниатюрен охладител с цикъл на Стьрлинг или

стечен азот.

Термовизионните изображения съдържат достатъчно точни данни за температурните стойности и осигуряват на инспекторите по поддръжката ценна информация за състоянието на обследваното оборудване.

При базовите термографски обследвания се събира базова информация за оборудването, включително обикновени условия на околната среда, работни параметри, вид и натоварване на системата и др.

Едно базово обследване показва модела на изменение на топлинния градиент при нормална работа на оборудването. При регулярното сравняване на моментните термографски профили с базовите могат своевременно да бъдат открити редица вече настъпили или предстоящи неизправности в системата.

Обикновено инфрачервената термография предшества други технологии за мониторинг на състоянието на индустриалните механични системи като вибрационен анализ, ултразвукова дефектоскопия и т. н.

Изисквания при изследване с термограф

Едно от важните изисквания при провеждане на изследване с термограф е системата да работи на натоварване от поне 40% от номиналното. Тъй като отделянето на топлина от оборудването е пропорционално на квадрата от големината на тока, тестването при пълно натоварване спомага за по-лесното откриване на дефекти.

Инфрачервените изображения не трябва да се правят през стъклени врати или прозорци. Част от електроапаратурата разполага със специални прозорци за инспекция чрез инфрачервена термография. В случай че такива не са налични, за провеждане на изследването шкафите с електрооборудване трябва да бъдат отворени, при условие че процедурите по безопасност го позволяват. Това обаче увеличава риска от образуване на волтова дъга.

Вятърът и въздушните течения от естествени източници също трябва да бъдат взети под внимание, тъй като те могат много бързо да охладят местата с по-висока температура до нива под границата на



откриване. Използването на вентилатори и климатици може да има същия ефект. При извършване на инспекция с инфрачервен термограф в такива условия шкафовете за електроапаратура трябва да бъдат отворени едва след като камерата е настроена и фокусирана, което ще гарантира максимална точност на събираните данни.

Температурата на околната среда също може да окаже значимо въздействие върху отчитанията – високите стойности могат да замаскират загретите места върху термограмата, а при ниските стойности оборудването може бързо да се охлади.

Както е известно, излъчвателната способност на даден материал се дефинира като относителната способност на повърхността му да излъчва енергия спрямо тази на абсолютно черно тяло. Настройката за този показател на термовизионната камера изисква специално внимание преди извършването на инспекцията.

Тестовите могат да бъдат количествени или качествени. При количествена инспекция е важно да бъде анализирана излъчвателната способност на всеки един компонент, за да се осигури висока точност на отчитанията. Специално внимание трябва да се обърне на силно отразяващите повърхности и небоядисаните метали, тъй като отраженията могат да окажат влияние върху прецизността на измерването.

По - често обаче за рутинни инспекции се провежда качествен анализ, при който се проследяват тенденциите в температурата на даден компонент или на едни и същи части на аналогични елементи от електрооборудването. Тъй като този тип оценки са относителни, термовизионната камера може да бъде настроена за излъчвателна способност 1,0.

Ъгълът и разположението на камерата също са фактори от изключително значение. Те трябва да се изменят, за да се провери дали някое от местата с по-висока температура не изчезва. Ако при промяна на ъгъла тези горещи точки изчезват, това означава, че те са били причинени от отражение. Отражението на пряка слънчева светлина и други светлинни източници от метални повърхности може да повлияе на получаването на термограмата.

В редки случаи зоните с по-ниска температура на изображенията са всъщност

проблемните области. Пример за това е неизправен предпазител, през който не протича ток и поради това е с по-ниска температура от останалите компоненти.

В допълнение към термограмите, е добре да се записват и числените стойности, които ще помогнат за качествения анализ за оценка на тенденциите в изменението на температурата на един и същи компонент с течение на времето. Необходимо е да се регистрират и настройките на термовизионната камера, при които са получени определени данни, за да се осигури повторимост и висока точност.

Интерпретация на изображенията

Прецизната интерпретация на термограмите е също толкова важна, колкото самият процес на събиране на данни.

На всяко изображение има точка с най - висока температура, но това не означава, че температурата на този компонент надвишава определената му гранична стойност, или че оборудването дефектира. Горещата точка може да е просто индикатор за това, че даденият компонент е с по-висока температура от останалата част от системата.

Важни параметри на термовизионните камери са обхватът и нивото на цветовата скала на изображенията. Ако настройките им са неправилни, даден компонент от електроинсталацията може да изглежда с по - висока температура, макар и действителната стойност да е в допустимите граници. Без настройка на тези параметри камерата засича максималните и минималните температури в цялата обследвана зона (включително заобикалящата среда) и визуализира стойностите им в този обхват. Това затруднява преценката дали горещите точки на изображението реално отговарят на неизправни компоненти. За да се избегне това, е необходимо да се определи праговата температура.

Ако предмет на инспекция са например конектори с максимална работна температура от 50° C, а температурата на околната среда е 23 °C, абсолютната температурна граница е 73° C.

Когато стандартите за даден вид оборудване задават няколко различни температурни граници, цветовата скала трябва да се регулира спрямо най-ниската от тях. Тъй



като излъчваната енергия е индикатор за температурата на даден обект, е добре оборудването да е с матова повърхност с ниска отражателна способност. По този начин стойността на излъчвателната способност е висока, което осигурява възможност и за точно отчитане на температурата.

За съжаление излъчвателната способност на по - голямата част от преносното и разпределителното оборудване е доста ниска. Това означава, че отчитането на температурата на определен обект само чрез измерването на общото инфрачервено излъчване най - вероятно ще доведе до грешни данни. За да се получат по - точни резултати за количествен анализ, трябва да е известна излъчвателната способност на инспектирания обект.

Стойността за емисионната способност на галванизирани шини например може да е различна от тази на негалванизирани шини. Затова при извършване на количествен анализ на оборудването, настройката за излъчвателната способност е от съществено значение.

Разбира се, дори когато стойностите за емисионната способност са известни, точното отчитане на температурата може да е трудно.

Грешки в измерването на температурата могат да възникнат вследствие не само на допускане на грешки в методологията, но и в резултат на грешки в самата термовизионна камера заради неправилно калибриране например.

Типични приложения на инфрачервената диагностика са електрическите и механичните системи, които включват:

- Помпи (например за откриване на прегряване в конекторите, проблеми с ел. предпазителите и претоварени кабели);
- Процесни вентили (за проверка на статуса: отворени, затворени, наличие на теч и др.);
- Резервоари за съхранение на различни флуиди (за проверка на ниво на флуида, ниво на утайка и т. н.) - тръбопроводи (за откриване на наслоявания, течове и др.);
- Електромотори (за откриване на прегрели компоненти, лагери, намотки и т.н.);
- Конвейерни системи (за откриване на прегрели механични компоненти, например лагери) и т.н.

Към типичните приложения на

инфрачервената термография можем да се добавя изследвания на зъбни предавки, вентилатори, хранващи системи, климатични камери, вакуумни системи, въздуховоди, двигатели, топлообменници, котли, пещи, кондензни гърнета и др.

1. Приложения на инфрачервената диагностика

1.1. Инспекция чрез инфрачервена термография на механични системи

Всички механични системи генерират топлинна енергия по време на работа. Повишаването на температурата на системата може да е вследствие на различни фактори: триене, загуба на материал, блокиране и др.

Посредством термовизионна техника могат да бъдат открити и локализирани своевременно зони с по - голямо от очакваното количество топлинна енергия.

Една от най-честите причини за загряване е триенето, което се получава вследствие на износване, разместване (загуба на центровка), свръх- или недостатъчно смазване и други неизправности в системата.

В такива случаи топлината се транспортира от точката ѝ на генериране към повърхността на съответния компонент. Тази енергия може да бъде заснета посредством техника, наречена индиректен трансфер на топлина (indirect heat transfer) и да бъде точно визуализирана на термовизионното изображение.

В голям процент от случаите идентифицирането на съответен модел на топлинния градиент не означава непременно, че е налице проблем. Именно поради това е важно да се извърши прецизна диагностика с термокамера, за да се разграничат неизправностите от нормалните работни прегрявания и да се избегнат времеемки и често скъпи демонтажи на оборудването за инспекция.

За да има база за сравнение при термографското изследване се снима и съхранява т.н. топлинен отпечатък (thermal signature) на системата при нормални работни условия. Така всяко бъдещо отклонение може да бъде сравнено с еталона.

Някои лагери и мотори например целево



са проектирани да работят при по-високи от стандартните за този тип системи температури. Тази информация е препоръчително да бъде отбелязана при провеждане на изследването, за да се предотвратят фалшиви заключения за наличието на проблем в системата.

1.2. Инспекция чрез инфрачервена термография на електрически системи

Инфрачервената термография е метод, използван за идентифициране на потенциално проблемни зони чрез откриване на “горещите точки” в електрическите системи. Техниката се основава на факта, че температурата на повечето неизправни компоненти е по - висока.

Повишаването на температурата може да е резултат, например, на нестабилни свързвания, дефектирала електроапаратура, къси съединения, претоварвания, товаров дисбаланс и дори неправилен монтаж.

Инфрачервената термография позволява изследване на локалните загрявания в системата, които могат да бъдат използвани за определяне на местоположението на евентуални проблеми, които да бъдат анализирани и отстранени преди оборудването да се повреди и да се стигне до още неизправности.

Методът се прилага най - често при въвеждане в експлоатация на инсталациите, както и в рамките на програмите за превантивна поддръжка.

В първия случай целта е откриването на зоните с по - висока температура за по - нататъшната им оценка, докато при превантивната поддръжка инфрачервената термография се използва за събиране на данни за проследяване на тенденции.

Процесът включва използването на подобно на камера устройство (термовизионна камера, термограф), с което наведнъж се сканира голяма част от инсталацията, за да се засекаат естествените инфрачервени излъчвания от оборудването и да се преобразуват в изображения (термограми).

В цветните термограми белият и червеният цвят обикновено се използват за изобразяване на зоните с по - висока температура, а черният и синият – за тези с по - ниски температурни стойности.

II. Термографско изследване на електрическо и механично оборудване в машинно отделение на круизен кораб

Изследването бе проведено с помощта на термовизионна камера модел FLIR T 530.

Камерата има следните основни характеристики:

- 15 MP;
- вградена LED фото/видео лампа R;
- резолюция 320 × 240 (76 800 пиксела);
- спектрален обхват 7,5 - 14,0 μm;
- работен температурен диапазон -15°C до 50°C (5°F до 122°F);
- температурен диапазон на обекта -20°C до 120°C (-4°F до 248°F) 0°C до 650°C (32°F до 1202°F);
- съвместима е със софтуера на FLIR FLIR Thermal Studio Suite, FLIR Route Creator, FLIR Ignite, FLIR Research Studio, FLIR Atlas SDK.

Основните параметри, които бяха взети под внимание при изследването са показани в Табл. 1.





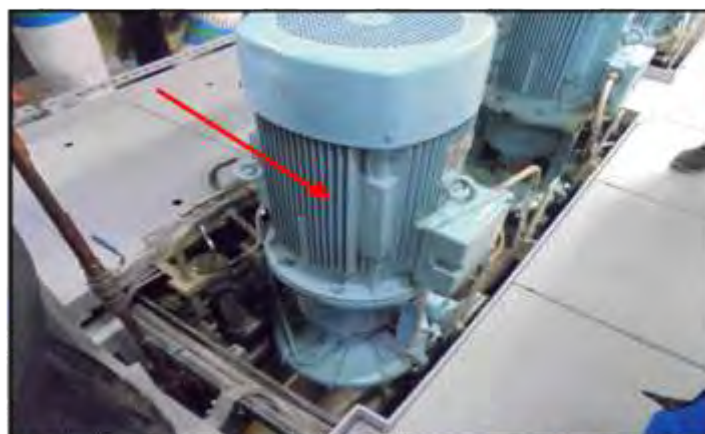
Таблица 1.

Приоритет	Температура (°C) над средната сравнявана, в дадено изображение	Цветен код, използван за отчета	Действия за предприемане
1	>55	Красно	КРИТИЧНО – Веднага трябва да се предприемат действия!
2	26-55	Жълто	Сериозно – Трябва да се поправи/смени, колкото се може по-скоро, препоръчва се да се проверят зоните около изследваната част.
3	16-25	Сиво	Предупреждение – Да се поправи/смени в срок от 30 дни, да се наблюдава електрическият товар и да се следи за физически щети.
4	1-15	Синьо	Маловажно – да се поправи/смени по време на регулярна поддръжка.
0	0	Зелено	Без забележка – снимката е направена с цел сравнение.

При изследването се получиха следните резултати:

2.1. Изследван обект – Електрически мотор на Циркулационна помпа за прясна вода за хотелка част.

Температура на околната среда: 24°C. Приоритет: 0.

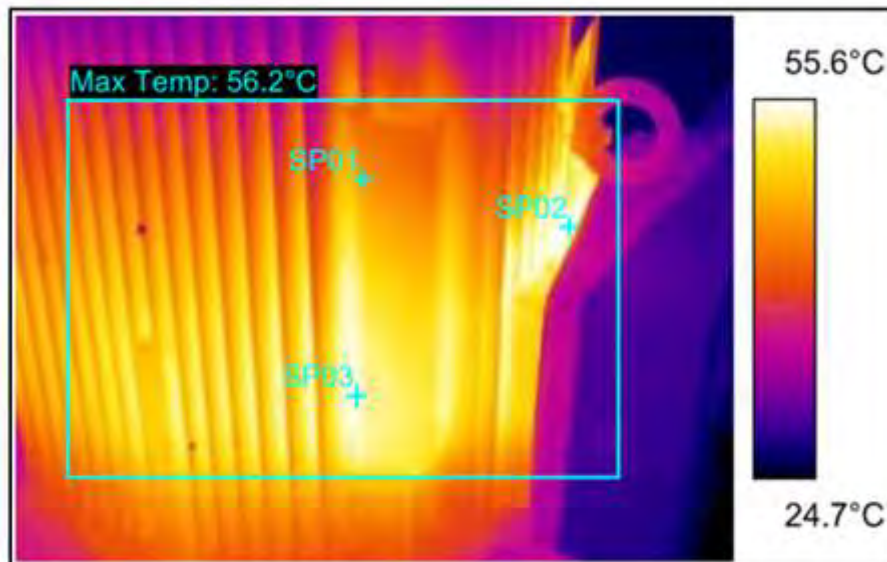


Фигура 1.



Label	Value
Max Temp	56.2°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Ref temp)	46.6°C
SP02 (Ref temp)	55.5°C
SP03 (Ref temp)	54.2°C

А.



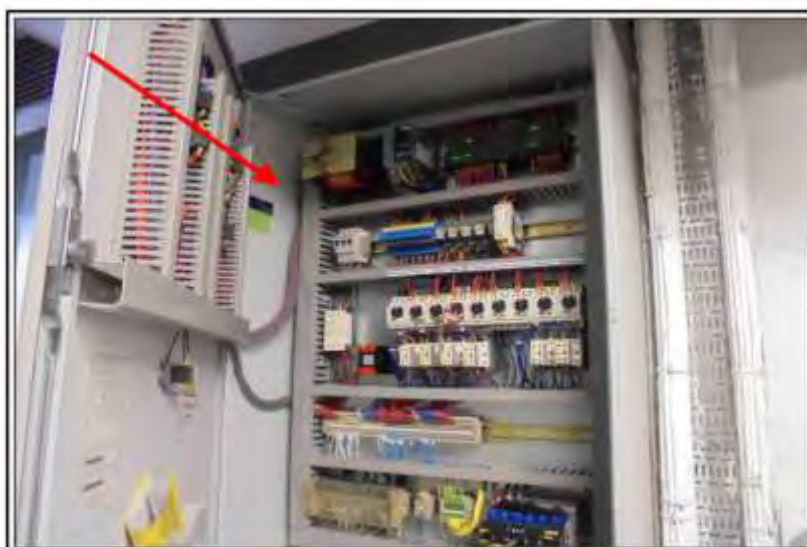
В.

Фиг. 2. Резултати от изследване на циркуляционна помпа за прясна вода за хотелка част.

Резултати: Проведеното термовизионно изследване не доказва наличието на проблеми при работа на помпата (Фиг. 2, А, В). Работната температура не надхвърля средната, посочена от производителя в инструкцията за използване и поддръжка. Няма горещи точки (*hot spots*), които да са сравнително по-високи от средната температура на мотора.



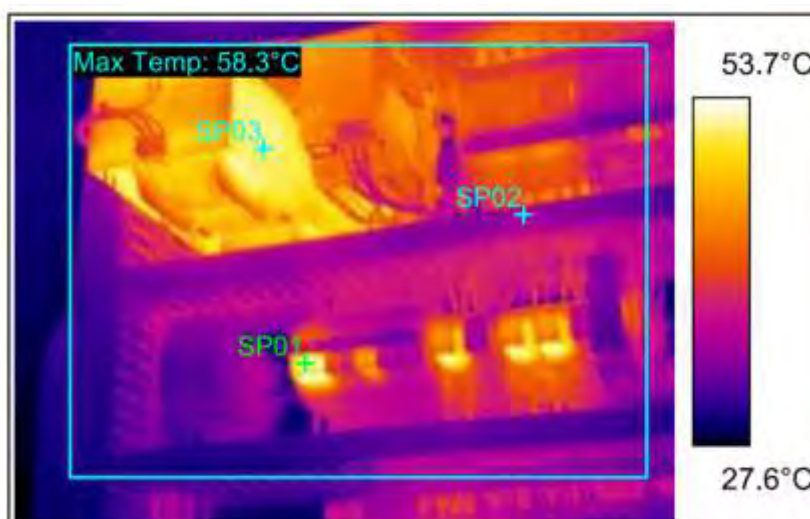
2.2. Изследван обект - Контролен панел на система за обработка на отпадни води (Фиг. 3).



Фиг. 3.

Label	Value
Max Temp	58.3°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Ref temp)	58.0°C
SP02 (Ref temp)	32.1°C
SP03 (Ref temp)	48.3°C

Фиг. 4. А.



Фиг. 4. В.



Температура на околната среда: 24°C. Приоритет: 0. Резултати: Установи се нормална работна температура на бобината на контактор (Фиг. 4).

Таблото използва входно напрежение 690V, което е основно за циркулиционните помпи. Има понижаващ трансформатор от 690V на 220V за контрол на контакторите и за захранващи блокове от 220V AC към 24VDC за Програмируемите логически контролери и спомагателни сензори.

Тук обект на изследването е контактор със сравнително повишена температура, но след справка в характеристиката, предоставена от производителя, всичко се оказва в норми.

2.3. Изследван обект - Контактори за Междусекционно прехвърляне на захранването в Главно разпределително табло No.1 (Фиг. 5).

Тъй като тези контактори са постоянно в употреба и под напрежение (690V) и високи токове, беше важно да се обърне повече внимание на работната им температура. Освен с термокамера, така и с невъоръжено око се направи оглед за някакви физически щети, но всичко беше в норми. Приоритет: 0.

Температура на околната среда: 24°C.



Фиг. 5.

Резултати: Установи се нормална работна температура.

Label	Value
Max Temp	41.2°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Ref temp)	37.1°C
SP02 (Ref temp)	36.1°C
SP03 (Ref temp)	33.3°C

Фиг. 6. А.



Фиг. 6. В.

2.4. Изследван обект – Електрически мотори на охлаждащи вентилатори за Трансформатор No.1 за машинно отделение (11кV/690V).

Температура на околната среда: 24°C. Приоритет: 0.

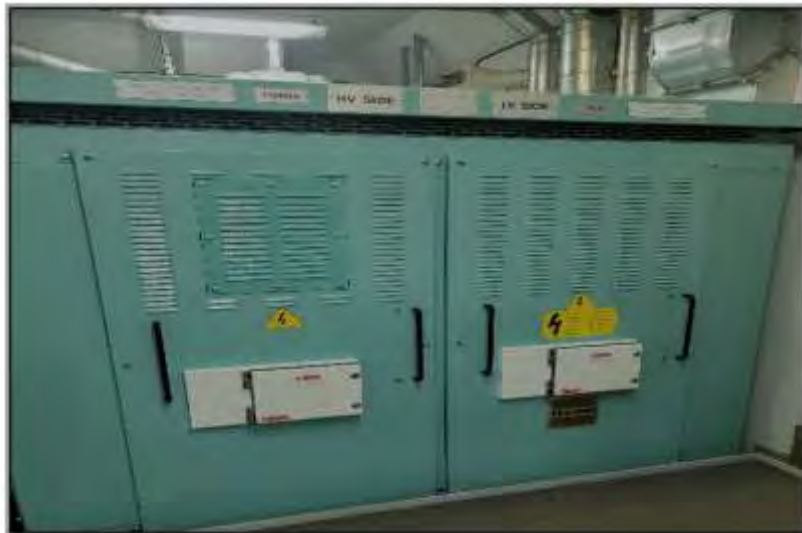


Фиг. 7.

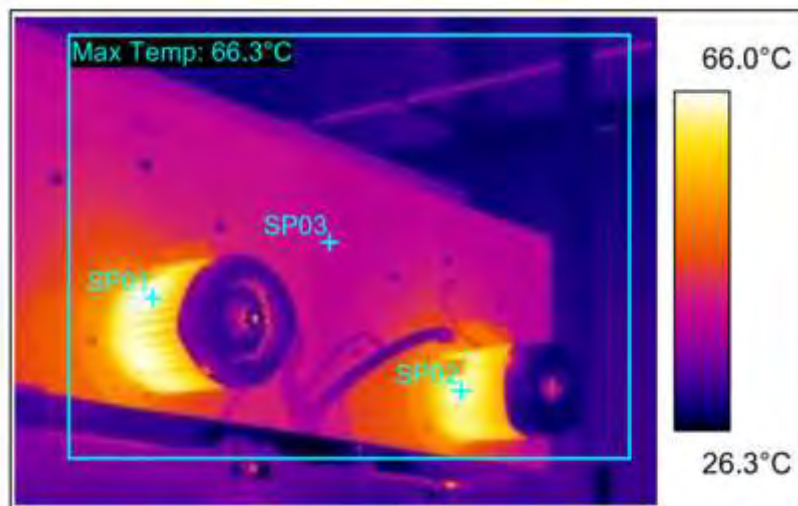
Резултати: Този трансформатор не е оборудван със специален прозорец за диагностика с термокамера, за това бяха проверени само моторите на охлаждащите го вентилатори.

За съжаление тук не са инсталирани термовизионни прозорци за безопасно наблюдение по време на работа (под напрежение) на трансформатора, за това не е възможно да се направи диагностика на самият трансформатор (Фиг. 7).

На Фиг. 8.А е показан друг корабен трансформатор с инсталирани термовизионни прозорци за мониторинг (наблюдение) на температурата на намотките му под напрежение на марката Viewsafe.



Фиг. 8. А.



Фиг. 8. В.

На фиг.8.С се вижда как точно се изпълнява безопасно такава проверка.



Фиг. 8. С.



Системата Viewsafe е с одобрена класификация за работа до 50 кА за 1 секунда при 11 кV от КЕМА и Lloyd's Register, в съответствие с IEC 62271-200.

2.5. Високоволтов прекъсвач за Главен задвижващ мотор No.1 (локация: Главно разпределително табло No.1) (Фиг. 9).

На Фиг. 9 се вижда задната част на Главното разпределително табло, секцията зад високоволтовият прекъсвач, където са шинните връзки (11кV). Тук са инсталирани термовизионни прозорци за мониторинг на температурата, за това изследването беше проведено под напрежение. Температура на околната среда: 24°C.

Приоритет: 0.

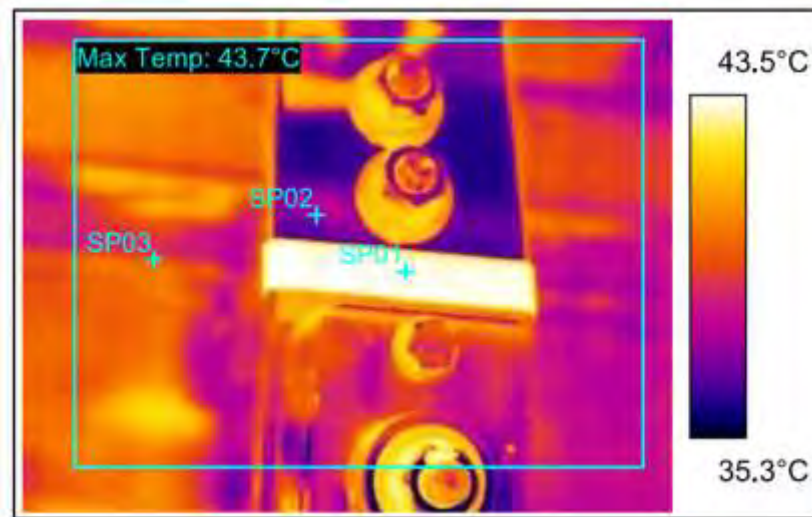


Фиг. 9.

Резултати: диагностиката беше извършена през специално инсталираният прозорец за изследване с термокамера и не бяха установени никакви необичайни признаци за неизправност и завишени температурни стойности.

Label	Value
Max Temp	43.7°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Ref temp)	43.3°C
SP02 (Ref temp)	38.6°C
SP03 (Ref temp)	39.5°C

Фиг. 10. А.



Фиг. 10. В.

2.6. Високоволтов прекъсвач за Главен задвижващ мотор No.2 (локация: Главно разпределително табло No.2) (Фиг. 11).



Фиг. 11.

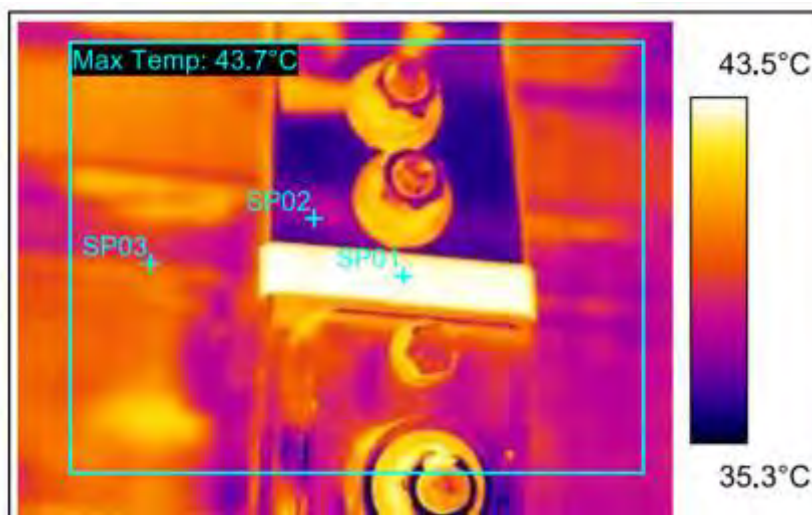
На Фиг. 11 се вижда задната част на Главното разпределително табло, секцията зад високоволтовият прекъсвач, където са шинните връзки (11кV).

Тук са инсталирани термоизолационни прозорци за мониторинг на температурата, за това изследването беше проведено под напрежение.

Температура на околната среда: 24°C. Приоритет: 0.

Label	Value
Max Temp	43.7°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Ref temp)	43.3°C
SP02 (Ref temp)	38.6°C
SP03 (Ref temp)	39.5°C

Фиг. 12. А.



Фиг. 12. В.

Резултати: диагностиката беше извършена през специално инсталирания прозорец за изследване с термокамера.

Не бяха установени никакви необичайни признаци за неизправност и завишени температурни стойности.

2.7. Контролно табло за Генератор No.2 (Фиг. 13).

Таблото получава захранване 690V и това напрежение се използва само за два захранващи блока, работщи в паралел (690V AC към 24V DC).

Всички релета, логически контролери и устройства за контрол и следене на параметрите на генератора, както и спомагателните им сензори, използват 24V DC, захранени от тези два блока.

Температура на околната среда: 24°C. Приоритет: 0.

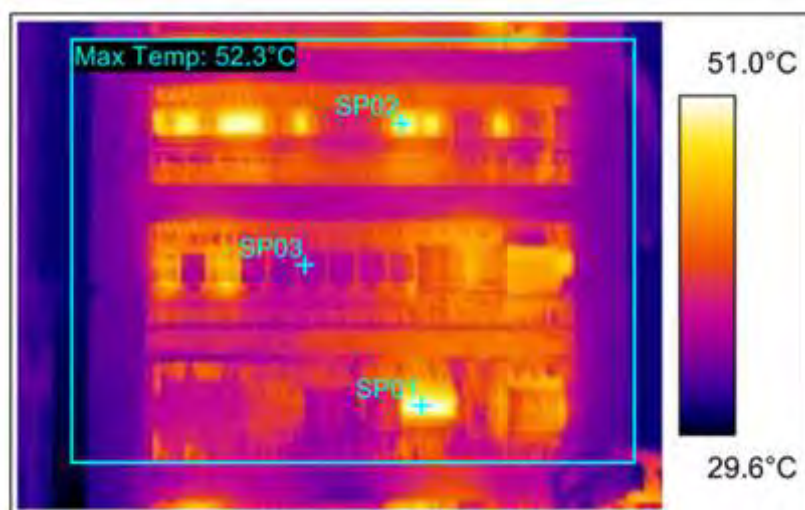


Фиг. 13.



Label	Value
Max Temp	52.3°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Ref temp)	51.0°C
SP02 (Ref temp)	47.3°C
SP03 (Ref temp)	33.1°C

Фиг. 14. А.



Фиг. 14. В.

Резултати: Тук вниманието бе насочено към няколко релета, в частност – техните бобини, които привидно бяха с по - висока работна температура, но след справка с характеристиките им, дадени от производителя, се установи, че всичко е в норма.

2.8. Контролно табло за Изпарител No.2 (Фиг. 15).

Това е съоръжение, което прави прясна вода от морската, чрез изпарение при негативно налягане (вакуум).

Таблото използва 690V входящо напрежение, което се използва главно за задвижване и управление на мотори, въртящи помпи.

Таблото разполага и с понижаващ трансформатор, който преобразува напрежението на 220V AC, основно използвано за контрол на клапани (актуатори) и два захранващи блока, които го конвертират от 220VAC към 24VDC.

Температура на околната среда: 24°C. Приоритет: 3.



Фиг. 15.

Label	Value
Max Temp	61.8°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Anomaly temp)	61.0°C
SP02 (Ref temp)	46.1°C
SP03 (Ref temp)	43.6°C

Фиг. 16. А.



Фиг. 16. В.



2.9. Контролно табло за Тръстер No1 (Фиг. 17).

Температура на околната среда: 24°C. Приоритет: 2.



Фиг. 17.

Label	Value
Max Temp	61.3°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Anomaly temp)	60.0°C
SP02 (Ref temp)	31.6°C
SP03 (Ref temp)	27.4°C

Фиг. 18. А.



Фиг. 18. В.



Установи се, е кабелите са без кабелни обувки.

Label	Value
Max Temp	31.6°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Ref temp)	28.6°C
SP02 (Ref temp)	28.3°C
SP03 (Ref temp)	28.6°C

Фиг. 19. А.

Възможно е това да е причината за слабата връзка и нагряването на контактните повърхности, което от своя страна води до по - високо електрическо съпротивление, по-висок ток и повишаване на температурата на кабела.

След смяна на контактора с нов и след поставянето на кабелни обувки, бе извършена повторна проверка, при която не бяха установени никакви завишени стойности на работната температура (Фиг. 19).



Фиг. 19. В.

2.10. Контролно табло No.2 за Аварийен Генератор (Фиг. 20).

Това е едно от разпределителните табла за Аварийният генератор, което е за спомагателното оборудване на алтернатора, в частност – за контрол на охлаждащите вентилатори на алтернатора



Фиг. 20.

Температура на околната среда: 24°C. Приоритет: 1.

Label	Value
Max Temp	>130.2°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Anomaly temp)	>130.2°C
SP02 (Anomaly temp)	>130.2°C
SP03 (Ref temp)	41.2°C

Фиг. 21. А.



Фиг. 21. В.

Резултати: Повишената температура на конектора е сигнал за някакъв проблем, най-вероятно слаба връзка – SP01 и SP02. В този случай се изискват незабавни действия, имайки в предвид и важноста на изследвания обект – аварийен генератор.

Инсталираният контактор беше сменен с нов, със същите параметри. След смяна на дефектирания контактор, беше извършена вторична проверка и проблемът беше отстранен (Фиг. 22).

Label	Value
Max Temp	35.4°C
LI01 (Max temp)	-
SP01 (Ref temp)	32.0°C
SP02 (Ref temp)	33.2°C
SP03 (Ref temp)	32.1°C

Фиг. 22. А.



Фиг. 22. В.

Изводи

Инфрочервената термография е усъвършенствана програма за предпазна поддръжка на електрическа система. Термографията е идеална за виждане отвъд това, което се вижда с просто око.

Електрическото оборудване се състои от сложни електрически компоненти. Тъй като тези електрически компоненти започват да стареят, тяхната работа може да започне да се влошава и, следователно, може да покаже повишени температури, които, ако не бъдат открити, могат да доведат до катастрофален пожар. Повечето пожари в машинните отделения на борда на корабите са резултат от тази небрежност.

Нормалното износване, вибрациите, химическото замърсяване, корозията, умората, разширението и свиването, свързани с промените в натоварването и температурата и неправилното сглобяване или инсталиране,

могат да намалят проводимостта или да повишат нивото на съпротивление на връзка или компонент. Това увеличение на съпротивлението ще доведе до повишени температури на електрическата връзка или механичния компонент. Тези състояния често не могат да бъдат открити с просто око. Прекомерната топлина и повишаването на температурата могат лесно да бъдат измерени и отбелязани от инфрочервена камера. Повишените температури показват потенциални проблемни точки, които могат да доведат до повреда на компонента. Всички забелязани недостатъци трябва да бъдат отстранени незабавно от квалифициран електротехник или механик.



Използвана литература

- [1]. Manimekalai Ponnusamy, An Overview of Batteries for Photovoltaic (PV) Systems, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 82 – No 12,
- [2]. <https://nacbi.org/consumer-resources/infrared-inspections/infrared-thermographic-electrical-inspections-surveys-for-commercial-industrial-institutional-properties/>
- [3]. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8166410>
- [4]. <https://standards.ieee.org/industry-connections/>
- [5]. <https://www.engineering-review.bg/bg/distantionna-vizualna-inspektsiya/2/4401/>
- [6]. <https://www.engineering-review.bg/bg/infrachervena-termografiya-za-poddrzhka-na-el-instalatsii/2/3973/>
- [7]. <https://www.engineering-review.bg/bg/savremenni-prilozheniya-na-infrachervenata-termografiya-pri-mehanichni-sistemi/2/3594/>
- [8]. <https://www.engineering-review.bg/bg/monitoring-na-sastoyanieto-na-mashini/2/3892/>
- [9]. <https://carelabz.com/thermography-testing-of-electrical-equipment/>
- [10]. Plamen Hinkov, Angelo Aristotelov, Eldar Zaerov, THERMAL VISION DIAGNOSTICS OF PV - PANELS, XX Conference on SIC BFU - Yearbook, Volume XXIX, 2019, ISSN: 1311-221X, p.101-106
- [11]. Kamen Seymenliyski, Eldar Zaerov, Radoslav Simionov, Silviya Letskovska, Reducing The Environmental Impact Of Electrical Installations, International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech 2018) Sofia, Bulgaria 11-14 June 2018, IEEE Catalog Number: ISBN: 978-1-5386-7040-8, p.206-209 Scopus, International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech 2018) Sofia, Bulgaria 11-14 June 2018, IEEE Catalog Number: ISBN: 978-1-5386-7040-8, p.206-209 Scopus, 2018
- [12]. Kamen Seymenliyski, Silviya Letskovska, Radoslav Simionov, Eldar Zaerov, Electrical equipment impact on the environment and quantity factor measurement, ICTRS '18, October 8–9, 2018, Barcelona, Spain ISBN: 978-1-4503-6580-2, <https://doi.org/10.1145/3278161.3278168>, Proceedings of the Seventh International Conference on Telecommunications and Remote Sensing, p. 41–44; Scopus, 2018
- [13]. Radoslav Simionov - Modern methods for engineering solutions in building energy systems, BFU Yearbook 2018, volume XXXVIII, ISSN: 1311-221X
- [14]. Silviya Letskovska, Kamen Seymenliyski, Eldar Zaerov, Radoslav Simionov - DAMAGE INFLUENCE OF PV-MODULES ON THE EFFICIENCY OF THEIR WORK, Yearbook BFU 2018, ISSN: 1311-221X
- [15]. Simionov, R., Mollova, S., Dolchinkov, R. - Integrated laboratory complex, 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2020 - Proceedings, 2020, pp. 1567–1572, 9245339
- [16]. Kamen Seymenliyski, Silviya Letskovska, Radoslav Simionov, Current aspects of the impact of electrotechnical equipment on the environment, ISC Blue Economy, BFU 2018, pp. 257-262, Collection of reports, ISBN 978-619-7126-57-0, Printing house "EKS-PRESS" OOD - Gabrovo
- [17]. Stoyanka Mollova, Radoslav Simionov - Study of the energy efficiency of a laboratory computer cluster, ISC Blue Economy, BFU 2018 p.107-113. ISBN 978-619-7126-57-0
- [18]. Radoslav Simionov - Modern methods for engineering solutions in building energy systems, BFU Yearbook 2018, vol. XXXVIII, ISSN: 1311-221X
- [19]. Silviya Letskovska, Kamen Seymenliyski, Eldar Zaerov, Radoslav Simionov - DAMAGE INFLUENCE OF PV-MODULES ON THE EFFICIENCY OF THEIR WORK, Yearbook BFU 2018, ISSN: 1311-221X
- [20]. Dolchinkov R., Teaching methods in computer design of technological systems, SEVILLE, SPAIN, 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESERCH AND INOVATION, ISBN 978-84-616-3849-9, p. 5785-5795, 2013.
- [21]. Dolchinkov R., Georieva P., LED lighting with wind and solar energy, Electronic Journal of Computer Science and Communications, Issue 1, ISSN 1314-7846, p. 48-57, 2012.
- [22]. Dolchinkov R., Mechanisms and machines in renewable energy sources, Electronic magazine of CITN for computer sciences and communications, vol.3, ISSN 1314-7846, p. 31-42, 2013.
- [23]. Dolchinkov R., Penka Georgieva, Efficiency of solar tracking systems, BFU Yearbook, vol XXVII, ISBN 1311-221-X, стр. 243-255, 2012.