

**Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу**



**Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Мастер академске студије
Модул: Информатика у инжењерству
Предмет: Теорија и техника мерења
Број индекса: 355/2015**

Борко С. Јовић
Мерење и обрада резултата мерења
параметара погонског мотора
дробилице за угаљ
Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Драган Тарановић, доцент-ментор
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- Анализира рад погонског мотора дробилице за угаљ и да на основу извршене анализе утврди параметре које треба мерити у циљу смањења отказа мотора.

- За мерење утврђених параметара изабере одговарајућу мерну опрему и објасни принципе на којима та мерна опрема ради.

- Резултате мерења систематизује и направи одговарајући програм којим се резултати мерења обрађују и меморишу.

Препоручена литература:

[1] А. Грујовић: Техничка мерења I, Крагујевац, 2002.

[2] А. Грујовић, Н. Грујовић: Техничка мерења II, Крагујевац, 2007.

[3] А. Грујовић, Н. Грујовић: Техничка мерења III, Крагујевац, 2007.

[4] Каталог и упутства за употребу коришћене мерне опреме

Крагујевац, јануар 2017.

Ментор:
Др Драган Тарановић, доцент

Резиме рада:

У првом делу овог рада је описан географски положај рудника са комуникационим везама и погон „Сува Сепарација“, као саставни део „Колубара Прераде“. У наставку рада описана је дробилица угља са својим карактеристикама и конструктивним деловима. Други део описује опште одредбе радова на електромоторима, препоруке за одржавање и подмазивање лежачева, складиштење као и узроке настајања оштећења на истим. На крају рада, описани су уређаји за мерење више различитих параметара. Резултати тих мерења, после обраде, могу бити унети у апликацију за евидентирање, где се врши упоређивање са претходно измереним вредностима у циљу доношења исправне одлуке да ли је могуће тај електромотор и даље користити или је потребно вршити санацију односно замену. По потреби се може штампати извештај са подацима о тренутном стању тог електромотора.

Кључне речи:

Производња угља, дробилица, електромотор, уређаји за мерење, апликација.

Summary of work:

In the first part of this paper describes the geographical location of the mine with communication links, and drive „Suva Separacija“, as a part of "Kolubara Prerada". The remainder of this paper describes the coal crusher with its own characteristics and structural parts. The second part describes the general provisions of the works on electric motors, recommendations for maintenance and lubrication of bearings, storage and causes of damage to the same. At the end of operation, devices are described for the measurement of a number of different parameters. The results of these measurements, after processing, can be included in the application for registration, where there is a comparison with the previously measured values in order to make the right decision whether it is possible that the electric motor continues to use or need to carry out repair or replacement. If necessary, you can print a report with information about the current state of the electric motor.

Key words:

Production of coal, crusher, electric motor, devices for measuring, applications.

Изјава о самосталној изради рада

Изјављујем да сам овај мастер рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

355/2015 Борко С. Јовић

(потпис)

Садржај

1.	Увод	1
1.1	Географски положај рудника и комуникационе везе.....	1
1.2	Периоди изградње погона Сува Сепарација.....	2
2.	Основни подаци о предузећу	3
2.1	Опис и шема технолошког процеса	4
2.1.1	I фаза.....	5
2.1.2	II фаза	6
2.1.3	III Фаза.....	6
3.	Електро-машинско одржавање Суве Сепарације.....	8
4.	Опис рада дробилице	9
4.1	Кварови на дробилицама.....	12
4.2	Основне карактеристике дробилице.....	13
4.3	Конструктивни делови дробилице.....	14
5.	Упутство за рад на дробилицама (општи део)	15
5.1	Дужност руковаоца дробилица приликом појединачног управљања са притисним дугмадима код дробилица са блокадом.....	16
5.2	Примопредаја.....	16
6.	Мере заштите на раду.....	17
6.1	Посебне мере заштите на раду.....	17
7.	Опште одредбе радова на електромоторима.....	18
7.1	Препорука за одржавање и подмазивање лежајева електромотора.....	19
7.2	Мерење отпорности изолације.....	19
7.3	Складиштење електромотора.....	20
7.4	Извори опасности	21
7.5	Заштитне мере	21
7.6	Узроци настајања оштећења електромотора.....	22
7.7	Оштећења која настају на електромоторима.....	22
8.	Термометри за мерење температуре	24
8.1	Инфрацрвени термометар Fluke 66.....	25
8.2	Принцип рада инфрацрвених сензора температуре	26
8.2.1	Емисивност.....	27
8.2.2	Температурски опсег	28
8.2.3	Спектрални опсег.....	28
8.2.4	Видно поље	28
8.3	Начин подешавања тачке у којој се мери температура.....	29
8.4	Карактеристике Инфрацрвеног термометра Fluke 66	29
8.5	Примери употребе	32
9.	Електронски стетоскопи за мерење вибрације.....	33

9.1	Електронски стетоскоп SKF TMST 2	33
9.2	Технички подаци уређаја	34
10.	Уређаји за мерење броја обртаја	35
10.1	Тахометар TMOT 6	35
10.2	Карактеристике тахометра.....	36
10.3	Саставни делови тахометра	36
10.4	Додатни прибор уређаја.....	37
10.5	Оптичко мерење броја обртаја	38
10.6	Контактно мерење.....	39
10.7	Време акумулације поступка.....	39
11.	Уређаји за мерење стања изолације каблова	40
11.1	Мегаомметар Fluke 1550 В	40
11.2	Испитивање отпорности изолације	41
11.3	Утицај температуре.....	42
11.4	Поступак рада мегаомметра	44
11.5	Меморисање мерних података у РС.....	47
12.	Функционална декомпозиција за евиденцију мерења рада ЕМ-а дробилице	53
12.1	Контекстни дијаграм.....	53
12.2	Стабло активности	54
12.3	Декомпозициони дијаграм процеса Мерење рада ЕМ-а дробилице	54
12.3.1	Декомпозициони дијаграм за процес 1. „Означавање“	55
12.3.2	Декомпозициони дијаграм за процес 2. „Унос мерења“	56
12.3.3	Декомпозициони дијаграм за процес 3. „Извештаји мерења“	57
13.	Развојно окружење информационих система за евиденцију мерења рада ЕМ-а.....	58
13.1	Опис апликације.....	58
14.	Закључак	65
	Литература.....	66

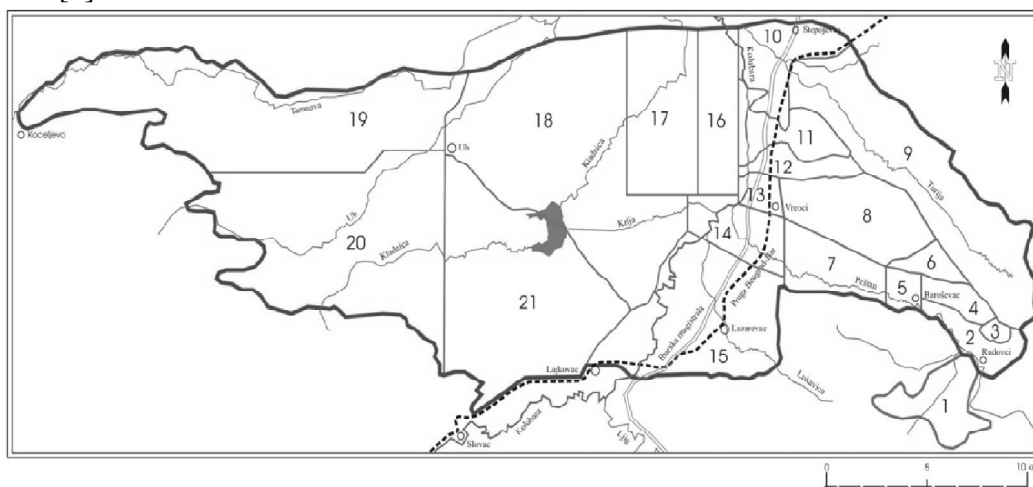
1. Увод

Истраживање, односно подземна експлоатација угља у Колубарском басену отпочела је 1896. године у западном, а 1906. године у источном делу басена. Јамском експлоатацијом у периоду од 1896. године па до 1974. године откопано је 15 000 000 тона угља.

ДП „Колубара-Прерада”-Вреоци и њен саставни део Сува Сепарација налазе се непосредно уз копове рудника „Тамнава” (источно поље), поље „Б” и поље „Д”, а на удаљености око 6km северно од Лазареваца и око 50km јужно од Београда [1].

1.1 Географски положај рудника и комуникационе везе

Колубарски угљени басен се налази у северозападном делу Србије око 50km од Београда, обухвата подручје између места Рудоваца на истоку, Коцељева на западу (дужина басена по оси запад-исток је 55km), Лајковца на југу и Степојевца и реке Тамнаве на северу (по оси север-југ око 15km), укупне површине од око 310km², (Слика 1.). Река Колубара, по којој је басен добио име, дели га на два дела: источни или колубарски, површине 60km² и сачињава га откопно поље „Б” (јужно од Барошевца) и поље „Д” (између Вреоца и Барошевца) и западни-тамнавски, површине 250km² [1].



Слика 1. Прегледна карта Колубарског угљеног басена: 1. Поље „Крушевица”; 2. Поље „Рудовци”; 3. Поље „А”; 4. Поље „Б”; 5. Поље „Ц”; 6. Поље „Барошевац”; 7. Поље „Е”; 8. Поље „Д”; 9. Поље „Турија”; 10. Поље „Степојевац”; 11. Поље „Велики Црљени”; 12. Поље „Волујак-Вреоци”; 13. Поље „Г”; 14. Поље „Ф”; 15. Поље „Шопић-Лазаревац”; 16. Поље „Тамнава-исток”; 17. Поље „Тамнава-Запад”; 18. Поље „Радљево”; 19. Поље „Трлић”; 20. Поље „Звиздар”; 21. Поље „Рукладе” [1]

Експлоатација Колубарског лигнита је почела 1932. године, јамским путем у јамама: Пркосава, Шопић, Космај и Јунковац. Први површински коп на пољу „А” у селу Рудовци пуштен је у рад 1952. године, 1956. је почео са радом и други површински коп на пољу „Б”, а 1966. у реону села Зеоке отвара се трећи површински коп, поље „Д”.

У периоду од 1979. почела је експлоатација угља на површинском копу „Тамнава“.

У Колубарском басену остварује се близу 70% производње угља у Србији. Највећи део лигнита, око 90%, користи се за производњу електричне енергије у термоелектранама „Никола Тесла“ у Обреновцу, термоелектрани „Колубара“ у Великим Црљенима и термоелектрани „Морава“ Свилајнац. У погонима рударског басена „Колубара“ годишње се, за потребе индустрије и широке потрошње, произведе око 750 000 тона сировог комадног угља и око 700 000 тона сушеног угља и произведе 17 милијарди kWh електричне енергије. Слика 2. приказује глодар за ископавање угља [1].



Слика 2. Глодар

Угаљ Колубарског басена је мрке боје и спада у типичне лигните. Садржи преко 50% влаге чијим губљењем добија прслине и постаје трошан. Угљене насlage потичу из периода млађег терцијера-плиоцена, јављају се са два слоја дебљине (од 25m-50m) [1].

1.2 Периоди изградње погона Сува Сепарација

У оквиру ДП „Колубара-Прерада“-Вреоци врши се прерада и оплемењивање равнoг угља¹ са површинских копова поља „Б“ и „Д“. Добијени угаљ се користи за снабдевање термоелектрана, широку потрошњу, индустрију и др.

У склопу ДП „Колубара-Прерада“-Вреоци налази се:

1. Оплемењивање угља коју чине: Мокра Сепарација; Сушара и Топлана.
2. Сува Сепарација као засебна радна јединица у оквиру ДП „Колубара-Прерада“ Вреоци, која се састоји од: **I фазе** изграђене 1969. године; **II фазе** изграђене 1976. године и **III фазе** изграђене 1980. године.

¹ равни угаљ-непречишћени угаљ са различитих дубина

2. Основни подаци о предузећу

ДП „Колубара-Прерада” је организована у оквиру ЈП РБ „Колубара” и налази се у месту Вреоци. Основна делатност овог дела предузећа је прерада и оплемењивање равног угља, што обухвата транспорт, дробљење, класирање, чишћење угља у тешкој средини и сушење. Угаљ се допрема преко два система тракастих транспортера (БТС и БТУ) са површинског копа поља „Д” и железничким транспортом са површинског копа поља „Б”. Већи део прерађеног угља је намењен за термоелектрану „Никола Тесла” у Обреновцу и термоелектрану „Колубара”-Велики Црљени, а мањи део за широко потрошњу у виду сушеног или сировог угља [1].

Пратећа делатност је производња водене паре-намењене за сопствене потребе: сушење угља у погону Сушаре и загревање сопствених објеката. Поред овога, пара се испоручује:

Гас бетону	- за производњу грађевинских блокова,
Стакленику	- за грејање производног погона,
Граду Лазаревцу	- за грејање стамбених и других објеката.

ДП „Колубара-Прерада” се састоји из следећих организационих целина:

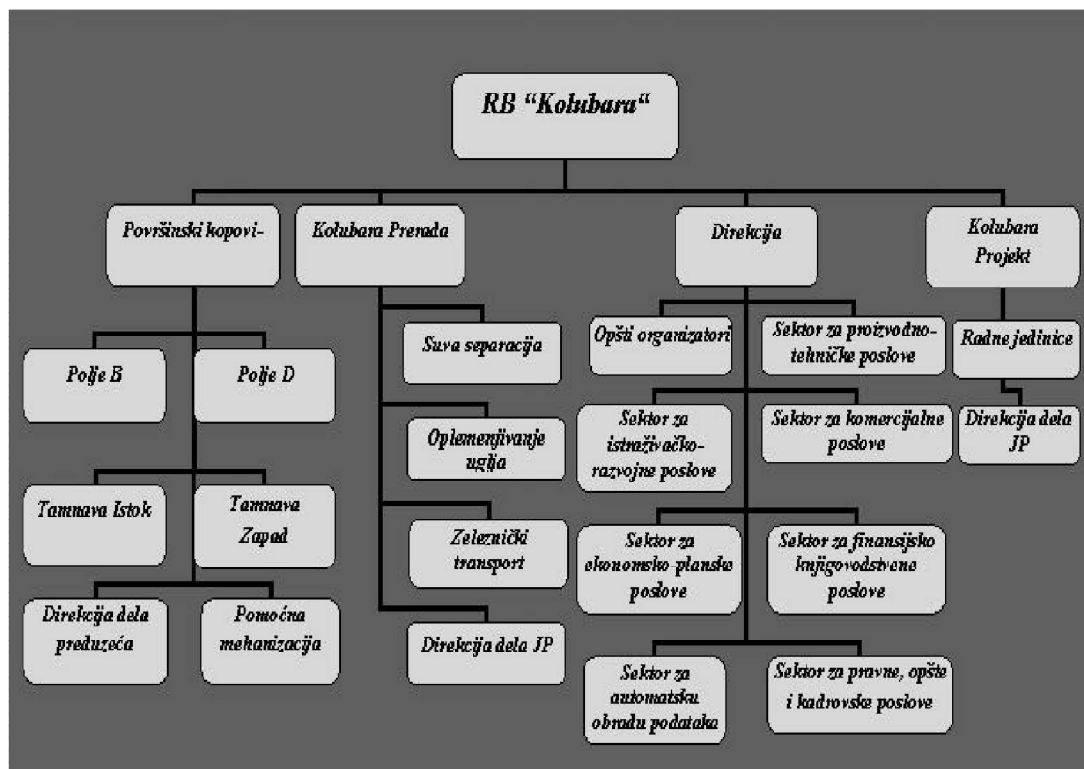
1. Дирекције и
2. Погона:

„Оплемењивање угља”
„Сува Сепарација”
„Железнички транспорт”

Погони су организовани по радним јединицама и то:

- | | |
|----|------------------------|
| | „Оплемењивање угља” |
| 1. | РЈ „Мокра Сепарација” |
| 2. | РЈ „Сушара” |
| 3. | РЈ „Топлана” |
| 4. | РЈ „Одржавање” |
| | „Сува Сепарација” |
| 1. | РЈ „I и II фаза” |
| 2. | РЈ „III фаза” |
| 3. | РЈ „Одржавање” |
| | „Железнички транспорт” |
| 1. | РЈ „Транспорт” |
| 2. | РЈ „Одржавање” |

У склопу ЈП РБ „Колубара” налазе се: Површински копови; Колубара Прерада; Дирекција и Колубара Пројект (Слика 3.).



Слика 3. Шема рударског басена Колубара [1]

2.1 Опис и шема технолошког процеса

Сува Сепарација угља у Вреоцима има за циљ да изврши пријем равног угља са површинског копа поља „Д” и да га дробљењем и класирањем прилагоди сталним и повременим потрошачима. Дробљење и класирање угља, који се допрема са копа и где је првобитно извршено дробљење у дробилицама, на гранулације $-400\text{mm}+120\text{mm}$ (сирови комад²), врши се на следеће гранулације: $-120\text{mm}+30\text{mm}$ (сирови коцка³) и $-30\text{mm}+0\text{mm}$ (ситна класа⁴), снабдевање топлане класом угља $-30\text{mm}+0\text{mm}$, као и утовар у вагоне и камионе за широку потрошњу [2].

Технологија рада се одвија у три фазе, у којима се налазе објекти:

I фаза: бункер равног угља, дробилично постројење, класирница, утоварне станице за: ТЕК⁵, комадни угљ и ТЕНТ⁶,

² сирови комад $-400\text{mm}+120\text{mm}$ -представља гранулацију крупноће угља (који није дробљен ни класиран)

³ сирови коцка $-120\text{mm}+30\text{mm}$ -представља гранулацију крупноће угља који се ситни у дробилицама

⁴ ситна класа $-30\text{mm}+0\text{mm}$ -најситнија гранулација угља просејана на решетима, а после дробљења, за потребе термоелектрана

⁵ ТЕК-термоелектрана „Колубара”-Велики Црљени

⁶ ТЕНТ-термоелектрана „Никола Тесла”-Обреновац

II фаза: бункер равног угља, дробилично постројење и утоварна станица за ТЕНТ,

На бункеру I и II фазе налази се 36 отвора од бетонских ћелија за смештање угља.

III фаза: бункер равног угља, дробилично постројење, утоварна станица за комадни угаљ и за ТЕНТ [2].

Разлика између I и II фазе и III фазе је у технологији рада. Кретање у рад погона I и II фазе обавља се ручно тј. појединачно са блокадом⁷ или појединачно без блокаде⁸, док III фаза креће аутоматски из командног центра⁹. Капацитети су различити по фазама:

I фаза 700t/h,

II фаза 1300t/h,

III фаза 2000t/h,

I и II фаза раде у склопу док је III фаза независна. III фаза је повезана са I и II фазом преко тракастог транспортера 132-а, што омогућава допрему угља из бункера III фазе на I фазу. Користи се у условима евентуалних кварова машина у погону I и II фазе, као и код недостатака довољних количина угља за потребе рада Топлане и Сушаре [2]

2.1.1 I фаза

I фаза Суве Сепарације је капацитета 700t/h. Предвиђена је за снабдевање угљем ТЕ „Никола Тесла” у Обреновцу, ТЕ „Колубара-А” у Великим Црљенима, Топлану у Вреоцима и индустрију и широку потрошњу, (Слика 4.).



Слика 4. I и II фаза Суве Сепарације

⁷ појединачан рад са блокадом-сталан технолошки процес по коме се све машине покрећу у зависности једна од друге, по принципу спремности тек након кретања претходног транспортера. Кретање се врши појединачно, са радног места, а врше га непосредни руковођи

⁸ појединачан рад без блокаде-ванредан технолошки процес при коме се поједине машине могу покретати без претходне спремности транспортера, а употребљава се у случају хаварија, отклањању кварова и провере исправности

⁹ командни центар-место одакле се управља ланцем производње

2.1.2 II фаза

II фаза Суве Сепарације је предвиђена за снабдевање угљем ТЕ „Никола Тесла”, капацитета 1300t/h, и искључиво као снабдевач ровним угљем гранулације 30mm за термоелектрану Никола Тесла у Обреновцу, (Слика 5.) [2].



Слика 5. Утоварно место за ТЕНТ-I и II фазе

2.1.3 III Фаза

III фаза Суве Сепарације је предвиђена за снабдевање угљем ТЕ „Никола Тесла”, капацитета 2000t/h. Слика 6. приказује тракасти транспортер који допрема угаљ за потребе III фазе [2].



Слика 6. Тракасти транспортер Ц-11 (допрема угаљ са копа за потребе III фазе)

У шеми технолошког процеса III фазе издвајају се три основне операције:

пријем угља и бункерисање,
уситњавање са класирањем,
отпрема са утоваром.

Слика 7. представља утоварно место угља у вагоне за потребе термоелектране „Никола Тесла” у Обреновцу [2].



Слика 7. Утоварно место за ТЕНТ-III фазе

3. Електро-машинско одржавање Суве Сепарације

Електро-машинско одржавање Суве Сепарације дијагностикује, утврђује и ради на отклањању кварова и проблема на машинама. Радници машинске струке прате рад дробилица, решета, додавача, изгртача. Ако се деси проблем и квар на некој од поменутих машина, приступа се отклањању истих, замени дотрајалих и похабаних делова и враћања у функцију, а све у циљу настављања процеса производње [2].

Електро радионица користи многе уређаје за идентификовање проблема тј. квара како би предухитрила и на време открила потенцијалне будуће проблеме, а самим тим и смањила време застоја како са финансијске стране тако и са стране функционисања погона производње и транспорта угља.

Поред планираних сервиса, који се изводе једном недељно или једном у току две недеље, као и непланираних застоја-који се користе за визуелни преглед свих машина у процесу, годишњи ремонт представља једину прилику за детаљан преглед као и замену похабаних делова сваке машине и отклањање већих кварова.

Стога РЈ „Одржавање Суве Сепарације“, годишњем ремонту придаје велики значај. Предпослови годишњег ремонта се састоје у детаљном прегледу погона и планирању послова које треба обавити на свакој машини и рационалној подели људства, како према квалификационој структури тако и према броју и све се то пише у распоред и план извођења радова [2].

4. Опис рада дробилице

Дробилице се налазе у ланцу производње: транспорта, дробљења и уситњавања ровног угља, који се тако издробљен и уситњен даље транспортује до утоварног места у вагоне или утовара у камионе за потребе индустрије и широке потрошње.

Постоје три дробилице: 230-а, 230-б и 230-ц. Дробилице 230-а и 230-б су у сталној употреби, док 230-ц служи за Р класу-утовара угља у вагоне за иностранство, који је врло кратко радио и који више није у функцији [2].

У ланцу производње и транспорта угља, испред дробилица а изнад трака 201, 221 и 224, се налазе детектори метала¹⁰, који се активирају при детектовању метала на транспортеру са угљем. После детектора се налазе електромагнетни издвајачи метала¹¹, са улогом да при транспорту угља извуку металне делове, да не би оштетили гумена платна транспортера, на покретну траку са „Т“ ребрима, а онда буду избачени поред тих транспортера. Слика 8. приказује електромагнетне издвајаче.



Слика 8. Електромагнетни издвајачи

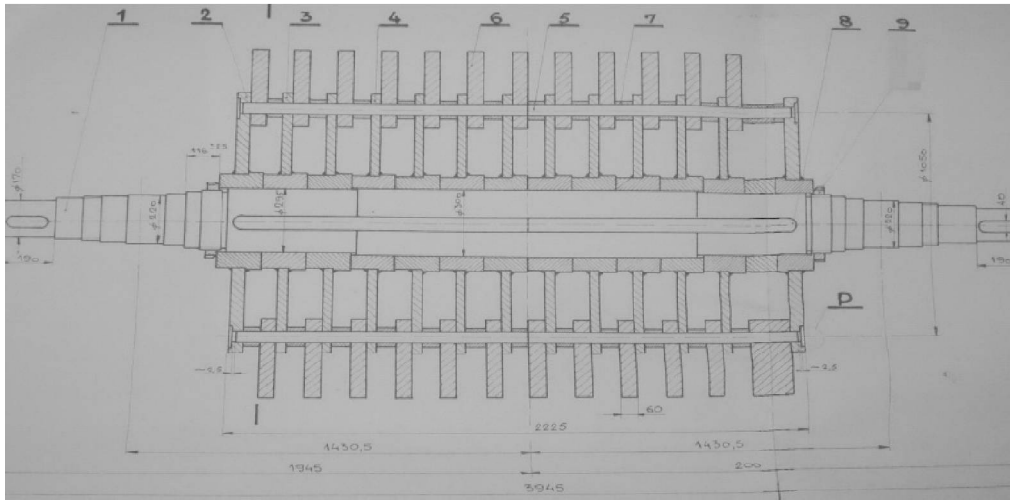
Поменуте дробилице су типа чекићар тј. елементи који дробе угљ су чекићи и они при окретању ротора под инерцијом дробе угљ, који пристиже са претходне машине. Тај угљ пролази између помоћних ваљака¹² и ротора. Помоћни ваљци се покрећу помоћу галовог дворедог ланца (двореди из разлога што трпи велико оптерећење при раду дробилица) и ланчаника, и представља систем од три помоћна ваљка који се окрећу у супротном смеру у односу на ротор дробилице (у функцији су три, чији се погон остварује преко мањег електромотора, спојнице и редуктора, ланчаника и ланца) [2].

¹⁰ детектор метала-детектује сваки метал који се налази са угљем на тракастом транспортеру

¹¹ електромагнетни издвајач метала-извлачи метал са тракастог транспортера и одлаже поред

¹² помоћни ваљци-чине их три ваљка постављена у блок поред ротора дробилице, један изнад другог, који се окрећу у супротном смеру од ротора. Ваљци усмеравају угљ на ротор са чекићима због ефикаснијег ситњења угља на потребну гранулацију

Отвор на чекићима је 61mm, а пречник осовине је 60mm и у раду дробилице чекићи слободно падају по инерцији и великим брзинама ситне угаљ на потребне гранулације. Растојање између чекића је одређено дистантним чаурама да не би дошло до сударања истих. Цртеж склопа ротора дробилице је приказан на Слици 9. и Слици 10.



A technical drawing of a circular mechanical component. The component has a central circular hole with a hatched pattern. Surrounding this is a larger circular body. Six rectangular slots are evenly spaced around the perimeter of the outer circle. Between each slot, there is a small circular hole. A dimension line indicates a distance of 1600 between the centers of two opposite slots. A small rectangular feature is located on the right side of the inner circle. A north arrow is present in the bottom left corner.

¹³ 6 чекића или 7 чекића-број чекића није исти на свакој осовини (због мимоилажења у раду)

Позиције са цртежа склопа ротора дробилице: 1-вратило, 2-спољашња одбојна плоча, 3-унутрашња одбојна плоча, 4-унутрашња одбојна плоча, 5-осовина, 6-чекић, 7-одстојна чаура, 8-сигурносни клин вратила, 9-осигурач осовине и навртка [2].

Погон дробилице се остварује преко асинхроног електромотора, снаге 750kW. Мотор преко еластичне „биби“ спојнице¹⁴ са опругом, заштићене лименим кућиштима, преноси снагу на ротор дробилице.

Обртни момент са погонске осовине тј. излазног вратила редуктора на којој је смештен погонски ланчаник, на остале осовине се преноси преко дворедог галовог ланца и ланчаника. Слика 11. приказује изглед дробилица.



Слика 11. Изглед дробилица 230-а и 230-б

Дробилице у технолошком ланцу прераде угља, врше дробљење (уситњавање) угља на $-400\text{mm}+0\text{mm}$ ¹⁵ са II фазе, или $-120\text{mm}+0\text{mm}$ ¹⁶ са I фазе на класу $-30\text{mm}+0\text{mm}$ ¹⁷, што представља потребну гранулација која се испоручује за потребе термоелектрана.

Угаљ се системом тракастих транспортера 221 и 224 допрема у дробилично постројење, тако што са траке 221, преко траке 228 доспева у дробилицу 230-а. Дробилицу 230-б снабдева угаљ са траке 224 и плус 221, док 230-ц снабдева угаљ са трака 224 и 229.

Обртни момент са погонске осовине (излазног вратила) редуктора на којој је смештен погонски ланчаник, на осовине се преноси преко дворедог галовог ланца и ланчаника. На тај начин је остварено обртно кретање осовина, односно помоћних ваљака у дробилици који служе да усмере угаљ на чекиће да би се извршило уситњавање истог до потребне гранулације [2].

¹⁴ „биби“ спојница-спојница која се састоји од две полутке, које по ободу имају челичне зупце посебног облика и између којих је постављена трака израђена од челика за опруге

¹⁵ гранулација $-400\text{mm}+0\text{mm}$ -представља гранулацију крупноће угља са решета II фазе

¹⁶ гранулација $-120\text{mm}+0\text{mm}$ -представља гранулацију крупноће угља са решета I фазе

¹⁷ гранулација $-30\text{mm}+0\text{mm}$ -представља потребну гранулација која се испоручује за термоелектране

Кућиште дробилице је челична конструкција, обложена са унутрашње стране хабајућим плочама и заптивена, да не би дошло до запрашивања простора око дробилице.

Изнад дробилице се налази систем вентилационих левкова за отпрашивање¹⁸, који служе за изједначавање ваздушног притиска у и смањење прашине око дробилице.

Уместо статора овај тип чекићних дробилица има уграђене ротирајуће ваљке са глатким површинама. Помоћни ваљци имају независан погон од погона дробилице и уколико дође до неког квара на истим, постоји могућност да буду искључени (док се не изврши санација квара), а производња настављена без икаквих последица и проблема.

Изнад самог ротора са чекићима налази се усмеравајући лим који врши равномерно усмеравање угља на одбојну плочу тј. одбојни лим по ширини дробилице. На супротној страни електромотора, који покреће ротор, налази се замајач.

У случају похабаности чекића на дробилицама-омогућено је подешавање истих, уколико се узимањем узорака установи да је гранулација узетог угља већа од прописане. Подешавање се врши на тај начин што се последњи тј. трећи (најнижи) помоћни ваљак помери и приближи до ротора за 10mm до 20mm.

Описаним поступком се постиже следеће: угаљ који је недовољно уситњен, а прошао је између ротора и прва два помоћна ваљка, наиласком на тај трећи ваљак и ротор буде смањен на тражену гранулацију. На тај начин се продужује радни век већ оштећених чекића.

Замена чекића се врши због њихове дотрајалости тј. оштећења. До оштећења долази услед покушаја уситњавања камења, као и метала који се нађе у дробилицама, уколико је дошло до квара на електромагнетном издвајачу.

4.1 Кварови на дробилицама

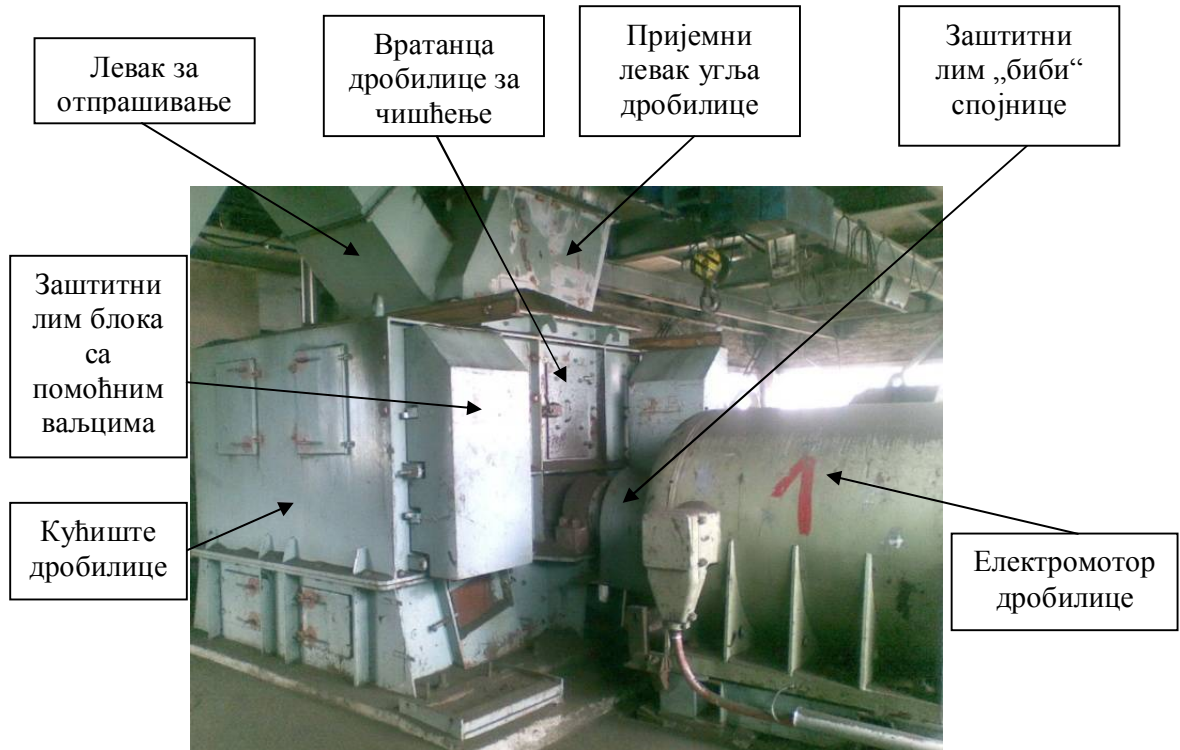
Тешки радни услови, у којима се одвија производња угља, проузрокују отказе дробилица и настанак разних кварова. Најчешћи проблеми до којих може доћи при дробљењу угља могу бити: квар на упуштачу¹⁹, термичко оптерећење електромотора, квар погона помоћних ваљака или оштећење помоћних ваљака, оштећење чекића.

До застоја у раду дробилице, такође, може доћи када одбојна плоча тј. лим пукне или се похаба и спадне и попречно затвори унутрашњост дробилице. Заглаве угљем су веома ретке, може га изазвати врло лош квалитет угља као што су блато и глина помешани са угљем [2].

¹⁸ левкови за отпрашивање-служе за изједначавање ваздушног притиска у и смањење прашине око дробилице

¹⁹ упуштач-уређај који постепено покреће електромотор, како не би дошло до преоптерећења

Такође је веома битно и време рада у току године када се врши производња. Неупоредиво је бољи и лакши рад у погону, самим тим и рад дробилица, у другом делу пролећа, током лета и у првом делу јесени, када су падавине ретке и краткотрајне па угаљ није толико мокар и прљав са разним примесама. Слика 12. приказује делове дробилице.



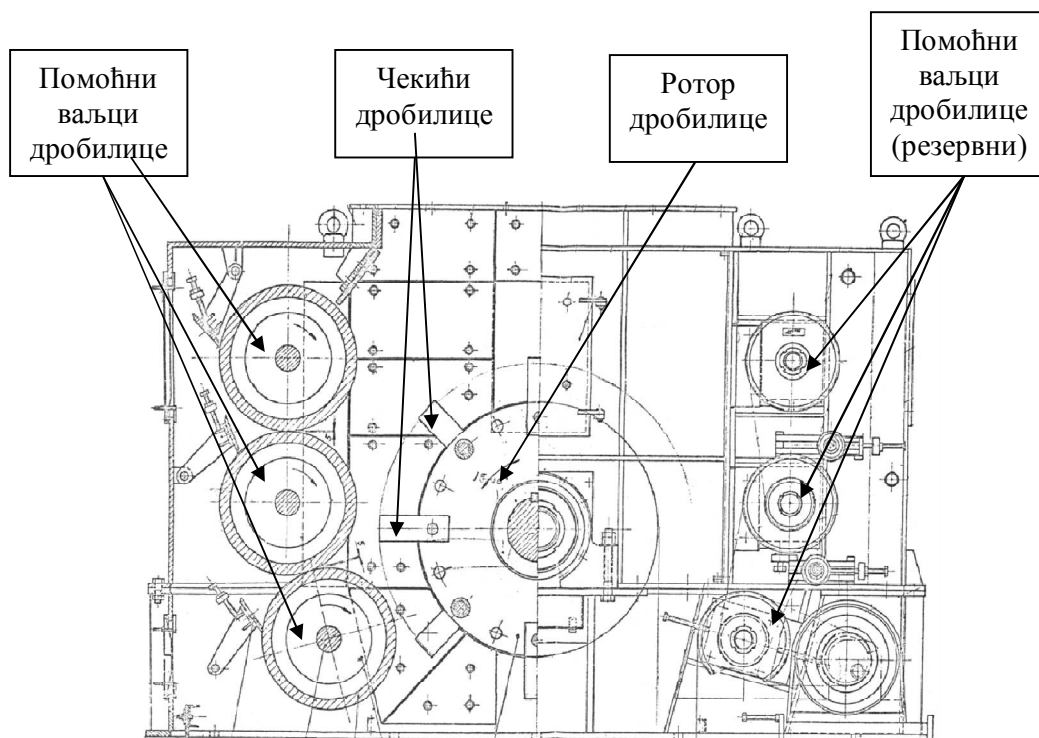
Слика 12. Саставни делови дробилице

4.2 Основне карактеристике дробилице

пречник ротора1 600mm,
 дужина ротора2 200mm,
 тежина ротора42 240kg,
 број обртаја ротора.....595o/min,
 снага мотора.....750kW,
 број чекића.....104,
 број осовина.....16,
 број чекића по осовини.....6 или7,
 маса чекића.....17,7kg,
 дужина чекића.....340mm,
 ширина чекића.....120mm,
 капацитет дробилице.....1.000t/h,
 гранулација на улазу.....GGK=400mm-0mm,
 гранулација на излазу.....GGK=0mm-30mm.

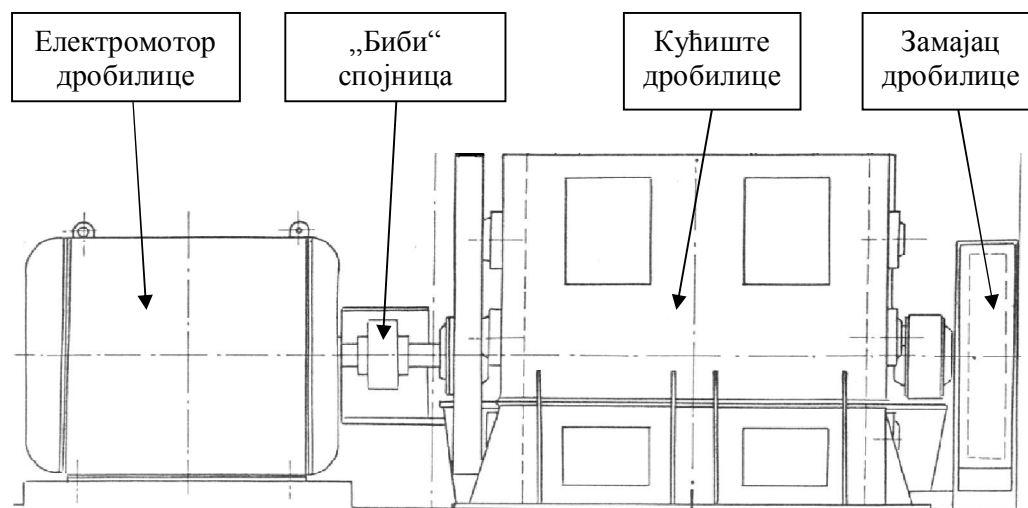
4.3 Конструктивни делови дробилице

Конструктивни делови дробилице су: погонски уређај, упуштач, ротор, помоћни ваљци, додатни сигурносни и сигнални уређаји. Слика 13. приказује изглед дробилице у пресеку [2].



Слика 13. Изглед дробилице у пресеку [2]

Погон дробилице се остварује преко асинхроног електромотора, снаге 750kW. Мотор преко еластичне „биби“ спојнице са опругом, заштићене лименим кућиштима, преноси снагу на ротор, на коме се налази шеснаест осовина (по 8 са обе стране). Слика 14. приказује делове дробилице.



Слика 14. Делови дробилице [2]

5. Упутство за рад на дробилицама (општи део)

Сваки радник, када заснује радни однос, добија упутство за рад на том радном месту којег треба да се придржава и примењује у датим приликама. Упутство за рад на дробилицама садржи следеће тачке:

1. Дробилицама 230-а, 230-б и 230-ц рукује један руковаоц, који мора да буде упознат са овим упутством.
2. Руковаоц дробилица мора да користи одговарајућа лична заштитна средства, која му припадају за то радно место где је распоређен.
3. За време рада дробилице, забрањено је скидати поклопце са ланаца и спојница и отворати вратанца на дробилицама, пети се на њих и њихове делове.
4. Поправка и детаљан преглед дробилица може да се врши само за време мировања дробилица и када је о томе обавештен руковаоц и диспечер²⁰, а машина мора да буде осигурана против самовољног укључивања.
5. Руковаоц дробилица треба да у току смене стално контролише рад дробилица, а у случају квара на истим дужан је да их искључи и да обавести диспечера и свог пословођу који даље предузима мере у циљу отклањања квара.
6. Руковаоц дробилица мора бити обучен о руковању противпожарним апаратима за гашење почетних пожара на дробилицама.
7. За време редовних ремонта врши се детаљан технички преглед дробилица (чекића, ротора, помоћних ваљака, замајца и др.) као и отклањање недостатака и кварова. Овај преглед врше радници службе одржавања у присуству руковаоца дробилица и пословође одржавања Суве Сепарације. Константоване проблеме евидентира пословођа одржавања Суве Сепарације у књигу ремонта, где и пословођа смене такође мора да унесе и све измене на конструкцији дробилица и припадајућим деловима.
8. За време рада дробилица руковаоц обилази машине у радној просторији и контролише њихов рад, а с' времена на време контролише температуру лежишта.
9. У присуству руковаоца дробилица и пословође смене, једном у току смене визуелни преглед дробилица дужан је да изврши дежурни бравар, а налаз прегледа пословођа смене уноси у књигу примопредаје дужности.
10. За време стајања погона руковаоц врши чишћење прашине са делова дробилица и платоа око дробилица и помаже дежурном бравару око подмазивања истих.

²⁰ диспечер-одговорно лице за комуникацију са радницима у ланцу производње угља

11. Чишћење налепака у левковима на пресипним местима у дробилици и други послови када радници морају да улазе у левкове и дробилицу, може се вршити само у присуству пословође, и наравно када је машина искључена. За овај рад мора се користити следећа опрема и алат: одговарајуће мердевине које се на сигуран начин причвршћују за левак, заштитни опасач са канапом и преносна лампа од 24V.

О свим уоченим променама код рада дробилица руковаоц је обавезан да извести претпостављеног, како би са истим приступио отклањању недостатака, или да обавести службу одржавања [2].

5.1 Дужност руковаоца дробилица приликом појединачног управљања са притисним дугмадима код дробилица са блокадом

После притискања дугмета за покретање дробилице тј. издатог сигнала спремности, нико не сме да прилази дробилицама јер предстоји њихово појединачно пуштање у рад са блокадом.

Када крене транспортер 231 руковаоц дробилица 230-а и 230-б укључује појединачно сваку дробилицу, притиском на одговарајућу дугмад. Прво се чује звучни и види светлосни сигнал у трајању од 20 секунди, а после престанка ових сигнала, дробилице постепено почињу да раде без поновног притиска на дугме [2].

5.2 Примопредаја

Примопредаја се састоји у томе да сваки радник треба да, на 15 минута пре почетка радног времена, буде спреман да прими дужност на свом радном месту од колеге из претходне смене, и да међу њима постоји комуникација о могућим проблемима на које треба да се обрати пажња.

Треба да обиђе део погона око свог радног места и ако било шта примети сумњиво, да одмах пренесе свом пословођи или диспечеру.

Сваки радник на свом радном месту у погону, мора бити опремљен личном заштитном опремом како је то предвиђено правилником о личној заштитној опреми, и могућност повређивања смањио на минимум [2].

6. Мере заштите на раду

Мере заштите на раду могу бити: опште мере заштите-противпожарне и мере заштите од електричне струје.

Под општим мерама заштите на раду подразумева се заштита од ротирајућих делова машина, заштита од механичких хаварија, обавезна употреба личне заштитне опреме и поштовање упозоравајуће сигнализације (табле, звучни и светлосни сигнали).

За спречавање евентуалних пожара користе се противпожарни апарати на бази CO_2 , помоћу којих се могу угасити почетни пожари у погону, S апарати и хидранти.

Приликом извођења браварско-заваривачких радова у погону се обавезно искључује довод напона.

Заштитне мере од струјног удара су: нуловање²¹, мали напон²², ограђивање²³, изолација²⁴, осигурачи итд.

Учешће у заштити на раду запослених узимају сви радници, а не само надзорно техничко особље [1].

6.1 Посебне мере заштите на раду

Под посебним мерама заштите на раду подразумева се ХТЗ опрема, која се мора користити приликом рада и спада у лична заштитна средства сваког запошљеног радника. У ХТЗ опрему спада:

радно одело,
кожне рукавице,
ципеле са гуменим ђоном,
респиратор (за једнократну употребу),
рударски шлем (радна капа),
кожух (по потреби),
филцане панталоне (по потреби),
заштитне наочаре (по потреби) [1].

²¹ нуловање-сви метални делови машина и уређаја, који у нормалном раду нису под напоном, а могу доћи под напон у случају квара, везани су за звездиште трансформатора које је уземљено

²² мали напон-се користи ради безбедности руковаоца тако што се трансформаторима трансформишу у напоне безопасне за човека, а то су: 12V, 24V и 48V

²³ ограђивање-неизоловани проводници у постројењима са високим напонима опасним по човека, ограђују се оградама и то: металним конструкцијама, лимовима, вратима итд.

²⁴ изолација-проводници имају изолацију као и остали уређаји који су под напоном. Алати који се употребљавају су изоловани и атестирани. У постројењима се користе гумени теписи (PVC подлоге, гумене рукавице, изолациони сталци итд.)

7. Опште одредбе радова на електромоторима

Опште одредбе радова на електромоторима обухватају следеће:

1. Пре прве употребе и стављања електромотора у погон, као и пре стављања у погон после ремонта, треба испитати и проверити рад њихових заштитних уређаја.
2. При експлоатацији и одржавању електромотора треба се придржавати препорука и техничких упутстава произвођача.
3. Ако се електромотор замени другим електромотором мање снаге, степен механичке као и електричне заштите и режим радне машине прилогодити новом електромотору.
4. Услове највећих снага прикључења и упуштања електромотора на мрежи треба да одреди техничка служба корисника.
5. Ремонт електромотора, који раде под нормалним условима, потребно је вршити по потреби и по упутству произвођача.
6. На електромоторима који раде под тежим условима (висока температура), као и у запрљаној средини, ремонт је потребно спроводити минимум једном у две године.
7. При ремонту електромотора треба вршити ревизију и ремонт припадајућих уређаја за аутоматски рад.
8. На електромоторима са циркулационим хлађењем потребно је контролисање оптерећења електромотора и температуре лежајева.
9. У погону треба повремено вршити контроле да ли електромотор ради мирно и без вибрација.
10. Резервне електромоторе треба контролисати и одржавати у исправном стању.
11. Електричне и механичке везе на електромоторима, потребно је при сваком сервису прегледати, а посебно прегледати да ли је веза заштитног проводника добра.
12. Отворе за пролаз мазива за хлађење на машинама контролисати редовно да ли су у функцији, да није дошло до зачепљења и неподмазивања, самим тим и до скраћења радног века.
13. Обавезно се придржавати упутстава произвођача и општих важећих норми при монтажи електромотора.

14. Код машина са клизним прстеновима, при сваком сервису утврдити стање прстенова, прегледати истрошеност четкица као и притисак налегања четкица.
15. Радове на електромоторима као и демонтажу вршити када је напон искључен и када су спроведене мере заштите против удара електричне струје.
16. Транспорт електромотора од места уградње до радионице и обратно вршити уз заштиту од атмосферских падавина при лошим временским приликама.
17. Послове на контроли и одржавању електромотора уносити у базу података електромотора.
18. У електро радионици редовно одржавати табеларни преглед резервних електромотора са подацима о усклађивању, како би у току рада дежурно особље најбрже извршило замену [2].

7.1 Препорука за одржавање и подмазивање лежајева електромотора

Препорука за одржавање и подмазивање лежајева електромотора обухвата следеће:

1. Код лежајева електромотора, потребно је чешће вршити контролу на шумност и загревање.
2. Радна температура лежајева је нормална до температуре од 70°C.
3. Лежајеве је потребно темељно очистити у бензину или бензолу по истеку 2 000 погонских сати за двополне, односно 6 000 погонских сати за остале вишеполне електромоторе или најкасније после 2 године.
4. При пуњењу лежајног склопа средствима за подмазивање, после измене и чишћења лежајева, треба обратити пажњу да најмање једна трећина простора остане празна.
5. Рад лежаја је потребно контролисати ослушкивањем помоћу стетоскопа. Ако се чује јако брујање или стропот, значи да постоје механичке грешке, па мотор треба расклопити и извршити замену лежаја.
6. Мерење температуре лежаја контактним термометром, довољно је тачно за практичне потребе. Код нормалних електромотора, температура не сме бити већа од 60°C-70°C.
7. На површини клизних куглица не би требало да постоје удубљења, пукотине и слично. Истрошеност прстенова не сме бити већа од 20% од првобитне дебљине [2].

7.2 Мерење отпорности изолације

При мерењу отпорности изолације потребно је придржавати се следећих правила:

1. Диелектрична чврстоћа намота се контролише мерењем изолационог отпора намота између фаза и између намота и кућишта електромотора.
2. При мерењу изолационог отпора између фаза намота потребно је отворити све стезаљке.
3. Препоручљиво је вршити мерење помоћу мегаомметра са стабилним извором напона.
4. За мање тачна мерења изолационог отпора користи се индуктор са ручицом.
5. Вредност изолационог отпора зависи од времена трајања мерења за меродавну вредност узима се отпор измерен након једног минута, после прикључења напона.
6. Оштећеност изолације се може одредити читавањем вредности после 15 секунди и 60 секунди.
7. Изолациони отпор намота нисконапонских електромотора не би смео бити мањи од $1\text{M}\Omega$. Вредност изолационог отпора квалитетно израђених електромотора је око $5\text{M}\Omega$ -а у хладном стању, док је у топлом стању, око $2\text{M}\Omega$ -а.
8. Минимална вредност изолационог отпора електромотора средњег и високог напона најчешће мора бити толико $\text{M}\Omega$ -а колико kV износи називни напон електромотора.
9. Сушење електромотора се врши тако што се електромотор демонтира и статор или намотани ротор суше на температури до 90°C , све док се не устали отпор изолованости, сушење траје најмање 12 часова [2].

7.3 Складиштење електромотора

Да би електромотор био правилно складиштен потребно је да буду испуњени следећи услови:

1. Складиштење електромотора се врши на покривеном, чистом и сувом месту без агресивних гасова.
2. Није препоручено да температура складишта буде нижа од 5°C .
3. Повремено је потребно контролисати отпорност изолације, код дужих стајања, због кондензатора влаге.
4. Потребно је свака три месеца окренути вратило електромотора, за неколико обртаја.
5. Потребно је да постоји прилог таблица називних снага и оријентационих вредности струје празног хода као и номиналне струје [2].

7.4 Извори опасности

Извори опасности могу бити:

1. Струјни удар.
2. Пад електромотора при подизању или спуштању.
3. Кратак спој због неправилног везивања у прикључници електромотора.
4. Просуто уље или друга врста мазива.
5. Закрченост радног простора и радних стаза.
6. Слаба осветљеност.
7. Неисправан алат.
8. Некоришћење личних заштитних средстава, непоштовање упутстава за рад и не придржавање прописаних мера заштите [2].

7.5 Заштитне мере

Заштитне мере које је потребно спроводити су:

1. Забрањено је извођење било каквих радова, док је електромотор укључен на електричну мрежу.
2. Искључење, укључење и обезбеђење радног места врши дежурни електричар.
3. Пре почетка рада на замени електромотора извршити обезбеђење радног места од не овлашћеног прикључења, тако што се у „књизи обезбеђења“ евидентирају радови на замени, а без потписивања завршетка радова, не може се извршити укључење.
4. Искључење напона обавља се видним растављањем електричног кола (вађењем осигурача, искључењем растављача).
5. Поставити таблу упозорења на месту где је извршено искључење.
6. При транспорту електромотора обавезно је коришћење исправних челичних ужади.
7. Редовно чистити просуто уље и мазиво.
8. У току експлоатације електромотора потребно је повремено контролисати отпорност изолације намота.

9. Редовно користити заштитна средства, поштовати упутства за рад и придржавати се прописаних мера заштите [1].

Радове на електромоторима може обављати само за то квалификовано и обучено лице.

7.6 Узроци настајања оштећења електромотора

Узроци настајања оштећења електромотора могу бити:

1. Уградња електромотора на неодговарајуће место, што је узрок недовољно тачно пројектовање електромоторног погона.
2. Појава да је погон накнадно оптерећен повећањем оптерећења или променом врсте погона.
3. Недовољно или лоше одржавање електромотора-односи се на редовно и правилно подмазивање лежајева, чишћење електромотора и канала за проветравање.
4. Старење или трошење материјала (сваки електромотор има одређени век трајања што се односи на лежајеве и изолациони материјал).

Електромотор је осетљивији уколико је сложенија његова изведба и што је више искоришћен његов активни и конструкциони материјал [2].

7.7 Оштећења која настају на електромоторима

Најчешћа оштећења која настају на електромоторима су:

1. Оштећења намота чини око 80% свих оштећења. Влажни и задрљани намоти су најподложнији оштећењима. Брзо старење изолације је најчешће проузроковано превисоком температуром намота у току експлоатације. Због слабе изолације јавља се могућност настанка кратких спојева.
2. Ротори двополних електромотора највише су склони оштећењима због великих центрифугалних сила услед великих брзина обртаја.
3. Оштећења лежајева, узрок су око 15% кварова електромотора, а најчешће су проузроковани превеликим загревањем истих који опет настају услед недостатка средстава за подмазивање, преоптерећења при ременском или зупчастом преносу.
4. Оштећења на гвозденом пакету-кућишта, последице су вишеструког споја на масу, старења гвожђа или смањења изолације између појединих лимова. Веома често оштећења настају због „стругања“ ротора или страних тела о статорски пакет. Овоме може бити узрок оштећење лежајева, нечистоће у ваздушном простору или вибрације.

5. Вибрације електромотора могу настати због резонанције, спољних фактора или преносних елемената између електромотора и покретане машине.

6. Механичка оштећења спољашњих делова електромотора настају најчешће због удараца или пада електромотора за време транспорта и монтаже. Типична оштећења су ломљење „ноге” или прирубнице за причвршћење, лом или деформација осовине, пуцање лежajних штитова и лакша механичка оштећења [2].

По прописима о техничким мерама за погон и одржавање електроенергетских постројења, ремонт електромотора који раде под нормалним условима треба вршити по потреби, а према упутствима произвођача и закључцима донетим после ревизије.

На електромоторима са циркулационим хлађењем треба контролисати оптерећење електромотора и температуру лежишта као и температуру улазног и излазног ваздуха.

Према степену дозвољеног загревања намота електромотора, изолација се дели на класе А, Е, В, F и Н. Уграђени показивачи температуре могу бити отпорни термометри или термо-чланци док се оријентациона температура намота може мерити и термометром на најтоплијем месту [9].

Температура за поједине класе изолације не сме прећи следеће вредности:

За намоте изолиране материјалом класе	А	Е	В	F	Н
Загревање мерено термометром °C	65	80	90	110	135

Специфични услови рада електромотора у погонима са доста прашине, променљиво оптерећење, влага, вибрације и остало доста утичу на радни век електромотора. Да би се радни век продужио, потребно је у току експлоатације електромотора, пратити његов рад и промене на њему које могу довести до хаварије и застоја у погону, у чијем ланцу исти функционише.

На електромоторима се може вршити мерење разних параметара као на пример: мерење температуре дела топлотног зрачења као и способност мерења температуре на даљину-мерење температуре рада електромотора; утврђивање и откривање, праћење и дијагностиковање проблема свих врста вибрација, звукова и буке на машинама; оптичко или контактено мерење брзине ротације као и испитивање стања изолације каблова [9].

Постоји више врста уређаја за мерење различитих параметара електромотора као што су: Инфрацрвени термометар Fluke 66, Електронски стетоскоп SKF TMST 2, Тахометар ТМОТ 6, Мегаомметар Fluke 1550 В и та четири наведена ће бити детаљније и објашњена у овом раду [2].

8. Термометри за мерење температуре

Термометар (од грчког θερμός (термо) у значењу „топло“ и метар, „мерење“) је уређај који мери температуру користећи неколико различитих принципа. Састоји се обично од два елемента: сензора (чула, давача) температуре и од претварача измерене вредности у форму погодну за људско или машинско читавање [4].

У процесу мерења температуре објекта, топлота се преноси између објекта и термометра док оба нису у стању равнотеже температуре. Према томе, термометар у ствари мери температуру еквилибријума (равнотеже), а не стварну иницијалну температуру објекта. Из тога произилази да свако мерење температуре има нетачности, које су утолико веће што је топлотни трансфер већи.

Постоје многе врсте инфрацрвених термометарских сензорских уређаја, како за преносиву и ручну употребу тако и као фиксне инсталације, који обично пројектују видљиво црвену тачку на центар подручја које се мери (идентификује место које се мери, али нема никакву улогу у мерењу). Стварно угаоно подручје које се мери варира међу инструментима и није ограничено на видном месту [8].

Термометри се могу наћи у две основне изведбе: **фиксни**-сензор повезан са уређајем за читавање и **преносиви**-сензор и уређај за читавање и приказивање резултата мерења спаковани у кућиште и напајани из батерија. Фиксни термометри се углавном користе за инсталирање на локације где је потребно стално мерење температуре. Слика 15. приказује изглед описаног сензора.



Слика 15. Изглед фиксног термометра [4]

Преносиви термометри имају углавном облик пиштоља и једноставни су за руковање. Погодни су за мерење температуре повремено, на различитим локацијама, (Слика 16.).



Слика 16. Изглед преносивог инфрацрвеног термометра за мерење

Инфрацрвене термалне камере или инфрацрвене камере су у суштини инфрацрвени термометри зрачења, које мере температуру у многим тачкама у релативно великом простору за генерисање дводимензионалних слика, које се зову термограми, са сваког пиксела који представља температуру.

Фотографски апарат помоћу инфрацрвеног филма и одговарајућих сочива, итд, се такође назива инфрацрвена камера. Ово само снима кратке таласе и није осетљив на топлотна зрачења од собне температуре објеката.

8.1 Инфрацрвени термометар Fluke 66

Инфрацрвени термометри су термометри који мере температуру на основу топлотног зрачења и имају способност мерења температуре на даљину. Преносиви инфрацрвени термометри користе ласерски зрак за бољу оријентацију и визирање мерног објекта, (Слика 17.).



Слика 17. Изглед инфрацрвеног термометра [8]

Термометри могу да мере само површинску температуру видљиве површине на коју је усмерена инфрацрвена ласерска светлост, али не кроз, нпр., стакло.

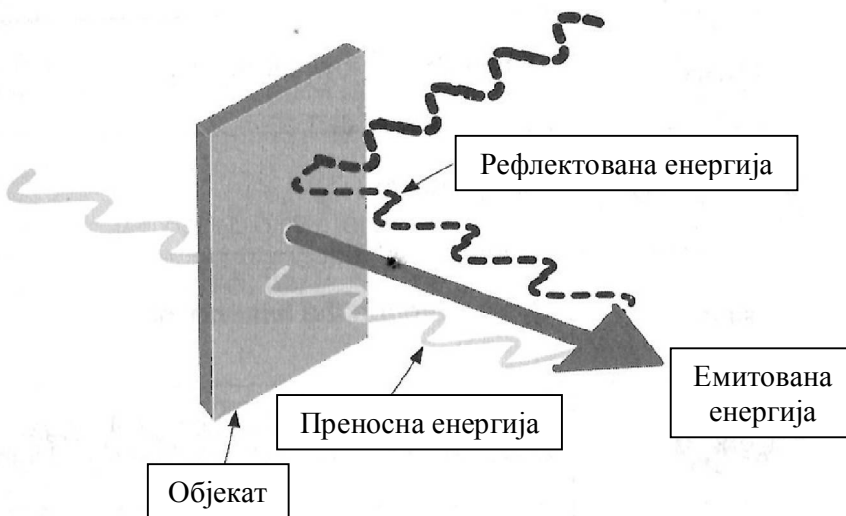
Мерење глатко полиране металне површине, нпр., цилиндричне површине, користећи инфрацрвене термометре је немогуће, јер се ови уређаји могу користити само за надгледање тренда температура.

Понекад, посебно у близини делова чија се температура мери, читавања могу бити погрешно прочитана због рефлексије зрачења из топлијег тела.

Дизајн се у суштини састоји од објектива за фокусирање на део чија се температура мери, који претвара инфрацрвени сигнал зрачења у електрични сигнал који се може приказати у јединицама температуре након компензовања на собној температури [8].

8.2 Принцип рада инфрацрвених сензора температуре

Принцип рада сензора (Слика 18.) је следећи: инфрацрвена енергија, емитована са објекта чија се температура мери, долази до сензора преко оптичког система, који је фокусиран на један или више фотодетектора. Детектор затим конвертује инфрацрвену енергију у електрични сигнал, који се након тога претвара у температурну вредност. Вредност температуре се може приказати на дисплеју или у случају смарт сензора, може бити конвертована у дигитални сигнал.

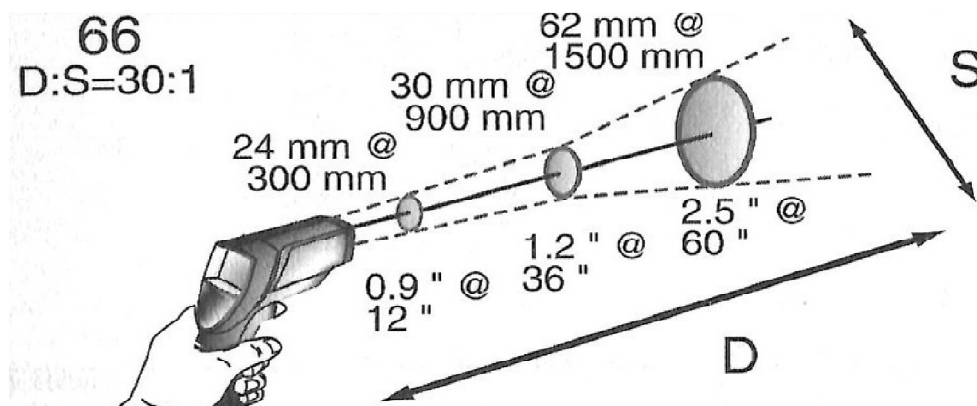


Слика 18. Принцип рада сензора [9]

Инфрацрвена радијација је део електромагнетног спектра који укључује и радиоталасе, микроталасе, видљиву светлост, ултраљубичасту светлост као и гама и икс зраке. Опсег инфрацрвеног зрачења налази се између видљивог дела спектра и радиоталаса. Таласне дужине инфрацрвеног зрачења, се протежу у опсегу од 0,7 микрометара до 1000 микрометара, док се при мерењу температура објеката користе таласне дужине у опсегу од 0,7 микрометара до 14 микрометара.

Коришћењем напредних оптичких система и детектора, безконтактни инфрацрвени термометри се могу фокусирати на скоро било који део или само на поједине делове тог опсега. Пошто сваки објекат емитује одређену количину инфрацрвене енергије на специфичној тачки дуж инфрацрвеног опсега, сваки материјал захтева јединствен модел сензора са специфичном ОПТИКОМ.

На пример, сензор са уским спектралним опсегом (Слика 19.) са централном таласном дужином на 3,43 микрометара оптимизован је за мерење температуре полиетилена и сличних материјала, сензор са опсегом чија је централна таласна дужина 5 микрометара одређена је за мерење температуре стакла итд.



Слика 19. Удаљеност уређаја од објекта [9]

Приликом одабира сензора треба обратити пажњу на потребне апликације у којима ће се сензор користити. Треба разматрати својства материјала као што су највиша тачка материјала, температурски опсег, величине итд. Параметри који карактеришу сензоре су емисивност, температурски опсег, спектрални опсег, видно поље, начин подешавања тачке у којој се мери температура итд.

8.2.1 Емисивност

Емисивност се дефинише као однос енергије, коју емитује тело при одређеној температури и енергије коју емитује савршен емитер (или црно тело) при истој температури. Вредности емисивности се крећу у опсегу од 0.0 до 1.0. Емисивност црног тела је 1.0. Инфрацрвени термометри имају могућност компензације различитих вредности емисивности, на различите материјале. Генерално говорећи, што је емисивност неког објекта већа, то је прецизност мерења температуре инфрацрвеним сензором већа. Објекти са малом емисивношћу (испод 0,2) могу бити веома проблематични. Рецимо, неки полирани материјали са сјајним површинама (алуминијум), добро одбијају инфрацрвене зраке па је немогуће извршити прецизно мерење температуре. Постоји пет начина одређивања емисивности материјала:

1. Загрејати комад материјала и измерити његову температуру прецизним сензором, а затим и инфрацрвеним сензором. Затим подесити вредност емисивности тако да се на инфрацрвеном сензору добије иста температура.

2. При релативно ниским температурама (до 500°C), може да се користи комад самолепливе траке, са емисивношћу од 0,95. На предмет се залепи комад ове специјалне траке и измери се температура. Затим се измери температура материјала на који је трака залепљена, па се сензор подеси да показује вредност температуре која је измерена на траци.

3. За мерење високих температура, на објекту се може избушити отвор (чија је дубина најмање 6 пута већа од пречника). Овај отвор делује као црни објекат са емисивношћу од 1.0. Потребно је измерити температуру унутра, а затим подесити сензор да показује исту температуру и ван отвора.

4. Уколико се предмет, чија се температура мери, може премазати бојом, може се нанети мало црне боје. На њеном месту емисивност ће бити 1.0. Након тога се мери температура објекта и подешава да буде иста као и температура под бојом.

5. Последњи начин одређивања емисивности је помоћу каталога. Постоје табеле материјала у којима се налазе вредности емисивности за већину материјала, па се вредност емисивности може једноставно подесити [8].

8.2.2 Температурски опсег

Сензори су доступни у више различитих температурских опсега, па треба одабрати сензор у зависности од потреба апликације. Неке крајње границе за мерења температура су од -50°C па до +4000°C [8].

8.2.3 Спектрални опсег²⁵

Ово је једна од најбитнијих карактеристика сензора, а зависи од врсте материјала чија ће се температура мерити. У наставку су дати спектрални опсези за неке материјале:

- 0.676μm-ливени метали (мин. 1100°C),
- 0,8 ... 1,1μm-ливено стакло, керамика и неки метали (мин. 600°C),
- 1,45 ... 1,8μm-метали и керамике (мин. 250°C),
- 2.0 ... 2.8μm-метали (мин. 75°C),
- 3 ... 5μm-метали и керамике (мин 5°C),
- 3.43μm-PE и PP фолије (мин. 50°C),
- 5,14μm-стаклене површине (мин. 100°C),
- 8 ... 14μm-неметалне површине и пресвучени метали (најмање -40°C), [8].

8.2.4 Видно поље

Димензије објекта одређују параметар видног поља сензора. Величина тачке у којој се врши мерење, мора бити велика као и објекат (или део објекта) чија се температура мери, како би се извршило правилно мерење.

²⁵ спектрални опсег заједно са линеарним опсегом апсорпције чине важне одлике спектрофометра, који представља уређај за мерење интензитета светлости

Видно поље зависи од типа сензора и његове удаљености од објекта. Видно поље се представља као однос растојања и величине тачке мерења.

8.3 Начин подешавања тачке у којој се мери температура

Пошто се овде ради о безконтактном мерењу температуре, јако је битно како усмерити сензор, да мери температуру тачно на месту где је то потребно. Зато сензори у себи садрже додатне елементе који помажу у подешавању тачке мерења.

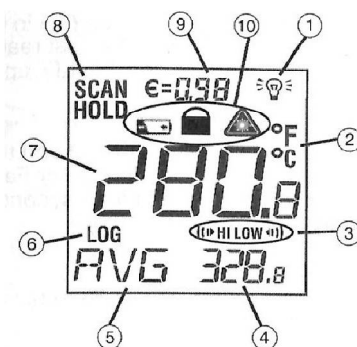
Као додатни елементи у сензорима могу да се користе ласери, LE диоде, неки оптички системи као и камере. Најчешће се користе ласери црвене боје, са таласном дужином од 630nm до 680nm, максималне снаге 1mW [8].

8.4 Карактеристике Инфрацрвеног термометра Fluke 66

Основне карактеристике које одликују инфрацрвени уређај за мерење температуре су:

- оптика: високе резолуције,
- апсолутни максимум за мерење температуре: до +600°C,
- температурна скала: Celzijus, Farenhajt,
- могућа удаљеност мерења и бележења температуре: 30:1,
- прецизност $\pm 1^\circ\text{C}$,
- емисивност је у опсегу од 0.1 до 1,
- резолуција 0.1°C ,
- складиштење података: да,
- позадинско осветљење: да,
- век трајања батерије: 10 часова са ласером и позадинским осветљењем,
- време добијања података: 0.5s,
- дужина: 200mm,
- ширина: 160mm,
- висина: 55mm,
- димензије: 200mm*160mm*55mm,
- тежина 320g [8].

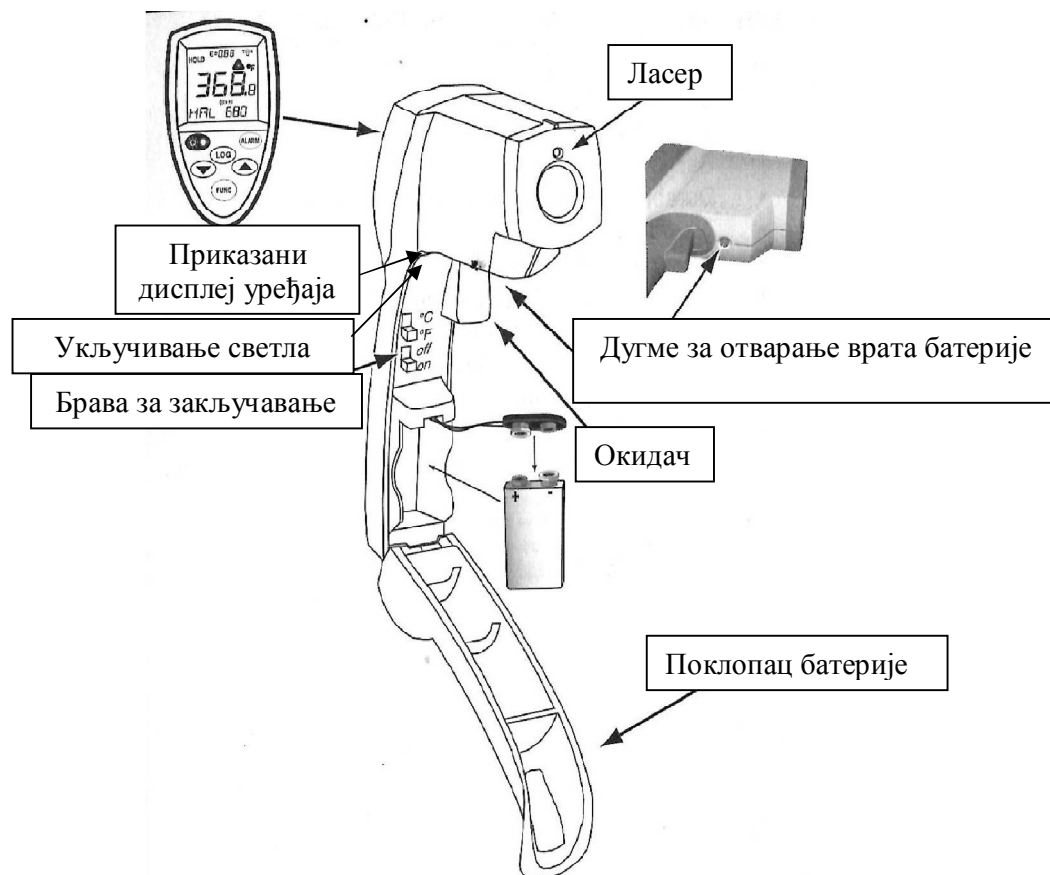
На дисплеју овог уређаја се могу појавити следеће ознаке, Слика 20.



Слика 20. Дисплеј инфрацрвеног термометра [8]

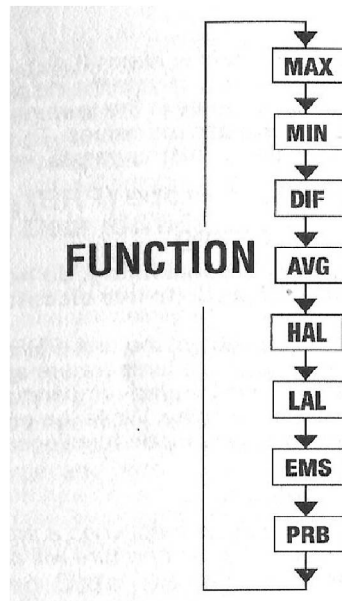
1. позадинско светло,
2. ознака мерене вредности у °C или °F,
3. висок и низак аларм,
4. максимална измерена температура на дисплеју, вредности температура за функције циклуса (MAX, MIN, DIF, AVG, HAL, LAL, EMS, PRB),
5. место иконице за функције циклуса,
6. евиденција иконица за меморисање података функције циклуса,
7. измерена вредност температуре,
8. измерити температуру или задржати претходни податак,
9. приказивање симбола и измерених вредности,
10. приказ стања батерије и ласера у вези симбола и место складиштења података.

Слика 21. приказује функционалне тастере инфрацрвеног термометра.



Слика 21. Функционални тастери инфрацрвеног термометра [8]

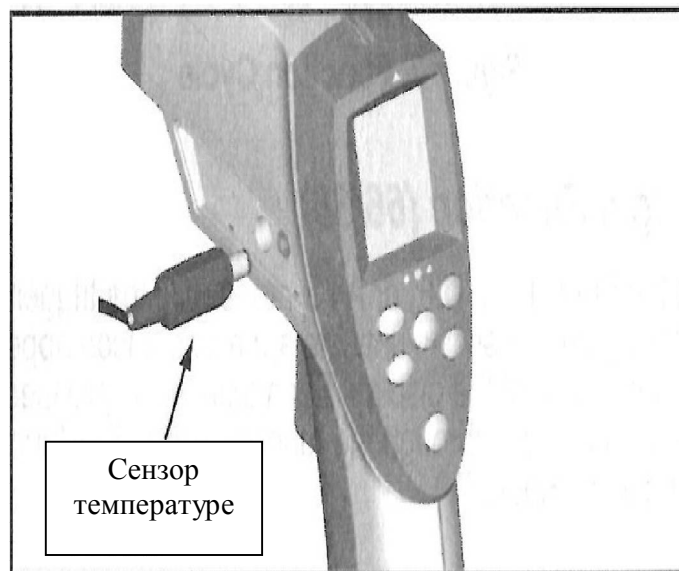
Слика 22. приказује циклус функција: MAX представља максималну вредност, MIN је минимална вредност, DIF је диференцијална (показује разлику између максималне и минималне температуре читања за свако мерење-притискивањем осигурача) и AVG просечна вредност која се увек узима за читање (ови подаци се чувају и могу бити опозвани док се не изврши ново мерење).



Слика 22. *Циклус функција*

Када је окидач повучен, уређај ће мерити у последње одабраном режиму. Притиском на тастер FUNC омогућен је приступ високом аларму HAL, ниском аларму LAL, емисивности сензора EMS и ознака PRB која је доступна само када је повезана са термометром [7].

Сензор температуре (Слика 23.) прати температуру и шаље сигнал на РС, повезује се са стране уређаја. PRB се појављује у левом углу екрана, док се вредност сензора температуре појављује у доњем десном делу екрана. Инфрацрвени температурни зрак се налази у центру екрана. Док је сензор повезан, и даље се може вршити циклус мерења кроз функције режима притиском на тастер FUNC.



Слика 23. *Место и начин повезивања сензора*

8.5 Примери употребе

Инфрацрвени термометри се могу користити за широк спектар функција праћења температуре. Безконтактно мерење представља оптичко мерење температуре засновано на својству свих материјала да емитују електромагнетно зрачење (инфрацрвено зрачење).

Користе се тамо где је потребно брзо и тачно измерити температуру као и код покретних објеката, као и објеката под напоном и тешко доступних места, где није лако прићи до машине или дела чију температуру мере, где се предмет креће, када је окружен електромагнетним пољем, за мерење температуре пећи на чврста горива. Такође се користи када се објекат налази у вакууму или у некој другој контролисаној атмосфери, или у ситуацији где је потребна брза процена температуре.

Слика 24. приказује начин мерења инфрацрвеним термометром.



Слика 24. Приказ начина мерења помоћу инфрацрвеног термометра

9. Електронски стетоскопи за мерење вибрације

Електронски стетоскоп је уређај који се користи за мерење вибрација, звукова и буке на машинама. Уз поменути уређај се, помоћу слушалица и две различите дужине сонди, врши мерење и добијени резултати се могу упоредити са снимљеним звуцима рада машина, који се налазе на CD-у [6].

9.1 Електронски стетоскоп SKF TMST 2

SKF TMST 2 је електронски стетоскоп, осетљив уређај високог квалитета који је идеалан за утврђивање и откривање, праћење и дијагностиковање проблема свих врста вибрација, звукова и буке на машинама (оштећеност лежачева, зупчаника, бучног рада пумпи...), Слика 25.



Слика 25. SKF TMST 2 електронски стетоскоп

То је ручни инструмент опремљен пиезо-електричним сензором, подесивим за контролу јачине звука, са осетљивим слушалицама, који се испоручује у чврстом коферу за ношење у комплекту са две сонде, слушалицама и батеријом од 9V. Посебан додатак је CD снимљен на више језика, где су описани „нормални” звукови као и потенцијални недостаци и буке на лежачевима. Слика 26. приказује начин мерења.



Слика 26. Мерења помоћу електронског стетоскопа

Буку или вибрације из машине снима сензор и преноси на претварач. У уређају се вибрације претварају у електрични сигнал који обрађује електроника инструмента. Уређај има два излаза за појачани сигнал, један је за повезивање слушалица, а други служи за снимање резултата мерења. Слушалице имају одобрење за употребу према стандарду EN 352-1.1993 и EN 352-3, (Слика 27.).



Слика 27. SKF TMST 2 електронски стетоскоп

9.2 Технички подаци уређаја

Електронски стетоскоп SKF TMST 2 има следеће техничке податке:

ознака: TMST 2,
фреквенцијски опсег: 30Hz-15kHz,
радна температура: 0°C-45°C,
снага запремине је прилагодљива,
минимално снимање импедансе²⁶,
максимална снага излаза: 250mV,
слушалице: 48Ohm,
батерија: 9V алкална IEC 6LR61,
трајање батерије: око 20 часова,
димензије: 190mmx60mmx30mm (7.5x2.4x1.2),
дужина пробног штапа: 60mm и 290mm (2,4 и 11,4),
тежина инструмента: 200g,
тежина слушалица: 250 g.

²⁶ електрична импеданса, или једноставно импеданса је мера отпора синусоидалне електричне струје

10. Уређаји за мерење броја обртаја

Мерење броја обртаја се користи за проверу рада електромотора, турбогенератора, вратила алатних машина итд. Уређаји који се користе за мерење брзине и броја обртаја покретних делова машина називају се тахометри. По принципу рада тахометри могу бити: механички, електрични, електроимпулсивни, фотоелектрични, стробоскопски. Постоји велики број различитих врста тахометара, као нпр.: TMOT 1, TMOT 6, TMOT 6/CET, TMOT 6/ласер [5].

10.1 Тахометар SKF TMOT 6

SKF TMOT 6 је уређај високог квалитета и веома прецизан, који се користи за оптичко или контактано мерење броја обртаја. То је једнофункционални, микро-процесор са контролисаним бројачем обртаја. Опремљен је стандардним даљинским сензором и контакт адаптером, као и додатном опремом.

Овим инструментом (Слика 28.) је могуће вршити више врста мерења разних параметара: број обртаја у минути, бројање циклуса или бројање обртаја, мерење времена између циклуса и мерење укупног акумулираног времена [14].



Слика 28. Таометар у заштитној фултроли [2]

10.2 Карактеристике тахометра

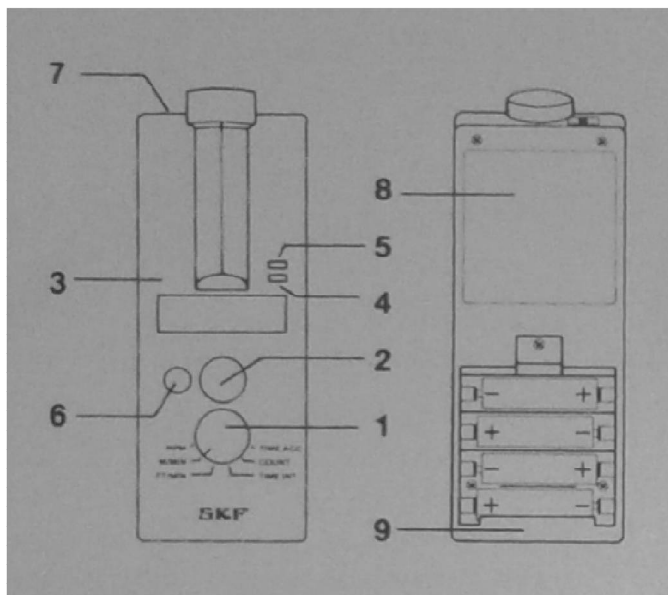
Основне карактеристике тахометра су:

- поседује оптички систем објектива,
- опсег брзине од 3 до 99 999 обртаја у минути,
- домет мерења обртаја је до 2m,
- велики угаони опсег мерења до 80°C,
- високе прецизности,
- контакт адаптер за обртаје по минути за линеарна мерења,
- врхунска отпорност на околну светлост,
- лед дисплеј лак за читавање,
- 6 различитих режима мерења [2].

10.3 Саставни делови тахометра

Слика 29. приказује саставне делове уређаја:

- 1) преклопник за избор начина рада,
- 2) мерење/ресетовање,
- 3) 5-оцифрени дисплеј,
- 4) мали индикатор батерије,
- 5) показатељ параметара мерења,
- 6) поновљени позив/аутоматски опсег,
- 7) даљински сензор прикључка,
- 8) технички подаци,
- 9) батерија [2].



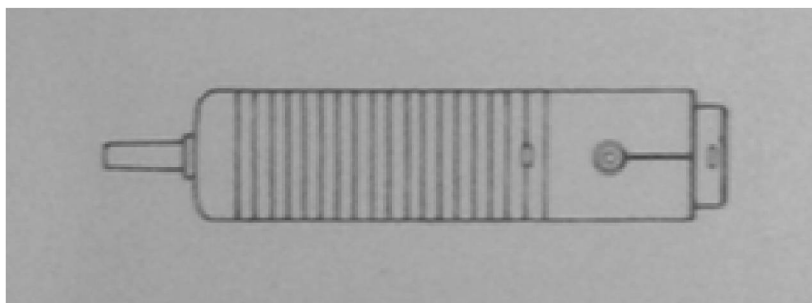
Слика 29. Саставни делови уређаја [2]

10.4 Додатни прибор уређаја

Додатни прибор уређаја обухвата следеће елементе:

ТМОТ 6-56

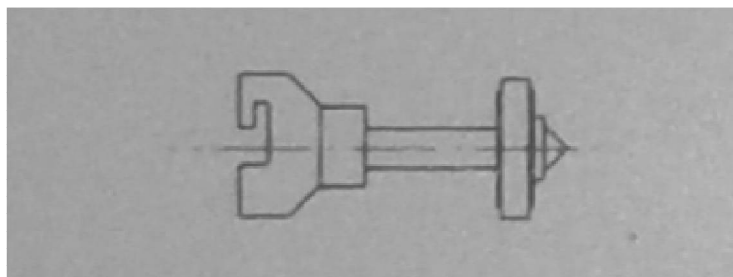
- оптички сензор показивача места где се врши мерење, (дужина кабла је 1m), (Слика 30.) [2].



Слика 30. Оптички сензор [2]

ТМОТ 6-57

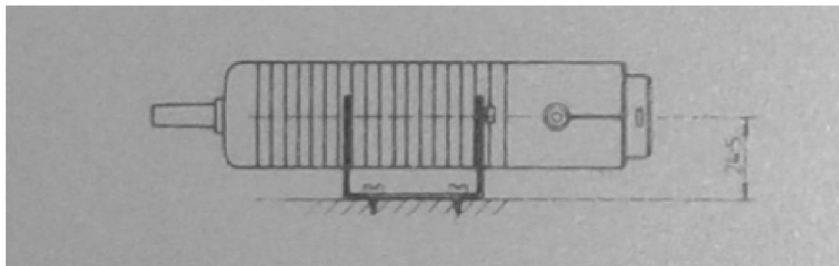
- контакт адаптер за мерење броја обртаја и линеарне брзине, користи се са оптичким даљинским сензором или директно везан на уређај ТМОТ 6, (Слика 31.).



Слика 31. Контакт адаптер [2]

ТМОТ 6-59

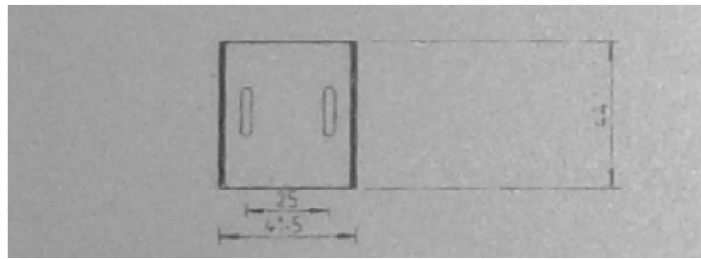
- рефлектујућа трака, димензија 5m*25mm, (Слика 32.).



Слика 32. Рефлектујућа трака [2]

ТМОТ 6-60

- носач за уређај ТМОТ 6 са два завртња пречника 3mm и самолепљиве подлоге, (Слика 33.).



Слика 33. Носач уређаја [2]

10.5 Оптичко мерење броја обртаја

Упутство за коришћење тахометра:

- потребно је притиснути и држати прекидач за мерење,
- након тога треба осигурати на циљном индикатору да стално светли при ниским брзинама (лед сијалица ће полако треперети),
- за резолуцију од 0,001 обртаја по минути, притиснути аутоматски прекидач (на кратко), (Слика 34.) [14].



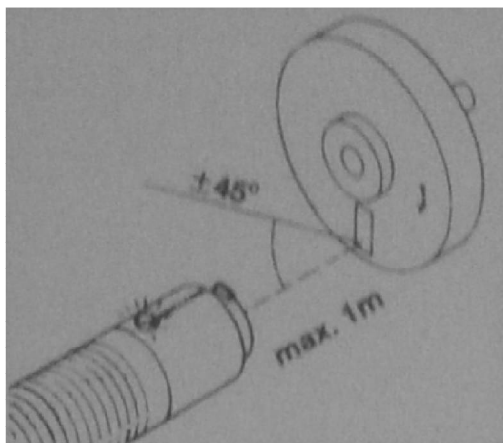
Слика 34. Тахометар [2]

- обрађена мера, последњег очитаног мерења, ће бити приказана у трајању од 10 секунди,
- за поновљени приказ претходног очитавања треба притиснути прекидач у року од 1 минут,
- по завршеном мерењу потребно је извршити ресетовање свих очитавања [2].

10.6 Контактно мерење

Контактна мерења се врше на следећи начин:

- потребно је прикључити контакт адаптер **ТМОТ 6-57** на инструмент са даљинским мерилом,
- затим држати притиснут прекидач, који се приликом мерења ослобађа, пре него што се покрене контакт адаптер,
- мерни опсег је мах. 99 999 обртаја по минути, (Слика 35.) [2].

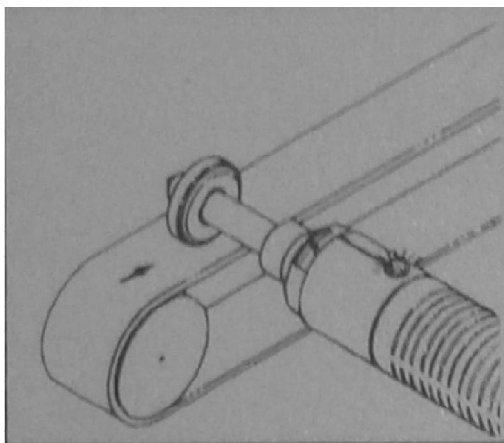


Слика 35. Контактна мерења [2]

10.7 Време акумулације поступка мерења

Потребно време за акумулацију поступка мерења је следеће:

- за мерење укупног времена броја обртаја,
- пребацивање очитаних вредности поступка бројања,
- временски опсег: 0,001s-99 999s, (Слика 36.).



Слика 36. Време акумулације поступка [2]

11. Уређаји за мерење стања изолације каблова

Испитивање и оцена стања изолације електроенергетских уређаја представља најважнији део њиховог одржавања. Испитивање изолације се ради у оквиру коадних, пријемних и превентивних испитивања [6].

За процену стања изолације користе се следеће методе: мерење отпорности изолације, мерење капацитивности и фактора губитака, мерење парцијалних пражњења [9].

Оријентациона отпорност изолације треба да има онолико $M\Omega$ -а колико kV износи напон машине, али не испод $0,5M\Omega$ и креће се до $1T\Omega$. Уколико је тај резултат мањи од $0,5M\Omega$ -а електромотор је неисправан и потребна је санација [13].

11.1 Мегаомметар Fluke 1550 В

Мегаомметар (Слика 37.) је уређај за испитивање стања изолације каблова. Измерене вредности се могу меморисати на рачунару због упоређивања са претходно измереним вредностима у циљу предузимања потребних мера санације и обезбеђења сигурности [10].



Слика 37. Мегаомметар [13]

11.2 Испитивање отпорности изолације

Отпорност изолације се углавном мери пре прикључења машине на пуни напон. Потребно је измерити отпорност изолације између намота и уземљених металних делова (масе), као и отпорност изолације између међусобно изолованих намота (фаза).

Мерење отпорности изолације има три циља:

утврђивање да нема оштећене изолације,
утврђивање стања изолованости машине пре прикључења на пуни напон,
могућност поређења са каснијим испитивањима изолације како би се одредиле промене које су настале у изолацији (овлажење, старење или оштећења) [11].

Деградирање и пропадање изолације проузрокује следеће:

- прегревање електричне машине,
- претерано хлађење (или ниске температуре околине),
- превелика влага,
- присуство прашине,
- корозивна испарења,
- уље,
- вибрације,
- старење,
- огреботине и механичка засецања као и оштећења намота [10].

Однос између века трајања изолације и температуре радне машине, је један од најважнијих фактора у конструкцији али и у погону електричних машина [9].

Изолациони материјал стари, односно разлаже се под утицајем топлоте, па самим тим старењем, постаје доминантна топлотна нестабилност изолационих материјала [10].

Вредности отпора изолације код електричних машина и трансформатора се крећу од 0,5MΩ па до 1TΩ и те вредности су зависне од више фактора и то:

- влажности машине,
- трајања мерења,
- температуре,
- мерног напона,
- величине машине,
- врсте и дебљине изолационог материјала и др..

Систематским мерењем отпорности изолације може се стећи утисак о старењу изолације, али је, обзиром на разне утицаје, увек потребно вршити мерења при практично истим условима [12].

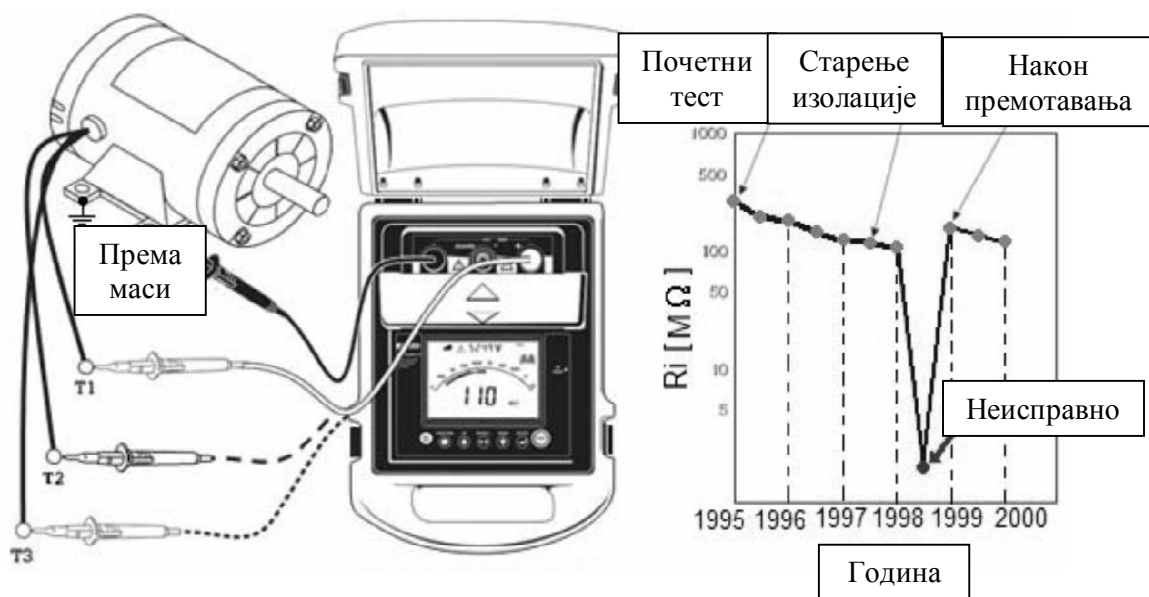
11.3 Утицај температуре

Ако се електрична машина или трансформатор загревају топлим-сувим ваздухом (температуре 80°C-100°C), тада долази до пораста отпорности изолације [10].

Мере се следеће отпорности: отпорност изолације намота према маси и отпорност изолације између намота (фаза).

Отпорност изолације се мери при високим једносмерним напонима, како би мерена струја кроз изолацију била мерљива. DC (једносмерни напони) су: 500V, 1000V, 2500V и 5000V. За разлику од мерења отпорности намота (који зависи само од температуре), отпорност изолације зависи од следећих фактора: температуре, влаге, трајања мерења (мења се у току мерења), мерног напона, дебљине изолационих материјала и сл. (као што је већ речено) [9].

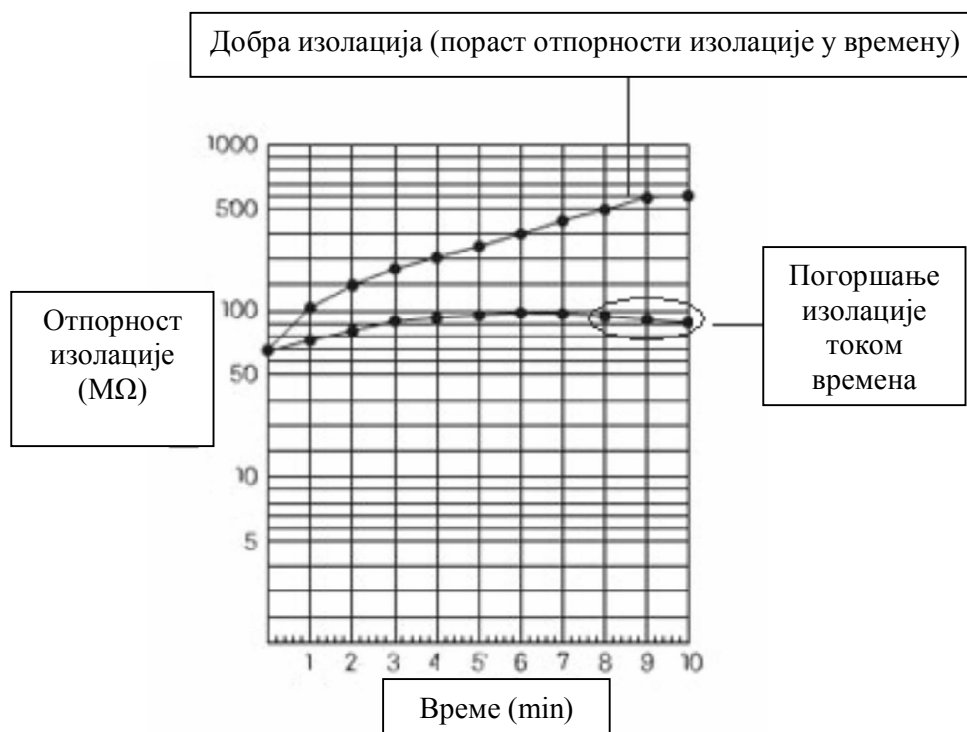
Отпорност изолације се мери једносмерном струјом помоћу специјалних логометарских инструмената тзв. мегаомметара, који се састоје из извора једносмерне струје (генератора или исправљача) и логометарског мерног система, (Слика 38.) [5].



R_i ($M\Omega$)-мерена отпорност изолације

Слика 38. Употреба мегаомметра [5]

На Слици 39. је приказано стање изолације помоћу две криве: Крива (1) представља добру изолацију која показује континуалан пораст отпорности у временском интервалу (60 секунди до 10 минута), док крива (2) представља следеће: ако се појави влага или нечистоћа у изолацији, ефекат поларизације ће бити „маскиран” великом струјом цурења (струја провођења), која је константна и има ниску отпорност изолације [10].



Слика 39. Стање изолације [9]

Метода диелектричне апсорпције²⁷ је независна од величине машине која се тестира. Када је изолација добра, читавање напона у трајању од 60 секунди је веће у односу на читавање напона у трајању од 15 секунди или 30 секунди. Индекс поларизације²⁸ или поларизациони индекс PI мора бити већи од 1.1.

Изолација намота, с'обзиром на индекс, поларизације је:

PI за однос читавања отпора 60s/30s:

- $1.1 > PI$ (неуспео тест, изолација не задовољава),
- $1.25 > PI > 1.1$ (изолација коректна),
- $1.6 > PI > 1.4$ (изолација изузетно добра),
- $PI > 1.6$ (изолација одлична).

PI за однос читавања отпора 60s/30s:

- $PI = 1.5$ или већи, за нове, поправљене или преправљене трансформаторе,
- $PI = 1.3$ или већи, за трансформаторе у експлоатацији [9].

Важне напомене код мерења отпорности изолације су следеће:

²⁷ диелектрична апсорпција-спада у групу метода дијагностике отпорности изолације, захтева више мерења на сваких један минут (подешава се интерним тајмером у инструменту и врши се читавање података). Не захтева строго прецизне вредности температуре и влажности

²⁸ индекс поларизације-представља проширење мерења отпорности изолације (мери се отпорност изолације после једног минута и после десет минута од прикључења једносмерног напона)

- мегаомметар се прикључује између намота који се испитује и масе (уземљење, трансформаторски суд или други намот), тек пошто се на прикључцима мегаомметра успостави пун испитни напон,
- од тог времена мери се време и читава се показивање инструмента (у МΩ-има), после 15 секунди и 60 секунди, или после 30 секунди и 60 секунди, зависно од тога који се поларизациони индекс жели посматрати,
- после сваког испитивања намот се мора кратко спојити и уземљити, пре него се приступи наредном испитивању [9].

11.4 Поступак испитивања отпорности изолације мегаомметром

Сам поступак испитивања отпорности изолације се изводи на следећи начин:

Укључење мегаомметра врши се тастером са ознаком ON/OFF и тада се појављује индикација о стању акумулаторске батерије (батерија се повремено мора допуњавати, мегаомметар не може да функционише у току пуњења, јер заштитни поклопац не дозвољава прикључење мерних каблова док се пуне батерије) [1].

Укључењем мегаомметра, на екрану инструмента, појављује се низ индикација:

- изабрани напон тестирања (у горњем десном углу),
- аналогна скала отпорности изолације (са BARGRAF индикацијом),
- изабрана функција мегаомметра-TEST VOLTAGE, RAMP OFF, TIME LIMIT OFF или RESULTS.

Ове функције се бирају тастером на мегаомметру са ознаком FUNCTION.

- на прикључке + и - инструмента прикључују се мерни кабови на које се монтирају мерне штипаљке, (Слика 40.),



Слика 40. Места за прикључење каблова мерних штипаљки

- изабере се тастером FUNCTION-функција TEST VOLTAGE,
- изабере се тастерима испитни напон и то: тастером UP виши односно DOWN нижи напон. Изабрани испитни напон се појављује на екрану у десном углу изнад индикатора стања батерије,
- притиском на тастер ENTER појављује се изабрани испитни напон у доњем левом углу екрана, чиме је дефинисан испитни напон. Могуће је изабрани испитни напон променити тастерима UP и DOWN, (Слика 41.),



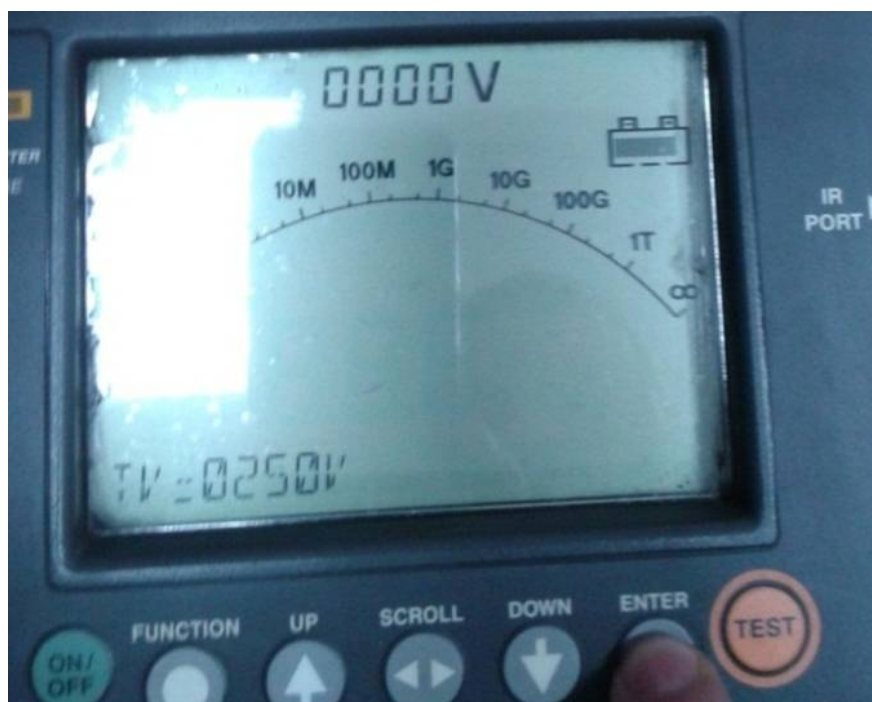
Слика 41. *Подешавање уређаја*

- код овог мерног уређаја постоји могућност постепеног повећавања испитног напона од 0 до дефинисаног напона уколико постоји могућност да је испитивани намот у кратком споју, тада ће мерни уређај редуковати испитни напон до неке мале вредности, а измерена отпорност биће мала. Укључивање поменуте опције врши се преко тастера FUNCTION, а опција RAMP OFF или RAMP ON ако је укључена опција повећавања испитног напона, појавиће се на екрану у горњем левом углу степенасти симбол повећања,

- код испитивања изолације намота, време испитивања је фактор који се може дефинисати тастером FUNCTION односно опција TIME LIMIT OFF односно TIME LIMIT 01.00 до 99.00 [1].

Избором наведених функција уређај је спреман за функционисање на следећи начин:

- тастером FUNCTION поново изабрати испитни напон, у доњем левом углу на екрану се појављује TV=XXXXXV односно цифре изабраног испитног напона, (Слика 42.),



Слика 42. Избор испитног напона

Горе наведеним поступцима завршено је подешавање инструмента и може се приступити испитивању стања изолације кабла [1].

Мерење започиње притиском на тастер TEST, које мора да траје 1 секунду чиме се уређај стартује и то се на екрану манифестује на следећи начин:

- почиње да тече време мерења ако је изабрано као опција (у доњем десном углу види се колико је изабрано време),
- на главној аналогој скали се укључује BARGRAF дисплеј показујући растућу вредност,
- у горњем средњем делу расте приказ испитног напона (ако је изабрана та опција),
- поред приказа растућег испитног напона, све време мерења „блинка” симбол високог напона што сугерише руковаоцу да постоји опасност од струјног удара,
- после истека мерног времена (ако је изабрано) појављује се вредност измерене отпорности, а испод те вредности и питање STORE RESULT? UP=YES (уколико се жели меморисати мерење-притиснути тастер UP), (Слика 43.),



Слика 43. Меморисање измерене отпорности

- притиском на тастер UP појављује се порука TAG X и број мерења (овај број се аутоматски увећава), али први број треба уписати као ознаку мерења на пример: TAG 10 13 или TAG 3T 14,
- у току мерења у доњем левом углу се појављује вредност струје која тече кроз уређај односно намот који се испитује,
- када се заврши мерење притиснути тастер ENTER и затим прећи на ново мерење на исти начин [1].

11.5 Меморисање мерних података у РС

Тастером FUNCTION изабрати опцију RESULT, притиснути тастер ENTER и тада се на екрану инструмента појављује следећи приказ:

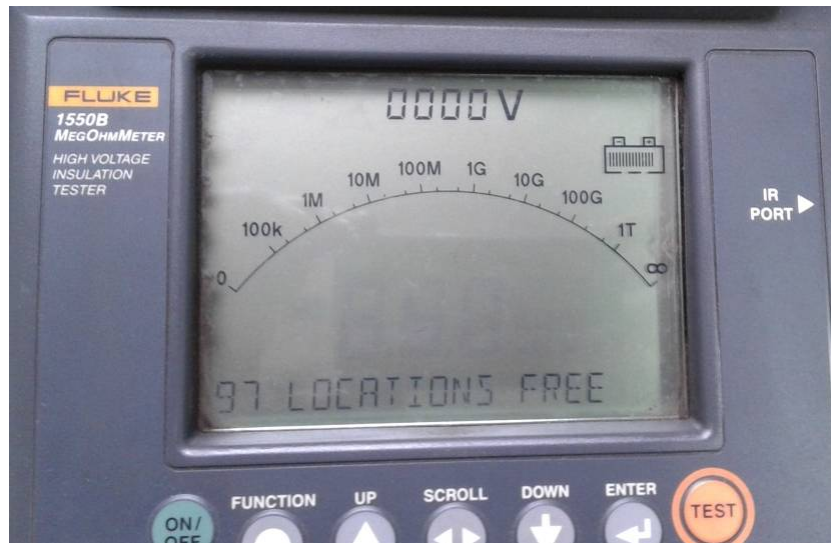
- приказује се извршено мерење са вредношћу отпорности и ознаком мерења у доњем десном углу, а претходна мерења се могу листати тастерима UP и DOWN [1].

Мерења се могу и пренети у РС рачунар на следећи начин:

- покретањем софтвера који је испоручен уз мегаомметар,
- меморисањем мерења у РС као документ.

Мерни подаци се могу и обрисати из уређаја после преношења у рачунар:

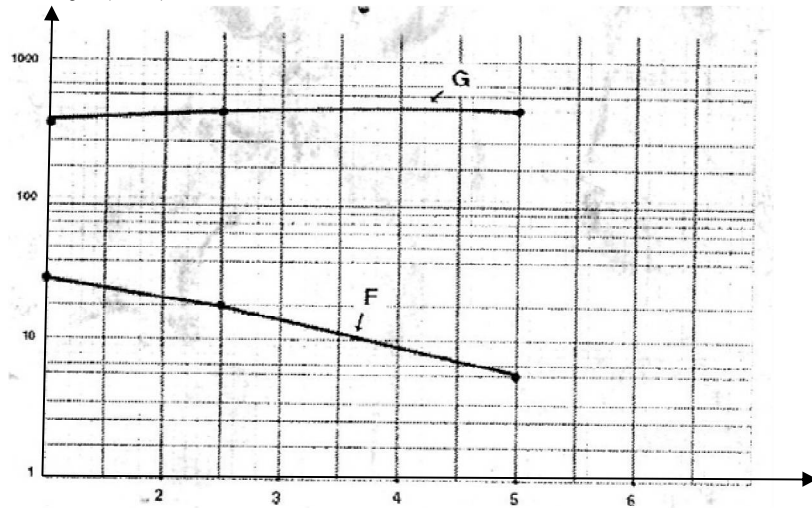
- притиском на тастер FUNCTION, у доњем делу екрана се појављује упит DELETE? UP=YES што значи за брисање мерених резултата, притиснути тастер UP и сви резултати мерења ће бити обрисани. Овај мерни уређај може меморисати 99 резултата мерења, (Слика 44.). [4].



Слика 44. Меморисање резултата мерења

Слика 45. приказује две криве које представљају стање мереног напона пре извршене санације кабла и стање мереног напона после извршене поправке кабла.

Отпорност изолације ($M\Omega$)



Време (min)

Слика 45. График стања напона пре и после поправке изолације [1]

Крива F показује тренд пада вредности отпорности изолације, док се напон повећава што указује на потенцијални проблем са изолацијом. Крива G показује релативно стабилно стање отпора изолације као и напона, што је доказ о отклоњеном проблему са изолацијом [1].

Следећим табелама ће бити приказани резултати мерења стања изолације.

У првој табели, првим редом је означен кабл и време мерења, други ред показује резултате мерења I фазе ка уземљењу, трећи ред показује мерење II фазе ка уземљењу, док четврти ред показује мерење III фазе ка уземљењу.

Ознака R представља I фазу, ознака S II фазу, а ознака T представља III фазу.

Другом табелом су приказани резултати мерења која су извршена на електромотору са истим временима од 15 секунди и 1 минут.

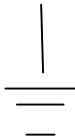
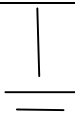
Трећом табелом је приказано међуфазно мерење, тј. мерење отпорности изолације каблова између I и II фазе, између II и III фазе и на крају између I и III фазе.

Дробилица 230 „А“

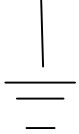
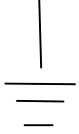
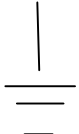
број електромотора: 125883

уређај за мерење: Мегаомметар Fluke 1550 В

Табела 1. Евиденција стања оштећења каблова дробилице 230 А [1]

кабл	15“	1’
R - 	2,8GΩ	3,44GΩ
S - 	3,19GΩ	4GΩ
T - 	2,31GΩ	2,76GΩ
R - S	5,15GΩ	6,4GΩ
S - T	4,94GΩ	5,93GΩ
R - T	4,63GΩ	5,5GΩ

Табела 2. Приказ резултата мерења оштећења каблова електромотора [1]

електромотор	15“	1’
R - 	1,68GΩ	3,02GΩ
S - 	2,03GΩ	3,57GΩ
T - 	2,02GΩ	3,67GΩ

Табела 3. Евиденција стања отпорности намота дробилице 230 А [1]

R - S	0,7Ω
S - T	0,8Ω
R - T	0,8Ω

Исто као што се ради провера за А дробилицу, тако се врши мерење и провера и за Б дробилицу.

У четвртој табели, првим редом је означен кабл и време мерења, други ред показује резултате мерења I фазе ка уземљењу, трећи ред показује мерење II фазе ка уземљењу, док четврти ред показује мерење III фазе ка уземљењу.

Ознака R представља I фазу, ознака S II фазу, а ознака T представља III фазу.

Петом табелом су приказани резултати мерења која су извршена на електромотору са истим временима од 15 секунди и 1 минут.

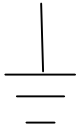
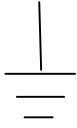
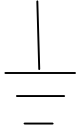
Шестом табелом је приказано међуфазно мерење, тј. мерење отпорности изолације каблова између I и II фазе, између II и III фазе и на крају између I и III фазе.

Дробилица 230 „Б“

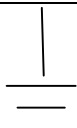
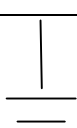
број електромотора: 125885

уређај за мерење: Мегаомметар Fluke 1550 В

Табела 4. Евиденција стања оштећења каблова дробилице 230 Б [1]

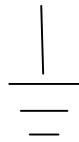
кабл	15"	1'
R - 	9,55GΩ	11,1GΩ
S - 	13GΩ	17,1GΩ
T - 	6,06GΩ	7,01GΩ
R - S	13,4GΩ	15,6GΩ
S - T	19,4GΩ	24,3GΩ
R - T	14,8GΩ	18,6GΩ

Табела 5. Приказ резултата мерења оштећења каблова електромотора [1]

електромотор	15"	1'
R - 	1,7GΩ	2,7GΩ
S - 	1,79GΩ	3,28GΩ
T - 	2,2GΩ	3,66GΩ

Табела 6. Евиденција стања отпорности намота дробилице 230 Б [1]

R - S	0,7Ω
S - T	0,7Ω
R - T	0,7Ω



уземљење или тачка на нултом потенцијалу.

Параметри електромотора који се користе на поменутих дробилицама су представљени следећом табелом:

Табела 7. Табеларни приказ параметара електромотора дробилица [2]

Машина	Тип ЕМ-а	Ознака	Карактеристике	Димензије	Лежај
дробилица 230 А	КТ 248-10	125883	P=750kW n=595min ⁻¹ U=6kV I=96A	A=1400 B=1300 C=415 D=140 E=250 F=36 GA=147,7 H=800	NU330 NU322 6322 9100
дробилица 230 Б	КТ 248-10	125885	P=750kW n=595min ⁻¹ U=6kV I=96A	A=1400 B=1300 C=415 D=140 E=250 F=36 GA=147,7 H=800	NU330 NU322 6322 9100

Употреба претходно поменутих и описаних уређаја (Инфрацрвени термометар Fluke 66, Електронски стетоскоп SKF TMST 2, Тахометар TMOT 6 и Мегаомметар Fluke 1550 В) је веома битна због контролисања рада електромотора [7].

Сви добијени подаци могу бити уписани и унети у апликацију (софтвер), у којој можемо имати одличан преглед и контролу резултата мерења различитих карактеристика електромотора.

Софтвер за евиденције мерења рада електромотора дробилице омогућава евиденције различитих мерења (температуре, броја обртаја, вибрације, стања изолације), преглед мерења као и праћење рада електромотора, чиме се могу уочити разне неправилности.

Кориснички мени софтвера омогућава лакше коришћење и евиденције мерења кроз форме и извештаје. Пре израде софтвера потребно је израдити функционалну декомпозицију за евиденцију мерења као и контекстни дијаграм мерења рада електромотора.

12. Функционална декомпозиција за евиденцију мерења рада електромотора дробилице

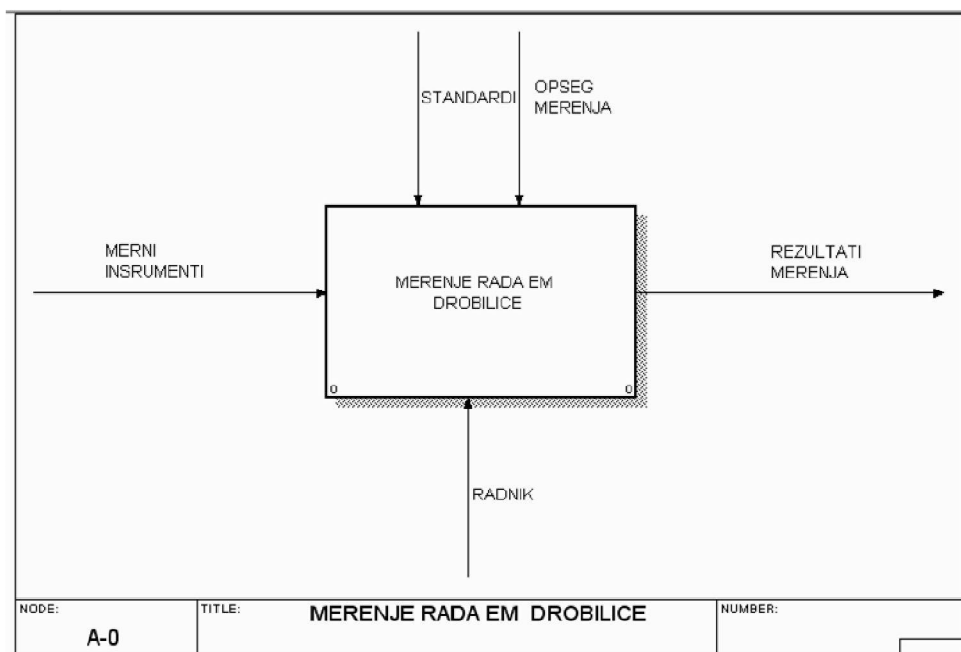
Функционалном декомпозицијом потребно је идентификовати послове за евиденцију мерења рада електромотора дробилице путем обраде докумената папирне евиденције. За извођење ових процеса потребно је користити графички језик IDEFO тј. CASE алат BPwin. IDEFO техника је својеврстан графички језик који омогућава комуникацију, која је разумљива свим учесницима у пројекту.

Функционалну декомпозицију потребно је изводити кроз три подређена процеса:

- дефинисање граница система (контекстни дијаграм),
- дефинисање стабла активности,
- дефинисање декомпозиционог дијаграма.

12.1 Контекстни дијаграм

Код стандарда IDEFO као први корак дефинише се одговарајући дијаграм контекста тј. потребно је поставити границе система. Слика 46. приказује дијаграм контекста где се дефинише непосредно окружење.



Слика 46. Контекстни дијаграм Мерења рада електромотора дробилице

Контекстни дијаграм је дефинисан једним правоугаоником који представља границу модела који се проучава. У том систему и ван њега теку информације преко стрелица. Контекстни дијаграм је највиши ниво апстракције који се декомпозиционим дијаграмима преводи у ниже нивое апстракције.

Контекстни дијаграм је са леве стране дефинисан улазним информацијама, са десне стране излазним информацијама, одозго су дефинисане контроле, а одоздо ресурси.

Улазне информације:

„Мерни инструменти“, којим се дефинишу врсте мерења на електромотору.

Излазне информације:

„Резултати мерења“, где се прати рад и исправност електромотора.

Контроле су упутства и поступци и за овај пример су:

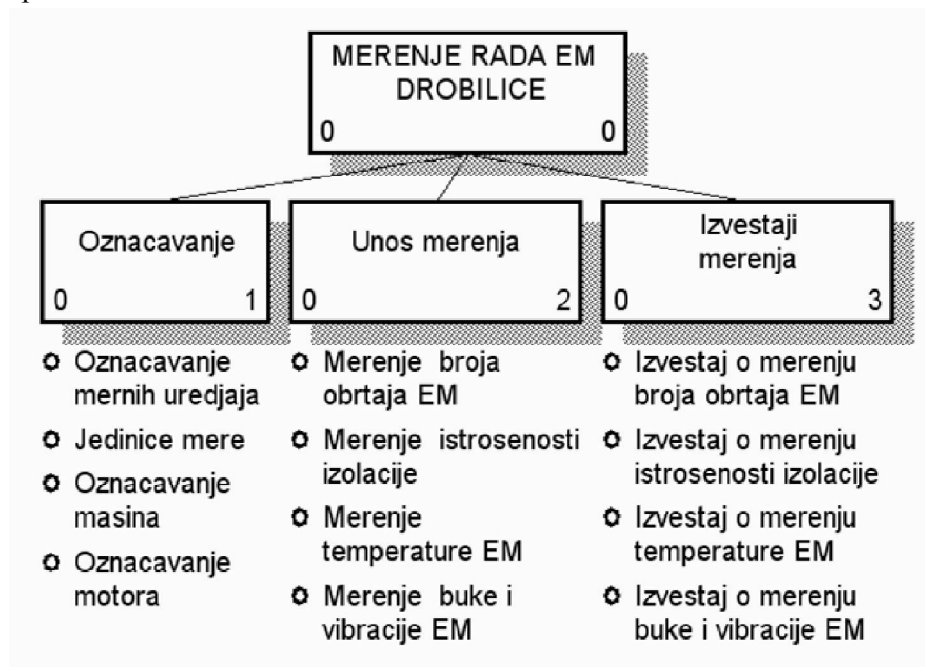
„Стандарди“,

„Опсег мерења“.

Имајући у виду овако постављени контекстни дијаграм, у следећем кораку се дефинише стабло активности.

12.2 Стабло активности

За пример документа за евиденцију мерења рада електромотора и анализом процеса Мерење рада електромотора дробилице, уочено је да се послови могу поделити у одређене групе послова, односно типизирати. Овакав приступ (Слика 47.) обезбеђује стабилност информационог система уколико дође до организационих или било каквих других промена.



Слика 47. Стабло активности за контекстни процес Мерење рада електромотора

12.3 Декомпозициони дијаграм процеса Мерење рада ЕМ-а дробилице

На основу дефинисаног контекстног дијаграма (Слика 46.) и стабла активности (Слика 47.) дефинише се декомпозициони дијаграм (Слици 48.).

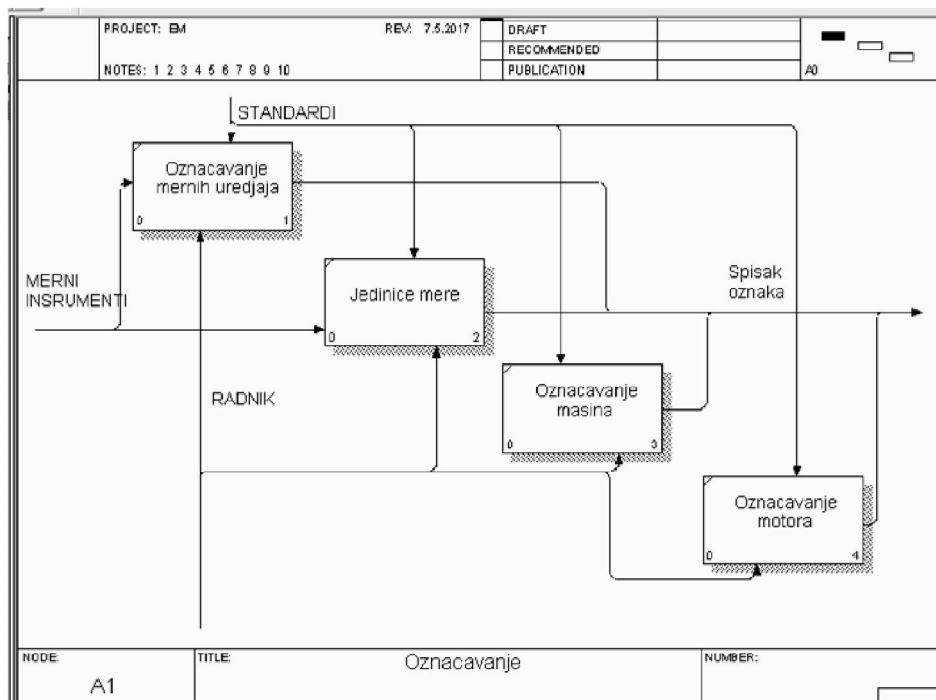
PROJECT: BM NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	REV: 7.5.2017	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">DRAFT</td><td style="width: 50px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">RECOMMENDED</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">PUBLICATION</td><td></td></tr> </table>	DRAFT		RECOMMENDED		PUBLICATION		A0
DRAFT									
RECOMMENDED									
PUBLICATION									


```

graph TD
    S[STANDARDI] --> O[Oznacavanje 1]
    S --> U[Unos merenja 2]
    S --> I[Izvestaji merenja 3]
    OPM[OPSEG MERENJA] --> U
    OPM --> I
    MI[MERNI INSTRUMENTI] --> U
    O -- "Spisak oznaka" --> U
    U -- "Izmerene vrednosti" --> I
    R[RADNIK] --> I
    I --> RM[REZULTATI MERENJA]
  
```

По IDEFO стандарду одговарајуће стрелице представљају групе докумената које дефинишемо као информације. На следећем нивоу свака информација се дели до нивоа процеса где се као стрелице дефинишу конкретна документа.

На Слици 49. приказан је дијаграм хоризонталне декомпозиције информација процеса означавања.

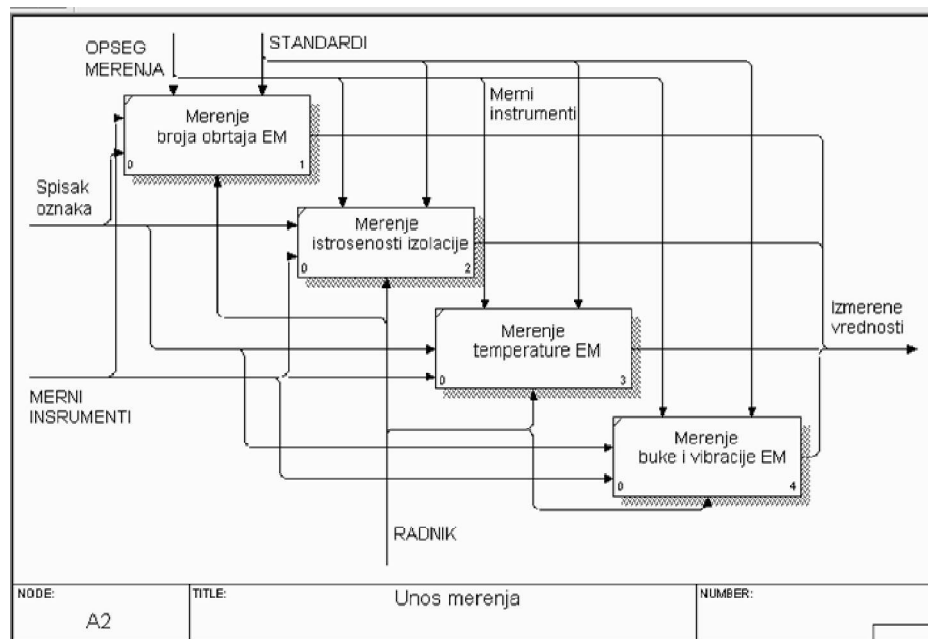


Слика 49. Декомпозициони дијаграм за процес „Означавање“

Процес 1. „Означавање“ је претпоставка за успешну ефикасност будуће корисничке апликације. За овај процес улаз су Мерни инструменти, а излаз су Списак ознака, који су улаз за следећи процес 2. „Унос мерења“. За пример, о коме је до сада било говора у оквиру овог процеса, одржавају се шифарници Мерних уређаја, Јединица мере, Машина и Мотора.

12.3.2 Декомпозициони дијаграм за процес 2. „Унос мерења“

Слика 50. приказује дијаграм хоризонталне декомпозиције информација процеса Унос мерења.

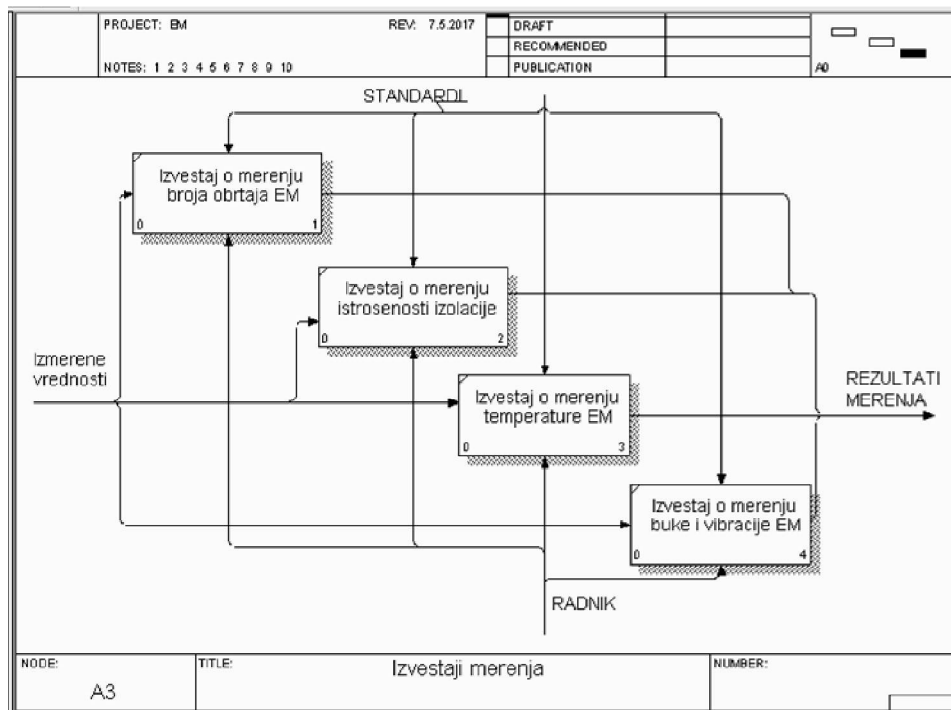


Слика 50. Декомпозициони дијаграм за процес Унос мерења

Улаз за процес 2. „Унос мерења“ је Списак ознака и Мерни инструменти, а излаз су Измерене вредности. Мерење се дели на Мерење броја обртаја електромотора, Мерење истрошености изолације, Мерење температуре електромотора и Мерење буке и вибрације електромотора.

12.3.3 Декомпозициони дијаграм за процес 3. „Извештаји мерења“

Слика 51. приказује дијаграм хоризонталне декомпозиције информација процеса Извештаји мерења.



Слика 51. Декомпозициони дијаграм за процес Извештаји мерења

13. Развојно окружење информационих система за евиденцију мерења рада електромотора

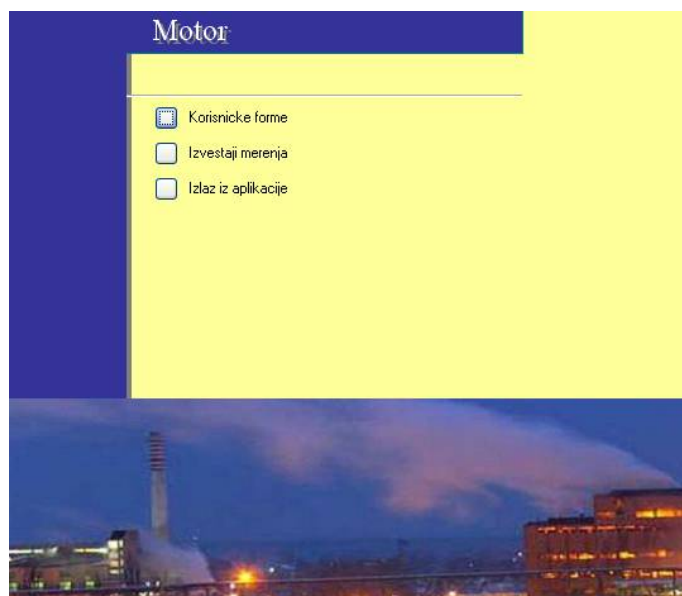
Microsoft Access је програм за рад са базама података фирме Microsoft. За Microsoft Access произвођач тврди да је најпродаванији програм за рад са базама података свих времена, са десетинама милиона продатих копија.

У почетним верзијама несавршен, програм је данас прерастао у најозбиљнијег конкурента за развој апликација код којих је основа база података. Док се некада програмирала свака операција над базом, у Access-у је већина ствари аутоматизована и уз ослањање на услуге оперативног система се често до готове, једноставне базе, долази користећи искључиво рад са мишем без написане иједне линије програмског кода. У Access-у се сваки податак или поље третира као објекат који има скуп особина, па каже да је Access објектна база података и да се формирање базе назива објектно програмирање базе.

13.1 Опис апликације

Израда апликације за евиденцију мерења рада електромотора дробилице омогућава побољшање евиденције мерења, преглед мерења на електромотору и праћење рада електромотора, тако да се лакше могу уочити неправилности рада и предвидети евентуални кварови.

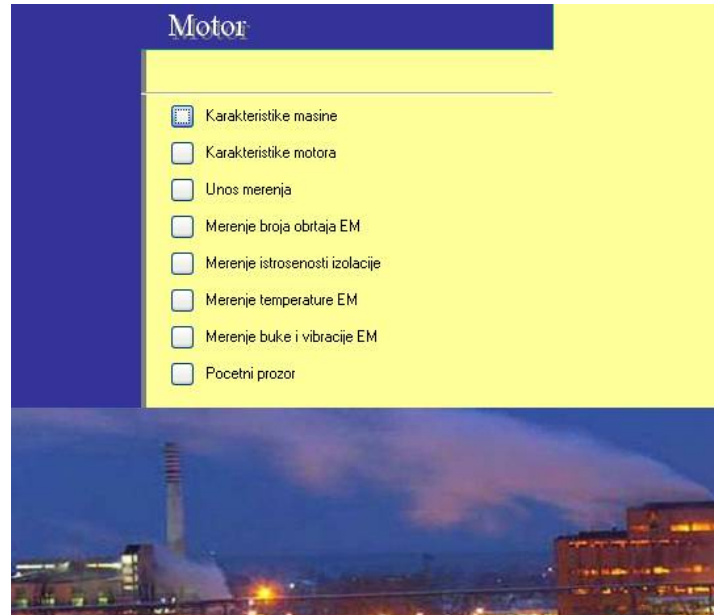
У даљем опису рада апликације биће приказан рад кроз кориснички мени, који олакшава коришћење апликације и особама које не познају информационе системе. Покретањем апликације отвара се почетни прозор, (Слика 52.).



Слика 52. Почетна форма

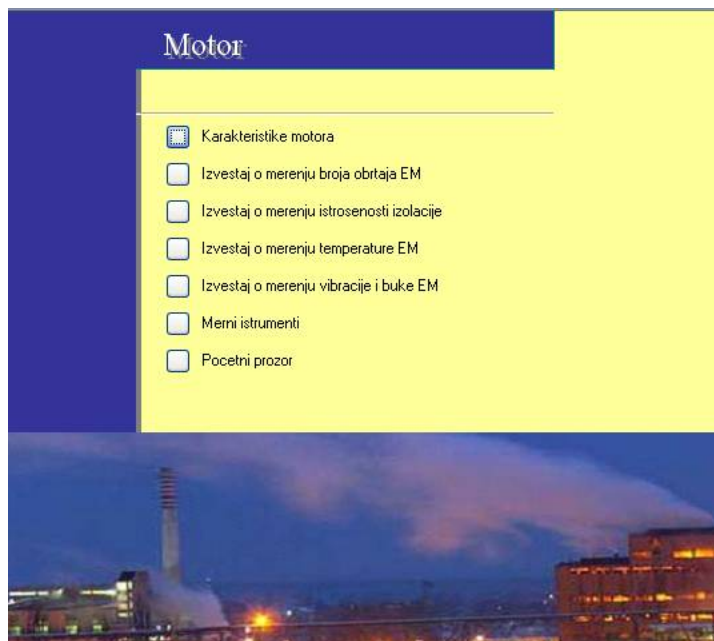
На почетном прозору се налазе три дугмета: за улаз у форме, за улаз и рад са извештајима и излаз из апликације.

Уласком у Корисничке форме прозор садржи списак форми, које се могу видети на следећој Слици 53.



Слика 53. Корисничка форма за рад са формама

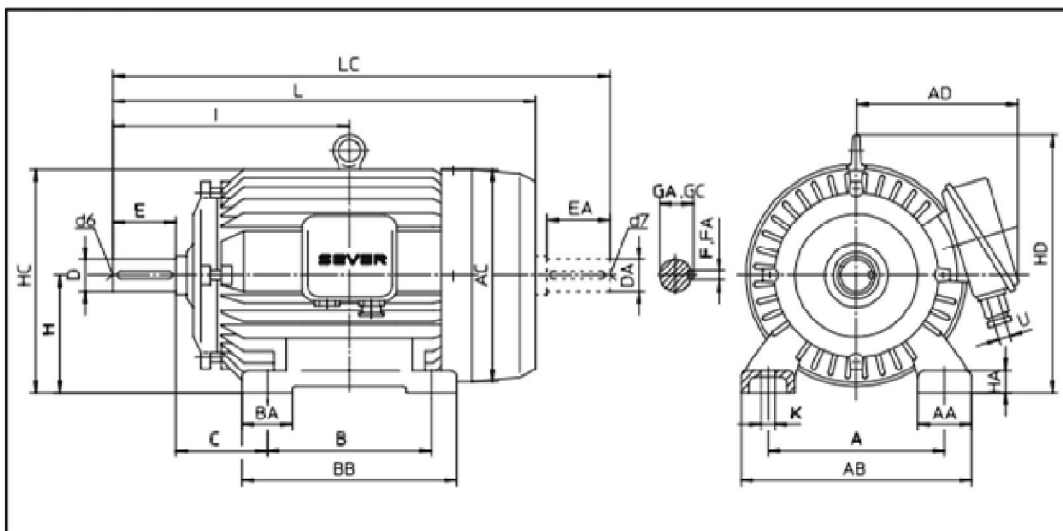
Штампање извештаја о извршеним мерењима је могуће урадити кликом на Извештаје мерења, (Слици 54.).



Слика 54. Корисничка форма за рад са извештајима

MASINA											
RedBr		Oznaka masine	KT 248-10								
BrojMasine	230a	Broj EM	125885								
Naziv masine	Drobilica										
MotorStavke											
⏮ ⏪ ⏩ ⏭											
KARAKTERISTIKE EM											
Broj EM	125885	A	1004	The technical drawings show two views of the motor. The left view is a front elevation showing dimensions L (total length), LC (length to center of shaft), E (height to top of frame), EA (height to center of shaft), GA (height to base), F (height to bottom of frame), C (width at base), BA (width at center), B (width at shaft), BB (width at base), D (diameter of shaft), and H (height to top of frame). The right view is a side elevation showing dimensions AD (height to top of frame), AG (height to center of shaft), AU (height to base), U (height to bottom of frame), S (height to top of base), AA (height to center of shaft), AB (width at base), K (width at center), and A (width at shaft).							
Standardni oblik kucista EM	B-3	B	1300								
Snaga EM	750	C	415								
Jedinica mere Snage	W	D	140								
Jedn Obitaja EM	595	E	250								
Jedinica mere Broj Obitaja	o/min	F	36								
JacinaStruje EM	96	GA	147,7								
Jedinica mere Jacine struje	A	H	800								
Napon EM	6	Jedinica mere	mm								
Jedinica mere Napona	V										
<table> <tr> <td>Oznaka Lezaja I</td> <td> 330 </td> </tr> <tr> <td>Oznaka Lazaja II</td> <td> 322 </td> </tr> <tr> <td>Oznaka Lezaja III</td> <td> 6322 </td> </tr> <tr> <td>Oznaka Lezaja IV</td> <td> 9100 </td> </tr> </table>				Oznaka Lezaja I	330	Oznaka Lazaja II	322	Oznaka Lezaja III	6322	Oznaka Lezaja IV	9100
Oznaka Lezaja I	330										
Oznaka Lazaja II	322										
Oznaka Lezaja III	6322										
Oznaka Lezaja IV	9100										
Napomena: Sve označene duzinske vrednosti sa slike preporučeno je da budu u mm (milimetri)											

Подформа Карактеристике мотора садржи спецификацију електромотора машине: број електромотора, ознаку кућишта, које је снаге електромотор, број обртаја, јачину струје, напон као и дужинске вредности и ознаке лежајева електромотора. Слика 56. приказује цртеж електромотора са означеним дужинским вредностима, тј. параметрима (А, В, С, D, Е, F, GA и H.), по којима се разликују, и по којој се утврђује о ком типу електромотора је реч. Вредности параметара А, В, С, D, Е, F, GA и H су дате у милиметрима.



60

Форма за унос мерења је форма у коју се уносе извршена мерења рада електромотора. У прозору за претрагу, корисник апликације може прво изабрати електромотор за који вршимо мерење (Претрага ЕМ-а), чијим се избором аутоматски попуњавају поља са карактеристикама електромотора, која су унета на претходној подформи Карактеристике мотора. У подформама имамо избор уређаја за мерења, датум мерења, измерену величину, јединицу мере и опис јединице мере, (Слика 57.).

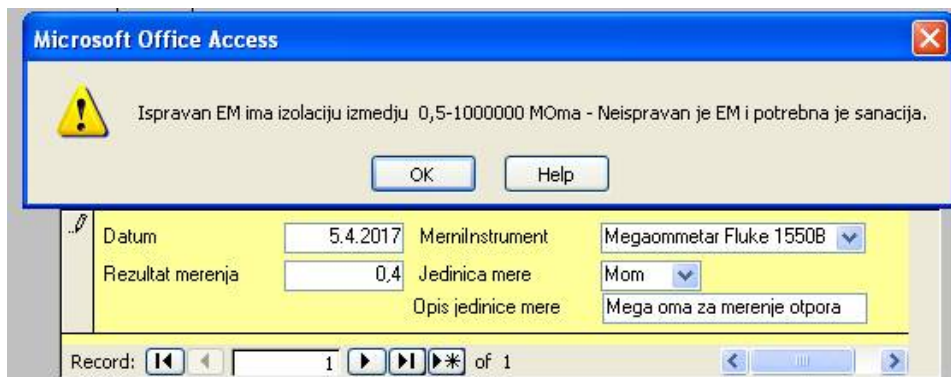
Слика 57. Форма-унос мерења

За свако мерење које се врши на електромотору, у форми је постављен опсег вредности у оквиру којих треба да буду измерене вредности.

За погрешно унету вредност броја обртаја (1), добија се обавештење да број обртаја треба да буде од 3 до 99 999, (Слика 58.).

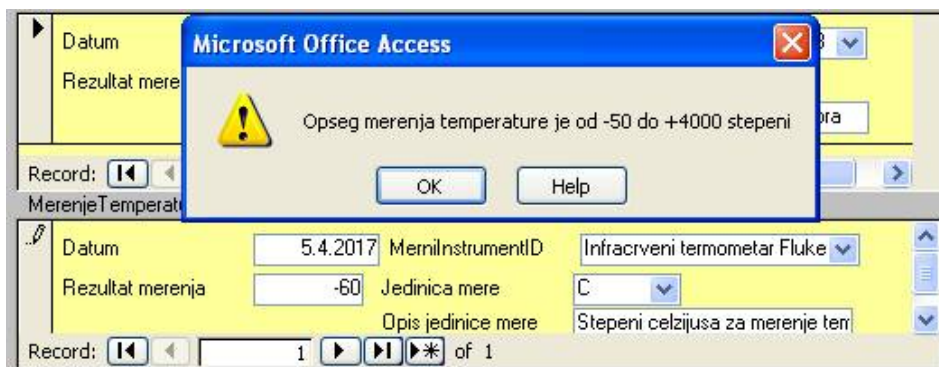
Слика 58. Обавештење о погрешно унетој вредности броја обртаја

За унуту вредност стања изолације ($0,4\text{M}\Omega$ и мању), добија се обавештење да је електромотор неисправан и да је потребна санација, док вредности $0.5\text{M}\Omega$ и веће су у дозвољеном опсегу, (Слика 59.).



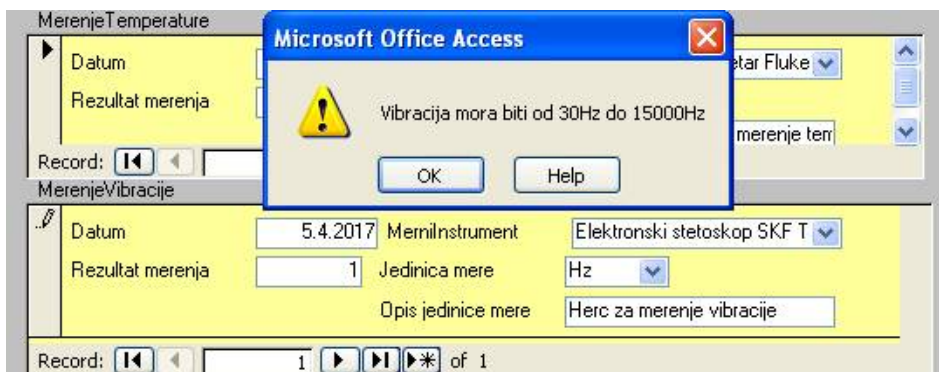
Слика 59. Обавештење о погрешно унетој вредности стања изолације

На Слици 60. за погрешно унуту вредност параметра температуре (-60), добија се обавештење да опсег мерења температуре треба да буде од -50°C до $+4000^{\circ}\text{C}$.



Слика 60. Обавештење о погрешно унетој вредности температуре

За погрешно унуту вредност вибрације (1), добија се обавештење да вибрација мора бити у опсегу од 30Hz до $15\,000\text{Hz}$, (Слика 61.).



Слика 61. Обавештење о погрешно унетој вредности вибрације

За сваку врсту мерења постоје и посебне форме у којима се јасно види колико је мерења извршено на једном електромотору, датуми мерења као и инструменти коришћени за мерења, (Слика 62., Слика 63., Слика 64., Слика 65.).

MERENJE BROJA OBRTAJA EM

Broj EM:

Standardni oblik kucista EM:

Snaga EM:

Jedinica mere Snage:

BrObrtaja EM:

Jedinica mere BrObrtaja:

JacinaStruje EM:

Jedinica mere Jacine:

Napon EM:

Jedinica mere Napon:

MerenjeBrObrtaja Subform

	Datum	Merni Instrument	Rezultat merenja	Jedinica mere	Opis
▶	11.4.2017	Tahometar THOT {	555	o/min	Obrtaji motora u minutu
	5.4.2017	Tahometar THOT {	595	o/min	Obrtaji motora u minutu
*					

Record: ◀ ▶ 🔍 1 of 2

Слика 62. Форма за преглед мерења броја обртаја електромотора

MERENJE STANJA IZOLACIJE EM

Broj EM:

Standardni oblik kucista EM:

Snaga EM:

Jedinica mere Snage:

BrObrtaja EM:

Jedinica mere BrObrtaja:

JacinaStruje EM:

Jedinica mere Jacine:

Napon EM:

Jedinica mere Napon:

MerenjeIstrosizolacije Subform

	Datum	Merni Instrument	Rezultat merenja	Jedinica mere	Opis
▶	5.4.2017	Megaohmmetar Fluke 1!	0,5	Mom	Mega oma za merenje otpora
*					

Record: ◀ ▶ 🔍 1 of 1

Слика 63. Форма за преглед мерења стања изолације

MERENJE TEMPERATURE EM

Broj EM:

Standardni oblik kucista EM:

Snaga EM:

Jedinica mere Snage:

BrObrtaja EM:

Jedinica mere BrObrtaja:

JacinaStruje EM:

Jedinica mere Jacine:

Napon EM:

Jedinica mere Napon:

MerenjeTemperature subform

	Datum	Merni Instrument	Rezultat merenja	Jedinica mere	Opis
▶	5.4.2017	Infracrveni termometar	50	C	Stepeni celzijusa za merenje t
*					

Record: ◀ ▶ 🔍 1 of 1

Слика 64. Форма за преглед мерења температуре електромотора

MERENJE BUKE I VIBRACIJE EM

Broj EM: 125885
 Standardni oblik kucista EM: B-3

Snaga EM: 750
 Jedinica mere Snage: W
 BrObtaja EM: 595
 Jedinica mere BrObtaja: o/min
 JacinaStruje EM: 96
 Jedinica mere Jacine: A
 Napon EM: 6
 Jedinica mere Napon: V

MerenjeVibracije Subform

	Datum	Merni Instrument	Rezultat merenj	Jedinica mere	Opis
▶	5.4.2017	Elektronski stetoskop	50 Hz		Herc za merenje vibracije
*					

Record: 14 of 1

Слика 65. Форма за преглед мерења вибрације и буке електромотора

Писани извештаји су веома корисни јер пружају могућност штампања прегледа и спискова мерења. Слика 66. приказује извештај мерења карактеристика електромотора.

Karakteristike motor																		
RedBr								1										
BrojMasine								230a										
Naziv																		
Drobilica																		
Oznaka	MotorI	Tip	snaga	taj.a	truje	open	A	B	C	D	E	F	GA	H	LerajI	LerajII	LerajIII	LerajIV
ET 148-1	135885	B-3	750	595	96	6	1004	1300	415	140	250	34	147,7	900	330	332	4333	9100

Слика 66. Извештај о карактеристикама електромотора

Слика 67. приказује извештај о мерењу броја обртаја електромотора.

Merenje broja obrtaja EM				
MotorID 125885				
Tip B-3				
Snaga 750				
BrObtaja 595				
JacinaStruje 96				
Napon 6				
Datum	MerniInstrument	Velicina merenja	JedinicaID	Opis
5.4.2017	Tahometar THOT 6	595	o/min	Obtaja motora u minuti
11.4.2017	Tahometar THOT 6	555	o/min	Obtaja motora u minuti

Слика 67. Извештај о мерењу броја обртаја електромотора

Као претходни креирани су и извештаји за остала мерења рада електромотора.

14. Закључак

Дробљење угља је свакодневна операција која се појављује на готово свим рудницима угља. Основна улога дробилица у ланцу производње је да се обезбеди одговарајућа крупноћа угља коју тржиште захтева (термоелектране, топлане, или широка потрошња). Услед непрестаног рада дробилица, неминован је долазак до проблема што проузрокује застоје у ланцу производње.

Као што је у овом раду већ описано, РЈ Електромашинско одржавање има веома важну улогу у одржавању машина у погону, а још битније је правовремено контролисање и праћење рада машина како не би дошло до застоја или како би се исти, евентуално, предухитрили.

Специфични услови рада електромотора у погонима са доста прашине, променљиво оптерећење, влага, вибрације и остало доста утичу на радни век електромотора. Да би се радни век продужио, потребно је у току експлоатације електромотора, пратити његов рад и промене на њему које могу довести до хаварије и застоја у погону, у чијем ланцу исти функционише.

На електромоторима се може вршити мерење разних параметара као на пример: мерење температуре дела топлотног зрачења као и способност мерења температуре на даљину-мерење температуре рада електромотора; утврђивање и откривање, праћење и дијагностиковање проблема свих врста вибрација, звукова и буке на машинама; оптичко или контактано мерење брзине ротације као и испитивање стања изолације каблова.

У циљу праћења стања електромотора, направљена је апликација (софтвер), где је могуће вршити унос измерених резултата, тј. параметара, њихово меморисање и упоређивање. На основу обрађених података, врши се штампање извештаја о тренутном стању електромотора, и уколико параметри нису задовољавајући приступа се замени или поправци електромотора.

Литература

- [1] Техничка документација из машинске припреме рударског басена „КОЛУБАРА“, погона за прераду угља (интерна документација), Лазаревац, 2012.
- [2] Техничка припрема (интерна документација), Вреоци, 2012.
- [3] В. Милтеновић, Машински елементи, Машински факултет НИИШ, 2013.
- [4] А. Грујовић: Техничка мерења I, Крагујевац, 2002.
- [5] А. Грујовић, Н. Грујовић: Техничка мерења II, Крагујевац, 2007.
- [6] А. Грујовић, Н. Грујовић: Техничка мерења III, Крагујевац, 2007.
- [7] Каталогзи и упутства за употребу коришћене мерне опреме
- [8] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/senzori/infracrveni-senzori-temperature.html>, 02/17.
- [9] <https://www.Merenje-Otpora-izolacije-elektricnih-masina-i-transformatora.pdf>, 01/17.
- [10] AEMC Instruments, Understanding Insulation Resistance Testing, Technical documentation, 2013.
- [11] <http://www.ftn.uns.ac.rs/prezentacija-merenje-otpornosti-izolacije-namotaja>, 04/17.
- [12] <http://uk.rs-online.com/web/p/insulation-testers/4710256/>, 04/17.
- [13] https://www.atecorp.com/ATECorp/media/pdfs/data-sheets/Fluke-1550_Datasheet.pdf, 01/17.
- [14] <http://www.skf.com/group/products/condition-monitoring/basic-condition-monitoring-products/tachometers/index.html>, 01/17.