



Електротехнички факултет
Енергетски одсек
Катедра за енергетске претвараче и погоне

ИСПИТИВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИНА

6. Мерење буке и вибрација ЕМ

Предавач:
доц. др Младен Терзић



Појам буке

- ▶ Бука је нежељени звук.
- ▶ Звук се дефинише као осциловање или промена притиска која се шири у облику таласа у еластичној средини (медијуму).
- ▶ Опсег чијности за човека: 16Hz до 20kHz (1kHz и 5kHz најосетљивији)
- ▶ Величине које карактеришу звук: звучни притисак p [Pa], интензитет звука I [W/m²] и звучна снага [W].
- ▶ Ове величине се крећу у широком дијапазону па се због тога представљају у односу на референтне вредности ($p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ [Pa], $I_0 = 10^{-12}$ [W/m²], $P_0 = 10^{-12}$ [W]) и изражавају у [dB]:

$$L_p = 20 \log(P / p_0) \quad L_I = 10 \log(I / I_0) \quad L_w = 10 \log(P / P_0)$$

- ▶ Субјективни осећај буке изражава се у фонovima.
- ▶ Приликом анализе буке ЕМ најзначајнији параметри су: ниво, амплитудски спектар и временска зависност.



Узроци и начини смањења буке ЕМ

- ▶ **Ниво буке** зависи од: геометрије делова машине, магнетних и струјних оптерећења, конструкције оклопа, вентилационих и лежишних склопова, квалитета монтаже итд.
- ▶ Типови буке: **магнетна, аеродинамичка и механичка**
- ▶ **Магнетну изазивају** силе које потичу од електромагнетног поља и за 50Hz машине основна учестаност је 100Hz. Силе које стварају вибрације могу бити: аксијалне, на проводнике, магнетострикционе (међу лимовима)
- ▶ **Аеродинамичка бука** настаје услед вртложења ваздуха проузрокованог ротоцијом машине.
- ▶ **Механичку буку** представљају: бука лежајева, четкица, механички недостаци.
- ▶ Због највеће брзине и индукције **бука се мери у ПХ ЕМ**
- ▶ **Примарне мере** за смањење буке су смањење брзине расхладног флуида, аеродинамичко обликовање површина итд., а **секундарне** су нпр. Уношење апсорбера и пигушивача.



Бука ТР и ЕМ

- ▶ Бука ТР је од посебне важности јер се ТР често налазе у стамбеним објектима
- ▶ Потиче у највећој мери од магнетострикције у лимовима и смањује се дотезањем магнетног кола и употребом лимова са више Si
- ▶ Акустична је мање изражена и потиче од расхладног система
- ▶ Бука обртних ЕМ је претежно аеродинамичка. Код ЕМ са цилиндричним ротором максимум се јавља у опсегу од 800 до 4000 Hz, а код машина са истуреним половима од 100 до 800Hz.
- ▶ Снага буке се може проценити на основу релације
$$P = \gamma \left(\frac{v}{c} \right)^{5,5} S$$
- ▶ v -периферна брзина, S -површина која обухвата машину, $\gamma = 3 \cdot 10^{-3} [\text{W}/\text{m}^2]$
- ▶ Аксијалне силе су такође велики узрочник буке код ротационих ЕМ
- ▶ Бука лежајева је доминантна бука механичког порекла
- ▶ Мере за смањење буке: смањење брзине рахладног флуида и истурених делова, избор типа лежајева, што боља монтажа свих конструкционих делова, оклапање, пригушивачи.



Мерење буке

- ▶ Веома сложена и веома осетљива с обзиром на употребљену методу, узрочнике буке и утицај околине на резултате мерења.
- ▶ Потребно је покрити читав чујни опсег фреквенција.
- ▶ Велику грешку може створити позадинска бука па се због издвајања те буке углавном раде два мерења: са машином у погону и при искљученој машини
- ▶ Други начин за елиминацију позадинске буке је мерење у “глувим собама”



Мерење буке

- ▶ Постоје два типа акустичних мерења: мерење буке на неком сту ради оцене деловања те буке на човека и мерење буке неког извора ради поређења са прописаним вредностима
- ▶ Величине које карактеришу машину као извор буке су: акустичка снага, спектар буке и индекс директивности на основу којих је могуће међусобно упоредити машине са аспекта буке и проценити ниво буке који ће нека машина изазвати у амбијенту са одређеним акустичким карактеристикама.
- ▶ Стандардима су дефинисани појмови, димензије и акустичке особине мерног места, карактеристике инструмената, распоред и број мерних тачака и релације којима се долази до нивоа акустичне снаге мерењем нивоа притиска.
- ▶ Спектар буке представља дискретне вредности нивоа буке у зависности од фреквентног опсега у коме се бука анализира и потребно је ради утврђивања узрочника буке
- ▶ Индекс директивности карактерише извор у погледу усмерености зрачења.



Мерење буке ТР

► Прописано стандардима и пожељно их је вршити у глумим собама.

На удаљености од 1m (према DIN стандарду)

Naznačena snaga [kVA]	30 i 50	75 i 100	125 i 160	200 i 250	315 i 400	500 i 630	800 i 1000	1250 i 1600
Za uljne [dB]	45	46	47	48	50	52	54	56
Za suve [dB]	54	56	58	60	62	64	-	-

На удаљености од 3m (према DIN стандарду)

Naznače na snaga MVA	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40
dB	52	53	55	56	57	59	60	62	63	65	66	67	69	70

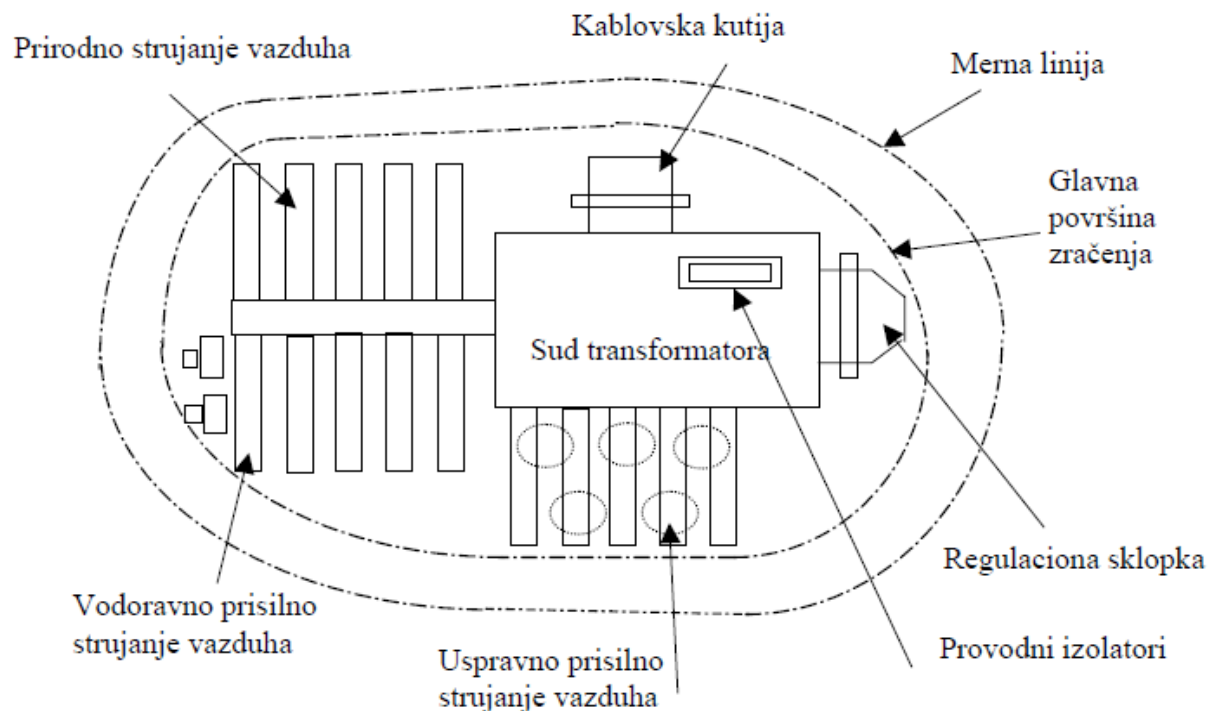


Мерење буке ТР

- ▶ Прописано стандардима и пожељно их је вршити у глумим собама.
- ▶ Извештај о испитивању мора да садржи:
 - ◆ Податке о стандарду мерења
 - ◆ Податке о ТР
 - ◆ Податке о уређају за мерење нивоа звука
 - ◆ Котирани цртеж
 - ◆ Резултате мерења за сваку мерну тачку
 - ◆ Резултате мерења нивоа буке околине
 - ◆ Средња вредност нивоа буке после корекције због буке околине и микрофона
 - ◆ Еквивалента површина за мерење на 0,3m од главне површине зрачења
 - ◆ Еквивалента површина за мерење на 2m од главне површине зрачења



Мерење буке ТР -ТР са расхладним уређајем-



► Морају се извршити две групе мерења:

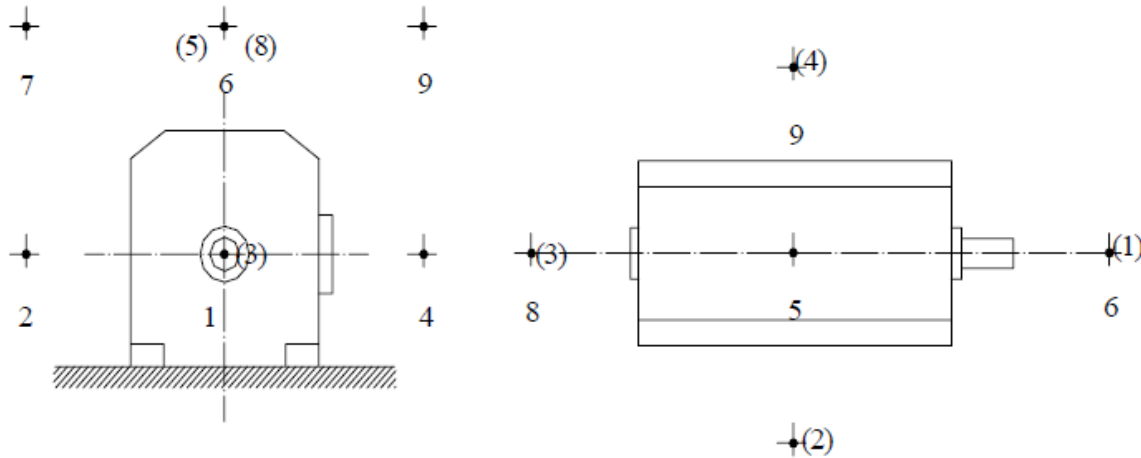
- ♦ Са вентилаторима и уљним пумпама изван погонаа
- ♦ Са вентилаторим и уљним пумпама у погону

► Број мерних тачака је најмање 10, а њихово растојање најмање 1m



Мерење буке обртних ЕМ

► Врши се у 9 тачака на удаљености 1m од кућишта



► Дозвољене средње вредности нивоа буке на удаљености 1m од површине машине према IEC стандарду

Brzina obrtanja n [obrt/min]	od 960 do 1320		od 1320 do 1900		od 1900 do 2360		od 2360 do 3150	
	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44
Mehanička zaštita	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44
Snaga, P [kW]	L	L	L	L	L	L	L	L
$P \leq 1,1$	-	70	-	71	-	74	-	75
$1,1 < P \leq 2,2$	-	70	-	73	-	78	-	80
$2,2 < P \leq 5,5$	-	74	-	77	-	82	-	83
$5,5 < P \leq 11$	75	78	78	81	81	86	84	87
$11 < P \leq 22$	78	82	81	85	83	87	87	91
$22 < P \leq 37$	81	84	83	86	85	89	88	92
$37 < P \leq 55$	83	86	86	88	88	92	90	94
$55 < P \leq 110$	85	89	88	92	90	93	92	96
$110 < P \leq 220$	87	91	90	94	93	96	95	98
$220 < P \leq 400$	90	92	92	96	94	98	95	99
$400 < P \leq 800$	97	93	94	98	95	99	96	100
$800 < P \leq 1400$	94	94	96	100	96	100	96	101
$1400 < P \leq 2500$	96	95	98	102	97	101	96	102

