

Испитивања високонапонских мотора на терену

Момчило Милић^{1,2}, Ђорђе Јовановић¹, Денис Илић^{1,2}, Никола Станојевић¹, Радмила Калишкић^{1,2}

¹Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

²Електротехнички институт „Никола Тесла“, Универзитет у Београду, Косте Главинића 8а, 11000 Београд, Србија

momcilo.milic@ieent.org

Кратак садржај: Високонапонски мотори представљају једну од битнијих компоненти у погледу њихове улоге и значаја за рад великих енергетских и индустријских објеката. Ипак, неретко им се не посвећује много пажње у погледу превентивног одржавања, већ се одржавање у постројењима у Србији и даље одвија по застарелом моделу одржавања у фиксним временским интервалима. Управо из тог разлога треба ставити акценат на електрична испитивања високонапонских мотора како би се имао бољи увид у њихово стање, предупредили нежељени кварови и унапредила њихова експлоатација. У овом раду ће бити дат преглед тренутно доступних профилактичких испитивања високонапонских мотора, односно биће описане најчешће методе за њихово испитивање чији резултати мерења пружају увид у тренутно стање истих у циљу предузимања евентуалних даљих санација или корективних мера. Кроз сам рад ће бити презентовани примери из праксе у постројењима у Србији.

Кључне речи: Високонапонски мотори – Електрична испитивања.

1 Увод

Дијагностика стања електроенергетске опреме, чији је задатак да пружи поуздану информацију о стању опреме, је од изузетног значаја за одржавање опреме у електроенергетским системима, а све у циљу

планирања правовремених интервенција у најповољнијем тренутку за погон како би се обезбедио сигуран и поуздан рад капиталних електроенергетских објеката. Мање јединице, попут високонапонских (ВН) 6,6kV електромотора, неретко бивају запостављене у погледу електричних испитивања, што због недостатка расположивог времена и њихове бројности, што због оправданости гледано са стране економског аспекта, односно издвајања значајних финансијских средстава. Метода анализе стања електричног изолационог система (ЕИС) статорских намотаја обртних машина - *EDA test (Electronic Dielectric Analyzer)*, развијена у свету, обрађена је у посебној студији са циљем увођења у редовну праксу ЕПС-а. Међутим, до данас, још увек није уведена у стандардну праксу ЕПС-а у оквиру профилактичких испитивања високонапонске опреме. Метода представља алатку која би потенцијално могла превазићи наведене потешкоће. Сама имплементација *EDA test*-а донекле би представљала својеврсни брзи *screening* ВН мотора, а у случају лоших резултата, обим испитивања би се могао накнадно проширити како би стекли бољи увид у стање ВН мотора као и потребне даље корективне мере [1]. У раду је презентован спектар електричних испитивања ВН мотора проласком кроз методе које се користе и прегледом резултата добијених приликом извршења мерења на терену.

2 Мерење изолационих отпора ЕИС-а статора ВН мотора

Мерење изолационих отпора се препоручује и користи више од пола века за процену стања електричне изолације. Врши се у сврхе базичне процене општег стања ЕИС-а статора и стицања услова за даљи наставак високонапонских тестирања и мерења.

Изолациони отпор (R_{60s}) је дефинисан односом примењеног напона (између бакра тј. проводног дела намотаја и уземљених делова) и укупне струје одвода очитане у шездесетој секунди од примене испитног једносмерног напона [2,3,4]. Висина изолационог отпора је зависна од температуре.

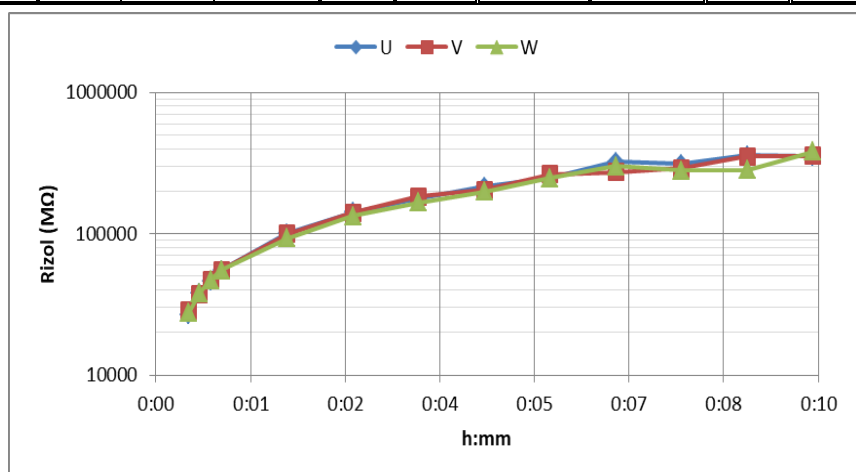
Сам поступак мерења је једноставан, при чему се мери отпор изолације у шездесетој секунди, а у случају да се рачуна коефицијент апсорпције ($N1=R_{60s}/R_{15s}$), односно индекс поларизације ($N2=R_{10min}/R_{1min}$) бележе се и вредности отпора изолације у петнаестој секунди, односно десетој минути. Поред тога најчешће се ради такозвани *DD (Dielectric Discharge) test* који представља одређивање специфичне струје пражњења чија вредност додатно говори о евентуалној остарелости ЕИС-а.

Вредности изолационог отпора (R_{60s}) и индекса поларизације (R_{10min}/R_{1min}) су успешни индикатори запрљаности и овлажености ЕИС намотаја, посебно у присуству механичких напрслина, шупљина и других оштећења ЕИС.

У следећих неколико примера приказане су табеле и резултати мерења млинских мотора.

Табела 1: Мерење изолационих отпора на почетку и након завршених испитивања за млински мотор бр. 23 [5]

Фаза	на почетку ВН испитивања						након ВН испитивања		
	R_{15s} (M Ω)	R_{60s} (M Ω)	R_{10min} (M Ω)	N1 (-)	N2 (-)	DD (mA/FV)	R_{60s} (M Ω)	N1 (-)	U_i (V)
U	4480	55100	352000	12,3	6,40	0,27	54000	4,80	2500
V	5030	55300	356000	11,0	6,43	0,24	56100	5,08	2500
W	4570	55300	383000	12,1	6,93	0,25	47500	4,75	2500



Слика 1: Приказ зависности изолационог отпора млинског мотора бр. 23

Табела 2: Мерење изолационих отпора на почетку и након завршених испитивања за млински мотор бр. 26[5]

Фаза	на почетку ВН испитивања						након ВН испитивања		
	R_{15s} (M Ω)	R_{60s} (M Ω)	R_{10min} (M Ω)	N1 (-)	N2 (-)	DD (mA/FV)	R_{60s} (M Ω)	N1 (-)	U_i (V)
U	3760	11790	60600	3,14	5,14	0,92	10510	4,70	2500
V	3440	10710	65300	3,12	6,09	0,93	10330	3,04	2500
W	5190	12850	56500	2,48	4,39	0,99	10160	3,19	2500

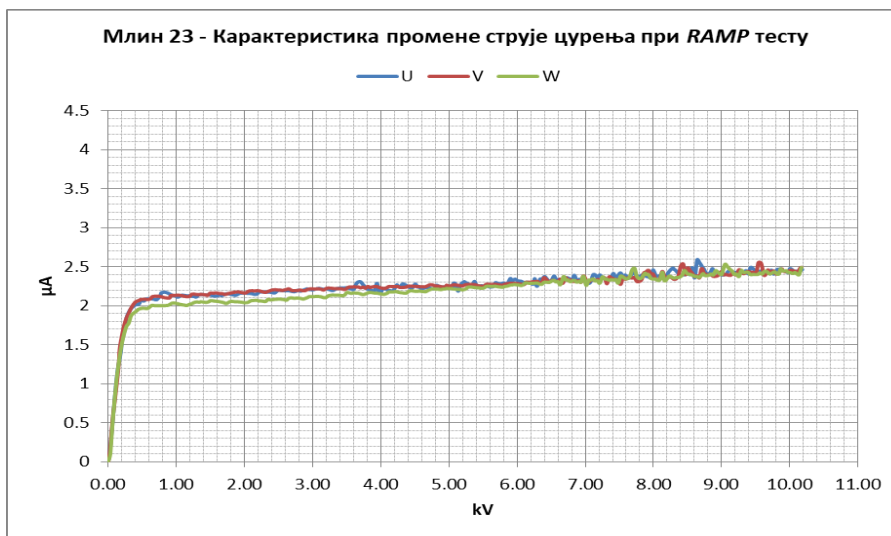
Упоређујући табеле 1 и 2 види се да испитани ВН мотори имају високе вредности отпора изолације, далеко веће од препоручених граничних вредности [6], уз високе и задовољавајуће коефицијенте апсорпције односно индексе поларизације, што говори о генерално сувим и чистим ЕИС статора. Код мотора млина бр. 26 добијена је већа вредност специфичне струје ресорпције у односу на млински мотор бр. 23 која износи 0,99, што је још увек сасвим задовољавајућа вредност, али уз мању измерену апсолутну вредност отпора изолације R_{60s} може да указује на појаву поларних продуката што су почетни знаци општег старења ЕИС. Ова чињеница може да се повеже са податком да је овај мотор премотан још 2015. године. Исти је у погону од 10.11.2016. године, односно скоро пуне 4 године.

3 Испитивање ЕИС-а намотаја статора ВН мотора високим једносмерним испитним напоном – RAMP тест

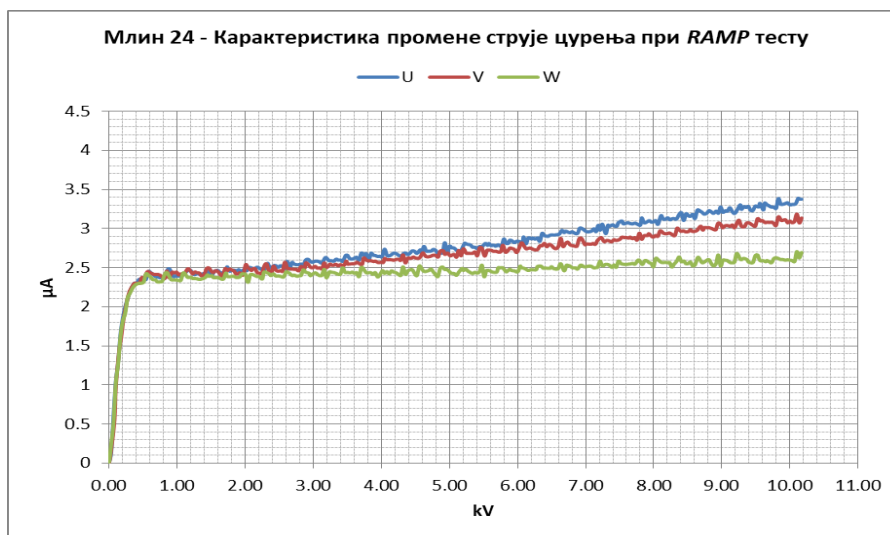
RAMP тест представља једну од метода испитивања високим једносмерним напоном са мерењем струје цурења кроз изолацију.

Главна предност овог испитивања у односу на остале конвенционалне методе испитивања високим једносмерним напоном је што пружа додатну информацију о стању изолације односно није прост „GO – NO GO” тест. Осим тога, метода се сматра недеструктивном с обзиром да је могуће уочити нагло увећање струје цурења и испитивање прекинути пре него што дође до пробоја ЕИС-а. Наиме, споро и континуирано повећање примењеног напона (1kV до 2kV по минути) мање је склоно да резултира непредвидивим оштећењем изолације. Уколико струја током испитивања покаже тенденцију наглог раста изнад дозвољених вредности, испитивање треба обуставити јер постоји ризик од пробоја ЕИС-а.

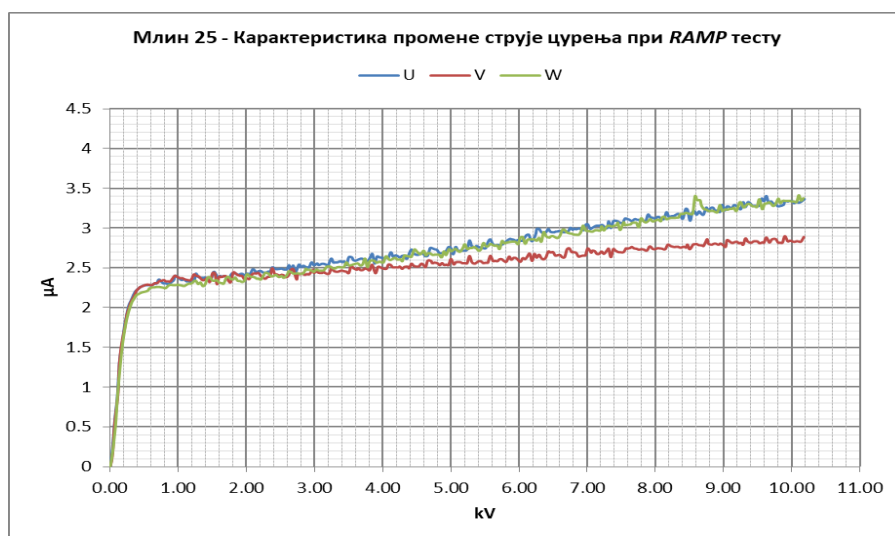
У следећих неколико дијаграма приказане су карактеристике промене струја цурења при *RAMP* тесту за три млинска 6,6kV мотора уз максимални испитни напон вредности 10kV [5].



Слика 2: Карактеристика промене струје цурења са порастом испитног напона за млински мотор бр. 23



Слика 3: Карактеристика промене струје цурења са порастом испитног напона за млински мотор бр. 24



Слика 4: Карактеристика промене струје цурења са порастом испитног напона за млински мотор бр. 25

Са горе приказаних слика се може закључити да су промене једносмерних струја цурења при RAMP тесту правилне, њихове вредности углавном уједначене у све три фазе код ова 3 млинска мотора.

Једино што је уочено благо одступање, тј. промена нагиба карактеристике струје цурења приликом испитивања млинова бр. 24 и 25, што се може видети на сликама 3 и 4. Примећени пораст нагиба у појединим фазама није изразит и може да буде последица површинских нечистоћа, али генерално гледано према резултатима мерења једносмерних струја цурења може се доћи до закључка да нема знакова изразитих оштећења ЕИС испитаних мотора.

4 Мерење фактора диелектричних губитака и капацитета ЕИС–а намотаја статора ВН мотора

Фактор диелектричних губитака ($\text{tg}\delta$) и капацитет (C) целог намотаја или његових делова могу бити мерени адекватним мерним уређајем уз примену одговарајућег извора напајање. Мерење се врши подизањем испитног напона у корацима од по $0,2U_n$ до номиналног напона, при чему се бележе вредности $\text{tg}\delta$ и C. Како се напон подиже до номиналне линијске вредности ово испитивање је потенцијално деструктивно.

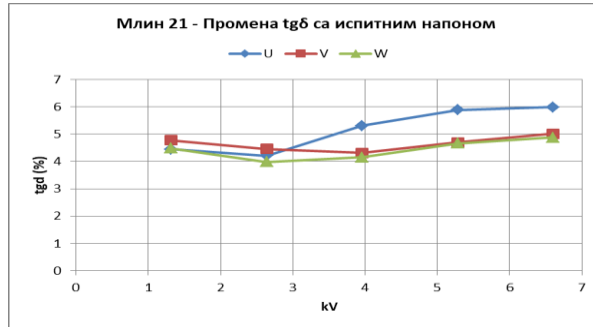
Фактор диелектричних губитака представља уопштenu еквивалентну карактеристику изолације. Он је мера активних електричних губитака у изолацији. Ниска вредност је у принципу пожељна, док висока вредност не подразумева да је аутоматски таква изолација лоша. На пример, типична вредност добре здраве изолације са епоксидним или полиестерским везивом је реда 1%, док је за добру изолацију са асфалтним везивом та вредност око 3% [2]. Абнормално повишене вредности почетног фактора диелектричних губитака уопштено указују на лошу изолацију.

Прираштаји вредности фактора диелектричних губитака са прираштајем висине испитног напона су мера додатних, унутрашњих губитака узрокованих интензивирањем активности парцијалних пражњења доминантно у повећаном броју шупљина основне изолације намотаја. Почетна вредност фактора диелектричних губитака и његови прираштаји при повишењу вредности испитног напона се широко користе при фабричким испитивањима као контрола која има за циљ демонстрацију квалитета ЕИС нових штапова и намотаја обртних машина. За изолацију у добром стању прираштаји фактора диелектричних губитака са прираштајем испитног напона су практично занемарљиви. На изолацији у лошијем стању се са прираштајем напона активирају парцијална пражњења у постојећим шупљинама. Ова пражњења изазивају локална загревања, светлосне и хемијске ефекте који троше одређену енергију и изазивају повећање губитака у изолацији. Тај ефекат изазива повећање вредности фактора диелектричних губитака који меримо[2].

У следећих неколико табела и дијаграма ће бити приказани резултати мерења фактора диелектричних губитака млинских ВН мотора.

Табела 3: Измерене вредности фактора диел. губитака и капацитета за млински мотор бр. 21 [5]

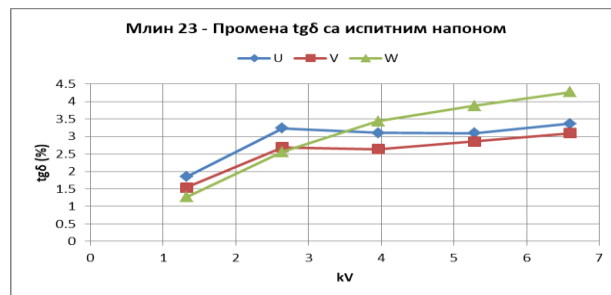
Фаза	U_{isp}/U_n	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2
	U_{isp} [kV]	1,32	2,64	3,96	5,28	6,60	1,32
U	$tg\delta_x(\%)$	4,452	4,215	5,308	5,888	5,988	4,467
	$\Delta tg\delta(\%)$	-	-2,37	10,93	5,80	1,00	-
	$C_x(nF)$	52,98	53,70	55,19	56,68	57,70	53,70
V	$tg\delta_x(\%)$	4,78	4,46	4,31	4,697	5,019	4,208
	$\Delta tg\delta(\%)$	-	-3,2	-1,5	3,87	3,22	-
	$C_x(nF)$	54,93	55,48	56,29	57,31	58,06	55,31
W	$tg\delta_x(\%)$	4,477	3,984	4,158	4,665	4,873	4,308
	$\Delta tg\delta(\%)$	-	-4,93	1,74	5,07	2,08	-
	$C_x(nF)$	54,46	55,27	56,18	57,10	57,85	54,98



Слика 5: Промена $tg\delta$ са испитним напоном за млински мотор бр. 21

Табела 4: Измерене вредности фактора диел. губитака и капацитета за млински мотор бр. 23 [5]

Фаза	U_{isp}/U_n	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2
	U_{isp} [kV]	1,32	2,64	3,96	5,28	6,60	1,32
U	$tg\delta_x(\%)$	1,844	3,231	3,101	3,097	3,361	2,339
	$\Delta tg\delta(\%)$	-	13,87	-1,3	-0,04	2,64	-
	$C_x(nF)$	56,19	59,26	60,42	61,21	61,98	57,57
V	$tg\delta_x(\%)$	1,539	2,692	2,64	2,86	3,091	2,322
	$\Delta tg\delta(\%)$	-	11,53	-0,52	2,2	2,31	-
	$C_x(nF)$	57,16	59,2	60,26	61,15	61,98	58,05
W	$tg\delta_x(\%)$	1,266	2,561	3,436	3,875	4,273	2,054
	$\Delta tg\delta(\%)$	-	12,95	8,75	4,39	3,98	-
	$C_x(nF)$	53,76	55,92	57,91	59,26	60,27	55,06



Слика 6: Промена $tg\delta$ са испитним напоном за млински мотор бр. 23

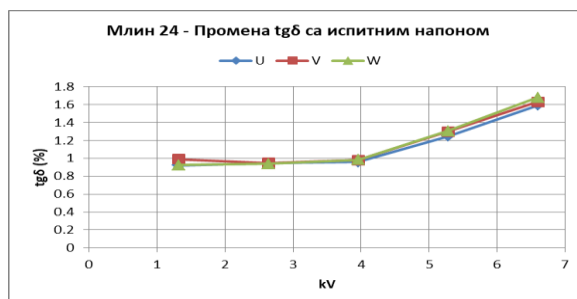
У табелама бр. 3 и 4 дати су резултати мерења за млинске моторе бр. 21 и 23, који су истог произвођача, годиште 1979. па су због тога и

узети за поређење, док је млински мотор бр. 24, произведен 1981. године, узет као пример добрих резултата мерења приказаних у табели бр. 5.

Генерално гледано почетне вредности $tg\delta$ сва три млинска мотора су задовољавајуће, карактеристичне за 1. групу квалитета [6] ЕИС, при чему је предност на страни млинског мотора бр. 24. Почетне вредности $tg\delta$ за млин бр. 21 су нешто више због више температуре мотора код кога су грејачи против кондензације били укључени током испитивања. Слично је и код мотора млина бр. 24 током испитивања био укључен грејач против кондензације, али су упркос томе почетне вредности $tg\delta$ знатно мање што се може довести у везу са чињеницом да је исти ремонтан 2020. године, те према томе има најсвежији изолациони систем.

Табела 5: Измерене вредности фактора диел. губитака и капацитета за млински мотор бр. 24 [5]

Фаза	U_{isp}/U_n	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2
	U_{isp} [kV]	1,32	2,64	3,96	5,28	6,60	1,32
U	$tg\delta_x(\%)$	0,921	0,945	0,959	1,245	1,591	0,992
	$\Delta tg\delta(\text{‰})$	-	0,24	0,14	2,86	3,46	-
	$C_x(\text{nF})$	65,02	65,02	65,02	65,23	65,54	65,00
V	$tg\delta_x(\%)$	0,99	0,949	0,978	1,299	1,63	0,975
	$\Delta tg\delta(\text{‰})$	-	-0,41	0,29	3,21	3,31	-
	$C_x(\text{nF})$	64,93	64,95	64,97	65,21	65,48	64,94
W	$tg\delta_x(\%)$	0,924	0,937	0,982	1,303	1,678	0,973
	$\Delta tg\delta(\text{‰})$	-	0,13	0,45	3,21	3,75	-
	$C_x(\text{nF})$	64,15	64,15	64,17	64,45	64,7	64,16



Слика 7: Промена $tg\delta$ са испитним напоном за млински мотор бр. 24

У табели бр. 6 приказане су упоредо карактеристичне вредности параметара ЕИС, тј. почетне вредности и прираштаји фактора диелектричних губитака- $tg\delta$ и капацитета за моторе млина 21, 23 и 24, на основу којих се врши процена стања ЕИС.

Табела 6: Вредности карактеристичних параметара фактора диелектричних губитака- $tg\delta$ за моторе млинова 21, 23 и 24 [5]

	Фазе	$tg\delta_{0,2U_n}$ (%)	$\Delta tg\delta_{max}/0,2U_n$ (‰)		$\Delta C/C$ (%) 0,2-1,0 U_n
			0,2-0,6 U_n	0,6-1,0 U_n	
млин 21 $\theta = 33^\circ C$	U	4,452	10,93	10,93	8,91
	V	4,780	3,20	3,87	5,70
	W	4,477	4,93	5,07	6,22
млин 23 $\theta = 11^\circ C$	U	1,844	13,87	2,64	10,30
	V	1,539	11,53	2,31	8,43
	W	1,266	12,95	8,75	12,11
млин 24 $\theta = 30^\circ C$	U	0,921	0,24	3,46	0,80
	V	0,990	0,41	3,31	0,85
	W	0,924	0,45	3,75	0,86

Прираштаји $tg\delta$ ЕИС два мотора из 1979. године су генерално већи у односу на мотор из 1981. године.

При томе су код мотора млина 23 прираштаји $tg\delta$ у опсегу испитних напона од 0,2 U_n -0,6 U_n највећи, у све три фазе су на граници и чак превазилазе препоручену граничну вредност за 2. групу квалитета [6] – ЕИС са знацима општег старења, али још увек способни за наставак погона. Мотор млина 23 сервисирао је 2015. године, без премотавања (према подацима из електране) и као такав се, сходно резултатима мерења фактора диелектричних губитака може сврстати у кандидате за ремонт у првом наредном термину.

5 Мерење интензитета парцијалних пражњења ЕИС-а намотаја статора ВН мотора

Мерење парцијалних пражњења (*Partial Discharge - PD*) је много осетљивије за откривање локалних оштећења на деловима намотаја. Статорски намотаји назначеног напона 6kV и више имају тенденцију да на својим деловима ближе фазним изводима, дакле деловима намотаја

са највишим напонима, имају појачану активност парцијалних пражњења. То су делимична пражњења унутар шупљина у изолацији, по површини намотаја, а према зидовима жлебова, или у делу намотаја на излазу из пакет лима магнетног кола. Парцијална пражњења могу да изазову ерозију органских делова изолације и да убрзају процесе старења ЕИС. Парцијална пражњења су такође и последица многих термичких и механичких напрезања. Од 50-их година 20. века развијају се методе за мерење активности парцијалних пражњења, на машинама ван погона (*OFF-line*), као и на машинама у погону (*ON-line*) [7].

При овом испитивању се доводи напон између проводног дела намотаја и уземљених делова и уређајем за мерење се врши снимање и анализа сигнала са спрежних уређаја/сензора претходно постављених на намотај. Уобичајена процедура током извођења мерења је постепено повећање вредности доведеног напона и праћење на монитору осцилоскопа уз аквизицију на одговарајућем електронском уређају. Напон при којем почиње знатна активност парцијалних пражњења се евидентира. Напон се постепено у корацима по $0,2U_n$ подиже до вредности $1,0U_n$, и у свим тачкама се евидентира активност *PD*.

С обзиром да се напон подиже до номиналне вредности, и ово испитивање се сматра потенцијално деструктивним.

У следећој табели и мапама ПП ће бити приказани резултати мерења *PD* на млинским ВН моторима бр. 21, 23 и 28 произведеним 1979. године (исти произвођач и тип мотора).

Табела 7: Мерење привидног наелектрисања парцијалних пражњења *PD* [5]

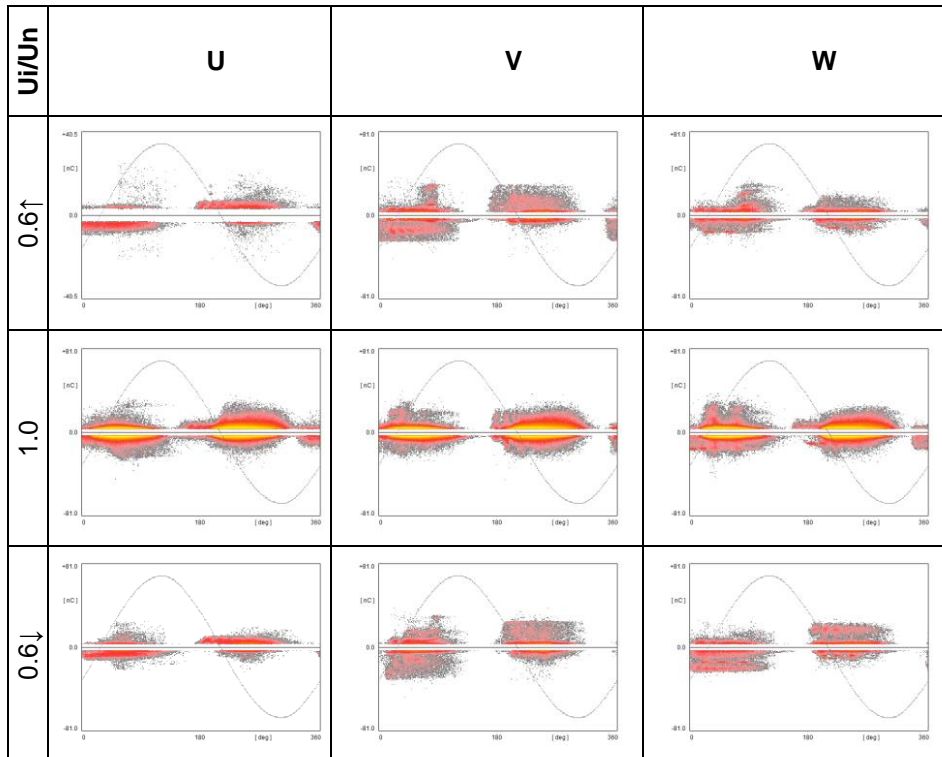
	Фаза	$PD_{0,2U_n}$ (pC)	$PD_{0,6U_n\uparrow}$ (pC)	$PD_{1,0U_n}$ (pC)	$PD_{0,6U_n\downarrow}$ (pC)
млин 21 $\theta = 33^\circ\text{C}$	U	1000	<u>7000</u>	12000	<u>7000</u>
	V	250	<u>8000</u>	10000	<u>9000</u>
	W	1400	<u>7500</u>	12000	<u>9000</u>
млин 23 $\theta = 11^\circ\text{C}$	U	1500	4000	26000	<u>5000</u>
	V	1600	<u>6000</u>	25000	<u>6000</u>
	W	600	<u>7000</u>	20000	10000
млин 28 $\theta = 15^\circ\text{C}$	U	165	10000	16000	15000
	V	1300	22000	20000	24000
	W	100	17000	23000	19000

Из табеле бр. 7 може се извести закључак да је ниво *PD* при испитном напону $0,6U_n$ за мотор млина 28 прилично висок и да

прекорачује препоручен гранични ниво за 3. групу квалитета ЕИС [6] за коју се не гарантује сигуран погон до наредног ремонта.

Према доле приказаним расподелама PD по фази (**Phase Resolved PD Pattern - PRPDP**) у фази „V“ присутан је посебно висок ниво као последица најмање два извора пражњења - у унутрашњости изолације, али и као последица оштећења завршног премаза за формирање потенцијала на излазу канура из жлебног дела где је јачина електричног поља највећа. Другим речима, стање ЕИС мотора млина 28 се оцењује као сумњиво и препоручује се што скорији сервис. Сервис укључује вађење ротора и детаљни преглед намотаја, посебно зоне изласка статорских канура из равног жлебног дела, електрична испитивања у циљу дефектаже и евентуалну санацију.

Преостала два мотора млинова 21 и 23 имају још увек прихватљив ниво PD измерен при испитном напону $0,6U_n$ чиме се њихови ЕИС сврставају у 2. групу квалитета ЕИС [6] који показује знаке старења као последица погонских напрезања, али је још увек прихватљиво стање за наставак погона.



Слика 8: Приказ PRPDP за мотор млина 28 при испитним напонима $0,6U_n$ (при подизању односно снижавању напона) и $1,0U_n$

6 Мерење електричне отпорности намотаја статора ВН мотора

Мерење се врши одговарајућим наменским уређајем за мерење малих електричних отпора намотаја, при чему је то уобичајено специјализовани дигитални извор стабилне једносмерне струје.

Метода је сама по себи крајње једноставна. Једносмерна струја се пропушта кроз намотај, мери се пад напона и на уређају аутоматски прорачунава вредност активног отпора намотаја.

Ретко се дешава да се приликом мерења наиђе на значајно лоше резултате, односно да се мерењем утврди да је намотај у прекиду. Међутим, приликом испитивања ВН мотора у електрани резултати мерења (приказани у табели бр. 8) су показали да је намотај фазе „V“ скраћен.

Табела 8: Електричне (омске) отпорности фаза намотаја статора ВН мотора

U			V			W		
Назив намотаја	I (A)	R _{Cu} (mΩ)	Назив намотаја	I (A)	R _{Cu} (mΩ)	Назив намотаја	I (A)	R _{Cu} (mΩ)
U-X	10	84,180	V-Y	10	77,115	W-Z	10	86,585

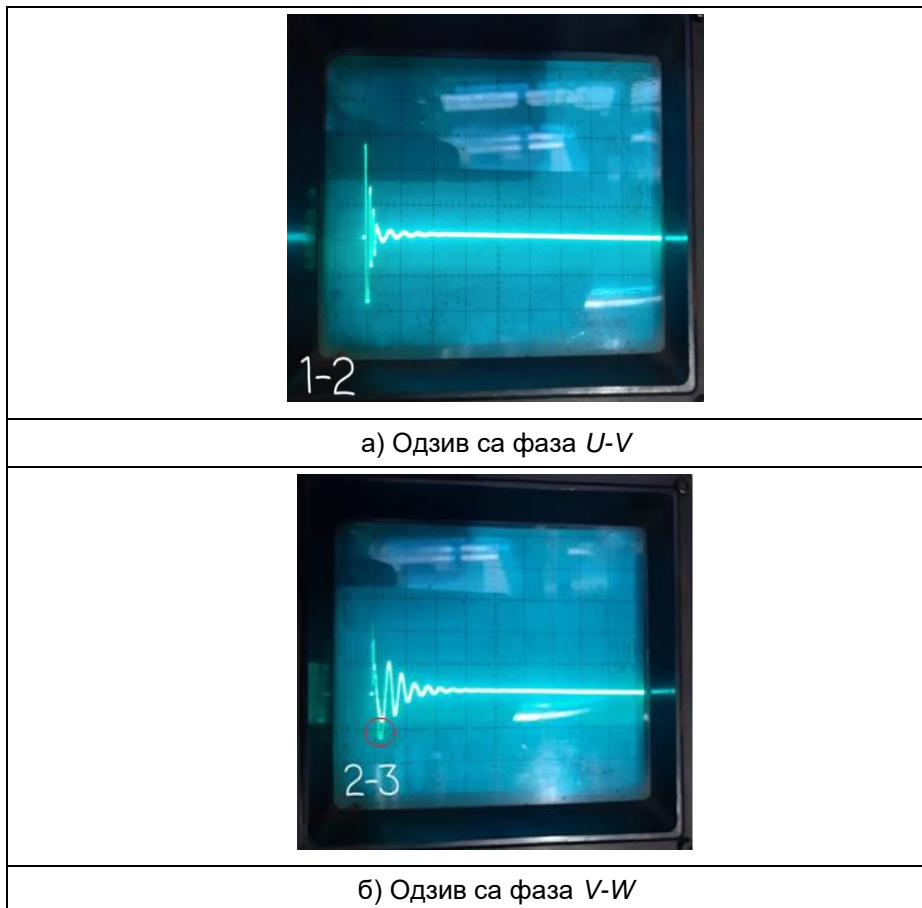
Међуфазно одступање од 12,28% показатељ је лошег стања, при чему се на основу резултата из горње табеле јасно може закључити да је дошло до скраћења намотаја фазе „V“.

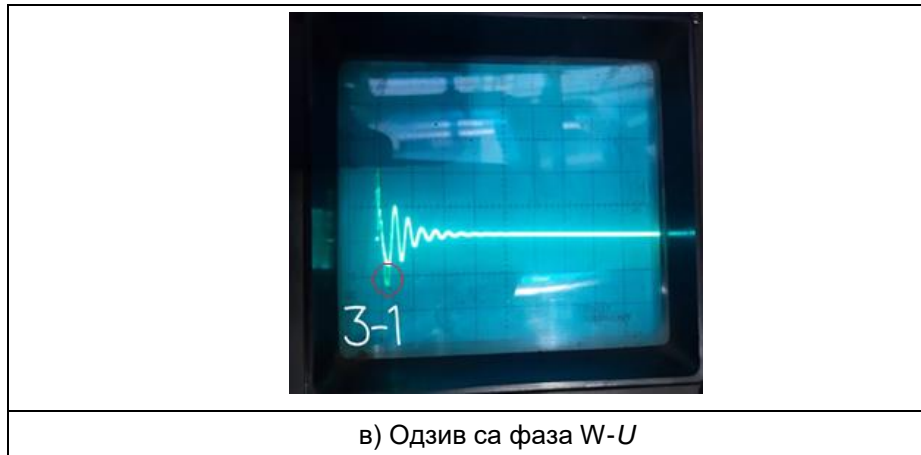
7 Испитивање ЕИС статора ВН мотора високонапонским репетиционим импулсним генератором – BAKER тест

Ниједно од до сада споменутих испитивања није у стању да да процену стања међунавојне изолације на машинама са вишенавојним статорским намотајима (секцијама). Импулсно испитивање је доминантно замишљено да проверава баш ту међунавојну изолацију, а симулира транзијентне појаве које се иначе и јављају у погону, типа пренапонског таласа [8]. Према тим реалним погонским таласима је извршена и стандардизација облика и амплитуде испитних таласа. Импулсно испитивање се уобичајено врши у фабрикама као међуфазно испитивање на произведеним и уграђеним секцијама пре њиховог повезивања са остатком намотаја.

Принцип испитивања подразумева поређење одзива на високонапонски импулс између намотаја две фазе, у свим комбинацијама. При томе подударност одзива указује на исправну међузавојну изолацију. Насупрот томе, несиметрија и/или нестабилност одзива указује на постојање слабог места у међузавојној изолацији.

Приликом испитивања ВН мотора добијени су одзиви који указују на постојање слабог места – оштећења у међунавојној изолацији фазе „W“ што се види на слици 9 где се уочава такозвано „титрање“ односно нестабилност код одзива „V-W“ „W-U“ што недвосмислено говори о проблему фазе „W“.





Слика 9 а), б), в) : Приказ импулсних одзива намотаја ВН мотора

8 Закључак

Излагањем изолационог система специфичним тестовима и мерењем појединих величина од интереса, могуће је обрадити и класификовати прикупљене податке у циљу стицања увида у тренутно стање ЕИС-а намотаја статора неке обртне машине. У данашње време на располагању су многе испитне методе које доприносе процени стања ЕИС статорских намотаја обртних машина. Ниједно испитивање само за себе није савршено и само себи довољно, нити довољно осетљиво да може да детектује све проблеме који се јављају у изолацији. Дакле, ниједно испитивање само за себе није довољно да пружи апсолутну процену стања ЕИС, нарочито ако је само и једино расположиво. Поред тога, међународни стандарди не дефинишу увек критеријуме за оцену стања.

Испитивања ВН мотора нису у редовној пракси профилатичких испитивања, што због њихове бројности и потребе за константним радом, што са стране економског аспекта. Ипак, ВН мотори представљају значајне елементе погона и сигурно им треба посветити пажњу у погледу електричних испитивања како би се стекла што боља слика о њиховој погонској спремности, чиме се значајно унапређује поузданост целог постројења, електране и сл. те се смањују трошкови који могу настати изненадним испадом.

Литература

- [1] Denis Ilić, Radmila Partonjić, Momčilo Milić, Djordje Jovanović, Ljubiša Nikolić, "Primena EDA metodologije u cilju sagledavanja stanja izolacionih sistema obrtnih masina", *Zbornik radova, Elektrotehnički Institut Nikola Tesla*, 2016, Volume 26, pp 165-175, DOI: [10.5937/zeint26-12251](https://doi.org/10.5937/zeint26-12251)
- [2] LJ. Nikolić , D. Ilić, Đ. Jovanović, M. Milić „Pregled dijagnostičkih ispitivanja statorskih namotaja VN obrtnih mašina“, *CIGRE Srbija, 5-8. jun, 2017, Zlatibor, Srbija, 33. savetovanje*, A1 10, ISBN 978-86-82317-80-7, <http://www.cigresrbija.rs>
- [3] *Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery*, IEEE Standard 43:2013.
- [4] *Recommended Practice for Insulation Testing of AC Electric Machinery (2300 V and Above) With High Direct Voltage* IEEE Standard 95-2002.
- [5] Izveštaj Instituta „Nikola Tesla“ br. 421123-L
- [6] Internal Standard: Electrical Power Industry of Serbia – Rotating Electrical Machines: Electric Insulation Systems (EIS) – Tests for EIS in Service – Periodic Tests, First Edition IS32/1, Oktober 2015.
- [7] *IEEE Guide to the Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery*, IEEE 1434:2014.
- [8] *IEEE Guide for Testing Turn-to-Turn Insulation on Form-Wound Stator Coils for Alternating-Current Rotating Electric Machines*, IEEE Std 522-2004.

Abstract: High-voltage motors are one of the most important components in thermal power plants and industrial facilities. However, they are often neglected in terms of preventive maintenance. Maintenance in power plants in Serbia still takes place according to the outdated model of maintenance based on fixed time intervals operations – time based maintenance. This is why emphasis has to be put on electrical testing of high-voltage motors in order to have a better insight into their condition, to prevent unwanted failures and to improve their service. This paper provides an overview of the currently available prophylactic tests of high-voltage motors. Also, the most common testing methods are described, which provide information on the current motor condition, so it is possible to make further repairs or corrective actions timely. Case examples and experiences from practice in power plants in Serbia are further presented and discussed in the paper.

Keywords: High-voltage motors, Electrical measurements.

High-Voltage Motors On-Site Testing

Momčilo Milić, Đorđe Jovanović, Denis Ilić, Nikola Stanojević, Radmila Kališkić

Рад примљен у уредништво: 03.11.2021. године.

Рад прихваћен: 14.12.2021. године.

