

A2 - 00

**ГРУПА А2: ТРАНСФОРМАТОРИ
ИЗВЕШТАЈ СТРУЧНИХ ИЗВЕСТИЛАЦА**

М. ОПАЧИЋ*, Тент – А, Обреновац
А. БОЈКОВИЋ, Институт Никола Тесла, Београд
З. МИЛИВОЈЕВИЋ, Минел – Трансформатори, Рипањ
Ч. ПОНОЋКО, Електроисток, Београд
СРБИЈА И ЦРНА ГОРА

1. УВОД

За 27. сесију ЈУКО CIGRE Студијски комитет А2 усвојио је следеће преференцијалне теме:

1) Термичке карактеристике трансформатора, новог и у погону

- Напредак у know-how: пројектовање, нови материјали, прорачуни (врућа тачка), компоненте и опрема, спецификације, експерименти, топлотна мерења (оптичка влакна)..
- трансформатори у погону: разматрања способности преоптерећења путем прорачуна и/или преко експеримената у различитим условима околине, контрола термичког старења укључујући и технике успоравања процеса старења,...
- нови захтеви с обзиром на радне услове трансформаторских јединица (динамичко оптерећивање), step-up јединице (трансформаторске ћелије, гасне турбине,...) и остало (индустрија, DC конвертори, померачи фаза,...) и одговарајућа нова решења укључујући повећања базирана на модификацијама хлађења.

2) Одржавање трансформатора на терену

- радови са малим трошковима као што су филтрирање, дегазација уља, сушење,... укључујући мониторинг са обрадом података,
- комплетна обнова намотаја (чишћење, поновно притезање,) регенерација уља,... укључујући и модификацију опреме,
- одговарајући алати на терену укључујући испитивања, контролу квалитета,...

3) Експлоатациони век енергетских и мерних трансформатора, праћење и дијагностика, прорачуни и испитивања у поступцима ревитализације,

4) Нове технологије и методе у конструкцији, експлоатацији и праћењу енергетских и мерних трансформатора

Кључне речи: трансформатори, изолациони систем, термичко старење, век, ревитализација, рад на терену, гасна хроматографија, индекс полимеризације, фурани, диелектрични губици, мерење, испитивање, дијагноза, експлоатација, одржавање, конструкција

Прве две преференцијалне теме поклапају се са темама за CIGRE сесију у Паризу 2004. године, а трећа и четврта преференцијална тема су резултат настојања СТК А2 да се покрије и посебна актуелна проблематика нашег електроенергетског система.

* Милорад Опачић, ТЕ НИКОЛА ТЕСЛА, Обреновац

Рецензију приспелих радова обавила је радна група коју су сачињавали стручни известиоци, професори Ђ. Калић и Р. Радосављевић и неколико еминентних стручњака. У саставу овог извештаја укључен је и краћи осврт Проф. Радована Радосављевића на најважнију проблематику третирану на CIGRE сесији групе А2 у Паризу 2004. године, са нагласком на теме значајне и за наш ЕЕ систем.

Радна група је прихватила укупно 16 радова од којих је 6 радова из области прве преференцијалне теме, 2 рада из области друге преференцијалне теме, 5 радова из области треће преференцијалне теме и 3 рада из области четврте преференцијалне теме. Радна група је са задовољством констатовала наставак пораста квалитета приспелих радова из групе А2, уз врло добру бројност и сразмерност у заступљености свих преференцијалних тема.

2. АКТУЕЛНА ПРОБЛЕМАТИКА НА CIGRE СЕСИЈИ ГРУПЕ А2, ПАРИЗ 2004.

Стални пораст конзума електричне енергије праћен је одговарајућим порастом средњих оптерећења трансформатора са честим преоптерећењима. Резултат тих променљивих радних услова је повећано термичко напрезање, што значајно утиче на поузданост и животни век. Висока старост најзначајнијих трансформатора намеће електро индустрији глобалан посао у виду појачаног сервисирања и ревитализација уз минимум трошкова, односно радове на терену. Допринос дају и произвођачи у виду оптимизације термичких прорачуна, али и корисници који достављају значајне термичке податке увођењем нових мерних технологија – IR термографије, оптичких влакана итд. IEC је још 2001. године формирала радну групу за одржавање MT2 у циљу ревидовања упутстава IEC 60354 и замени са новим IEC 60076-7, где су укључени и критеријуми термичког старења, нови изолациони материјали и технике моделовања. Изолациони материјали за високе температуре обухваћени су преко Техничке спецификације IEC 60076-14. Промене радних услова трансформатора и развој нових метода у пројектовању и мерењу довели су до формирања CIGRE WG A2-24 која је, уз сарадњу са CIGRE SC D1 и IEC групом MT2, презентирала бројне резултате рада који се односе на старење изолације енергетских трансформатора као функције температуре, влаге, кисеоника и киселина. Наредне активности односиће се на испитивања разних модела за процену температура при оптерећењу и преоптерећењу преко одговарајућих мерења, уз развој система одлучивања у начину поузданог оптерећивања трансформатора у погону. Кључно место заузима процена века трансформатора као резултат термичких, електричних, електромагнетских и електродинамичких напрезања.

Многа значајна питања су покренута на последњој CIGRE сесији у Паризу 2004. године. Једно од њих је и конструкција трансформатора са хибридном изолацијом. Иако се истичу велике предности уградње нових изолационих материјала који дозвољавају пораст средње температура намотаја или hotspot (вруће тачке) за око 30 К виши него код конвенционалне изолације, отвара се потпуно нов проблем - како ће се при повећаним температурама понашати течна и друга изолација која је предвиђена за ниже температуре?

Неколико радова се односило на приказ нових модела за утврђивање термичких карактеристика трансформатора, углавном заснованих на методи коначних елеманата, за које је, према мерењима на неколико трансформатора у стационарним режимима, истакнуто да имају побољшану тачност од 3 К. Међутим, пошто су термички критични режими транзијентне природе, поставља се питање валидности тих модела при значајним променама оптерећења и при преоптерећењу, а затим и питање општости за цео спектар величина трансформатора и посебно утицаја различитости у типовима хлађења. Једно од отворених питања је и утврђивање потребе за моделовањем додатних губитака у суду, поклопцу, стезним елементима итд.

Велики трошкови транспорта и дуготрајна нерасположивост трансформатора диктирају развој и примену мерних метода у погону, посебно када се жели утврђивање недостајућих термичких перформанси. Без обзира што се термичка мерења изводе у просторијама произвођача, потребно је да се она изводе и у погону због великог утицаја амбијенталних услова, а код остарелих трансформатора и због могућих промена у губицима.

Највећи број радова односио се на утврђивање стања изолационог система и примену нових метода за континуално праћење стања. Истакнута су позитивна искуства са континуалним мерењем парцијалних пражњења као и са применом нове FRA (Frequency Responce Analysis) методе која је означена као веома ефикасна и осетљива метода за

утврђивање померања намотаја и деформација унутар намотаја. Иако је мерење индекса полимеризације означено као најпоузданије средство за оцену остарелости чврсте изолације, истакнут је значајан проблем у начину узорковања и интерпретацији резултата пошто је процењено да је понекад само око 4 % чврсте изолације подвргнуто интензивном термичком старењу, да је локација критичних места на недоступним деловима намотаја, а да су углавном доступни узорци са спољних веза намотаја. Мерење релативног засићења уља преко RS (Relative Saturation) сензора влаге показало се као знатно ефикасније у поређењу са Карл Фишеровом методом, а много погодније за примену у односу на PDC методу (Polarization and Depolarization Current) или FDS методу (Frequency Domain Spectroscopy). Концепт одржавања на бази стања трансформатора CBM (Condition based maintenance), могуће је данас спровести коришћењем високо софистицираних система за дијагностику и праћење, од којих неки укључују истовремено праћење температура, вибрација, парцијалних пражњења, концентрације влаге и растворених гасова итд. Овај концепт активира неколико дилема - питања: економичност примене у односу на очекиване уштеде превенцијом кварова, шта је минимум потреба за on-line мониторингом, колика је поузданост да on-line мерења довољно добро замене конвенционална off-line мерења, проблеми при утврђивању стања изолације намотаја преко анализе концентрације фурана и киселина итд.

Савремена пракса показује да се корисници трансформатора све више одлучују на интервенције (поправке, регенерације, ревитализације, сушења) на терену у односу на операције у фабрикама. Дато је више искуствених препорука. Као обавезно, препоручује се претходно извођење широког спектра мерења како би се што боље утврдило стање трансформатора и одредио адекватан обим интервенција. Многи стари трансформатори имају конструкциона решења која нису адекватна за коришћење у новим условима, па се зато препоручује да се при интервенцијама изведу и неке реконструкције. Веома важна искуствена препорука је да се при ревитализацијама на терену намотаји држе конзервисани (импрегнисани, у уљу или у посебним сувим кућиштима са ниском влажношћу и надпритиском) јер је то много повољније од каснијег дуготрајног сушења. Покренута су и питања испитивања после интервенција на терену како би се утврдио квалитет изведених радова. Истакнут је ограничен ефекат ВН тестова кратког трајања и са сниженим напоном. Препоручује се ВН тест дужег трајања (1h) и мерење парцијалних пражњења при напону до 1,5 Un, затим 24. часовни тест са Un уз мониторинг парцијалних пражњења и тест са повишеним напоном од 1,15 Un. Међутим, уочљиво је да још није установљена јасна разлика између фабричких тестова и оних после интервенција на терену, посебно када су у питању ВН тестови.

Једно од кључних тема на последњој Париској сесији односила се и на проблем сушења изолације. Истакнуте су битне разлике у зависности да ли се ради о новој или старој изолацији. Нова изолација је типично неимпрегнисана са уљем и има практично униформну расподелу влаге. Присуство уља у изолацији лимитира процес апсорпције влаге и сушења, па је зато много лакше осушити неимпрегнисан – нов папир од старог папира, код кога се то остварује механизмом дифузије. Стари трансформатори у погону имају неуниформну расподелу влаге, са акумулацијом у танким изолационим структурама. Такође и самим процесом старења папара продукује се вода која мигрира у зависности од температурног градијента. Не треба заборавити и да ниво присуства воде зависи и од поступања са трансформатором при интервенцијама: изложеност намотаја атмосферском ваздуху од неколико дана, присуство слободне воде уласком преко суда или конзарватора, да ли се врши замена намотаја и изолације итд. Приказани су резултати сушења разним методама које се у основи могу груписати у три базичне методе:

- on-line циркулација (топлог) уља и уклањање влаге дегазацијом, апсорбцијом преко молекуларног сита или филтрирањем;
- off-line сушење цикличним поступком загревања намотаја циркулацијом уља загрејаним изван трансформатора или коришћењем технике уљног спреја иза кога следи извлачење воде излагањем изолације високом вакууму;
- off-line сушење цикличним поступком загревања намотаја са или без уља (вакуум) директним напајањем једносмерном струјом или струјом ниске фреквенције иза кога следи циркулација топлог уља или примена технике уљног спреја.

Као критеријум за завршетак процеса сушења наводе се најчешће брзина издавајања воде мања од 0,5 l/дан, или концентрација воде у узорку пресборда (картона) мања од 0,5%. Важно је истаћи једнодушна искуства да свако сушење температурним третманом доводи до извесног смањења животног века што се манифестује смањењем индекса полимеризације DP за 50 поена па чак и до 250. Због тога се препоручије мерење DP индекса пре и после генералног процеса сушења. Остало је отворено питање различитости у загревању намотаја и локалних прегревања у процесу сушења будући да контрала температуре мерењем отпорности даје само средње температуре намотаја.

Неколико радова било је посвећено приказу реализованих поступака за продужење животног века трансформатора одстрањивањем воде, киселина, металних честица и разних продуката старења – поларизованих молекула и талога. Све те процедуре извођене су на трансформаторима искљученим са мреже иако неке фирме нуде уређаје за регенерацију у погону. Као главни разлози рада ван мреже наводе се ризик квара услед продирања ваздуха, мехурова или честица у трансформатор, пад нивоа уља у случају квара на уређају, опасност од статичког наелектрисања итд. Регенерацијом је продужаван век уља и до 4 пута, а убацивањем посебних адитива растваране су наслаге унутар чврсте изолације, што је изазвало и њено чишћење, успоравање процеса старења и продужење века. У дискусијама је истакнуто да свакако треба тежити усавршавању on-line поступака за регенерацију и продужење века у циљу постизања потпуно безбедног рада, због несумњиве предности у погледу расположивости трансформатора за рад на мрежи.

3. РАДОВИ ГРУПЕ A2 ЗА 27. САВЕТОВАЊЕ YUKO CIGRE

Проблематика изложена на међународној CIGRE сесији у великој мери се поклапа и са уоченим проблемима наше електропривреде, о чему сведочи тематика прихваћених радова за предстојеће саветовање. Један од најважнијих аспекта анализе енергетских и мерних трансформатора као и пригушница је њихова конструкција. Са једне стране су оштри експлоатациони захтеви уз постизање потребних радних карактеристика и уз високу термичку, динамичку и диелектричну издржљивост и поузданост рада, а са друге стране потреба за минимизирањем трошкова за набавку, одржавање и експлоатацију. Недостаци ове опреме везани за бројне слабости конструкције, често се сагледавају тек након извесног дужег периода експлоатације, углавном при неким дешавањима у мрежи, а који нису били уочљиви при пријемним испитивањима и почетним превентивним испитивањима у току рада. Поставља се и питање надокнаде штета, а понекад и питање целисходности поправке. Јављају се и проблеми везани за промене параметара мреже услед повећања конзума, што од конструктора захтева нови производни програм дистрибутивних трансформатора уз оптимизацију конструкција. Недостатак енергије који ће се временом само још више повећавати, упућује на реконструкције постојеће опреме у циљу повећања снаге, а да би се утврдиле могућности и донети, потребно је извести велики број мерења и анализа. Наведеном проблематиком баве се радови прве преференцијалне теме A2-01 до A2-05.

Стални захтеви за технички ефикасном производњом електричне енергије уз минимум трошкова одржавања, довели су до развоја савремених метода ревитализације и регенерације првенствено усмерене за извођење на терену, што је светски тренд. Основна тежња је да се константно одржава висок ниво перформанси трансформатора, по правилу знатно изнад вредности које прописују ИЕС препоруке и близу перформанси које важе за практично нову опрему, а све у циљу да се изузетно успори процес старења изолације, чије стање у највећој мери дефинише век трајања. Овом проблематиком баве се радови друге преференцијалне теме A2-06 и A2-07.

Примена савремених мерних метода омогућава далеко квалитетнији увид у опште стање трансформатора и пригушница, што се првенствено односи на стање уљно-папирног изолационог система. Примена већине од ових метода још није ушла у нашу стандардну праксу, али њихове огромне предности и резултати који су постигнути почетним спорадичним применама, сведоче да ће оне у већини врло брзо постати део обавезних периодичних мерења, док ће се за неке захтевније методе утврдити критеријуми када их треба спроводити. Веома је

важно да се у нашој земљи појављују и појединци и институције способне да уведу ове нове методе. Наведеном проблематиком баве се радови треће преференцијалне теме А2-08 до А2-12.

Радови из области четврте преференцијалне теме А2-13 до А2-15 сведоче о могућности наше електропривреде да направи уређаје и опрему која у перспективи може да буде равноправна производима који задовољавају највише светске стандарде.

Реферат А2-01

Неки утицаји на цену дистрибутивних трансформатора

Аутор: Ратко Исидоровић, АД МИНЕЛ ТРАФО, Младеновац

Рад разматра корелацију напона кратког споја и геометрије дистрибутивних трансформатора са аспекта смањења укупне масе и производне цене. Тренд преласка са напонског нивоа 10 kV на 20 kV подразумева такође примену трансформатора одговарајућег напонског нивоа, што захтева измену конструкције. У завршном делу рада применом формуле капитализације утврђују се оптимална решења за повећање снаге кроз пројектантске (односно губитака, промена спреге) или конструкторске (херметички суд) захвате.

Питања СИ:

1) Да ли постизање одређене вредности напона кратког споја у неким случајевима захтева примену квалитетнијег трансформаторског лима ?

2) Која искуства и критеријуми упућују на уградњу искључиво летвастих бирача одвојака ?

Реферат А2-02

Термичка проспекција блок трансформатора ХЕ "Ђердап II" мерењима у погонским условима

Аутори: Радован Радосављевић, Александар Поповић, Горан Васиљевић, Владимир*

*Милосављевић, Мирослав Ристић, Небојша Дробњак, *ЕТФ Београд*

Аутори излажу резултате опсежних термичких (калориметријских) мерења која су спровели на трансформаторима у ХЕ «Ђердап II» у циљу процене да ли су они способни да са термичког аспекта поднесу ново номинално оптерећење које одговара повећању снаге генератора од око 20%. Испитивана су оба постојећа типа трансформатора – од различитих произвођача. Оба типа имају исто хлађење (OFWF) са по два стално укључена размењивача топлоте и трећи по потреби. Повољна околност да трансформатори већ имају већу номиналну снагу од снаге два припадајућа генератора. Извршена су мерења са пуном снагом генератора (око 0,83 снаге трансформатора) на основу којих су вршена прерачунавања за садашњу номиналну снагу и будућу снагу трансформатора за коју је утврђено да је око 6 % већа, а дати су и предлози за неке интервенције које нису обимне. Захваљујући великом броју термоелемената, откривена је јака нехомогеност температура површине трансформаторског суда, што је у садашњем погону изазивало преране аларме и дати су предлози да се ти лажни сигнали избегну.

Питања СИ:

1) Да ли постоје приметне разлике у термичком погледу између трансформатора од два произвођача ?

2) Да ли је нужно да се предузимају мере заштите од инсолације специјалним екранима или је можда ефикасније да се појача ефикасност хлађења реконструкцијом расхладног система ?

3) У којој мери увођење чешћег чишћења хлађења може да спречи прерано активирање аларма температуре ?

4) Да ли се може саветовати електрани да задржи постојећи расхладни систем без посебних интервенција, али да у данима са екстремно високом температуром амбијента ради са смањеном снагом ?

Реферат А2-03

Термовизијска снимања температурног пораста на суду трансформатора у кратком споју

Аутори: Александар Поповић, Александар Јанковић, Радован Радосављевић, Бранко*

*Милосављевић, *ЈП Електроисток Београд*

Термичко моделовање је у великој експанзији када је у питању пројектовање енергетских трансформатора и код нас и у свету. Утврђивање термичких карактеристика трансформаторског суда при разним режимима рада и дијаграмима оптерећења је од велике користи пројектантима при глобалним прорачунима термичких карактеристика целог трансформатора, а термовизијска камера је једно од најбољих средстава за повратну информацију. Рад даје преглед активности везаних за проблем грејања трансформаторског суда и анализу поступака при таквим испитивањима.

Питања СИ:

1. Како на добијене резултате утиче конструкција трансформатора? Може ли се конструкцијом утицати на расподелу топлоте на суду трансформатора?
2. Колико су поуздани подаци добијени термовизијом? Које су предности оваквих мерења температуре у односу на остале методе мерења?

Реферат А2-04

Проблеми енергетских аутотрансформатора 400/110/10,5 kV, 300 MVA, типа 3ABZ 300000 – 420s

Аутори: Драган Милановић, Ч. Спаић, Љ. Петровић, М. Марковић, *ЈП Електроисток Београд*

Проблематика која се излаже односи се на три аутотрансформатора 400/110/10,5 kV, 300 MVA, истог произвођача и идентичне конструкције, а везана је за кварове који су уследили после кратког споја на сабирницама 110 kV. Руководјени чињеницом да је отказ истих уследио под скоро истим околностима, да је обим квара исти и да је лоциран на истим компонентама активног дела, компаративном анализом посматраних случајева аутори долазе до закључка о потреби да се при набавкама трансформатора морају изузетно строго прецизирати све карактеристике, али и контролисати пројектна документација и обезбедити сагласности на релацији инвеститор-корисник пре саме реализације. На овакав начин избећи ће се пропусти у конструкцији, посебно са аспекта динамичке и термичке издржљивости и минимизирати могућност настанка хаварија са тешким последицама.

Приложени прорачун упућује на недозвољена напрезања потврђена насталим деформацијама на терцијеру и ниском напону. Корисне сугестије аутора, усмерене у смислу да се евидентни пропусти и произвођача и инвеститора не понове, као главни циљ имају супротстављање пракси избегавања типских динамичких испитивања под једностраном мотивацијом високе цене ових испитивања.

Питања СИ:

- 1) Како се може објаснити настала деформација терцијера по смеру супротна од очекиваног с обзиром на пројектом предвиђену несиметрију? Како је мишљење аутора о хронологији деформација на појединим деловима или целим намотајима?
- 2) Која ограничења отежавају евентуалну реконструкцију предметних трансформатора до нивоа пуне динамичке издржљивости?

Реферат А2-05

Економски аспект хаварија енергетских трансформатора 400/110/10,5 kV, 300 MVA, 3ABZ 300000 – 420s

Аутор: Снајжана Цветковић, ЈП Електроисток Београд

Рад разматра економски аспект хаварија три аутотрансформатора 300 MVA истог произвођача и истог типа чији је технички аспект изложен у претходно раду А2-05. Будући да су хаварије настале на сличан начин и са сличним последицама по аутотрансформаторе, после релативно кратких времена експлоатације и као последица истих конструкционих слабости аутотрансформатора, оправдано се поставља питање скривене мане и правног третмана одговорности произвођача аутотрансформатора. Економски аспект се односи на начин књижења у смислу полазне процене вредности трансформатора и вредности поправка као и на услове осигуравања

аутотрансформатора као основног средства и могућности реализације накнаде штете од осигуравајућих друштава, а све у вези финансијског резултата предузећа.

Питања СИ:

- 1) Да ли је оправдано неосигуравање аутотрансформатора у одређеним периодима ?
- 2) Да ли је оправдано нереално ниско вредновање аутотрансформатора као основног средства?
- 3) Какве су могућности наплате штете од произвођача аутотрансформатора с обзиром на протекло време и истеклу гаранцију ?

Реферат А2-06

Ревитализација уљно-папирне изолације енергетских трансформатора на терену

Аутори: Дејан Пантић, Радован Радосављевић, Ксенија Ђурђевић, *ВИМАП Београд*

У раду се разматра ревитализација уљно-папирне изолације енергетских трансформатора помоћу синтетичких адсорбената, са циљем да се продужи радни век трансформатора и повећа поузданост његовог рада. Показује се да је од три могућа поступка ревитализације – замене уља, регенерације природним адсорбентом, регенерације синтетичким адсорбентом – последњи од три наведена поступка најефикаснији и да има низ предности у односу на прва два. На више примера ревитализације на терену практично је доказана ефикасност поступка преко испитивања карактеристика уља пре и после третмана, као и после одређеног времена погона ревитализованих трансформатора.

Питања СИ:

- 1) Које су, по мишљењу аутора, вредности електричних, физичких и хемијских карактеристика уља при којима треба приступити ревитализацији ?
- 2) Да ли се при доношењу одлуке о ревитализацији сагледавају и други показатељи стања трансформатора (очување геометрије намотаја, резултати гаснохроматографске анализе, садржај фурана итд.) ?

Реферат А2-07

Продужење животног века и повећање сигурности рада енергетских трансформатора адсорпцијом продуката старења

Аутори: Владимир Пантић, Бранка Миросављевић, *ВИМАП Београд*

Рад приказује механизме старења уљно-папирне изолације и последице ових процеса које угрожавају погонску сигурност трансформатора и скраћују њихов радни век. Приказан је поступак третмана уљно-папирне изолације помоћу синтетичких адсорбената високе ефикасности. Овај поступак је упоређен са класичним поступцима третмана уљно-папирне изолације и указано је на бројне предности нове технологије и нових материјала.

Питања СИ:

- 1) Описани поступак се одвија без коришћења високе температуре и вакуума, циркулацијом хладног уља кроз трансформатор и машину. Колико такав поступак дуже траје од класичног? Да ли се размишља о могућности грејања намотаја у кратком споју, како би се убрзало уклањање влаге из чврсте изолације ?
- 2) У раду је указано на техничке предности описаног поступка у односу на класични. Какав је непосредан економски ефекат његове примене, односно какав је однос цена и времена два поступка ?

Реферат А2-08

Утврђивање старости изолације и преосталог радног века као фактора при реконструкцији за повећање снаге трансформатора ХЕ “БЕРДАП I”

Аутори: Радован Радосављевић, Александар Бојковић, Александар Поповић, Милорад Дамјановић, Петар Николић, *ЕТФ Београд*

Аутори излажу резултате једног од многобројних мерења спроведених на ХЕ «Ђердап I» у циљу утврђивања могућности, домета и мера за повећање снаге блок трансформатора за 10 %. Описана је једна од кључних метода која омогућава да се процени стање изолације и преостали век трансформатора. Реч је о узимању узорака чврсте (папирне) изолације на трећем блок трансформатору и њено испитивање одређивањем вискозног индекса полимеризације уз помоћ одабране корелационе функције. Избор места узорковања, њих 27 је пажљиво изведен према објективним могућностима како би се добили што поузданији резултати процене преосталог века. Утврђени су узроци појачаног старења неких узорака (олабављени контакти, повишена температура услед слабе циркулације уља, присуство кисеоника итд). Анализом резултата и на основу израчунатог фактора деградације дата је процена преосталог века од 13 година. На крају рада су дате и препоруке о поступцима у циљу што спорије деградације изолације у будућем раду разматраног блок трансформатора. У оквиру рада дат је приказ механизма међузависности фактора деградације уља и папира према најновијим документима међународне CIGRE.

Питања СИ:

- 1) У којој мери ће доступни узорци изолације дати довољно добру процену стања папирне изолације, с обзиром на генерално слабу доступност изолације намотаја?
- 2) С обзиром на сложеност изложене методе, у којој периодичности и у којим случајевима је треба препоручити нашој електропривреди ?
- 3) Колико траје узимање узорака, с обзиром на вађење трансформатора из погона, отварање, испуштање уља, узорковање, преизолацију и спровођења свих потребних радњи за поновно укључење на мрежу ?
- 4) Какав је економски аспект самог мерења индекса полимеризације с обзиром на сложен поступак хемијске анализе, његовог трајања и степена поузданости методе ?

Реферат А2-09

Испитивање трансформатора 400 MVA склопним ударним напоном са мобилном опремом

Аутори: Александар Јанковић, Владимир Берић, А. Маринеску, Д. Попа, А. Унгуреану,*

**ЈП Електроисток Београд*

Коришћење склопног пренапона за испитивање трансформатора може успешно заменити испитивање индукованим напоном, али то изискује ударни генератор који такав талас може да обезбеди. У посебним случајевима се може користити и прилагођена покретна лабораторија као што је приказано у овом раду. Обезбеђивање адекватног таласа није лак задатак и потребно је извршити тачан прорачун елемената у шеми.

Питања СИ:

1. С обзиром да се у раду наводи могућност коришћења изложеног начина испитивања као замена за стандардно испитивање индукованим напоном, може ли се утврдити јасан и недвосмислен критеријум успешности испитивања ?
2. Да ли постоје дозвољена одступања у облику склопног пренапона у смислу осцилација на челу или зачељу таласа ?

Реферат А2-10

Развој базе података и експертског система за анализу стања трансформаторског уља

Аутори: Драган Ковачевић, Дејан Мисовић, Ницо Миладиновић, Ненад Карталовић,*

**ЕИИТ Београд*

Приказана је реализација базе података и експертског система за анализу стања трансформаторског уља преко података добијених анализама уља. База је урађена у програму Access, а управљање базом омогућава MySQL (Structured Query Language). Замишљено је да се приступ корисника обавља преко интернета. База садржи податке о електричним, физичким и хемијским карактеристикама уља и резултате гаснохроматографских анализа. Модуларна концепција омогућава проширење са другим подацима, а у првом реду је замишљена инкорпорација података добијених анализом фурана и садржаја честица у уљу, будући да се

овим анализама данас посвећује све већа пажња. Замишљено је да се даљим развојем ова база допуни са базама података за чврсту изолацију, проводне изолаторе и регулационе склопке, чиме би се реализовао експертски систем за цео трансформатор.

Питања СИ:

- 1) У табели 1, наводе се критеријуми међународног стандарда ИЕС 60422/1994 (који је еквивалентан ЈУС стандарду). Да ли су они по мишљењу аутора довољни за реализацију експертског система или је потребно укључити и додатна искуствена сазнања ?
- 2) У табели 2, аутори наводе граничне вредности за гасове у уљу. Која је јединица мере и на чему се заснива овај критеријум ?
- 3) Да ли се сви трансформатори са нижим концентрацијама од наведених могу сматрати безусловно исправним и да ли, евентуално, постоје додатни критеријуми ?
- 4) У табели 3 су дати односи концентрација гасова. Шта они значе и у каквој су вези са стањем трансформатора ? Шта чинити у случајевима шифри које ИЕС не тумачи (такви случајеви су иначе констатовани у светској пракси) ? Да ли постоје шифре за нормално стање, односно старење и да ли добијање те шифре значи да је трансформатор исправан ?
- 5) Какав је значај поделе на запаљиве и незапаљиве гасове и да ли је она меродавна за процену стања. Ако јесте, у коју групу би био сврстан угљенмоноксид ?

Реферат А2-11

Дијагностика погонског стања чврсте изолације трансформатора анализом деривата фурана и степена полимеризације папира

Аутори: Јелена Лукић, Александар Бојковић, С. Гавранчић, Ксенија Дракић, Ј. Јовановић, Драган Теслић, *ЕИИТ Београд*

Рад је првенствено усмерен на разматрање анализе чврсте изолације преко савремених метода које, полако али сигурно, улазе у нашу праксу – анализа фурана растворених у уљу и мерење индекса полимеризације, укључујући и анализу међузависности измерених вредности. Поред краћег осврта и на неке друге савремене методе, описан је и утицај главних промотера старења. Дају се и резултати неких до сада изведених лабораторијских мерења и предлози критеријумских корелација између концентрације 2-фурфурала и вискозиметарског степена полимеризације према светским и сопственим искуствима

Питања СИ:

- 1) Какав је практични значај статистике на слици 3, ако се има у виду ограничен број узорака и унапред ограничено узорковање на трансформаторе који су доспели у фабрику због квара или лошег стања? У мањој мери ово се односи и на слику 2, где су дати збирни подаци за све трансформаторе, мада је у тексту указано да постоје разлике између појединих група трансформатора (ХЕ, ТЕ, преносна мрежа) у зависности од њихове улоге, места уградње, конструкције итд ?
- 2) Да ли се критеријуми процене стања по садржају 2-FAL у уљу и по вредности DPv, дати у табели 2 (увек) поклапају код испитиваних трансформатора и ако постоје ове разлике, колике су и услед чега настају ? Каква су светска искуства по том питању ?
- 3) Да ли је довољан садашњи обим испитивања енергетских трансформатора код нас, или треба радити на његовом проширењу (RVM, PDC итд.), методама које, углавном, захтевају скупу опрему ?

Реферат А2-12

Примена инструменталних дијагностичких метода за откривање парцијалних пражњења у циљу продужења радног века мерних трансформатора

Аутори: Ксенија Дракић, Јелена Лукић, Александар Поповић, С. Гавранчић, *ЕИИТ Београд*

Мерење нивоа парцијалних пражњења у електро - енергетској опреми на нашим просторима добија све више места у дијагностичким испитивањима. Метода дефинитивно може пружити доста јасан увид у стање изолационог система електричних машина и тако допринети бољој

експлоатацији система. Рад обрађује конкретна испитивања мерних трансформатора у експлоатацији у нашој електро-преносној мрежи и показује велики степен тачности утврђивања неисправности појединих испитаника, што је и потврђено лабораторијским испитивањима уља. Превенција заснована на таким испитивања свакако може подићи ефикасност и поузданост система.

Питања СИ:

1. Колика је област применљивости изложеног начина праћења нивоа парцијалних пражњења? Који се све објекти могу на такав начин пратити ?
2. Колико су поуздане методе приказане у раду? Које су предности и мане ултразвучне у односу на хемијске методе? Шта утиче на евентуалну погрешну процену с обзиром да се на основу добијених резултата планирају замене или ремонти опреме који нису ни једноставни ни јефтине ?

Реферат А2-13

Нека искуства на пројектовању и конструкцији VF пригушница

Аутори: Јелена Крстовић, Миодраг Марковић*, Енергоремонт, Панчево*

Уз информативни приказ, како функције, тако и конструкције високо-фреквентне ваздушне пригушнице, рад се првенствено односи на енергетски аспект уређаја, односно на термички и динамички прорачун главног намотаја. Високе вредности струја су природно фаворизовале аспект механичке издржљивости, тако да су реална повишења температуре остала далеко испод референтних према IЕС препорукама. Посебна пажња је посвећена избору материјала при реализацији разматраних конструкција, па се одређена разматрања могу посматрати и као вид препорука за будуће конструкције.

Питања СИ:

- 1) Да ли су повишења температуре изван дозвољених према IЕС препорукама реално могућа код VF ваздушних пригушница, имајући у виду презентиране резултате из табеле VII ?
- 2) Да ли се за разматрани тип пригушница може генерално препоручити одређена врста материјала с обзиром на однос квалитет-цена ?

Реферат А2-14

Фамилија инверзних струјних трансформатора у папирно-уљној техници изоловања типа IST напона 38 kV-420 kV

Аутори: Стјепан Мићевић, Миљан Дамјановић, Борђе Трбић, Младен Игњић,
Енергоинвест РАОП

Рад актуелизује проблематику инверзних струјних трансформатора са уљно-папирном изолацијом. Овакви трансформатори налазе већу примену и у нашем ЕЕС-у због веће отпорности на динамичка и краткотрајна термичка струјна оптерећења, оштријих захтева условљених новим нумеричким заштитима и чињеницом да нема распрскавања изолатора у случају већег оштећења изолационог система трансформатора. Наведене су основне карактеристике трансформатора за највиши напон опреме 123 kV, 245 kV и 420 kV и резултати типских испитивања за парцијална пражњења и грешке за струјни трансформатор 123 kV. Освојени трансформатори су савремене концепције и требало би да по карактеристикама и цени буду конкурентни трансформаторима реномираних светских произвођача.

Питања СИ:

- 1) Да ли пројектовани смештајни простор за заштитна језгра класе 5P омогућава смештај заштитних језгара класе TPY реалних карактеристика уместо језгара класе 5P ?
- 2) Да ли аутори сматрају да инверзни струјни трансформатори имају предност у односу на тзв. мотани тип због немогућности распрскавања високонапонског изолатора у случају тежег оштећења трансформатора ?

*Реферат А2-15**Капацитивни напонски трансформатори са микс диелектриком**Аутори: Стјепан Мићевић*, Момчило Вуковић, Ђорђе Трбић, Младен Игњић,
Енергоинвест РАОП

Савремене капацитивне напонске трансформаторе карактеришу капацитивни делитељи напона смањених габарита и тежине са мешаним (микс) диелектриком. Кондензатори са мешаним диелектриком имају значајно мањи температурни коефицијент капацитивности и фактор диелектричних губитака од кондензатора са диелектриком од кондензаторског папира, што доприноси стабилности карактеристика које утичу на тачност капацитивних напонских трансформатора.

У раду се анализирају карактеристике и предности мешаног диелектрика и даје конструкционо-технолошки приказ израде кондензатора капацитивних делитеља напона нове генерације. Дата је математичка интерпретација грешака са утицајем температуре и учестаности на њихове вредности. Такође су наведене мере за оптимизацију величине и тежине електромагнетске јединице и пригушење ферорезонансе.

Питања СИ:

- 1) Да ли ће нова генерација капацитивних напонских трансформатора са мешаним диелектриком имати минерални или синтетички импрегнант ?
- 2) Да ли је мера за пригушење ферорезонансе само систем типа RL или се предвиђа и уградња унутрашњег варничара, ако прва мера није довољна?

Рад који се разматра из друге групе:

*Реферат А3-02**Карактеристике струјних трансформатора за заштиту за рад у прелазном режиму**Аутори: Милорад Опачић*, Александар Билек, *ТЕ «Никола Тесла» Обреновац*

Рад разматра проблематику дефинисања карактеристика језгара струјних трансформатора првенствено са аспекта коректног функционисања дистантне заштите у прелазном режиму. Приоритетном захтеву да језгро не сме ући у засићење у деловима циклуса АPU када је заштита иницирана верно трансформисаном струјом, подређен је презентирани прорачун, изведен за заштитна језгра у мрежама 220 kV и 400 kV електроенергетског система Србије. Резултати рачунских провера, референтни за усвојени радни циклус аутоматског укључења, могу се сматрати и као прилог афирмацији интерног стандарда Електропривреде Србије IS 11.

Питања СИ:

- 1) Да ли је пример прорачуна у додатку стандарда IEC 60044-6 делимично превазиђен због карактеристика и мале потрошње савремене нумеричке заштите?
- 2) Која је разлика у цени струјних трансформатора 245 kV и 420 kV са језгрима за заштиту класе 5P30 и TPY?