DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

НАУКА, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ КЫРГЫЗСТАНА, № 7, 2021

ЭНЕРГЕТИКА

ЭНЕРГЕТИКА

ENERGETICS

Суеркулов М.А., Калматов У.А., Суеркулов С.М.

КУБАТТУУ ТРАНСФОРМАТОРДУН ИШТӨӨ АБАЛЫН ТАКТООДО (ДИАГНОСТИКА) ӨЛЧӨНҮҮЧҮ ЧЕК САНДАРЫН НЕГИЗДӨӨ
(электр менен жабдуу тумундарынын мисалында)

Суеркулов М.А., Калматов У.А., Суеркулов С.М.

ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА ИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ
(на примере систем электроснабжения)

M.A. Suerkulov, U.A. Kalmatov, S.M. Suerkulov

JUSTIFICATION THE NUMBER OF MEASURED PARAMETERS FOR DIAGNOSING POWER TRANSFORMERS
(on the example of power supply systems)

УДК: 621.771.013: 621.314.222.6

Электр менен жабдуу тумундарында кубаттуу трансформаторлор эң негизги элементтеринин бири болуп саналат. Трансформатор жогорку чыңалууну тийиштүү деңгээлге төмөндөтүп, жогорку жана төмөнкү чыңалуудагы электр тармактарын байланыштырат. Көп учурда кубаттуу трансформаторлордун (КТ) наркы электр менен жабдуунун (ЭМЖ) наркына чоң таасирин берет. КТ кубаты чоң болгон сайын баасы да жогору болот. КТ накта чыңалуусу жогорулаган сайын баасы да, түзүлүшү да татаал болот. Өлчөнүүчү чен сандары өсө баштайт. КТ ишенимдүү иштеши ЭМЖ ишенимдүү иштешине таасир берет. Ошондуктан КТ иштөөдөгү абалын тастыктоодо (диагностика) чоң мааниге ээ, себеби, боло турган кырсыкты алдын ала аныктоо менен аны жоюу үчүн чечим кабыл алып, КТ ишенимдүү иштешин жогорулатса болот. Муну ишке ашыруу үчүн кайсы чен сандарды өлчөө (үзгүлтүксүз же үзгүлтүктү) кандайча өлчөө керектигин билиши керек, б.а. диагностика. Бул макалада өлчөнүүчү чен сандарды негиздөө каралган. Өлчөөчү сандарды негиздөө үчүн КТ түзүлүшүн тыкандык менен билүү заарыл.

Негизги сөздөр: *кубаттуу трансформаторлор, тактоо, өлчөө, чен сандар, ишенимдүүлүк, түзүлүш, өлчөө аспаптары, оромо, магнит өткөргүчү, муздатуу, трансформатор майы.*

Силовые трансформаторы (СТ) в системах электроснабжения (СЭС) являются основными элементами. СТ понижая высоковольтное напряжение связано с сетью высокого и низкого напряжений. Стоимость СТ существенно влияет на стоимость СЭС. Чем больше мощность трансформатора, тем больше стоимость. Чем больше номинальное напряжения, тем больше стоимость и одновременно усложняется конструкция поэтому увеличивается количество измеряемых параметров. Надежность СЭС связано с надежностью СТ, поэтому для надежной работы СТ необходимо контролировать параметры определяющие режим работы, т.е. диагностирование. Для диагностирования необходимо знать количество параметров, а также когда как их измерять (непрерывно или периодический). В этой статье рассматриваются вопросы обеспечивания измеряемых параметров при диагностировании СТ. Для обоснования необходимо тщательно изучать конструкции СТ.

Ключевые слова: *силовой трансформатор, система электроснабжения, диагностика, измерения параметров, обмотка, трансформаторное масло, магнитопровод, охлаждения.*

Power transformers (PT) in power supply systems (PSS) is the main element. ST lowering the high-voltage voltage connected to the network of high and low voltages. The cost of PT significantly affects the cost of PSS. The greater the power of the transformer, the greater the cost. The higher the rated voltage, the higher the cost and at the same time the design becomes more complicated, therefore the number of measured parameters increases. The reliability of the PSS is related to the reliability of the PT, therefore, for the reliable operation of the PT, it is necessary to control the parameters that determine the operating mode, i.e. diagnostics. For diagnostics, it is necessary to know the number of parameters, as well as when and how to measure them (continuously or periodically). This article discusses the issues of ensuring the measured parameters when diagnosing PT. For justification, it is necessary to carefully study the constructions of PT.

Key words: *power transformer, power supply system, diagnostics, parameter measurements, winding.*

КТ иштөө абалын талдоого таасир берилчү чен сандар [1-4, 9-10].

1. Накта чыңалуусу 10 кВ дон 1150 кВ чейин өзгөрөт чыңалуу трансформаторлордун оромосуна жана жогорку чыңалууга оромону кошуучу элементтердин түзүлүшүнө чон таасир берет себеби, оромонун каттамасынын (изоляция) аткарылышына жогорку чыңалуу (ЖЧ) кошуу элементинин каптамасы май же катуу диэлектриги болот. Демек, каптаманын чен

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

сандарынын өзгөрүшүн билиш зарыл. Накта чыңалуусу 10 кВ дон 1150 кВ чейин болот.

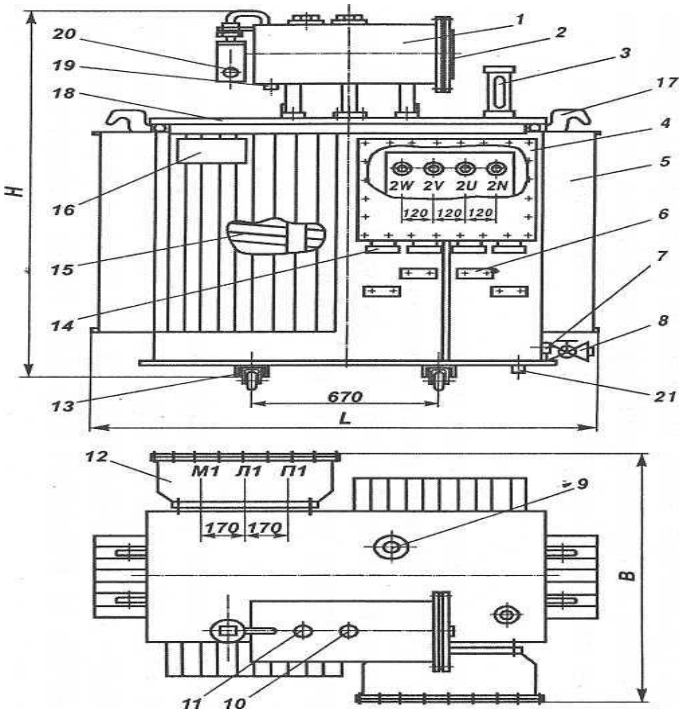
2. Накта кубаттуулуктун чоңдугу трансформаторлордун түзүлүшүнө таасир берет. Кубаттуулугу боюнча 8 түргө бөлүнөт. Мисалы 1 чоңдугуна кубаттуулугу 20 кВА чейин, ал эми 8 чоңдугуна кубаттуулугу 200 МВА чоң болгон трансформаторлору кирет. Мисалы, натыйжада чыңалуусу 35 кВ болсо анда накта кубаттуулугу 0,1 МВАден 63 МВА чейин болот ... Накта чыңалуусу 500-750 кВ болсо, анда кубаттуулугу 250 МВАден 1000 МВА чейин болот.

Накта кубаттуулук боюнча трансформатордун муздатуу тутуму түзүлөт. Муздатуу тутуму трансформаторлордун кубатуулугуна жараша төмөндөгүдөй болот: абанын табигый муздануусу – С (сухой); май менен табигый – М (масляное); үйлөө – Д (дутье); майды аргасыз айлантуу – ДЦ (циркуляция); май-суу – МВ (масло-вода); май табигый жол менен айланат май-суу менен майды аргасыз жол менен айландыруу – МВЦ (май-суу).

Майды аргасыз жол менен айландыруу, үйлөө үчүн кошумча шаймандар жана майдын айланышы үчүн кошумча түтүктөрү колдонулат. Алардын туура иштешин камсыздоо үчүн алардын чен сандарын да кошумча өлчөө керек.

3. Жыштык. Бул чыңалуусу 50 Гц КТ түзүлүшү (конструкциясы).

КТ түзүлүшүн кароо үчүн сүрөт 1 де келтирилген кубаттулугу 630 кВА болгон, чыңалуусу 10/04 кВ-тук ТМ түрү көрсөтүлгөн: 1- май кеңеткич; 2-майдын деңгеелин көрсөткүч; 3-термометр; 4-төмөнкү чыңалууну киргизүүчү (ввод); 5-челек; 6-кабелди бекиткич; 7-желдештирүүчү болт; 8-майды агызуу чорго; 9-кайра кошкуч 10- басымды азайтуучу чорго; 11-майды толуктоо үчүн тыгын; 12-ЖЧ киргизүү 13-чыгаргыч; 14-кабелди кошуу; 15-активдүү бөлүк (магнит өткөргүч); 16-заводдун белгиси; 17-көтөрүү үчүн илмек; 18-челектин капкагы; 19-төгүүчү чорго.



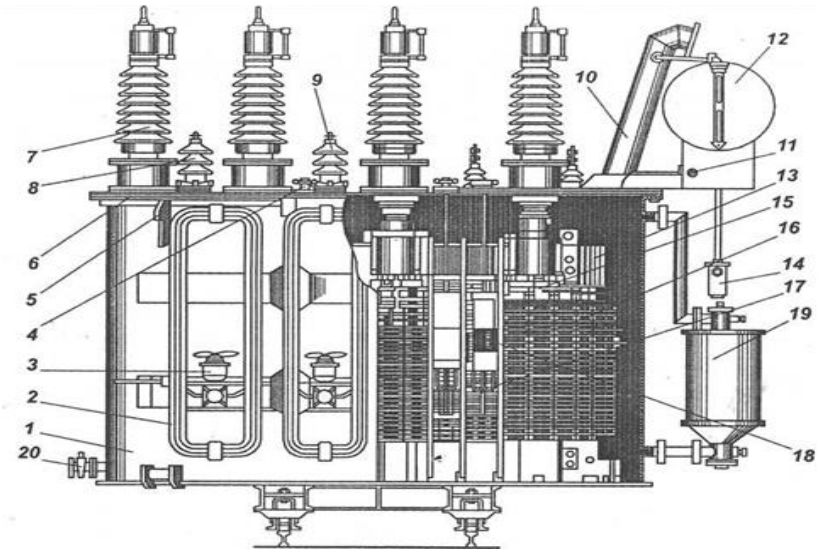
1-сүрөт. ТМ-10/630 КВА трансформатору (сырткы көрүнүшү).

4. Оромонун санын өзгөрткүчтүк бул бөлүштүрүү тармактары чыңалууну жөнгө салуу үчүн кошулуучу оромолордун саны фазалары боюнча бир убакта өзгөрөт, б.а. оромону кайра кошкуч. Кошуу эки жол менен аткарылат: 1) Электр жүгү жокто (переключения без возбуждения), 2) электр жүгү астында кошуу (регулирования под нагрузкой РПН).

КТ иштөөсүн талдоо ага чен сандары өзгөргөндө таасир берүүчү элементтер төмөндөгүлөр: 2, 3, 4, 9, 12, 15 (1-сүр.).

Сүрөт 2де кубаттуулугу 16 МВА чыңалуусу 110 кВ болгон кошумча үйлөө жолу менен муздатылуучу (Д) трансформаторлордун кесилиши аянты берилген.

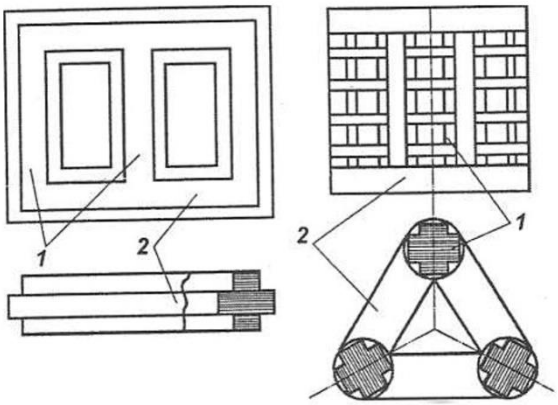
DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557



2-сүрөт. Трансформатор ТДТГ-16 000/110 (кесилиши):
1-челек; 2- түтүктүү радиатор; 3-желдеткич электр мотору менен; 4-ормону кайра кошкучтун кыймылга келтиргичи; 5-бекемдеги; 6-капкак 7-9 -өтмө обочологучтар; 10- газ чыгуучу түтүк; 11-газдык реле; 12-кеңейткич; 13- магнит агыны өтүүчү уюм; 14-абаны кургаткыч; 15-ЖЧ оромунун учу; 16-кайра кошкуч; 17-жүк оромосу; 18-майга салуучу оромонун угу; 19-термосифондук чыпка; 20-чорго.

Бул сүрөт боюнча КТ иштөө абалын талдоодо төмөнкү элементтердин чен сандарынын же сандарынын өзгөрүшү таасир берет: 2-4, 11-13; 16-19 (2-сүр.).

Магнит агыны өтүүчү уюлдук түзмөгү. Магнит агынын өткөргүчү (МАӨ) жука картон болоттон жасалган феромагнитинин текзат. Жука жартак (пластина) атайын геометриялык түзүлүштө бир тутум болуп чогултулат жана магнит агынын өтүшүнө камсыз кылат. Магнит агынын түзүлүшү баардык кошумча элементтери менен чогултулуп магнит уюлун (остов) түзөт. Анын төмөнкү түрлөрү бар (3-сүр.) жалпак (а) б.а. өсөктөрдүн жана уюлдун октору бир тегиздикте жатат жана мейкиндик? (б) (пространственная) мында октору ар кандай тегиздикте жайгашкан.



а *б*

3-сүрөт. Магнит агынын тутуму жалпак (а), мейкиндик (б). 1-өзөгү; 2-камыты.

Трансформатордо магнит агыны бардык оромолордун магнит кыймылдык күчүнүн таасири менен түзүлөт.

Магнит агынын чогултуу үчүн өзөкчө муздак тапталган электртехникалык болоттун жартакчыларын чогултуу менен жасалат.

КТ май менен толтурулат. Трансформаторго атайын трансформатор майы куюлат. Трансформатор майы – бул мунайдан алынат.

Трансформатор майынын сапаты төмөнкүлөр менен аныкталат: электр бекемдиги, кислота саны, сууда ээрүүчү кислоталардын көлөмү, жануу температурасы, механикалык аралашмалардын болушу, майдын түсү, диэлектрикалык коромжулук тангенс бурчу, майдагы газдардын болушу, ээрүүчү тунма калдыктар.

Трансформаторлорго куюлган майды пайдалануда майдын эскириши, диэлектрик коромжулук бурчтун өсүшү, тунмалардын пайда болуусу, ар кандай газдардын бөлүнүшү электр дүрмөтсүздөөсүнүн пайда болушу майдын талапка ылайык чен сандарын өзгөртүп трансформатордун иштөөсүнө тоскоолдук берет. Ошондуктан иштөөсүн тактоодо бул чен сандардын эске алышы керек.

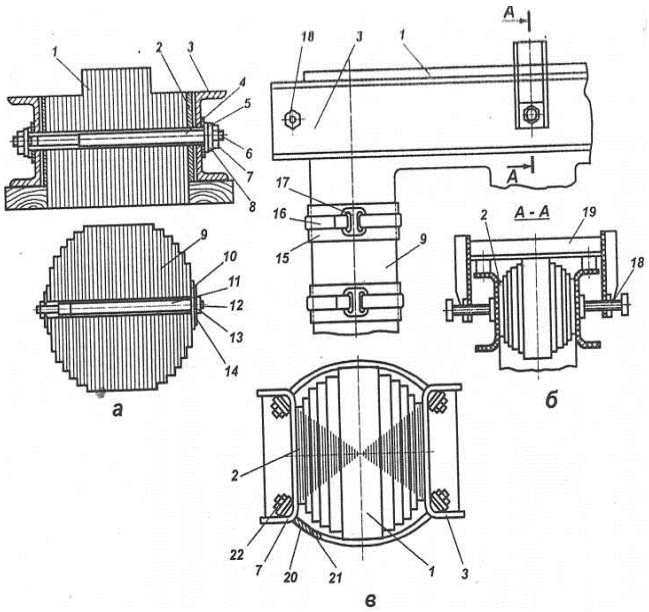
Статистикалык маалыматтар боюнча: майдын эскириши - 7,47%, газдардын бөлүнүп чыгышы – 9,02%, мадын булганышы – 2,18% түзөт.

Магнит агыны өтүүчү тутум эки түрдөн турат активдүү жана активдүү эмес. Активдүү бөлүгү жука жартактан чогултулуп жасалат, актидүү эмес бөлүгү

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

жука жартактын бирибирине тыгыз бекишин жана активдүү бөлүктө сырткы механикалык күчтөрдөн сактоочу бөлүктөрдөн турат.

Магнит агыны өткөрүүчү өзөктүн түзүлүшү 4-сүрөттө көрсөтүлгөн.



4-сүрөт. Магнит агыны өтүүчү өзөктүн түзүлүшү:
а) – жуп буроо менен бекитүү (шпилька). б) – камытты жарым курчоо аркылуу бекитүү: 1-өзөк; 2-картон обочолонуучу; 3-өзөктүн устуну; 4-11-кагаз бакелиттин түтүгү; 5-10-обочолоткуч шайба; 6-12-жуп буроо өзөгү; 7,13-бурама; 8,14-болот эблек; 9-магниттик өзөк; 15-курчоонун астындагы картондук обочолонткуч,; 16-болот курчоо; 17-курчоонун кулпу; 18-тышкы мык буроо өзөгү; 19-чаңгек (скоба); 20-жарым курчоонун картондун обочологучу; 21-болот жарым курчоо; 22-обочолотуучу төшөм (айнек текстолит).

Булардын ичинен КТ иштөөсүн тактоодо чен сандары өзгөргөндө таасир берүүчү элементтер төмөнкүлөр 1-3; 9.

Магнит өткөргүчүнүн бузулушу көп учурда 6,53% түзөт.

КТ оромосу. Оромо сырткы электр тармагына кошулат, ал магнит өткөргүч өзөгүнө курчап жайгашкан. Магнит өткөргүчүндө өзгөрмөлүү магнит агынын түзөт.

Оромонун эң негизги элементтеринин бири каптамасы (изоляциясы).

Оромолордун чен сандары - төмөнкү мүчүлүштүктөрдүн таасири менен өзгөрөт. Чукул туташуу, (ЧТ) - анын себеби каптамалардын эскириши, муздатуунун начарлашы.

Көп учурда оромолордогу бузулуш 1,56%ын түзүшү мүмкүн.

Чыңалууну жөнгө салыш үчүн оромолордун санын өзгөртүүчү элемент. Статистикалык маалыматтар боюнча бул бөлүктө бузулуштун саны, -7,15%ды түзөт.

Жыйынтыктап айтканда, КТ кубаттулугуна жана чыңалуунун чоңдугуна көз каранды эмес элементтер:

Челек, магнит өткөргүчү, оромолор трансформаторлор майы, оромонун учтарын электр тармактарына кошуучу элементтер, май кеңейткич, муздатуучу түтүктөр, калканычтар. Буларды мүнөздөчү чен сандардын өзгөрүшү трансформаторлордун иштөөсүн тактоодо (диагностика) таасир берет.

Трансформаторлордун кубаттуулугуна жана чыңалуусуна жараша муздатуу тутуму өзгөрөт.

Муздатуу эки түрдүү болот: 1-табигый жол менен муздатуу; 2-майды аргасыз айландыруу жолу менен муздатуу.

Статистикалык маалыматтар боюнча муздатуу тутумунун бузулушу 22,73% түзөт.

Чыңалуусу 500 кВ жана 750 кВтук трансформаторлордун өзгөчөлүктөрү [10]

Булардын көлөмү, түзүлүшү татаал болгондуктан бир фазалуу, автотрансформатор түрүндө аткарылат, бул трансформатордун активдүү бөлүгүн азайтууга өбөлгө түзөт.

Трансформаторду муздатуу үчүн «ДЦ» (дутье и циркуляция) түрү колдонулат, б.а. желдеткичтер, майдын айлануусун камсыз кылышы үчүн насостор колдонулат жана май агуучу түтүктөр тутумдары бар.

Чыңалуусу 750/330 кВ жана 750/500 кВтук АОДЦТН автортрансформатордун сырткы түзүлүшү 5-сүрөттө, *а,б* берилген. Жалпы трансформаторго тийиштүү элементтери кошуучу элементтери май кеңейүүчү, кыймылга келтиргичтерди көрсө болот. Бул өтө татаал элект орнотмосу болуп эсептелинет, наркы чоң демек анын туура иштөө абалын байкоо (диагностика) чоң маанаге ээ.

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

а) **б)**

5-сүрөт. а) Трансформатор АОДЦТН-750/330; б) Трансформатор АОДЦТН-750/500.

Корутунду. *КТ иштөө абалын тактоодо төмөнкүлөргө көңүл бөлүү керек:*

1. Кайсыл элементинде кагдай кырсыктар бузулуштар жана мүчүлүштүктөр болот.
2. Трансформатордун ар бир элементинин физико-химиялык жана техникалык мүнөздөмөлөрүн билүү алар кандй чен сандар менен мүнөздөлүшүн. Алардын санын негиздөө.
3. Чен сандар трансформаторлор туура иштеп жатканда жана кырсык болгондо кандай өзгөрүшүн тактоо.
4. Бир чен сандын өзгөрүшү башка чен сандарга кандай таасир берерин билүү
5. Бир чен санды өлчөө менен башка чен сандарды өлчөбөй туруп, аларыдн өзгөрүшүн билүү мүмкүнчүлүгү. Кайсы чен сандарды үзгүлтүксүз, кайсы чен сандарды мегилдүү өлчөөнү билүү. Мүмкүн болушунча ченөөнүн сандарын кыскартуу.
6. Байкоого алынуучу чен сандарды эки топко бөлсө болот – биринчи топ – бул трансформатордун кубаттуулугуна жана чыңалууга көз каранды эмес чоңдуктардын саны – 17; 2 – муздатуу тутумуна жараша алардын саны – 7.
7. Чыңалуусу 500 кВ жана андана жогорку чыңалуудагы траснформаторлордо биринчи топтогу чоңдуктар үч эсе көбөйөт.

Адабияттар:

1. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы (Автотрансформаторы).-М.:Изд-во стандартов, 1986.
2. ГОСТ 14209-85. Нагрузочная способность трансформаторов (Автотрансформаторы).-М.: Изд-во стандартов, 1986.
3. Конюхова Е.А., Электроснабжение: учебник для вузов / Е.А. Конюхова. – М: Изд. дом МЭИ. 2014 г.
4. Калматов У.А., Проектирование и моделирование системы дистанционной диагностики обрыва провода ВЛ 6-35 кВ [Текст] / С.М. Асанова, Айдарова А.Р., У.А. Калматов. – Б.: Республиканский научно-теоретический журнал «Наука и новые технологии». – 2013.– №4. – С. 93-99.
5. Макаров, Е. Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ, том 4: учебно-производственное издание / Е. Ф. Макаров ; Ред. И. Т. Горюнов, А. А. Любимов . – М.: Папирус Про, 2005 .
6. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. - 5-е изд., стер.- Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2014.
7. Правила усттройство электроустановок ПУЭ. – 7-е изд. – М.: Изд.-во НЦ ЭНАС, 2003.
8. Федоров, А.А. Основы электроснабжения промышленного предприятия. Издание -2-е. М.: Энергия, 1972 г.
9. Электрический справочник Т2, Т3 производства, передача и распределеиия электроэнергии / Под общей редакцией проф. МЭИ 2004.- 464 с.
10. Электрические сети сверх и ультравысоких напряжений ЕЭС России – М.:НТФ Энергопрогресс. Корпорация «ЕЭЭК», 2012 г.