DOI:10.26104/IVK.2023.45.557

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ КЫРГЫЗСТАНА, № 1, 2023

ЭНЕРГЕТИКА
ЭНЕРГЕТИКА
ENERGY

Калматов У.А., Калматова Б.Ч., Мурсалиев А.К.

МАЙ ТОЛТУРУЛГАН ЭЛЕКТР ШАЙМАНДАРЫНЫН ИШТӨӨ АБАЛЫН АНЫКТООДО (ДИАГНОСТИКА) ӨЛЧӨӨЧҮ АСПАПТАРДЫ ТАНДОО

Калматов У.А., Калматова Б.Ч., Мурсалиев А.К.

ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ (ДИАГНОСТИКИ) МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЙ

U. Kalmatov, B. Kalmatova, A. Mursaliev

SELECTION OF MEASURING INSTRUMENTS FOR DETERMINING THE OPERATING CONDITION (DIAGNOSIS) OF OIL-FILLED ELECTRICAL EQUIPMENT

УДК: 621.311:621.18.08

Электр менен жабдууда (ЭМЖ) электрэнергиясын (ЭЭ) ток булактарынан пайдалануучуларга берүүдө аркыл чыңалуудагы электр шаймандары (ЭШ) колдонулат. Алардын негизгилери болуп кубаттуу май трансформаторлору, кошуп ажыратуучу шаймандар жана кубаттуу электр машиналары болуп саналат. Кубаттуулугу ЭШ накта чыңалуусунун жогорулашы менен аларды муздатуу жана ток өткөргүчтөрдүн арасындагы тийиштүү обочолоо (изоляция) даражасын камсыз кылышы үчүн трансформатор майы колдонулат. Демек, трансформатордун майынын абалы, физико-химиялык курамынын туруктуулугунун өзгөрүшү электр шаймандарынын ишенимдүү жана туруктуу иштешине чоң таасир берет. Ошондуктан ЭШ ишенимдүү иштешин камсыз кылышы үчүн майдын абалын, физико-химиялык курамынын өзгөрүшүн дайыма текшерип туруу зарыл. Муну өлчөөчү аспаптарды туура тандоо жана колдонуу менен гана ишке ашырууга болот. Бул макалада ЭШ түрүнө жана кубаттуулугуна жараша кандай өлчөөчү аспаптарды колдонуу, тандоо жана аларга коюлган талаптар жөнүндө тийиштүү материалдар берилген.

Негизги сөздөр: *электр шаймандары, обочолоо, өлчөөчү аспап, өлчөө ыкмалары, электр жабдуу, өлчөө чени, трансформатор майы, физико-химиялык курам, газ.*

В системах электроснабжения (СЭС) от источника питания для передачи ЭЭ большой мощности применяются различные электрооборудования простой и сложной конструкции. С ростом номинального напряжения и мощности для охлаждения их и обеспечения необходимого уровня изоляции между токоведущими частями применяется трансформаторное масло. Основными элементами являются силовые масляные трансформаторы, коммутационные аппараты, электрические машины, высоковольтные кабельные линии и т.д. Поэтому физико-химическое состояние трансформаторного масла существенно влияет на надежность ЭО. Это можно обеспечить путем измерения интересующих нас параметров масла, с использованием соответствующих измерительных приборов. В этой статье рассматриваются материалы, связанные с типом выборов измерительных приборов и способов их измерения.

Ключевые слова: *электроинструменты, изоляция, измерительный прибор, методы измерения, электрооборудование, норма измерения, трансформаторное масло, физико-химический состав, паническое расстройство, газ.*

In power supply systems (PSS) from a power source for the transmission of electricity (EE), various electrical equipment (EE) is used. For the transmission of high power EE, various electrical equipment of a simple and complex design are used. With an increase in the rated voltage and power, transformer oil is used to cool them and provide the necessary level of insulation between current-carrying parts. The main elements are power transformers, switches and high-voltage cable lines. Therefore, the physical and chemical state of the transformer oil significantly affects the reliability of the EO. This can be achieved by measuring the oil parameters of interest to us, using appropriate measuring instruments. This article deals with the types and methods of measurement related to the choice of measuring instruments.

Key words: *power tools, insulation, measuring device, measurement methods, electrical equipment, measurement norm, transformer oil, physico-chemical composition, panic disorder, gas.*

Май толтурулган жогорку чыңалуудагы электр шаймандары (ЭШ). Азыркы учурда электр колдонуучуларын электр менен жабдууда көп сандаган ЭШтер орнотулган жана пайдаланылып жатат. Май толтурулган ЭШ деп – белгилүү ЭШ муздатуучу, электр жаасын өчүрүү жана обочологуч катары колдонула турган трансформаторлор майы. Азыркы учурда көмөк чордондордо (КЧ) жана ЭЭ аралыка жеткирүүдө төмөндөгүдөй май толтурулган жогорку чыңалуудагы ЭШтер пайдаланып жатат [5-7,8]:

1) кубаттуу май трансформаторлор;
2) токту өлчөөчү жана чыңалуунун трансформаторлору;
3) жарыш кошулган реакторлор;
4) жогорку чыңалуудагы өчүргүчтөр;
5) жогорку чыңалуу ЭШти кошуучу элементтери;
6) жогорку чыңалуудагы май толтурулган кабелдик чубалгылар ж.б.

Трансформатор майы деген эмне? Бул май-мунай заттын тазаланган фракциясы аны 300^0 дан 400^0С чейин кайнатып ажыратуу жолу менен алынат.

Ал, мунайзаттын түрүнө жараша ар кандай физико-химиялык касиетке ээ болот, демек майдын чен сандары, мүнөздөмөсү, ушуга көз каранды. Май электроэнергетикада эң кеңири таралган обочолоткуч (изоляция) болуп эсептелинет [6].

Кыргызстандын энергетика тармагында майдын

DOI:10.26104/IVK.2023.45.557

негизги түрү катары РФда өндүрүлгөн май кеңири колдонулат. Анын түрү Россия Федерациясында иштелип чыккан ГОСТтун талабы менен аткарылат [(ТКП (ТУ 38.101890-81) ГОСТ 10121-76 ж.б.].

Майдын тийиштүү абалы ГОСТтордун талабы боюнча сапаттын көрсөткүчтөрү менен аткарылат. Трансформатор майынын сапаттынын көрсөткүчтөрү төмөнкүлөр: Электр бекемдиги, кислота саны, сууда ээрүүчү кислоталардын болушу, жануу температурасы, механикалык заттардын болушу, майдын түрү, диэлектрикалык коромжу бурчу (tgδ), ээрүүчү күлдүн болушу. Ар бир касиети толтурулган ЭШ да болгон түзүлүштөргө, мүчүлүштүктөргө күбө болот жана билдирет мисалы, кислота саны, магнит талаасынын чачырашын жана муздатуучу тутумунда жигердүү иштешин билдирет.

Майдын касиеттерин билүү менен ЭШтердин иштөө абалынын 70% маалыматын алса болот [3,7,8].

Майдын кээ бир негизги касиеттерине кыскача түшүнүк берели. **Электр бекемдиги** – майдын электр бекемдиги кандайдыр бир жогорку чыңалуудагы (накта чыңалуудан жогору) электрдик касиети обочологуч касиети жоголуп тешилет да, өткөрүмдүүлүк пайда болот, демек, касиети төмөндөйт, чукул туташууну пайда болушуна өбөлгө түзөт. Бул касиети нымдуулукта, булганганда, эскиргенде төмөндөйт.

Майдын нымдалышы *tgδ* мааниси аркылуу билсе болот. эмуссия пайда болгонда tgδ да тез өсөт.

Электр талаасынын температурасынын жана кычкыттардын таасири менен май пайда болуп эриген чөгүндүлөр түзүлөт. Чөгүндүлөр муздатуу жөндөмдүүлүктү төмөндөтөт.

Диэлектрикалык коромжу – бул майдын электр өткөрүмдүүлүгүн мүнөздөйт ал tgδ чоңдугу менен аныкталынат **tgδ** мааниси аз болсо электр өткөрүмдүүлүгү төмөн, демек, обочолоткучтун касиети жогору.

Майдын эскириши. Бул электр талаасынан кычкылдануу кубулуштары температуранын өсүшүнө жумушчу аша жүктөө жана кислороддун болушуна көз каранды. Жыйынтыгында май эскирип обочолоткуч касиеттери төмөндөп, чөкмө кумдар пайда болот.

Майдын ысышы менен андан ар кандай газдар бөлүнүп чыгат негизги газдар: этилен (C_2H_4), ацетилен (C_2H_2), угар газы (CO), көмүр кычкылтек газы (CO_2), азот (N_2) булардан бөлөк дагы газдар пайда болушу мүмкүн, пропан, бутан ж.б.

Газдардын топтолушу пайда болуп келе жаткан мүчүлүштүктөр жөнүндө маалымат бере алат жана ар кандай кубаттуулуктагы жана тыгыздыктары ар кандай түрдөгү дүрмөтсүздөнүү жөнүндө да байкоого мүмкүнчүлүк түзүлөт.

Өлчөө ыкмасы. Өлчөөнү жүргүзгөндө өлчөнүүчү чен сандардын мүнөзүнө жана берген таасирине жараша үзгүлтүксүз жана үзгүлтүктүү жүргүзүлөт.

Өлчөөчү каражаттарга төмөндөгүдөй талаптар коюлат:

1) өлчөө сезгичтиги;
2) өлчөө кеңдиги;
3) бир маанилүүлүгү;
4) туруктуулугу;
5) маалыматтуулугу;
6) каттоо мезгили;
7) өлчөнүн ыңгайлуулугу жана мүмкүнчүлүгү.

Өлчөнүүчү чоңдуктар үч түргө бөлүнөт:

1) Маалыматтык чен сандар, алар накта мүнөздөмөнү билдирүүчүлөр;
2) Объектининучурдагы техникалык мүнөздөмөлөрүнүн чен сандары;
3) Бир канча чен сандардын туюндусунан пайда болгон чен сандар.

Мисалы, бир канча чен сандардын түздүктөрүнөн пайда болгон чен сан катары ысыгандагы эң чоң температура. Температуранын пайда болушушна электр жүгү, чөйрөнүн температурасы таасир берет ж.б. у.с.

ЭШ иштөө абалын аныктоодо төмөнкү (өлчөө) кайсыл физикалык-химиялык, механикалык касиеттерди негизинде ишеке ашыруу боюнча төмөндөгүдөй ыкмалар бар. Магниттин, электрдик куюндук, радио толкуну, жылуулук, үндүн, суюк тамчылардын (уналардын) сиңиши менен [5-8].

Өлчөгүч чен сандарды өлчөөнүн ыкмалары жана аспаптары жөнүндө маалымат берилет.

Диэлектрик чен сандар. Майдын диэлектрик чен сандары болуп төмөнкүлөр эсептелет: салыштырма диэлектрик өтүмдүүлүк жана диэлектрик коромунун **tgδ** бурчу.

1. Аспап тангенс 2000 – диэлектрик коромунун тангенс бурчун жоюу жогорку чыңалуудагы каптаманын сыйымдуулугун (электр. өлчөйт) [3] негизги мүнөздөмөлөрү, **tgδ** өлчөө чен $\mathbf{1*10^{-5}}$ .....1000 (0,001...100%). Сыйымдуулукту өлчөө чени 10.....340 * 10^3 пФ. Иштөө мөөнөтү – 8 с. (150 дөн кем эмес өлчөө жүргүзөт).

2. Жогорку чыңалуудагы өзгөрмөткүчтүн арчыны мосту) автоматы CA7100 -2. Жогоруда аталган ЭШ эки чоңдукту өлчөйт. tgδ өлчөө чени 0.....1,0 сыйымдуулукту өлчөө чени 10.....100*10^3 пФ.

Бул аспап өлчөгөн чоңдуктарды тийиштүү түрдө пайдаланууга ыңгайлуу кылып берет.

Мacт 2801 (Haerfely Trench tenet) tgδ өлөчө чен ± $1*10^{-4}$, 1,0% ± 1^0C (0,001...100^0C). Сыйымдуулугу 100 дан 0,1 пФ% ± 0,4%. Бул аспап өлчөө жыйынтыгын сан түрүндө берет. Бул аспап кошумча дагы төмөнкү чоңдуктарды өлчөйт: сыйымдуулуктун магниттөө тогун, болоттогу коромжу чыңалуунун кубаттуулугу, жана туюктун ыктыярдуулугун (добратность) өлчөйт.

Майдагы ар кандай дүрмөтсүздөнүүнү өлчөө. Бул ыкма майдын ар кандай дүрмөтсүздөнүүнү өлчөөчү сезгич ыкма болуп саналат [6,7]. Мындай ыкма

DOI:10.26104/IVK.2023.45.557

дүйнөдө кеңири колдунулуп келет. Бул ыкма менен дүрмөтсүздөнүүнү ченинин сакталышы же коркунучтуу таасирлеринин байкалышы билинет.

Майдагы ар кандай дүрмөтсүздөнүүнү өлчөө үчүн төмөнкү ыкмалар колдонулат: окустикалык ыкма.

Бул ыкма аркандай дүрмөтсүздөнүүнү өлчөбөстөн, көбүктүн пайда болушун аныктай. Өлчөө үчүн үндү байкоочу билдиргичтер орнотулат жана алар сырткы тоскоолдук кылуучу нерселерге туруктуу. Мындай ыкма төмөнкү өлчөөчү аспаптарда колдонулат. Insul Grad (Culfer-Hammer компаниясы), hemKe Diagnostic (фирма WDIC); электрдик жана электроакустикалык билдиргичтерди колдонуу.

Ал эми ЖЧга кошулган түзүлүштө 4 билдиргич орнотулат 4 билдиргич орнотулат -3сү үч фаза кошкучта, бирөөсү оромонуну бейтарап чекитинде – бул система T-PD деп аталат. Дагы кеңири таралган өлчөөчү аспап CKU-2 мунун билдиргичтери жыштык 1-50 МГц өлчөйт жана таасир берүүчү тоскоолдуктардын коргоочу чыпкасы болот. Өлчөө үзгүлтүксүз жана үзгүлтүктүү жүргүзүлөт.

Шайма-шай иштөөчү аспап UPDA (США) – бул ишенимдүү иштейт, дүрмөтсүздөнүүнүн ыкчамдыгын да билдирет, алынган маалыматты сан түрүндө компьютерге берип, аны тийиштүү түрдө кайра иштеп чыгарат [3].

Майдагы газдардын түзүлүшүн жана топтолушун аныктоо. Эң кеңири таралган ыкма бул газдарды хромотографиялык анализдөө (ГХА). Майда болгон газдар мүчүлүштүктөрдүн пайда болушунун себебин билдирет, көбүнчө майда ээриген төмөнкү газдар аныкталат: $\mathbf{H_2}$ водород, $\mathbf{CH_4}$ метан, $\mathbf{C_2H_6}$ этан, $\mathbf{C_2H_4}$ этилен, $\mathbf{C_2H_2}$ ацетилен, **CO** көмүр кычкылтеги, $\mathbf{CO_2}$ көмүрдүн жуп теги. Буларды аныктоо жана тактоо үчүн төмөнкү ыкмалар колдонулат:

Дороненберг ыкмасы – төмөнкү көз караштын катнашы: **CH_4/ H_2 нын C_2H_2/ C_2H_4 көз карашы.**

CFGB (Роджерс катнашы) – Газдардын катнашы **CH_4/ H_2; C_2H_6/CH_4; C_2H_4/ C_2H_6; C_2H_2/ C_2H_4** булар майдын температурасына жараша болот.

Шлезингер ыкмасы - газдардын катнашын пайдалануу менен: **(C_2H_2/H_2, C_2H_2/ C_2H_4) H_2/ C_2H_6; C_2H_4/ C_2H_6, CO_2/CO** жана топтолуу деңгээли менен суммасы **C_XH_2 –** жараша **C_2H_2, H_2** суммалар **CO_2** жана **CO.**

Дювадсен ыкмасы – мында үч бурчтуу диаграмма колдонулат ар бири **CH_4, C_2H_4,** жана **C_2H_2** алардын суммасына жараша.

МЭК ыкмасы – газдардын абсолюттук топтолушунун маанисин пайдалануу жана газдардын топтолушунун катнаштарын пайдалануу **CH_4/H_2, C_2H_4/ C_2H_6, C_2H_2/C_2H_4.**

IEEE ыкмасы – МЭКтин ыкмасы сыяктуу ГХА чечмелөө МЭКтин 60599 көрсөтмөсү боюнча аткарылат жана майдагы төмөнкү мүчүлүштүктөрдөн байкоого болот.

PD – жеке дүрмөтсүздөнүү нымдуулук газдар менен майдын аша кагыгуусу;

DI – төмөнкү энергиядагы дүрмөтсүздөнүү (майдын тешүү күчү начар кошулган жердеги учкундар);

D2 – жогорку энергиядагы дүрмөтсүздөнүү (тиешелүү, аша чабуу, чукул туташуу, коңшу оромолор арасында суюктуктун пайда болушу);

T1- температура 300^{0}С төмөн болгондо ысуунун таасиринде пайда болгон мүчүлүштүгү аша чыңалуунун пайда болушу, муздатуу түтүгүндөгү кичирейүү ж.б;

T2- температура 300-700^{0}С ысуунун таасиринде бузулуу;

T3-700^{0}С тан жогору болгондогу (кошулгуч жердеги болтунун кошулуу жеринин начарлашы ж.б.) жылуулуктан бузулуу (челектин беттериндеги пайда болгон газдардын, өзөкчөдөгү чукул туташуу).

ГХАнын жардамы менен жүргүзүү усулдук көрсөтмө РД 153-34.0-46.302-001 менен жүргүзүлөт.

Ал эми РФда трансформаторлорду толук анализ кылышы үчүн “Альбатрос” тутуму түзүлгөн жана эксперттик тутум “Диагностика” колдонулат. Kelman lltg компаниясы тарабынан түзүлгөн фотоакустикалык спектроскоп Transport бул 7 аралаш газдардын ич ара кызыл спектрин жана нымдуулугун өлчөйт.

Майдын нымдуулугун өлчөө. Өлчөө Германияда иштеп чыгарылган SIMMS аспабынын жардамында жүргүзүлөт. Бул аспап майдын үстү жана асты жагынан майдын нымдуулугун өлчөйт.

Майда эрибеген газдардын көлөмү жана ылдамдыгы газдык релени колдонуу менен жүргүзүлөт.

Майдын булганышын өлчөө. Майды пайдалануу учурунда ар кандай эрибеген катуу заттар пайда болушу мүмкүн. СИГРЭ – майдын булганыч деңгээлинин чектелген маанисинин көрсөткүчүнөн аныкталат. Jeumont Shnaider Transformators фирмасынын аспабы пайда болгон булганычтардын чен санын көрсөткөн. 5-15 Мкм өлчөмүндөгү бөлүктөрдүн саны 100 мл де 2000 болсо эч нерсе эмес, ал эми бөлүктөрдүн чени 20-50 Мкм 100 мл де саны 32 ден ашса анда мындай абалда трансформатордогу колдонулуп жаткан майды колдонууга чектөө киргизилет.

Фурандык кошундуларынын трансформатор майында пайда болушу обочолоткучтун бузулушуна күбө болот, фурондун пайда болушу обочолоткучта поляризациянын пайда болушун билдирет, б.а. эскире байштайт, фурандын топтолушу же анын майда болушу 1мг/кг ашса, анда обочологучтун эскирүү темпи жогорулагандыгын билдирет фурандын чектелген чени ар бир өлчөөдө ар кандай. СИГРЭ боюнча чектелген чен 0,5 мг/кг дан 10 мг/кг чейин.

КРда жана РФда майдагы фурандын сандык чени 1мг/кг тегерегинде деп белгиленет.

Трансформатордун ысуу температурасын өлчөө. Трансформатордун элементтеринин өтө ысып

DOI:10.26104/IVK.2023.45.557

кетиши терс таасирин берет, б.а. обочологучтар эскирет же күйүп калуусу мүмкүн. Температура обочологучтардын кызмат өтөө мөөнөтүнө терс таасирин тийгизет, өтө ысуу алардын мөөнөтүн кыскартат. Температураны өлчөө эки ыкма менен жүргүзүлөт:

Түз өлчөө – температураны өлчөөчү билдиргичтер температурасын өлчөнүүчү элементке орнотулат.

Кыйыш өлчөө – билдиргичтерге орнотулбай температураны өлчөө. Түз өлчөөдө билдиргич элемент орнотулат жана билдиргич опто жип булагы менен жарыктандырылат. Сиңирилген жарыктык жыштыгы боюнча өлчөнүүчү температурадан так аныкталат. Эң жаман жери билдиргичтерди бекитүү өтө татаал ошондуктан бул ыкма өтө жоопту учурларда колдонулат (кубаттуу жана кымбат трансформаторлордо).

Кыйым ыкма – бул ыңгайлуу ыкма. Мындай ыкма менен майдын жогорку бетиндеги температурасы өлчөнөт. Билдиргич муздатылуучу бетке бекилет.

Азыркы учурда колдонулуучу температураны өлчөөчү аспаптардын түрү көп, алар температуранын чоңдугун гана өлчөбөстөн жылуулук спектрин да берет. Алынган маалыматтарды сан түрүндө берип компьютерге түздөн-түз кошуу мүмкүнчүлүгү болот.

Өтө жылуулук сезгичтиги менен айырмаланат, мисалы, 0,08^{0}С. Алардын ар кандай түрлөрү бар жана төмөндөгүдөй жалпы түргө бөлүнөт.

Инфрокызыл камера жана тепловизорло (жылуулукту көрсөткүчтөр) пирометрлер. Булар жылуулуктун сезгичтиги өлчөө кеңдиги, компьютерге түз кошулуу, баасы жана салмактары, ар кайсы түрдөгү объекттерде колдунулушу менен башка диагностика аспаптарынан айырмаланат [9].

Корутунду:

1. Май толтурулган ЭШ өтө татаал жана аны пайдалануу учурунда анда ар кандай физико-химиялык өзгөрүүчүлөр болуп анын элементтеринин мааниси жана техникалык чен сандары өзгөрөт.

2. Майдагы болгон физико-химиялык өзгөрүүнүн негизинде болгон кубулуштарды жана аны мүнөздөгөн чен сандарды так билүү зарыл.

3. Ар бир өзгөргөн чен сандардын мүнөздөмөлөрүн өлчөө үчүн тийиштүү өлчөө аспаптарын тандоо зарыл.

4. Өлчөөнү так жүргүзүш үчүн өлчөө ыкмаларын тандоо зарыл (үзгүлтүктүү, үзгүлтүксүз).

Өлчөөчү аспап өлчөө жыйынтыгын сан түрүндө берип компьютер менен чогу бириктирилиши зарыл.

Адабияттар:

1. Суеркулов М.А. Кубаттуу трансформатордун иштөө абалын тактоодо (диагностика) өлчөнүүчү чек сандарын негиздөө [Текст] / М.А. Суеркулов, У.А. Калматов, С.М. Суеркулов // Научный журнал Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - Бишкек, 2021. - №7. - С. 12.
2. Калматов У.А. Диагностирование силовых трансформаторов по характеру распределения температурного поля в верхних слоях масла [Текст] / У.А. Калматов, К.А. Сатаркулов // Проблемы автоматики и управления. НАН КР. - Бишкек, 2019. - №1 (36). -С. 53-58.
3. Григорьева В.И. Приборы и средство диагностики электрооборудования и измерений в системах электроснабжения / под ред. - М.: Кольт 2006.
4. Киреева Э.А. Справочник электрика [Текст] / Под редак. Э.А. Киреевой и С.А. Цырула. - М.: Колос, 2007.
5. Браун М. Диагностика и поиск неисправностей электрооборудования и цепей управления [Текст] / Раутани Дж. Пэтил Д. - М: Изд. XXI, 2007.
6. Вдовико В.П. Методолгия системы диагностики электрооборудования высокого напряжения [Текст]. / Электричество. - 2010. - №2.
7. Хорьясма А.И. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: [Текст] / Учебное пособие / А.И. Хорьясма [и др.]. - Екатеринбург, 2015.
8. Шабанов В.А. Диагностика технического состояния электрооборудования систем электроснабжения. / Учебное пособие. - Уфа, 2014.
9. Костюкова Т.П. Анализ видов, последствий и критических отказов силового энергетического оборудования [Текст] / Т.П. Костюкова, В.В. Семенов. // Методы обеспечения эксплуатационной безопасности VII симпозиум «Электротехника 2010»: Сборник научных трудов. – М., 2003.- С. 69-72.
10. Мамырбаев К.А., Амангелдиев М.Т., Касмакунов Ы.Т. Оценка и анализ показателей качества электрической энергии в электрических сетях 0,38 квт. / Известия ВУЗов Кыргызстана. - 2018. - №. 7. - С. 3-7.