

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

QEYRİ-SİMMETRİK REJİMLİ PAYLAYICI ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ ENERJİ TƏCHİZATININ SƏMƏRƏLİLİYİNİN ARTIRILMASI

İxtisas: 3341.01 - Elektrik stansiyaları (elektrik hissəsi) və
elektroenergetik sistemlər

Elm sahəsi: Texnika

İddacı: **Naib İsmixan oğlu Hacıyev**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsini
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI – 2022

Dissertasiya işi “Azərənərji” enerji sisteminin tədqiq etdiyi və “Enerjisistemin rejimləri” şöbəsinin hesabatlarına 2012-2021-ci illərdə daxil edilmiş planlar əsasında yerinə yetirilmişdir.

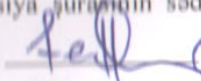
Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor
Əşrəf Balamət oğlu Balametov

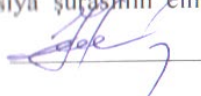
Rəsmi opponəntlər: texnika elmləri doktoru, professor
Abdulla İlyasoviç Abdulkadırov

texnika elmləri doktoru, dosənt
Elçin Cəlal oğlu Qurbanov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru
Elşən Fəxrəddin oğlu Sultanov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, professor

Nurəli Adil oğlu Yusifbəyli

Dissertasiya şurasının elmi katibi: texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru

Şükür Nəriman oğlu Nəsirov

Elmi seminarın sədri: texnika elmləri doktoru, professor

Əskər Məmmədqulu oğlu Kuliyyəv



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktualığı və işlənmə dərəcəsi. İnsan fəaliyyətinin bütün sahələrindən həyatımıza ən böyük təsiri enerji göstərir. Sivilizasiyamız dinamikdir və həyatımızda baş verən bütün dəyişikliklər, ilk növbədə enerji istehlakını tələb edir.

Elektrik təchizatı iki amil ilə müəyyən edilir - elektrik enerjisinin keyfiyyəti və etibarlılığı. Onun qiyməti, forması və tezliyi sabit bir sinusoidal gərginlik ilə xarakterizə olunur. Bu parametrlər enerji təchizatı üçün tənzimləyici sənədlərdə nəzərdə tutulmuş kiçik məhdudiyətlər daxilində dəyişə bilər və elektrik avadanlıqlarının işini pisləşdirmir. Ən yaxşı enerji istehsalı və paylanması sistemləri belə tam etibarlı ola bilməz. Elektrik stansiyasından elektrik xətləri, transformator yarımstansiyaları və paylayıcılar vasitəsilə son istifadəçiyə qədər uzun yol gedir. Mənbədən nə qədər uzaq olsa, elektrik təchizatı keyfiyyəti, etibarlılığı ilə nəticələnən problemlər, nəticədə elektrik avadanlıqlarının istismarında olan nasazlıqlar, istər məişət elektrik cihazları, istərsə də ofis və sənaye elektrik avadanlığında özünü göstərəcək.

Enerji təchizatı ilə bağlı problemlər aşağıdakı hallarda yaranır:

Elektrik ötürücü xəttində sıxlıq; qısa qapanma və ya ildırım vurma; yüksək impulsu enerji istehlakı olan sənaye və məişət elektrik cihazlarının təchizat xəttində olması: argon qaynaq avadanlığı, qızdırıcılar, elektrik mühərrikləri, lazer printerlər, sürətçixarma maşınları və s.; binada keyfiyyətsiz elektrik naqilləri; elektrik yarımstansiyası avadanlığının sıradan çıxması və ya nasazlığı; elektrik verilişi xəttinin qırılması; digər səbəblər.

Enerji təchizatı problemlərinin baş verməsinin yuxarıdakı səbəbləri şəbəkə gərginliyinin parametrlərində əhəmiyyətli bir dəyişiklik ilə özünü göstərir: onun qiymətinin, formasının və tezliyinin qeyri-sabitliyi, cərəyanın qeyri-kafi gücü, etibarsızlıq, yəni, onun tamamilə yox olması; impuls gərginliyi, yəni nominal gərginliyin yüzdə 100 və ya daha çoxunun bir və ya iki dövrdən çox olmayan qısa müddətli gərginlik artmasıdır; gərginliyin - kəskin qısamüddətli azalması (bir neçə yüz milisaniyəyə qədər) vaxtı gərginlik 15-100% azalır;

gərginliyin artması (şəbəkədəki həddindən artıq gərginlik) - gərginliyin nominal qiymətdən 110% -dən çox artması, belə hallar yükə kəskin bir azalma olduqda, güclü cihazları bağladıqda və ya şəbəkə açarlarını dəyişdirərkən bu zaman şəbəkədə aşağı gərginlik baş verə bilər; harmoniklər elektrik şəbəkəsindən keçə bildiyindən yüklərlə kilometr məsafədəki elektrik avadanlığı harmonik mənbəyi ola bilər; daha az şəbəkə enerji mənbələrində özünü biruzə verən, ehtiyat enerji sistemlərində, məsələn, ehtiyat rejimində işləyən generatorlardakı tezlik rəqsləri -daha çox yayılmışdır; səs-küy (elektromaqnit toplama) - digər güc və siqnal xətlərindən, güclü radio rabitəsindən və ya müxtəlif yerlərdə elektrik rozetkalarının "torpaq" kontaktları arasında yaranan zəif gərginliyin alınması.

Qeyri-simmetrik rejimlər üç səbəbdən qaynaqlanır: qeyri-sabit faz yükü olan elektrik istehlakçısının (məsələn, elektrik sobaları) və bir fazlı elektrik istehlakçıların işləməsindən qaynaqlanan şəbəkə elementlərinin qeyri-bərabər faz yükləri (bu, xüsusilə 0,4 kV şəbəkələrdə nəzərə çarpır), sənayedə kifayət qədər yüksək gücə malik bir fazlı elektrik istehlakçıları da olsa, qısa dövrlər zamanı xəttin fazalarından birinin qısa müddətli kəsilməsindən və ya mərhələli təmir zamanı daha uzun müddətli kəsilmədən qaynaqlanan xətlərin natamam fazlı işləməsi, xəttin bütün fazalarında olmayan reaktorların olması və s. xətlərin faz parametrlərinin bərabərsizliyi.

Beləliklə, cərəyanların (gərginliklərin) qeyri-simmetrikliyi, elektrik şəbəkəsinin bütün elementlərində elektrik enerjisinin itkisinin artmasına səbəb olur ki, bu da əks və sıfır ardıcılığın cərəyanların axını ilə əlaqədardır.

Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin pisləşməsi həm enerji təchizatı təşkilatlarının (gərginlik meylisi), həm də istehlakçıların özlərinin (sinusoidal olmayan, əks və sıfır ardıcılıq əmsalı) günahı ilə baş verir.

Hazırkı dövrdə fərdi evlər kəndlərin mərkəzlərindən uzaqda tikilir. Qoşulma əvvəlki normalara əsasən, yoxlanılmadan aparılır. Gərginlik düşkünləri artır, normalar pozulur. 0,4 kV-luq PEŞ layihələri, qoşulmaları və istismarı səviyyəsi göstərir ki, bu şəbəkənin layihələri, qoşulmaları və istismarı səviyyəsi normalarına günün tələblərinə uyğun işlənməlidir.

Kənd elektrik şəbəkələrində, istismarın aşağı səviyyəsi ilə, elektrik xətləri boyunca aşağı xüsusi yük və faz yüklərinin qeyri-simmetrikliliyinin artması səbəbindən bu itkilər daha böyükdür. Alçaq gərginlikli elektrik şəbəkələrinin spesifikliyi xüsusilə sənaye və bələdiyyə məqsədli kənd EŞ-də özünü göstərir.

Elektrik sistemlərinin uzun müddətli qeyri-simmetrik rejimlərinin meydana gəlməsinin əsas səbəbi elektrik enerjisi istehlakçıların şəbəkənin fazaları üzrə paylanmasının qeyri-simmetriklidir.

Elektrik enerjisinin keyfiyyəti və itkiləri göstəricilərinin hesablanması metodlarının, habelə 0,4 kV-luq şəbəkələrdə cərəyanların qeyri-simmetrikliliyindən qaynaqlanan bu itkiləri azaltma üsulları və vasitələrinin inkişafına böyük töhfə İ.A. Budzko, V.E.Vorotnitsky, I. V. Zhezhelenko, Yu.S. Jelezko, F.D. Kosoukhov, V.G. Kuznetsov, M.S.Levin tərəfindən verilmişdir.

Elektrik enerjisinin keyfiyyəti və itkiləri göstəricilərinin hesablanması metodlarının, habelə 0,4 kV-luq şəbəkələrdə cərəyanların qeyri-simmetrikliliyindən qaynaqlanan bu itkiləri azaltma üsulları və vasitələrinin inkişafına böyük töhfə MDB alimləri İ.A. Budzko, V.E. Vorotnitsky, I. V. Zhezhelenko, Yu.S. Jelezko, F.D. Kosoukhov, V.G. Kuznetsov, M.S. Levin və azərbaycanlı alimlər N.R. Rəhmanov, O.S. Məmmədیارov, Ə.K. Quliyev, Ə.B.Balamevov tərəfindən verilmişdir.

EES elektrik şəbəkələrində elektrik enerjisi itkiləri 4-10 % hədlərində dəyişir. EE itkilərinin çox hissəsi paylayıcı elektrik şəbəkələrin payına düşür.

EE itkilərinin azaldılması tədbirlərinin işlənməsi və texniki iqtisadi göstəricilərinin yoxlanması üçün onun normalarının təyin olunması əsas məsələlərdən biridir.

0,4 kV-luq elektrik şəbəkəsinin qeyri-simmetrik iş rejimlərində EE itkilərinin hesabı metodlarının təkmilləşdirilməsi məsələləri aktualdır.

Dissertasiya işi, elektrik enerjisinin keyfiyyətinin təmin edilməsi və 0,4 kV-luq şəbəkələrində cərəyanların qeyri-simmetrikliliyindən yaranan əlavə enerji itkilərinin hesablanması və azaldılması məsələlərinin həllinə həsr edilmişdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi elektroenergetika sisteminin paylayıcı elektrik şəbəkələrində istehlakçıların elektrik enerjisi ilə təminatının səmərəliliyinin artırılması algoritmlərinin işlənməsidir.

Qoyulmuş məqsədə müvafiq olaraq dissertasiya işində tədqiqatlar əsasən aşağıdakı məsələlərin həllinə yönəlmişdir:

- qeyri-simmetrik yük rejimində gərginliyin və aktiv gücün fazalar üzrə paylanması üzrə eksperimental işlərin yerinə yetirilməsi;

- Veyvlet çevrilməsinin istifadəsinin gərginliyin fazalar üzrə paylanması üzrə eksperimental məlumatların işlənməsi üçün istifadə olunması,

- qeyri-simmetrik yük rejimində EE itkilərinin hesablanması üçün məlum metodların təhlili;

- gərginliyi 10/0,4 kV olan üçfazlı paylayıcı elektrik şəbəkələrində güc transformatoru dolaqlarının qoşulma sxemlərinin tətbiqi sahələrin müəyyənləşdirilməsi;

- cərəyanlar və gərginliklərin qeyri-simmetrikliliyini, həmçinin əlavə enerji itkilərini hesablamaq üçün metodika və onun əsasında proqram təminatının işlənilməsi hazırlanması.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində qarşıya qoyulan məsələlərin həllində elektrik mühəndisliyinin nəzəri əsasları, elektrik ölçmələri, eksperimental məlumatların işlənməsi üçün Veyvlet çevrilməsindən, tətbiqi riyaziyyatın ədədi üsullarından, elektrik dövrləri analizinin matrislər metodundan istifadə edilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. 10/0,4 kV olan üçfazlı paylayıcı elektrik şəbəkələrində güc transformatoru dolaqlarının qoşulma sxemlərinin tətbiqi sahələri;

2. 0,4 kV-luq şəbəkələrdə cərəyanlar və gərginliklərin qeyri-simmetrikliliyini müəyyən etmək üçün təcrübə-sınaq işlərinin nəticələri;

3. Cərəyanlar və gərginliklərin qeyri-simmetrikliliyini, həmçinin əlavə enerji itkilərini hesablamaq üçün metodika və onun əsasında işlənməmiş proqram təminatı.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Elektrik enerjisinin keyfiyyəti və itkiləri göstəricilərinin hesablanması metodlarının, habelə 0,4 kV-luq

şəbəkələrdə cərəyanların qeyri-simmetrikliliyindən yaranan itkilərin azaltma üsullarının işlənilməsi hazırlanmışdır.

Dissertasiya işində alınmış əsas elmi nəticələr aşağıdakılardır:

1) 0.4 kV-luq paylayıcı elektrik şəbəkələrində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin rejim parametrlərinin müasir rəqəmsal ölçü-hesabat komplekslərinin tətbiqi ilə qeydiyyatı yerinə yetirilmiş, təcrübələrin nəticələri emal olunmuş, EE KG normalardan kənar çıxdığı müəyyən olunmuş və müvafiq tədbirlər təklif olunmuşdur [1, 2, 59].

2) 0.4 kV-luq elektrik şəbəkələrində EEKG normalalarının pozulması, fazalarda cərəyanların qeyri-simmetrikliliyinin 10÷80% dəyişməsi, tələbatçılarda gərginliyin səviyyəsinin buraxıla bilən həddən (5÷10%) az olması müəyyən olunmuş və daha müfəssəl tədbirlərin görülməsi tövsiyyə olunmuşdur [59].

3) 0,4 kV-luq şəbəkələrdə itkilərin azaldılması və EE keyfiyyətinin normallaşdırılması üçün mövcud tədbirlərin təhlili aparılmış, bunun əsasında gərginliyi 10/0,4 kV olan üçfazlı paylayıcı elektrik şəbəkələrində iqtisadi cəhətdən daha səmərəli olan üç fazlı güc transformatorlarının dolaqlarının birləşmə sxemləri təklif olunmuşdur [4,5];

4) istehlakçıların elektrik enerjisi ilə təchizatı effektivliyini və keyfiyyətini təmin etmək məqsədilə yeni mərkəzləşdirilməmiş 0.4 və 0.66÷1 kV paylayıcı şəbəkələrin qurulması və ya yeniləri ilə əvəz edilməsi təklif olunur;

5) paylayıcı elektrik şəbəkələrdə cərəyanların və gərginliklərin qeyri-simmetrikliliyini nəzərə alaraq, elektrik enerjisi itkilərinin normativ xarakteristikalarını təyin etməyə imkan verən metodika və proqram təminatı işlənmiş və sınaqdan keçirilmişdir [12].

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində alınan nəticələr həm nəzəri, həm də tətbiqi əhəmiyyətə malikdir.

İşin nəzəri əhəmiyyəti təklif edilmiş metodika və alqoritmlərin paylayıcı elektrik şəbəkələrində gərginlik və cərəyanın qeyri-simmetrikliliyinin tədqiqi və texniki itkilərin paylanması üçün istifadə olunmasına bilməsindədir.

İşin praktiki əhəmiyyəti tədqiqatın nəticələrinin enerji qənaəti məişət və sənaye istehlakçılarına satılan enerji səmərəliliyinin

keyfiyyət tərkibinin yaxşılaşdırılmasında, Azərbaycan elektrik şəbəkəsi şirkətləri tərəfindən, əldə edilmiş təcrübə və nəzəri məlumatların iş prosesində istifadə edilməsində, texniki Universitetlərinin bakalavr və magistr hazırlığında təhsil prosesində istifadə edilə bilməsindədir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiyanın mövzusu üzrə 14 elmi əsər çap edilmişdir. Bunlardan 5-i məqalə, 9-u konfrans materialıdır, 2 məqalə xaricdə Rusiya Ali Attestasiya Komissiyasının tövsiyə etdiyi jurnallarda nəşr olunmuşdur. Əsərlərin 4-ü həmmüəllifsizdir, 4 konfrans materialı xaricdə nəşr olunub.

İşin tətbiqi. İşlənmiş metodika və alqoritmlər əsasında işlənilib hazırlanmış proqram təminatından, «Azərenerji» ASC-nin paylayıcı elektrik şəbəkələrində gərginliyin qeyri-sinusoidallığın və qeyri-simmetrikliliyinin tədqiqi və texniki itkilərin hesablanması üçün istifadə olunmuşdur.

Dissertasiya işinin nəticələri “Azərenerji” ASC üçün elmi-tədqiqat işi üzrə yerinə yetirilmiş hesabatlarda istifadə olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Tədqiqatların və işləmələrin nəticələri “Azərenerji” enerji sisteminin tədqiq etdiyi və “Enerjisistemin rejimləri” şöbəsinin hesabatlarına 2012-2021-ci illərdə daxil edilmiş planlar əsasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi və işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi giriş (15 səh.), I fəsil (27 səh.), II fəsil (40 səh.), III fəsil (15), IV fəsil (27 səh.), nəticə (2 səh.) və 100 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından (10 səh.) ibarətdir. Dissertasiyanın ümumi həcmi 21 cədvəl, 45 şəkil və 3 qrafik təşkil etməklə 167 səhifədən 185.660 işarə sayından ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Dissertasiya işinin birinci fəslində elektrik enerjisinin keyfiyyətini korreksiya etməyin zəruriliyi göstərilmiş, elektrik enerjisinin əsas və əlavə keyfiyyət göstəricilərinin təhlili, elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinə həsr olunan tədqiqatlar verilmişdir.

Elektroenergetika sisteminin əsas funksiyası elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və tələbatçıların səmərəli, dayanıqlı və elektrik enerjisinin keyfiyyəti göstəriciləri normalarına uyğun təmin edilməsindən ibarətdir.

Elektrik enerjisinin keyfiyyəti, elektrik enerjisi parametrlərinin müəyən edilmiş qiymətlərə uyğunluq dərəcəsidir. EE-nin parametrləri elektrik cərəyanının gərginliyini, tezliyini əyrisinin, fomasını göstərir. Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin əsas və əlavə göstəricilərini ayırırlar.

DÜİST 13109-99-a görə elektrik enerjisinin 11 əsas keyfiyyət göstəriciləri aşağıdakılardır¹: tezliyin meyletməsi - δf ; gərginliyin qərarlaşmış meyli (nominal qiymətdən artımı və azalması) - δU_y ; gərginliyin dəyişmə amplitudu - δU_t ; flikerin dozası - P_t ; gərginlik əyrisinin sinusoidallığının təhrif əmsalı - K_U ; gərginliyin n-ci harmonik təşkilədiçi əmsalı $K_{U(n)}$; əks ardıcılıq üzrə gərginliyin qeyri-simmetriklik əmsalı $-K_{2U}$; sıfır ardıcılığı üzrə gərginliyin qeyri-simmetriklik əmsalı $-K_{0U}$; gərginliyin kəskin düşməsinin davamiyyət müddəti - Δt_n ; impuls gərginliyi U_{imp} ; müvəqqəti ifrat gərginlik əmsalı - K_{igU} .

I fəsilə elektrik enerjisinin əsas keyfiyyət göstəriciləri, xüsusi halda gərginlik əyrisinin qeyri-sinusoidalıq əmsalı, gərginliyin qeyri-simmetrikliyi, elektrik enerjisinin xüsusiyyətləri, EEKG, ən çox ehtimalla EEKG pozulmasının səbəbkarları, elektrik enerjisinin əlavə keyfiyyət göstəriciləri, elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinə həsr olunan tədqiqatlar təhlil olunmuşdur².

Elektrik tələbatçılarında elektrik enerjisinin keyfiyyətinin təmin olunması aşağıdakı səbəblər ilə də izah etmək olar [43, s.14]:

- ölçü texnikası: Elektrik enerjisinin pis keyfiyyəti elektrik ölçülərinin dəqiqliyinə təsir edə bilər.

¹ Межгосударственный стандарт ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общегоназначения. Москва. Стандартинформ 2014.

² Куско А., Томпсон М. Качество энергии в электрических сетях пер. с англ., Доека – XXI, 2008 - 336 стр.

- rele mühafizəsinin işə düşməsinin ləngiməsi: Elektrik enerjisinin pis keyfiyyəti rele mühafizəsinin işinə təsir göstərir.

- elektrik avadanlığının istismar müddətinin qısalması: Elektrik enerjisinin pis keyfiyyəti avadanlığın istismar müddətinin tez bitməsinə səbəb olur ki, bu da istehsalat xərcləri ilə müşayiət olunur.

- xərclər: Elektrik enerjisinin pis keyfiyyəti istehsalat xərclərinin artmasına gətirib çıxarır.

- elektromaqnit uyğunluğu: elektrik enerjisinin pis keyfiyyəti müxtəlif növ elektrik avadanlığının birgə işinə təsir edir.

Elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin modelləşdirilməsində MATHCAD RKS-dən istifadə olunmuşdur.

Birinci fəslin əsas nəticələri müəllif tərəfindən [1, 2] işlərində öz əksini tapmışdır.

Dissertasiya işinin ikinci fəslində Spektral analiz və Furye çevrilməsi, Veyvlet üsulunun əsasları, Veyvlet üsulunun gərginliyin qeyri-sinusoidalılığına tətbiqi, qeyri-sinusoidal sistemlərdə reaktiv güc, reaktiv güc üçün müxtəlif metodlarla modelləşmənin müqayisəli təhlili, PEŞ kənd təsərrüfatı təyinatlı fiderinin baş hissəsində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin ölçülərinin qeydiyyatı üzrə eksperimental tədqiqatların nəticələri verilmişdir.

35 kV-a qədər olan gərginlikli paylama şəbəkələri paylanmış generasiya, müasir keçid avadanlığı və çevik reaktiv güc kompensasiya cihazları, "ağıllı şəbəkələr" (Smart Grid) konsepsiyası çərçivəsində texniki və məlumatların yenidən təchizatı səbəbindən iş rejimlərinin nəzarət dərəcəsinin artması ilə əlaqələndirilir.

Hal-hazırda paylayıcı şəbəkələr, istehlak cədvəllərini uyğunlaşdırmaq üçün elektrikli nəqliyyat vasitələrini cəlb etmək də daxil olmaqla, ağıllı evlər və ofislər, enerji saxlama sistemləri üçün texnologiyaları və optimallaşdırma yönəlmiş digər həlləri aktiv şəkildə tətbiq edir və inkişaf etdirir.

Artan rejim və topoloji müxtəliflik, həmçinin əvvəlcə layihə edildikləri iş şərtlərinə uyğun gəlməməsi səbəbindən şəbəkə məhdudiyətlərinin daha dəqiq nəzarət edilməsinə ehtiyac artır.

Paylayıcı şəbəkələrin, iş rejimlərini idarə etmək üçün yeni imkanlar açılır, buna görə obyektin mürəkkəbliyinə uyğun idarəetmə sistemlərinin yaradılmasını tələb edir.

Paylayıcı şəbəkə elementlərinin ədədi həcmi magistral şəbəkələrə nisbətən daha çoxdur və iş rejimlərini idarə edərkən paylayıcı şəbəkələrin nəzarəti daha yüksək dərəcədə avtomatlaşdırma tələb edir. Bu cür idarəetmə sistemi cari elektrik parametrlərinin ölçülməsi əsasında elektrik şəbəkəsinin iş rejiminin onlayn hesablanması olmadan mümkünsüz görünür.

Son vaxtlar həm yerli, həm də xarici kompüterlərdə ölçü infrastrukturunun yenilənmə proseslərinə başlanılmışdır, bunun sayəsində xeyli genişlənmiş və yenilənmişdir.

Cədvəl 1-də paylayıcı elektrik şəbəkəsində aparılmış natur ölçmələrdə cərəyanın fazalarda dəyişməsinin bir fraqmenti verilmişdir.

Cədvəl 1.

Paylayıcı elektrik şəbəkəsində aparılmış natur ölçmələrdə cərəyanın fazalarda dəyişməsi

t	A	B	C
16:20:00	12,58	16,74	17,07
16:30:00	12,91	20,16	14,53
16:40:00	20,66	21,05	14,87
16:50:00	21,5	20,34	13,47
17:00:00	19,97	18,64	11,74
17:10:00	20,36	14,07	12,28
.....

Furye çevrilməsinin əsasını aşağıdakı inteqral çevrilmələr təşkil edir:

$$F(v) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cdot e^{i\alpha x} dx, \quad F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(v) \cdot e^{i\alpha x} dv$$

Furye analiz stasionar siqnallar üçün yararlıdır və parametrləri zamana görə dəyişən və ya müəyyən zaman aralığında mövcud olan qeyri-stasionar siqnallar üçün tətbiq oluna bilmir.

Zaman üzrə məhdudlaşan sınaqların spektral analizi və sintezi məsələləri pəncərəli Furye çevirməsi ilə qismən həll edilir. Belə ki,

pəncərəli Furiyə çevirməsi harmonikaların zaman üzrə dəyişmələrini nəzərə almağa imkan verir.

Furiyə çevirməsi üsullarının aşağıda göstərilən digər çatışmazlıqlarını da qeyd etmək olar: Furiyə çevirməsi hətta bir verilmiş tezlikdə belə nəinki keçmişdə, həm də gələcəkdə siqnalı bilməyi tələb edir ki, bu da nəzəri abstraksiyadır; harmonikalar sayının və ya rəqs spektrinin məcburi məhdudlaşdırılması düz Furiyə çevirməsindən sonra onun dəqiq sintezi həm nəzəri, həm də praktiki olaraq (Gibbs effektinin yaranması hesabına) mümkün olmur; Furiyə sırasına ayırma zamanı bazis funksiyası riyazi olaraq $(-\infty; \infty)$ zaman intervalında təyin olunan və zamana görə dəyişməz parametrlərə malik harmonik rəqslərdir; siqnalın ayrı-ayrı xüsusiyyətləri (məsələn, kəsilmələr, piklər) $(-\infty; \infty)$ tezlik diapazonunda onun tezlik təsvirinin dəyişməsinə səbəb olur və bütün tezlik oxuna yayılır ki, bu da spektrdə onların görünməsini praktik olaraq qeyri-mümkün edilir; siqnalın zaman asılılığının xüsusiyyətlərinin və onların xarakterinin spektrin yüksək mürəkkəbələrinin tərkibinə görə müəyyən edilməsi mümkün deyil.

Furiyə üsulunun çətinliklərini nəzərə alaraq son zamanlar stasionar və qeyri-stasionar siqnalın verilənlərinin emalı prosesində müasir və perspektiv üsul hesab olunan veyvlet analiz üsulundan istifadəyə başlanmışdır. Müxtəlif sahələrdə veyvlet analizinin köməyi ilə alınmış nəticələr bu istiqamətdə marağı artırmış və onun inkişafına səbəb olunmuşdur.

Veyvlet analiz $W(a,b)$ veyvlet əmsallarının tapılmasına gətirilir³. $W(a,b)$ spektri üçölçülü fəzada gərginliyin qeyri-sinusoidallığını zaman-tezlik miqyasında təsvir etməyə imkan verir.

Furiyə analizində yüksək harmonikaların tərkibi və onların səviyyələri görünür, lakin onların zaman üzrə mövcudluq intervallarını və dəyişmə xarakterini təyin etmək çətindir. Veyvlet analizində isə yüksək tezlikli harmonikalar, onların zaman oxunda yerləşməsi, dəyişmə xarakteri və səviyyəsi aydın görünür. Beləliklə,

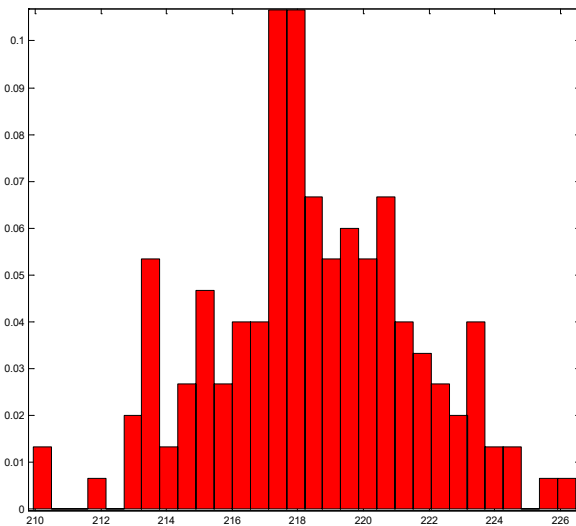
³ Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразования: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 10

veyvlet analiz istənilən şəraitlərdə gərginliyin istənilən dəyişmələrində (stasionar, qeyri-stasionar) onun qeyri-sinusoidal təhriflərini yüksək dəqiqliklə müəyyən etməyə imkan verir. Bu isə real zaman miqyasında gərginliyin qeyri-sinusoidalıq göstəricilərinin effektiv idarə olunmasında istifadə oluna bilər.

Yuxarıda qeyd olunanlar 1, 5, 7, 11 və 13-cü harmonikalardan ibarət konkret qeyri-sinusoidal siqnalın Furye və Veyvlet spektrlərində öz əksini tapmışdır.

Gərginliyin Haar Veyvletinin köməyi ilə 5-ci səviyyədə təhlilinin nəticələri əsasında qurulmuş orijinal qiymətlərinin histoqramı şəkil 1-də göstərilmişdir.

Burada həmçinin bəzi statistik qiymətlər də verilmişdir. Məsələn, fazasında gərginliyin orta qiyməti 218.4 V, maksimum və minimum qiymətləri müvafiq olaraq 221.5 və 216.1 V təşkil etmişdir.



Şəkil 1. Gərginliyin qiymətlərinin histoqramı

Xətti dövrdə sinusoidal rejimin reaktiv gücü

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt = UI \cos(\psi_u - \psi_i) = UI \cos \phi,$$

$$Q = UI \sin \phi, \quad S^2 = P^2 + Q^2$$

Elektrotexnikada xətti elektrik dövrəsində qeyri-sinusoidal rejim üçün aktiv gücə analogi olaraq reaktiv güc anlayışı qəbul edilmişdir:

$$Q = \sum_{n=0}^{\infty} Q_n = U_1 I_1 \sin \varphi_1 + U_2 I_2 \sin \varphi_2 + \dots$$

Qeyri-sinusoidal rejimlərdə dövrədəki tam güc və təhrif gücü aşağıdakı kimi hesablanır:

$$S = UI = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots} \times \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots}$$

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$$

Budeanuya görə reaktiv güc aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$S^2 = (\sum P_k)^2 + (\sum Q_k)^2 + (\sum D_k)^2$$

Budeanuya görə K harmonikli siqnal üçün reaktiv güc belə təyin olunmuşdur:

$$Q = \sum Q_k = \sum_{k=1}^K U_k I_k \sin \varphi_k$$

Bundan əlavə bu düstur $S^2 = P^2 + Q^2$ düsturu ilə uyğun gəlmir, belə ki, gərginlik və cərəyanın orta kvadratik qiyməti ilə müəyyən olunan tam güc üçün belə yazmaq olar:

$$s^2 = \sum_n U_n^2 \cdot \sum_n I_n^2 \geq (\sum_n U_n I_n \cos \varphi)^2 + (\sum_n U_n I_n \sin \varphi)^2$$

Bundan əlavə Budeanu tərəfindən aşağıdakı düsturla müəyyən olunan təhrif gücü anlayışı daxil edilmişdir:

$$D^2 = S^2 - P^2 - Q^2$$

Şaron tərəfindən reaktiv tam güc isə aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$S_Q = U \sqrt{\sum_{n \in N} I_n^2 \sin^2 \varphi_n}$$

Qalıq əlavə güc isə

$$S = \sqrt{S^2 - P^2 - S_Q^2}$$

düsturundan tapılır.

IEEE standartına görə reaktiv güc qeyri-sinusoidal rejimdə gərginlik və cərəyan bərabərlikləri iki komponentə ayrılır əsas və harmonik:

$$u = u_1 + u_H, i = i_1 + i_H$$

$$u_1 = \sqrt{2} U_1 \sin(\omega t - \alpha_1)$$

$$i_1 = \sqrt{2}I_1 \sin(\omega t - \beta_1)$$

$$u_H = u_0 + \sqrt{2} \sum_{h \neq 1} U_H \sin(h\omega t - a_h)$$

$$i_H = i_0 + \sqrt{2} \sum_{h \neq 1} I_H \sin(h\omega t - \beta_h)$$

Gərginlik və cərəyan əyrilərinin harmonik təhrif olunması əsas təşkilədicilər üzrə harmoniklərin orta kvadratik qiymətlərinin nisbətində görə təyin edilir:

$$P = \frac{1}{KT} \int_{\tau}^{\tau+KT} p dt = P_1 + P_H, P_{11} = U_1 I_1 \cos \theta_1,$$

$$P_H = P - P_1 = \sum_{h \neq 1} U_h I_h \cos \theta_h$$

Zarnetskiyə görə gərginlik və cərəyanın ani qiymətləri Furiye sırası ilə təyin olunur:

$$i = \sqrt{2} \sum_{k=1}^K U_k (G_k + jB_k) \cos(2\pi k f_0 t - \psi_k)$$

Cərəyan və aktiv gücün effektiv qiymətini aşağıdakı kimi tapmaq olar.

$$I^2 = I_a^2 + I_s^2 + I_r^2 = \frac{P}{U^2} + \sum_{k=1}^K (G_k - G_e)^2 U_k^2 + \sum_{k=1}^K B_k^2 U_k^2$$

$$S^2 = P^2 + D_s^2 + Q_r^2$$

burada D_s və D_r müvafiq olaraq səpilmə və reaktiv güclərdir.

O.A.Mayevskiye görə sürüşmə gücünün hesabı volt-ampere xarakteristikasının sahəsinə görə aparılmalıdır:

$$Q = -\frac{1}{\omega T} \int_0^T i \frac{du}{dt} dt = \frac{1}{\omega T} \int_0^T u \frac{di}{dt} dt;$$

Furiye tərəfindən təklif olunan tərifi də cərəyan iki hissəyə bölünür. Birinci hissənin faza bucağı gərginliklə eynidir və $I_a \cdot U$ kimi aktiv gücə bərabərdir. İkinci hissə xətdən ibarət olub I_r adlanır. Sonra iki cərəyan aşağıdakı tənliklərlə müəyyən olunur:

$$i_a = \frac{P}{U^2} u, i_r = i - i_a$$

Sinusoidal signal üçün reaktiv gücün bu tərifi ənənəvi reaktiv güclə üst-üstə düşür.

Digər tərəfdən cərəyanın xətası I_R çox yaxşı veriləndir və tez-tez bu məqsədlə istifadə olunur.

IEEE və Budeanu yanaşmaları say nümunələrindən istifadə ilə iki müxtəlif hal üçün təhlil edilib. Fundamental tezlik $f_l=50$ Hz. Cədvəl 2-də Budeanuya görə reaktiv gücün qiymətləri, cədvəl 3-də isə IEEE standartına görə gücün təyini təqdim edilmişdir.

Cədvəl 2.

Budeanuya görə reaktiv gücün təyini

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
S	9120	9696.4	6328.5	10042.
P	8272.2	8272.2	5196.2	9154.1
Q _b	3839.8	3839.8	3000	3839.8
D _b	0	3293.2	2012.5	1514.3

Cədvəl 3.

IEEE standartına görə gücün təyini

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
S	9120	9696.4	6328.5	10042
S ₁₁	9120	9120	6000	9120
S _H	0	0	0	886.7
S _N	0	3293.2	2012.5	4202.6
P	8272.2	8272.2	5196.2	8243.7
P ₁₁	8272.2	8272.2	5196.2	8272.2
P _H	0	0	0	-28.54
Q ₁₁	3839.8	3839.8	3000	3839.8
D _I	0	3293.2	0	3293.2
D _U	0	0	2012.5	2455.6
D _H	0	0	0	886.2
N	0	3293.2	3612.5	4202.6

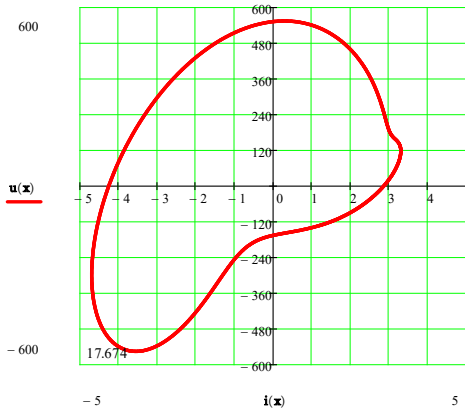
Reaktiv gücü müxtəlif üsullarla modelləşdirmək üçün MATHCAD mühitində program hazırlanmışdır. Sinusoidal olmayan gərginlik və cərəyan nəzərdən keçirilmişdir:

$$u(t) = 400 + 200 \cdot \sin(2\omega t) + 100 \cdot \sin(3\omega t)$$

$$i(t) = 3.75 \cdot \sin(\omega t - 55 \frac{\pi}{180}) + 0.75 \cdot \sin(2\omega t - 70 \frac{\pi}{180}) + 0.5 \cdot \sin(3\omega t - 75 \frac{\pi}{180})$$

Reaktiv gücün müxtəlif metodlarla modelləşdirilməsinin nəticələrinə görə müxtəlif nəzəriyyələrdə müəyyən edilmiş reaktiv gücün qiymətləri əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənə bilər.

Baxılmış nümunənin volt-ampər xarakteristikası şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Nümunənin volt-ampər xarakteristikası

0,4 kV-luq elektrik şəbəkəsi nümunəsində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin səviyyəsinin təyini üçün yay mövsümündə 63 kVA-luq transformator məntəqəsinin 0,4 kV-luq tərəfində rejim parametrlərinin qeydiyyatı aparılmışdır və təcrübələrin nəticələri emal olunmuşdur.

Reaktiv gücün müxtəlif metodlarla modelləşdirilməsinin nəticələri cədvəl 4-də verilmişdir.

Cədvəl 4.

Reaktiv gücün müxtəlif metodlarla modelləşdirilməsinin nəticələri

Reaktiv güc					
Budeanu	Sharon	Kusters-Moor	Shepherd-Zakikhani	İliovisi	Mayevskiy
1417	1461	1457	1461	828	828

Cədvəl 1-dən belə çıxır ki, verilmiş reaktiv gücün müxtəlif metodlarla modelləşdirilməsi fərqli nəticələrə gətirə bilər.

Qeyri-müntəzəm yüklənmiş 0.38 kV-luq üçfazlı dörd naqilli sistremlər üçün güc itkilərinin hesabı metodikası və MAHTCAD proqramı işlənmişdir. Proqram qondarma metodu (superpozisiya prinsipi) mürəkkəb dövrəni parçalamağa və növbə ilə ayrı-ayrı mənbələrin təsirini qiymətləndirən prinsipə əsaslanmışdır.

Cədvəl 4-dən belə çıxır ki, verilmiş reaktiv gücün müxtəlif metodlarla modelləşdirilməsi fərqli nəticələrə gətirə bilər.

Göstərilmişdir ki, yük cərəyanının əyrisinin formasının təhrifi yük düyünündə gərginliyin qiymətinə təsir edir.

Müasir inkişaf şəraitində elektrik şəbəkələrinin ümumi yükündə qeyri-xətti volt-ampere xarakteristikalı elektrik işlədicilərinin çəkisinin əhəmiyyətli dərəcədə artması qidalandırıcı şəbəkələrdə gərginlik və cərəyanın yüksək harmonik mürəkkəbələrinin səviyyəsinin daha da yüksəlməsinə gətirib çıxarmışdır. Belə hal, enerji sistemin paylayıcı şəbəkələrində elektrik enerjisinin paylanması effektivliyi üzrə müəyyən texniki tədbirlərin yerinə yetirilməsi zamanı bu faktorun nəzərə alınmasını tələb edir.

Bu fəslin əsas nəticələri müəllif tərəfindən [3, 7, 8, 9, 13] işlərində öz əksini tapmışdır.

Dissertasiya işinin üçüncü fəslində gərginliyi 10/0,4 kV olan üçfazlı paylayıcı elektrik şəbəkələrində güc transformatoru dolaqlarının qoşulma sxemlərinin tətbiqi sahələri, demərkəzləşdirilmiş enerjiyə qənaət sxem xüsusiyyətləri verilmiş, aşağı gərginlikli paylayıcı elektrik şəbəkələrinin müqayisəli təhlili, ənənəvi və enerjiyə qənaət edən elektrik təchizatı sisteminin iqtisadi hesablamaları yerinə yetirilmişdir.

Hal hazırda işlənən ənənəvi 0,4 kV paylayıcı şəbəkələri bir sıra nöqsanlara malikdir: 0,4 kV şəbəkələrin kiçik keçiricilik qabiliyyəti; adətən qiyməti 200-600 m olan yol verilən gərginliyin paylayıcı yarımstansiyadan istehlakçıya qədər olan uzunluğunun məhdudlaşdırılması; gərginliyin həddindən artıq düşməsi və 0,4 kV xəttlərdə elektrik enerjisinin itkiləri; 0,4 kV şəbəkələrdə kommertiya itkiləri; Elektrik enerjisinin aşağı keyfiyyət göstəriciləri.

Kombinə edilmiş 0,66-1 kV şəbəkəli paylayıcı 0,4 kV elektrik şəbəkələri konsepsiyasına görə 0,4 kV və 0,66-1 kV qarışıq paylayıcının üstünlükləri aşağıdakılardan ibarətdir:

1. 0,66 kV daxil edilməsinin hesabına 0,4 kV xətlərin uzunluğunun kiçilməsi;
2. Böyük keçiricilik qabiliyyəti;
3. Transformator yarımstnsiyası və hava xətlərinin mühafizə zonalarının sayının azaldılması hesabına paylayıcı şəbəkələrin inşası üçün ərazinin kiçilməsi;
4. Kommersiya itkilərinin azalması;
5. Paylayıcı elektrik şəbəkəsinin inşasının torpaq sahəsinin qənaəti, transformator yarımstasiyalarının sayının azaldılması hava xətlərinin uzunluğunun kiçildilməsi hesabına maya dəyərinin azaldılması;
6. EKG-nin yüksəldilməsi.

Üçüncü fəsilə, həmçinin güc transformatorlarının dolaqlarının birləşməsinin müxtəlif sxemlərinin xüsusiyyətləri və əsaslı fərqləri haqqında dəqiq məlumatların nəzərə alınmaması paylayıcı elektrik şəbəkənin texniki-iqtisadi göstəricilərini pisləşdirməsinin, elektrik enerjisinin keyfiyyətini aşağı salmasının və ciddi qəzalara gətirməsinin səbəbləri verilir.

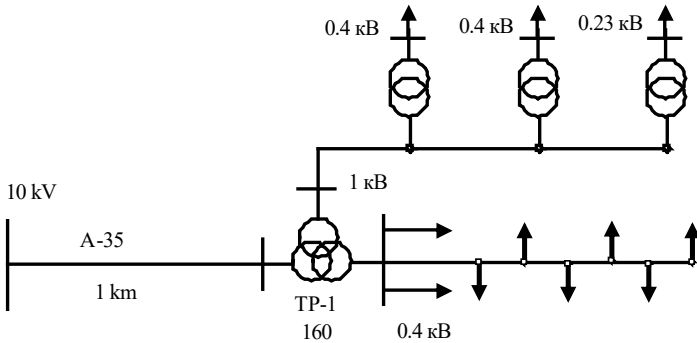
Ənənəvi elektrik təchizatı sistemlərində texniki itkilərin azalmasına aid prioritet tədbirlər təklif edilmişdir.

Elektrik enerjisinin itkilərini təyin etmək üçün şəbəkədə Multisim vasitəsilə hər iki elektrik təchizatı sistemi üçün sərf etmə rejimlərinin modelləşdirilməsi yerinə yetirilmişdir (şəkil 3) Modelləşdirilmə nəticəsində elektrik enerjisinin (xətlər və transformatorlarda itkiləri nəzərə alaraq) cəmi itkiləri ənənəvi elektrik təchizatı sistemində 4108,44 kVt/ilə, enerjiyə qənaət edəndə isə itkilər 61,32 kVt/ilə təşkil etmişdir.

Göstərilmişdir ki, demərkəzləşdirilmiş enerjiyə qənaət sxeminin tətbiq edilməsi 0,38/0,22 kV paylayıcı magistral şəbəkələrdən və eləcə də yaşayış qəsəbəsinin ərazisindən keçən xarici işıqlandırmanın hava şəbəkələrindən imtina etməyə imkan verəcək.

Aşağı gərginlikli paylayıcı elektrik şəbəkələrinin müqayisəli təhlili yerinə yetirilmişdir.

Ənənəvi və enerjiyə qənaət edən elektrik təchizatı sisteminin iqtisadi hesablamaları aparılmışdır.



Şəkil 3. 0,66 -1 kV şəbəkəli kombinə edilmiş 0,4 kV paylayıcı şəbəkələr

35 mm en kəsiyi olan hava xətti üçün ötürülən gücdən gərginliyin düşməsi asılılığı, ötürülən gücdən xüsusi güc itkilərinin asılılığı şəkil xəttin keçiricilik qabiliyyətinin gərginlikdən asılılığı təyin edilmişdir. Qrafik 1-də həmin asılılıqlardan biri göstərilmişdir.

Hesablamaların nəticəsi göstərir ki, 0,66 kV elektrik şəbəkəsində elektrik enerjisinin itkisi 1,65 dəfə enerji istehlakçıların xidmət məsafəsinin 0,4 kV şəbəkəyə nisbətən artmasına gətirib çıxarır. 1 kV gərginliyin istifadə edilməsi zamanı enerji istehlakçıların xidmət məsafəsi 2,5 dəfə artır.

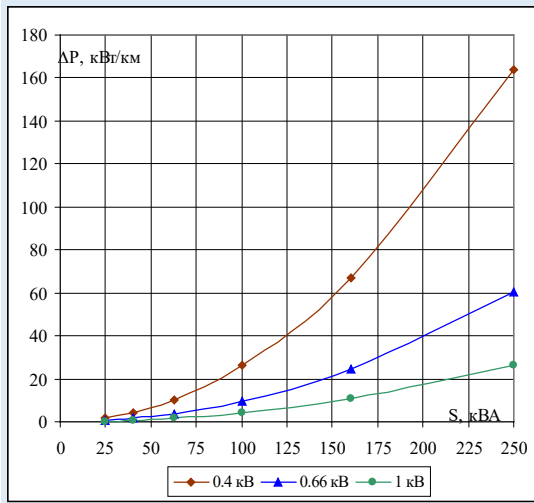
Hesablamalar nəticəsində alınmışdır ki, 0,66 kV gərginlikli 1 km uzunluqlu xətdə güc itkisi 0,4 kV xətdən 2,7 dəfə daha azdır. 1 kV gərginlikli 1 km uzunluğu olan xəttə güc itkisi 0,4 kV xətdən 6 dəfə daha azdır.

Bu fəslin əsas nəticələri müəllif tərəfindən [5, 6, 7, 8, 11] işlərində öz əksini tapmışdır.

Dördüncü fəsildə göstərilir ki, cərəyanların və gərginliklərin qeyri-simmetrikliliyi şəbəkələrdə elektrik enerjisinin paylanması elementlərində elektrik enerjisi itkilərinin artmasına səbəb olur.

Elektrik enerjisi yeganə məhsul növüdür ki, onu istehsal olduğu yerdən istehlak olunduğu yerə ötürülərkən elektrik enerjisinin bir

hissəsi sərf olunur, ona görə də itkilər labüddür, məsələ onların iqtisadi cəhətdən əsaslandırılmış səviyyəsinin təyin edilməsindən ibarətdir.



Qrafik 1. Xüsusi güc itkilərinin ötürülən gücdən asılılığı

Elektrik şəbəkələrində elektrik enerjisi itkilərinin əsaslandırılmış normalara uyğun səviyyəyə qədər azaldılması enerjiyə qənaətin mühüm istiqamətlərindən biridir.

Texniki ədəbiyyatda adətən elektrik şəbəkələrinin normal, yəni optimal istismarı şəraitində yaranan itkilər “elektrik enerjisinin nəqliyə tələb olunan texnoloji sərf” kimi terminindən istifadə olunur. Elektrik enerjisi itkiləri termini isə adətən texnoloji sərfdən çox olan və təşkilatı tədbirlərin hesabına azaldılması mümkün olan hissəsinə təbiiq olunur. Lakin çox hallarda elektrik enerjisi itkiləri terminindən istifadə edirlər.

Müxtəlif ədəbiyyat mənbələrində əlavə aktiv yük itkilərinin hesablanması üçün müxtəlif yanaşmalar istifadə olunur.

0,4 kV-luq şəbəkələrdə məlum sxemlər üçün elektrik enerjisi itkilərinin normativlərini hesablamaq məqsədilə 6-10 kV-luq

şəbəkələr üçün istifadə olunan orta yüklər üsulundan və ya ən böyük enerji itkisi saat sayının alqoritmlərindən istifadə olunur.

Aktiv gücün yük itkiləri məlum düsturla hesablanır.

$$\Delta P = 3I^2 \cdot R = 3 \frac{P^2 \cdot R}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

burada ΔP - aktiv güc itkiləridir, Vt;

I- cərəyan şiddəti, A;

R- müqavimət, Om ;

P-ötürülən aktiv güc, Vt;

U-şəbəkənin gərginliyi, V;

$\cos\varphi$ - güc əmsalıdır.

Ənənəvi güc əmsalı simmetrik tarazlaşmış sistemdə sinusoidal cərəyan və gərginlikdə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

burada S- ötürülən tam güc, VA;

Q-götürülən reaktiv gücdür.

Ənənəvi güc əmsalı əsas tezlikli gərginlik və cərəyan arasındakı bucağın cosinusunu olub reaktiv gücün axını ilə əlaqədardır. Xarici ədəbiyyatda onu bəzən displacement power factor – sürüşmə güc əmsalı adlandırırlar. Beləliklə reaktiv güclə şərtlənən güc itkilərini aşağıdakı kimi hesablamaq olar.

Qeyri-simmetrik yükə əlavə yük itkilərini qiymətləndirmək üçün şəbəkənin qeyri-simmetrik rejimində güc itkilərini simmetrik iş rejimində itkilərə olan nisbətinə bərabər güc itkiləri əmsalı istifadə olunur.

Düz və əks ardıcılıqlı müqavimətlərin bərabər olduğu güc transformatorları və elektrik veriliş xətləri üçün

$$k_p = 1 + k_{2I}^2 + k_{0I}^2 \cdot \frac{R_0}{R_1}$$

k_p -qeyri-simmetrik yükə güc itkiləri əmsalı;

R_1 -düz ardıcılığın müqaviməti, Om;

R_2 -əks ardıcılığın müqaviməti, Om;

R_0 -sıfır ardıcılıqlı müqavimət, Om.

Onda qeyri-simmetrik rejimdə aktiv güc itkiləri aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$\Delta P = \Delta P_1 \cdot k_p = 3 \cdot I_1^2 \cdot R_1 \cdot k_p$$

ΔP_1 - simmetrik rejimdə aktiv güc itkiləridir, Vatt.

Eyni zamanda, mövcud metodlar aşağı gərginlikli şəbəkələrdə itkilərin normalarının hesablanması prosedurunun müəyyən edən xüsusi qiymətləndirmə metodları ilə təmin edilir.

0,4 kV gərginlikli elektrik şəbəkələri EE-nin elektrik stansiyalarından tələbatçılara ötürülməsi prosesində sonuncu dövredir. 0,4 kV gərginlikli elektrik şəbəkələrində EE-nin texniki itkilərinin hesablanması dəqiqliyindən kommersiya itkilərinin aşkar olunmasının dəqiqliyi asılıdır. Belə şəbəkələrdə EE-nin texniki itkilərinin hesablanması çətinliyi aşağıdakı amillərlə əlaqədardır:

- dürüslüyü az olan böyük həcmli məlumatlar;
- şəbəkələrin böyük ərazilər üzrə paylanması;
- sxem və xüsusilə rejim parametrlərinin dəyişmə dinamikası;
- məntəqələrin dörd, üç, iki məftilli olması;
- fazaların qeyri-bərabər yüklənməsi;

EE itkiləri – elektrik şəbəkə müəssisəsinin əsas iqtisadi göstəricilərindən biridir. Onun qiyməti bütün ötürücü sistemləri, qeydiyyat cihazlarının və s. texniki və istismar vəziyyətini habelə ölçü cihazlarının metroloji təminatının, enerji satış fəaliyyətinin effektivliyini xarakterizə edir.

Beynəlxalq praktikaya görə EE nisbi itkilərinin səviyyəsi 4-5 % olarsa EE ötürülməsi və paylanması qənaət hesab etmək olar.

10 % səviyyəsində elektrik enerjisini itkilərini onun şəbəkələrlə ötürülməsinin fizikası nöqtəyi-nəzərindən maksimal buraxıla bilən hesab etmək olar.

Əgər bu səviyyə 10% -dən azdırsa onda bir qayda olaraq itkilərdə kommersiya təşkilədiciyi var.

Dissertasiya işinin dördüncü fəslində 0.4 kV gərginlikli paylayıcı şəbəkələrdə EE itkilərinin hesablanması üçün mövcud yanaşmalar və 0,4 kV gərginlikli paylayıcı şəbəkələrdə EE itkilərinin hesablanması metodları araşdırılmışdır. Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin azalması enerji göstəricilərinin pisləşməsi, şəbəkənin

etibarlılığının azalması, aktiv enerji itkilərinin artması aktiv və reaktiv güc sərfiyyatına səbəb olur⁴.

Sənaye şəbəkələrində, gərginlik dəyişmələrinə həssas olan çox sayda qeyri-simmetrik və xətti olmayan yüklər var.

Gərginlik keyfiyyətinin azalması ilə elektrik avadanlıqlarının istismar şərtləri pisləşir, bu da aktiv güc itkilərinin artmasına səbəb olur.

Enerji inkişafının hazırkı mərhələsində enerjiyə qənaət edən texnologiyalara keçid məsələsi olduqca aktualdır, bu da artan enerji istehlakı və inkişaf etməkdə olan kənd təsərrüfatı istehlakçıları üçün enerji səmərəliliyinin keyfiyyətinin azalması ilə əlaqədardır.

Kənd təsərrüfatı təyinatlı elektrik şəbəkələrinin xüsusiyyəti, EE istehlakçılarının geniş bir dispersiyası, 10(6) və 0,4 kV-luq şəbəkələrin əhəmiyyətli dərəcədə uzunluğu, hər bir qovşaqdakı kiçik istehlak qiymətləridir.

Kommunal yükləri olan elektrik enerjisi paylayıcı elektrik şəbəkələrində, yüksək sıfır ardıcılıq müqavimətinə, təxminən müsbət ardıcılıq müqavimətindən daha yüksək bir müqavimətə malik olan bir ulduzdan sifira sarğı bağlantısı sxeminə malik transformatorlar istifadə olunur. Bu transformatorlarda qeyri-simmetrik faz yükü ilə, transformatorun ikinci tərəf sarğılarında qeyri-simmetrik gərginliyə səbəb olan əhəmiyyətli bir sıfır ardıcılıq gərginliyi yaranır. Transformatorların sıfır ardıcılığı üçün gərginlik qeyri-simmetriklik əmsalı çox vaxt buraxıla bilən qiymətdən çoxdur.

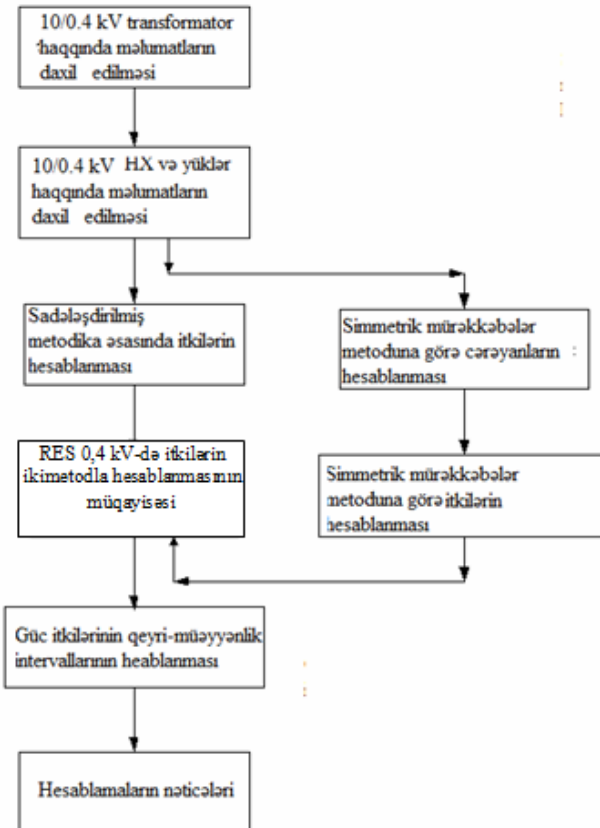
Simeas Q cihazları 10/0,4 kV-luq transformator yarımstansiyalarının aşağı gərginlikli tərəfində EEKG-nin ölçülməsi üçün istifadə edilmişdir.

Şəbəkədəki əks və sıfır ardıcılıq cərəyanlarının qeyri simmetriklik əmsalları 0,25-0,30-a bərabər olduqda, xətlər və

⁴ Герасименко, А.А., Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие/А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – 4 изд., стер. – М.:КНОРУС, 2014. 648 с. – (Бакалавриат). ISBN 978 – 5 – 406 – 03236 – 8

transformatorlarda güc və elektrik enerjisi itkiləri simmetrik iş rejiminə nisbətən 30-50% artır.

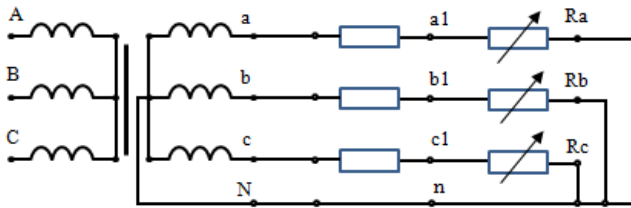
Son on ildə kənd şəbəkələrində enerji səmərəliliyinin texnoloji itkiləri təxminən 3 dəfə artaraq 30% -ə çatmışdır. Bunun səbəbi üç fazlı simmetrik yüklə müqayisədə 0,4 kV-luq şəbəkələrdə tək fazlı yük payının artmasıdır. Bu, xüsusilə güclü (50 kVt-a qədər və daha çox) tək fazlı gərginlikli stabilizatorların istifadəsi ilə asanlaşdırıldı.



Şəkil 4. 0,4 kV-luq qeyri-simmetrik qidalandırıcının qeyri-simmetriklidən yaranan elektrik enerjisi itkilərinin hesablanması üçün programın blok-sxemi

0,4 kV-luq şəbəkələrdə elektrik itkilərində nəzərəcarpacaq dərəcədə azalma bu şəbəkələrdəki cərəyan tarazlığının azaldılması ilə əldə edilə bilər.

Dörd məftilli elektrik şəbəkəsinin neytral məftililə qeyri-simmetrik rejimlərinin hesablanması üçün DELPHI mühitində proqram təminatı işlənilib hazırlanmış, 0,4 kV şəbəkələrdə EE itkilərinin hesablanması üçün xəttin ümumi uzunluğuna görə, gərginlik itkilərinə görə nəticələri verilmişdir.



Şəkil 5. 0,4 kV gərginlikli paylayıcı şəbəkənin hesabat sxemi

Programın blok-sxemi və hesabatların yerinə yetirildiyi əvəz sxemi şəkil 4 və 5-da verilmişdir.

Program aşağıdakı mərhələləri əhatə edir:

- hər bir xətt də və simmetrik yüklə transformator da güc itkilərinin hesablanması;

- xətlərin hər hissəsinə də və transformatorlarda cərəyanların qeyri simmetrikliliyinə görə güc itkilərinin hesablanması;

- müəyyən bir transformatorla çıxan hər bir xəttə də və bir transformatorla qeyri –simmetrik cərəyanlar sistemi ilə EE itkilərinin hesablanması.

Programın fərqli bir xüsusiyyəti onun mürəkkəb təbiətidir: 0,4 kV-luq şəbəkə qovşağında EE itkilərinin hesablanması ilə eyni zamanda, bu transformatorla uzanan bütün xətlərdəki gərginlik və cərəyanların qeyri-simmetriklilik göstəriciləri hesablanır.

Cədvəl 5 -də Y/Z₀ transformatoru olan bir fazalı qeyri-simmetrik rejimlərin nəticələri verilib.

Cədvəl 5

Y/Z₀ şəklində birləşmiş transformatoru olan qeyri-simmetrik rejimlər üçün hesablama nəticələri

№	Transformator, EVX	Parametr	Ölçü vahidi	Qeyri-simmetrik bir fazlı
1	Transformator, EVX	Z _a	Om	Z _y =7+j3 OM
2		Z _b	Om	0
3		Z _c	Om	0
4		I _A	A	20.23
5		I _B	A	0
6		I _C	A	0
7		I ₁	A	9.45
8		I ₂	A	9.45
9		I ₀	A	9.45
10		K ₂	n.v.	1
11		K ₀	n.v.	1
12	Transformator Y/Z ₀	ΔP ₁	Vt	54.11
13		ΔP ₂	Vt	54.11
14		ΔP ₀	Vt	728.54
15		ΔP _ε	Vt	782.65
16		K _ε	n.v.	14.46
17	EVX 0.38 kV	ΔP ₁	Vt	64.28
18		ΔP ₂	Vt	64.28
19		ΔP ₀	Vt	204.10
20		ΔP _ε	Vt	332.67
21		K _ε	n.v.	4.175

Bu fəslin əsas nəticələri müəllif tərəfindən [12, 15, 16] işlərində öz əksini tapmışdır.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Müasir inkişaf şəraitində elektrik şəbəkələrinin ümumi yükündə təhrifedici xarakteristikalı elektrik işlədicilərinin çəkisinin əhəmiyyətli dərəcədə artması, elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin səviyyəsinin yüksəlməsinə gətirib çıxarmışdır. Bu da enerjisistemin paylayıcı şəbəkələrində elektrik enerjisi itkilərinin artmasına gətirir.

2. İstismarda olan 0,4 kV-luq paylayıcı elektrik şəbəkəsi nümunəsində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin səviyyəsinin təyini üçün transformator məntəqəsinin 0,4 kV-luq tərəfində eksperimentlər aparılmış EEKG normalarının pozulduğu, fazalarda cərəyanların qeyri-simmetrikliliyinin 30%-ə civarında olması, gərginliyin səviyyəsinin buraxıla bilən həddən az olması müşahidə olunmuşdur.

3. Qeyri-simmetrik yüklü PEŞ reaktiv gücün təyin edilməsi üçün müxtəlif yanaşmalar əsasında alınmış nəticələr müqayisəli təhlili olunmuş və bu sahədə vahid yanaşmanın olmadığı göstərilmişdir.

4. Paylayıcı elektrik şəbəkələrində gücü 25÷100 kVA həddlərində dəyişən və dolaqlarının birləşmə sxemi Y/Y₀ olan transformatorların birləşmə sxemi Y/Z₀ olan transformatorlarla əvəz olunması təklif olunur.

5. 0,4 kV şəbəkələrdə yükün qeyri-simmetrikliliyini nəzərə alaraq EE itkilərini və EEKG hesablaşmaq üçün proqram təminatı işlənmişdir. Hesabatlar nəticəsində qeyri-simmetrik yüklü PEŞ-də EE itkilərinin əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasına və EEKG yüksəldilməsinə nail olunmuşdur.

6. Hazırda 10/0,4 kV ənənəvi mərkəzləşdirilmiş elektrik təchizatı sxemi elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərini, etibarlılığını və qənaətliliyini tam təmin etməyə imkan vermir. Enerji istehlakçları üçün kombinə edilmiş paylayıcı sistemli elektrik enerjisi sistemində keçid təklif olunur.

7. Kənd təsərrüfatı istehlakçılarının elektrik enerjisi ilə təchizatı və onun etibarlılığını, effektivliyini və keyfiyyətini təmin etmək üçün yeni 0,66÷1 kV paylayıcı şəbəkələrin qurulması və köhnə şəbəkələrin yenilənilə əvəz edilməsi təklif olunur. Bu keçid şəbəkələrin yük buraxma qabiliyyətini artırır, istehlakçıların xidmət diapazonunun genişləndirilməsini, güc və elektrik enerjisi itkilərinin azaldılmasını təmin edir.

DİSSERTASIYA MÖVZUSU ÜZRƏ ÇAP OLUNMUŞ ELMI ƏSƏRLƏR

1. Fərhadzadə, E.M., Quliyev, H.B., Hacıyev, N.İ., Səfərəliyeva, S.M., Hacıyeva, K.R. Veyvlet-analiz üsulunun gərginliyin qeyrisinusoidallığının tədqiqinə, tətbiqinə dair // Energetikanın müasir elmi-texniki və tətbiqi problemləri Beynəlxalq elmi konfransının materialları, - Sumqayıt: - 27-28 oktyabr, - 2015, -s. 76-79.

2. Анализ эффективности смешанных распределительных электрических сетей низкого напряжения. Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər, Sumqayıt, 2017, №4, cild 17, s. 79-85

3. Balametov, Ə.B., Hacıyev, N.İ. Gərginliyi, 0,4 kV olan paylayıcı elektrik şəbəkəsində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin tədqiqi // Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri Beynəlxalq elmi konfransın materialları, - Sumqayıt: 24-25 may, - 2018, - s. 232-234.

4. Balametov, Ə.B., Hacıyev, N.İ. Gərginliyi 10/0,4 kV olan üçfazlı paylayıcı elektrik şəbəkələrində güc transformatoru dolaqlarının qoşulma sxemlərinin tədqiqi sahələri haqqında // - Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər, - 2018. №3, cild 18, - s. 84-90.

5. Баламетов, А.Б., Гаджиев, Н.И. Области применения разных схем соединения обмоток трансформаторов 10/0,4 кВ в распределительных электрических сетях // XLVIII международная научно-практическая конференция с элементами научной школы, - Москва: -14-16 ноября, - 2018, - с. 252-253.

6. Баламетов, А.Б., Салимова, А.К., Гаджиев, Н.И. Анализ эффективности смешанных распределительных электрических сетей низкого напряжения // Материалы IV Национальной научно-практической конференции, - Казань: - 6-7 декабря, - 2018 г., - с. 92-100

7. Balametov, Ə.B., Səlimova, A.K., Hacıyev, N.İ. Yaşayış evlərinin elektrik təchizatında bir fazlı və üçfazlı qidalanma sxemlərinin müqayisəli təhlili // Energetika ixtisasları üzrə kadr hazırlığının aktual məsələləri Respublika elmi konfransının materialları, - Sumqayıt: - 2019, - s. 183-186.

8. Gadjev, N.İ. Increasing of working efficiency of three-phase 10/0,4 kV distribution networks with asymmetric loads // - Istanbul: International Conference of Technical and Physical Problems of Electrical Engineering, -14-15 October, 2019, - p. 33-36.

9. Balametov, A.B., A.K.Salimova, E.A.Balametov, N.İ.Gadjev.

About measures to reduce power losses from current asymmetry in 0,4 kV networks // Technical and Physical Problems of Electrical Engineering, - Istanbul: - 2019, , Turkey, page 17-21

10. Balametov, Ə.B., Səlimova, A.K., Hacıyev, N.İ. Qeyri-sinusoidal sistemlərdə reaktiv güc // - Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, - 2020. №8, -s. 223-228.

11. Balametov, Ə.B., Hacıyev, N.İ. Üçfazlı elektrik şəbəkəsində yüklərin qeyri-simmetrik paylanması ölçü kompleksi əsasında eksperimental tədqiqi // İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər. Beynəlxalq elmi konfransın materialları, - Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, - 2020 - s. 42-44.

12. Баламетов, А.Б. О программном обеспечении для планирования мероприятий по снижению потер мощности от несимметрии токов в сетях 0,4 кв. / Баламетов, А.Б., Салимова, А.К., Гаджиев, Н.И. [и др.] // Программные продукты и системы, - Тверь: - 2020. том 33, №2, - с. 328-334.

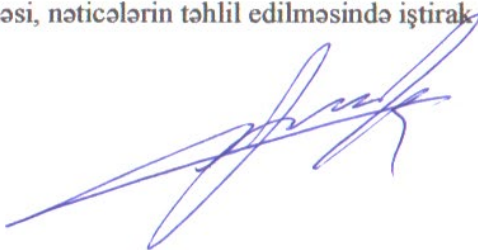
13. Hacıyev. N.İ. Aşağı gərginlikli 0.4 kV paylayıcı elektrik şəbəkələrində texniki itkilərin hesablanması metodları // - Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, - 2021, cild 21, №2, - s. 82-88.

14. Гаджиев, Н.И. Методы моделирования реактивной мощности. Нефтегазовое дело ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» 2021. Том 19. № 6

Çap edilmiş işlərdə iddiaçının şəxsi töhfəsi.

[8, 13, 14] sayılı işləri müəllif sərbəst yerinə yetirmişdir.

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12] sayılı elmi əsərlərdə müəllif məsələnin formalaşdırılması, eksperimental tədqiqatların yerinə yetirilməsi, nəticələrin təhlil edilməsində iştirak etmişdir.



Dissertasiyanın müdafiəsi 29 iyun 2022-ci il tarixində saat 15:00 Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya şurasının iclasında

keçiriləcək.

Ünvan: AZ1010, Azərbaycan Respublikası, Bakı şəhəri, Azadlıq prospekti 34. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 27 may 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 26.05.2022
Kağızın formatı: A5
Həcm: 37325
Tiraj: 100