



ÜÇFAZALI VƏ BİRFAZALI KƏND ŞƏBƏKƏLƏRİNİN TƏHLİLİ

Mahir Manaf oğlu Bağırzadə¹, Elçin Hamlet oğlu Atayev², Rasim Nurəddin oğlu Paşayev³

XÜLASƏ

Tədqiqatın məqsədi - Birfazlı işlədicilərin elektrik enerjisinin keyfiyyətinə və itkisinə təsirinin öyrənilməsi.

Tədqiqatın metodologiyası - Təhlil üsulu.

Tədqiqatın tətbiqi əhəmiyyəti - Bir fazlı kənd şəbəkələrinin elektrik təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmaq.

Tədqiqatın nəticələri - Kənd yerlərində kiçik yükləri enerji ilə təmin etmək üçün 10 / 0,230 kV bir fazlı transformatorlu dayaq transformator məntəqəsindən (DTM) istifadə olunması itgiləri əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Bir fazlı transformatorların yükləri üç fazlı şəbəkədə əks ardıcılıqlı gərginliyə görə qeyri simmetriyaya gətirib çıxarır ki, bu da elektrik enerjisi (EE) qəbuledicilərinin keyfiyyətinə və davamlılığına təsir göstərir. İki birfazlı transformatoru birləşdirərək, gərginliyin qeyri simmetriyası yüklərin güc əmsalından və xəttin müqavimətinin aktiv və reaktiv təşkilədicilərinin mütənəsibliyindən asılıdır. Daha uzun şəbəkələrdə gərginliyin qeyri simmetriyası normalaşmış qiymətlərdən kənara çıxa bilər: bir fazlı yüklə, 100 kV · A, AC-70/11 naqili ilə çəkilmiş buraxıla bilən uzunluğu 39,6 km-dən çox olmamalı; ikifazlı yüklə $S_{YAB} = 100 \text{ kV} \cdot \text{A}$ $\cos f_{AB} = 0,9$ olduqda və $S_{YBC} = 10 \text{ kV} \cdot \text{A}$, $\cos f_{BC} = 0,9$ olduqda həmin xəttin uzunluğu 44,2 km-dən çox olmamalıdır. Çoxlu sayda birfazlı transformatoru olan üç fazlı bir fazlı şəbəkələrin hesablamaları faza koordinatlarında yerinə yetirməsi səmərəlidir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi - Bir fazlı kənd şəbəkələrinin istismarında qeyri simmetriyaya aradan qaldırılması

Açar sözlər: enerjisinin keyfiyyəti, elektrik xətti, kritik güc, enerjisinin itgisi, transformator, kənd şəbəkələri, bir fazlı

Giriş. Son illərdə ölkəmizdə aqrar sahə üzrə kifayət qədər yaradılmış kiçik təsərrüfatlarda üçfazlı ilə yanaşı eyni zamanda birfazlı da enerjisərfediciləri geniş istifadə edilir. Hal-hazırda 0,380–220 kV-luq hava və kabel xəttindən 0,380 kV gərginlikli xətlərin payına təqribən 40% düşür. Aşağı gərginlikli şəbəkələr böyük gərginlik, güc və enerji itkiləri ilə xarakterizə olunur. Belə ki, 380 V şəbəkələrində 10 kV şəbəkəyə nisbətən 2–3 dəfə çoxdur. Kənd əhali-sinin sayının əhəmiyyətli dərəcədə azalması ilə əlaqədar olaraq, aşağı yük sıxlığı olan ərazilərin elektrik təchizatı sisteminin seçilməsi problemi yaranır. Üç fazlı transformatorlar 25 kVA gücündən başlanır, halbuki orta sahəsi 70 m² olan mənzilə güc əmsalı 0,92-dən az olmayan yük norması 4,5 kW təşkil edir [1]. İstehlakçılar arasında uzaq məsafələrdə üç fazlı transformatorlar az yüklənir və səmərəli istifadə olunmur. İstismar təcrübəsi göstərir ki, 6–10 kV qoşulmuş birfazlı transformatorların 50% resursunu işləmişdir. Bu günə qədər naqillərin qırılmalarında, naqillərin yerə qapanmasında və aşağı gərginlikli şəbəkədə elektrikle uzaqlaşdırılmış qısa qapanmalarda xəttin tez və etibarlı kəsilmə problemini həll edən vasitələr və qurğular işlənilib hazırlanmayıb. Normativ sənədlərin yeni tələblərinin tətbiqi ilə izolyasiya edilmiş naqilli 220 V elektrik ötürücü xətlərinin mexaniki hesablanması metodikası köhnəlmişdir [8]. Ədəbiyyat mənbələrində birfazlı istehlakçıların elektrik enerjisi ilə təchizatı üçün nəzərdə tutulmuş perspektivli izolə edilmiş naqillərin kütlə-qabarit xarakteristikası yoxdur.

Əsas müəllif/Corresponding author: ADAU, Gəncə şəhəri, mahir.bagirzade53@gmail.com,

² ADAU, Gəncə şəhəri, atayev.1961@mail.ru

³ ADAU, Gəncə şəhəri, b330033@gma.il.com

Materiallar və metodlar.

Hal-hazırda yük sıxlığının azalması ilə əlaqədar olaraq qida mənbələrinin mərkəzlərinin azalması konsepsiyası qəbul edilib və realizə edilir, buna əsasən də kiçik güclü istehlak məntəqələri yüklərə daha yaxın olmalıdırlar. [5] göstərilir ki, 100 kVA gücə malik transformator yarımstansiyaların əvəzinə dayaq transformator yarımstansiyaların (DTS) istifadəsi transformator yarımstansiyaların (DTS) istifadəsi tövsiyə edilir. Kiçik güclü yükün qidalanması üçün bir fazalı transformatorlar quraşdırırlar. Statistik məlumatlara görə 6-10 kV transformatorların çox kiçik hissəsini (3-4%) bir fazalı transformatorlar təşkil edir, bunların da çoxunun buraxılış tarixi 80-ci illərə təsadüf edir.

Aparılan tədqiqatlarının təhlilinə əsasən məlum olmuşdur ki, simmetrik komponentlərin koordinatlarında üçfazlı- birfazlı şəbəkələrin iş və qəza rejimlərini hesablamaları çətin olur. Faza koordinatlarında hesablamalar sadələşdirilmişdir, lakin bir fazalı transformatorların, bir fazalı xətlərin, bir fazalı yüklərin 2K-qütblər modelləri, həmçinin üç fazalı şəbəkələrin bir fazalı olanlarla birgə hesablanmasının əlaqələndirilməsi üsulu, inkişaf etdirilməmişdir. Bir və üç fazalı qarışıq elektrik təchizatı sistemlərinin mahiyyəti belədir:

1. Gərginliyi 10 və ya 6 kV olan qarışıq üç fazalı bir fazalı xətlərdən istifadə olunur, burada magistral xətlər üç fazalıdır və bütün enerji istehlakçıları onlara qoşulur. Kiçik istehlakçılar, ilk növbədə işıqlandırma və məişət texnikası, bir fazalı xətlərlə təchiz edilmişdir.

2. Bir fazalı istehlakçıları təmin etmək üçün aşağı gücə malik bir fazalı transformator stansiyalarından istifadə olunur.

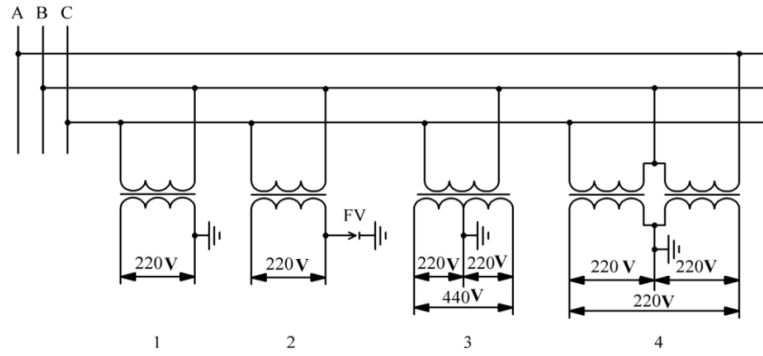
Təklif olunan şəbəkənin nöqsanı, mövcud standarta uyğun olaraq, 440V gərginlikli bir fazalı şəbəkələrin istifadə edilməməsi ilə əlaqələndirilə bilər, çünki belə bir nominal gərginlik üçün elektrik qəbulediciləri yoxdur və onun artan gərginliyi elektrik xəsarətləri riskini artırır [2].

Kənd yerlərində bir fazalı transformatorlar elektrik magistralından iki ixtiyari faza bağlanır. Xətt boyunca bir neçə birfazlı transformator quraşdırılıbsa, yükü fazalara daha bərabər paylamaq üçün onların əlaqəsi A-B, B-C, C-A qaydasında dəyişdirilməlidir.

Kənd yerlərində ən çox yayılmış 6-10/0,230 kV transformatorları 10 kV·A-a qədər gücə malik olur. Kiçik çəkisi onları lazımi avadanlıqla birlikdə elektrik veriliş xəttinin dayağına quraşdırmaq imkanı verir. Bunlar dirək tipli yarımstansiyalar adlanır. Bu həll iqtisadi cəhətdən sərfəlidir, çünki qazıntı və açıq cərəyan aparan hissələrin təsadüfi təmasdan qorunmasını tələb etmir. Aşağı gərginlikli şəbəkə, məsələn 220 V, şəkil 1-də uyğun olaraq gərginlik baxımından dörd variantda edilə bilər (şəbəkənin topraklama növləri nəzərə alınmadan).

Birinci və ikinci variantlarda aşağı gərginlikli şəbəkə 220 V gərginlikli iki naqillli bir fazalıdır. Şəbəkə skonstruktiv olaraq sadədir və ən geniş yayılmışdır. Üçüncü variantda, aşağı gərginlikli şəbəkə üç naqilllidir orta naqilli kar torpaqlanmışdır. Faza və torpaqlanmış naqillər arasında gərginlik 220 V, faza naqilləri arasında – 440 V. Dördüncü variantda aşağı gərginlikli şəbəkə üç naqillli üç fazalı 220 V gərginliklidir, burad tellərdən biri kar torpaqlanmışdır. Üç fazalı gərginliyi əldə etmək üçün transformator dolaqları "açıq üç bucaq" sxeminə uyğun olaraq birləşdirilir. Şəbəkəyə həm bir fazalı, həm də üç fazalı qəbulediciləri qoşmaq mümkündür.

Şəkil 1. Aşağı gərginlikli şəbəkə variantları



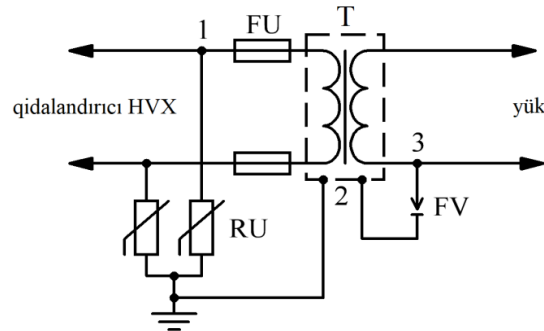
Mənbə: Müəlliflər tərəfindən hazırlanmışdır

Üç fazlı qəbulədicinin istehlak etdiyi maksimum güc güc transformatorlarından birinin gücünün 2/3 hissəsidir.

$$S_{səm} = 2 \times S_{Tr}/3.$$

Bir fazlı transformatorların elektrik mühafizəsi ifrat cərəyan və artıq gərginliyə qarşı təmin edilir. İfrat cərəyanlardan qorunma parametrlərini seçərkən, təbii yağla soyudulmuş transformatorların nominal gücdən artıq yüklənmələrə yol verildiyi nəzərə alınır: 1 saat üçün 30%; 60% - 45 dəqiqə; 100% - 10 dəqiqə; 200% - 1,5 dəqiqə. YG tərəfində transformatorlar qoruyucularla qorunur, AG tərəfində transformatorun nominal cərəyanına bərabər nominal cərəyanı olan aşağı gərginlikli elektrik açarları (AA) daxil edilir. Qısaqapanma rejimində bir fazlı aşağı gərginlikli şəbəkələrin xüsusiyyətləri qısaqapanma cərəyanlarının kiçik dəyərləri, enerji mənbəyindən məsafədə onların kəskin azalması və qövs müqavimətinin qısaqapanma cərəyanlarına əhəmiyyətli təsir göstərməsidir. Birfazlı transformatorlar Şəkil 2-ə [9] uyğun olaraq üç nöqtəli sistemdən istifadə etməklə atmosferin ifrat artıq gərginliyindən qorunur.

Şəkil 2. Bir fazlı transformatorun üç nöqtəli mühafizə sisteminin sxemi



Mənbə: Müəlliflər tərəfindən hazırlanmışdır

Transformatorun zədələnməsinin səbəbi ildırım boşalması zamanı ola biləcəyi mütləq potensial deyil, bu anda onun ayrı-ayrı elementlərində baş verən potensial fərqi, yəni: birincil (1-ci nöqtə) və ikincil (3-cü nöqtə) arasında, transformatorun dolaqları, eləcə də dolaqların biri (1 və ya 3-cü nöqtə) və metal bəzi (2-ci nöqtə) arasında. Transformatorun göstərilən elementlərindəki potensial eyni vaxtda eyni dəyərə qədər artırsa, dolaqları arasında bir-birinə, eləcə də hər bir dolaq və transformatorun metal gövdəsi arasında potensial fərq sıfır olacaqdır. Bu halda, yüksək potensiala baxmayaraq, transformator zədələnməyəcəkdir.

Belə mühafizənin əsas elementləri qeyri-xətti gərginlik məhdudlaşdırıcısı (GXGM) RU, deşilmə qoruyucusu FV və bir topraklayıcıdır, onların köməyi ilə də GXQM və transformatorun çəni torpaqlanır.

Üç nöqtəli sxemin mahiyyəti aşağıdakı kimidir. Xəttədən gələn atmosfer ifrat gərginlik dalğası GXGM işə salır. Nəticədə, dalğanın amplitudası impulsun boşalma gərginliyinə bərabər bir gərginliyə gədər kəsilir və atmosferin ifrat gərginliyindən yaranan ildırım cərəyanları naqildən yerə yönəldilir.

[10]-də kənd yerlərində istehlakçıların ümumi elektrik yükləri verilmişdir, bunlar əsas kateqoriyalara bölünür:

- kommuna-məişətli xidmətlər (yaşayış binaları, ictimai müəssisələri);
- istehsal (fermalar, heyvandarlıq kompleksləri, istixanalar, pilyonkalı istixanalar);
- qarışıq.

İstehsal və kommunal-məişət istehlakçıları qarışıq yük adlanır, hər birinin payı ən azı 30% təşkil edir. Əks halda, yükün adı üstünlük təşkil edən istehlakçı növü ilə müəyyən edilir. [10]-ə əsasən, birfazlı transformatorlarla enerji təchizatı kənd təsərrüfatı obyektləri, istimai müəssisələri və məişət sektoru da daxil olmaqla məhdud gücə malik (50 kV·A) istehlakçıların məhdud qrupu üçün həyata keçirilə bilər. Daha əvvəl qeyd edildiyi kimi, elektrik enerjisinin bir fazlı transformatora ötürülməsi əsas ötürücü EVX bir fazlı ayırma ilə həyata keçirilir, buna görə də üçüncüdən yuxarı enerji təchizatı kateqoriyasını təmin etmək üçün avtonom enerji mənbəyindən istifadə etmək lazımdır.

2. Birfazlı istehlakçıların elektrik enerjisinin keyfiyyətinə və itkisinə təsiri

Bir fazlı transformatorların YG dolaqların orta gərginlikli şəbəkəyə iki ixtiyari faza bağlanır. Elektrik ötürücü xəttindən axan transformatorların yük cərəyanları ΔU_A , ΔU_B , ΔU_C faza gərginliklərinin düşgüsünə səbəb olur. Şəbəkədə üç fazlı istehlakçılar varsa, onlara verilən gərginlik qeyri simmetrik olacaqdır.

Qeyri simmetrikliliyin iki növü var: sistematik və ehtimal və ya təsadüfi. Sistematik qeyri simmetriklilik fazalardan birinin qeyri-bərabər daimi yüklənməsi nəticəsində yaranır, ehtimal qeyri simmetriklilik qeyri-sabit yüklərlə xarakterizə olunur, bu zaman təsadüfi amillərdən asılı olaraq müxtəlif fazalar müxtəlif vaxtlarda həddindən artıq yüklənir [9].

Kəmiyyətcə gərginliyin qeyri simmetrikliliyi gərginliyin əks ardıcıl qeyri simmetrik əmsalı K_{2U} ilə ölçülə bilər. [10]-a uyğun olaraq, gərginlik qeyri simmetrikliliyi aşağıdakı hədlər daxilində icazə verilir:

- $K_{2U} \leq 2\%$ - normal qəbul edilən qiymət;
- $2 < K_{2U} \leq 4\%$ - gündə 1 saat 12 dəqiqədən çox olmayan ümumi ölçmə vaxtı ərzində müəyyən edilmiş intervalda dəyişə bilər.

Fazalarda yüklərin qeyri-bərabərliyi nə qədər çox olarsa, əks ardıcılıqla gərginliyin K_{2U} qeyri simmetriklilik əmsalının dəyəri bir o qədər yüksəkdir. Sahə cəhətdən ayrılmış bir neçə fazalı yükü olan şəbəkədə enerji mərkəzinə yaxınlaşdıqda gərginlik qeyri simmetrikliliyi azalır. Əks ardıcıl gərginlik olduqda (hətta normal icazə verilən qiymətlər hüdudlarında) quraşdırılmış EA-nın optimal iş şəraiti pozulur [7]. Əks ardıcıl cərəyanlar fırlanan maşınların əlavə qızmasına səbəb olur, mənfi fırlanma momenti yaradır, asinxron mühərriklərin (AM) rotorlarının fırlanma sürətini və onların idarə etdiyi mexanizmlərin məhsuldarlığını azaldır. Fırlanma sürətinin azalması, yəni. sürüşməsinin artması reaktiv gücün artan istehlakı və nəticədə gərginliyin azalması ilə müşayiət olunur.

AM dolaq temperaturu gərginliyin qeyri simmetriklilik funksiyasında [12]

$$T_{QS} = T \cdot (1 + 2 \cdot K_{2U}^2),$$

burada T – şəbəkə gərginliyinin simmetriyasında dolağın temperaturu.

Mühərrikin faydalı momentinin azalması [12]

$$m = \frac{s}{2-s} \cdot \frac{Z_1^2 \cdot K_{2U}^2}{Z_2^2},$$

burada, s – sürüşmə;

Z_1 – AM düz ardıcıl müqaviməti;

Z_2 – AM əks ardıcıl müqaviməti.

$K_{2U} \neq 0$ olduqda ayrı-ayrı fazaların kondansator bantareyaları müxtəlif gərginliklərdədir, bu da həm həddindən artıq yüklənməyə, həm də aşağı yükə səbəb ola bilər. Bu halda, kondansator qurğusunun (KQ) mövcud tutumu [16] aşağıdakı kimi müəyyən edilir.

$$Q = Q_{nom} \cdot \frac{U_1^2}{U_{nom}^2} \cdot (1 + K_{2U}^2),$$

burada, U_1 – düz ardıcıl gərginliyi;

U_{nom} – KQ nominal gərginliyi.

$K_{2U}=2\%$ olduqda qeyri simmetrik gərginlikdə AM xidmət müddəti 10,8%, sinxronlarda – 16,2%, transformatorlarda – 4%, kondensatorlarda – 20% azalır. $K_{2U}=4\%$ olduqda elektrik mühərriklərin xidmət müddəti iki dəfə azalır [12] əsasən, $K_{2U} < 1\%$ olduqda mühərrikə nominal yük buraxıla bilər. $K_{2U}=2\%$ olduqda mühərrikin yükü 98%, 3% - 90% qədər, 4% - 83% qədər, 5% - 76% qədər azala bilər. Bu rəqəmlər mühərrikin sabit yükdə işləməsi şərti ilə etibarlıdır, yəni qərarlaşmış istilik rejimində. Sinxron maşınlarda əlavə itkilərə və statorun və rotorun qızmasına əlavə olaraq, təhlükəli vibrasiya başlaya bilər.

Qeyri simmetriyaya görə transformatorların xidmət müddəti azalır, sinxron mühərriklər və kondansator batareyaları K(B) reaktiv enerjinin istehsalını azaldır [1].

Gərginliyin qeyri simmetriyaliyi elektrik şəbəkəsinin bütün elementlərində güc və elektrik itkilərinin artmasına gətirib çıxarır ki, bu da əks ardıcıl cərəyanların axını ilə bağlıdır. Məsələn, $K_{2U}=2\%$ olduqda AM dolaqlarında əlavə itkilər ΔP_{al} düz ardıcılın əsas itkilərinin ΔP_{as} 8% təşkil edir, $K_{2U}=5\%$ olduqda ΔP_{al} ΔP_{as} -ın yarısına bərabərdir. Bu mühərrikin müqavimətinin əks ardıcıl cərəyanlarına, düz ardıcılı nisbətən K_{i_s} (K_{i_s} – işə salma cərəyanının dəfəliyi) qədər azdır. Məsələn, mühərrikin girişində $K_{i_s} = 7$ əmələ gəldikdə $U_2 = 3\%$ əks ardıcıl gərginliyində onun dolaqlarında əks ardıcıl cərəyanı düz ardıcıl cərəyanının 21% təşkil edəcəkdir [6].

Üç naqillli EVX bir fazalı yükü, həmin yükün fazalar üzrə bərabər paylanmasına nisbətən onda enerjinin 6 dəfə itkisini artırır:

$$\begin{aligned} \Delta W_{3f} &= 3 \cdot I_{3f}^2 \cdot R_x \cdot \tau; I_{3f} = \frac{S}{3 \cdot U}; \\ \Delta W_{1f} &= 2 \cdot I_{1f}^2 \cdot R_x \cdot \tau; I_{1f} = \frac{S}{U}; \\ \frac{\Delta W_{1f}}{\Delta W_{3f}} &= \frac{2 \cdot \frac{S^2}{U^2} \cdot R_x \cdot \tau}{3 \cdot \frac{S^2}{9 \cdot U^2} \cdot R_x \cdot \tau} = \frac{6}{1} \end{aligned}$$

burada W_{3f} və W_{1f} – müvafiq olaraq üç fazalı və bir fazalı yüklərdə enerji itkiləri;

I_{3f} və I_{1f} - müvafiq olaraq üç fazalı və bir fazalı yüklərin cərəyanı;

R_x – EVX fazasının aktiv müqaviməti;

τ – itkilər zamanı;

S – yükün tam gücü;

U – EVX faza gərginliyi.

Qeyri sinusoidalıqdan itkilər nəzərə alınmadan [4]-ə uyğun olaraq cərəyanların və gərginliklərin simmetriyasının təhrifindən əlavə güc itkiləri:

$$\Delta P_x = (3 \cdot I_1^2 + 3 \cdot I_2^2) \cdot R - \Delta P_\varphi,$$

burada I_1, I_2 – düz, əks ardıcıl cərəyanları, A;

R – EVX naqillərinin müqaviməti, Om;

ΔP_φ - simmetrik rejimdə eyni gücə malik bir xətt üzərindən ötürülmə zamanı güc itkiləri, W;
transformatorlarda

$$\Delta P_T = K_2 \cdot U_2 \cdot \frac{S_{Tnom}}{10^{-4}},$$

burada K_2 - əmsaldır;

U_2 - əks ardıcıl gərginliyi, %;

S_{Tnom} – transformatorun nominal gücü, kVA;

Fırlanan maşınlarda

$$\Delta P_M = K_2 \cdot U_2 \cdot \frac{P_{Mnom}}{10^{-4}},$$

burada P_{Mnom} – maşının nominal gücü, kVt;

$$\Delta P_K = K_2 \cdot U_2 \cdot \frac{Q_{Knom}}{10^{-4}},$$

burada Q_{Knom} – statik kondensator batareyaların nominal gücü, kVAr.

Güc əmsalı K_M mühərrikin nominal gücündən P_{Mnom} asılıdır və aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$\begin{aligned} P_{Mnom} < 5 \text{ kVt} \text{ olduqda} & \quad K_M = 3 + 0,3 \cdot (5 - P_{Mnom}); \\ P_{Mnom} < 100 \text{ kVt} \text{ olduqda} & \quad K_M = 1 + 0,02 \cdot (100 - P_{Mnom}). \end{aligned}$$

Gərginliyin qeyri simmetriyası nəticəsində dəymiş ümumi zərərə əlavə elektrik enerjisi itkilərinin dəyəri, əsaslı xərclərdən təmir üçün ayırmaların artması, texnoloji ziyan, azaldılmış gərginlikli fazalarda quraşdırılmış lampaların işıq axınının azalması nəticəsində yaranan ziyan, KB və sinxron mühərriklərin yaratdığı reaktiv gücün azalmasından ziyan daxildir [1].

Gərginliklərin bsimmetriyası üç üsulla əldə edilir:

- bir fazalı transformatoru təmin edən elektrik ötürücü xəttinin müqavimətinin azalması;
- yüklərin bir hissəsinin həddindən artıq yüklənmiş fazadan az yüklənmiş fazaya keçirilməsi;
- xüsusisimmetriy yaranan qurğuların istifadəsi.

Hal-hazırda, istismar zamanı bir fazalı transformatorların fazalarda əllə və ya avtomatik dəyişdirilməsi üçün tətbiq edilmiş həllər yoxdur. Bununla belə, bu yanaşmanın imkanları məhduddur, çünki aralıq qeyri simmetriyaların təsiri istisna edilmir.

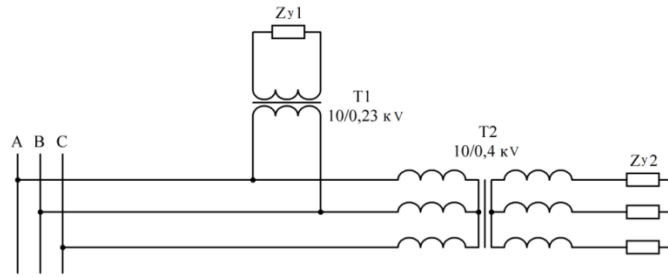
Elektrik enerjisinin (EE) keyfiyyətini yaxşılaşdırmağın ən təsirli yolu, kompensasiya və ya süzgəc növlərinin eninə qoşulmuş korrektə edən cihazlarından istifadə edərək, simmetrik tərkibedici yük cərəyanlarını icazə verilən qiymətlərə qədər məhdudlaşdırmaqdır. Onu istifadə edərkən onun nəticəsi (gərginlik) deyil, qeyri simmetriyanın səbəbi (cərəyanlar) aradan qaldırılır. Belə cihazların funksional imkanları [12]-də göstərilmişdir.

3. Bir fazalı yüklərin kritik gücü

Kənd yerlərində yaşayış məntəqələrinin elektrik təchizatı şəkil 3-ə uyğun olaraq həm üç fazlı 10 / 0,4 kV, həm də bir fazalı 10 / 0,230 kV transformatorlarla həyata keçirilə bilər.

Bir fazalı aktiv-induktiv yükün Z_y cərəyanı təchizat xəttinin A və B fazalarında gərginliyin düşgüsünə səbəb olacaq ki, bu da şəkil 4-ə uyğun olaraq T2 transformatoruna verilən gərginlik sisteminin simmetriyasını pozacaqdır. Gərginlik qeyri simmetrik dərəcəsi EE keyfiyyət standartı ilə ciddi şəkildə məhdudlaşdırılır [11].

Şəkil 3. 10 / 0,23 kV və 10 / 0,4 kV transformatorların qoşulma sxemi



Mənbə: Müəlliflər.

Gərginliyin qeyri simmetriyasına tətbiq edilən məhdudiyətlərlə əlaqədar olaraq, bir fazalı yükün gücündən asılı olaraq qida xəttinin icazə verilən müqavimətinin qiymətinin diapazonunu müəyyən edək [12].

Əks ardıcılıqla gərginliyin qeyri simmetriklik əmsalının normal icazə verilən dəyəri $K_{2U} \leq 2\%$ ilə müəyyən edilir, maksimum icazə verilən dəyər $-K_{2U} \leq 4\%$ – dir.

Əks ardıcılığa görə gərginliyin qeyri simmetriklik əmsalı

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100,$$

burada, U_2 – əks ardıcıl gərginliyin təsiredici qiyməti;

U_1 – düz ardıcıl gərginliyin təsiredici qiyməti.

Öz növbəsində

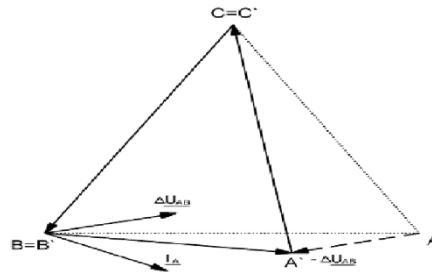
$$U_2 = \frac{1}{3} \cdot \left| \underline{U}_{ABx} + a^2 \cdot \underline{U}_{BCx} + a \cdot \underline{U}_{CAx} \right|;$$

$$U_1 = \frac{1}{3} \cdot \left| \underline{U}_{ABx} + a \cdot \underline{U}_{BCx} + a^2 \cdot \underline{U}_{CAx} \right|,$$

burada, \underline{U}_{ABx} , \underline{U}_{BCx} , \underline{U}_{CAx} – T1 və T2 transformatorların çıxışlarına verilən xətti gərginliklər;

$a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ – faza vürğusu.

Şəkil 4. Gərginliklərin vektor diaqramı



Mənbə: Müəlliflər tərəfindən hazırlanmışdır

Transformatorun çıxışında xətti gərginlik,

$$\underline{U}_{ABx} = \underline{U}_{AB} - \underline{\Delta U}_{AB};$$

$$\underline{U}_{BCx} = \underline{U}_{BC} - \underline{\Delta U}_{BC};$$

$$\underline{U}_{CAx} = \underline{U}_{CA} - \underline{\Delta U}_{CA},$$

burada, \underline{U}_{BC} , \underline{U}_{CA} – qida yarımstansiyasının şinindəki gərginlik;

$\Delta U_{AB}, \Delta U_{BC}, \Delta U_{CA}$ – EVX gərginliyin xətti düşgüsü.

$$\Delta U_{AB} = (I_A - I_B) \cdot Z_x; \Delta U_{BC} = (I_B - I_C) \cdot Z_x; \Delta U_{CA} = (I_C - I_A) \cdot Z_x;$$

$$I_A = \frac{S_Y}{U_{nomAB}} \cdot Z_x; I_B = \frac{S_Y}{U_{nomAB}} \cdot Z_x.$$

burada, I_A, I_B, I_C – yük cərəyanları;

Z_x – EVX müqaviməti;

S_Y – yükün müqaviməti;

U_{nomAB} – yükün nominal qida gərginliyi.

$K_{2U} = 2\%$ olduqda EVX müqavimətini təyin edək

$$Z_x = \frac{U_{nomAB} \cdot (a \cdot U_{CA} \cdot (a - 50) - a \cdot U_{BC} \cdot (50 \cdot a + 1) - 49 \cdot U_{AB})}{49 \cdot S_y \cdot (a + 2) \cdot (a - 1)}.$$

Praktiki hesablar üçün üst göstərici ilə təqdimi istifadə etmək əlverişlidir

$$Z_x = Z_x \cdot e^{j \cdot f_x} \text{ və } S_Y = S_Y \cdot e^{j \cdot f_Y},$$

burada, Z_x – xəttin müqavimətinin modulu;

$f_x = \arctg\left(\frac{X_x}{R_x}\right)$ – xəttin müqavimətinin reaktiv və aktiv tərkibedicilərin mütənasibliyini əks etdirən bucaq;

S_Y - yükün gücünün modulu;

$f_Y = \arccos\left(\frac{P_Y}{S_Y}\right)$ – yükün aktiv gücünün tam gücdə payını əks etdirən bucaq.

$$\text{Onda, } Z_x = \frac{U_{nomAB} \cdot (a \cdot U_{CA} \cdot (a - 50) - a \cdot U_{BC} \cdot (50 \cdot a + 1) - 49 \cdot U_{AB})}{49 \cdot (a + 2) \cdot (a - 1) \cdot S_Y \cdot e^{j \cdot f_x} \cdot e^{j \cdot f_Y}}.$$

Eynilə, istehlakçıların iki fazalı yükündə xətt müqavimətinin asılılığı müəyyən edilir. Əgər 10 / 0,230 kV transformatorlar A-B və B-C fazalarına qoşulduqda, təchizatı xəttindəki yük cərəyanları

$$I_A = \frac{S_{YAB}}{U_{nomAB}}; I_B = \frac{S_{YAB}}{U_{nomAB}} - \frac{S_{YBC}}{U_{nomBC}}; I_C = \frac{S_{YBC}}{U_{nomBC}},$$

burada S_{YAB} – A və B fazalarına qoşulmuş yükün gücü;

S_{YBC} – B və C fazalarına qoşulmuş yükün gücü.

EVX müqaviməti,

$$Z_x = \frac{U_{nomAB} \cdot U_{nomBC} \cdot (a^2 \cdot U_{CA} - 49U_{AB} - 50a^2 \cdot U_{BC} - 50a \cdot U_{CA} + a \cdot U_{BC})}{(a - 1) \cdot (49S_{YAB} \cdot e^{j \cdot f_{YAB}} \cdot U_{nomBC} \cdot (a + 2) + S_{YBC} \cdot e^{j \cdot f_{YBC}} \cdot U_{nomAB} \cdot (101a + 49))}$$

burada, $f_{YAB} = \arccos\left(\frac{P_{YAB}}{S_{YAB}}\right)$, $f_{YBC} = \arccos\left(\frac{P_{YBC}}{S_{YBC}}\right)$ – müvafiq olaraq A–B və B–C fazaları arasında tamda aktiv yük gücünün payını əks etdirən bucaq.

Bərabər güclər $S_{YAB} = S_{YBC}$ və gərginliklərdə $U_{AB} = a^2 \cdot U_{BC}$ xəttə xətti cərəyanlar:

$$I_A, I_B = a^2 \cdot I_A, I_C = a \cdot I_A \text{ simmetrik sistemi təşkil edir.}$$

Buna görə də, xəttəki gərginlik düşmələri eynidir və əks ardıcılıq gərginlik bəyri simmetrik əmsalı $K_{2U} = 0$. Qidalandırıcı xəttin buraxıla bilən uzunluğu

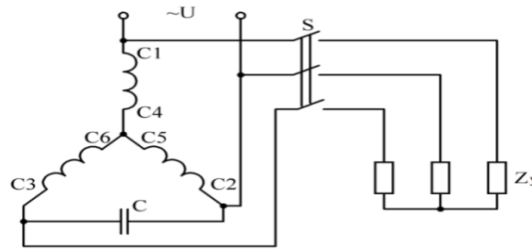
$$L = \frac{Z_x}{Z_{xüsL}},$$

burada, $Z_{xüsL}$ – xəttin vahid uzunluğunun müqaviməti.

4. Bir fazalı gərginliyin üç fazalı gərginliyə çevrilməsi

Bir fazalı şəbəkədən üç fazalı elektrik qəbuledicisində (EQ) istifadə etmək lazım gələrsə standart üç fazalı AM-dirsə, o zaman aktiv müqavimətlər və ya kondensatorlar şəklində işə salma qurğular istifadə edilir və mühərrikin gücü nominalın 50-60% -ə qədər azalır. Həmçinin, üç fazalı elektrik tələbedicilərin bir fazalı şəbəkəyə qoşulması fazalar sayı çeviricisi (FSC) vasitəsilə qoşulur. Elektromaşın FSC dəyişən cərəyan maşınıdır, ən çox AM onlarda da dolaqlar qoşulur və konstruktiv olaraq elə yerinə yetirilir ki, bir fazalı giriş gərginliyi kəmiyyətcə mütə-nasib eyni tezliyi olan simmetrik üç fazalı gərginlik sisteminə çevrilir. Elektromaşlı tezlik çeviricisinin əsas üstünlüyü çıxış gərginliklərinin simmetriyasının elektrik tələbedicisinin güc amilindən və elektrik stələbedicisinin gücünün mütləq dəyərindən asılı olmamasıdır, çıxış gərginliyi əyrisinin forması giriş gərginliyini əyrisini təkrarlayır. İstisna, gərginlik rezonansının baş verdiyi belə bir tutumlu yüküdür. Elektromaşınlı tezlik çeviricisinin həyata keçirilməsi üçün ən əlverişlisi olaraq şəkil 5-ə uyğun olaraq 127/220 V asinxron kondansator mühərrikinin dövrəsini gətirə bilərsiniz (mühərrik 220/380 V-dirsə, dolaqlar üçbucaq birləşdirilir). EFSC birləşmə sxemindən asılı olaraq faza sürüşdürücü və dövrənin gərginliyini tənzimləməni təşkil edən, kondensatorların uyğunlaşmasından, drossellərdən, rezistorlardan, transformator və avtotransformatorlardan ibarətdir. Mənbədə EFSC-nin əks ardıcılığa görə çıxış gərginliklərinin qeyri simmetriya əmsalının yük müqavimətinin aktiv və reaktiv tərkibedilərdən $K_{2U} = f(g, b)$, qida gərginliyində $K_{2U} = f(U)$ n və tezliyindən $K_{2U} = f(f)$ asılılıqları tədqiq edilmişdir.

Şəkil 5. Elektromaşın tezlik çeviricisinin prinsiplial sxemi



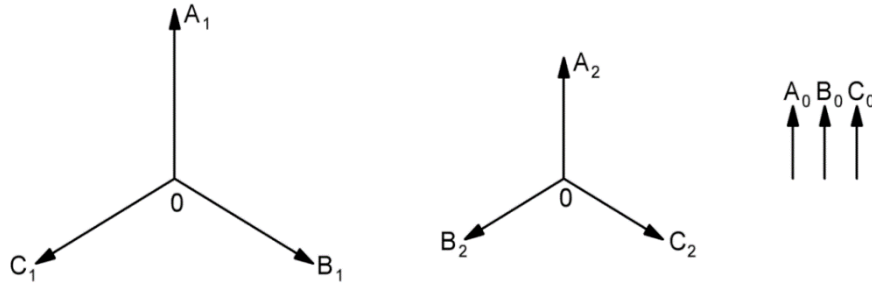
Mənbə: Müəlliflər tərəfindən hazırlanmışdır

Tədqiqatın nəticələrinə görə statik EFSC-nin ümumi nöqsanları aşkar edilmişdir: nominal tezlikdə və şəbəkə gərginliyində simmetrik üç fazalı gərginlik sistemi əldə etmək yalnız yük parametrlərinin və çevirmə elementlərinin bir müəyyən uyğunlaşmada mümkündür. Əlavə funksiyalar FSC-nin bir hissəsi kimi proqramlaşdırıla bilən kontrollerin olması ilə təmin edilir. İstənilən növ AM və ya FSC işə salma qurğuların istifadəsi üç fazlı əvəzinə bir fazalı şəbəkələrin tikintisi zamanı əldə edilən qənaətlə müqayisədə elektrik qurğusunun dəyərinin bir qədər artmasına səbəb olur.

5. Simmetrik tərkibediləri üsulu ilə şəbəkələrin hesablanması xüsusiyyətləri

Bir fazalı transformatorlarla üç fazalı şəbəkənin qeyri simmetrik yükü eninə qeyri simmetriyaya uyğundur. İstismar zamanı qəza və qəzadan sonrakı rejimləri əmələ gəlir, onda da eninə qeyri simmetriyaya uzununa əlavə olunur. Üç fazlı elektrik dövrlərində, şəkil 6-a uyğun olaraq düz, əks və sıfır ardıcılığın vektor sistemləri təsvir edilmişdir. Düz və əks ardıcılığın vektorları bir-birinə nisbətən fazada 120 dərəcə sürüşmüşdür, sıfır ardıcılığın vektorları fazaya görə üst-üstə düşür. Düz ardıcılığın fazalarının sırası A_1, B_1, C_1 əks ardıcılığın A_2, C_2, B_2 .

Şəkil 6. Simmetrik vektorlar sistemi



Mənbə: Müəlliflər tərəfindən hazırlanmışdır

Üç fazalı şəbəkənin faza kəmiyyətlərindən simmetrik tərkibedicilərə və əksinə keçid aşağıdakı kimidir:

$$\begin{bmatrix} F_A \\ F_B \\ F_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_0 \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_A \\ F_B \\ F_C \end{bmatrix}$$

burada, $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ - faza vurğusu.

Ayrı-ayrı ardıcılıqların sxemlərinin asılı olmaması şəbəkənin bütün elementlərinin faza simmetriyası postulatına əsaslanır.

Bu üsulun əsas üstünlüyü hesabının sadəliyidir. Həm də, simmetrik təşkilədicilərin üsulu yüksək dərəcədə abstraksiya ilə xarakterizə olunur, yalnız nəticədə şəbəkə cəm parametrlərini əldə etməyə imkan verir və qeyri simmetriyanın faktiki fiziki proseslərini təsvir etmir.

Cərəyanları və gərginlikləri hesablayarkən, ümumi halda, düz, əks və sıfır ardıcılığın əlaqəsiz dövrlərini tərtib etmək lazımdır. Verilmiş elektrik hərəkət qüvvəsində (EHQ) və məhdud şərtlərdə müəyyən zədələnmə növləri üçün ayrı-ayrı ardıcılıqların sxemlərinin birləşməsi ilə kompleks əvəz sxemləri əldə edilə bilər. Quraşdırılacaq bir fazalı transformatorların sayı yalnız qidalandırıcının enerji təchizatı sahəsindəki istehlakçıların sayı ilə məhdudlaşır.

Kənd şəbəkələrinin uzunluq xarakterini nəzərə alaraq, bir çox qeyri simmetriya mümkündür. Parametrlərdə fazaya görə fərqli olan elektrik sistemlərində (generatorların EHQ, elektrik xəttinin müqaviməti və s.) hesablamalar çətin olur. Belə hallarda üç fazalı əvəz sxemi üzrə hesablamalar aparmaq daha məqsədəuyğundur.

Nəticələr və müzakirə.

1. Kənd yerlərində kiçik yükləri enerji ilə təmin etmək üçün 10 / 0,230 kV bir fazalı transformatorlu dayaq transformator məntəqəsi (DTM) istifadə olunması itgiləri əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

2. Bir fazalı transformatorların yükləri üç fazalı şəbəkədə əks ardıcılıqlı gərginliyə görə qeyri simmetriyaya gətirib çıxarır ki, bu da EE qəbuledicilərinin keyfiyyətinə və davamlılığına təsir göstərir.

3. Bir fazalı transformator qoşulduqda, gərginliyin qeyri simmetriyası yükün güc əmsalından və xəttin müqavimətinin aktiv və reaktiv təşkilədicilərinin mütanasibliyindən asılı deyil.

4. İki birfazlı transformatoru birləşdirərkən, gərginliyin qeyri simmetriyası yüklərin güc əmsalından və xəttin müqavimətinin aktiv və reaktiv təşkiledicilərinin mütnasibliyindən asılıdır. Müəyyən bir vəziyyətdə, yüklərin gücü qiymətinə və xüsusiyyətinə görə bərabər olduqda, əks ardıcılıqlı qeyri simmetriya gərginliyi əmsalı sifira bərabər olur.

5. Daha uzun şəbəkələrdə gərginliyin qeyri simmetriyası normalaşmış qiymətlərdən kənara çıxma bilər: bir fazlı yüklə, $100 \text{ kV} \cdot \text{A}$, AC-70/11 naqili ilə çəkilməmiş buraxıla bilər uzunluğu 39,6 km-dən çox olmamalı; ikifazlı yüklə $S_{YAB} = 100 \text{ kV} \cdot \text{A}$ $\cos f_{AB} = 0,9$ olduqda və $S_{YBC} = 10 \text{ kV} \cdot \text{A}$, $\cos f_{BC} = 0,9$ olduqda həmin xəttin uzunluğu 44,2 km-dən çox olmamalıdır.

6. Çoxlu sayda birfazlı transformatoru olan üç fazlı bir fazlı şəbəkələrin hesablamaları faza koordinatlarında yerinə yetirməsi səmərəlidir.

Ədəbiyyat siyahısı.

1. S.Z. Məmmədov (2020) Elektrik enerjisinin ötürülməsi və paylanması. Gəncə. 152 s.
2. Будзко И. А., Зуль Н. М. (1990) Электроснабжение сельского хозяйства. Москва. 496 с.
3. Дмитриев В. Р., Смирнова В. И. (1983) Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Справочник. Москва. 248 с.
4. Ю. С. Железко (2009). Потери электроэнергии, Москва. 456 с.
5. Идельчик В. И. (1989) Электрические системы и сети. Москва. 592 с.
6. И. И. Карташев и др. (2006) Управление качеством электроэнергии Москва. 320 с.
7. Ф. Д. Косоухов, И. В. Наумов (2003) Несимметрия напряжений и токов в сельских распределительных сетях Иркутск. 258 с.
8. Лещинская Т. Б., Наумов И. В. (2008) Электроснабжение сельского хозяйства. М.: 655с.
9. Михайлов А. Ф., Частоедов Л. А. (1987) Электропитающие устройства и линейные сооружения автоматики, телемеханики и связи. Москва, 383 с.
10. РД 34.20.178. (1982) Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства.
11. Шидловский А. К., Кузнецов В. Г. (1985), Повышение качества энергии в электрических сетях / – Киев. 268 с.
12. IEC 892 Effects of unbalanced voltages on the performance of 3 phase cage Induction motors.

ANALYSIS OF THREE-PHASE AND SINGLE-PHASE RURAL NETWORKS

Mahir Manaf oglu Bagirzade¹, Elchin Hamlet oglu Ataev², Rasim Nureddin oglu Pashayev³

SUMMARY

Purpose of the study. Study of the influence of single-phase operators on the quality and losses of electricity.

Research methodology. Method of analysis.

The importance of research application. Improving the electrical safety of single-phase rural networks.

Research results. The use of a single-phase transformer substation (STP) 10/0.230 kV to power small loads in rural areas significantly reduces losses. Loads of single-phase transformers lead to unbalance due to negative sequence voltage in a three-phase network, which affects the quality and durability of EE receivers. When connecting two single-phase transformers, the voltage unbalance depends on the power factor of the loads and the ratio of the active and reactive components of the line resistance. Voltage asymmetry in networks of greater length may exceed the normalized values: single-phase load, $100 \text{ kV} \cdot \text{A}$, AC-70/11 cable, allowable length should not exceed 39.6 km; two-phase load With $S_{YAB} = 100 \text{ kV} \cdot \text{A}$ $\cos f_{AB} = 0,9$ olduqda və $S_{YBC} = 10 \text{ kV} \cdot \text{A}$, $\cos f_{BC} = 0,9$ the length of this line should not exceed 44.2 km. For three-phase single-phase networks with a large number of single-phase transformers, it is advisable to carry out calculations in phase coordinates.

Scientific novelty of the research. Elimination of asymmetry in the operation of single-phase rural networks

Key words: power quality 1, transmission line 2, critical power 3, power losses 4, transformer 5, rural networks 6, single-phase

АНАЛИЗ ТРЕХФАЗНЫХ И ОДНОФАЗНЫХ СЕЛЬСКИХ СЕТЕЙ

Махир Манаф оглы Багирзаде¹, Эльчин Гамлет оглы Атаев², Расим Нураддин оглы Пашаев³

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Изучение влияния однофазных операторов на качество и потери электроэнергии.

Методология исследования. Метод анализа.

Важность исследовательского применения. Повышение электробезопасности однофазных сельских сетей.

Результаты исследования. Использование однофазной трансформаторной подстанции (СТП) 10/0,230 кВ для питания малых нагрузок в сельской местности значительно снижает потери. Нагрузки однофазных трансформаторов приводят к несимметрии из-за напряжения обратной последовательности в трехфазной сети, что влияет на качество и долговечность приемников ЭЭ. При соединении двух однофазных трансформаторов несимметрия напряжения зависит от коэффициента мощности нагрузок и соотношения активной и реактивной составляющих сопротивления линии. Несимметрия напряжения в сетях большей протяженности может превышать нормируемые значения: однофазная нагрузка, 100 кВ·А, кабель АС-70/11, допустимая длина не должна превышать 39,6 км; двухфазная нагрузка При $S_{YAB} = 100 \text{кВ}\cdot\text{А}$ $\cos f_{AB} = 0,9$ и $S_{YBC} = 10 \text{кВ}\cdot\text{А}$, $\cos f_{BC} = 0,9$ длина этой линии не должна превышать 44,2 км. Для трехфазных однофазных сетей с большим количеством однофазных трансформаторов целесообразно проводить расчеты в фазных координатах.

Научная новизна исследования. Устранение асимметрии в работе однофазных сельских сетей

Ключевые слова: качество электроэнергии 1, линия электропередачи 2, критическая мощность 3, потери мощности 4, трансформатор 5, сельские сети 6, однофазны