



Azərbaycanda Peşə Təhsili və Təliminin (PTT)
inkişafına Avropa İttifaqının dəstəyi
EuropeAid/137866/DH/SER/AZ


AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI
TƏHSİL NAZİRLİYİ
PEŞƏ TƏHSİLİ ÜZRƏ
DÖVLƏT AGENTLİYİ

“Elektrik Xətlərinin Quraşdırılması və Təmiri üzrə Mütəxəssis” ixtisası

Elektrotexnikanın Əsasları





Bu nəşrin məzmunu müstəsna olaraq "Azərbaycanda Peşə Təhsili və Təliminin inkişafına Avropa İttifaqının dəstəyi" Texniki Yardım layihəsinin məsuliyyətidir və heç bir halda Avropa İttifaqının mövqeyini əks etdirmir.

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
tərəfindən 11 oktyabr 2019-cu il tarixli,
F-604 sayılı əmr ilə təsdiq edilmişdir.*

Müəllif:

Mehriban Eyvazova

Rübabə Nağıyeva

Rəyçilər:

Xalid Təhməzov

Bakı - 2019

Mündəricat

Giriş	5
“Elektrotexnikanın əsasları” modulunun spesifikasiyası	6
Təlim nəticəsi 1: Sabit cərəyan elektrik dövrəsinin hesablanması bacarır	7
1.1.1. Elektrotexnikanın əsas qanunlarını sadalayır	7
1.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	8
1.1.3. Qiymətləndirmə	8
1.2.1. İşlədicilərin ardıcıl və paralel birləşməsinə təsvir edir	8
1.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	9
1.2.3. Qiymətləndirmə	10
1.3.1. Elektrik dövrəsinin əsas elementlərini şərh edir	10
1.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	12
1.3.3. Qiymətləndirmə	13
1.4.1. Sabit cərəyan dövrəsinin işi və gücünü hesablayır	13
1.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	15
1.4.3. Qiymətləndirmə	15
1.5.1. Sabit cərəyan dövrəsində qeyri-xətti elementləri müəyyən edir	16
1.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	17
1.5.3. Qiymətləndirmə	18
1.6.1. Cərəyan mənbələri (akkumulyator) müəyyən edir	18
1.6.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	19
1.6.3. Qiymətləndirmə	19
Təlim nəticəsi 2: Dəyişən cərəyan elektrik dövrəsini qurulması barədə bilir	21
2.1.1. Dəyişən cərəyanla əlaqədar əsas anlayışları müəyyən edir	21
2.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	22
2.1.3. Qiymətləndirmə	22
2.2.1. Başlanğıc faza və faza sürüşməsinə izah edir	22
2.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	23
2.2.3. Qiymətləndirmə	24
2.3.1. Dəyişən cərəyan dövrəsinin ideal elementlərini müəyyən edir	24
2.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	25
2.3.3. Qiymətləndirmə	25
2.4.1. Sinusoidal cərəyanın elektrik hərəkət qüvvəsi və gərginliyin təsiredici qiymətlərini təyin edir	25
2.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	26
2.4.3. Qiymətləndirmə	27
2.5.1. Dəyişən cərəyan dövrəsinin aktiv, reaktiv və tam güclərini təyin edir	27
2.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	28
2.5.3. Qiymətləndirmə	28
Təlim nəticəsi 3: Üç fazlı dövrələrin qurulmasını bacarır	29
3.1.1. Üçfazlı sistemləri qurur	29
3.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	30
3.1.3. Qiymətləndirmə	30
3.2.1. Üçfazlı elektrik dövrəsi təyin edir	31
3.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	32
3.2.3. Qiymətləndirmə	32
3.3.1. Üçfazlı generator dolaqlarının ulduz birləşməsinə bacarır	32
3.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	33
3.3.3. Qiymətləndirmə	33

3.4.1. Üçfazlı generator dolaqlarının üçbucaq birləşməsinə şərh edir	33
3.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	34
3.4.3. Qiymətləndirmə	34
3.5.1. Üçfazlı dövrənin gücünü müəyyən edir	34
3.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	36
3.5.3. Qiymətləndirmə	37
Təlim nəticəsi 4: Elektromaqnit induksiya qanunlarını bilir	38
4.1.1. Maqnit sahəsində hərəkət edən elektrona təsir edən qüvvəni təyin edir	38
4.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	39
4.1.3. Qiymətləndirmə	39
4.2.1. Elektromaqnit induksiyanın elektrik hərəkət qüvvəsini izah edir	39
4.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	41
4.2.3. Qiymətləndirmə	41
4.3.1. Mexaniki enerjinin elektrik enerjisə çevrilməsini şərh edir	41
4.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	42
4.3.3. Qiymətləndirmə	42
4.4.1. Elektrik enerjinin mexaniki enerjiyə çevrilməsinin tərifini deyir	43
4.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	43
4.4.3. Qiymətləndirmə	43
4.5.1. Elektrik mühərriklərinin elektromaqnit induksiya qanunu ilə işlədiyini məruzə edir	44
4.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	50
4.5.3. Qiymətləndirmə	51
Təlim nəticəsi 5: Transformatorlar, onların vəzifəsi və tətbiq sahələri haqqında bilir	53
5.1.1. Transformatorların növü və xarakteristikaları haqqında məlumat verir	53
5.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	54
5.1.3. Qiymətləndirmə	55
5.2.1. Üçfazlı transformatorların iş prinsipini təsvir edir	55
5.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	56
5.2.3. Qiymətləndirmə	57
5.3.1. Avtotransformatorların vəzifəsini izah edir	57
5.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	58
5.3.3. Qiymətləndirmə	58
5.4.1. Ölçü transformatorları, onların tətbiq sahələrini təyin edir	59
5.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	60
5.4.3. Qiymətləndirmə	60
5.5.1. Qaynaq transformatorlarının iş prinsipini şərh edir	60
5.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	61
5.5.2. Qiymətləndirmə	61
Təlim nəticəsi 6: Elektrik enerjinin istehsalı, tələbatı və paylanması bacarır.....	63
6.1.1. Elektrik enerjinin istehsalını müəyyən edir	63
6.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	63
6.1.3. Qiymətləndirmə	64
6.2.1. Elektrik enerjinin tələbatı və paylaşdırılmasını təsvir edir	64
6.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	68
6.2.3. Qiymətləndirmə	68
6.3.1. Elektroenergetika sistemlərini müəyyən edir	69
6.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	69
6.3.3. Qiymətləndirmə	70
6.4.1. Elektrik şəbəkələri və yarımstansiyaları haqqında məlumat verir	70

6.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	72
6.4.3. Qiymətləndirmə	72
6.5.1. Elektrik enerjisinin əsas işlədicilərini təyin edir	72
6.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər	73
6.5.3. Qiymətləndirmə	74
İstifadə olunan ədəbiyyat	75

Giriş

Elektrotexnika elmi bütün dünyada inkişaf etdiyi kimi, Azərbaycanda da inkişafdadır. Ölkəmizdə XIX əsrin əvvəllərindən başlayaraq bu günə qədər inkişaf edən elektrotexnika elminin çox böyük nailiyyətləri vardır.

Bu modulda elektrik sahəsi, elektrik tutumu, potensial, naqillər və dielektriklər, elektrik cərəyanı, elektrik dövrləri, Kirxhof və Om qanunları haqqında məlumat verilmiş, elektromaqnetizm və elektromaqnit induksiya anlayışları təhlil olunmuşdur. Modulda dəyişən elektrik cərəyanının alınması, dəyişən cərəyan dövrləri, çoxfazlı dəyişən cərəyan, dəyişən cərəyan generatoru, ölçü cihazları, dövrə elementləri, transformator, asinxron mühərrikləri haqqında da ətraflı məlumat ardıcıl olaraq verilmişdir.

Elektrotexnika elektrik enerjisinin istehsalı, onun çevrilməsi, paylaşdırılması və istifadə edilməsini öyrənən elmdir. Müasir dövrdə elektrotexnikanın bir elm kimi müvəffəqiyyətlərindən biri də texnikada elektrik və maqnit hadisələrinə əsasən, elektrotexniki qurğu və cihazların məlumatını qəbul etmək və ötürmək, temperaturunu, təzyiqi, sıxlığı səviyyəni öyrənməkdən ibarətdir.

Bu modul tamamlandıqdan sonra tələbə sabit və dəyişən cərəyan dövrlərini hesablamağı, elektromaqnit induksiya qanunlarını, üçfazlı elektrik dövrlərini qurmağı, transformatorların iş prinsipini, elektriki enerjisinin istehsalını, tələbatını, paylanmasını bacaracaqdır.

“Elektrotexnikanın Əsasları” modulunun spesifikasiyası

Modulun adı: Elektrotexnikanın əsasları
Modulun kodu:
Modul üzrə saatlar: 120
Modulun ümumi məqsədi: <i>Bu modul tamamlandıqdan sonra tələbə sabit və dəyişən cərəyan dövrlərini hesablamağı, elektromaqnit induksiya qanunlarını bilir, üç fazlı elektrik dövrlərini qurmağı, transformatorların iş prinsipini, elektriki enerjisinin istehsalını, tələbatını, paylanmasını bacarır</i>
Təlim nəticəsi 1: Sabit cərəyan elektrik dövrəsinin hesablanması bacarır
Qiymətləndirmə meyarları
1. <i>Elektrotexnikanın əsas qanunlarını sadalayır;</i>
2. <i>İşlədicilərin ardıcıl və paralel birləşməsini təsvir edir;</i>
3. <i>Elektrik dövrəsinin əsas elementlərini şərh edir;</i>
4. <i>Sabit cərəyan işi və gücünü hesablayır;</i>
5. <i>Sabit cərəyan dövrəsində qeyri-xətti elementləri müəyyən edir;</i>
6. <i>Cərəyan mənbələrini (akkumulyator) müəyyən edir.</i>
Təlim nəticəsi 2: Dəyişən cərəyan elektrik dövrəsini qurulması barədə bilir
Qiymətləndirmə meyarları
1. <i>Dəyişən cərəyanla əlaqədar əsas anlayışları müəyyən edir;</i>
2. <i>Başlanğıc faza və faza sürüşməsini izah edir;</i>
3. <i>Dəyişən cərəyan dövrəsinin ideal elementlərini müəyyən edir;</i>
4. <i>Sinusoidal cərəyanın elektrik hərəkət qüvvəsi və gərginliyin təsiredici qiymətlərini təyin edir;</i>
5. <i>Dəyişən cərəyan dövrəsinin aktiv, reaktiv və tam güclərini təyin edir.</i>
Təlim nəticəsi 3: Üçfazlı dövrlərin qurulmasını bacarır
Qiymətləndirmə meyarları
1. <i>Üç fazlı sistemləri qurur;</i>
2. <i>Üç fazlı elektrik dövrəsini təyin edir;</i>
3. <i>Üç fazlı generator dolaqlarının ulduz birləşməsini bacarır;</i>
4. <i>Üç fazlı generator dolaqlarının üçbucaq birləşməsini şərh edir;</i>
5. <i>Üç fazlı dövrənin gücünü müəyyən edir.</i>
Təlim nəticəsi 4: Elektromaqnit induksiya qanunlarını bilir
Qiymətləndirmə meyarları
1. <i>Maqnit sahəsində hərəkət edən elektrona təsir edən qüvvəni təyin edir;</i>
2. <i>Elektromaqnit induksiyanın elektrik hərəkət qüvvəsini izah edir;</i>
3. <i>Mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsinin mahiyyətini şərh edir;</i>
4. <i>Elektrik enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsini tərif edir;</i>
5. <i>Elektrik mühərriklərinin elektromaqnit induksiya qanunu ilə işlədiyini məruzə edir.</i>
Təlim nəticəsi 5: Transformatorlar, onların vəzifəsi və tətbiq sahələri haqqında bilir
Qiymətləndirmə meyarları
1. <i>Transformatorların növü və xarakteristikaları haqqında məlumat verir;</i>
2. <i>Üçfazlı transformatorların iş prinsipini təsvir edir;</i>
3. <i>Avtotransformatorların vəzifəsini izah edir;</i>
4. <i>Ölçü transformatorları, onların tətbiq sahələrini təyin edir;</i>
5. <i>Qaynaq transformatorlarının iş prinsipini şərh edir.</i>
Təlim nəticəsi 6: Elektrik enerjisinin istehsalı, tələbatı və paylanması bacarır
Qiymətləndirmə meyarları
1. <i>Elektrik enerjisinin istehsalını müəyyən edir;</i>
2. <i>Elektrik enerjisinin tələbatı və paylanması təsvir edir;</i>
3. <i>Elektroenergetika sistemlərini müəyyən edir;</i>
4. <i>Elektrik şəbəkələri və yarımstansiyalar haqqında məlumat verir.</i>
5. <i>Elektrik enerjisinin əsas işlədicilərini təyin edir</i>

Təlim nəticəsi 1: Sabit cərəyan elektrik dövrəsinin hesablanmasını bacarır

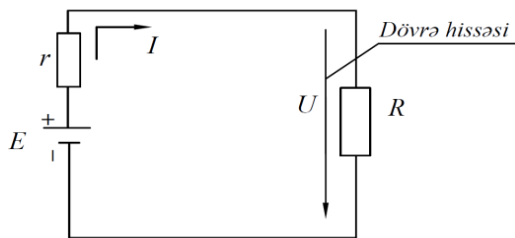
1.1.1. Elektrotexnikanın əsas qanunlarını sadalayır



- **Dövrə hissəsi üçün Om qanunu**

Dövrə hissəsindəki cərəyan şiddəti bu hissənin uçlarındakı gərginliklə düz, onun müqaviməti – R ilə tərs mütənəsbdir:

$$I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I}$$



Sxem 1.1. Dövrə hissəsi

Tam dövrə üçün Om qanunu:

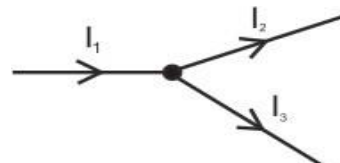
$$E = IR + Ir = U + Ir, \quad U = IR$$

$$I = \frac{E}{R+r}$$

E - mənbənin elektrik hərəkət qüvvəsi, r - mənbənin daxili müqaviməti, R - işlədicinin müqavimətidir.

Elektrik hərəkət qüvvəsi-mənbənin vahid q yükünü qapalı dövrədə hərəkət etdirməsi üçün lazım olan enerjidir. Vahidi voltdur, "V" hərfi ilə işarə olunur. Qeyd edək ki, gərginlik dövrə hissəsində vahid q yükünü hərəkət etdirməsi üçün lazım olan enerjidir.

Kirxhofun I qanunu: Sabit cərəyan dövrəsində düyün (budaqlanma) nöqtəsində (Sxem 1.2.2.) cərəyanların cəbri cəmi sifira bərabərdir, başqa sözlə budaqlanma nöqtəsinə daxil olan cərəyanların cəmi həmin nöqtədən çıxan cərəyanların cəminə bərabərdir və şərti olaraq daxil olan cərəyanlar müsbət, çıxan cərəyanlar isə mənfi hesab edilir. Düyün nöqtəsi-ən azı 3 müstəqil budağın birləşdiyi nöqtəyə deyilir.

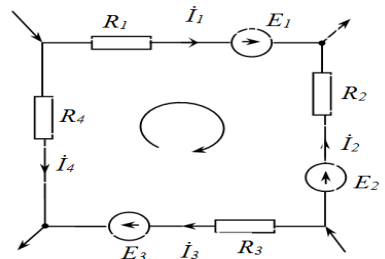


Sxem 1.2. Düyün (budaqlanma) nöqtəsi

Burada duyün nöqtəsinə istiqamətlənmiş I_1 cərəyanını müsbət, əks istiqamətlənmiş I_2 və I_3 cərəyanlarını mənfi qəbul etsək onda, $I_1 + (-I_2) + (-I_3) = I_1 - I_2 - I_3 = 0$ $I_1 = I_2 + I_3$ olar.

Kirxhofun II qanunu: Sabit cərəyan dövrəsində qapalı konturda EHQ-nın cəbri cəmi elementlərdə yaranan gərginlik düşgülərinin cəbri cəminə bərabərdir.

$$E_1 - E_2 + E_3 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4$$



Sxem 1.3. Qapalı kontur



1.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Dövrə hissəsi üçün OM qanunu ilə tam dövrə hissəsi üçün OM qanunu arasındakı fərqi araşdırın;
- OM qanununun tətbiq sahələrini araşdırın və nümunələr göstərin;
- Dövrənin xarici müqaviməti $R \rightarrow 0$ olduqda cərəyan şiddətini təyin edin;
- Kirxhofun I qanununun sxemini qurun;
- Qapalı dövrə üçün Kirxhofun II qanununun sxemini qurun;
- Kirxhofun qanunlarının tətbiq sahələrini araşdırın və nümunələr göstərin;
- Mövzulara uyğun test tapşırıqları tərtib edin.



1.1.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

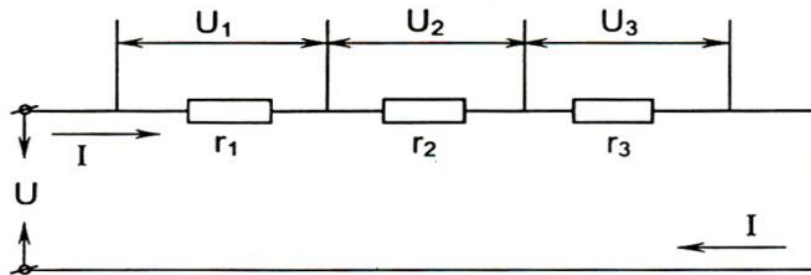
“Elektrotexnikanın əsas qanunlarını sadalayır”

- Dövrə hissəsi üçün OM qanununun düsturunu yazın.
- Tam dövrə hissəsi üçün OM qanununun düsturunu yazın.
- OM qanununda gərginlik cərəyan şiddətindən asılı olaraq necə dəyişir?
- Elektrik hərəkət qüvvəsi ədədi qiymətcə nəyə bərabərdir?
- Kirxhofun I qanununun düsturunu qeyd edin.
- Kirxhofun II qanununun düsturunu qeyd edin.
- Test

1.2.1. İşlədicilərin ardıcıl və paralel birləşməsinə təsvir edir



- **İşlədicilərin ardıcıl birləşməsi**
Müqavimətləri ayırmadan bir-birinin ardınca birləşdirilməsinə onların **ardıcıl birləşdirilməsi** deyilir.



Sxem 1.4. Müqavimətlərin ardıcıl birləşməsi

Müqavimətlərin ardıcıl birləşməsində dövrədən eyni cərəyan axır. Müqavimətlərin ardıcıl birləşməsində dövrənin sıxaclarında gərginlik onun bütün hissələrindəki gərginliklərin cəminə bərabərdir. Müqavimətlərin ardıcıl birləşdirilməsində ekvivalent müqavimət həmin müqavimətlərin cəmi-nə bərabərdir.

Naqillər ardıcıl birləşərkən naqillərdən keçən cərəyan şiddəti eyni olur.

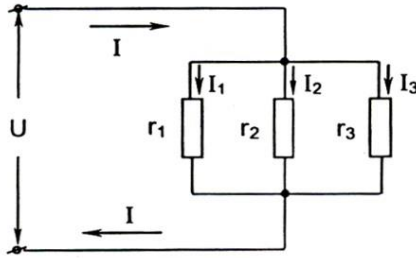
$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

- **İşlədicilərin paralel birləşməsi**

Müqavimətlərin paralel birləşdirilməsində (sxem 1.5.) müqavimətlərdə gərginliklər eyni olur, yəni: $U=U_1=U_2=U_3$.



Sxem 1.5. Müqavimətlərin paralel birləşməsi

Naqillər paralel birləşərkən naqillərin uc nöqtələri arasındakı gərginliklər eyni olur.

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

n -ardıcıl və ya paralel birləşdirilmiş naqillərin ümumi sayıdır.

Xüsusi halda, $n=2$ olarsa:

Ardıcıl birləşdikdə $R = R_1 + R_2$

Paralel birləşdikdə $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

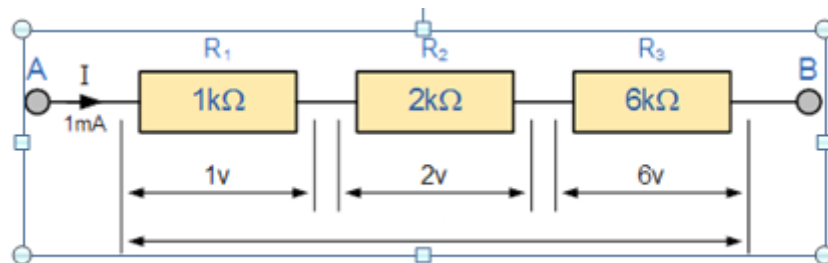
Eyni müqavimətə malik naqillər ($R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$) ardıcıl və ya paralel birləşdirildikdə

$$R_{ar} = n \cdot R \quad R_{par} = \frac{R}{n}$$

1.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

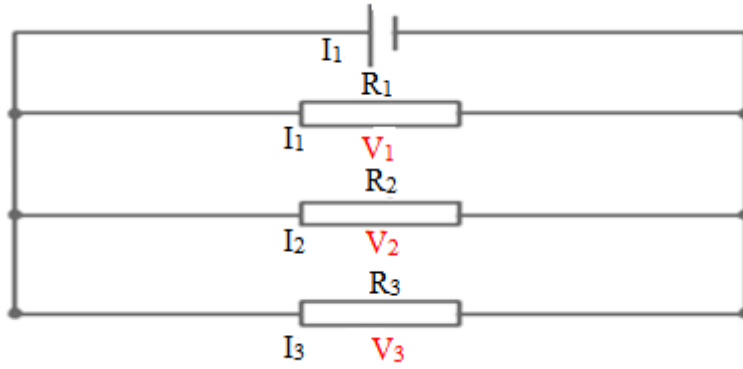


- İşlədicilərin ardıcıl birləşməsində ekvivalent müqaviməti təyin edin; ($R_1 = 1 \text{ om}$, $R_2 = 2 \text{ om}$, $R_3 = 6 \text{ om}$)



Sxem 1.6.

- Ardıcıl birləşmədə ekvivalent müqavimət 45 om olarsa cərəyan şiddətini hesablayın.
- Ardıcıl birləşmiş elektrik dövrəsinin sxemini qurun;
- Paralel birləşmədə ekvivalent müqavimət 22 om olarsa dövrə hissəsi cərəyan şiddətini hesablayın;



Sxem 1.7.

- Paralel birləşmiş elektrik dövrəsinin sxemini qurun;
- İşlədicilərin paralel birləşməsində ekvivalent müqaviməti təyin edin; ($R_1 = 2 \text{ om}$, $R_2 = 8 \text{ om}$, $R_3 = 10 \text{ om}$)
- Mövzuya uyğun test tapşırıqları tərtib edin.



1.2.3. Qiymətləndirmə

Öyrənmə prosesinə bağlı olan qiymətləndirmə meyarı:

“ Elektrotexnikanın əsas qanunlarını sadalayır”

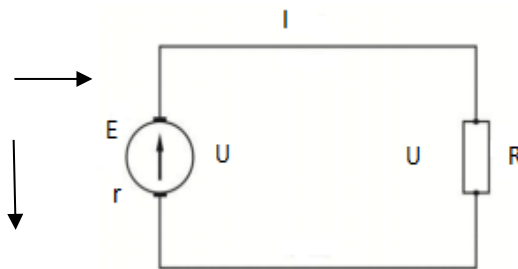
- Ardıcıl birləşmə nəyə deyilir?
- Ardıcıl birləşmədə ümumi müqavimətin düsturunu yazın.
- Ardıcıl birləşmənin tətbiq sahələri hansıdır?
- Paralel birləşmə nəyə deyilir?
- Paralel birləşmənin düsturunu yazın.
- Paralel birləşmə tətbiq sahələri hansıdır?
- Test

1.3.1. Elektrik dövrəsinin əsas elementlərini şərh edir



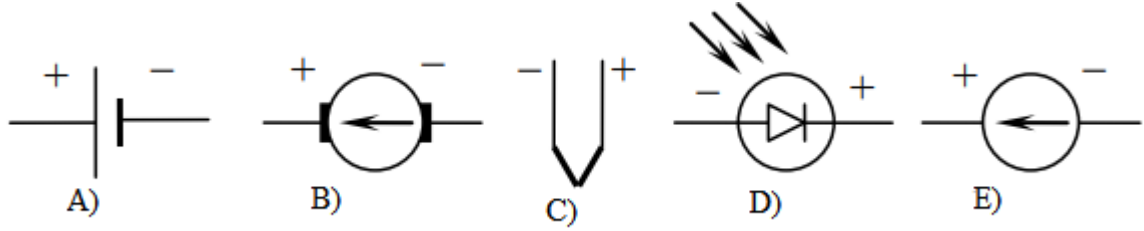
- **Bir mənbəli sadə elektrik dövrəsi**

Sabit cərəyan enerji mənbəyindən, işlədicidən və əlaqələndirici naqillərdən ibarət olan qapalı kontura sadə elektrik dövrəsi deyilir.



Sxem 1.8. Sadə elektrik dövrəsi

Dövrədə cərəyanın qiymət və istiqaməti zamandan asılı olmur və sabit qalır. Enerji mənbələrində (elektromexaniki generatorlar, termoelektriki generatorlar, qalvonik elementlər, akkumulyator batareyaları və s.) mexaniki, istilik, kimyəvi və s. enerjilər elektrik enerjisinə çevrilir.



Sxem 1.9. Sabit cərəyan mənbələrinin şərti işarələri: a) qalvanik və akkumulyator batareyaları; b) elektromexaniki generator; c) termoelektrik generatoru; d) fotoelement; e) e.h.q.-nin şərt işarəsi

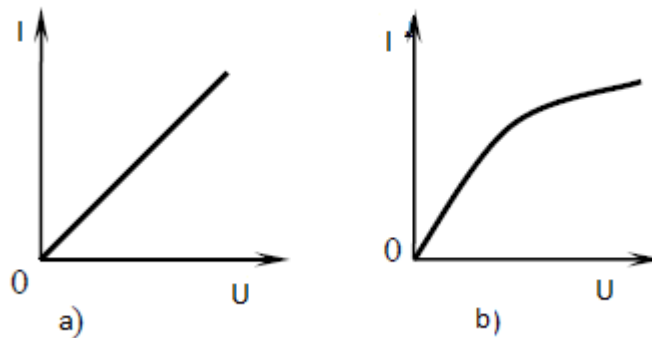
Mənbə elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.) $-E$, gərginlik $-U$, cərəyan $-I$, güc $-P$ və daxili müqavimət $-r$ ilə işarə edilir. Mənbəyin e.h.q. onun mənfə qütbündən müsbət qütbünə doğru istiqamətlənir. Mənbə daxilində cərəyan e.h.q. istiqamətində, gərginlik isə, e.h.q.-nin əksinə istiqamətlənir (e.h.q. induksiyaalan elementə aktiv element deyilir).

İşlədici nominal gərginlik $-U_n$, nominal cərəyan $-I_n$, nominal güc $-P_n$ və omik müqavimət $-R$ ilə işarə edilir. İşlədicinin normal işləməsi üçün gərginlik nominal ($U_{nom}=6,12,24,36kv$; $U_{nom}=110, 220, 440v$) qiymətə malik olmalıdır.

Aktiv Omik müqavimət ilə xarakterizə edilən dövrə elementinə rezistor deyilir. Rezistorlar, qızdırıcılar, elektrik lampaları dövrənin passiv elementləri sayılırlar.

Mənbə və işlədicini əlaqələndirən naqillər (xətlər) yüksək elektrik keçiriciliyinə malik olan mis və ya alüminiumdan hazırlanır. Elektrik dövrlərini hesabladıqda naqillərin müqaviməti kiçik olduğundan nəzərə alınmır.

Rezistorun sıxacları arasındakı gərginliklə cərəyan arasındakı asılılığa $U=f(I)$ volt-ampere xarakteristikası deyilir. Volt-ampere xarakteristikasına görə elektrik dövrləri xətti və ya qeyri-xətti olur. Xətti elektrik dövrəsində rezistorun müqaviməti gərginlik və ya cərəyandan asılı olmur, sabit qalır, volt-ampere xarakteristikası xətti olur.

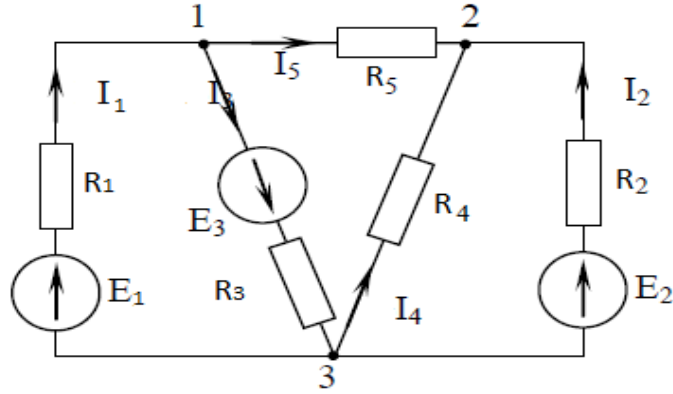


Sxem 1.10. Dövrə elementlərinin volt-ampere xarakteristikaları: a) xətti element; b) qeyri-xətti

Qeyri-xətti elektrik dövrəsində isə, rezistorun müqaviməti gərginlik, cərəyan və ya temperaturdan asılı olaraq dəyişir və volt-ampere xarakteristikası qeyri-xətti olur. Elektrik dövrləri iki cür olur: *Birmənbəli sadə və budaqlanan elektrik dövrləri*.

Sadə elektrik dövrəsi mənbədən, rezistordan (və ya ardıcıl birləşən rezistorlardan), əlaqələndirici naqillərdən ibarətdir. Birmənbəli budaqlanan elektrik dövrəsində rezistorlar paralel və ya qarışıq birləşir.

- **Çox mənbəli budaqlanan elektrik dövrləri**



Sxem 1.11. Budaqlanan elektrik dövrəsi (d=3, b=5)

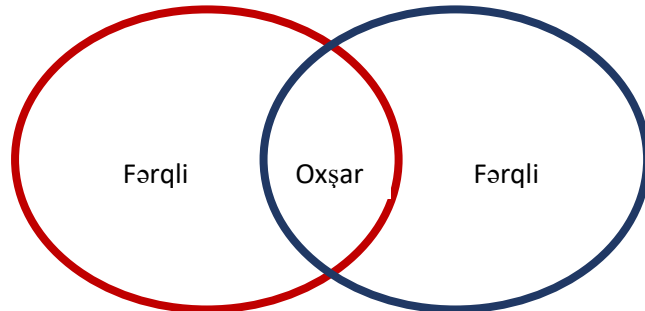
İkidən artıq düyün nöqtəsi ətrafında birləşən aktiv və passiv budaqlardan ibarət olan dövrəyə budaqlanan elektrik dövrəsi deyilir. İkidən artıq budağın birləşdiyi nöqtəyə düyün nöqtəsi (d), iki düyün nöqtəsini əlaqələndirən dövrə hissəsinə budaq (b), qapalı dövrə hissəsinə isə, kontur (k) deyilir. Sərbəst kontur elə kontura deyilir ki, həmin konturda iştirak edən budaqlardan biri və ya ikisi (sərbəst budaq-bs) o biri konturların tərkibinə daxil olmasın.

$$\text{Sərbəst konturların sayı} - K_s = b - (d - 1)$$



1.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Sadə elektrik dövrəsinin sxemini qurun;
- Cərəyanla gərginlik arasında volt-ampere xarakteristikasının qrafikini qurun;
- Bir mənbəli elektrik dövrlərində elektrik naqillərin rolunu təyin edin və sxemini qurun;
- Tələbələri 2 qrupa ayırırıq, sonra onlara Venn diaqramından istifadə edərək "Bir mənbəli və çox mənbəli elektrik dövrlərinin oxşar və fərqli cəhətlərini müqayisə edin", tapşırığı verin. Tədqiqat sualını iş vərəqində təqdim edin. İş vərəqləri lövhədən asılır və tələbələr tərəfindən müzakirə edilir;



Sxem 1.12.

- Çox mənbəli elektrik dövrəsi üçün düyün nöqtələrinin, konturların və budaqların sayını araşdırın və müzakirə edin;
- Mövzuya uyğun test nümunələri tərtib edin.



1.3.3. Qiymətləndirmə

Öyrənmə prosesinə bağlı olan qiymətləndirmə meyarı:

“Elektrik dövrəsinin əsas elementlərini şərh edir”

- Elektrik dövrəsinin əsas elementləri hansılardır?
- Dövrənin passiv elementləri hansılardır?
- Sadə elektrik dövrəsi hansı elementlərdən ibarətdir?
- İşlədicinin normal işləməsi üçün gərginliyin hansı nominal qiymətə malik olmalıdır?
- Rezistor nəyə deyilir?
- Budaqlanan elektrik dövrəsi nəyə deyilir?
- Düyün nöqtəsi nəyə deyilir?
- Kontur nədir?

1.4.1. Sabit cərəyan dövrəsinin işi və gücünü hesablayır



• Sabit cərəyanın işi

Qapalı dövrədə yükləri irəliləmə hərəkəti etdirmək üçün dövrədən cərəyan axır. Bu zaman dövrədə elektrik enerji mənbəyi müəyyən enerji sərf edir. Bu enerji mənbəyi e.h.q. E-nin həmin dövrədən keçən q elektrik miqdarına hasilinə, yəni $E \times q$ -yə bərabərdir.

Lakin bu enerji mənbəyinin gördüyü bütün iş, enerji qəbuledicisinə verilmir. Bunun bir hissəsi mənbənin və naqillərin daxili müqavimətinin dəf edilməsinə sərf olunur. Beləliklə, elektrik enerji mənbəyinin gördüyü faydalı iş:

$$A = Uq,$$

burada U —enerji qəbuledicisinin sıxaclarındakı gərginlikdir.

Elektrikin miqdarı $q = It$ olarsa, iş düsturunu aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

$$A = UIt.$$

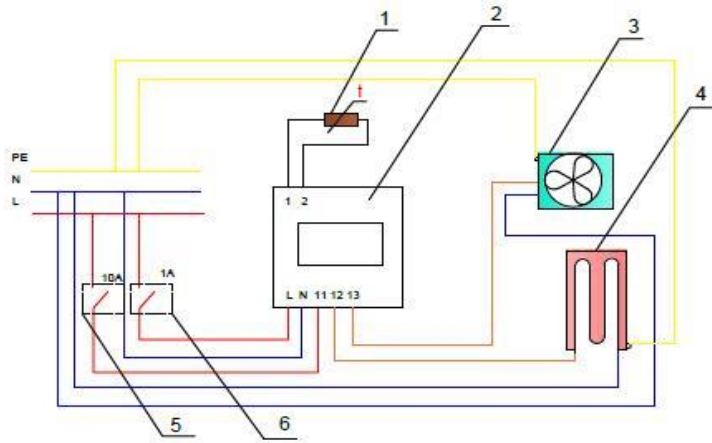
Bu düsturdan aydın olur ki, elektrik enerjisi və ya cərəyanın işi dövrədəki gərginliyin cərəyanı və bu cərəyanın keçmə müddətinə vurulma hasilidir.

$$U = Ir$$

Onda, iş düsturunu belə də yazı bilərik:

$$A = I^2 rt.$$

Ancaq alınan düsturlardan heç biri işin elektrik enerjisi generatorlarının ölçülərini müəyyən etmir. O, həm böyük və həm də kiçik generatorlar eyni, lakin müxtəlif müddətlərdə iş verə bilər. Buna görə də generatorun ölçüləri görülmüş işlə deyil, onun gücü ilə müəyyən edilir. Bu, elektrik enerjisini istehsal etməyən, enerjini işlədən istənilən elektrotexniki aparat və maşınlarla (məsələn, elektrik mühərriklərinə, elektrik lampalarına, qızdırıcı cihazlara və s.) aiddir.



Şək.1.1. Termostatın elektrik dövrəsinə qoşulma sxemi. 1-temperatura həssas element, 2-termostat, 3-ventilyator, 4-qızdırıcı, 5-10A avtomat açar, 6-1A avtomat açar

- **Sabit cərəyanın gücü**

Bir saniyə ərzində görülən (və ya sərf edilən) işə güc deyilir. Güc aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P = \frac{A}{t} = UI = I^2 r$$

İş və güc düsturlarında gərginlik–volt, cərəyan şiddəti – amper, müqavimət -om, zaman – saniyə ilə ifadə olunarsa, iş, nyoutometr və ya vatt-saniyə, yəni coul, güc isə vatt ilə alınır.

$$1 \text{ vt} = 1000 \text{ mvt.}$$

$$1 \text{ hvt} = 100 \text{ vt;}$$

$$1 \text{ kvt} = 1000 \text{ vt.}$$

$$1 \text{ vt. s} = 3600 \text{ vt. san, } 1 \text{ kvt. s} = 1000 \text{ vt. s.}$$

Elektrik cərəyanının işi və kiloqrammetr (kq m) ilə ölçülən mexaniki iş arasında belə bir nisbət vardır: $1 \text{ vt} \cdot \text{san} = 0,102 \text{ kqm}$. Mexaniki gücü ölçmək üçün saniyədə kiloqrammetr (kqm/san) vahidindən istifadə olunur: $1 \text{ kq m/san} = 9,81 \text{ vt}$.

Generatorun sıxaclarındakı gərginlik U olduqda xarici dövrədə I cərəyanı ilə ayrılan güc gərginliyin cərəyanına hasili kimi ifadə olunur, yəni:

$$P = UI.$$

Xarici müqavimət (r) çox kiçik olduqda dövrədəki cərəyan xeyli çox, generatorun sıxaclarındakı gərginlik isə çox kiçik olur. Xarici dövrənin r müqaviməti sıfıra bərabər olduqda generatorun sıxaclarındakı U gərginliyi də sıfıra bərabər olar.

$$P = 0 \cdot I = 0.$$

dövrədəki cərəyan şiddəti sıfıra bərabərdir.

$$P = U \cdot 0 = 0.$$

Generatorun daxili müqaviməti r_0 , xarici dövrənin müqaviməti isə r olarsa, dövrədəki I cərəyanında generatorun daxilində ayrılan güc $P_0 = I^2 r_0$, xarici dövrədə ayrılan güc isə $P = I^2 r$ olacaqdır.

Beləliklə, generatorun hasil etdiyi tam güc:

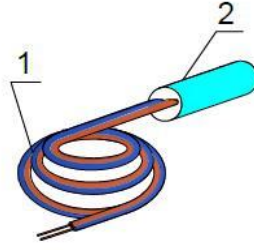
$$P_{\text{tam}} = P + P_0 = I^2 r + I^2 r_0 = I(r + r_0)$$

Axırncı bərabərliklərin sağ hissəsindəki mötərizəyə alınmış cəm generatorun e.h.q. E -ni ifadə edir, yəni:

$$E = Ir + Ir_0.$$

Deməli, generatorun tam gücünü aşağıdakı düsturla ifadə etmək olar:

$$P_{\text{tam}} = P + P_0 = EI$$



Şəkil 1.2. Temperatura həssas element. 1-termostata qoşulan naqıl; 2-temperatura həssas ilkin verici



1.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Elektrik cərəyanının işini və tətbiq sahələrini araşdırın;
- Dövrədə gərginlik $U=0$ olduqda gücü təyin edin;
- Güc vahidlərini müqayisə edin;
- Elektrik cərəyanının işi ilə ölçülən mexaniki iş arasında nisbəti araşdırın və nəticəni müzakirə edin;
- Generatorun hasil etdiyi tam gücü hesablayın.



Şəkil 1.3. Müzakirə



1.4.3. Qiymətləndirmə

Öyrənmə prosesinə bağlı olan qiymətləndirmə meyarı:

“Sabit cərəyan dövrəsinin işi və gücünü hesablayır”

- Cərəyanın işi hansı düsturla ifadə edilir?
- 1 Kv saat neçə couldur?
- Cərəyanın işindən harada istifadə olunur?
- Güc nəyə deyilir?

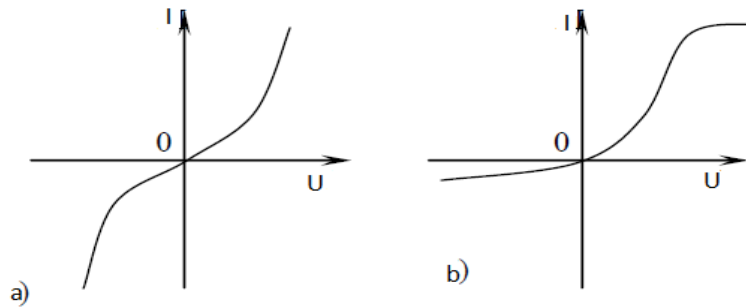
1.5.1. Sabit cərəyan dövrəsində qeyri-xətti elementləri müəyyən edir



- **Sabit cərəyan dövrəsində qeyri-xətti elementləri**

Qeyri-xətti elektrik dövrlərində işlədicinin müqaviməti gərginlikdən, cərəyandan, temperaturdan asılı olaraq dəyişir. Qeyri-xətti elementdə gərginliklə cərəyan arasındakı asılılığa volt-ampere xarakteristikası deyilir. Volt-ampere xarakteristikası $U=f(I)$ koordinat başlanğıcına nəzərən simmetrik (Sxem 1.13.a) və ya qeyri-simmetrik (Sxem 1.13.b) olur.

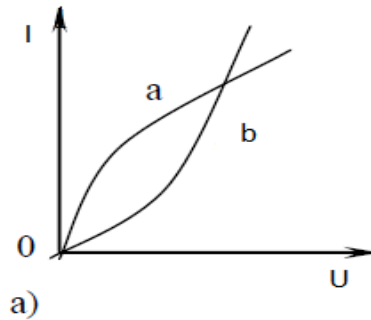
Simmetrik xarakteristikaya malik olan qeyri-xətti elementdə cərəyanın qiyməti gərginliyin istiqamətindən, müqavimət isə cərəyanın istiqamətindən asılı olmur.



Sxem 1.13. Qeyri-xətti elementlərin simmetrik (a) və qeyri-simmetrik (b) volt-ampere xarakteristikaları

Simmetrik xarakteristikaya malik qeyri-xətti elementlərə misal olaraq, elektrik lampalarını, termorezistorları, baretləri, tirit, rilit elementləri, bircinsli elektrodlar arasında yaranan elektrik qövsünü və s. göstərmək olar.

Volfram elektrodlu lampada müqavimətin temperatur əmsalı müsbət olduğundan müqavimət cərəyandan (temperaturdan) asılı olaraq artır. (Sxem 1.14.)

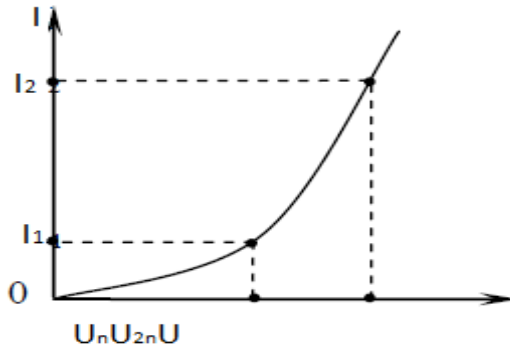


Sxem 1.14. Volfram (a) və kömür (b) elektrodlu lampaların volt-ampere xarakteristikaları

Kömür elektrodlu lampada isə, müqavimətin temperatur əmsalı mənfi olduğundan, müqavimət temperaturdan asılı olaraq azalır (Sxem 1.14.)

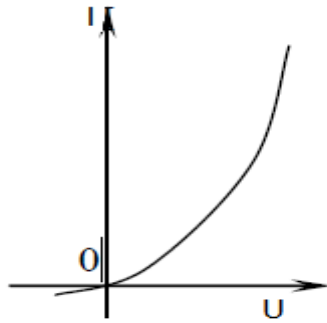
Termorezistorların volt-ampere xarakteristikası kömür elektrodlu lampada olduğu kimidir, yəni, elementdə cərəyan artarsa, müqavimət artır.

Tirit və rilit elementləri karborunoldan hazırlanır. Tirit elementin volt-ampere xarakteristikasından (Sxem 1.15.) görünür ki, gərginlikdən asılı olaraq tiritin keçiriciliyi şiddətlə artır. Gərginlik iki dəfə artarsa, tirit elementin keçiriciliyi təxminən on dəfə artır. Yarımstansiyalarda elektrik qurğularını yüksək gərginliklərdən mühafizə etmək üçün tiritdən hazırlanan ayırıcılardan istifadə edilir.



Sxem 1.15. Tirist elementin volt-ampere

Qeyri-simmetrik volt-ampere xarakteristikaya malik olan qeyri-xətti elementlərə misal: cive düzləndiricilərini, yarımkeçirici diod və triodları, qeyri-bircinsli elektrodlar arasında yaranan elektrik qövsünü və s. göstərmək olar. Bu elementlərdən əsas dəyişən cərəyanı sabit cərəyanə çevirən düzləndiricilərdə istifadə edilir.

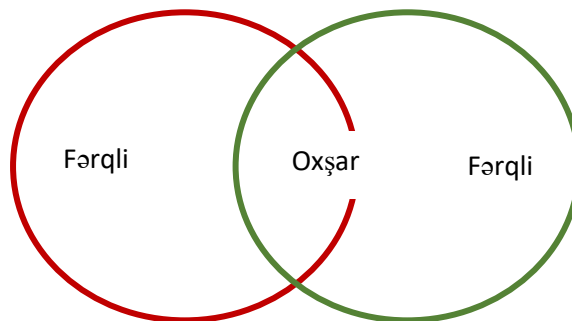


Sxem 1.16.. Yarımkeçirici diodun volt-



1.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Qeyri-xətti elementlərin simmetrik və qeyri-simmetrik volt-ampere xarakteristikasını araşdırın və müqayisə edin;



Sxem 1.17.

- Simmetrik xarakteristikaya malik qeyri-xətti elementlərə misallar göstərin;
- BİBÖ iş üsulundan istifadə edərək qeyri-simmetrik volt-ampere xarakteristikaya malik olan qeyri-xətti elementlərə aid nümunələr göstərin, müqayisə edin və nəticə çıxarın.

Müəllim lövhədə 3 sütundan ibarət cədvəl qurur və aşağıdakı bölmələri qeyd edir:

Bilirəm	Bilmək istəyirəm	Öyrəndim

Cədvəl1.1.

Şagirdlər əvvəl mənimsəmiş olduqları bilikləri bir daha nəzərdən keçirir və öyrənmək, cavabını tapmaq istədiyi məsələləri, sualları müəyyənləşdirir. Bu məqsədlə müəllim özü və ya şagirdlər cütlər, qruplar halında mətni oxuyur. Cütlər və ya qruplar mövzu barəsində əvvəlki biliklərinə dair qeydlər aparırlar. Mətn oxunduqdan sonra müəllim ikinci sütundakı suallara qayıdır, əgər mətndə sualların cavabları verilərsə, onları üçüncü sütunda qeyd etməyi tapşırır.

Şagirdlərin qeydləri dinlənilir, məqsədəuyğun sayılan cavablar müvafiq sütunda qeyd edilir. Şagirdlər əvvəlki biliklərini (birinci sütunda qeyd edilənləri) yeni öyrəndikləri biliklərlə (yeni öyrənilənlər sütunundakı məlumatla) müqayisə edir, nəticələr çıxarırlar.

- Mövzuya uyğun test nümunələri qurun.



1.5.3. Qiymətləndirmə

Öyrənmə prosesinə bağlı olan qiymətləndirmə meyarı:

“Sabit cərəyan dövrəsində qeyri-xətti elementləri müəyyən edir”

- Qeyri-xətti elektrik dövrlərində işlədicinin müqaviməti nədən asılı olaraq dəyişir?
- Volt-ampere xarakteristikası nədir?
- Volfram elektrodlu lampada müqavimətin temperatur əmsalı müsbət olduqda, müqavimət cərəyandan asılı olaraq necə dəyişir?
- Yarımstansiyalarda elektrik qurğularını yüksək gərginlikdən mühafizə etmək üçün hansı ayırıcılardan istifadə edilir?
- Test

1.6.1. Cərəyan mənbələri (akkumulyator) müəyyən edir



• Cərəyan mənbələrini (akkumulyator)

Cərəyan mənbələri müxtəlif olur, lakin bunların hər birində müsbət və mənfi yüklü zərrəciklərin ayrılması üçün iş görülür. Ayrılmış zərrəciklər cərəyan mənbəyinin qütblərində toplanır. Cərəyan mənbəyinin bir qütbü müsbət, digəri isə mənfi yüklənir. Cərəyan mənbələrində yüklü zərrəciklərin ayrılması üçün iş prosesində enerjinin mexaniki, kimyəvi, daxili və ya hər hansı başqa bir növü elektrik enerjisinə çevrilir. Bunlardan bir neçəsini sadalayaq:

İlk cərəyan mənbəyini italyan alimi A. Volta hazırlamışdır. Bu cərəyan mənbəyi italyan alimi L. Qalvaninin şərəfinə qalvanik element adlandırılmışdır. Qalvanik elementlərdə kimyəvi reaksiyalar baş verir, bu reaksiyalar zamanı ayrılan daxili enerji elektrik enerjisinə çevrilir. Bir neçə qalvanik element batareyə əmələ gətirir.

Elektrofor maşında mexaniki enerji elektrik enerjisinə çevrilir. Elektrik akkumulyatorları (latınca akkumulyator sözündən olub – toplamaq deməkdir) da qalvanik cərəyan mənbələrinə aiddir.

Ən sadə akkumulyator sulfat turşusu məhluluna salınmış iki qurğuşun lövhədən (elektroddan) ibarətdir. Akkumulyatorun cərəyan mənbəyi olması üçün onu doldurmaq (yükləmək) lazımdır. Doldurma (yükləmə) zamanı kimyəvi reaksiyalar nəticəsində elektrodun biri müsbət, o biri mənfi yüklənmiş olur. Qurğuşunlu və ya turşulu akkumulyatorlardan başqa, dəmir-nikelli və ya qələvili akkumulyatorlar da geniş tətbiq olunur. Onlarda qələvi məhlullardan istifadə olunur, lövhələrdən biri preslənmiş (sıxılmış) dəmir tozundan, ikincisi nikel peroksidindən ibarətdir.

Elektrik stansiyalarında elektrik cərəyanını generatorların (latın sözüdür, «yaradan», «istehsal edən» deməkdir) köməyi ilə alırlar.



Şəkil 1.4. Akkumulyator



1.6.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Cərəyan mənbələrində yüklü zərrəciklərin ayrılması üçün enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi prinsipini təyin edin;
- Akkumulyatorun cərəyan mənbəyi olması üçün onun yüklənməsi (doldurulmaq) işini araşdırıb öyrənin;
- Qrupu 3-5 nəfərdən ibarət qruplara bölün. İri ağ kağızda “Ən çox tətbiq olunan akkumulyatorların növlərini” karusel üsulundan istifadə edərək tapşırıq verin. Kağızı saat əqrəbi istiqamətində digər qruplara ötürün. “Karusel” üsulundan istifadə edərək tapşırıq verilmiş kağızı bütün qruplara ötürərək axırda öz qrupuna qaytarın. Sonda təqdimatı yazı lövhəsinə yapışdırın, müqayisə edib, ümumiləşdirmələr aparın;



Sxem 1.18

- Elektrik stansiyalarında cərəyanın generatorlarda hasil olması prinsipini internet vasitəsi ilə araşdırın və müzakirə edin. Mövzuya uyğun test tapşırıqları tərtib edin.



1.6.3. Qiymətləndirmə

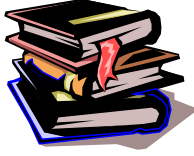
Öyrənmə prosesinə bağlı olan qiymətləndirmə meyarı:
“Cərəyan mənbələri (akkumulyator) müəyyən edir”

- Cərəyan mənbələri dedikdə nə başa düşürsünüz?
- İlk cərəyan mənbəyi necə adlanır?
- Ayrılmış zərrəciklər cərəyan mənbəyində harada toplanır?
- Elektrofor maşında hansı elektrik çevrilməsi baş verir?

- Doldurma (yükləmə) zamanı nəyin nəticəsində elektrodun biri müsbət, o biri mənfi yüklənmiş olur?
- Batareya nədir?
- Elektrik stansiyalarında elektrik cərəyanını hansı elektrik maşınının köməyi ilə alırlar?
- Test

Təlim nəticəsi 2: Dəyişən cərəyan elektrik dövrəsini qurulması barədə bilir

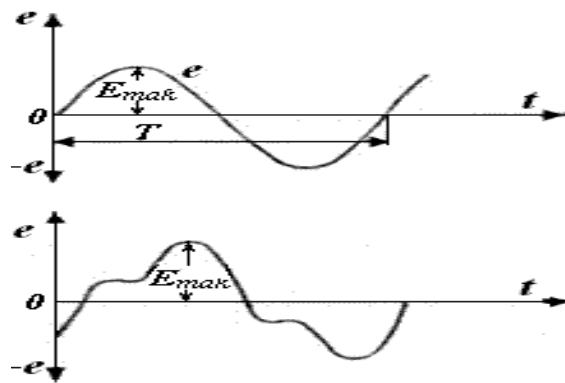
2.1.1. Dəyişən cərəyanla əlaqədar əsas anlayışları müəyyən edir



- **Dəyişən cərəyanla əlaqədar əsas anlayışları**

Sinusoidal dəyişən cərəyan - Elektrotexnikada, ümumiyyətlə, həm qiyməti, həm də istiqaməti sabit qalmayan cərəyanlara *dəyişən cərəyanlar* deyilir. Belə cərəyanların zamandan asılı olaraq dəyişmə qanunları müxtəlif ola bilər. Bunlardan elektrotexnikada ən çox işlədirlənləri sinus və kosinus qanunu ilə dəyişən cərəyanlardır.

Elektrik dövrlərindən keçən periodik dəyişən cərəyanlar aydındır ki, mənbələrdə (generatorlarda) induksiyaalanmış həmin qanunlu periodik dəyişən elektrik hərəkət qüvvələrinin təsiri ilə yaranır. Ona görə də dövrdəki cərəyanın dəyişmə qanunu əsas etibarilə onu yaradan e.h.q.-nin dəyişməsindən asılı olaraq təyin olunmalıdır.



Sxem 2.1. Periodik dəyişən bir elektrik hərəkət qüvvəsinin ayrılması

Sxem 2.1 – də periodik dəyişən bir elektrik hərəkət qüvvəsinin ayrılması göstərilmişdir. Əyrilərin müsbət hissəsi e.h.q.-nin bir istiqamətə, mənfəi hissəsi isə digər istiqamətə təsirini göstərir.

Bir tam dəyişmənin zamanına (T) – *period*, bir saniyədə əmələ gələn tam dəyişmələrin sayına isə (f) – *tezlik* adı verilmişdir. Buna görə də tezlik periodun həmişə əks qiymətinə bərabər olur.

Period adlanan T zamanı müddətində rəqslərin fazası 2π bucağı qədər dəyişir və rəqslərin dövrü yenidən təkrar olunur. Beləliklə, period və bucaq tezliyi $\omega T = 2\pi$ ifadəsi ilə əlaqədə olur. Periodun uzunluğu saniyələrlə ölçülür. Periodun tərs qiyməti tezlik adlanır və f ilə işarə olunur. Tezlik periodları miqdarı ilə təyin edilir:

$$f = 1/T$$

$f = 1/T$ və Tezlik **1 / san** və ya **Hers (Hs)** vahidi ilə ölçülür. Göründüyü kimi:

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi f$$

Sənayedə tətbiq olunan dəyişən cərəyanların tezliyi, qəti olaraq sabit saxlanılmalıdır.

Texnikada istifadə edilən tezliklər diapazonu çox genişdir. Azərbaycanın və Avropa ölkələrinin energetika sistemlərində istehsal edilən tezlik 50 Hs- dir. Bu tezliyə sənaye tezliyi deyilir və $T = 0,02$ s və $\omega = 314$ rad/san –yə uyğun gəlir. ABŞ-da, Kanadada və Yaponiyada enerji təchizatı 60 Hs tezlikdə yerinə yetirilir.

Dəyişən cərəyanın tezliyi, ümumiyyətlə, onu hasil edən maşının (generatorun) qütbləri sayından və sürətindən asılıdır. Belə ki, ikiqütblü maqnit sahəsi içərisində bir saniyədə, bir tam dövr edən keçirici sargıda induksiyaalanmış e.h.q. bir dəfə tam dəyişmiş olur.

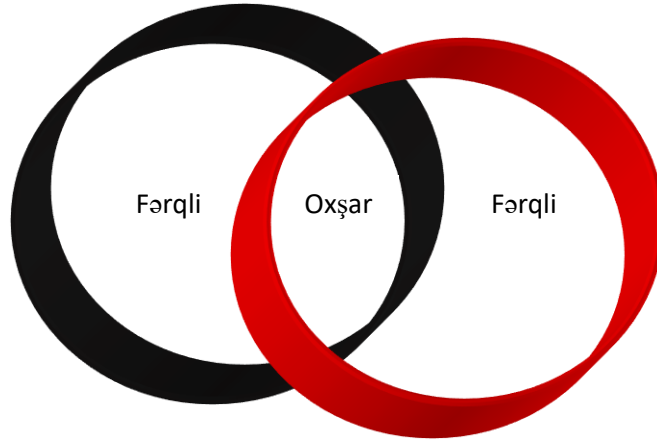
Əgər qütblərin sayı iki yox $2p$ qədər, dövrlərin sayı isə saniyədə $n / 60$ olursa, o zaman e.h.q.-nin bir saniyədəki dəyişmələri sayı (tezliyi), müvafiq surətdə artmış, yəni $f = \frac{p \cdot n}{60}$ olacaqdır.

Dəyişən elektrik cərəyanı işıqlandırmada, rabitə texnikasında və elektrotermiyada, həmçinin məişət cihazlarında geniş tətbiq olunur.



2.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Elektrik hərəkət qüvvəsinin zamandan asılılığını təyin edin;
- Azərbaycanda cərəyanın tezliyi ilə Avropada cərəyanın tezliyini araşdırın və müqayisə edin;
- Rotorun fırlanmasının bucaq sürətini hesablayın;
- Sabit və dəyişən cərəyanın tətbiq sahələrini internet vasitəsi ilə araşdırın, oxşar və fərqli cəhətlərini venn diaqramı vasitəsilə müqayisə edin;



Sxem 2.2

- Cərəyanın sabit və dəyişən olmasının hansı kəmiyyətdən asılılığını göstərin.



2.1.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Dəyişən cərəyanla əlaqədar əsas anlayışları müəyyən edir”

- Tezlik nəyə deyilir?
- Dəyişən cərəyan hansı qanunla dəyişir?
- Cərəyanın ani qiymətinin düsturunu yazın.
- Dəyişən cərəyanın tətbiq sahələri hansılardır?

2.2.1. Başlanğıc faza və faza sürüşməsinə izah edir



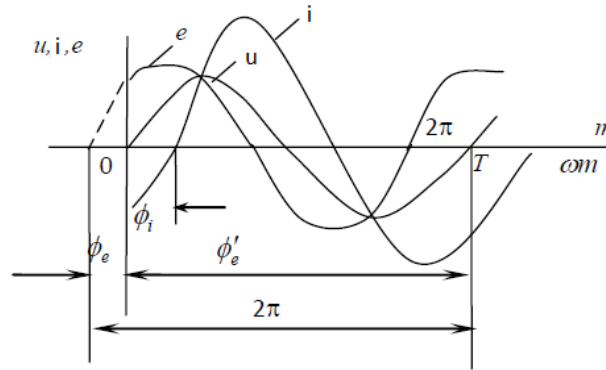
- **Başlanğıc faza və faza sürüşməsinə**

Periodik dəyişən kəmiyyətin bir tam period ərzində istiqaməti – iki dəfə, qiyməti isə fasiləsiz olaraq dəyişir. Bundan əlavə, qiymət iki dəfə öz maksimal həddinə çatır ki, kəmiyyətlərin belə ən böyük qiymətlərinə *maksimal qiymətlər* deyilir.

Sxem 2.3. -də cərəyanın, gərginliyin, elektrik hərəkət qüvvəsini (e. h. q -)nin ani qiymətlərinin qrafikləri təsvir edilmişdir. Göründüyü kimi, sinusoidal rəqslərin fazaları müxtəlifdir. Hesabatın başlanğıc anında ($t=0$) gərginlik sıfır fazasından keçir, yəni gərginliyin başlanğıc fazası sıfıra bərabərdir ($\psi_U=0$).

Cərəyan sinusoidasının başlanğıcı hesabatın başlanğıcından sağa sürüşmüşdür. Cərəyanın başlanğıc fazası ψ_I cərəyan sinusoidasının başlanğıcından hesabatın başlanğıcına qədər qəbul edilir. Sxem 2.2.-dəki qrafikdən göründüyü kimi sinusoidanın başlanğıcı koordinat başlanğıcından sağa tərəf sürüşdükdə başlanğıc faza mənfi ($\psi_I < 0$), sola tərəf sürüşdükdə isə – müsbət olur ($\psi_e > 0$).

Eyni tezlikli bir neçə sinusoidal elektrik kəmiyyətlərini birlikdə nəzərdən keçirdikdə adətən onların faza bucaqları arasındakı fərq maraqlıdır. Həmin fərqi faza sürüşməsi bucağı deyilir. İki sinusoidal funksiyanın faza sürüşməsi onların başlanğıc fazalarının fərqi kimi təyin edilir.



Sxem 2.3. E.h.q. gərginlik və cərəyanın ani qiymətlərinin qrafikləri

Dövrə hissələrindəki cərəyanla gərginlik arasındakı faza sürüşməsi bucağı cərəyanın başlanğıc fazasını gərginliyin başlanğıc fazasından çıxmaqla təyin edilir.

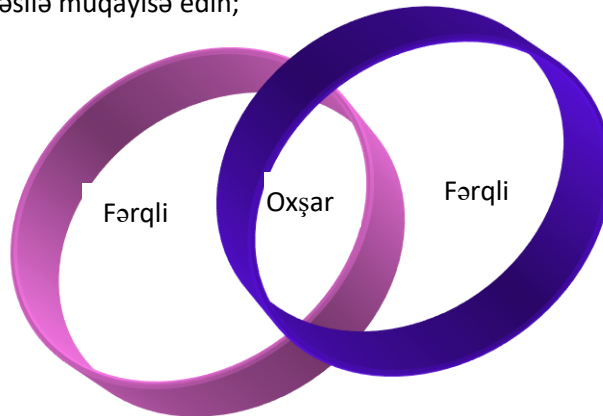
$$\varphi = \psi_u - \psi_i$$

φ - bucağı cəbri kəmiyyətdir. Əgər $\psi_u > \psi_i$ olarsa, onda $\varphi > 0$, bu halda deyirlər. Gərginlik cərəyanı fazaca irəliləyir və ya cərəyan gərginlikdən fazaca geri qalır. $\psi_u < \psi_i$ olan halda $\varphi < 0$, yəni, gərginlik fazaca cərəyandan geri qalır və ya cərəyan gərginliyi irəliləyir.



2.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Faza sürüşmə bucağını təyin edin;
- Elektrik hərəkət qüvvəsini gərginlik və cərəyanın ani qiymətlərinin qrafiklərini qurun və müzakirə edin;
- Fazanın mənfi və müsbət olmasını koordinat başlanğıcından asılılığını təyin edin;
- Elektrik hərəkət qüvvəsini gərginlik və cərəyanın ani qiymətlərini venn diaqramı vasitəsilə müqayisə edin;



Sxem 2.4.

- Mövzuya aid test tərtib edin.



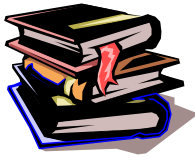
2.2.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Başlanğıc faza və faza sürüşməsinə izah edir”

- Maksimal qiymətlər nəyə deyilir?
- Başlanğıc fazanın (-) və (+) olması nədən asılıdır?
- $\varphi > 0$ olarsa gərginlik cərəyandan necə asılı olar?
- Faza sürüşmə bucağını tapın.

2.3.1. Dəyişən cərəyan dövrəsinin ideal elementlərini müəyyən edir

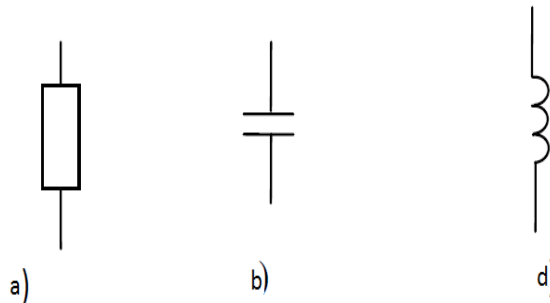


• Dəyişən cərəyan dövrəsinin ideal elementləri

Dəyişən cərəyan dövrləri sabit cərəyan dövrlərinə nisbətən daha mürəkkəbdir, dəyişən cərəyan dövrəsinin hər hansı hissəsində elektrik enerjisinin dönməyən enerjiyə çevrilməsi ilə yanaşı elektromaqnit sahəsinin təsiri də baş verir, yəni yerdəyişmə cərəyanları və e.h.q. iştirak edirlər. Bu səbəbdən, elektrotexniki məsələlərin əksəriyyətini həll edərkən bir sıra şərtliliklərə yol verilir və nəticədə dəyişən cərəyan dövrəsinin təhlili sadələşir, eyni zamanda alınmış nəticələr praktikanı təmin edir. Misal olaraq, közərmə lampasını dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşduqda baş verən prosesləri nəzərdən keçirək. Əlbəttə közərmə telinin sarğıları arasında elektrik tutumu mövcuddur, həmçinin tel müəyyən induktivliyə malikdir. Lakin, sənaye tezliyində telin sarğıları arasındakı dielektrikdəki yerdəyişmə cərəyanları metal teldəki keçiricilik cərəyanından çox kiçik olduğu üçün, sarğılar arasındakı tutumu sifra bərabər qəbul edilir. Həmçinin, közərmə telindəki e.h.q-də çox kiçik olduğu üçün nəzərə alınmır, yəni közərmə telinin induktivliyini sifra bərabər olduğu qəbul edilir. Belə fərziyyələrdə ($C=0, L=0$) lampa ancaq elektrik enerjisinin istilik və şüalanma enerjisinə çevrilməsi prosesi ilə xarakterizə olunur. Bu halda, lampa dövrəsinə R müqavimətinə malik ideal rezistiv elementli dövrə adlandırılır.

İdeal rezistiv elementlərə misal olaraq, reostatları, elektrik qızdırıcı cihazlarının əksəriyyətini, elektronikada istifadə olunan bir sıra rezistorları göstərmək olar. İdeal rezistiv elementin əvəz sxemlərində şərti təsvirlərinin sxemi 2.4-də göstərilmişdir.

Elektrik dövrəsinin digər ideal elementi kimi kondensatoru göstərmək olar. Kondensatorun istiliyə çevrilən elektrik enerjisinin çox kiçik olduğu üçün nəzərə alınmamaq olar. Nəticədə,



Sxem 2.5. Əvəz sxemlərində ideal elementlərin şərti işarələrinin təsviri: rezistiv (a), tutum (b), induktiv (d)

kondensatorla baş verən energetik proseslər (elektrik sahəsinin maqnit və əksinə çevrilməsi) elektrik sahəsindəki proseslərlə xarakterizə oluna bilər. Bu halda, kondensator –dəyişən cərəyan dövrəsinin ideal tutum elementi adlanır. Əvəz sxemlərində tutum elementinin işarəsi sxem 2.5-də göstərilmişdir.

Digər ideal elementə misal olaraq induktiv sarğacı göstərmək olar. Sənaye tezliyində sarğılar arasındakı tutumu və dolağın naqillərinin qızmasına sərf edilən elektrik enerjisini nəzərə almadıqda,

induktiv sargacı ideal induktiv element kimi qəbul etmək olar. İdeal induktiv elementdə baş verən energetik proseslər isə maqnit sahəsindəki hadisələrlə əlaqədar olur. İnduktiv elementin şərti qrafiki sxem 2.5-də göstərilmişdir.

Dəyişən cərəyan dövrəsinin ideal elementlərindən istifadə etməklə hesabat üçün əvəz sxemlərinə keçmək mümkün olur, yəni istənilən real elektrotexniki qurğunun riyazi modelini yazmaq mümkün olur.



2.3.2 Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- İdeal rezistiv elementlərə misallar göstərin;
- Rezistiv elementinin şərti qrafiki işarəsini göstərin;
- Tutum elementinin şərti qrafiki işarəsini çəkin;
- İnduktiv elementinin şərti qrafiki işarəsini çəkin;
- Mövzuya uyğun test nümunələri tərtib edin.



2.3.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Dəyişən cərəyan dövrəsinin ideal elementlərini müəyyən edir”

- İnduktivlik nəyə deyilir?
- Lampa dövrəsini nə zaman R müqavimətinə malik ideal rezistiv dövrə adlandırırlar?
- Kondensatordan hansı məqsəd üçün istifadə edilir?
- Test

2.4.1. Sinusoidal cərəyanın elektrik hərəkət qüvvəsi və gərginliyin təsiredici qiymətlərini təyin edir



- **Sinusoidal cərəyanın elektrik hərəkət qüvvəsi və gərginliyin təsiredici qiymətləri**

Dəyişən cərəyanların tətbiqi praktikasında elektrik kəmiyyətlərinin təsiredici qiymətləri anlayışından geniş istifadə olunur.

Dəyişən cərəyanın istilik, istərsə də elektrodinamik təsirləri cərəyan şiddətinin kvadratı ilə təyin olunur. Ona görə də dəyişən cərəyanın tətbiqi və ondan alınan effektlər bəzində mühakimə aparmaq üçün onun bir period ərzindəki orta kvadratik qiymətini bilmək lazımdır.

Periodik dəyişən elektrik kəmiyyətinin bir period ərzindəki orta kvadratik qiymətinə, həmin kəmiyyətin *təsiredici* və ya *effektiv qiyməti* deyilir.

Dəyişən cərəyanın effektiv qiyməti (***I***), eyni zaman ərzində onun işini görə bilən ekvivalent bir sabit cərəyanın, yəni qiymət və istiqaməti zamandan asılı olaraq dəyişməyən cərəyanın qiymətinə deyilir.

Cərəyanın təsiredici qiyməti:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad \text{və yaxud} \quad I_m = \sqrt{2}I$$

Sinusoidal dəyişən gərginlik, e. h. q. və maqnit selinin təsiredici qiymətləri üçün aşağıdakı ifadələri yazmaqla:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}, \quad \Phi = \frac{\Phi_m}{\sqrt{2}}$$

Düzləndirici qurğuların təhlili və hesablanmasında dəyişən cərəyanın, e. h. q. -nin və gərginliyin orta qiymətlərindən istifadə edilir ki, o da dəyişən kəmiyyətin yarım period ərzindəki orta ədədi qiymətinə bərabərdir.

$$E_{or} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} E_m \sin \omega t dt = \frac{2E_m}{\pi} = 0.637E_m$$

Uyğun olaraq cərəyanın və gərginliyin orta qiymətləri təyin edilə bilər.

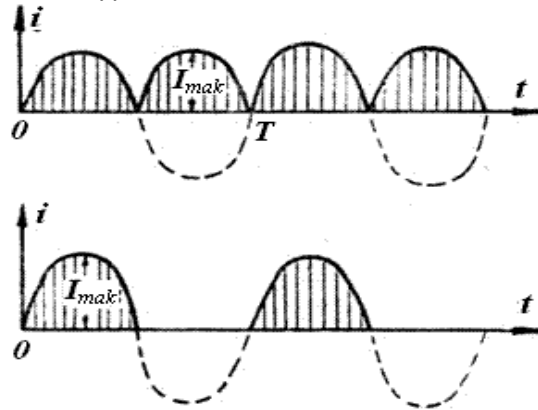
$$I_{or} = \frac{2I_m}{\pi}, \quad U_{or} = \frac{2U_m}{\pi}$$

Dövrü dəyişən kəmiyyətin təsiredici qiymətinin orta qiymətə olan nisbətində əyrinin forma əmsalı deyilir:

$$K_f = \frac{E}{E_{or}} = \frac{I}{I_{or}} = \frac{U}{U_{or}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$$

Hazırda sabit cərəyanı, sinusoidal dəyişən cərəyandan düzləndirmək yolu ilə əldə edirlər, çünki bu üsul sabit cərəyan generatorları tətbiq etməkdən çox qənaətli və daha əlverişlidir.

Düzləndirmə iki cür olur: biryarım periodlu və ikiyarım periodlu. Ən çox işlədilən ikiyarım periodlu düzləndirmədir. Düzləndiricilərdən alınan düzləndirilmiş gərginliyin və ya cərəyanın orta qiymətləri düzləndirməni xarakterizə edən kəmiyyətlərdir.



Sxem 2.6. Biryarım periodlu və iki yarım periodlu düzləndirilmiş cərəyan əyriləri

Sxem 2.6.-da aşağıdan yuxarı olaraq biryarım periodlu və iki yarım periodlu düzləndirilmiş cərəyan əyriləri göstərilmişdir. Bu əyrilərə çox vaxt *düzləndirilmiş sinusoidlər* deyilir.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, düzləndirilmiş cərəyan, daha doğrusu sabit cərəyan yarım sinusoidin orta qiymətinə bərabər olmalıdır.

Bu orta qiymət ikiyarım periodlu düzləndirmədə – yarım period, biryarım periodlu düzləndirmədə isə bir tam period ərzində tapılmalıdır.



2.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Dəyişən cərəyanın orta qiyməti ilə təsiredici qiymətini araşdırın və müqayisə edin;
- Sinusoidal kəmiyyətlərin amplitudası və təsiredici qiymətləri arasındakı əlaqəni təyin edin və təqdimat hazırlayın;
- Sinusoidal dəyişən gərginlik, e. h. q. və maqnit selinin təsiredici qiymətlərini araşdırın və müqayisə edin;
- Əyrinin forma əmsalını təyin edin.



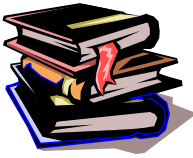
2.4.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Sinusoidal cərəyanın elektrik hərəkət qüvvəsi və gərginliyin təsiredici qiymətlərini təyin edir”

- Sabit cərəyan necə əldə edilir?
- Əyrinin forma əmsalı nəyə deyilir?
- Dəyişən cərəyanın təsiredici qiyməti nəyə deyilir?
- Düzəndirmə neçə cür olur?

2.5.1. Dəyişən cərəyan dövrəsinin aktiv, reaktiv və tam güclərini təyin edir



- **Dəyişən cərəyan dövrəsinin aktiv, reaktiv və tam güclərini**

Elektrik cərəyanı keçən dövrdə müəyyən iş görülmüş olur. Bu iş əmələ gələn istilik (və ya işıq), mexaniki hərəkət və başqa şəkillərdə təzahür edir. Cərəyan tərəfindən görülən işi xarakterizə etmək üçün həmin işin vahid zamanda görülən hissəsini, daha doğrusu, cərəyanın gücünü tapmaq lazımdır.

Sabit cərəyan dövrəsində elektrik cərəyanının gücü, keçmişdə göstərilədiyi kimi,

$$P = UI \text{ və ya } P = I^2 r$$

şəklində ifadə olunur. Dəyişən cərəyanın həm özü, həm də alınan effektləri sabit cərəyandan fərqlənir. Ona görə də burada həm sərf edilən enerji, həm də güc başqa şəkildə ifadə olunmalıdır.

Tutaq ki, dəyişən cərəyan dövrəsi sinusoidal dəyişən gərginlikli generatora bağlanmışdır. Bu halda dövrdən keçən cərəyan şiddəti də sinus qanunu ilə dəyişəcəkdir. Beləliklə gərginlik və cərəyan şiddəti üçün

$$u = U_m \sin \omega t \\ i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$

ifadələrini yazırıq. İstər gərginlik, istərsə də cərəyan şiddəti periodik dəyişdiyindən sabit cərəyan dövrəsinin qanunlarını onların ancaq ani qiymətlərinə tətbiq etmək olar. Beləliklə, gücün ani və enerjinin elementar qiymətini tapmaq mümkündür.

Sonsuz kiçik zaman içərisində görülən elementar iş belə ifadə edilir:

$$dA = u i dt = p dt$$

Görülən işin bir tam period içərisindəki qiyməti

$$A = \int_0^T u i dt = \int_0^T p dt \text{ olacaqdır.}$$

Dəyişən cərəyanın bir period ərzindəki orta gücü

$$P = UI \cos \varphi \text{ şəklində alınır.}$$

Demək, dəyişən cərəyanın orta gücü, cərəyan şiddəti ilə gərginliyin effektiv qiymətlərinin aralarındakı bucaq kosinusuna vurma hasilinə bərabərdir.

Dəyişən cərəyanın gücü $UI \cos \varphi$ eyni qiymətli (U və I) sabit cərəyanla nisbətən bir qədər kiçik alınır. Dəyişən cərəyanın gücü $\cos \varphi$ -dən asılı olduğu üçün eyni U və I qiymətli dövrlərdə, $\cos \varphi$ -nin müxtəlif qiymətləri qiymətləri üçün müxtəlif olur.

Buna görə cərəyan şiddəti və gərginlikləri eyni olan dəyişən və sabit cərəyan güclərinin nisbətində güc *koefisienti* adı verilib, $\cos \varphi$ ilə işarə edilir.

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

Dəyişən cərəyan dövrlərində güc ölçən cihazların (vattmetrin) ölçdüyü güc $P = UI \cos \varphi$ olur. Belə gücə *aktiv güc* deyilir. Bu halda ampermetr və voltmeter qoşmaqla alınan göstərişlərin vurma hasilini UI aktiv gücdən həmişə böyük olur.

Bu kəmiyyət dəyişən cərəyan dövrəsində verilmiş qiymətli U və I kəmiyyətlərindən alınacaq ən böyük qiymətli gücü göstərir, çünki burada güc koefisienti vahidə bərabər ($\cos \varphi = 1$) qəbul edilmişdir. Bu gücə şərti olaraq *tam güc və ya zahiri güc* deyilir və S ilə işarə olunur: $S=UI$

Demək tam güc, dəyişən dövrəsindən nə qədər enerji ala bilmək imkanını təyin edən, aktiv güc isə verilmiş şəraitdə nə qədər istifadə olunduğunu göstərən kəmiyyətlərdir. Bu gücləri bir-birindən ayırmaq üçün onların ölçü vahidlərini ayrı-ayrı adlarla adlandırmaq lazımdır. Məsələn üçün aktiv güc vat və ya kilovatt, tam gücü isə voltamper və ya kilovatamper ilə ölçülür.

Dəyişən cərəyan dövrlərində alınan enerji rəqsinin ölçüsü, şərti olaraq,

$$Q = UI \sin \varphi$$

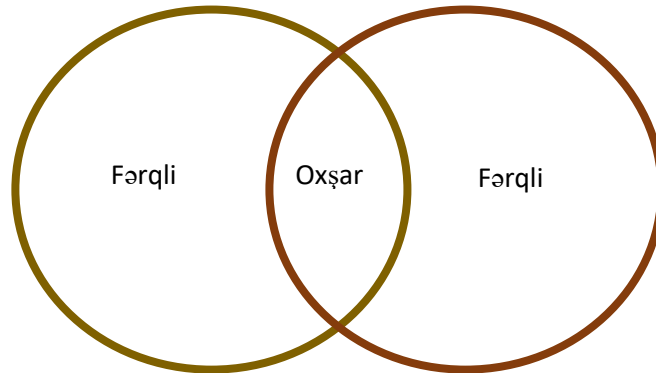
Vurma hasilində qəbul edilir. Bu kəmiyyətə *reaktiv güc* adı verilir. Həmin reaktiv güc, tam güc kimi voltamper və ya kilovoltamper vahidləri ilə ölçülməlidir.

Reaktiv güc vasitəsilə, ümumiyyətlə, maqnit və elektrik sahəsi yaratmağa sərf olunan enerjilər xarakterizə edilir. Ona görə də, reaktiv güc elektrotexnikada xarakterik bir kəmiyyət kimi qəbul edilmişdir.



2.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Güc koefisientini təyin edin;
- Reaktiv və aktiv gücü müqayisə edin;



Sxem 2.7

- Test nümunələri tərtib edin.



2.5.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Dəyişən cərəyan dövrəsinin aktiv, reaktiv və tam güclərini təyin edir”

- Aktiv güc nəyə deyilir?
- Aktiv gücün düsturunu yazın.
- Reaktiv güc nəyə deyilir?
- Reaktiv gücün düsturunu yazın.
- Tam gücün düsturunu yazın.

Təlim nəticəsi 3: Üç fazlı dövrlərin qurulmasını bacarır

3.1.1. Üçfazlı sistemləri qurur



• Üçfazlı sistemlər

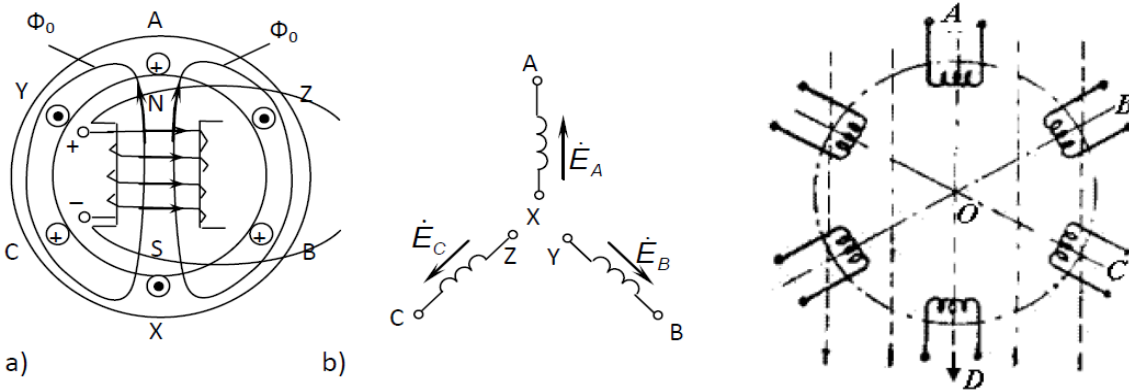
Üçfazlı sistemlərdə adətən dolaqların başlanğıc ucları A,B,C son ucları X,Y,Z hərfləri ilə işarələnir. Dolaqların oxları fəzada bir-birinə nəzərən 120° bucaq sürüşdürülmüşdür. Buna görə də dolaqlarda induksiyaalan e.h.q.-lər faza etibarilə bir-birinə nəzərən 120° bucaq, yaxud $1/3$ period qədər sürüşdürülmüşdür.

Üçfazlı mənbədə : $\Psi=360^\circ/3=120^\circ$, altı fazlı mənbədə: $\Psi=360^\circ/6=60^\circ$, 12 fazlı mənbədə: $\Psi=360^\circ/12=30^\circ$.

Birfazlı dəyişən cərəyandan fərqli olaraq, üçfazlı cərəyan aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

1. Üçfazlı generatorun və ya transformatorun faza dolaqları ulduz birləşsə və neytral xətt mövcud olarsa, belə sistemdə iki gərginlik (faza gərginliyi- $U_f=220V$ və xətt gərginliyi – $U_x=380V$) yaranır. Faza gərginliyindən əsasən işıqlandırmada, xətt gərginliyindən isə güc sistemlərində (elektrik mühərriklərində) istifadə edilir.
2. Üçfazlı cərəyanın enerjisini uzaq məsafəyə ötürdükdə ulduz birləşmiş sistemdən (4 xətdən) istifadə edilir. Bu halda xətlərin sayı 2 dəfə, onlara sərf olunmuş mis və ya alüminium naqillərin çəkisi, xətlərdə yaranan gərginlik və güc itkiləri azalar və sistemin f.i.ə. artar.
3. Üçfazlı sistemdə fırlanan maqnit sahəsi yaratmaq olur. Asinxron və sinxron mühərriklərin iş prinsipi fırlanan maqnit sahəsinə əsaslanır. Sənayedə geniş tətbiq edilən asinxron mühərriklərin konstruksiyası sadə olur, ucuz başa gəlir və təmirə az ehtiyacı olur.

Üçfazlı elektrik dövrəsi enerji mənbəyindən (üçfazlı generator və ya transformator), bir və ya üçfazlı işlədicidən ibarət olur. Elektrik stansiyalarında üçfazlı e.h.q. sinxron generatorlardan alınır. Sxem 3.1. a-da üçfazlı generatorun quruluş sxemi; Sxem 3.1.b - də faza dolaqların elektrik sxemi verilib.

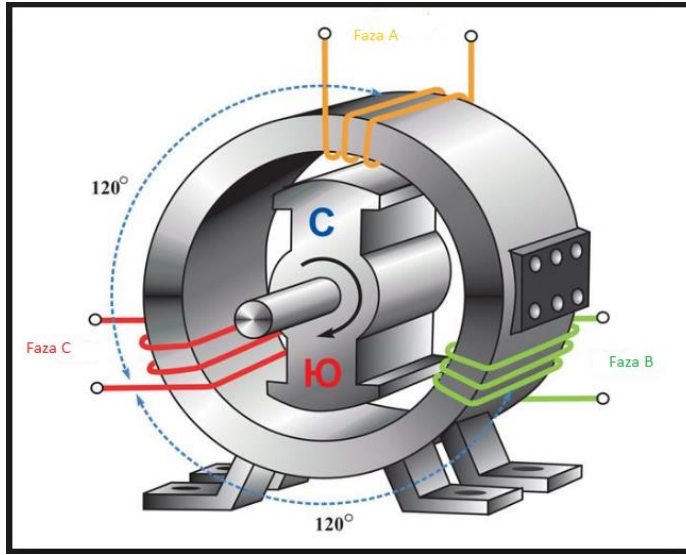


Sxem 3.1. Üçfazlı generatorun quruluş sxemi (a) və sxemdə generatorun faza dolaqları

Generatorun tərpənməz –stator hissəsində sarğılar sayı eyni olan və bir -birindən 1200 fərqlənən üç faza dolaqları yerləşir. Faza dolaqların başlanğıcları A,B,C sonu isə, X,Y,Z ilə işarə edilir.

Generatorun quruluş sxemində hər faza dolağı bir sarğıdan ibarətdir. Həqiqi generatorlarda isə, faza dolaqlarında sarğılar sayı çox olur. Generatorun fırlanan –rotor hissəsində sabit cərəyan mənbəyindən qidalanan təsirlənmə dolağı yerləşir. Sabit cərəyanın təsirindən yaranan maqnit seli Φ , rotorun və statorun nüvəsindən və hava təbəqəsindən keçərək qapanır. Su elektrik stansiyalarında generatorun rotoru su turbinləri, istilik və atom elektrik stansiyalarında – buxar turbinləri vasitəsilə hərəkətə gətirilir. Bu halda təsirləndirici maqnit seli rotor ilə birlikdə fırlanır. Onda stator və rotor arasındakı hava aralığında maqnit seli sinusoidal qanun üzrə dəyişir. Elektromaqnit induksiya qanununa əsasən dəyişən maqnit seli, tərpənməz statorun faza dolaqlarının sarğılarını kəsir və bu dolaqlarda sinusoidal e.h.q. - rı yaradır.

Əgər e.h.q.-nin maksimum qiymətləri müxtəlif: $E_{mA} \neq E_{mB} \neq E_{mC}$ və faza sürüşməsi 120° -dən fərqlənersə generatorda e.h.q.-ləri qeyri-simmetrik olur.

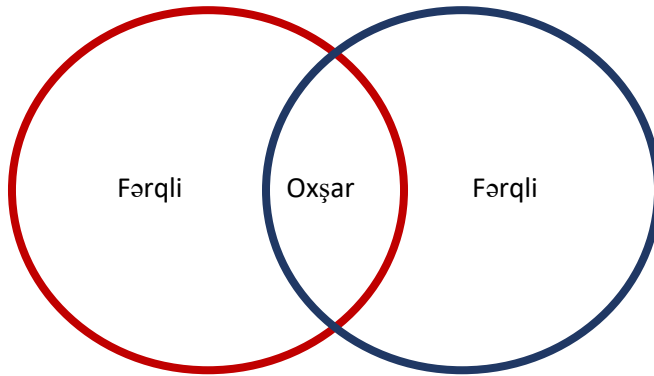


Şəkil 3.1. Üçfazlı sistem



3.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Birfazlı və üçfazlı dəyişən cərəyanların oxşar və fərqli cəhətlərini araşdırın və venn diaqramı vasitəsi ilə müqayisə edin;



Sxem 3.2.

- Üç fazlı sistemdə ulduz birləşmənin sxemini qurun;
- Faza gərginliyi ilə xətt gərginliyinin tətbiq sahələrini araşdırın və müqayisə edin.



3.1.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Üçfazlı sistemləri qurur”

- İki gərginlik almaq üçün hansı birləşmədən istifadə edilir?
- Enerjini uzaq məsafəyə verdikdə hansı birləşmədən istifadə edilir?
- Təsirlənmə dolağı hansı cərəyandan qidalanır?
- Üçfazlı e.h.q-ni hasil edən qurğu hansıdır?

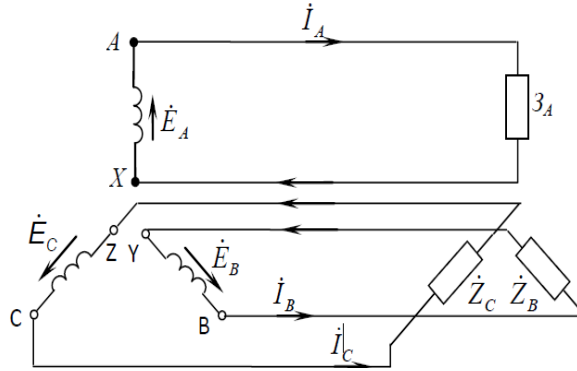
3.2.1. Üçfazlı elektrik dövrəsi təyin edir



- **Üçfazlı elektrik dövrəsi**

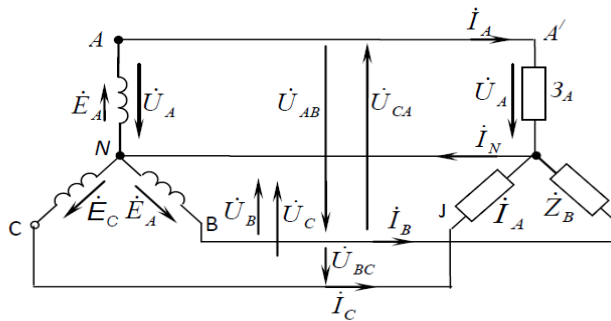
Üçfazlı elektrik dövrləri iki cür olur:

1. Əlaqəsiz üçfazlı elektrik dövrləri. Bu halda generatorun hər fazasına iki xətt vasitəsilə işlədici qoşulur. Onda generatorun faza dolaqları arasında elektrik əlaqəsi olmur, dolaqlar arasında maqnit rabitəsi yaranır. Beləliklə, əlaqəsiz üçfazlı dövrdə generatorun faza dolaqlarına işlədicilər 6 xətt vasitəsilə qoşulur. Xətlərin sayı çox olduğuna görə, xətlərdə mis və ya alüminiumun çəkisi, gərginlik və güc itkiləri artır, f.i.ə. isə azalır. Eyni zamanda xətlər bərkidilən dayaqların konstruksiyası mürəkkəb olur. Bu səbəbdən əlaqəsiz üçfazlı dövrlərdən istifadə edilmir.



Sxem 3.3. Əlaqəsiz üçfazlı elektrik

2. Əlaqəli üçfazlı elektrik dövrləri. Generatorun faza dolaqlarında e.h.q.-ləri dolaqların sonu ilə başlanğıcı arasındakı potensiallar fərqinə bərabərdir. Onda dolaqların başlanğıc və ya sonunun potensialını sıfır qəbul etmək olar. Əgər faza dolaqlarının sonunun (X,Y,Z) potensialını sıfır qəbul etsək, onda X,Y,Z nöqtələrini bir N nöqtəsində, eyni zamanda işlədicinin $3_A, 3_B, 3_C$ –fazalarının sonunu da bir n nöqtəsində birləşdirmək olar (Sxem.3.4.).

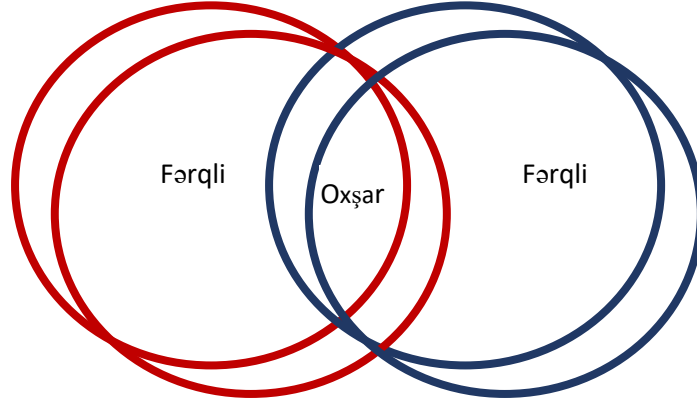


Sxem 3.4. Dörd naqilli əlaqəli üçfazlı elektrik



3.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Əlaqəsiz üçfazlı elektrik dövrəsini sxemini qurun;
- Əlaqəli üçfazlı elektrik dövrlərini sxemini qurun;
- Əlaqəli və əlaqəsiz üçfazlı elektrik dövrlərinin tətbiq sahələrini araşdırın və müqayisə edin;



Sxem 3.5.

- Generatorun faza dolaqlarında e.h.q-lərini təyin edin.



3.2.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Üçfazlı sistemləri qurur”

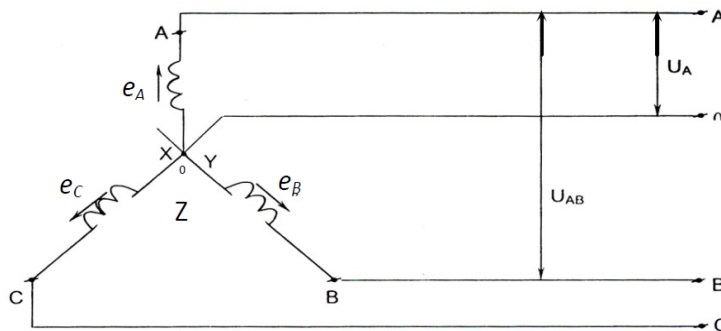
- Əlaqəsiz üçfazlı elektrik dövrəsində işlədici generatorun fazasına neçə xətt vasitəsilə qoşulur?
- Əlaqəli üçfazlı dövrdə generatorun faza dolaqlarına işlədicilər neçə xətt vasitəsilə qoşulur?
- Əlaqəsiz üçfazlı dövrlərdən harada istifadə edilir?

3.3.1. Üçfazlı generator dolaqlarının ulduz birləşməsini bacarır



• Üçfazlı generator dolaqlarının ulduz birləşməsi

Dolaqların ulduz birləşdirilməsində dolaqların X,Y,Z ucları sıfır nöqtəsi, yaxud generatorun neytralı adlanan bir nöqtəyə birləşdirilir (Sxem 3. 6.).



Sxem 3.6. Dolaqların ulduz birləşdirilməsi

Dördməftilli sistemdə neytrala neytral yaxud sıfır məftil qoşulur. Generator dolaqlarının başlanğıc uclarına üç xətti məftil birləşdirilir.

Faza dolağının başlanğıc və son ucları arasındakı gərginlik yaxud hər bir xətt məftili ilə sıfır məftili arasındakı gərginliyə faza gərginliyi deyilir və U_A, U_B, U_C yaxud ümumi şəkildə U_f kimi işarə olunur.

Dolaqların başlanğıc ucları arasındakı yaxud xətt məftilləri arasındakı gərginliyə xətt gərginliyi deyilir və U_{AB}, U_{BC}, U_{AC} yaxud ümumi şəkildə U_x kimi işarə edilir.

$$U_x = \sqrt{3} \cdot U_f \quad I_f = I_x$$

Yəni xətt gərginliyinin təsiredici qiyməti faza gərginliyinin təsiredici qiymətindən 3 dəfə böyük olur və xətt gərginliklər faza gərginliklərdən 30° bucaq qədər qabaq düşür.



3.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Ulduz birləşmədə xətt gərginliyi ilə faza gərginliyi arasındakı əlaqəni araşdırın və müzakirə edin;
- Ulduz birləşmənin sxemini qurun;
- Simmetrik və qeyri-simmetrik ulduz birləşmələrinin sxemlərini müqayisə edin.



3.3.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Üçfazlı generator dolaqlarının ulduz birləşməsinə bacarır”

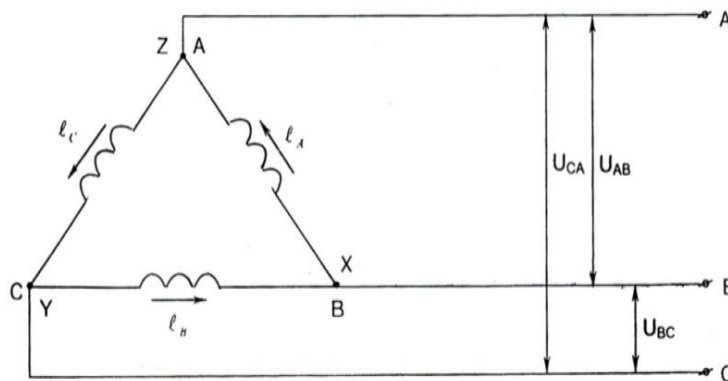
- Faza gərginliyi nəyə deyilir?
- Xətt gərginliyi nəyə deyilir?
- Generator dolaqlarının başlanğıc uclarına neçə xətt birləşdirilir?
- Yüksək gərginlik almaq üçün hansı birləşmədən istifadə edilir?

3.4.1. Üçfazlı generator dolaqlarının üçbucaq birləşməsinə şərh edir



- **Üçfazlı generator dolaqlarının üçbucaq birləşməsi**

Generator dolaqlarının üçbucaq birləşdirilməsində birinci dolağın sonu X ikinci dolağın başlanğıc ucu B ilə, ikinci dolağın Y sonu üçüncü dolağın başlanğıc ucu C ilə və üçüncü dolağın Z sonu birinci dolağın başlanğıc ucu A ilə birləşdirilir (Sxem 3.7.).



Sxem 3.7. Dolaqlarının üçbucaq birləşdirilməsi

İşlədicilərə gedən üç xətt məftili A, B, C başlanğıc uclara birləşdirilir. Generator uclarının üçbucaq birləşməsində faza gərginliklər xətt gərginliklərinə bərabər olur, yəni

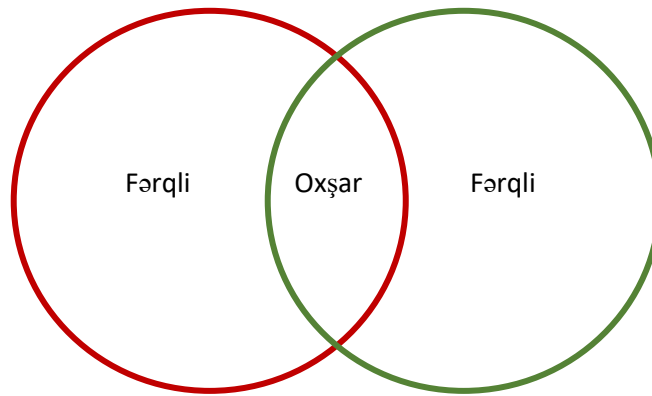
$$U_{AB}=U_A; \quad U_{BC}=U_B; \quad U_{CA}=U_C; \quad U_x=U_f \quad I_x=\sqrt{3I_f}$$

Belə birləşmədə generator dolaqlarında təsir edən simmetrik e.h.q.-lərin cəmi sıfıra bərabər olur.



3.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Üçbucaq birləşmənin sxemini qurun;
- Üçbucaq birləşmədə xətt cərəyanı ilə faza cərəyanı arasındakı əlaqəni araşdırın və müzakirə edin;
- Ulduz birləşməsi sxemini üçbucaq birləşməsi sxemi ilə müqayisə edin.



Sxem 3.8.



3.4.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Üçfazlı generator dolaqlarının üçbucaq birləşməsini şərh edir”

- Yüksək cərəyan almaq üçün hansı birləşmədən istifadə edilir?
- Xətt cərəyanının düsturunu yazın.
- Xətt gərginliyinin faza gərginliyindən fərqi nədir?

3.5.1. Üçfazlı dövrənin gücünü müəyyən edir



- **Üçfazlı dövrənin gücünü**
Üçfazlı elektrik dövrəsi üç birləşməli dövrənin birləşməsindən yarandığından hər fazanın ani gücü aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$p_A = u_A \cdot i_A;$$

$$p_B = u_B \cdot i_B;$$

$$p_C = u_C \cdot i_C;$$

Generatorun faza gərginlikləri:

$$u_A = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$u_B = U_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right); \quad u_C = U_m \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right).$$

Qeyri-simmetrik üçfazlı dövrədə faza cərəyanları:

$$\begin{aligned}i_A &= I_{Am} \sin(\omega t - \varphi_A); \\i_B &= I_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi_B\right); \\i_C &= I_{cm} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi_C\right);\end{aligned}$$

Qeyri-simmetrik üçfazlı elektrik dövrəsində fazaların aktiv gücləri:

$$\begin{aligned}P_A &= U_A I_A \cos \varphi_A; \\P_B &= U_B I_B \cos \varphi_B; \\P_C &= U_C I_C \cos \varphi_C;\end{aligned}$$

fazaların reaktiv gücləri:

$$\begin{aligned}Q_A &= U_A I_A \sin \varphi_A; \\Q_B &= U_B I_B \sin \varphi_B; \\Q_C &= U_C I_C \sin \varphi_C;\end{aligned}$$

fazaların tam gücləri

$$\begin{aligned}S_A &= U_A I_A; \\S_B &= U_B I_B; \\S_C &= U_C I_C;\end{aligned}$$

Qeyri-simmetrik üçfazlı dövrənin aktiv, reaktiv və tam güclərinin ümumi qiymətləri:

$$\begin{aligned}P &= P_A + P_B + P_C; \\Q &= Q_A + Q_B + Q_C;\end{aligned}$$

Adətən üçfazlı elektrik dövrələrində xətt gərginliklərini və cərəyanlarını ölçmək daha asan olduğuna görə güclər xətti kəmiyyətlərlə ifadə edilir. İşlədicinin fazaları ulduz birləşdikdə:

$$\begin{aligned}U_f &= \frac{U_x}{\sqrt{3}}; \\I_f &= I_x;\end{aligned}$$

üçbucaq birləşdikdə isə:

$$\begin{aligned}U_f &= U_x; \\I_f &= \frac{I_x}{\sqrt{3}};\end{aligned}$$

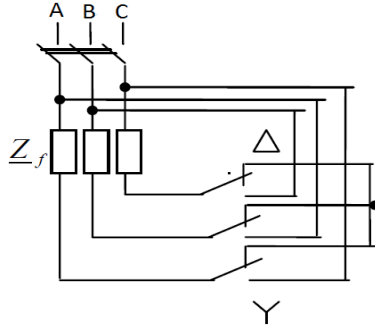
Bu halda, simmetrik üçfazlı dövrənin aktiv, reaktiv və tam gücləri:

$$\begin{cases} P = \sqrt{3} U_x I_x \cos \varphi, \\ Q = \sqrt{3} U_x I_x \sin \varphi, \\ S = \sqrt{3} U_x I_x \end{cases}$$

φ -faza gərginliyi və cərəyan vektorları arasındakı bucaqdır.

Simmetrik işlədicinin fazalarının ulduz və ya üçbucaq birləşməsindən asılı olmayaraq aktiv, reaktiv və tam güc ifadələri ilə təyin edilir.

Simmetrik işlədicinin fazalarının ulduz birləşməsini üçbucaq birləşmə ilə əvəz etdikdə, xətti cərəyanın və aktiv gücün dəyişməsini təyin edək (Sxem 3.9.)



Sxem 3.9. Üçfazlı işlədicinin fazalarının ulduz və üçbucaq

İşlədicinin fazaları ulduz birləşdikdə:

$$U_{f2} = \frac{U_x}{\sqrt{3}}; \quad I_{x2} = I_{f2} + \frac{U_{f2}}{Z} = \frac{U_x}{\sqrt{3}Z_f}$$

$$P_2 = 3 \cdot U_{f2} \cdot I_{f2} \cdot \cos\varphi = 3 \cdot \frac{U_x}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_x}{\sqrt{3}Z_f} \cdot \cos\varphi = \frac{U_x^2}{Z_f} \cdot \cos\varphi$$

İşlədicinin fazaları üçbucaq birləşdikdə isə:

$$U_{f\Delta} = U_x; \quad I_{f\Delta} = \frac{I_{x\Delta}}{\sqrt{3}} = \frac{U_{f\Delta}}{Z_f} = \frac{U_x}{Z_f}$$

$$P_{\Delta} = 3 \cdot U_{f\Delta} \cdot \cos\varphi = 3 \cdot U_x \frac{U_x}{Z_f} \cdot \cos\varphi = \frac{3 \cdot U_x^2}{Z_f} \cdot \cos\varphi$$

Deməli:

$$I_{x\Delta} = 3 \cdot I_{x\lambda};$$

$$P_{\Delta} = 3 \cdot P_{\lambda};$$

İşlədicidə fazaların ulduz birləşməsinin üçbucaqla əvəz etdikdə xətti cərəyan və aktiv güc (eyni zamanda reaktiv və tam güc) 3 dəfə artır.

Sonuncu asılılıqlardan istifadə edib, bəzi hallarda qısa qapalı rotorlu asinxron mühərriklərdə işə buraxma cərəyanını azaltmaq üçün statorun faza dolaqlarının ulduz birləşdirib mühərrik işə salınır, sonra isə faza dolaqları üçbucaq birləşir. Beləliklə, mühərrikdə işə buraxma cərəyanı 3 dəfə azalmış olur.



3.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Generatorun faza gərginliklərini təyin edin;
- Qeyri-simmetrik üçfazlı elektrik dövrəsində fazaların aktiv gücünü təyin və fikir mübadiləsi aparın;
- Qeyri-simmetrik üçfazlı aktiv, reaktiv, tam güclərin ümumi qiymətini araşdırın və müqayisə edin;
- Simmetrik işlədicinin fazalarının ulduz, üçbucaq birləşmədən asılı olmayaraq aktiv, reaktiv və tam gücünü təhlil edin və qeydlər aparın;
- Simmetrik işlədicinin fazalarının ulduz birləşməsinə üçbucaq birləşmə ilə əvəz etdikdə xətt cərəyanının və aktiv gücün dəyişməsinə dair fikirlərinizi tələbə yoldaşlarınızla paylaşın və fikir mübadiləsi aparın;
- Üçfazlı işlədicinin fazalarının ulduz və üçbucaq birləşməsinin sxemini qurun.



3.5.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Üç fazalı dövrənin gücünü müəyyən edir”

- Qeyri-simmetrik üçfazlı elektrik dövrəsində fazaların aktiv gücünü yazın.
- Qeyri-simmetrik işlədicinin elektrik dövrəsində də reaktiv gücü yazın.
- Qeyri-simmetrik elektrik dövrədə fazaların tam gücünü yazın.
- Simmetrik birləşmə üçün işlədicinin fazaları ulduz birləşdikdə cərəyan ilə gərginlik arasında əlaqəni yazın.

Təlim nəticəsi 4: Elektromaqnit induksiyası qanunlarını bilir

4.1.1. Maqnit sahəsində hərəkət edən elektrona təsir edən qüvvəni təyin edir



• Maqnit sahəsində hərəkət edən elektrona təsir edən qüvvə

Maqnit xətlərinə perpendikulyar olan cərəyanlı naqilə təsir edən $F=BIl$ qüvvəsini, istiqamətli hərəkətləri ilə naqildə cərəyan yaradan sərbəst elektronlara təsir edən qüvvələrin cəmi kimi götürmək olar. Maqnit sahəsində hərəkət edən yüklü hissəciklərə təsir edən qüvvələrə *elektromaqnit qüvvələri* deyilir.

Məlumdur ki, naqildəki cərəyan

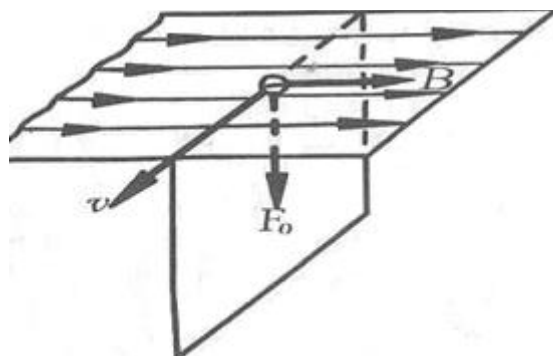
$$I = \frac{nqSl}{t} = nqSv,$$

burada n - sərbəst elektronların konsentrasiyası; S - naqilin en kəsiyinin sahəsi; q - elektron yükünün mütləq qiyməti; v - elektronların istiqamətli hərəkətinin orta sürətidir.

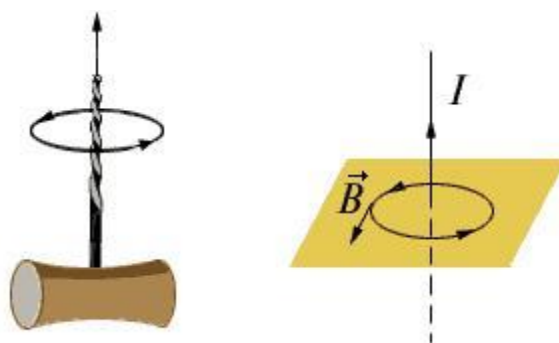
En kəsiyi sahəsi S və uzunluğu l olan naqildə yüklü hissəciklərin konsentrasiyası n olduqda, onun həcmindəki sərbəst elektronların sayı nSl olur. Buna görə də bir sərbəst elektrona təsir edən elektromaqnit qüvvəsi

$$F_0 = \frac{F}{nSl} = B \frac{lqSvn}{nSl} = Bqv,$$

yəni qüvvə, maqnit induksiyası və elektronun maqnit induksiyası xəttinə perpendikulyar istiqamətdəki hərəkət sürəti v ilə düz mütənəsbdir. Bu qüvvənin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunur, belə ki, əlin dörd açıq barmağı elektronun hərəkət istiqamətinin əksinə yönəlmiş olsun. (şək.4.1.)



Sxem 4.1. Hərəkət edən elektrona təsir edən qüvvənin istiqaməti



Şəkil 4.1. Maqnit sahəsinin hərəkəti



4.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Maqnit sahəsində hərəkət edən elektrona təsir edən qüvvəni təyin edin;
- Maqnit sahəsindəki yerləşən naqildə cərəyanı təyin edin;
- Elektromaqnit qüvvəsinin istiqamətini təyin edin və müzakirə üçün qeydlər aparın.



4.1.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Maqnit sahəsində hərəkət edən elektrona təsir edən qüvvəni təyin edir ”

- Elektronu təsir edən elektromaqnit qüvvəsinin düsturunu yazın.
- Elektromaqnit qüvvələri nəyə deyilir?
- Uzunluğu l olan naqili en kəşik sahəsi S olduqda (yüklü hissəciklərin konsentrasiyası n olduqda) onun həcmindəki sərbəst elektronların sayını yazın.

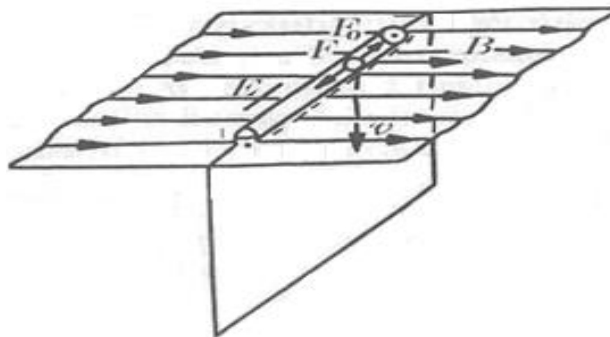
4.2.1. Elektromaqnit induksiyanın elektrik hərəkət qüvvəsini izah edir



- **Elektromaqnit induksiyanın elektrik hərəkət qüvvəsi**

Maqnit sahəsində hərəkət edərək, maqnit xətlərini kəsən naqildə e.h.q. yaranır. Bu fiziki hadisə 1831-ci ildə M.Faradey tərəfindən kəşf olunmuş və *elektromaqnit induksiya* adlanır.

Bircinsli maqnit sahəsində maqnit induksiya vektoruna perpendikulyar istiqamətdə sabit sürətlə hərəkət edən düzxətli naqildə, elektromaqnit induksiyanın e.h.q. yaranmasını nəzərdən keçirək (Sxem 4.2.). Naqil v sürəti ilə hərəkət edərkən, elementar yüklü hissəciklər (sərbəst elektronlar və müsbət ionlar) də həmin sürətlə hərəkət edir. Naqil maqnit sahəsində hərəkət etdiyindən yüklü elementar hissəciklərin hər birinə F_0 elektromaqnit qüvvəsi təsir edir. Qüvvənin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunur. Elektromaqnit qüvvələrinin təsirindən sərbəst elektronlar naqilin bir ucuna yığılaraq orada mənfi yükü artırır. Naqilin digər ucunda elektronlar az olduğundan müsbət yük artır.



Sxem 4.2. Elektromaqnit qüvvələrinin təsiri ilə elektronların naqildəki verdəvisməsi.

Beləliklə, naqilin uclarında bir-birinə bərabər və əks işarəli elektrik yükləri yaranır. Naqilin uclarında yüklər yığıldıqca, onların naqildəki elektrik sahəsinin gərginliyi güclənir və naqilin daxilindəki hər bir yüklü hissəciyə elektromaqnit qüvvəsindən əlavə, bu qüvvənin əksinə yönəlmiş F elektrik sahə qüvvəsi də təsir edir.

Bu qüvvələr bərabərləşdikdə elektronların hərəkəti və eləcə də yüklərin ayrılması dayanır. Hər bir elektrona təsir edən elektromaqnit qüvvəsi

$$F_0 = Bqv$$

Qüvvənin yükün qiymətinə olan nisbəti induksiya elektrik sahəsinin intensivliyini verir:

$$E_{\text{ind}} = \frac{F_0}{q} = Bv$$

Yığılmış yüklərin elektrik sahəsinin qüvvəsi

$$F = Eq$$

$F_0 = F$ olduqda, elektronlara təsir edən qüvvələr bərabərləşir, yəni $E_{\text{ind}} = E$ olur, buradan elektrik sahəsinin naqildəki intensivliyi

$$E = E_{\text{ind}} = Bv$$

olur. Elektromaqnit qüvvəsinin təsiri ilə yüklərin ayrılmasına e.h.q. təsiri nəticəsi kimi baxmaq mümkün olduğundan bu qüvvə elektromaqnit induksiyanın e.h.q. adlanır. Naqilin ucları açıq olduqda, e.h.q. naqilin ucları arasındakı gərginliyə bərabər olur. Qüvvələr bərabərliyi alındıqda, naqilin uclarına yığılan yüklərin naqildə bircinsli elektrik sahəsi yarandığından gərginlik

$$U = El = E_{\text{ind}}l$$

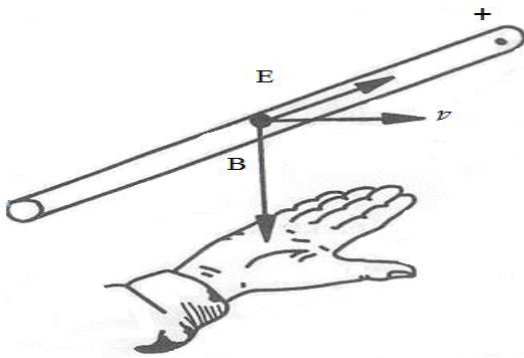
olur. Burada l - naqilin uzunluğudur. E.h.q. isə

$$E = E_{\text{ind}} = Bvl$$

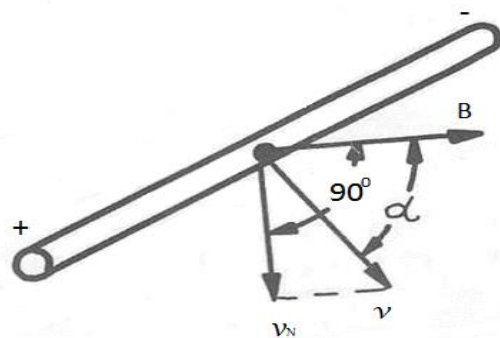
olur. Maqnit induksiya xətlərini kəsən düzxətli naqildə yaranmış elektromaqnit induksiyanın e.h.q. sahənin maqnit induksiya, naqilin uzunluğu və onun hərəkət sürəti ilə düz mütənəsbdir.

E.h.q.-nin istiqaməti müsbət yükə təsir edən elektromaqnit qüvvəsi ilə eyni istiqamətdə, elektrona təsir edən elektromaqnit qüvvəsinin isə əksinə olur. Adətən e.h.q.-nin istiqaməti "sağ əl qaydası" ilə təyin olunur. Sağ əl elə saxlanılır ki, maqnit xətləri ovucun içinə perpendikulyar düşsün; onda baş barmaq sürət vektorunun istiqamətini, qalan dörd barmaq isə induksiyalanmış e.h.q. istiqamətini göstərir (şəkil 4.2.a.).

İndi fərz edək ki, naqil maqnit sahəsində elə hərəkət edir ki, B və v vektorları arasındakı bucaq 90° deyil, hər hansı α kəmiyyətinə bərabərdir (şəkil 4.2.b). Belə hərəkət iki hissəyə ayrılabilir: birinci B vektoru boyunca $v_t = v \cos \alpha$ sürətli hərəkət və ikinci B vektoruna perpendikulyar istiqamətdə $v_n = v \sin \alpha$ sürətli hərəkət.



Sxem 4.3. a. Sağ əl qaydası



Sxem 4.3.b. Sürətin normal toplananının təyini

Sürət və maqnit induksiyanın istiqamətləri bir-biri üzərinə düşən hərəkətdə sahənin yüklü hissəciyə təsir etdiyi qüvvə sıfıra bərabər olur.

Deməli, naqıldəki elektrik sahəsinin intensivliyini hesabladıqda, yalnız v sürətinin B vektoruna perpendikulyar istiqamətdəki proyeksiyasını nəzərə almaq lazımdır. Bununla əlaqədar olaraq (6-2) ifadəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$E_{\text{ind}} = Bv \sin \alpha = Bv \sin \angle(\mathbf{v}, \mathbf{B}),$$

Buna müvafiq olaraq ifadəsi də dəyişir:

$$E = Blv \sin \alpha = Blv \sin \angle(\mathbf{v}, \mathbf{B})$$

yəni ümumi halda elektromaqnit induksiyanın e.h.q. maqnit induksiya vektoru ilə sürət vektoru arasındakı bucağın sinusundan asılı olur.

Əgər maqnit sahəsində hərəkət edən naqilin uclarını maqnit sahəsindən kənarında yerləşən naqillə birləşdirsək, alınan elektrik dövrəsində, elektromaqnit induksiyanın e.h.q. təsiri ilə elektronların fasiləsiz yerdəyişməsi baş verər, yəni elektrik cərəyanı alınır.

Cərəyanın qiyməti Om qanunu ilə təyin olunur

$$I = \frac{E}{\sum r}$$

$\sum r$ – dövrədəki müqavimətlərin cəmidir.



4.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Elektrik sahəsinin intensivliyini təyin edin;
- E.h.q-nin istiqamətini araşdırın və fikirlərinizi tələbə yoldaşlarınızla paylaşın;
- Hərəkət edən elektrona təsir edən qüvvənin istiqamətini araşdırın və müzakirə üçün qeydlər aparın.



4.2.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektromaqnit induksiyanın elektrik hərəkət qüvvəsi izah edir”

- Elektromaqnit induksiya ilk dəfə hansı alim tərəfindən kəşf edilmişdir?
- $F = F_0$ olduqda elektrik sahəsinin naqıldəki intensivliyi yazın.
- Elektrik sahəsinin intensivliyinin düsturu necə yazılır?

4.3.1. Mexaniki enerjinin elektrik enerjisə çevrilməsini şərh edir



- **Mexaniki enerjinin elektrik enerjisə çevrilməsinin mahiyyəti**

B induksiya bircinsli maqnit sahəsində l uzunluqlu naqil yerləşdirək. Fərz edək ki, naqil \mathbf{B} vektoruna perpendikulyar olub, Sxem 4.4 şəklinə göstərilədiyi kimi, v sürəti ilə hərəkət edir. Naqil xarici r müqaviməti ilə qapanmışdır. Naqildə e.h.q., qapanmış dövrədə isə I cərəyanı yaranır.

Cərəyanlı naqilə təsir edən elektromaqnit qüvvəsi

$$F = B I l$$

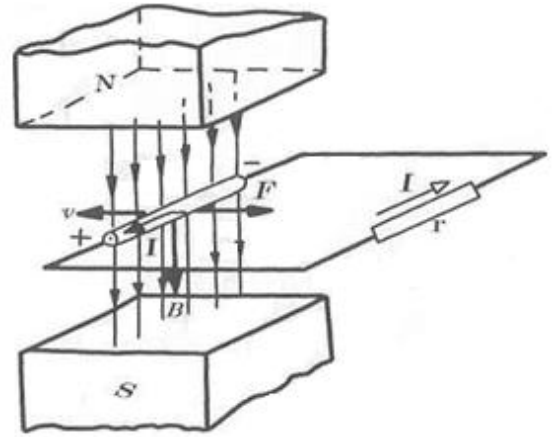
Qüvvənin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunur. Bu qüvvənin vektorunu quraraq, yəqin etmək olar ki, F qüvvəsi v sürət vektorunun əksinə istiqamətlənmiş tormozlayıcı qüvvədir (Sxem 4.4.a). Beləliklə, naqilin hərəkəti, tormozlayıcı qüvvəyə bərabər və onun əksinə istiqamətlənən xarici qüvvənin təsirindən yaranır. Xarici qüvvə yaradan ilkin mühərrikin verdiyi mexaniki güc

$$P_{\max} = F v$$

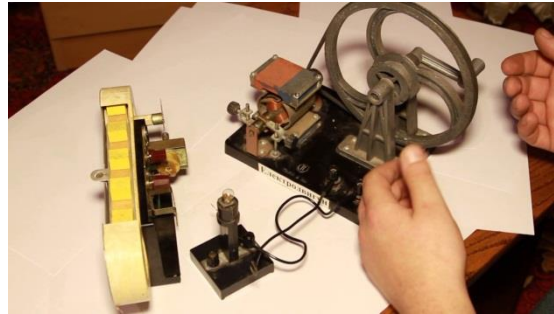
olmalıdır. Bu tənləkdə F qüvvəsinin qiymətini yazsaq,

$$P_{\max} = B I l v = I E l v$$

alırıq, yəni mühərrikin verdiyi güc qapalı dövradəki elektrik cərəyanının gücünə bərabərdir. Beləliklə, qapalı naqil maqnit sahəsində hərəkət edərkən xarici qüvvənin təsiri ilə mexaniki enerji elektrik enerjisinə çevrilir.



Sxem 4.4.a. Maqnit sahəsində naqilin hərəkəti və tormozlayıcı qüvvənin yaranması



Şəkil 4.2. Mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi



4.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Cərəyanlı naqili təsir edən elektromaqnit qüvvəsini təyin edin;
- Mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevrilməsi prosesini araşdırın və müzakirə edin;
- Qüvvənin istiqamətini təyin edin.



4.3.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Mexaniki enerjinin elektrik enerjisə çevrilməsini şərh edir”

- Cərəyanlı naqilə təsir edən elektromaqnit qüvvəsini yazın.
- Naqilin hərəkəti hansı qüvvənin təsirindən yaranır?
- Mexaniki gücün düsturunu yazın.

4.4.1. Elektrik enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsinin tərifini deyir



• Elektrik enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsi

Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsiri nəticəsində elektrik enerjisi mexaniki enerjiyə çevrilir.

Tutaq ki, birincisi maqnit sahəsində yerləşmiş və e.h.q. E olan dövrəyə qoşulmuş düzxətli naqildən dəyişməz cərəyan keçir (Sxem 4.5)

Maqnit sahəsi cərəyanlı naqilə $F=B \cdot I \cdot l$ qüvvəsi ilə təsir edir və qüvvənin təsirdən naqil v sürəti ilə hərəkət edir (qüvvənin və sürətin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunur). Naqil hərəkət edərkən onda elektromaqnit induksiyanın cərəyanına əks istiqamətli e.h.q.

$$E_{\text{əks ist}} = B l v$$

yarənir.

Kirxhofun ikinci qaydasına əsasən kontur üçün

$$E - E_{\text{əks ist}} = I r_0 + I r$$

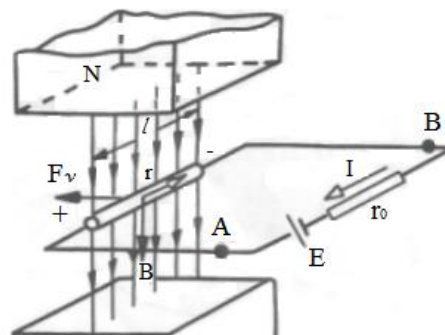
Burada r -düzxətli naqilin müqaviməti; r_0 – dövrənin qalan hissəsinin müqavimətidir, $E - I r_0 = U_{AB}$ işarə edərək, naqilin uclarındaki gərginliyi tapa bilərik:

$$U_{AB} = I r + E_{\text{əks ist}}$$

Alınan ifadəni I cərəyanına vuraraq, naqilin uclarındaki elektrik gücünü təyin edirik:

$$U_{AB} \cdot I = I^2 r + E_{\text{əks ist}} \cdot I$$

$E_{\text{əks ist}} = B l v$ olduğunu nəzərə alsaq $U_{AB} \cdot I = I^2 r + B l v \cdot I = I^2 r + F v$ alırıq. Tənliyin sağ tərəfindəki birinci toplanan naqildəki istilik itkisinin gücünü, ikinci isə mexaniki gücü göstərir. Beləliklə, cərəyanlı naqil maqnit sahəsində hərəkət edərkən, sahə qüvvəsinin təsiri ilə elektrik enerjisi istilik və mexaniki enerjiyə çevrilir.



Sxem 4.5. Əksistiqamətli e.h.q.-nin yaranması



4.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Naqilin uclarındaki gərginliyi təyin edin;
- Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə göstərdiyi qüvvəni araşdırın və öyrənin;
- Naqilin uclarındaki elektrik gücünü təyin edin.



4.4.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektrik enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsini tərif edir”

- Elektrik enerjisi mexaniki enerjiyə nə zaman çevrilir?
- Naqil hərəkət edərkən əksistiqamətli e.h.q.-ni yazın.
- $I^2 r$ tənliyi nəyi ifadə edir?

4.5.1. Elektrik mühərriklərinin elektromaqnit induksiya qanunu ilə işlədiyini məruzə edir



- **Elektrik mühərriklərinin elektromaqnit induksiya qanunu ilə işləməsi**

- **Elektrik maşınlarının təsnifatı.** Elektrik maşınları enerjini çevirmək üçündür.

Mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirmək üçün *elektrik generatorlarından* istifadə edilir. Elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə *elektrik mühərrikləri* ilə çevirirlər. Cərəyanın növünü (sabit cərəyanı daimi cərəyana və əksinə), habelə dəyişən cərəyanın tezliyini və ya fazalarını çevirmək üçün istifadə edilən maşınlara *elektromaşın çeviricisi* deyilir.

Müxtəlif elektrik maşınlarının iş prinsipi, quruluşu və işi bir sıra fiziki hadisələrdən istifadə olunmasına əsaslanır. Bunlardan ən vacibləri elektromaqnit induksiya və maqnit (elektromaqnit) sahələrinin qarşılıqlı təsiridir.

Məlumdur ki, naqili maqnit sahəsində hərəkət etdirdikdə naqildə elektrik hərəkət qüvvəsi (EHQ) yaranır. Buna elektromaqnit induksiyanın EHQ və ya sadəcə olaraq induksiya EHQ deyirlər. Bu EHQ-nin istiqamətini, fizika kursundan məlum olduğu kimi, *sağ əl qaydası* ilə müəyyən edirlər: sağ əlin ovcunu elə tuturlar ki, maqnit induksiya xətləri bundan keçsin, düz bucaq altında açılmış baş barmaq naqilin hərəkət istiqamətinə müvafiq olsun, onda əlin açıq saxlanan dörd barmağı induksiya EHQ-ni göstərəcəkdir.

İnduksiya EHQ naqil, dəyişən maqnit sahəsində tərpənməz olduqda da yaranır. Beləliklə, elektromaqnit induksiya hadisəsinin mahiyyətini belə izah edə bilərik: dəyişən maqnit sahəsində yerləşən (və ya daimi maqnit sahəsinin maqnit induksiya xətləri ilə kəşifən) keçirici konturda induksiya elektrik hərəkət qüvvəsi yaranır.

Başqa bir təcrübəni də yada salaq: nalşəkilli maqnitin qütbləri arasında yerləşdirilmiş məftildən elektrik cərəyanı buraxdıqda məftil maqnit induksiya xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə hərəkət edir. Bu təcrübədən belə bir nəticə çıxır: maqnit sahəsində yerləşən və cərəyan keçən məftilə, istiqaməti *sol əl qaydası* ilə müəyyən edilən qüvvə təsir edir.

Sol əl qaydası belədir: sol əlin ovcunu elə tuturlar ki, maqnit induksiya xətləri bundan keçsin, açıq saxlanan dörd barmaq naqildən keçən cərəyanın istiqamətinə uyğun olsun, onda düz bucaq altında açılmış baş barmaq naqilə təsir edən qüvvələrin istiqamətini göstərəcəkdir.

Təcrübə nalşəkilli elektromaqnitlə əvəz etsək, yenə də bu qüvvə məftilə təsir edəcəkdir. Məftili çərçivə şəklində əymək olar. Bu çərçivəni maqnit sahəsində yerləşdirib cərəyan buraxsaq, çərçivə öz oxu ətrafında dönəcəkdir. Çərçivə ona görə dönür ki, bunun tərəflərinə əks-istiqamətlərə yönəlmiş qüvvələr təsir edir və fizika kursundan məlum olduğu kimi bu qüvvələr fırlanma momenti yaradır.

Elektrik mühərriklərinin, bir sıra elektrik cihazları və aparatlarının quruluşu və işləməsi elə bu hadisəyə əsaslanır. Yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz hər bir halda və buna oxşar hallarda (məsələn, paralel iki naqildən cərəyan keçərkən) qüvvə yaranmasını maqnit (və ya elektromaqnit) sahələrinin; nalşəkilli maqnitin maqnit sahəsinin və naqildən keçən cərəyanın əmələ gətirdiyi maqnit sahəsinin; nalşəkilli daimi maqnitin (və ya elektromaqnitin) maqnit sahəsinin və çərçivədən keçən cərəyanın əmələ gətirdiyi maqnit sahəsinin; paralel yerləşmiş məftillərin hər birindən keçən cərəyanın əmələ gətirdiyi maqnit sahələrinin qarşılıqlı təsiri ilə izah etmək olar.

Elektrik maşınları iki növə ayrılır: generatorlar, mühərriklər. Generatorlar mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirir. Mühərriklər isə elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirir. Əsasən üç qrup elektrik maşınları vardır. 1. Asinxron maşınları 2. Sinxron maşınları 3. Sabit cərəyan maşınları

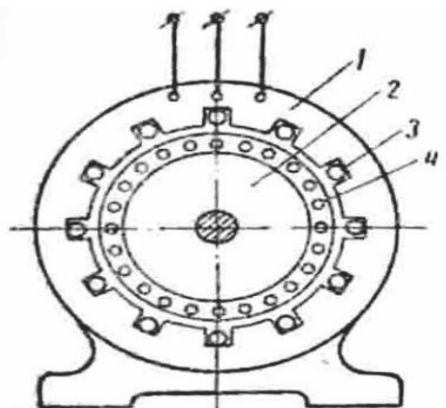
- **Asinxron mühərrikin quruluşu.**

Asinxron maşın statordan (hərəkətsiz hissədən) və rotordan (fırlanan hissədən) ibarətdir. Asinxron maşınları elə quruluşa malikdirlər ki, onlar şəbəkəyə qoşulduqda statorda fırlanan maqnit seli yaranır. Maşının rotoru fırlanan maqnit seli tərəfindən hərəkətə gətirilir, lakin rotorun sürəti maqnit selinin

sürətindən geri qalır. Surətlərin qeyri-bərabərliyi bu maşınlar —Asinxron||adı verilməsinə səbəb olmuşdur. Asinxron maşını dəyişən cərəyan maşını adlanır və quruluş sxemi 4.6-da göstərilmişdir.

Bu 4 hissədən ibarətdir; Stator, rotor, statorun dokağı, rotorun dolağı. Statorun içliyi 0,30 və 0,5 mm qalınlıqda polad lövhələrdən yığılır. Lövhələr oyumlu ştamplanır və burulğan cərəyanlara itkini azaltmaq üçün lak və ya nazik kağızla izolyasiya edilir.

Mühərrikin çatısına lövhələr ayrıca paketdə yığılır və bərkidilir. Özül üzərində mühərrikin çatısı qoyulur. Çatıya rotor valının dirəndiyi yataqların yerləşdirildiyi yan lövhələri də bərkidirlər. Statorun uzununa oyularında bir-biri ilə müvafiq surətdə birləşdirilərək, dolağıüçfazlı sistem əmələ gətirmiş dolağın naqillərini yerləşdirirlər.



Sxem 4.6. Asinxron mühərrikin quruluşu

1-stator; 2-rotor; 3-statorun dolağı; 4-rotorun dolağı



a)



b)

Şəkil 4.3. a) Asinxron mühərrik, b) Sinxron mühərrik

Maşının lövhəsində faza dolaqlarının başlanğıcını və qurtaracağını birləşdirmək üçün alqı sıxac vardır. Statorun dolaqlarını üçfazlı şəbəkəyə qoşmaq üçün onlar ulduz və üçbucaq birləşdirilə bilər. Bu isə mühərriki müxtəlif iki xətti gərginliyi olan şəbəkəyə qoşmağa imkan verir.

Maşının lövhəsində mühərrikin hesablandığı hər iki gərginlik, yəni 220/127v və ya 380/220 v göstərilmişdir. Lövhədə göstərilmiş alçaq gərginlik üçün statorun dolağını üçbucaq, yüksək gərginlik üçün isə ulduz birləşdirirlər.

Rotorun içliyini də 0,5 mm qalınlığında, burulğan cərəyanlara itkini azaltmaq üçün lak və ya nazik kağız ilə izolyasiya olunan polad lövhələrdən yığırlar. Bu lövhələr oyumlu ştamplanır və paketə yığılır.

Hazırda asinxron mühərriklər əsasən qısa qapanmış rotorlu hazırlanır, ancaq çoxgüclü mühərriklərdə və xüsusi hallarda rotorun faza dolağından istifadə edilir. Statorla rotor arasında hava araboşluğu olur; araboşluğunun ölçüsü mühərrikin iş xassələrinə çox təsir edir.

Asinxron mühərrikin sadə konstruksiyası, asan xidmət edilməsi və ucuz başa gəlməsi və s. kimi müsbət xassələri ilə yanaşı, bir sıra nöqsanları da vardır. Asinxron mühərrikin ən mühüm nöqsanı güc əmsalının ($\cos \varphi$) nisbətən az olmasıdır.

- **Asinxron mühərriklərin işləmə prinsipi.**

İlk dəfə M.O.Dolivo-Dobrovolskinin konstruksiyası etdiyi elektrik mühərriklərindən üçfazlı asinxron mühərrik daha geniş yayılmışdır. Asinxron mühərrik çevirmə xassəsinə malikdir. Asinxron maşının işi mühərrik rejimində, elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirməsidir. Dəyişən cərəyan maşınının işi, hər bir çoxfazlı fırlanan maqnit sahəsindən istifadə edilməsinə əsaslanır. Çoxfazlı dəyişən cərəyan dolağı dəqiqədə dövrlər sayı,

$$n = \frac{60 \cdot f_1}{p} \text{ olan fırlanan maqnit sahəsi yaradır.}$$

Maqnit sahəsinin fırlanma sürəti rotorun sürətinə bərabər deyildirsə, ($n_2 \neq n_1$) buna asinxron sürət deyilir. Rotorun fırlanma sürəti maqnit sahəsinin fırlanma sürətinə bərabər olmadıqda, yəni asinxron mühərrikdə iş prosesi ancaq asinxron sürətdə gedə bilər.

Mühərrik işləyərkən rotorun sürəti həmişə az alınır ($n_2 < n_1$). Rotorunun fırlanma sürəti statorun maqnit sahəsinin fırlanma sürətinə həmişə bərabər olur. Asinxron maşınlar sinxron maşınlardan əsasən elə bununla fərqlənir.

Rotorun dolağı qısa qapanmışdırsa, induksiyaalan e.h.q-nin təsiri ilə ondan cərəyan keçəcəkdir. Statorun fırlanan maqnit sahəsi rotor dolağının naqilləri ilə kəsişir və burada e.h.q. induksiyanır. Rotorun dolağındakı cərəyanla stator dolağının fırlanan maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri olarsa, fırlanan moment yaranır və rotor bunun təsiri ilə fırlanmağa başlayır. Rotorla statorun fırlanan maqnit sahəsindən nisbi gecikməsi S sürüşməsi adlanır.

Sürüşmə, statorun maqnit sahəsinin fırlanan rotora nisbətən dövrlər sayının stator sahəsinin fəzada dövrlər sayına nisbətindən ibarətdir, yəni:

$$S = \frac{n_s}{n_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

Bu düstur sürüşməni nisbi vahidlərlə təyin etməyə imkan verir. Sürüşmə faiz ilə də ifadə oluna bilər:

$$S\% = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\%.$$

Rotor hərəkətsiz ($n_2=0$) olarsa, sürüşmə vahidə və ya 100%-ə bərabərdir. Rotor, eyni sürətlə fırlanarsa ($n_2 = n_1$), sürüşmə sıfıra bərabər olur. Deməli, rotorun fırlanma sürəti nə qədər çox olarsa, sürüşmə o qədər az alınır. yəni:

$$n_s = n_1 - n_2 \text{ dövr/dəq}$$

ilə rotora nisbətən sürüşür. Asinxron mühərrikin iş rejimində sürüşmə az olur. Müasir asinxron mühərriklərdə, rotorun fırlanma sürəti statorun maqnit sahəsinin fırlanma sürətindən çox az fərqlənir. Yüksüz işləmədə bu, sıfıra bərabər götürülə bilər.

Rotorun fırlanma sürətini təyin etmək olar.

$$n_2 = n_1 - n_s = n_1(1-S) = \frac{60 f_1}{p} (1-S).$$

Maşının istənilən yüklənməsinə rotorun müəyyən n_2 dövrlər sayı və müəyyən S sürüşməsi müvafiqdir.

- **Sinxron generatorun quruluşu**

Sinxron maşın, hər bir elektrik maşını kimi, həm generator, həm də mühərrik ola bilər. Buna görə də sinxron mühərrikin konstruksiyası asinxron generatordan prinsipcə heç bir şeylə fərqlənir.

Mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirən elektrik maşınına generator deyilir. Maqnit sahəsinin maqnit xətləri ilə kəsişdikdə həmin naqildə e.h.q. yaranır. Məhz buna görə də naqillərdə e. h. q. iki halda yaranır.

Birinci halda qütblər-stator, ikinci halda qütblər –rotorda yerləşdirilir.

I hal. Maşının maqnit sahəsinə yaradan induksiyaçı hissəsini maşının hərəkətsiz hissəsində, stator, induksiyaçı hissəsini isə maşının fırlanan hissəsində rotorda yerləşdirirlər.

II hal. Qütblər rotor üzərində, induksiyaçı hissə isə stator üzərində yerləşdirilir.

Yüksək gərginliklə çoxgüclü dövredə sürüşən kontaktın qoyulması xeyli enerji itkisinə səbəb olur. Belə kontaktın olması əlverişli deyildir. Lövhəri stator, qütbləri isə rotorda yerləşdirilmiş sinxron generatorlar çox geniş yayılmışdır.

Fırlanan sinxron generatorda hasil olunan enerji, qəbulediciyə kontakt halqaları və fırçalar vasitəsi ilə verilir. Bu zaman yaranan sabit cərəyan ardıcıl birləşdirilmiş makaralardan ibarət olan və rotorun qütblərində yerləşdirilmiş təsirləndirmə dolağından keçir və halqalarda hərəkətsiz fırçalar bərkidilir. Təsirləndirmə dolağının ucları kontakt halqalarına birləşdirilir.

Hazırda öz-özünə təsirlənən sinxron generatorlardan geniş istifadə olunur. Sabit cərəyan maşınlarında olduğu kimi, belə generatorlarda qalıq maqnit selindən istifadə edilir.

Sinxron generatorun statorunun içliyi, burulğan cərəyanlarda itkini azaltmaq üçün bir-birindən lak və ya kağızla izolyasiya edilmiş polad lövhələrdən yığılır. Bu lövhələr oyuqlar, halqalar şəklində hazırlanır və çatı poladdan tökülür, maşının gövdəsi olur. Çatı özül üzərində bərkidilir.

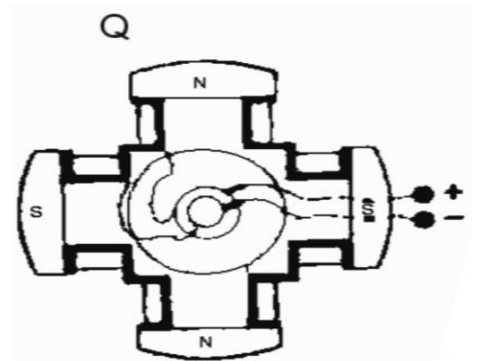
Istismara hazırlanmış generatorun üstündə hesablanmış olduğu gərginliyin hər ikisi göstərilir, yəni 220 /127 V, ya da 380/220V və s.

Sinxron generatorların rotorunu ya qütbləri kəskin ifadə olunan (çox çıxan), ya da kəskin ifadə olunmayan, yəni qütbləri çıxmayan şəkildə hazırlayırlar.

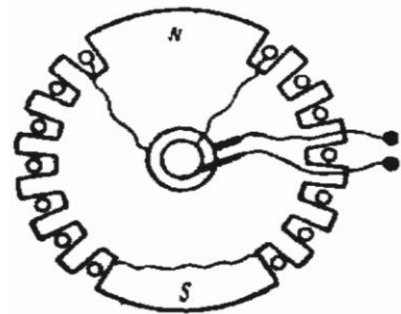
Rotor, maqnit sahəsinin fırlanma sürətinə bərabər olan n_2 sürəti ilə fırlanırsa ($n_2=n_1$), yəni maqnit sahəsi ilə sinxronursa, buna sinxron sürət deyilir. Qütblər çevrə üzrə bir-birində hərəkət məsafədə yerləşdirilir.

Fırlanma sürəti nisbətən az olan maşınlarda rotor qütbləri kəskin ifadə olunan şəkildə hazırlanır. Yüksək sürətli maşınlarda rotor qütbləri kəskin ifadə olunmayan şəkildə hazırlanır, çünki yüksək fırlanma sürətində rotorun belə quruluşu lazımi mexaniki möhkəmliyini təmin edə bilmir (Sxem 4.8).

Təsirləndirmə dolağının naqillərini yerləşdirmək üçün rotorun səthində oyuqlar ştamplanır. Qütbləri kəskin ifadə olunmayan maşının rotoru bir-birindən izolyasiya edilən nazik polad təbəqələrdən silindr şəklində hazırlanır. Rotorun belə konstruksiyasında çevrəvi sürətin 180–200 m/san olmasına yol verilir. Sinxron maşınlar xalq təsərrüfatında geniş yayılmışdır.



Sxem 4.7. Qütbləri kəskin ifadə olunmayan maşının rotoru 1-içlik; 2-qütb ucluğu; 3-təsirləndirmə dolağının makarası



Sxem 4.8. Qütbləri kəskin ifadə olunan

- **Sinxron generatorun işləmə prinsipi.**

Sinxron generatorun iş prinsipi, bütün elektrik generatorlarında olduğu kimi, elektromaqnit induksiyası qanununa əsaslanmışdır.

Sinxron generatorun rotoru ilə bir yerdə hərəkətə gələn maqnit sahəsi, statorun dolaqlarını kəsir və onlarda üçfazlı dəyişən e.h.q. induksiyladır. Buna görə də hər bir generator iki əsas hissədən ibarətdir: induksiylayıcı və induksiylanan.

İnduksiylayıcı hissə maşının maqnit sahəsi yaradan hissəsinə deyilir. **İnduksiylanan** hissə isə lövbərdir, yəni enerjinin çevrilmə prosesi gedən və e.h.q. yaradılan hissədir.

Elektromaqnit induksiyası qanuna görə maqnit sahəsində hərəkət edən və bu sahənin maqnit xətləri ilə kəsişən naqildə e.h.q. yaranır:

$$e = B \cdot l \cdot \vartheta \cdot 10^{-8} \text{ v}$$

burada B—maqnit induksiyasının orta qiyməti;

l—naqilin uzunluğu;

ϑ —maqnit sahəsində naqilin hərəkətmə sürətidir. Bu düstur o zaman doğru olur ki, naqil maqnit sahəsində maqnit xətlərinin istiqamətinə perpendikulyar hərəkət etsin. Naqilin l uzunluğu—sm, ϑ hərəkətmə sürəti—sm/san, B maqnit

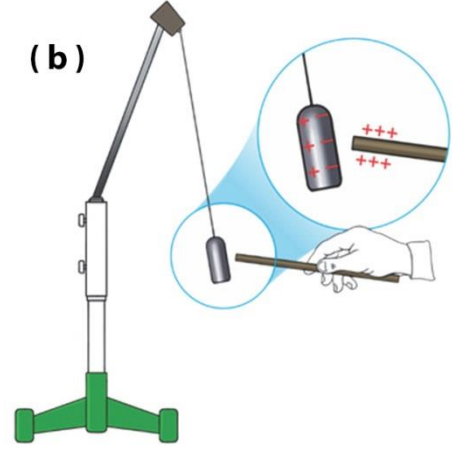
induksiyası gauss ilə ifadə olunarsa, yuxarıdakı düsturla hesablanmış e.h.q. volt ilə ifadə olunacaqdır. Generatorun işləməsi üçün maqnit sahəsi və bu sahədə hərəkət etdirildikdə e.h.q. yaradılan naqillər lazımdır. Maqnit sahəsində naqilin hərəkət etdirilməsinə sərf olunan mexaniki enerji elektrik enerjisinə çevrilir və bu enerji naqilin qapanmış olduğu cərəyan qəbuledicisinə verilir. Naqili hər hansı bir elektrik enerji qəbuledicisi ilə qapasaq, onda əmələ gələn e.h.q-nin təsiri ilə qapalı dövrdən cərəyan axır.

Dəyişən cərəyan generatoru kimi sinxron maşınlar geniş tətbiq edilir.

Sinxron maşın, fırlanma sürəti cərəyanın tezliyi ilə qəti bir nisbətdə olan maşına deyilir Statorun daxili üzündə yerləşdirilmiş üçfazlı dolaqlar hərəkətsiz qalır.

Sinxron generatorlarda e.h.q. yaranan dolaqların hərəkətsiz stator üzərində yerləşdirilməsinin səbəbi tərpənməz hissədən böyük gücün və yüksək gərginliyin asanlıqla alınma bilməsidir. Əgər sabit cərəyan maşınlarında olduğu kimi, aktiv dolaqlar rotor üzərində yerləşdirilsə, o zaman maşının gücünü, eləcə də gərginliyini daha çox yüksəltmək mümkün olmazdı, çünki fırçalar və halqalar buna imkan verməzdi.

Rotor üzərindəki təsirləndirici dolaq generatorun fırlanma sürətindən asılı olaraq, müxtəlif saylı qütblərə malik olur. Belə ki, rotor üzərində yüksək sürətli turbogeneratorlarda iki, dörd və ya altı, alçaqsürətli hidrogeneratorlarda isə səkkiz, on və daha çox qütblər yerləşdirilir. Bu qütblərin, yüksək sürətli turbogeneratorlarda aydın görünməyən, hidrogeneratorlarda isə aydın görünən olmasına baxmayaraq, hər ikisi eyni qayda ilə maqnit sahəsi yaradır. Generatoru təsirləndirən bu maqnit sahəsinin fırlanma sürəti maşının e.h.q. tezliyinə başlıca təsir edən amildir. Stator dolaqlarında induksiylanan e.h.q. tezliyi maşının dəqiqədəki dövrləri sayından p cüt qütbləri sayından asılıdır:



Şəkil 4.5. Elektrostatik induksiya



Şəkil 4.4. Elektrik generatoru

$$f = \frac{pn}{60},$$

Qeyd etmək lazımdır ki, üçfazlı stator dolaqlarından cərəyan keçən zaman orada asinxron mühərriklərdə olduğu kimi, fırlanan maqnit sahəsi əmələ gəlir. Bu sahənin fırlanma sürəti yenə də həmin tezlikdən asılıdır.

$$n_1 = \frac{60f}{p},$$

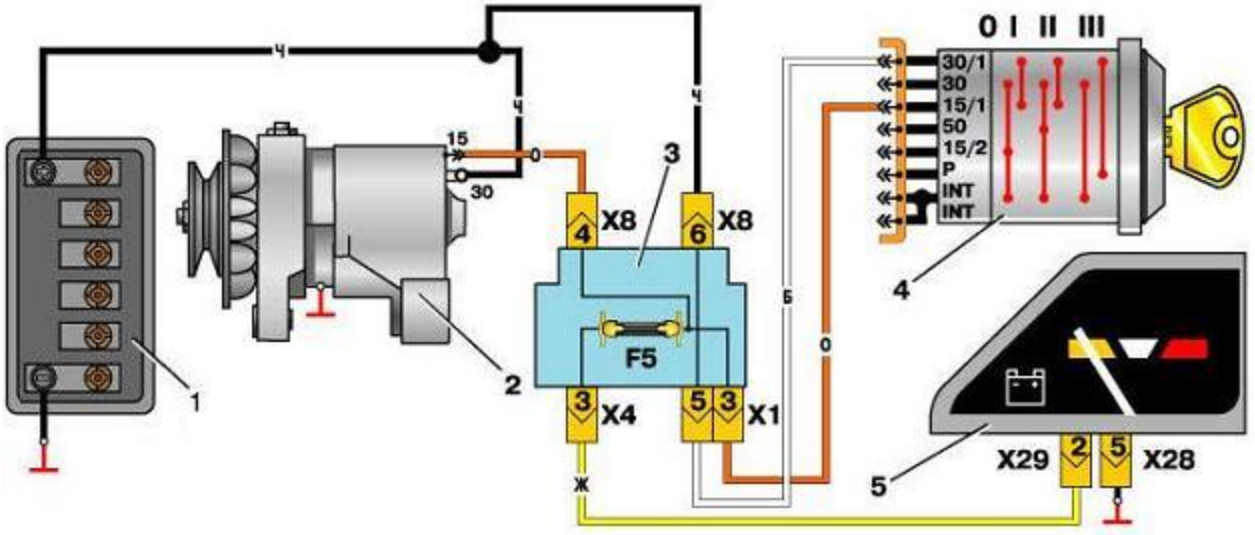
Aydın ki, burada rotorun mexaniki sürəti ilə maqnit sahəsinin fırlanma sürəti (n) bir-birinə bərabərdir. Buna görə də bu tipli maşınlar sinxron maşınlar adı verilmişdir.

- **Sabit cərəyan generatorunun quruluşu**

Sabit cərəyan generatoru əsasən stator və rotordan ibarətdir. Başqa sözlə desək, sabit cərəyan generatoru hərəkətsiz və fırlanan hissələrdən ibarətdir. Hərəkətsiz hissə induksiyaçı, fırlanan hissə isə induksiyalanandır.

Generatorun əsas hissəsini (şəkil 4.6) gövdə təşkil edir. O, çuqundan tökülür və bütöv şəkildə hazırlanır. Onun daxilində olan əsas qütbün içliyi poladdan tökülür və en kəsiyi ovalşəkilli olur. Ucları boltlar vasitəsi ilə gövdəyə bərkidilmiş bu içlikdə, təsirləndirmə dolağının makarası yerləşdirilir. Təsirləndirmə dolağından keçən cərəyan maqnit seli yaradır.

Maşının özülü, yəni haça, poladdan tökülür. Çatıda əsas və əlavə qütblər, uc tərəflərdə isə maşının valını saxlamaq üçün yataqlar oturdulmuş yan yastıqlar bərkidilir. Çatı vasitəsi ilə maşını özülə bərkidirlər.



Şəkil 4.6. Generatorun əsas hissəsi

Maşının fırlanan hissəsinə *lövbər* deyilir. Lövbər içlikdən, dolaqdan və kollektordan təşkil olunur, burulğan cərəyanlara itkini azaltmaq məqsədi ilə onlar bir-birindən lak və ya kağızla izolyasiya olunur. Lövbər içliyinin oyuqlarında yerləşdirilən bölmələrdə dolaq yerləşdirilir. Sabit cərəyan maşınlarının dolaqları izolyasiyalı mis məftillərdən və ya düzbucaq en kəsikli mis şinlərdən qapalı hazırlanır. Dəyişən cərəyanı sabit cərəyanə çevirmək üçün kollektordan istifadə olunur.

- **Sabit cərəyan generatorlarının təsirləndirilmə üsulları**

Sabit cərəyan generatorları maqnit sahəsinin təsirləndirilmə üsuluna əsasən iki hissəyə:

1. müstəqil təsirlənən generatorlara
2. öz-özünə təsirlənən generatorlara ayrılır

Təsirləndirmə dolağı kənar sabit enerji mənbəyinə qoşulur. Müstəqil təsirlənən generatorların nöqsanı dolağı qidalandıрмаq üçün kənar enerji mənbəyi tələb olunmasıdır. Ona görə də müstəqil təsirləndirmə geniş tətbiq edilmir.

Öz-özünə təsirlənən generatorlar təsirləndirmə dolağının qoşulma sxemindən asılı olaraq üç hissəyə bölünür:

1. Paralel təsirlənən
2. Ardıcıl təsirlənən
3. Qarışıq təsirlənən

Ardıcıl təsirlənən generatorlar praktikada tətbiq olunmur çünki təsirləndirmə dolağı lövbərin dolağı ilə ardıcıl birləşdirilir. Generatorun yükü dəyişdikdə gərginlik azalır.

Paralel təsirlənən generatorlar praktikada daha geniş istifadə edilir. Bəzi hallarda qarışıq təsirlənən generatorlar da tətbiq edilir. Qarışıq təsirlənən generatorlar nisbətən kiçik güclü qurğularda tətbiq edilir.

- **Sabit cərəyan generatorunun işləmə prinsipi**

Maşının maqnit sahəsi təsirləndirmə dolağının cərəyanı ilə yaradılır. Məlumdur ki, generator yüksüz işlədikdə lövbərin dolağında cərəyan olmur. Maşın yükləndikdə isə, əksinə, lövbərin dolağından keçən cərəyan öz maqnit sahəsini yaradır. Lövbərin sahəsi qütblərin sahəsinə qarşı yönələrək maqnit selini zəiflədir, o biri kənarı altında isə bunu gücləndirir. Deməli, generator yükləndikdə nəticələndirici maqnit seli yaradılır. Poladın doyması hesabına, maşın yükləndikdə nəticələndirici maqnit seli yüksüz işləmədə alınan maqnit selindən az olur. Lövbər sahələrinin qütblərin maqnit selinə təsirinə *lövbərin reaksiyası* deyilir.

Yüklənmə zamanı generatorun sıxaclarında gərginlik belə olacaqdır:

$$U = E - I_a r_a,$$

burada E – lövbərin dolağında induksiya olunan e.h.q.;

I_a – lövbərin dolağındakı cərəyan şiddəti;

r_a – lövbər dövrəsinin müqavimətidir.

Generatorun yükünü artırıqda lövbərin dolağındakı cərəyan şiddəti də artır ki, bu da öz növbəsində lövbər reaksiyasının maqnit selini gücləndirir; bu maqnit seli isə qütblərin maqnit selinə təsir edərək onu və lövbərin dolaqlarındakı e.h.q-ni azaldır.

Paralel təsirlənən generatorlarda lövbər reaksiyasının artması və lövbər dolağının müqavimətində gərginliyin azalmasından başqa, yüklənmə çoxaldıqda təsirləndirmə cərəyan şiddəti də azalır. Yüklənmə artdıqca təsirləndirmə cərəyan şiddətini azaldır. Bunu gərginliyin azalması ilə izah etmək olar. Qısaqapanma zamanı generatorun sıxaclarında gərginlik sıfıra bərabərdir. Bu zaman təsirləndirmə dolağında cərəyan olmur. Buna görə də lövbərin dolağında, azacıq e. h. q. induksiya olunur. Qarışıq təsirlənən generatorlarda paralel və ardıcıl təsirləndirmə dolaqları uyğunlaşdırılmış və qarşı-qarşıya qoşula bilər. Dolaqlar toplanacaqdır və qarşı-qarşıya qoşduqda isə müxtəlif tərəflərə yönələcək, yəni maqnit selinin cəmi bu dolaqların selləri fərqi bərabər olacaqdır.



4.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Elektromaqnit induksiya hadisəsini təyin edin;
- Elektromaqnit induksiya istiqamətini araşdırıb öyrənin;
- Asinxron mühərrikin quruluşunu araşdırın və müzakirə edin;
- Asinxron mühərrikin statorun dolaqlarını ulduz və üçbucaq birləşməsini araşdırın, müzakirə edin;
- Asinxron mühərrikin işləmə prinsipini araşdırın və müzakirə edin;
- Asinxron mühərrikdə S sürüşməsini təyin edin;
- Asinxron maşınla sinxron maşını müqayisə edin;

- Rotor hərəkətli və hərəkətsiz olduqda sürüşməni müqayisə edin;
- Asinxron sürəti təyin edin;
- Sinxron generatorun quruluşca fərqlənən növlərini araşdırın;
- Generatorda I hal ilə II hal da generatorda qütblərin yerləşmə vəziyyətini təyin edin;
- Müzakirə iş üsulundan istifadə edərək kəskin ifadə olunmayan maşının rotoru ilə qütbləri kəskin ifadə olunan sinxron maşının rotorunu araşdıraraq müzakirə edin;
- İnduksiyalayıcı ilə induksiyalanan hissə arasındakı fərqi araşdırın və qeydiyyatını aparın;
- Maqnit xətləri ilə kəşifən naqildə e.h.q. təyin edin;
- Yüksək sürətli turbogeneratorlarda olan qütblərin sayı ilə alçaq sürətli hidrogeneratorlarda olan qütblərin sayını müqayisə edin;
- Sabit cərəyan generatorunun quruluşunu araşdırın və müzakirə edin;
- Sabit cərəyan generatorunun tərkib hissələrini araşdırın hər birinin funksiyasının qeydiyyatını aparın;
- Sabit cərəyan generatorunun lövbərinin elementlərini araşdırın və öyrənin;
- Müstəqil təsirlənən generatorlar ilə öz-özünə təsirlənən generatorlar arasındakı fərqi müqayisə edin;
- Paralel təsirlənən, ardıcıl təsirlənən, qarışıq təsirlənən generatorların tətbiq sahələrini internet vasitəsilə araşdırın və prinsipial sxemlərini müqayisə edin;
- Sabit cərəyan generatorunun işləmə prinsipini araşdırın və tətbiq sahələrinin qeydiyyatını aparın;
- Müstəqil təsirlənən generatorların praktikada tətbiq edilməməsinin səbəbini araşdırın və öyrənin;
- Sabit cərəyan generatorunun sıxaclarında gərginliyi təyin edin.



4.5.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektrik mühərriklərinin elektromaqnit induksiya qanunu ilə işlədiyini məruzə edir”

- Elektrik mühərriki nəyə deyilir?
- Mühərrik neçə hissədən ibarətdir?
- Elektrik maşınının fırlanma tezliyi nəyə deyilir?
- Statorun vəzifəsi nədir?
- Asinxron mühərrik hansı gərginlikdə işləyir?
- Asinxron mühərrikin daha çox hansı növündən istifadə edilir?
- Asinxron mühərrikin çatışmayan cəhəti hansıdır?
- Asinxron mühərriki ilk dəfə hansı alim kəşf etmişdir?
- Rotor eyni sürətlə fırlanarsa ($n_2=n_1$) sürüşmə necə olar?
- Rotor hərəkətsiz ($n_2=0$) olarsa sürüşmə nəyə bərabərdir?
- Generator nəyə deyilir?
- Hansı generatorlar daha geniş yayılmışdır?
- Hasil olunan enerji qəbulediciyə necə verilir?
- Sinxron sürət nəyə deyilir?
- Yüksək sürətli turbogeneratorlarda qütblərin sayı nə qədər olur?
- Lövbər nəyə deyilir?
- Çatının funksiyası nədir?
- Əlavə qütblərdən nə zaman istifadə olunur?
- Kollektor nəyə deyilir?

- Reostat ilə ampermetrdən nə zaman istifadə edilir?
- Lövbərin reaksiyası nəyə deyilir?
- Generatorun sıxaclarında gərginlik nə zaman 0-a bərabər olur?

Təlim nəticəsi 5: Transformatorlar, onların vəzifəsi və tətbiq sahələri haqqında bilir

5.1.1. Transformatorların növü və xarakteristikaları haqqında məlumat verir



• Transformatorların növü və xarakteristikaları

İlk transformatoru İvan Filippoviç Usakin ixtira etmiş və onu 1882-ci ildə avqustun 28-də Moskvada açılmış sərgidə nümayiş etdirmişdir. Bu vaxtdan etibarən transformatorun həm nəzəriyyəsi, həm də istismarı inkişaf etmişdir. Transformatorlar, elektrik enerjisini uzaq məsafələrə verdikdə, enerjini qəbuledicilər arasında bölüşdürdükdə, eləcə də müxtəlif düzləndiricilərdə, gücləndiricilərdə, siqnal qurğularında və s. qurğularda geniş tətbiq olunur.

Tezliyi sabit saxlamaqla bir gərginlikdə dəyişən cərəyanı, başqa gərginlikdə dəyişən cərəyanə çevirmək üçün olan iki (və ya daha artıq) dolaqlı statik elektromaqnit aparatına transformator deyilir. Transformatorada enerji, dəyişən maqnit sahəsi vasitəsi ilə çevrilir. Transformator maqnit sistemindən və dolaqlardan ibarətdir. Elektrik stansiyasından elektrik enerjisini işlədicilərə verdikdə bu xətdə enerji itkisi və çəkilməsi üçün əlvan metallar sərfi verilən cərəyandan asılıdır. Məftillərin güc itkiləri aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$P_{\text{güc}} = I^2 r$$

burada:

I—məftildən keçən cərəyan, a ilə;

$P_{\text{güc}}$ — məftillərdə güc itkisi, vt ilə;

r—məftillərin elektrik müqavimətidir, om ilə ölçülür.

Güc eyni olduqda gərginliyi artırısaq, cərəyan azalacaq, en kəsiyi sahəsi daha kiçik olan məftillərdən istifadə etmək mümkün olacaqdır.

Bu isə elektrik verilişi xətlərinin çəkilməsinə əlvan metallar sərfini və bu xətdə enerii itkilərini azaltmağa imkan verəcəkdir.

Transformator, bir-biri ilə elektrik rabitəsi olmayan iki dolaqdan və həmin dolaqlar üçün ümumi olan qapalı polad içlikdən ibarətdir. Polad içlik qapalı maqnit dövrəsi təşkil edir və dolaqlar arasındakı qarşılıqlı induksiya rabitəsini qüvvətləndirir. Elektrik enerjisi mənbəyinin şəbəkəsinə qoşulmuş dolağa birinci dolaq, enerjinin qəbulediciyə verildiyi dolağa isə ikinci dolaq deyilir. Birinci və ikinci dolaqların gərginliyi adətən eyni olmur.

Birinci dolağın (Sxem 5.1 .) bütün kəmiyyətlərinə 1 indeksi qoyulur. (məsələn, E_1 , U_1 , I_1 , W_1 , P_1 , və s.). İkinci dolaq isə 2 indeksi ilə yazılır. (məsələn, E_2 , U_2 , I_2 , W_2 , P_2 , və s.).

Gərginliyi artırmaq üçün yüksəldici transformatorlardan istifadə olunur.

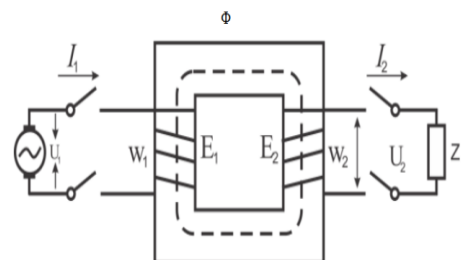
Elektrik enerji qəbulediciləri (kəzərmə lampaları, elektrik mühərrikləri və s.) təhlükəsizlik nöqtəyi-nəzərindən daha alçaq gərginliyə (110-380 v) hesablanır. Buna görə də, qəbulediciləri qidalandırmaq üçün bilavasitə enerjinin verildiyi yüksək gərginlikdən istifadə etmək olmaz. Bu halda enerji işlədicilərə alçaldıcı transformatorlardan verilir.

Transformatorun işi qarşılıqlı induksiya hadisəsinə əsaslanmışdır. Transformatorun aktiv gücü, yəni elektrik enerjisindən mexaniki, istilik, kimyəvi və s. çevrilə bilən güc, vatt və kilovatt ilə ölçülür. Birinci gərginlik ikincidən az olduqda belə transformatora yüksəldici, birinci gərginlik ikincidən çox olduqda isə buna alçaldıcı transformator deyilir.

Transformatorun ikinci dolağında cərəyan gücünün birinci dolaqdakı cərəyan gücünə nisbətində transformatorun faydalı iş əmsalı deyilir. Transformatorun f.i.ə. yüksək - 99-99,5% olur.



Şəkil 5.1.. Transformator



Sxem 5.1. Transformator prinsipial sxemi

Transformatorun f.i.ə.-ni təcrübə yolu ilə dolaqlarda cərəyanın gücünü, ya da dolaqlarda və maqnitkeçiricidə enerji itkisinin gücünü ölçməklə təyin edirlər. Buna görə də transformatorun f.i.ə.-ni (η) tapmaq üçün düsturu aşağıdakı kimi yazırlar:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_M + P_P} \cdot 100\%$$

Transformatorun iş rejimi iki cürdür: boşuna işləmə və yüklə işləmə.

Transformatorun boşuna işləməsi dedikdə elə iş rejimi nəzərdə tutulur ki, bu zaman birinci dolaq nominal gərginlik altında, ikinci dolaq isə açılmış vəziyyətdə olur (yəni bunda cərəyan şiddəti və güc sıfıra bərabərdir). Boşuna işləmədə birinci dolaqda cərəyan şiddəti nominal cərəyan şiddətindən onlarca dəfə az almır. Buna görə də misal enerji itkisi də çox az olur (yada salmaq ki, Coul-Lents qanununa əsasən bu enerjinin qiyməti cərəyan şiddətinin kvadratı ilə düz mütənəsbdir). Bir halda ki birinci dolaqda gərginlik nominaldır, onda boşuna işləmə zamanı polada itkilər, transformatorun yüklənmə ilə nominal iş rejimindəki kimi olmalıdır.

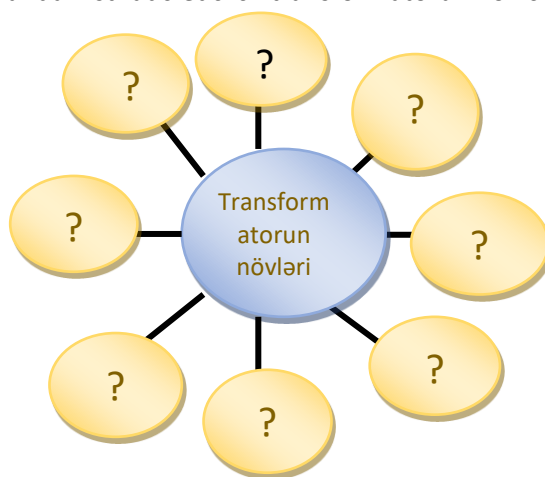
Transformator yüklənmə ilə işlədikdə, yəni elektrik qəbuledicisini ikinci dolağın dövrəsinə qoşduqda, birinci dolaqda gərginlik, deməkdir ki, eyni qalır; cərəyan şiddəti isə ikinci dolaqda cərəyan şiddətinin dəyişməsinə mütənəsb olaraq dəyişir. Məsələn, ikinci dolaqda cərəyan şiddəti artdıqda elektrik qəbuledicisinin sərf etdiyi enerji artır, deməli, transformatorun cərəyan mənbəyindən, yəni transformatorun birinci dolağı qoşulmuş elektrik şəbəkəsindən aldığı güc də artır (enerjinin saxlanma qanunu özünü büruzə verir). Bu hadisəni aşağıdakı kimi izah edirlər: içlikdə maqnit selinin ümumi qiyməti sabit kəmiyyətdir; ikinci dolaqdan keçən cərəyan elə maqnit seli yaradır ki, bunun istiqaməti Lents qaydasına əsasən birinci dolaqda cərəyanın yaratdığı maqnit selinin əksinə yönəlmiş olur; məsələn, ikinci dolaqda cərəyan şiddəti artarsa, burada maqnit seli artacaq, deməli, birinci dolağın yaratdığı maqnit seli də artacaqdır; bu isə birinci dolaqda cərəyan şiddəti artdıqda mümkün ola bilər.

Hazırda transformatorların içliklərini düzətmək üçün G-310 markalı soyuq yayılmış poladdan geniş istifadə olunur. Transformatorlar içliyin konstruksiyasından asılı olaraq iki yerə bölünür: çubuqlu və zirehli. Hər bir transformatorun həm yüksəldici və həm də alçaldıcı kimi istifadə etmək olar.



5.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Alçaldıcı və yüksəldici transformatoru müqayisə edin;
- Elektrik enerjisinin işlədiciyə ötürülməsinin sxemini çəkin;
- Transformatorun f.i.əmsalını təyin edin;
- Transformatorun iş rejimi elektrik dövrəsinin iş rejimlərini araşdırın və müqayisə edin;
- Karusel iş üsulundan istifadə edərək transformatorun növlərini araşdırın və sxemdə qeyd edin.



Sxem 5.2.



5.1.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektrik mühərriklərinin elektromaqnit induksiya qanunu ilə işlədiyini məruzə edir”

- Yüksəldici transformator nəyə deyilir?
- Alçaldıcı transformator nəyə deyilir?
- Transformatoru kim kəşf etmişdir?
- Transformasiya əmsalı nəyə deyilir?
- Faydalı iş əmsalı nəyə deyilir?
- Transformatorun neçə iş rejimi var?
- Yüksüz iş rejimi nədir?
- Yüklü iş rejimi nədir?
- Misə itki nəyə deyilir?
- Polada itkilər nəyə deyilir?

5.2.1. Üçfazlı transformatorların iş prinsipini təsvir edir

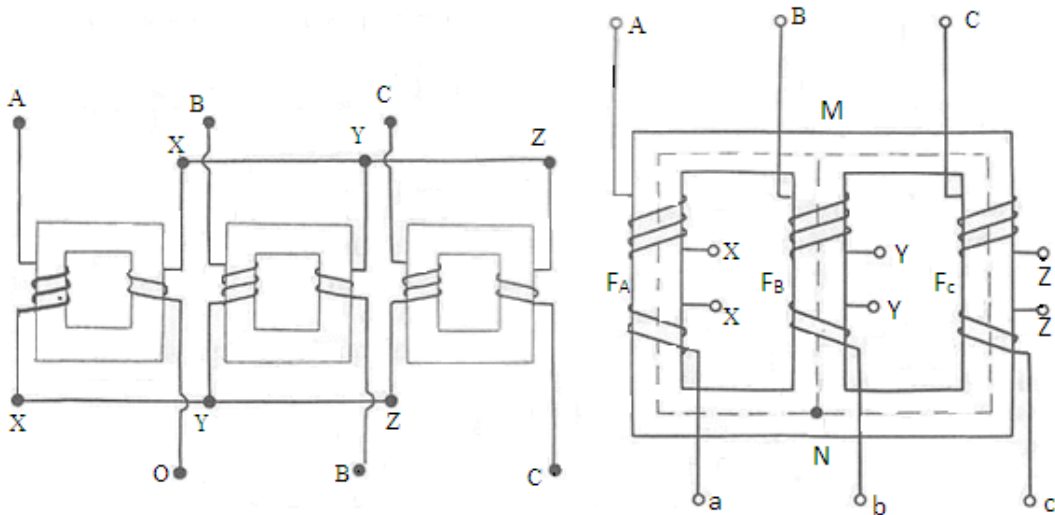


• Üçfazlı transformatorların iş prinsipi

Hazırda elektrik enerjisi üçfazlı cərəyanlar şəklində istehsal olunur və bu cərəyanlar vasitəsilə də məsafəyə verilib, işlədici arasında paylaşdırılır. Buna görə də xalq təsərrüfatında üçfazlı cərəyanların transformasiyasına birfazlı cərəyanlardan daha çox rast gəlinir.

Üçfazlı cərəyanların transformasiyası üçün iki üsuldən istifadə olunur. Üçfazlı cərəyanları ya üç ədəd birfazlı, ya da bir ədəd üçfazlı transformatorlar vasitəsilə transformasiya etmək mümkündür.

Birinci üsulun çox böyük güclü transformatorlar üçün istismar cəhətdən bir qədər üstünlüyü vardır. Ancaq bu üsul üç ayrı-ayrı transformatorlardan ibarət olduğundan bir qədər qənaətsizliyə səbəb olur. 5.3-də sxemində göstərilən həmin transformatorlar qrupu çox vaxt bir ədəd üçfazlı transformator ilə əvəz olunur. Üçfazlı transformatorun polad içliyi ümumi, dolaqları isə ayrı-ayrı olur. Belə transformatorun polad içliyi şəkildən görüldüyü kimi, iki ədəd birfazlı transformatorun içliklərinin yan-yanına qoyulub birləşdirilməsindən alınır. Birinci və ikinci tərəf dolaqlarının başlanğıcları A, B, C və a, b, c , ucları isə müvafiq olaraq X, Y, Z və x, y, z hərfləri ilə işarələnmişdir.



Sxem 5.3. Üçfazlı transformatorun prinsipial sxemi

Birinci dolaqlardan buraxılan yüksüz işləmə cərəyanları tərəfindən yaradılan və transformatorun müvafiq qollarından keçən F_A , F_B , F_C maqnit selləri bir-birindən üçdəbir period fərqlidir. Buna görə də hər bir anda üç maqnit selinin ani qiymətlərinin cəmi sıfıra bərabərdir.

Üçfazlı transformatorun üçqollu polad içliyi ulduz birləşmiş bir maqnit dövrəsi olduğundan onun sıfır nöqtələri M və N-dir.

Sxem 5.2.1-dən görüldüyü kimi F_a , F_b , F_c maqnit sellərinin yolları müxtəlif uzunluqda olduğundan maqnit dövrəsində bir qədər qeyri-simmetriklilik və buna görə də yüksüz işləmə cərəyanları arasında bir qədər cərəyanlar qeyri-simmetrikliliyi əmələ gəlmiş olur. Ancaq qeyd etmək lazımdır ki, bu qeyri-simmetriklilik çox zəif olduğu üçün heç bir praktiki əhəmiyyətə malik deyildir.

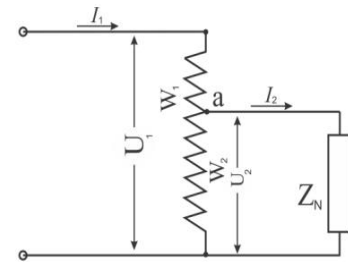
Üçfazlı transformatorun istər birinci, istərsə də ikinci tərəf dolaqları öz aralarında ulduz (Y) və ya üçbucaq (Δ) formasında birləşdirilir. Belə dörd birləşmə sxemi mövcuddur: Y/Y; Y/ Δ ; Δ /Y; Δ / Δ .

Burada birinci nişan yüksək, ikincisi isə alçaq gərginlikli tərəfə aiddir. Bunlardan ən çox işlədilən birləşmə sxemləri ulduz-ulduz Y/Y və ulduz- üçbucaq -Y/ Δ qruplarıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, ulduz birləşmə ən çox yüksək gərginlik, üçbucaq birləşmə isə alçaq gərginlik dolaqları üçün tətbiq olunur. Birinci halda faza dolağına təsir edən gərginlik, ikinci halda isə faza dolağından keçən cərəyan şiddəti xətt kəmiyyətlərindən $\sqrt{3}$ dəfə kiçik alınır. Buna görə də birinci halda izolyasiyaya, ikinci halda isə keçirici materiala qənaət etmək mümkün olur.

Bəzən transformatorun ikinci tərəfindən iki cür, həm xətti gərginlik, həm də faza gərginlikləri almaq lazım gəlir. Məsələn, böyük şəhərlərin şəhər təsərrüfatında həm kiçik sənaye, həm də işıq yükü olduğundan burada işlədilən transformatorlardan həm xətti gərginlik, həm də faza gərginlikləri alınmalıdır. Belə hallarda transformator üçün ulduz-ulduz Y/Y^o - birləşmə sxemi təyin edib, onun ikinci tərəfindən sıfır xəttini çıxarmaq lazımdır.



Şəkil 5.2. Üçfazlı transformator

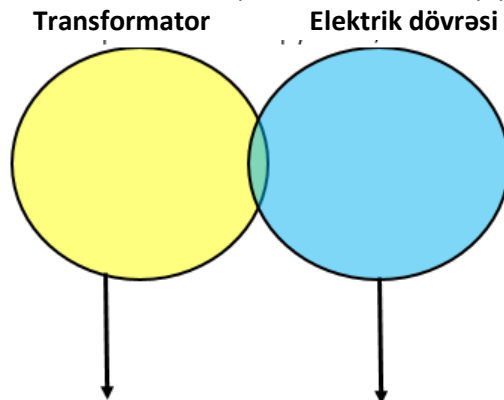


Şəkil 5.3. Avtotransformator



5.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Ulduz birləşmə ilə üçbucaq birləşmənin sxemini araşdırın və venn diaqramından istifadə edərək müqayisə edin;
- Alçaldıcı və yüksəldici transformatorun tətbiq sahələrini araşdırın və müzakirə edin;
- Ulduz və üçbucaq birləşmədən hansı məqsədlərlə istifadə edildiyini araşdırın müzakirə edin;
- Transformatorun iş rejimləri ilə elektrik dövrəsinin iş rejimləri arasındakı oxşar və fərqli cəhətlərini venn diaqramı vasitəsilə müqayisə edin;



- Sxemə əsasən generatorlar vasitəsilə hasil edilən elektrik enerjisinin hansı qurğuya ötürüldüyünü araşdırın və sxemdə qeyd edin.



Sxem 5.5.



5.2.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Üç fazlı transformatorların iş prinsipini təsvir edir”

- Transformatorla həm xətt gərginliyi həm də faza gərginliyi almaq üçün hansı birləşmə üsulundan istifadə edilir.
- Transformatorun dolaqlarının neçə birləşmə sxemi mövcuddur?
- Yüksək gərginlik və alçaq gərginlik dolaqları üçün hansı birləşmə sxemi tətbiq edilir?
- Transformatorun qollarından keçən maqnit selləri biri-birindən necə fərqlənir?

5.3.1. Avtotransformatorların vəzifəsini izah edir



• Avtotransformatorların vəzifəsi

Dəyişən cərəyanı transformasiya etmək üçün ikidolaqlı transformator əvəzində bəzən birdolaqlı transformatorlardan da istifadə edilir. Belə transformatorlara, ümumiyyətlə, *avtotransformatorlar* deyilir.

Avtotransformator, alçaq gərginlik dolağı yüksək gərginlik dolağının bir hissəsidir. Avtotransformator alçaldıcı və yüksəldici ola bilər.

Birinci A–X dolağının (şəkil 5.3.) ardıcıl birləşdirilmiş W_1 sarğıları vardır və gərginliyi U_1 olan dəyişən cərəyan şəbəkəsinə, sarğılarının sayı W_2 olan dolağın a – X hissəsi Z_n enerji qəbuledicisinə qoşulmuşdur.

Avtotransformatorun dolaqlarında induksiya olunan e.h.q A – X dolağında

$$E_1 = 4,44f W_1 \Phi_t$$

dolağın a–X hissəsində isə

$$E_2 = 4,44f W_2 \Phi_t$$

olacaqdır. yəni: $U_2 = E_2$ və $U_1 = E_1$

Avtotransformator yüksüz işlədikdə birinci gərginliyinin ikinci gərginliyə nisbəti onun transformasiya əmsalına və ya W_1 və W_2 dolaqları sayının nisbətində bərabərdir, yəni

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44\omega_1 f \Phi_t}{4,44\omega_2 f \Phi_t} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = K$$

Avtotransformator yüklənmiş olduqda birinci və ikinci şəbəkələrin gücünü, bərabər hesab edə bilərik, yəni

$$I_1 U_1 = I_2 U_2 \omega_1 .$$

Nəzərdən keçirdiyimiz bu halda W_1 sarğılarının sayı W_2 sarğılarından çoxdur, çünki U_1 birinci gərginliyi U_2 ikinci gərginliyindən yüksəkdir; deməli, ikinci şəbəkədəki I_2 cərəyan şiddəti birinci şəbəkədəki I_1 cərəyan şiddətindən yüksəkdir. Beləliklə,

$$I_{1-2} = I_2 - I_1 .$$

Deməli, dolağın a–X hissəsi, burada cərəyan şiddəti $I_2 - I_1$ fərqi bərabər olduğundan kiçik en kəsikli məftillərdən hazırlana bilər.

Avtotransformatorun ən böyük nöqsanı odur ki, yüksək və alçaq gərginlik şəbəkələri elektriki birləşdikdə alçaq gərginlik şəbəkəsi yüksək gərginlik altına düşə bilər.

Avtotransformatorlarda transformasiya əmsalının çoxalması bunlara xidmətin təhlükəlilyini artırır.

Avtotransformatorlar quruluşca adi transformatorlardan fərqlənir, ancaq üstünlüyü vardır. Bu az mis və polad tələb etməsi və enerji itkisinin zəif olmasıdır.

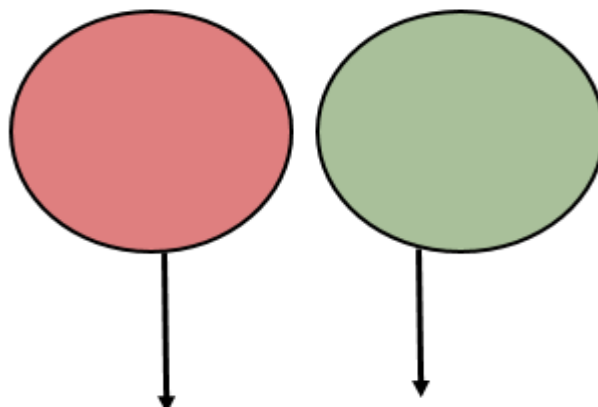


Sxem 5.6. Alçaldıcı avtotransformatorun sxemi



5.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Avtotransformatorun transformasiya əmsalını təyin edin;
- Avtotransformatorun alçaldıcı transformator kimi işlədilməsinin səbəbini araşdırın, müzakirə edin;
- Üçfazlı transformatorla avtotransformatorun tətbiq sahələrinin oxşar və fərqli cəhətlərini venn diaqramından istifadə edərək müqayisə edin.



Üçfazlı transformator

Avtotransformator



5.3.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Avtotransformatorların vəzifəsini izah edir”

- Avtotransformator nəyə deyilir?
- Avtotransformatorun tətbiq sahələri hansıdır?
- Avtotransformatorun neçə dolağı var?
- Nə üçün avtotransformatorun yüksəldici transformator kimi istifadə edilmir?

5.4.1. Ölçü transformatorları, onların tətbiq sahələrini təyin edir

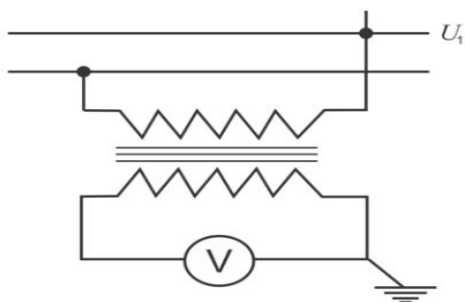


- **Ölçü transformatorları, onların tətbiq sahələri**

Ölçü transformatorları dəyişən cərəyan dövrlərində ölçü cihazlarını qoşmaq üçün istifadə edilir. Ölçü transformatorları iki cürdür: gərginlik transformatoru və cərəyan transformatoru. Bu transformatorlardan yüksək gərginlik altında olan cərəyan keçən hissələrdən izolyasiya etmək üçün dəyişən cərəyan dövrlərində istifadə olunur. Eyni zamanda, ölçü cihazlarının ölçmə həddini genişlətmək üçün də əlverişlidir.

Gərginlik transformatoru (sxem 5.8.) quruluşca adi azgüclü transformatorudur. Birinci dolaq şəbəkənin gərginliyi ölçülən məftillərinə qoşulur. İkinci dolağa isə bir-birinə paralel olmaqla voltmetr və ya vattmetrin, sayğacın və s. paralel dövrləri birləşdirilir. Gərginlik transformatorunun iş rejimi adi transformatorun yüksüz işləmə rejiminə uyğun işləyir. Cərəyan transformatorları çoxgüclü dəyişən cərəyanı azgüclü cərəyanə çevirmək üçündür. Belə transformatorları elə

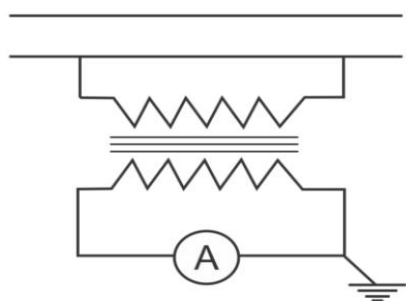
hazırlayırlar ki, birinci dolaqda cərəyan şiddəti normal olduqda ikinci dolaqdakı cərəyan şiddəti 5 a alınır.



Sxem.5.7 Gərginlik transformatorunun sxemi



Şəkil 5.4 Gərginlik transformatoru



Sxem.5.8. Cərəyan transformatorunun sxemi



Şəkil 5.5 Cərəyan transformatoru

Cərəyan transformatorunda iş rejimi qısaqapanma rejiminə yaxın alınır, buna görə də cərəyan transformatorunun içliyində maqnit seli az olur. Cərəyan transformatorunun ikinci dolağını açsaq, onda cərəyan olmayacaq, birinci dolaqda isə cərəyan adi transformatorda olduğu kimi, azalmayıb dəyişməz qalacaqdır.

Deməli, cərəyan transformatorunun ikinci dolağı açılmış olduqda birinci dolağın cərəyanı ilə yaradılan və ikinci dolağın cərəyanının maqnitləşdirmə təsiri ilə qarşılaşmayan içlikdəki maqnit seli çox böyük alınacaqdır. Ölçü transformatorları ilə işlədikdə təhlükəsizliyi təmin etmək məqsədi ilə ikinci dolağın bir sıxacını və içliyi yerlə əlaqələndirirlər.



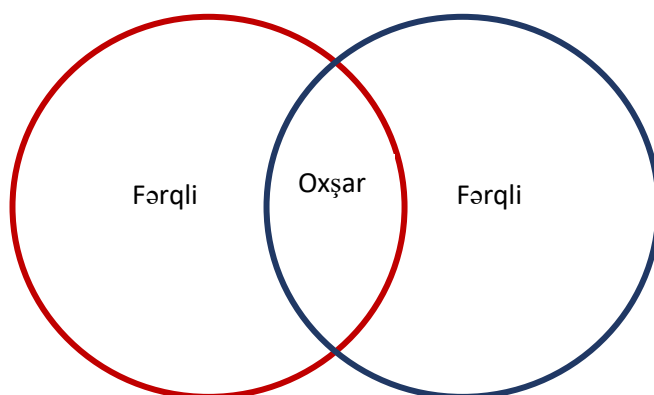
5.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Müzakirə iş üsulundan istifadə edərək cərəyan transformatorunun prinsipial sxemini müzakirə edin;
- BİBÖ iş üsulundan istifadə edərək gərginlik transformatorunun prinsipial sxemini araşdırın;

Bilirəm	Bilmək istəyirəm	Öyrəndim

Cədvəl 5.1.

- Cərəyan və gərginlik transformatorunun iş rejimlərini venn diaqramından istifadə edərək müqayisə edin.



Sxem 5.9.



5.4.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Ölçü transformatorları, onların tətbiq sahələrini təyin edir”

- Ölçü transformatorları neçə yerə ayrılır?
- Cərəyan transformatorun iş rejimi güc transformatorunun hansı iş rejiminə uyğundur?
- Gərginlik transformatorunun iş rejimi adi transformatorun hansı iş rejiminə uyğun işləyir?
- Cərəyan transformatorundan harada istifadə olunur?

5.5.1. Qaynaq transformatorlarının iş prinsipini şərh edir



- **Qaynaq transformatorlarının iş prinsipini**

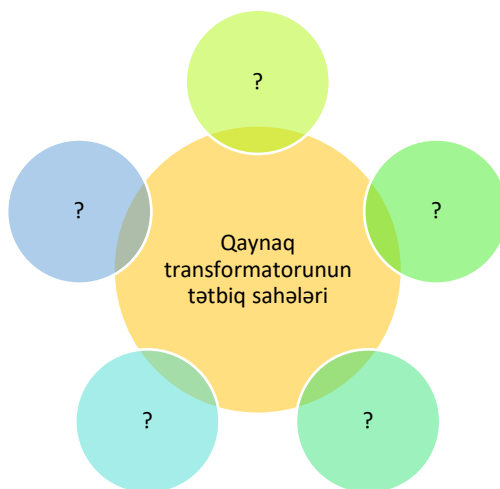
Qaynaq transformatoru 220 və ya 380 V gərginliyi 60-70 V-a qədər (elektrik- qövs qaynağında), ya da 14 V-a qədər (kontakt qaynağında) alçaltmaq üçündür. Qaynaq transformatorları cərəyan şiddəti yüksək - 300 A-ə qədər olduqda, habelə qısaqapanma rejimində işləmək üçün hesablanılır. Bütün bunlar isə dolağın induktiv müqavimətini artırmaqla qısaqapanmada cərəyan şiddətini məhdudlaşdırmaq hesabına əldə edilir. Qaynaq transformatorunun quruluşunda əsas xüsusiyyət də elə bundan ibarətdir. Bu məqsədlə maqnitkeçiriciyə maqnit şuntları qoşur, ya da transformatorun ikinci dolağına ardıcıl birləşdirilmiş induksiya sarğacının maqnitkeçiricisində araboşluğunu dəyişirlər.

Şəkil 5.6. Qaynaq transformatoru



5.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Qaynaq transformatorunun iş prinsipini araşdırın və təhlil edin.
- Qaynaq zamanı təhlükəsizlik texnikası qaydalarını araşdırın və öyrənin.
- Karusel iş üsulundan istifadə edərək qaynaq transformatorunun tətbiq sahələrini internet vasitəsilə araşdırın və təyin edin.



Sxem 5.10



5.5.2. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Qaynaq transformatorlarının iş prinsipini şərh edir”

- Qaynaq transformatoru 220 və ya 380 v gərginliyi neçə v-a qədər alçaltmaq üçündür?

- Qaynaq transformatorunda 220 və ya 380 v gərginliyi kontakt qaynağında neçə v-a qədər alçaltmaq olar?
- Qısa qapanmada qısa qapanma cərəyanının düsturunu yazın.

Təlim nəticəsi 6: Elektrik enejişinin istehsalı, tələbatı və paylanmasını bacarır

6.1.1. Elektrik enejişinin istehsalını müəyyən edir



- **Elektrik enejişinin istehsalı**

Elektrotexnika elektrik enejişinin istehsalı, onun çevrilməsi, paylaşdırılması və istifadə edilməsini öyrənən elmdir. Müasir dövrdə elektrotexnikanın bir elm kimi müvəffəqiyyətlərindən biri də texnikada elektrik və maqnit hadisələrinə əsasən, elektrotexniki qurğu və cihazların məlumatını qəbul etmək və ötürmək, temperaturunu, təzyiqi, sıxlığı səviyyəni, titrəyişi öyrənmək və tənzimləməkdən

ibarətdir.

Azərbaycanda elektrik enejişinin istehsalına XIX əsrin sonlarından başlanmışdır. İlk dəfə olaraq ölkədə XX əsrin əvvəllərində yeni elektrik stansiyalarından tikilib istismara verilməsi bu istehsalı artırdı. Əsasən neft sənayesinə qulluq edən — Bibiheybət II və — Ağ şəhər II stansiyaları işə salındı. Avropada ən güclü buxar turbinləri quraşdırıldı.

1913-cü ilin statistik göstəricilərinə görə Elektrik stansiyalarında hasil edilən elektrik enejişinin miqdarı 110 min kvtsaat-dan yüksək idi. Azərbaycanda Sovet hakimiyyəti qurulandan sonra elektroenergetikanın inkişafına güclü təkan verildi. Azneftin nəzdində —Elektrotok idarəsi yaradıldı. — Bibiheybət və — Ağ şəhər stansiyaları, keçmiş neft sənayeçiləri firmalarının — Ramana, Zabrat, Sabunçu, — Suraxanı və — Pirallahı kimi elektrik stansiyaları daxil edildi.

Qeyd edək ki, “Şirvan” İES 1962-ci ildən istismar olunur. Hər biri 150 MVt gücündə 7 blokdan ibarət bu İES Avropada açıq quruluşlu ilk stansiya olub.

1981-ci ildə Mingəçevirdə inşa edilən —Azərbaycan bloku istehsalı artırdı. 1982-ci ildə bu stansiyada daha bir blok işə salındı. Onun ümumi gücü 240 min kvtsaata çatdırıldı. Lakin 1990-cı ildən başlayaraq məlum səbəblərdən Respublikada elektrik enejişi istehsalı aşağı düşməyə başladı. Ölkədə elektroenergetika sektorunun gücləndirilməsi işləri 1995-ci illərdən sonra başladı.

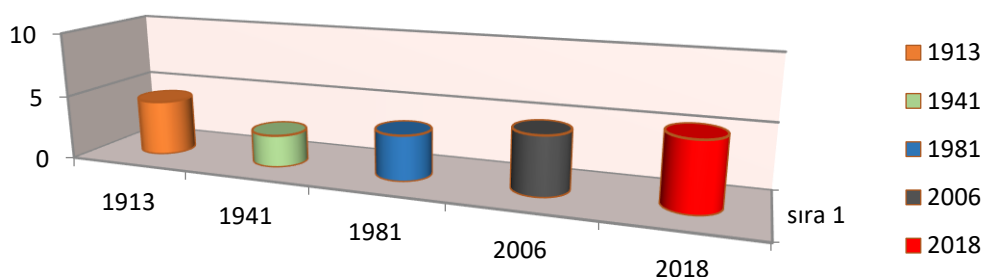
Görülən mühüm işlər sayəsində elektrik enejişi istehsalı 2000-ci ildə 18969 min kvtsaata, 2003-cü ildə isə 21285 min kvtsaata çatdırıldı. Azərbaycan enerji sistemi kifayət qədər hasilat gücünə malikdir. Hazırda Azərbaycanda istehsal edilən elektrik enejişinin 20%-ə yaxını “Şirvan” İES-in payına düşür. Stansiya normativ göstəricilərindən 1,8 dəfə çox müddətdir ki, istifadə olunur. Hazırda Şirvan şəhərində 750 MVt gücündə yeni “Cənub” elektrik stansiyası inşa olunur. Bu da Avropada və bütün dünyada sübut edir ki, Respublika kifayət qədər elektrik enejişi istehsalına görə güclü dövlətdir.

İstehlakçıların elektrik enejişi ilə təminatını daha da yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə gələcəkdə respublikanın bütün bölgələrində alternativ modul tipli elektrik stansiyaların inşası nəzərdə tutulmuşdur. Beləliklə, bu gün də ölkəmizdə elektrotexnika elminin nailiyyətlərinə əsaslanan xeyli işlər görülməkdədir.



6.1.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- 1913-cü ilin statistik göstəricilərinə görə Azərbaycanda elektrik stansiyalarında hasil edilən elektrik enejişinin (1941, 1981, 2006) 2018-ci ilə qədər hasil olunan elektrik enejişini internet vasitəsilə araşdırın, diaqram vasitəsilə illərə görə müqayisə edin;



Sxem 6.1.

- 2003-cü ildə hasil edilən enerji gücünü 2000-ci ildə hasil edilən enerji gücünü araşdırın və müqayisə edin;
- Mövzuya uyğun test sualları tərtib edin.



6.1.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektrik enerjisinin istehsalını müəyyən edir”

- Azərbaycanda elektrik enerjisinin istehsalına neçənci əsrdə başlanmışdır?
- 1913 –cü ildə Abşerondakı elektrik stansiyalarının gücü neçə kvt-a çatmışdır?
- Azərbaycanda elektroenergetika sektorunun gücləndirilməsi işləri neçənci illərə təsadüf edir?

6.2.1. Elektrik enerjisinin tələbatı və paylaşdırılmasını təsvir edir



• **Elektrik enerjisinin tələbatı və paylanması.**

Dünyada istehlakçıların elektrik enerjisinə olan tələbatın tam ödənilməsi üçün yeni elektroenergetikanın inkişaf etdirilməsi lazım gəlirdi. Ona görə də su və istilik enerjisindən əlavə, atom, günəş və külək enerjilərindən də istifadə edilməyə başlandı.

Atom elektrik stansiyaları (AES). Atom elektrik stansiyaları, adətən elə yerlərdə qurulur ki, orada yanacaq və hidravlik resurs olmasın. Bu gün bizim öyrəndiyimiz atom enerjisi atomun parçalanmasının, dəqiq desək, nüvə reaksiyasının sənayedə tətbiqidir. AES-in özü istilik elektrik stansiyasıdır. Lakin orada həmin istiliyi daş kömür, torf və sudan deyil, sadəcə olaraq reaktordan alırlar.



Şəkil 6.1. Atom elektrik stansiyası

Günəş enerjisindən istifadə edən İES. Günəş Yerə ən yaxın ulduzdur. O, tükənməz nəhəng enerji mənbəyidir. İlk günəş elektrik stansiyası Yaponiyada 1979-cu ildə qurulmuşdur və hal-hazırda işləyir.

Günəş işıq və istilik şüalandırır. Bu şüalanma radiasiya adlanır. Günəş radiasiyasının Yer səthində paylanması coğrafi enlikdən asılıdır. Ekvatora doğru getdikcə radiasiya artır. Yer səthinə düşən Günəşin enerjisindən 27%-i atmosferin dövrünə, 20%-i isə infraqırmızı şüalanmaya sərf olunur. Yer kürəsinə gələn günəş radiasiyasının təxminən 0,2%-indən bitkilər istifadə edir. Günəş enerjisindən alınan istilik və elektrik enerjisi günəş energetika qurğularında istifadə edilir. Bu enerjiden istifadə Azərbaycanda bir çox rayonlarda enerji problemini, qismən də olsa, həll edə bilər.



Şəkil 6. 2. Günəş panelləri

Külək enerjisindən istifadə edən ES. Külək enerjisindən insanlar hələ keçmiş zamanlardan istifadə etməyə başlamışlar. Azərbaycanda hələ orta əsrdə yel dəyirmanlarından istifadə edirdilər. Küləyi xarakterizə edən əsas göstəricilərdən biri də onun istiqaməti və sürətidir. Külək havanın yüksək təzyiqli sahələrindən, alçaq təzyiqli sahələrə doğru üfüqi istiqamətdə hərəkətinə deyilir. Küləyin enerjisinin sabit olmaması ondan istifadəni çətinləşdirir. Külək enerjisindən istifadəyə görə Almaniya dünyada birinci yerlərdən birini tutur. Azərbaycanda ən əlverişli külək şəraiti Abşeron yarmadasında və Xəzər dənizinin qərb hissəsinə düşən adalardadır.



Şəkil 6. 3. Külək elektrik stansiyası

İstilik elektrik stansiyası (İES) - Üzvi yanacaq (neft, qaz, daş kömür, biokütlə və s.) enerjisini elektrik enerjisinə çevirən elektrik stansiyasıdır.

Dünyada hasil edilən elektrik enerjisinin 75%-i , Azərbaycanda isə 90%-i istilik elektrik stansiyalarında istehsal olunur. Elektrik enerjisi istehsalında İES-lərin belə böyük yer tutması dünyanın ayrı-ayrı yerlərində yanacağın çox olması, yanacağın asanlıqla İES-lərə nəql edilməsi, İES-lərin tələbatçılara yaxın yerdə tikilməsi, İES-lərin tələbatçıları həm istilik, həm də ki elektrik enerjisi ilə təmin etməsi, İES-lərdə böyük güclü turbinlərin qoyulması ilə əlaqədardır.



Şəkil 6. 4. İstilik elektrik stansiyası

Su elektrik stansiyası (SES) — suyun məcra axınlarında və qabarma proseslərində su kütlələrindən enerji mənbəyi kimi istifadə edən elektrik stansiyası. Su elektrik stansiyasının bəndləri və su anbarlarının konstruksiyaları adətən çayların üzərində tikilir. Elektrik enerjisinin effektiv istehsalı üçün SES-in yerləşməsinin iki əsas amili mövcuddur:

- SES-in bütün ilboyu daimi su ilə təmin olunması;
- Çayın mümkün qədər daha meylli, kanyonvari relyef formasına malik olması.

Su elektrik stansiyasının iş prinsipi kifayət qədər sadədir. Hidrotexniki konstruksiyalar zənciri hidroturbinin ucunda hərəkət edən suyu lazımi təzyiqlə çatdırır və hərəkətdə olan su kütləsi elektrik enerjisi istehsal edən generatorları ötürülür.

Suyun lazımlı təzyiqlə bənd konstruksiyası vasitəsilə və müəyyən yerlərdə çayın konsentrasiyası və ya derivasiyası nəticəsində yaranır. Bəzi hallarda suyun lazımlı təzyiqinin alınması üçün bənd və derivasiyadan birgə istifadə edirlər.

Bütün energetika avadanlıqları bilavasitə su elektrik stansiyasının binasında yerləşir. Bina, təyinatından asılı olaraq, müəyyən bölmələrə malikdir. Maşın zalında su cərəyanını bilavasitə elektrik enerjisinə çevirən hidravlik-aqreqatlar yerləşir. Bundan başqa, binada SES-in iş prosesinin idarə edilməsində istifadə edilən hər cür avadanlıqlar, kontrol qurğuları, transformator stansiyası, bölüşdürücü və bir çox başqa qurğular yerləşir.



Səkil 6. 5. Su elektrik stansiyası

Hidroelektrik stansiyalar. Hidroelektrik stansiyalar (HES, yaxud SES) birinci (ilkin) mühərrik kimi hidravlik turbinlər tətbiq edilən stansiyalardır. Onlar düzən və dağ çaylarında tikilir.

Hidroelektrik stansiyalar yüksək səmərəli elektrik enerjisi mənbələridir. Bir çox hallarda elektroenergetikanın və xalq təsərrüfatının ehtiyatlarını təmin edən kompleks təyinatlı obyektlərdir: torpaqların meliorasiyası, su nəqliyyatı, su təchizatı, balıq təsərrüfatı və s.

Hidroelektrik stansiyalar – bu, su enerjisini elektrik enerjisinə çevirən kompleks tikililər və avadanlıqlardır.

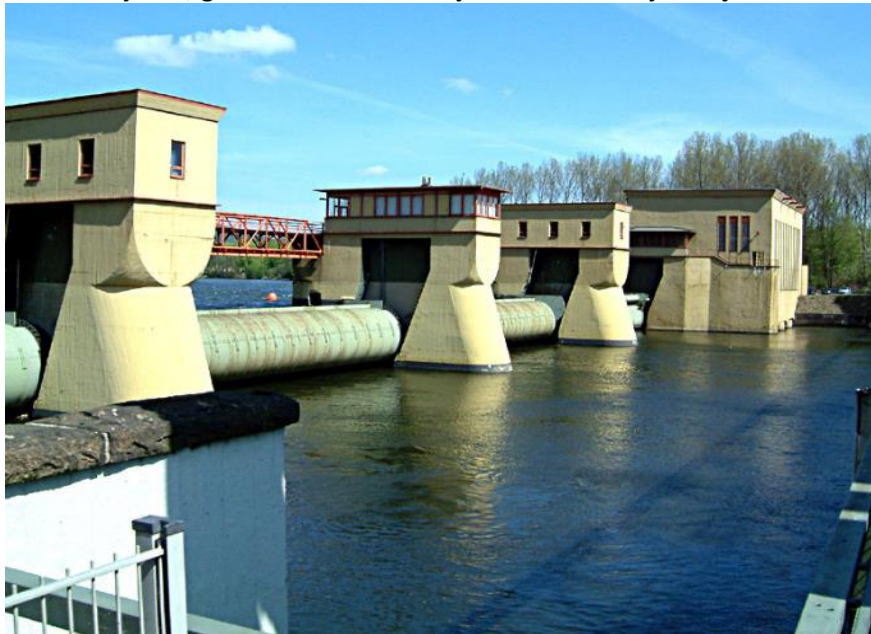
Basqılarına görə HES-i yüksək basqılı (80 m-dən yuxarı), orta basqılı (25- dən 80 m-ə qədər) və alçaq basqılı (25 m-ə qədər) olmaqla üç yerə bölürlər. Hidrotexniki tikililəri, energetik və mexaniki avadanlıqları bir yerdə hidroenergetik qurğu (HEQ) adlandırırlar. Hidroenergetik qurğuların aşağıdakı tipləri vardır:

1. Hidroenergetik stansiyalar (HES);
2. Nasos stansiyaları (NS);
3. Hidro akkumulyasiyalı elektrik stansiyaları (HAES);
4. Qabarma elektrik stansiyalar (QES).

Deyildiyi kimi, HES-lərdə su axını enerjisi elektrik enerjisinə çevrilən müəssisədir.

Düzən çaylarda qurulmuş HES əsas tikililəri bənddir. Həmin bənd su tutarları yaratmaqla basqı əmələ gətirir. HES binasında isə hidravlik turbinlər, generatorlar, elektrik və mexaniki avadanlıqlar yerləşdirilir.

Su ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə su yuxarı bəyfdən (səviyyədən) aşağıya doğru hərəkət edərək turbinin işçi təkərini fırladır. Hidravlik turbin val vasitəsilə elektrik generatoru ilə birləşdirilmişdir. Turbin və generator birlikdə hidrogenatoru əmələ gətirir. Turbində hidravlik enerji aqreqatın valı vasitəsilə mexaniki fırlanma enerjisinə, generator isə bu enerjini elektrik enerjisinə çevirir.



Şəkil 6.6. Hidroelektrik stansiya

İES-nın rayonunda yerləşən tələbatçıların enerji təchizatı isə 6, 10 kV-luq hava və kabel xətləri vasitəsilə 6,10 kV-luq generator gərginliyindən qidalanırlar. İES-nın istehsal etdiyi elektrik enerjisi və elektrik stansiyasında yüksəldici transformatorları vasitəsilə yüksək gərginlikli 110 kV-luq HX vasitəsilə ötürülərək paylanır.



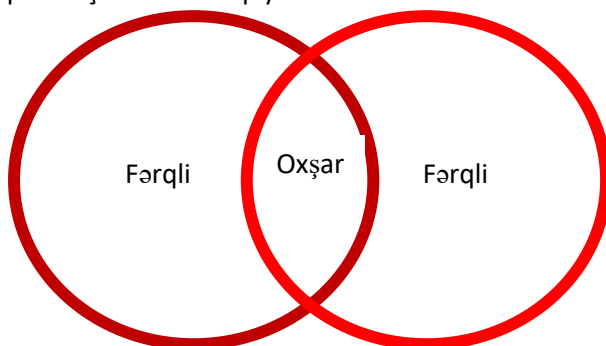
6.2.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Atom Elektrik Stansiyalarının Avrasiya materikində yerləşmə mövqeyini və gücünü statistik göstəricilər vasitəsilə araşdırmalar aparın və təqdimat hazırlayın.
- BİBÖ iş üsulundan istifadə edərək günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevirmək üçün Azərbaycanda tikilən elektrik stansiyalarını və işləmə texnologiyasını internet vasitəsilə araşdırın və təqdimat hazırlayın.

Bilirəm	Bilmək istəyirəm	Öyrəndim

Cədvəl 6.1.

- Külək enerjisini elektrik enerjisinə çevirmək üçün Azərbaycanda tikilən elektrik stansiyalarını və işləmə texnologiyasını internet vasitəsilə araşdırın və təqdimat hazırlayın.
- Azərbaycanın İstilik Elektrik Stansiyalarının işləmə texnologiyasını internet vasitəsilə araşdırın və təqdimat hazırlayın.
- Venn diaqramından istifadə edərək Su Elektrik Stansiyasını İstilik Elektrik Stansiyası ilə fərqi araşdırın və müqayisə edin.



Sxem 6.2.

- Hidroelektrik stansiyasında mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi prosesini araşdırın və təqdimat hazırlayın.



6.2.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektrik enerjisinin tələbatı və paylaşdırılmasını təsvir edir”

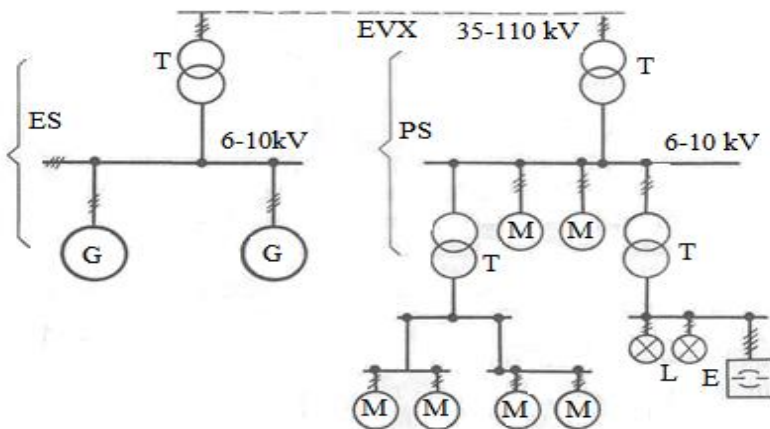
- Dünyada ilk dəfə olaraq atom elektrik stansiyası harada işə salınmışdır?
- Günəş elektrik stansiyasının işinin səmərəliliyi nədən asılıdır?
- Azərbaycanın hansı rayonlarında külək elektrik stansiyalarından istifadə edilir?
- İstilik elektrik stansiyalarında enerji resursu olaraq hansı materiallardan istifadə olunur?
- İES-lərin böyük gücü nə ilə əlaqədardır?
- Elektrik enerjisinin effektiv istehsalı hansı amillərdən asılıdır?
- Su elektrik stansiyasının iş prinsipini izah edin.
- Hidroenergetik qurğu dedikdə nə başa düşürsünüz?
- Hidrogenerator nədir?

6.3.1. Elektroenergetika sistemlərini müəyyən edir



- **Elektroenergetika sistemləri**

Elektrik stansiyalarının, yarımstansiyaların və elektrik enerjisi istifadəçilərinin bir-biri ilə əlaqələndirən elektrik ötürmə xətləri və elektrik şəbəkələrinin mərkəzləşdirilmiş operativ idarə edilməsi elektroenergetika sistemi adlanır.



Sxem 6.3 Elektrik təchizatı sxemi

Sxem 6.3də elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması, istifadəçilərin elektrik təchizatı sxemi aydınlıq gətirir. G generatoru vasitəsilə elektrik stansiyalarında (Es) əldə olunan elektrik enerjisi, yüksəldici transformatorlarda daha yüksək gərginliyə çevrilərək yüksək gərginlikli elektrik ötürmə xətləri (EOX) vasitəsilə sənaye müəssisələrinin yarımstansiyalarına ötürülür, sistemdə gərginliyin dəyişdirilməsi üçün T - transformatorları tətbiq olunur. YS - yarımstansiyanın yığım şinlərindən elektrik enerjisi müxtəlif elektrik işlədiciyə: M - elektrik mühərriklərinə, L - elektrik işıq lampalarına, elektrotermiki qurğulara, E - qızdırıcı cihazlara və s. paylanılır.

Elektrik enerjisinin istehsalı və işlədilməsi zamana görə fasiləsiz və vahid prosesdir. Elektrik enerjisini işlədiciyə ötürmədən böyük miqdarda yığıb saxlamaq olmaz. Hər bir zaman anı üçün elektrik enerjisinin hasilatı onun sərfiyyatına uyğun olmalıdır. Təklidə ayrıca elektrik stansiyaları fasiləsiz elektrik enerjisinin verilməsini təmin edə bilmir. Ona görə də energetikanın inkişafından asılı olaraq elektrik stansiyaları bir sistemdə birləşdirilir və ümumi yükə paralel işləyirlər. Onları bir-biri ilə elektrik ötürmə xətləri (EOX) birləşdirir. Enerji sistemlərinin yaradılması enerji təchizatının etibarlılığını yüksəldir, elektrik enerjisinin keyfiyyətini yaxşılaşdırır, gərginlik və tezliyin sabitliyini təmin edir.

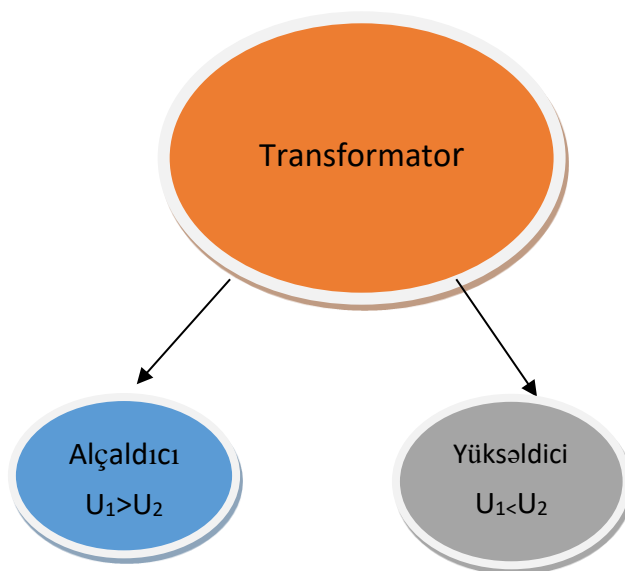


6.3.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

Beyin həmləsi iş üsulunda hazırlanmış sual lövhədə yazılır, yaxud şifahi şəkildə şagirdlərin diqqətinə çatdırılır. Şagirdlər suallara əsasən fikirlərini bildirirlər. Bütün ideyalar şərhə və müzakirəsiz yazıya alınır. Yalnız bundan sonra söylənilmiş ideyaların müzakirəsi, şərh və təsnifatı başlayır. Aparıcı ideyalar yekunlaşdırılır, şagirdlər söylənmiş fikirləri təhlil edir, qiymətləndirir.

Bu üsuldən istifadə edərək elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması sxemini müzakirə edin və və öyrənin.

- Sxemə əsasən yüksəldici və alçaldıcı transformatorun fərqi və tətbiq sahələrini araşdırın;



Sxem 6.4.

- Elektrik stansiyalarının bir sistemdə birləşdirilib ümumi yük altında işləməsini araşdırıb müzakirə edin;
- EVX-ri ilə EÖX-nı fərqli və oxşar cəhətlərini araşdırıb öyrənin.



6.3.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektroenergetika sistemlərini müəyyən edir”

- Energetika sistemi neçə hissədən ibarətdir?
- Elektrik enerjisini hasil edən qurğu necə adlanır?
- Hasil olunan enerji hara ötürülür?
- EVX-nın rolu nədən ibarətdir?

6.4.1. Elektrik şəbəkələri və yarımstansiyaları haqqında məlumat verir



• Elektrik şəbəkələri və yarımstansiyaları

Elektroenergetika sisteminin enerji istifadəçilərinə ötürülməsi və paylanması hissəsi elektrik şəbəkəsi adlanır.

Elektrik şəbəkəsinə müxtəlif gərginlikli elektrikötürmə xətləri, paylayıcı, transformator və çevirici yarımstansiyaları daxildir.

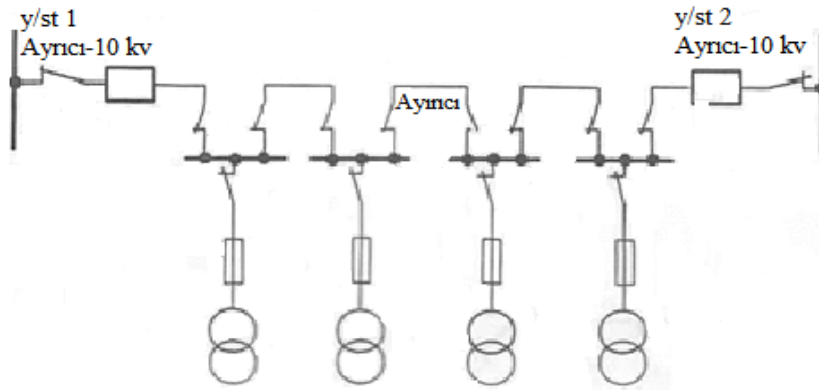
Transformator yarımstansiyasında gərginliyi azaldan və ya yüksəldən transformatorlar quraşdırılır. Bu yarımstansiyaya 1-2 yüksək gərginlikli xətlər daxil olursa, oradan isə daha çox aşağı gərginlik xətləri çıxır, iki tip transformator yarımstansiyası mövcuddur: birincisi açıq tipli, ikincisi bağlı - harada avadanlıqlar bağlı tikililərdə yerləşdirilirlər.

Paylayıcı yarımstansiyalarda gərginliyin dəyişdirilməsi baş vermir, burada ancaq xətlərin sayı artır.

Çevirici yarımstansiyalarda dəyişən cərəyanın düzləndirilməsi və ya əksinə. Bütün yarımstansiyalarda elektrik şəbəkələrini ayıran və birləşdirən aparatlar və müxtəlif nəzarət ölçü cihazları quraşdırılır.

Elektrik şəbəkələri şəbəkə gərginliyi 1 kV olan alçaq və 1 kV-dən yüksək gərginliyə malik olurlar. Transformator yarımstansiyalarında adətən iki və daha çox transformatorlar quraşdırılır. Burada enerji sisteminin yüksək gərginlik xətləri vasitəsilə (35, 110 yaxud 220 kV) verilən elektrik enerjisi 6-10 kV həddinə endirilir və işlək seksiyalaşdırılmış şinlərə ötürülür.

Bəzi hallarda sənaye müəssisələri elektrik enerjisini iki müxtəlif qida mənbəyindən götürürlər. Bu zaman ikitərəfli magistralların işlədilməsi məqsədəuyğundur. Belə magistrallar adətən açıq olurlar (sxem 6. 5).



Sxem 6.5. İkitərəfli magistrallar sxemi

Qəza zamanı paylayıcı qurğuda ayırıcı vasitəsilə qəzalı magistrallar sistemdən ayrılır və digər paylayıcı qurğudan qidalanır.

35-110 kV gərginlik xəttində istifadə olunan transformator yarımstansiyası (TY) və paylayıcı qurğu (PQ) adətən açıq tipli olurlar, yəni bütün elektrik avadanlıqları açıq havada yerləşdirilir. Əgər havada olan zərərli maddələrin elektrik avadanlıqlarına mənfi təsiri normadan çox olarsa, onda PQ və TY bu gərginliklər üçün bağlı (qapalı) tikililərdə yerləşdirilirlər. Açıq tipli qurğular (qapalı) binalarda yerləşdirilən qurğulara nəzərən xeyli ucuz başa gəlir və az tikinti materialları sərf olunur.

Komplekt paylayıcı qurğular (KPQ) və komplekt transformator yarımstansiyaları (KTY) geniş istifadə olunurlar. Ona görə komplekt adlanır ki, PQ və TY-lar ayrıca hazırlanmış metal şkaflardan və onlarda quraşdırılmış elektrik avadanlıqlarından ibarət olur. Bu şkafların hazırlanması və avadanlıqların quraşdırılması zavodlarda yerinə yetirilir. Şkaflar müəyyən nomenklaturalarda buraxılır.

Yüksək gərginlikdən (ildırımından və s.) qorunmaq üçün ventillə (VB) boşaldıcıdan istifadə olunur. Transformatorun ikinci dolağı açıq tipli komplekt paylayıcı qurğunun şinləri ilə birləşdirilir.

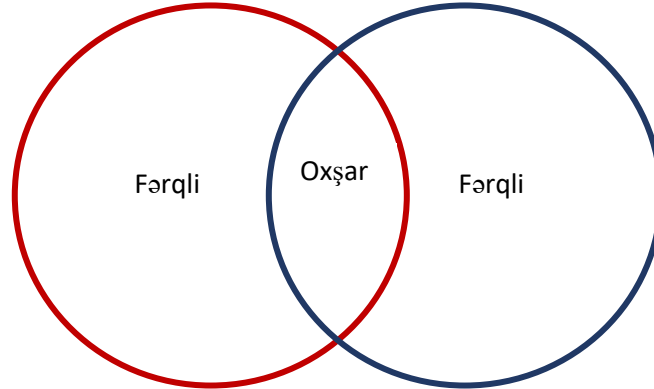


Şəkil 6.8. 110/35/10 kV-luq, 2x10 MVA gücündə yarımstansiya



6.4.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Paylayıcı yarımstansiya ilə çevirici yarımstansiyanı venn diaqramı vasitəsilə müqayisə edin;



Sxem 6.6.

- İkitərəfli magistral sxemini araşdırıb təqdim edin;
- Müzakirə iş üsulundan yarımstansiyalardan elektrik enerjisinin ötürülməsi sxemini araşdırıb müzakirə edin;



6.4.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektrik şəbəkələri və yarımstansiyaları haqqında məlumat verir”

- Elektrik şəbəkəsi nədir?
- Transformator yarımstansiyası neçə tipi mövcuddur?
- Nə üçün sənaye müəssisələri 2 müxtəlif qida mənbəyindən qidalanır?
- Yüksək gərginlikdən (ildırım) qorunmaq üçün nədən istifadə olunur?
- Paylayıcı qurğuların neçə tipi mövcuddur?
- Hansı tip transformator yarımstansiyalarından geniş istifadə olunur?

6.5.1. Elektrik enerjisinin əsas işlədicilərini təyin edir



• Elektrik enerjisinin əsas işlədiciləri

Bütün elektrik qızdırıcıları arasında daha çox öz elektrik yükünə görə yer tutan qurğulardan elektrik müqavimət sobalarını göstərmək olar. Bu tip sobalar kiçik güclü laboratoriya sobalarından başlayaraq yüzlərlə Vt, yaxud sənayedə işlədilən min kilovatlarla gücü olan sobalar mövcuddur. Bu sobalarda metalların termiki emal: metalların əridilməsi, materialların qurudulması və s. yerinə yetirilir. Elektrik sobalarının konstruksiyaları çox müxtəlifdir.

Sobalarda temperatur rejiminin dəyişdirilməsi üçün onun gücünün tənzimlənməsi yerinə verilir. Bu vəzifənin öhdəsindən tristorlu xüsusi gərginlik tənzimləyicisinin köməyi ilə gəlirlər.

Elektrik qövs sobalarında istilik iki elektrod arasında yaradılan elektrik qövsü hesabına əldə edilir. Adətən bu sobalarda qeyri-bərabər qızma prosesi getdiyindən, belə sobalardan metalların əridilməsi üçün istifadə edirlər. Poladın əridilməsi belə sobalarda enerji tutumlu və baha başa gələn proseslərdir. Məsələn, 1 ton əridiləcək polad üçün 500-1000 Kvt/saat enerji sərf olunur. Müasir elektrik qövslü poladəritmə sobaları periodik işləyən qurğulardır.

Burada əritmə prosesi 1,5-3,5 saat müddətində aparılır, sonra isə əridilmiş metal tamamilə sobadan axıdılır.



Şəkil 6.9.

İnduktiv qızdırıcı qurğuları - induksiya sobaları. İnduksiya qızdırmasında dəyişən cərəyanın yaratdığı elektromaqnit sahəsi qızdırılan cisimdə burulğan cərəyanlar yaradır. Bu effektdən də istifadə edərək metalların əridilməsində induksiya sobalarından, həmçinin termiki emal və metal kütlələrinin qızdırılması üçün induksiya qızdırıcı qurğularından istifadə edirlər. İnduksiya sobalarının çox böyük güc tələb etməsi və dəqiq tənzimlənmənin tələb olunması onların çatışmayan cəhətləridir. Hazırda belə sobalar 200-1000KV-A gücündə olur.

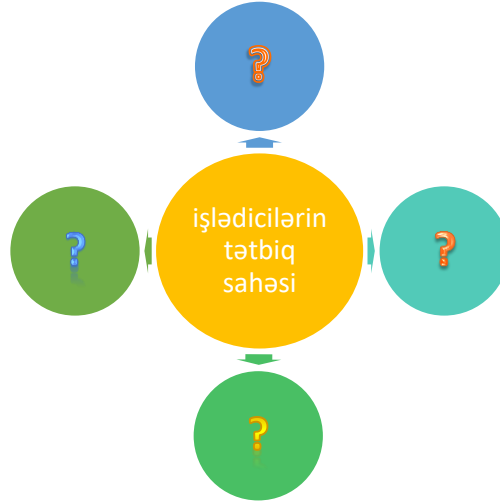
Elektrik qaynağı və kontakt qaynağı. Bu tip qaynaq işləri sənayenin bütün sahələrində, hərbi sənaye komplekslərində, kənd təsərrüfatında, avtomobil sənayesi, maşınqayırma və neft sənayesi müəssisələrində və məişətdə çox geniş yayılmışdır. Qövs qaynaq işləri adətən dəyişən cərəyanla işləyən qurğularla yerinə yetirilir. Belə qurğularla işlərkən yüksək təhlükəli iş şəraiti tələb edir ki, təhlükəsizlik texnikası qaydaları və tədbirlərinə ciddi riayət edilsin. Qida mənbəyinin boşuna işləmə gərginliyi 90 V, işlək gərginlik 35-70 V, qövsün gərginliyi 35-50 V hədlərində olur. Qaynaq edilən detalların qalınlığından asılı olaraq qaynaq cərəyanı 100- 1200 Amper olur.

Elektriklə işıqlandırma və işıq mənbəyi. Statistika görə istehsal olunan elektrik enerjisinin 10% -dən çoxu süni işıqlandırmaya sərf olunur. Optik şüalanma mənbəyi olaraq qızdırıcı (maddənin qızdırılması zamanı yüksək temperaturlarda) qaz boşalma (elektrik cərəyanını qazlardan keçərkən) istilik mənbəyinə aid olan közərmə lampalarını, elektrik infraqırmızı qızdırıcıları göstərmək olar. Közərmə lampalarının işıqvermə qabiliyyətini artırmaq və işləmə müddətini qırtırmaq məqsədilə volframlı-halogenli lampalarının istehsalına təkan verilib. Lampaların içərisi halogenli elementlə (ftor, xlor, bron və yod) əlavə olunmuş hidrogendən ibarət olur.



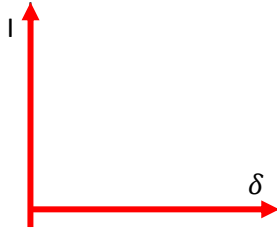
6.5.2. Tələbələr üçün fəaliyyətlər

- Elektrik müqavimət sobaları ilə elektrik qövs sobalarının hansı sahələrdə tətbiq olunduğunu araşdırın.
- Karusel iş üsulundan istifadə edərək dəyişən cərəyanla işləyən elektrik işlədicilərinin tətbiq sahələrini sxemdə qeyd edin.



Sxem 6.7.

- Müzakirə iş üsulundan istifadə edərək elektrik müqavimət sobalarında yerinə yetirilən əməliyyatların ardıcılığını araşdırın və müzakirə edin.
- İnduksiya sobalarının iş prinsipini araşdırın.
- Qaynaq zamanı detalların qalınlığının cərəyandan asılılıq qrafikini qurun.



Qrafik 6.1.

- Volframli halogenli lampaların içərisinə hansı elementlər daxil olduğunu araşdırın.



6.5.3. Qiymətləndirmə

Aşağıdakı qiymətləndirmə meyarına əsasən qiymətləndirəcəksiniz:

“Elektrik enerjisinin əsas işlədicilərini təyin edir”

- Elektrik sobalarında temperatur rejiminin dəyişdirilməsi üçün onun gücünün tənzimlənməsində nədən istifadə edilir?
- 1 ton əridilmiş polad üçün neçə kvtsaat enerji sərf olunur?
- İnduksiya sobalarının çatışmayan cəhəti nədir?
- İnduksiya sobalarının neçə KVA olur?
- Qaynaq zamanı cərəyan şiddətinin qiyməti neçə amper həddində dəyişir?
- Optik şüalanma mənbəyinə nələr aiddir?

İstifadə olunan ədəbiyyat

1. H.S.Əliyev **“Elektrotexnikanın əsasları”**
2. Z.İ.Kazımsadə **“Elektrotexnika”**
3. E.H.Rəhimova **“Elektrotexnikanın əsasları”**
4. Ə.X.Calallı **“Elektrotexnikanın əsasları”**
5. V.Rəsulov **“Elektrotexnika”**