

3. Маъруза. Электр энергия сифати ва уни ошириш учун истеъмолчилардаги бор имкониятлар

1. Электр истеъмолчилар ишига электр энергия сифатининг таъсири.
2. Тармоқ ва қурилмалардаги қувват сарфларига электр энергия параметрларининг таъсири.
3. Тармоқ ва қурилмалардаги қувват сарфларига электр энергия параметрларининг таъсири.
4. Электр энергия сифатининг асосий кўрсаткичлари.
5. Электр энергия сифатини ошириш бўйича ўтказиладиган тадбирлар.

■ Электр истеъмолчилар маълум бир номинал параметрлари билан ишлаб чиқариладилар: номинал частота f ном, номинал кучланиш U ном, номинал ток J ном ва хоказо. Бу ерда берилаётган (ўзгарувчан токнинг) кучланиши синусоидал формада ва уч фазали тизимлар учун симметрик бўлиши керак. Электр станцияларида ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг сифатини жуда ҳам юқори, лекин у электр тармоқлар орқали етказиб берилиши ва истеъмол қилиниши натижасида пасайиб кетади. Бунинг сабаблари қуйидагилардан иборатдир. Биринчидан, тармоқда кучланиш йўқолиши билан истеъмолчиларга келаётган кучланишнинг қиймати пасаяди. Иккинчидан, уларнинг орасида ўзига хос истеъмолчилар борлиги натижасида (дросселлар ёки трансформаторлар туйиниш режимида, ярим ўтказгичлар ва бошқа чизикли эмас элементлар) келаётган кучланишда симметриясизлик ва синуссизлик хосил бўлади. Учинчидан, нотўғри эксплуатация қилиниши сабабли. Масалан, кучланишни ошиши ёки пасайиши асинхрон моторлар ва ёритгичларни ишига салбий таъсир кўрсатади.

■ Кучланиш пасайиши моторнинг буралаш моментини камайтиради, чунки ва электр исрофи орта бошлайди. Исрофни ортишига сабаблар нимада? Маълумки, асинхрон моторлар ўз ўзини қувват бўйича ростлаш хусусиятига эга. Актив қувват ўзгармаслиги учун кучланиш ошишига (камайишига) қарамай мотор истеъмол қилаётган токни камайтириб (ошириб) керакли миқдорда тармоқдан олади. Шунинг учун кучланиш пасайишида ток ортади ва Жоуль-Ленц қонунига асосан энергияни иссиқликга бўладиган сарфи ошади. Кучланиш пасайишида пўлатни қизитишга кетаётган сарфлар ошади ва реактив қувватини истеъмоли ҳам ошади.

- Кучланишни ўзгариши конденсатор қурилмаларининг ишига ҳам кескин таъсурот кўрсатади. Тармоқнинг кучланиши 10% гача пасайиши конденсатор ишлаб чиқараётган реактив қувватни 81% гача камайтиради. Кучланиш миқдори 10% гача ошиши, конденсаторнинг зўриқиш ҳолатига етказди, чунки у ишлаб чиқараётган реактив қувват 121% гача ошади.

- Ёритгичлар томонидан ҳам кучланиш сифатига катта талабалар қўйилади. Кучланиш, номиналга нисбатан 1% га пасайиши чуғланма лампаларнинг ёруғлик оқимини 3-4% га, люминесцент лампаларда – 1,5% га ва ДРЛ туридаги лампаларда 2,2 % гача камайтиради. Кучланишнинг 10% гача ошиши лампаларнинг хизмат муддатини 3 баробар камайтиради. Кучланишнинг, номиналга нисбатан пасайиши лампаларнинг хизмат муддатини оширади, лекин шунинг билан биргаликда ёритилганлик миқдори ҳам камаяди. Кучланиш миқдори 20% га камайганда газразрядли ва люминесцент лампалар ёнмайди. Частотанинг ўзгариши ва тебраниши истъомчиларнинг ишига ва уларнинг ишончли ишлашига салбий таъсурот кўрсатади.

- Токнинг частотасининг пасайиши электр тармоқларда қувват ва кучланишлар сарфини оширади.

- Актив қувватнинг тезда ўзгарувчан истеъмоли (пайвандлаш қурилмалари) частотанинг тебранишига олиб келади ва натижада ишлаётган моторларнинг статик турғунлиги бузилиши мумкин.

- Кучланишнинг силжиши лампаларни липилашига олиб келади, одамларнинг кўзи тезда чарчайди ва меҳнат унумдорлиги кескин пасайиб кетиши мумкин. Кучланиш силжиши 10% дан ошганлигида газразрядли лампалар ўчиб қолиши мумкин. Кучланиш силжиши 15% дан ошганида магнитли ишга туширгичларни контаклари ажралиб қолади, конденсатор қурилмалари ва ярим ўтказгичли агрегатларни ишдан чиқишига олиб келади. ЭХМ, телевизор, радио асбобларнинг хизмат қилиш муддати ҳам кескин қисқаради.

- Тармоқнинг кучланишини симметриясизлиги натижасида синхрон ва асинхрон моторларнинг статорида қўшимча қизитиш ва асосий буралиш моментиға тесқари қаратилган буралиш моменти ҳосил бўлади.

- Моторнинг ўта қизиб кетиши валдаги фойдали қувватни камайтиради ва шунинг билан бирғалиқда изоляцияси тезда ишдан чиқади. Натижада хизмат муддати кескин камаёди. Масалан, кучланишининг 4%-ли симметриясизлигида ишлаётган тўла юкланган асинхрон моторнинг хизмат муддати икки баробар қисқаради. Конденсатор қурилмаларининг фазалари бир хил юкланмаганлиги натижасида қурилманинг реактив қувватидан тўла фойдалана олиб бўлмайди.

- Кучланишнинг носинуслиги электр тармоқларида, электр моторларда ва трансформаторларда қўшимча қувват сарфини ҳосил қилади. Бундан ташқари кабелларнинг мотор ва аппаратларининг изоляциясини хизмат муддати қисқаради, ЭХМ ва автоматик жихозларнинг ишлаши оғирлашади, конденсатор батареялар ёрдамида реактив қувватини компенсациялашда маълум кийинчиликлар фойда

Тармоқ ва қурилмалардаги қувват сарфларига электр энергия параметрларининг таъсири.

Тармоқ ва қурилмаларнинг юкланишидаги қувват ва энергия сарфлари оқаятган токнинг квадратига тўғри пропорционалдир (кучланишнинг квадратига тескари пропорционал), тармоқ ва қурилмаларнинг салт ишлашидаги сарфлар кучланишнинг квадратига тўғри пропорционалдир

$$\Delta P = K^2_{\text{юк}} \Delta P_{\text{юк.ном}} \left(\frac{100}{100 + \Delta U} \right)^2 + \Delta P_{\text{с.иш.ном}} \left(\frac{100 + \Delta U}{100} \right)^2$$

бу ерда. $K^2_{\text{юк}}$ – юкланиш коэффициенти,

$\Delta P_{\text{юк.ном}}$, $\Delta P_{\text{с.иш.ном}}$ – номинал кучланишдаги юкланиш ва салт ишлаш режимларнинг қувват сарфлари, %

Нисбатан номинал қувват сарфини ошиши қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\delta P \approx \frac{\Delta U}{50} (\Delta P_{\text{с.иш.ном}} - K^2_{\text{юк}} \Delta P_{\text{юк.ном}})$$

- Бу ерда $K_{\text{юк}}=1$ ва $\Delta P_{\text{с.иш.ном}} > \Delta P_{\text{юк.ном}}$ бўлганида кучланишни пасайтириш афзаллироқдир, чунки $\Delta U < 0$ бўлганида қувват сарфи камаяди (< 0). Электр тармоқлари учун $\Delta P_{\text{с.иш.ном}} = 0$ бўлганлигини ҳисобга олган ҳолда, улардаги қувват сарфларини камайтириш учун кучланишни ошириш керак. Трансформатор ва моторларнда $\Delta P_{\text{юк.ном}} > \Delta P_{\text{с.иш.ном}}$ бўлганлиги учун кучланиш ошиши билан уларда ҳам умумий қувват сарфлари камаяди.
- Частотанинг нормадан четга чиқиши тармоқ ва электр қурилмалардаги қувват ва энергия сарфларига сезиларли даражада таъсурот кўрсатадилар.
- Кучланиш ва частотанинг силжиши мотор ва генераторларда қувват ва энергия сарфларини оширади, чунки ўткинчи жараёнда уларнинг умумий қаршилиги камаяди ва натижада умумий ток миқдори ошади. Трансформатор ва тармоқлар учун, кучланиш ва частота тебраниши амалиётда ҳеч қандай таъсурот кўрсатмайди деб ҳисобласа бўлади.
- Кучланишни симметриясизлиги ва синуссизлиги натижасида фойда бўладиган қўшимча қувват сарфларини аниқлаймиз.
- Электр энергиясини узатувчи линиялар учун:

$$\delta\Delta P_{л} = (3J_{л}^2 + 3J_2^2 + 1,41 \sum_{\nu=2}^{\infty} \sqrt{\gamma} J^2_{\nu}) R - \Delta P_c$$

- бу ерда ΔP_c – симметрик ва синусоидал режимларида линиядаги кувват сарфлари, кВт.
- γ – гармониканинг тартиб рақами;
- Трансформаторлар учун:

$$\delta\Delta P_{тр.} = K_{\varepsilon} \mathcal{E}_2^2 + K_r \sum_{\gamma=2}^{\infty} \frac{1 + 0,05\gamma^2}{\gamma\sqrt{\gamma}} U^2_{\gamma} \frac{S_{TP}}{10^4}$$

- бу ерда : - тўғирловчи коэффициентлар;
- - тескари кетма-кетлик ва γ гармоникасининг кучланишлари; S_{TP} - трансформаторнинг номинал қуввати, кВа.

$$\delta\Delta P_m = (K_\varepsilon \varepsilon_2^2 + K_r \sum_{\gamma=2}^{\infty} \frac{U^2 \gamma}{\gamma \sqrt{\gamma}}) \frac{P_m}{10^4}$$

- бу ерда P_m – моторнинг номинал қуввати, кВт:
- конденсатор батареялари учун:

$$\delta\Delta P_k = (K_\varepsilon \varepsilon_2^2 + K_r \sum_{\gamma=2}^{\infty} \gamma U^2) \frac{Q_k}{10^4}$$

- бу ерда Q_k – конденсатор батареясининг номинал қуввати, кВар.
- миқдорлари адабиётларда берилган

Электр энергия сифатининг асосий кўрсаткичлари

- **Частотанинг нормадан четга чиқиши.**

- ГОСТ га асосан частотанинг четга чиқиши 10 минут даврида 0,1 Гц дан ошмаслиги керак. Фақат авария ҳолатида вақтинча ўша кўрсаткич $\pm 0,2$ Гц гача ўзгариши мумкин. $\Delta f = f - f_{\text{ном}}$ ёки

$$\Delta f = \frac{f - f_{\text{ном}}}{f_{\text{ном}}} 100\%$$

- Частота (-0,2 Гц дан) ошиб кетса актив ва реактив қувватларининг исрофи кўпайиб кетади. Частотани частота метр орқали ўлчаймиз.

- **Частотанинг тебраниши.**

- ГОСТ га асосан тебраниши 1 сек да 0,2 Гц дан ошмаслиги керак.

- $\delta f = f_{\text{энг катта}} - f_{\text{энг кичик}}$ $f_{\text{энг катта}} - f_{\text{энг кичик}}$

- $\delta f = \frac{f_{\text{энг катта}} - f_{\text{энг кичик}}}{f_{\text{ном}}} \cdot 100\%$ (3.8)

- $f_{\text{ном}}$

- **Кучланишни нормадан четга чиқиши.**
- ГОСТга асосан ёритиш қурилмаларида кучланиш нормал четга чиқиш[-2,5 % ÷ +5%] бўлиши мумкин.

$$(3.9) \quad V = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} \text{ ёки } V = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\%$$

- **Электр моторлари ва уларни бошқарувчи воситаларида[-5% ÷ + 10%] гача ва қолган электр истеъмолчиларида ± 5%гача.**
- **Йирик чорвачилик ва паррандачилик комплексларида ± 7,5 %**

Кучланишнинг тебраниши.

Кучланишнинг тебраниши қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$(3.10) \quad \delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{ном}} \text{ ёки } \delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{ном}} \cdot 100\%$$

- **Бундан ташқари кучланич тебраниши 1 сек ёки 1 минут ёки 1 соатда кучланишнинг ўзгариш частотаси билан баҳоланади.**

$$(3.11) \quad F = \frac{m}{T}$$

3. Электр энергия сифатини ошириш бўйича ўтказиладиган тадбирлар.

Частотанинг нормадан четга чиқиши.

■ Частоталар ўзгариши электр тармоқлар ва электр истеъмолчилар ишига қаттиқ таъсир кўрсатади. Электр станциялари мунтазам равишда белгиланган режимда маълум миқдорда $\sum P_{\text{ген}}$ қувват ишлаб чиқаради ва бу қувватлар миқдори истеъмолчилар қуввати $\sum P$ ва умумий қувват $\sum P$ сарфи йиғиндисига тенг бўлади, яъни:

■

$$\sum P_{\text{ген}} = \sum P_{\text{ист}} + \sum \Delta P_{\text{сарф}}$$

(3.13.)

■ Электр тармоқларидаги юкланишни ташкил қилувчилар таркиби доимий бўлган ҳолда истеъмол бўлаётган қувватнинг миқори частота билан боғлиқ. Агарда, $\sum P_{\text{ген}} > \sum P_{\text{ист}}$ бўлса частота ошади ва $\sum P_{\text{ген}} < \sum P_{\text{ист}}$ бўлса частота камади.

■ Бу ерда $\sum P_{\text{сарф}} = \text{const}$ деб ҳисобланади.

■ Юқорида кўрсатилган баланс бузулишига қуйидаги сабаблар асос бўлиши мумкин:

■ 1. Авария ҳолатида генераторларнинг тармоқ дан ажралиши.

■ 2. Кўзда тутилмаганда истеъмол қилинаётган қувватнинг тезда ошиб кетиши.

- Частота пасайиши электр тармоқларда қўшимча қувват исрофининг ошишига олиб келади.

- $$\Delta S = 3 IZ; Z = Z + jx \quad (3.14)$$

- $$Pz + Qx$$

- $$\Delta U = \frac{Pz + Qx}{U_{ном}} \quad (3.15)$$

- $$U_{ном}$$

- $$W = 2\pi f$$

- Агарда бу ҳолатда реактив қуввати ҳам кам бўлса электр қурилмаларнинг статистик мустаҳкамлик режимларини бузилишига олиб келади.

- Механизмалнинг унумдорлиги ва тармоқнинг частотаси орасидаги боғлиқлик қуйидаги формула билан ифодаланади.

- $$P = dFn \quad (3.16)$$

Частотанинг тебраниши.

Тезда ўзгарувчан актив юкланишлар бор сабабидан частота тебранади.(катта пайвандлаш қурилмалари) Бунинг учун уларни алоҳидаги шахобчаларга улаш керак ёки алоҳидаги трансформаторлар оркали энергия билан таъминлаш керак.

■ **Кучланишни нормадан четга чиқиши.**

■ Электр истеъмолчиларни нормал ҳолатда ишлашлари учун кучланишни четга чиқиши қуйидаги миқдорлардан ошмаслиги керак: $(- 5 + 10)\%$ мотор ва аппаратлар учун; $(- 2,5 + 5)\%$ электр ёритгичлар учун; $\pm 7,5$ чорвачилик комплекс ва парранда фабрикалари учун; $\pm 5 \%$ қолган электр истеъмолчилари учун.

■ Кучланиш ўзгаришига олиб келувчи асосий сабабларидан бири бу электр истеъмолчилар ёки электр энергияси билан таъминловчи тармоқларнинг иш режимларини ўзгариши, 6-10 кВ ли линиялардаги бор катта индуктив қаршилиқлар. Тақсимловчи ва таъминловчи электр тармоқларда кучланиш миқдорларини ўзгаришлари, реактив қувватини қўшимча сарфига ва натижада қўшимча актив қувват ва энергияларни сарфларига олиб келадилар

■ Электр энергия сифат кўрсаткичларидан энг катта зарар кўрсатувчи бу кучланишнинг оғишидир (нормадан четга чиқиши). Узок муддатли кучланиш ошиб кетиши умумий токнинг ортишига ва ортиқча энергия сарфига олиб келади, доимий қизиб туриши натижасида изоляция муддатидан олдин ишдан чиқиб кетади ва ёриткичларни ишлаш муддати ҳам кескин камайиб кетади. Кучланиш пасайиб кетиши билан асинхрон моторларнинг буралиш тезлиги пасаяди, истеъмол қилаётган ток миқдори ошади ва натижасида моторнинг изоляциясини ишлаш муддати ҳам камаяди. Маълумки, асинхрон моторларда $M \equiv U^2$, шунинг учун кучланиш пасайиб кетиши моторни ишга туширишини оғирроқ вазиятга келтиради. Кучланиш кескин камайиб кетишида мотор иш режимидан тормоз режимига ўтиб кетиши мумкин.

■ Кучланиш оғишининг чегаравий миқдордан чиқиб кетмаслиги учун, юкланиш марказларининг 6-10 кВ ли шиналарида кучланишни ростлаш керак. Бунинг учун трансформаторлар билан биргаликда юкланиш борлигида, кучланишни ростлайдиган қурилмаларни ўрнатамиз (РПН туридаги). Тақсимловчи тармоқларидаги кучланишнинг қониқарсиз ҳолати – юкланиш тугунлари ва марказий подстанцияларида реактив қувватининг резерви йўқлигидир. Бундай аҳволда асосий техник ечимларидан бири – реактив қувватини компенсациялашдир. Компенсацияловчи қурилмалар ёрдамида истеъмолчиларга керак бўлган реактив қувватини 66 фойизигача таъминлаймиз ва қолган қисмини улар электр тармоқлардан оладилар. Ростлагичли трансформаторлар кам қўлланиши натижасида истеъмолчиларнинг максимал юкланиш даврида кучланиш миқдори пасайиб кетади ва минимал юкланиш давриди – кучланиш миқдори 10-15% га номинал миқдорига нисбатан ошиб кетади ва натижада қўшимча энергия сарфлари пайдо бўлади. Кучланиш миқдорини ростлашда юкланиш графикларидан фойдаланамиз. Юкланиш графикларини текислаш, катта қувватга эга бўлган истеъмолчилар иш вақтини тунги вақтга ўтказиш (идожи бер жойларида) максимал юкланиш даврида

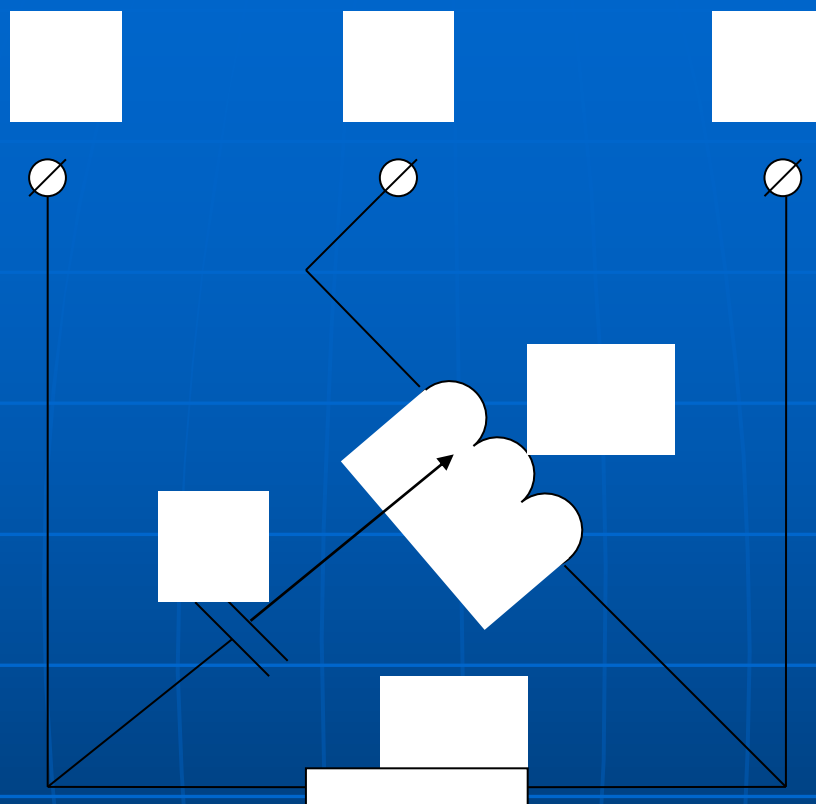
Кучланишнинг тебраниши.

■ Кучланиш тебранишига олиб келувчи асосий сабабларидан бири – бу тармоқнинг маълум бир участкасида юкламаларни кескин ўзгариши. Масалан, пайвандлаш аппаратларни ишлаши, йирик қисқа туташувли асинхрон моторларни ишга тушириш пайти, ростланадиган вентилли ўзгартиргичларни иши ва бошқалар. Кучланиш тебраниши натижасида ишлаётган электр қурилмаларнинг ва электр тармоқларнинг изоляциялари тезда эскиради, қувват ва энергия сарфлари ошади ва конденсатор қурилмаларнинг тармоққа қўшилишини чеклаб қўйади. Бундай вазиятда махсус филтёркомпенсацияловчи ва филтёрсимметрияловчи қурилмалардан фойдаланиш керак. Уларнинг ёрдамида юқори гармоникаларнинг токлари компенсацияланади ва энергетик кўрсаткичлари яхшиланади.

- Кучланиш тебранишини камайтириш учун қуйидаги чоралар таклиф қилинади:
- Қўшимча қаршилик ёки реакторлар ёрдамида моторларнинг ишга тушириш тоқларини камайтирамиз.
- Йирик қувватга эга бўлган ва тезда ўзгарувчан режимда ишловчи қурилмалар ва пайвандлаш қурилмаларни таъминловчи 6-35 кВ ли линияларнинг реактив қаршиликларини камайтириш. Бунинг учун сиғимли линиясининг узунасига компенсацияловчи қурилмалардан фойдаланамиз ва юкламаларга нисбатан кетма-кет улаймиз. Улар юқори кучланишли опораларда ўрнатиладилар ва ердан тўла изоляцияланадилар.

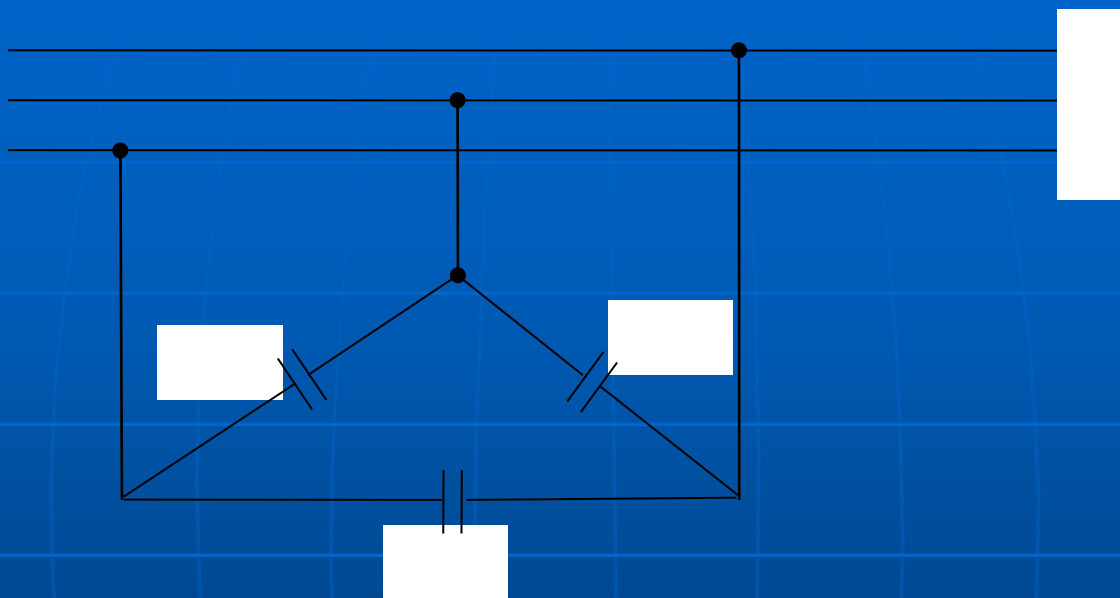
Кучланиш ёки тоқларнинг симметриясизлиги.

- Бундай вазиятда фазалар ёки линиялардаги кучланишлар (тоқлар) амплитуда ёки силжиш бурчаги бўйича тенг бўлмайдилар. Симметриясизлик қисқа ёки узок муддатли бўлиши мумкин. Қисқа муддатли симметриясизлик – бу авария ҳолатларида ҳосил бўлади. Узок муддатли симметриясизлик – фазалар ёки умуман қурилмаларнинг ўзлари текис эмас юкланмаганлиги (ёки бажарилмаганлиги) натижасида ҳосил бўлади. Кучланишнинг симметриясизлиги қўшимча энергия сарфларига олиб келади, электр қурилмалар ва электр тармоқларнинг ишончилигини пасайтиради.
- Асинхрон моторларида кучланишнинг симметриясизлиги чўлғамларда қўшимча қизиш ва асосий буралиш моментига нисбатан тесқари (қарама-қарши) бурайдиган момент ҳосил бўлади. Натижада чулғамларнинг изоляцияси тезда эскиради ва моторнинг қуввати камаяди. Масалан, кучланишнинг симметриясизлиги 4% гача ўзгарганида асинхрон моторларнинг ишлаш муддати 2 баробар қисқаради. Кучланиш симметриясизлиги бор тармоқларига қўшилган кўп фазали ўзгартиргичларнинг чиқишида текисланган кучланишнинг пульсацияси кузатилади.
- Конденсатор қурилмалар фазалар бўйича текис эмас юкланганлиги натижасида, уларнинг ўрнатилган реактив қувватидан тўла фойдаланиб бўлмади.
- Бир фазали индуктивликни симметриялаш учун махсус дросселли айргичдан фойдаланамиз. (4 расм)



4 расм. Дросселли айргич ёрдамида индуктивликни симметриялаш
схемаси.

Уч фазали тармоқларида носимметрик конденсатор батареясида
фойдаланамиз. (5-расм)



Расм. Уч фазали носимметрик юкланмаларни носимметрик конденсатор батареялари ёрдамида текислаш схемаси.

■ **Кучланиш ва тоқларнинг носинуслиги.**

■ Носинуслик пайдо бўлишининг асосий сабабларидан бири – бу тармоқ элементларининг тўғри чизиқли эмаслиги: ярим ўтказгичлар, венти́ллар, тўйиниш режимида ишлайдиган трансформаторлар ва бошқалар. Носинуслик бор оқибатида қуйидаги салбий ходисалар пайдо бўлади:

■ Трансформатор, электр машина ва тармоқларда қўшимча энергия сарфлари ҳосил бўлади.

■ Компенсацияланувчи қурилмалар, юқори гармоникалар борлиги натижасида тезда ишдан чиқади.

■ Электр машина ва аппаратлар чулғамларининг изоляциясини ишлаш муддати қисқаради.

■ Автоматика, телемеханика ва алоқа ускуналарнинг ишлаш шароитлари оғирлашади.

■ Носинусликни камайтириш учун қуйидаги чора-тадбирлардан фойдаланиш мумкин:

■ 1). Юқори гармоникалар даражасини пасайтириш керак. Бунинг учун ўзгартиргичларда тоқларни тўғирловчи фазалар сонини ошириш керак (қўшилиш шахобчалар сонини);

■ 2) Электр тармоқларнинг самарали схемаларини тузиш керак. Бу ерда эгри чизиқли юкламаларни алоҳидаги линиялар ёки трансформаторлар орқали тармоққа улаймиз;

■ 3). Юқори гармоникаларни камайтирувчи филтърларидан фойдаланамиз. Бундай филтърлар кетма-кет қўшилган реактор ва конденсатор батареясидан иборатдир.