

Villamosenergia-átvitel /Villamosenergia-rendszerek I.

Vizsgakérdések (2008.) (az előadás-témakörök szerint)

I. Rész

Az egyes kérdéseknél szereplő (vagy csak jelzett) számadatok minta jellegűek, a „vizsga-adatok” ettől eltérhetnek.

1. AC és DC átvitel, soros és párhuzamos rendszer, feszültség szintek és transzformációk, AC U/IS/P/Q

1.1 Feszültség szintek, transzformációk, hálózatalakzatok az MK VER-ben

Ábra, értelmezések, magyarázat:

- ◆ A magyar VER szabványos feszültség szintjei
- ◆ Az átviteli és elosztó hálózaton alkalmazott transzformációk
- ◆ Hálózati szerepkörök, szokásos hálózatalakzatok
- ◆ A nemzetközi együttműködés határkeresztező távvezetékei

2. A szimmetrikus összetevők módszere. A szimmetrikus összetevők mérése

2.1 Háromfázisú feszültség- (áram) rendszer szimmetrikus összetevői

Ábrák, képletek, magyarázat:

- ◆ A pozitív, negatív és zérus sorrendű feszültség- (áram-) rendszer jellemzői
- ◆ Aszimmetrikus feszültség- (áram-) rendszer szimmetrikus összetevőinek meghatározása fázismennyiségekből
- ◆ Fázismennyiségek meghatározása szimmetrikus összetevőkből
- ◆ Transzformációs mátrix és inverze
- ◆ A fázis (ön és kölcsönös) impedancia mátrixa diagonalizálásának feltétele.

2.2 Teljesítmény szimmetrikus összetevőkkel, Zérus sorrendű feszültség és áram mérési lehetőségei

Ábrák, magyarázat, képletek:

- ◆ Aszimmetrikus feszültség- (áram-) rendszer szimmetrikus összetevőinek meghatározása fázismennyiségekből
- ◆ A háromfázisú teljesítmény meghatározása szimmetrikus összetevők alapján
- ◆ Zérus sorrendű áram mérésére szolgáló szűrő kapcsolások
- ◆ Zérus sorrendű feszültség mérésére szolgáló szűrő kapcsolások.

3. Rendszerelemek, modellek (leképezések) szimmetrikus üzemhez

3.1 Fogyasztó leképezése szimmetrikus üzemhez

Ábrák, képletek, magyarázat, számítás:

- ◆ Háromfázisú fogyasztó névleges (“kapocstábla”) villamos adatai: $U_n=10$ kV, $S_n=2$ MVA $\cos\phi=0.92$
- ◆ Sorba kapcsolt R_s , X_s és párhuzamosan kapcsolt R_p , X_p impedancia modell R, X értékének számítása a névleges adatokból
- ◆ Állandó áramú fogyasztó modellje, áramának meghatározása a névleges adatokból.
- ◆ A fogyasztó egy napi villamos energia felvétele folyamatos üzem esetén.

4. Transzformátorok leképezése szimmetrikus üzemhez

4.1 Két- és háromtekercsű transzformátor, leképezés szimmetrikus üzemhez

Ábrák, képletek, magyarázat, számítás:

- ◆ Transzformátor kapocstábla adatai : 120/10 kV/kV, 40 MVA, $\epsilon_p=12\%$
- ◆ Feszültség-, áram- és impedancia áttétel.
- ◆ Százalékos rövidzárási feszültség (drop) értelmezése
- ◆ Transzformátor (szórási) reaktancia számítása az adatokból.
- ◆ Saját zárlati teljesítmény

4.2 Hálózati transzformátorok, transzformátorszabályozás konstrukciós megoldások.

Ábra, magyarázat, kifejtés:

- ◆ 400/ 220/ 120/ 20/ 10/ 0,4 kV hálózati feszültség szintek közötti transzformációk hierarchiája
- ◆ Szokásos névleges egység teljesítmények
- ◆ Terhelés alatti transzformátor-szabályozás konstrukciós megoldásai

5. Többfeszültségű hálózatok számítási technikái

5.1 Számítások és modellek közös feszültség szinten

Ábrák, magyarázat, számítás:

- ♦ A közös feszültség szintre redukálás módszer alkalmazásának lépései
- ♦ A módszer bemutatása számpéldában:
a megadott adatokkal határozza meg egy „forrás-transzformátor-távvezeték-transzformátor” terheletlen hálózaton
 - ♥ a hálózati modellt közös feszültség szintre vonatkozó értékekkel
 - ♥ a megadott helyen bekövetkező háromfázisú zárlat hatására fellépő áramokat és a kialakuló feszültségeket (a számítás befejezéseként a megjelölt mennyiségeket saját szintre is át kell számítani).

5.2 Számítások és modellek viszonylagos egységben

Ábrák, magyarázat, számítás:

- ♦ A viszonylagos egységekben történő számítás alkalmazásának lépései
- ♦ A módszer bemutatása számpéldában:
a megadott adatokkal határozza meg egy „forrás-transzformátor-távvezeték-transzformátor” terheletlen hálózaton
 - ♥ a hálózati modellt viszonylagos egységben megadott értékekkel
 - ♥ a megadott helyen bekövetkező háromfázisú zárlat hatására fellépő áramokat és a kialakuló feszültségeket (a számítás befejezéseként a megjelölt mennyiségeket V, A értékkre is át kell számítani).

6. Háromfázisú szabadvezeték soros impedanciái, négyvezetős modell és alkalmazása

6.1 Háromfázisú szabadvezeték szimm. összetevőjű és négyvezetős (soros impedanciájú) modellje

Az elvi rendszer: ideális, földelt csillagpontú E_{abc} forrás + távvezeték, átlagos $Z_{\bar{0}n}$ és Z_k impedancia, szimm. RF imp. fogyasztó, amelynek csillagpontja Z_y impedanciával földelt.

Az adatok :

$$E_a = 120 / 1.73 \text{ kV} \quad Z_{\bar{0}n} = j 0.6 \text{ ohm/km} \quad Z_k = j 0.2 \text{ ohm/km} \quad \text{hossz: } H = 30 \text{ km}$$
$$RF = 360 \text{ ohm} \quad Z_y = j 12 \text{ ohm}$$

Ábra, elemek értelmezése és meghatározása:

- ♦ háromfázisú áramköri modell.
- ♦ szimmetrikus összetevőjű modell és számított értékek (feszültségek, impedanciák)
- ♦ négyvezetős modell és számított értékek (feszültségek, impedanciák)

6.2 Háromfázisú szabadvezeték végponti 2F és 2FN rövidzárlata négyvezetős modell alapján

Az elvi rendszer: ideális, földelt csillagpontú E_{abc} forrás + távvezeték, átlagos $Z_{\bar{0}n}$ és Z_k impedancia.

Az adatok :

$$E_a = 120 / 1.73 \text{ kV} \quad Z_{\bar{0}n} = j 0.6 \text{ ohm/km} \quad Z_k = j 0.2 \text{ ohm/km} \quad \text{hossz: } H = 30 \text{ km}$$

Ábra, elemek meghatározása:

- ♦ négyvezetős modell és számított értékek

$U_{abc} - I_{abc}$ fázorábra, minőségileg helyesen a 2F és a 2FN zárlathoz:

- ♦ végpont (a zárlat helye) ♦ villamos középpont ♦ táppont

A 2F és 2FN zárlati áram meghatározása számítással :

- ♦ $I(abc)$ fázisáramok
- ♦ $I(o12)$ szimm. összetevők az $I(abc)$ alapján

6.3 Háromfázisú szabadvezeték végponti 3F és 1FN rövidzárlata négyvezetős modell alapján

Az elvi rendszer: ideális, földelt csillagpontú E_{abc} forrás + távvezeték, átlagos $Z_{\bar{0}n}$ és Z_k impedancia.

Az adatok:

$$E_a = 120 / 1.73 \text{ kV} \quad Z_{\bar{0}n} = j 0.6 \text{ ohm/km} \quad Z_k = j 0.2 \text{ ohm/km} \quad \text{hossz: } H = 30 \text{ km}$$

Ábra, elemek meghatározása:

- ♦ négyvezetős modell és számított értékek

$U_{abc} - I_{abc}$ fázorábra, minőségileg helyesen a 3F és az 1FN zárlathoz:

- ♦ végpont (az 1FN helye) ♦ villamos középpont ♦ táppont

A 3F és az 1FN zárlati áram meghatározása számítással :

- ♦ $I(abc)$ fázisáramok
- ♦ $I(o12)$ szimm. összetevők az $I(abc)$ alapján

7. Transzformátor-kapcsolások, kapcsolárlatok áramképe. Transzformátor zérus sorrendű modellje

7.1 A transzformátor áttétele, kapcsolási csoport, "fázisforgató" hatás

A rendszer: Yd (vagy Dy) két tekercselésű háromfázisú transzformátor, az Y (vagy y) oldalon közvetlenül földelt

Kapcsolási csoport: Yd11 áttétel $a_t = 120 / 10 \text{ kV} / \text{kV}$ Salap = 40 MVA

A nagyobb feszültségű oldalon $I_0 = -j 1.0 \text{ ve}$ $I_1 = -j 1.0 \text{ ve}$ $I_2 = -j 1.0 \text{ ve}$

$U_0 = -0.2 \text{ ve}$ $U_1 = 0.6 \text{ ve}$ $U_2 = -0.4 \text{ ve}$

Ábra : ♦ a kapcsolási csoportnak megfelelően 3 fázisú tr. tekercsekkel

Meghatározás : ♦ a kisebb feszültségű oldalra $I_0, I_1, I_2 \text{ ve-ben}$ ♦ mindkét oldalra $I_a \text{ kA-ben}$

Meghatározás : ♦ a kisebb feszültségű oldalra $U_0, U_1, U_2 \text{ ve-ben}$ ♦ mindkét oldalra $U_a \text{ kV-ban}$

7.2 Transzformátor 1FN kapcsolárlata, háromfázisú áramkép a gerjesztési egyensúly alapján

Az elvi rendszer: Yd (vagy Dy) két tekercselésű háromfázisú transzformátor, a delta oldalról táplálva, a közvetlenül földelt csillag oldalán 1FN rövidzárlat (az a jelű fázis kivezetésén)

Az adatok

Kapcsolási csoport: Yd11 áttétel $a_t = 120 / 10 \text{ kV} / \text{kV}$ Salap = 40 MVA

A zárlatos csillag-oldalon a zárlati áram $I_a = 6.0 \text{ ve}$ $\angle 0 \text{ fok}$

Ábra : ♦ a kapcsolási csoportnak, a táplálásnak és az 1FN zárlatnak megfelelően, a pozitív áramirányok rögzítése

Megadott 1 FN ve ismeretében számítással meghatározandó:

♦ a delta oldali I (abc) fázisáramok ve-ben

♦ a delta oldali I (abc) fázisáramok kA-ben

♦ I (o12) ve-ben mindkét oldalra

7.3 Transzformátor 2F kapcsolárlata, háromfázisú áramkép a gerjesztési egyensúly alapján

Az elvi rendszer: Yd (vagy Dy) két tekercselésű háromfázisú transzformátor, az Y (vagy D) oldalról táplálva, a másik oldali (d vagy y) kivezetésen 2F rövidzárlat (a b-c fázisok között)

Az adatok :

Kapcsolási csoport: Yd11 áttétel $a_t = 120 / 10 \text{ kV} / \text{kV}$ Salap = 40 MVA

A zárlatos oldalon $I_b = 6.0 \text{ ve}$ $\angle 0 \text{ fok}$

Ábra : ♦ a kapcsolási csoportnak, a táplálásnak és a 2F zárlatnak megfelelően, a pozitív áramirányok rögzítése

Megadott I 2F ve ismeretében számítással meghatározandó:

♦ a tápoldali I (abc) fázisáramok ve-ben

♦ a tápoldali I (abc) fázisáramok kA-ben

♦ I (o12) ve-ben mindkét oldalra

7.4 Transzformátor zérus sorrendű modellje

Szám adatok a következőkhöz: Str MVA, UN / Uk kV/kV, Xtro %, Zcs a csillagponti földelő imp.

Ábra és impedancia értékek számítással:

♦ zérus sorrendű áramköri modell, számított impedanciákkal

a) kapcsolás: Yd, Zcs=0

b) kapcsolás: Dd

c) kapcsolás: Yy + d tercier, Zcs az Y oldalon

d) kapcsolás: Zz, Zcs földelés a Z oldalon (a z oldal közvetlenül földelt)

8. Szabadvezeték védővezetővel. A csillagpontföldelés hatása fázis-föld zárlatokkor

8.1 A védővezető hatása a zérus sorrendű mágneses távolbahatásra

Elvi ábra és jelölések :

♦ fázisvezető áramok $3I_0$ komponense, védővezető (I_v) és föld (IF) áramvisszavezetés

Levezetés, értelmezés :

♦ a földben folyó IF komponens kifejezése az átlagos Z_{vf} (védő-fázis kölcsönös) és

Z_{vv} (védő-földhurok) impedanciával

♦ a mágneses távolbahatás (U_i) kifejezése az IF földáram alapján.

8.2 A csillagpontföldelés (alapharmonikus) hatása fázis-föld zárlatokkor

Ábra :

♦ Elvi háromfázisú rendszer földelt és a földetlen csillagpontú rendszerhez :

táplálás, transzformátor, vezeték a közvetlenül földelt, illetve a nem földelt rendszerhez.

Magyarozó elemzés a földelt, illetve nem földelt rendszer fázis-föld zárlata eseténre:

♦ a lényeges Ufázis – Ifázis, U_0, I_0 fázorábrák,

♦ a jellegzetességek, különbségek elemzése (a zárlati hely és attól távol)

a földelt, illetve nem földelt rendszer fázis-föld zárlata esetén

9. Sönthibák (zárlatok) leképezése szimmetrikus összetevőkkel

9.1 Az 1FN(a) zárlat leképezése, számítása szimmetrikus összetevőkkel

Ábrák, magyarázat, képletek, számítás:

- ◆ Az 1FN(a) zárlat hálózati modellje, egyenletei
- ◆ Az 1FN(a) zárlat modellezése szimmetrikus összetevő hálózatokkal
- ◆ Példamegoldás: 1FN(a) zárlat számítása a vizsgán megadott adatokkal
- ◆ Számítsa ki, hogy az adott („forrás-transzformátor-távvezeték”) terheletlen hálózaton, az adott helyen bekövetkező 1FN(a), vagy 3F zárlat okoz-e nagyobb hibahelyi áramot. Milyen beavatkozással érhető el, hogy a kétféle hiba azonos abszolút értékű áramot okozzon? Számítsa ki a szükséges impedanciát!
- ◆ Számítsa ki az adott („forrás-transzformátor-távvezeték”) terheletlen hálózaton, az adott helyen bekövetkező 1FN(a) zárlat hatására kialakuló fázisáramokat, ill. fázisfeszültségeket a transzformátor N ill. K oldalán!

9.2 A 2F(b,c) zárlat leképezése, számítása szimmetrikus összetevőkkel

Ábrák, magyarázat, képletek, számítás:

- ◆ A 2F(b,c) zárlat hálózati modellje, egyenletei
- ◆ A 2F(b,c) zárlat modellezése szimmetrikus összetevő hálózatokkal
- ◆ Példamegoldás: 2F(b,c) zárlat számítása a vizsgán megadott adatokkal
- ◆ Számítsa ki az adott („forrás-transzformátor-távvezeték”) terheletlen hálózaton, az adott helyen bekövetkező 2F(b,c) zárlat hatására kialakuló fázisáramokat, ill. fázisfeszültségeket a transzformátor N ill. K oldalán!

9.3 A 2FN(b,c) és 3F, 3FN zárlat leképezése, számítása szimmetrikus összetevőkkel

Ábrák, magyarázat, képletek, számítás:

- ◆ A 2FN(b,c) zárlat hálózati modellje, egyenletei
- ◆ A 2FN(b,c) zárlat modellezése szimmetrikus összetevő hálózatokkal
- ◆ A 3F és 3FN zárlat hálózati modellje és leképezése szimmetrikus összetevő hálózattal
- ◆ Példamegoldás: 2FN(b,c) zárlat számítása a vizsgán megadott adatokkal
- ◆ Számítsa ki az adott („forrás-transzformátor-távvezeték”) terheletlen hálózaton, az adott helyen bekövetkező 2FN(b,c) zárlat hatására kialakuló fázisáramokat a transzformátor N ill. K oldalán, határozza meg a földbe folyó áramot!

10. Zárlatok összehasonlítása. Soros aszimmetria, kikapcsolások

10.1 Sönthibák összehasonlítása a hibahelyi áram nagysága és átviteli impedancia változása szempontjából

Ábrák, magyarázat, képletek:

- ◆ Az 1FN(a), 2F(b,c), 2FN(b,c), 3F zárlatok okozta áramok nagysága adott hibahelyen
- ◆ Mi a feltétele annak hogy a legnagyobb áramot eredményező sönthiba a 3F zárlat legyen?
- ◆ Az átviteli impedancia értelmezése a hálózat két pontja között, az egyes sönthibák átviteli impedanciát befolyásoló hatása.

10.2 Soros hibák leképezése, összehasonlítása az átviteli impedancia változása szempontjából

Ábrák, magyarázat, képletek:

- ◆ Az 1Fki(a) soros hiba modellje, szimmetrikus összetevő hálózatokkal történő leképezése
- ◆ A 2Fki(b,c) soros hiba modellje, szimmetrikus összetevő hálózatokkal történő leképezése
- ◆ Az átviteli impedancia értelmezése a hálózat két pontja között, az egyes soros hibák átviteli impedanciát befolyásoló hatása.

11. Fázis-föld zárlat, egyfázisú kikapcsolás feszültségtorzító hatása

11.1 1FN rövidzárlat Yd kapcsolású 120 kV / KF tr. 120 kV-os kivezetésén

Az elvi rendszer: 120 kV-os forrás - szabadvezeték - földelt Yd kapcsolású, 120/KF transzformátor - KF vezeték - Dy (földelt) KF / 0.4 kV-os terheletlen transzformátor.

A 120/KF tr. 120 kV-os kivezetésén 1FN rövidzárlat. A hibahelyre : $X1 = X2 = X_0$ -eredő.

Ábra jelölésekkel :

◆ egyvonalas séma a megadott rendszerhez

Ábra jelölésekkel :

◆ szimm. összetevő modellek, az egyfázisú zárlat leképezésével

Magyarázó ismertetés és értelmezés :

◆ a 0.4 kV-os oldali fázis és vonali feszültségek meghatározásának elvi menete.

◆ a 0.4 kV-os oldali fázis és vonali feszültségek fázorábrája (v.e-ben vagy %-ban)

Elemzés :

◆ az eredmények értékelése

11.2 Egyfázisú kikapcsolás terheletlen, Yd kapcsolású 120 kV / KF transzformátor 120 kV-os oldalán

A rendszer: egy 120 kV-os, földelt csillagpontú, szimm. E(abc) forrás rövid vezetéken keresztül egy terheletlen, földelt Yd kapcsolású 120 kV / KF transzformátorhoz kapcsolódik. (Az áramkörben a transzformátor Z_m mágnesező impedanciája a domináns.) A transzformátor 120 kV-os (Y) oldalán egy fázis (a) kikapcsolódik.

Ábrák, jelölésekkel :

◆ háromfázisú áramköri kép

◆ szimm. összetevő modellek, az egyfázisú kikapcsolás leképezésével

Magyarázó ismertetés és értelmezés :

◆ fázis és vonali feszültségek fázorábrája (v.e-ben vagy %-ban) a transzformátor Y és d oldalán, fizikai megfontolásokkal indokolva, vagy a szimm. összetevő modellekre felírható összefüggésekből származtatva.

Elemzés :

◆ az eredmények értékelése, hatások fogyasztókra

11.3 Egyfázisú kikapcsolás terheletlen, Dy kapcsolású 20 / 0.4 kV-os transzformátor 20 kV-os oldalán

A rendszer: egy 20 kV-os, nem földelt csillagpontú, szimm. E(abc) forrás rövid vezetéken keresztül egy terheletlen, Dy kapcsolású 20 / 0.4 kV-os transzformátorhoz kapcsolódik. (Az áramkörben a transzformátor Z_m mágnesező impedanciája a domináns.) A transzformátor 20 kV-os (D) oldalán egy fázis (a) kikapcsolódik (a biztosító kiolvadt)

Ábrák, jelölésekkel :

◆ háromfázisú áramköri kép

◆ szimm. összetevő modellek, az egyfázisú kikapcsolás leképezésével

Magyarázó ismertetés és értelmezés :

◆ fázis és vonali feszültségek fázorábrája (v.e-ben vagy %-ban) a transzformátor D és y oldalán, fizikai megfontolásokkal indokolva, vagy a szimm. összetevő modellekre felírható összefüggésekből származtatva.

Elemzés :

◆ az eredmények értékelése, hatások fogyasztókra

Villamosenergia-átvitel / Villamosenergia-rendszerek I.

Vizsgakérdések (2008)

(az előadás-témakörök szerint)

II. rész

Az egyes "E.i" kérdéseknél szereplő (vagy csak jelzett) számadatok minta jellegűek, a „vizsga-adatok” ettől eltérhetnek.

12 Távvezeték induktivitásának, meghatározása, távvezeték soros impedanciája

12.1 Áramvezető belső és külső induktivitása, két vezetéből álló hurok induktivitásai

Ábrák, képletek, értelmezés:

- ◆ közelítések, elhanyagolások a vezetősál induktivitás-számításához
- ◆ belső induktivitás ◆ külső induktivitás
- ◆ a vezető eredő (külső+belső) induktivitás-számításához használatos egyenértékű sugár.

Ábrák, képletek, értelmezés:

- ◆ Kétvezetős hurok egy vezetőjének fluxus-kapcsolódása és soros feszültségese
- ◆ hurok induktivitása
- ◆ ön- és kölcsönös induktivitás tényezők, ill. reaktancia tényezők
- ◆ összefüggés a vezetők soros feszültségese és a vezetőkben folyó áramok között.

12.2 Vezető-föld hurok ön- és kölcsönös impedanciái

Ábrák, képletek, értelmezés:

- ◆ fázisvezető - föld hurok önimpedanciájára (Zaaf) és két vezető - föld hurok kölcsönös impedanciájára (Zabf) érvényes Carson-Clem összefüggések
- ◆ a föld-visszavezetés egyenértékű mélysége ◆ a föld egyenértékű ohmos ellenállása
- ◆ összefüggés az a-b-c fázisok soros feszültségese és fázisáramai között a föld hatásának figyelembe vételével.
- ◆ ön és kölcsönös impedanciák meghatározása szimmetrizált vezetékrendezés esetére.

12.3 A fázis-impedancia mátrix szimmetrikus összetevői, az impedanciák számítása

Képletek, magyarázat, ábra (az alkalmazott jelölések értelmezésére)

- ◆ Háromfázisú távvezeték zérus, pozitív és negatív sorrendű impedanciája
- ◆ a sorrendi impedanciák meghatározása az ön- és kölcsönös impedanciákból
- ◆ Távvezeték soros impedanciájának számítása:

Határozza meg a fázisonként két sodronnyal (egy sodrony egyenértékű sugara GMR), d kötegtávolsággal épített, háromfázisú ($f = 50$ Hz), vízszintes elrendezésű ($D_{ab} = D_{bc} = D$, $D_{ac} = 2D$), szimmetrizált távvezeték kilométerenkénti pozitív és zérus sorrendű soros impedanciáját (Ω/km) és I1 pozitív sorrendű áram hatására létrejövő kilométerenkénti feszültségeseit (V/km). A számításához szükséges GMR, d, D és I1 paramétereket a vizsgán adjuk meg, a földvisszavezetés egyenértékű mélysége 1000 m.

13 Háromfázisú szabadvezeték kapacitásai, négyvezetős modell és alkalmazása

13.1 Háromfázisú szabadvezeték kapacitásai, négyvezetős modell, földkapacitások aszimmetriája

Ábra, magyarázat és értelmezés:

- ◆ Háromfázisú vezetékrendezés ön és kölcsönös kapacitásai, földkapacitások

Értelmezés, meghatározás:

- ◆ vezetéki négyvezetős modell CF (föld) és Cy (fázisok közötti, csillag kapcsolású) kapacitásainak kifejezése az átlagos C_{ön} és C_k kapacitásokkal (adott C_{ön} és C_k értéke)
- ◆ CF, Cy kifejezése a C1 és Co (pozitív és zérus sorrend) kapacitásokkal (adott C1 és Co értéke)

Ábra, értelmezés, számítás:

A földkapacitások aszimmetriájának hatása földetlen rendszer csillagponti feszültségére

A rendszer: földetlen csillagpontú, szimm. E(abc) feszültségre kapcsolt távvezeték, amelynek földkapacitásai: CaF, CbF és CcF, az átlagos kölcsönös kapacitás: Ck

- ◆ a csillagpont és a föld közötti feszültség (csillagpont-eltolódás) a földkapacitásokkal és az E1 (pozitív sorrendű) forrásfeszültséggel kifejezve.
- ◆ az eredmény értékelése

14 Távvezeték söntimpedanciájának meghatározása

14.1 Háromfázisú távvezeték söntimpedanciája, a söntimpedancia mátrix és szimmetrikus összetevői Ábra, képletek, értelmezés:

- ◆ Összefüggés a fázisfeszültségek és a fázis-töltések között: a Maxwell-féle kapacitás egyenletek
- ◆ Három fázis - föld elrendezés ön- és kölcsönös potenciáltényezői szimmetrizált vezetékrendezés esetén
- ◆ Összefüggés a fázisfeszültségek és töltőáramok között, a távvezeték söntimpedancia mátrixa.
- ◆ a szimm. összetevő impedanciák meghatározása az ön- és kölcsönös potenciáltényezőkből, szimmetrizált vezetékrendezésre
- ◆ Zérus, pozitív és negatív sorrendű kapacitás meghatározása

14.2 Távvezeték söntimpedancia szimmetrikus összetevők és töltőáramának számítása

Képletek, magyarázat, számítás:

- ◆ Háromfázisú távvezeték zérus, pozitív és negatív sorrendű söntimpedanciája
- ◆ a sorrendi impedanciák meghatározása az ön- és kölcsönös potenciáltényezőkből, szimmetrizált vezetékrendezésre
- ◆ Határozza meg az r sugarú fázisvezetőkől épített háromfázisú ($f = 50$ Hz), vízszintes elrendezésű ($D_{ab} = D_{bc} = D$, $D_{ac} = 2D$), a föld felett h átlagos magasságban futó távvezeték kilométerenkénti pozitív és zérus sorrendű söntimpedanciáját (Ωkm) és pozitív sorrendű I' töltőáramát (A/km) U_n feszültségen. A számításhoz szükséges r , D és h paramétereket és a vezeték U_n névleges vonali feszültségét a vizsgán adjuk meg.

15 Távvezeték elosztott paraméterű modellje, vezetékállandók, koncentrált elemű helyettesítés

15.1 A távvezeték elosztott paraméterű modellje, vezetékállandók

Ábra, képletek, értelmezések:

- ◆ Az R (fogadó) végtől y távolságra levő, Δy hosszú vezeték szakaszra felírható feszültség- és áram egyenletek
- ◆ A távíró egyenletek ◆ A távíró egyenletek megoldása
- ◆ A γ terjedési együttható és Z_0 hullámimpedancia megadása fajlagos vezetékparaméterekkel
- ◆ $y = l$ hosszúságú vezeték állandói (láncparaméterek).

Értelmezés, képletek:

- ◆ A γ terjedési együttható és Z_0 hullámimpedancia veszteségmentes vezetékre
- ◆ Az A , B , C , D vezetékállandók fizikai tartalma.

15.2 A távvezeték láncparaméteres egyenlete, koncentrált elemű Π modell

Ábra, képletek, értelmezés:

- ◆ A távvezeték helyettesítése A , B , C , D paraméterű négy pólussal, a láncparaméteres egyenlet
- ◆ Az R oldalán $Z_t = Z_0$ (hullám) impedanciával lezárt vezeték végponti feszültségei és áramai közötti összefüggés
- ◆ Veszteségmentes vezeték természetes teljesítménye.

Ábrák, levezetés:

- ◆ A távvezeték koncentrált elemű Π helyettesítése paramétereinek meghatározása a vezetékállandókból
- ◆ A "névleges" Z_{II} és Z_{II}' impedancia
- ◆ A Π helyettesítés U - I fázorábrája az R oldali terhelésből kiindulva.

15.3 A távvezeték láncparaméteres egyenlete, koncentrált elemű T modell

Ábra, képletek, értelmezés:

- ◆ A távvezeték helyettesítése A , B , C , D paraméterű négy pólussal, a láncparaméteres egyenlet
- ◆ Az R oldalán $Z_t = Z_0$ (hullám) impedanciával lezárt vezeték végponti feszültségei és áramai közötti összefüggés
- ◆ Veszteségmentes vezeték természetes teljesítménye.

Ábrák, levezetés:

- ◆ A távvezeték koncentrált elemű T helyettesítése paramétereinek meghatározása a vezetékállandókból
- ◆ A "névleges" Z_T és Z_T' impedancia
- ◆ A T helyettesítés fázorábrája U - I fázorábrája az R oldali terhelésből kiindulva.

16 Teljesítményátvitel nagyfeszültségű távvezetéken. Az átvivőképesség befolyásolása

16.1 A távvezeték végponti teljesítményei a végponti feszültségek függvényében

Ábra, levezetés:

- ◆ Az S és R végpontoknál áramló S_R és S_S komplex teljesítmények meghatározása a láncparaméteres egyenletből kiindulva (a komplex mennyiségek abszolút értékével és szögével kifejezve, $U_R = \text{valós}$).

Képletek, értelmezés:

- ◆ A hatásos és meddő P_S , Q_S , P_R , Q_R teljesítmények veszteségmentes átvitelt feltételezve
- ◆ A P_t természetes teljesítmény
- ◆ A távvezeték meddőteljesítmény-viszonyai $P < P_t$ és $P > P_t$ wattos teljesítmény átvitel esetén.

16.2 A távvezeték átviteli képességének befolyásolása kompenzáló elemek beiktatásával

Képletek, levezetés, értelmezés:

- ◆ Két négypólus egymás után (kaszád) kapcsolásával létrejövő átvitel eredő láncparamétereinek meghatározása
- ◆ Koncentrált soros impedancia láncparaméteres helyettesítése
- ◆ Koncentrált sönt impedancia (admittancia) láncparaméteres helyettesítése
- ◆ Kompenzáló elemek: soros fojtótekerics, soros kondenzátor, söntfojtótekerics, söntkondenzátor hatása az átvivőképességre
- ◆ Az egyes kompenzáló elemek szokásos gyakorlati alkalmazása.

17 Transzformátorszabályozás

17.1 Transzformátor hossz- és keresztaszabályozásának hatása

Ábra, képletek, kifejtés

- ◆ transzformátorszabályozás hatásának leképezése
- ◆ transzformátor hossz-szabályozásának hatása távvezeték hurokban
- ◆ transzformátor hossz-szabályozásának hatása sugaras hálózaton
- ◆ transzformátor kereszt-szabályozásának hatása távvezeték hurokban

18 Teljesítményátvitel sugaras középvezetékű távvezetéken. Meddőkompenzálás

18.1 Középvezetékű vezeték feszültségese és vesztesége. Kompenzálás sönt- és soros kondenzátorral

Ábrák, képletek, levezetés, értelmezés:

- ◆ Középvezetékű vezeték helyettesítése négypólussal, láncparaméteres egyenlet
- ◆ Feszültségese meghatározása ◆ Az átvitel fázorábrája ◆ Az átviteli veszteség meghatározása
- ◆ A vezeték R végére kapcsolt söntkondenzátor hatása a feszültségese ΔU_h hosszirányú összetevőjére és az átvitel veszteségére
- ◆ A söntkondenzátor hatásának bemutatása fázorábrán és a vezetékmenti feszültségprofil változásával
- ◆ A soros kondenzátor hatásának bemutatása fázorábrán és a vezetékmenti feszültségprofil változásával.

18.2 Középvezetékű vezeték feszültségeseinek és veszteségének számítása, a söntkompenzáció hatása

Ábra, képletek, számítás (A számításhoz szükséges R, X, PF, U_n , $\cos\varphi$ és Q_c paramétereket a vizsgán adjuk meg.)

- ◆ Határozza meg az S táppontból az R fogyasztói pontba $Z = R + jX$ impedanciájú vezetéken történő teljesítményszállítás okozta ΔU_h hosszirányú (vonali) feszültségese és a vezetéki P_{w3f} háromfázisú wattos veszteséget. Az R oldalra kapcsolódó fogyasztó adatai: PF (3fázisú), U_n (vonali), $\cos\varphi$ és $U_R = U_n$.
- ◆ Határozza meg, hogy a számított mennyiségek hogyan változnak egy Q_c (3fázisú) teljesítményű söntkondenzátor R pontra kapcsolása esetén.
- ◆ Rajzoljon fázorábrát a kompenzálás nélküli és a söntkondenzátor bekapcsolása utáni állapotra.

19 Hálózatszámítási modellek, csomóponti Y mátrix, hálózatredukció

19.1 Hálózati elem négypólus modelljének y admittanciamátrixa, valós áttételű transzformátor négypólus modellje

Ábra és értelmezések:

- ◆ egy passzív négypólus $I = y * U$ csomóponti egyenlete, a négypólus y admittanciamátrixa

Elvi egyvonalas ábra, értelmezés, levezetés, számítás:

- ◆ valós áttételű transzformátor $I = y * U$ egyenlete és y admittancia mátrixa
- ◆ az áttételt is magába foglaló passzív négypólus elemeinek kifejezése (at áttétellel és ytr admittanciával)
- ◆ Adatok a meghatározáshoz: at = 220/126 kV / kV szabályozás a 220-as oldalon, Str = 160 MVA, xtr = 15%

19.2 Az Y csomóponti admittancia mátrix. Hálózatredukció az $I = YU$ egyenlet alapján.

Ismertetés, értelmezések:

- ◆ hurkolt hálózat $I = YU$ csomóponti egyenlete
- ◆ az Y csomóponti admittancia mátrix elemei

Ábra és meghatározás:

- ◆ az Y mátrix meghatározása a megadott egyszerű passzív hálózathoz
- az i-j csomóponti kapcsolatok és az Ri-j értékek: 1-2 1Ω, 1-4 1Ω, 2-3 2Ω, 2-4 2Ω, 4-0 4Ω

Levezetés, értékelés

- ◆ hálózatredukció az $I = YU$ egyenlet alapján
- ◆ a redukált hálózat Y_{red} és I_{red} kifejezése

20 A csomóponti $U=ZI$ egyenlet, a Z mátrix és alkalmazása, zárlatszámítás hurkolt hálózaton

20.1 A csomóponti $U=ZI$ egyenlet, a Z csomóponti impedancia mátrix.

Ismertetés, értelmezések :

- ♦ hurkolt hálózat $U=ZI$ csomóponti egyenlete
- ♦ a Z csomóponti impedancia mátrix, ill a mátrix elemei
- ♦ csomóponti villamos erősség és csomópontok közötti villamos távolság a Z elemei alapján

Ábra és meghatározás :

- ♦ a Z mátrix Z_{22} , Z_{21} , Z_{23} és Z_{24} elemeinek meghatározása a megadott egyszerű passzív hálózathoz az i-j csomóponti kapcsolatok és az R_{i-j} értékek: 1-2 1Ω , 1-4 1Ω , 2-3 2Ω , 2-4 2Ω , 4-0 4Ω

20.2 Zárlatszámítás hurkolt hálózaton a Z csomóponti mátrix és az $U=ZI$ csomóponti egyenlet alapján

Ábra, ismertetés, értelmezések :

- ♦ a források(erőművek) és a fogyasztói terhelések szimm. összetevőjű leképezése a terheléses ill. a fiktív terheletlen (üresjárás) állapotra vonatkozóan

Ábra, ismertetés, értelmezés, magyarázat :

- ♦ a hálózati csomópont 3F zárlatának számítási módja (menete) a Z csomóponti impedancia mátrix elemeire alapozva.
- ♦ hibahelyi áram, ♦ feszültségváltozások, ♦ árameloszlás

20.3 Egyenértékű modell egy vagy két csomópontra a Z csomóponti mátrix elemei alapján

Ábra, ismertetés, értelmezés :

- ♦ Thévenin modell egy csomópontra (és referenciapontra) a Z mátrix alapján.

Levezetés, értelmezés :

- ♦ két csomópont (pl: i és j) között mérhető $Z(ij)_{mp}$ impedancia a Z mátrix elemeivel megadva
- ♦ a két csomópontra (és a referenciapontra) vonatkozó passzív modell a Z mátrix elemei alapján.

Ábra, ismertetés, értelmezés:

- ♦ két (pl: i és j) csomópont közé bekapcsolt új Zág impedancián folyó áram és az ennek hatására létrejövő potenciálváltozások meghatározásának módja az ún. áramkompenzációs elvű eljárással.

21 Teljesítményáramlás számítása nagyfeszültségű hurkolt hálózaton

21.1 A teljesítményáramlás-számítás menete GAUSS iterációs eljárás alapján

Ismertetés, értelmezések :

- ♦ a számítási alapfeladat előírt (ismert) és számítandó mennyiségeinek rendszere, ♦ a betáplálások típusmodelljei
- ♦ a feladat megoldásához szükséges alapegyenletek
- ♦ az eljárás egyszerűsített algoritmusa, ha nincs PU típusú csomópont: kezdet, ciklusok, egyenletek, logikai döntések, befejezés

21.2 A teljesítményáramlás-számítás menete NEWTON iterációs eljárás alapján

Ismertetés, értelmezések:

- ♦ a számítási alapfeladat előírt (ismert) és számítandó mennyiségeinek rendszere, ♦ a betáplálások típusmodelljei
- ♦ a feladat megoldásához szükséges alapegyenletek, az érzékenységi mátrix
- ♦ az eljárás egyszerűsített algoritmusa, ha nincs PU típusú csomópont: kezdet, ciklusok, egyenletek, logikai döntések, befejezés

22 Hálózati csillagpontföldelés, zárlatkorlátozás

22.1 Csillagpontföldelések az MK VER-ben

Elvi hálózati ábra, ismertetés, értelmezés :

- ♦ az MK VER hálózatföldelési ('csillagpont kezelési') gyakorlata
 - a feszültség szintek (400, 120, 20, 10 és 0.4 kV),
 - a hálózati távvezetékek (szabadvezeték, kábel),
 - a transzformátorok, csillagpontképzők (Y,D,Z tekerccselés)

egyértelmű megadásával.

- ♦ a közvetlenül földelt hálózat 3FN, ill. 1FN rövidzárlati áramának korlátozási lehetőségei, módja.

22.2 Az ívoldó tekerccsel földelt (kompenzált) hálózat

Elvi hálózati ábra, ismertetés, értelmezés :

- ♦ a jellemző U_{abc} és I_{abc} fázorábra az a fázis egyfázisú földzárlatakor
- ♦ az ívoldó tekerccs kettős (alapharmonikus) hatása: a földzárlat alatti, ill. az ív kialakása utáni hatás,
- ♦ az alapharmonikus $U_a(t)$ és $U_o(t)$ időfüggvény alakulása
- ♦ zérus sorrendű áramkör alapján a rezonancia frekvencia kifejezése
- ♦ a kompenzátsági fok értelmezése, a túlkompenzáció szükségességének oka

23 Erőátviteli kábelek (szerkezeti felépítés, villamos paraméterek, melegedés, hőáramlási séma)

23.1 Kábelek szerkezeti felépítése, villamos paraméterei

Ábrák, magyarázatok: ♦ Hagyományos kábelek szerkezeti felépítése ♦ Villamos paraméterek jellemzése.

Magyarázat, képletek, levezetés: ♦ Kábelköpeny szerepe, a kábel zérus sorrendű impedanciáját befolyásoló hatása

♦ A köpeny-védőtényező meghatározása.

23.2 Kábelek melegedése, kábel és szabadvezeték összehasonlítása a villamos paraméterek szempontjából

Ábra, értelmezés:

♦ Hagyományos kábel hőáramlási sémája állandósult üzemben

♦ Zárleti hőigénybevétel.

Képletek, magyarázat:

♦ Azonos vezetőkeresztmetszetű szabadvezeték és kábel R , L , C , Z_0 , P_t paramétereinek összehasonlítása.

A fenti 19.i, 20.i és 21.i kérdések a Villamosenergia-rendszerek I. tantárgyra nem vonatkoznak.

A Villamosenergia-rendszerek I. tantárgy

19.i, 20.i és 21.i kérdési külön fájlban: VEAT_08_2rész-kieg_EM_vizsga