

**Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar**

Dr. Novothny Ferenc (PhD)

**Villamosenergia-ellátás II.
PÉLDATÁR**

**2. kötet
Villamos védelem és automatika**

ÓE KVK 2080/II.
Budapest, 2012.

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	3
ELŐSZÓ.....	4
14.1. VÉDELMI RENDSZEREK ÉRZÉKELÉSI ALAPELVEI.....	5
14.1.5. Hányados érzékelők, mérlegelv és szögmérési elv.....	5
14.2. RELÉK FOGALMA, FELADATA ÉS ALAPVETŐ JELLEMZŐI.....	9
14.6. KÉSLELTETETT TÚLÁRAMVÉDELMI RENDSZEREK.....	12
14.6.1.1 Túláramérzékelés.....	12
14.6.1.2. Zárlati túláramvédelmek elhangolása az üzemi áramtól.....	14
14.6.2. Túláram-idő védelmek.....	15
14.6.3. Túláramvédelmi fokozatok beállítása.....	18
14.6.4. Függetlenül késleltetett túláramvédelem.....	20
14.6.5. Áramszelektív túláramvédelem.....	23
14.7. KÜLÖNBÖZETI ELVŰ VÉDELMEK.....	26
14.7.1. Differenciál védelem bekötése, áramirányok meghatározása.....	26
14.7.2. Közbenső áramváltó számítása.....	28
14.7.3. Többágú különbozeti kapcsolások.....	32
14.8. IMPEDANCIA MÉRÉSI ELVŰ VÉDELMEK.....	35
14.8.2 Távolsági védelmek.....	35
15.1. VISSZAKAPCSOLÓ AUTOMATIKÁK.....	40
15.1.1. Egyfázisú visszakapcsoló automatikák.....	40
15.1.2. Egyciklusú visszakapcsoló automatikák.....	41
15.1.3. Többciklusú visszakapcsoló automatikák.....	43
15.2. ÁTKAPCSOLÓ AUTOMATIKÁK.....	45
16.4. A FREKVENCIA CSÖKKENÉSÉRE MŰKÖDŐ FOGYASZTÓI KORLÁTOZÁS.....	46

ELŐSZÓ

Ez a példatár a „Villamosenergia-ellátás II. 2. kötet – Villamos védelem és automatika ÓE KVK 2079/II.” jegyzethez készült, illeszkedik annak tananyagához, azt kiegészítő gyakorlati példákat tartalmazó feladatgyűjtemény. A példatár főbb fejezetei a jegyzet hozzá tartozó fejezeteinek számát és címét viseli. Az egyes témák a számítási módszerekre összpontosítanak, elsőként egy vagy több típus mintapéldán keresztül mutatva be a szükséges ismereteket, majd a mintapélda alapján megoldandó feladatokat és azok eredményeit közli az egyetemi példatáraktól már megszokott táblázatos formában.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Balogh Tamás, Gendúr István, Kálovits Bálint, Mühl Alex, Récsi Tamás, Szabó Milán hallgatótársaimnak, akik segítségemre voltak a példatár elkészítésében. A példatárat összeállította: Barna Bence.

14.1. VÉDELMI RENDSZEREK ÉRZÉKELÉSI ALAPELVEI

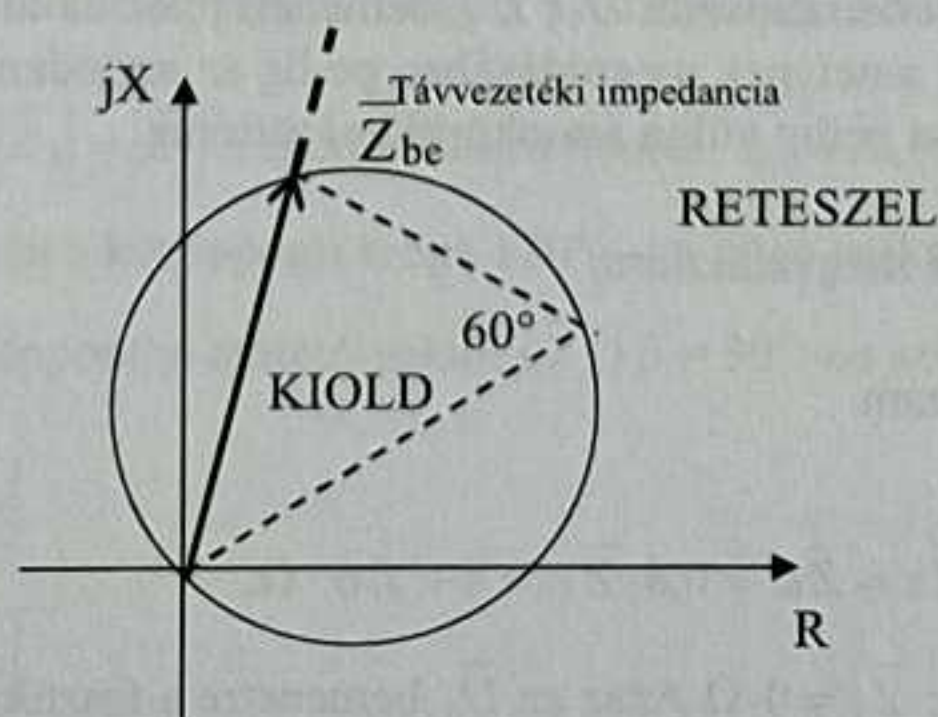
14.1.5. Hányados érzékelők, mérlegelv és szögmérési elv

Kidolgozott példa:

A védendő távvezetékszakasz legyen 50 km hosszú, ($r_v = 0,1 \Omega / \text{km}$, $x_v = 0,4 \Omega / \text{km}$), így a vezeték impedanciája: $\bar{Z}_v = 5 + j20 \Omega$.

Valósítsuk meg az impedanciavédelmet úgy, hogy annak karakterisztikája a komplex impedancia síkon az origón átmenő kör legyen, a kör egyik pontja a $\bar{Z}_{be} = 0,8 \cdot \bar{Z}_v$ impedanciafázor végpontja (ez lesz a védelmi fokozat érzékenysége). A kör karakterisztika a komplex síkon úgy helyezkedjen el, hogy az origó és a \bar{Z}_{be} végpont által meghatározott szakasz, mint húr a kör pontjaiból 60° -os látószög alatt látsszon (Ilyen a megoldása a magyar gyártmányú ETV típusú távolsági védelemnek)!

A védelem kiold a körön belül érzékelt impedancia végpont esetén, és retesz el azon kívül (impedancia-csökkenési védelem).



Impedanciavédelem kioldási karakterisztikája

Impedanciavédelem megvalósítása fázisszögreléssel:

A védett távvezetékszakaszon érzékelt feszültség és \bar{U} , és áram \bar{I} hányadosa az érzékelt impedancia.

A fázisszögrelé bemeneteire jutó jelek:

$$\bar{U}_1 = \bar{K}_1 \cdot \bar{U} - \bar{Z}_1 \cdot \bar{I}$$

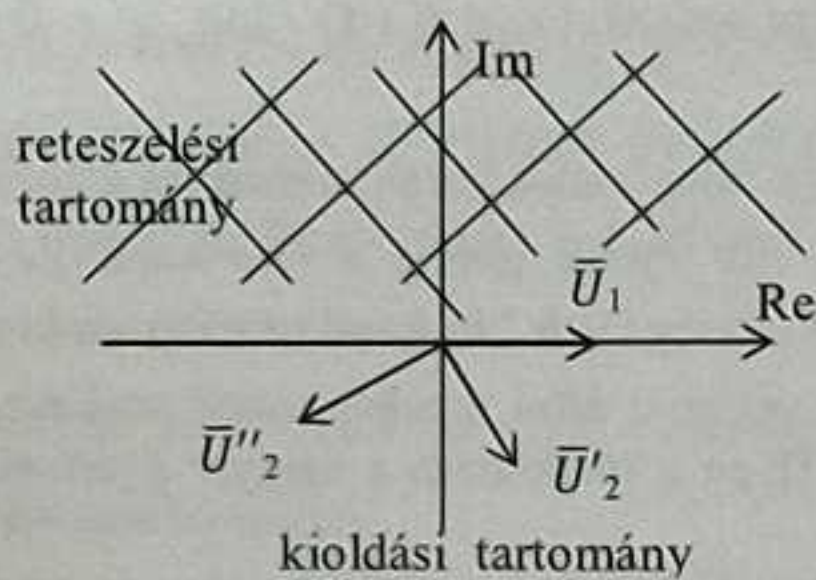
$$\bar{U}_2 = \bar{K}_2 \cdot \bar{U} - \bar{Z}_2 \cdot \bar{I}$$

A \bar{K}_1 , \bar{Z}_1 , \bar{K}_2 , \bar{Z}_2 komplex konstansokat nekünk kell megválasztani, hogy létrehozzuk a feladatként kitűzött kioldási karakterisztikát.

A fázisszögrelét akkor a legegyszerűbb áramkörileg megvalósítani, ha $\alpha = 0^\circ$, más szóval ez azt jelenti, hogy a fázisszögrelé akkor szólal meg, ha \bar{U}_1 siet \bar{U}_2 -höz képest. Miután a kerületi szög, azaz $\alpha + \varphi = 60^\circ$, és $\alpha = 0^\circ$, ebből következik, hogy $\varphi = 60^\circ$.

Kiegészítés:

Az $\alpha = 0^\circ$ (kezdeti szög) azt jelenti, hogy a relé vágási egyenesese egybeesik a vízszintes valós tengellyel, így a kioldási tartomány a következőképpen alakul:



Ha \bar{U}_1 fázor siet az \bar{U}_2 -höz képest a relé meghúz.
Ellenkező esetben az \bar{U}_2 fázor a sraffozott negyedekbe esik, ahol a relé reteszsel!

Itt komplex számsíkról beszélünk, mely a relé működési tartományára vonatkozik, és az előállított \bar{U} bemeneti jelek ábrázolásában segít!

Feladatunk a fázisszög relére kapcsolt \bar{U}_1 ; \bar{U}_2 bemeneti jelek előállítása a \bar{K}_1 , \bar{Z}_1 , \bar{K}_2 , \bar{Z}_2 komplex konstansokkal, amelynek megoldásában pedig az impedanciasík van segítségünkre. Az egyenletek megvalósítása pedig külön áramkörökkel történik.

A konstansok értékeinek megválasztása:

Legyen $\bar{K}_2 = 1$, valós szám.

Mivel $\frac{\bar{Z}_2}{\bar{K}_2} = \bar{Z}_{be}$ ezért $\bar{Z}_2 = \bar{Z}_{be} = 0,8 \cdot \bar{Z}_V = 4 + j16 \Omega$.

Az alapgondolat szerint: $\bar{Z}_1 = 0 \Omega$ Azaz az \bar{U}_1 bemenetre a feszültséggel arányos jel kerül.

A \bar{K}_1 konstans értékét a $\varphi = \arccos \frac{\bar{K}_2}{\bar{K}_1}$ összefüggés, és a $\varphi = 60^\circ$ érték meghatározza! Ennek

megfelelően: $\bar{K}_1 = 1 \cdot e^{-j\varphi} = 1 \cdot e^{-j60^\circ} = \frac{1}{2} - j \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$.

Tehát a fázisszögrelé egyik bemenetére jutó jel: $\bar{U}_1 = \bar{K}_1 \cdot \bar{U} - \bar{Z}_1 \cdot \bar{I} = \bar{K}_1 \cdot \bar{U} = e^{-j60^\circ} \cdot \bar{U}$ ami nem más, mint az érzékelt $u(t)$ feszültség szinuszjelének 60° -kal késleltetett értéke.

A fázisszögrelé másik bemenetére jutó jel: $\bar{U}_2 = \bar{K}_2 \cdot \bar{U} - \bar{Z}_2 \cdot \bar{I} = \bar{U} - \bar{Z}_{be} \cdot \bar{I}$ tehát az érzékelt áramnak a beállítási impedancián ejtett feszültségét kell kivonnunk a feszültségjelből, és az így

Ezzel az ábra szerinti, azaz a kívánt impedancia kioldási karakterisztikát megvalósítottuk.

Megjegyzés: bár elvileg bármilyen érték beállítható, általában az $\bar{Z}_2 = \bar{Z}_{be}$ beállítás az irányadó.

Impedanciavédelem megvalósítása mérleg elven:

A mérlegrelé működési egyenlete:

$$|\bar{U}_1| \geq k|\bar{U}_2|$$

Ha célszerűen $k = 1$ értéket választunk, a relé akkor fog megszólalni, ha az \bar{U}_1 mennyiség amplitúdója nagyobb lesz, mint az \bar{U}_2 amplitúdója. Ez azt jelenti, hogy a kioldási karakterisztika pontjai ott vannak ahol $|\bar{U}_1| = |\bar{U}_2|$. Írjuk ezt fel a fázisszögrelé egyenleteivel:

$$|\bar{K}_1 \cdot \bar{U} - \bar{Z}_1 \cdot \bar{I}| = |\bar{K}_2 \cdot \bar{U} - \bar{Z}_2 \cdot \bar{I}|;$$

Legyen $\bar{K}_1 = 0$ és legyen valós $\bar{K}_2 = 1$ ekkor figyelembe véve, hogy az érzékelt impedancia $\bar{Z} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}}$, azt kapjuk az előző egyenletből, hogy: $|\bar{Z} - \bar{Z}_2| = |\bar{Z}_1|$;

Felismerhető, hogy az egyenletet kielégítő \bar{Z} fázor végpontjainak mértani helye egy olyan körnek a pontjai, amelynek a középpontja \bar{Z}_2 , a kör sugara pedig $|\bar{Z}_1|$. Az így előállított impedanciarelé megint csak akkor fog kioldani, ha az érzékelt \bar{Z} impedancia végpontja a körön belül van, és reteszelni fog azon kívül.

Most már csak az a kérdés, hogyan határozhatjuk meg \bar{Z}_1 és \bar{Z}_2 értékét?

Mivel a feladat szerint kívánt kör átmegy az origón, a középpontja attól sugárnyira van, tehát:

$$|\bar{Z}_2| = |\bar{Z}_1|, \text{ ezért célszerű döntés: } \bar{Z}_1 = \bar{Z}_2.$$

A kör sugara pedig — miután a középponti szöge 120° — a $|\bar{Z}_{be}|$ szakasz $\sqrt{3}$ -ad része, és azt is könnyű belátni, hogy a középpontba mutató vektor (\bar{Z}_2) $\beta = 30^\circ$ -os szöget zár be \bar{Z}_{be} -vel,

$$\text{mert: } \cos \beta = \frac{|\bar{Z}_{be}|}{|\bar{Z}_1|} = \frac{|\bar{Z}_{be}|}{\frac{|\bar{Z}_{be}|}{2 \cdot \sin \varphi}}$$

$$\text{Matematikailag ezt felírva: } \bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \frac{|\bar{Z}_{be}|}{2 \cdot \sin \varphi} \cdot e^{j(\arccos(\frac{|\bar{Z}_{be}|}{|\bar{Z}_1|}) - \beta^\circ)} = \frac{|\bar{Z}_{be}|}{\sqrt{3}} \cdot e^{j(\arccos(\frac{|\bar{Z}_{be}|}{|\bar{Z}_1|}) - 30^\circ)}$$

A mi példánk esetében $|\bar{Z}_{be}| = \sqrt{(4^2 + 16^2)} = 16,5 \Omega$,

A távvezetési impedancia szöge $75,96^\circ$, tehát végeredményként: $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \frac{16,5}{\sqrt{3}} \cdot e^{j46^\circ} \Omega$.

A két vektor hossza pedig: $|\bar{Z}_2| = |\bar{Z}_1| = \frac{|\bar{Z}_{be}|}{2 \cdot \sin \varphi} = \frac{16,5}{\sqrt{3}} = 9,52 \Omega$.

Feladatok:

1. Feladat:

A védendő 120 kV-os szabadvezetékszakasz 30 km hosszú, eredő impedanciája $r_v = 0,1173 \Omega / \text{km}$, $x_v = 0,42 \Omega / \text{km}$ és a védelem beállított szöge $\varphi = 60^\circ$.

Határozza meg \bar{K}_1 , \bar{Z}_1 , \bar{K}_2 , \bar{Z}_2 komplex konstansokat fázisszögrelé illetve mérlegrelé alkalmazása esetén!

2. Feladat:

A védendő 20 kV-os szabadvezetékszakasz 85 km hosszú, eredő impedanciája $r_v = 0,3605 \Omega / \text{km}$, $x_v = 0,333 \Omega / \text{km}$ és a védelem beállított szöge $\varphi = 60^\circ$.

Határozza meg \bar{K}_1 , \bar{Z}_1 , \bar{K}_2 , \bar{Z}_2 komplex konstansokat fázisszögrelé illetve mérlegrelé alkalmazása esetén!

3. Feladat:

A védendő 400 kV-os alaphálózati szabadvezetékszakasz 160 km hosszú, eredő impedanciája $r_v = 0,0572 \Omega / \text{km}$, $x_v = 0,44 \Omega / \text{km}$ és a védelem beállított szöge $\varphi = 72^\circ$.

Határozza meg \bar{K}_1 , \bar{Z}_1 , \bar{K}_2 , \bar{Z}_2 komplex konstansokat fázisszögrelé illetve mérlegrelé alkalmazása esetén!

4. Feladat:

A védendő 20 kV-os burkolt szabadvezetékszakasz 15 km hosszú, eredő impedanciája $r_v = 0,3622 \Omega / \text{km}$, $x_v = 0,308 \Omega / \text{km}$ és a védelem beállított szöge $\varphi = 108^\circ$.

Határozza meg \bar{K}_1 , \bar{Z}_1 , \bar{K}_2 , \bar{Z}_2 komplex konstansokat fázisszögrelé illetve mérlegrelé alkalmazása esetén!

Eredmények:

1. Feladat:	2. Feladat:	3. Feladat:	4. Feladat:
fázisszögrelénél:	fázisszögrelénél:	fázisszögrelénél:	fázisszögrelénél:
$\bar{K}_1 = \frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\bar{K}_1 = \frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\bar{K}_1 = 0,309 - j0,951$	$\bar{K}_1 = -0,309 - j0,951$
$\bar{Z}_1 = 0 \Omega$	$\bar{Z}_1 = 0 \Omega$	$\bar{Z}_1 = 0 \Omega$	$\bar{Z}_1 = 0 \Omega$
$\bar{K}_2 = 1$	$\bar{K}_2 = 1$	$\bar{K}_2 = 1$	$\bar{K}_2 = 1$
$\bar{Z}_2 = 2,81 + j10 \Omega$	$\bar{Z}_2 = 24,5 + j22,64 \Omega$	$\bar{Z}_2 = 7,32 + j56,32 \Omega$	$\bar{Z}_2 = 4,37 + j3,7 \Omega$
mérlegrelénél:	mérlegrelénél:	mérlegrelénél:	mérlegrelénél:
$\bar{K}_1 = 0$	$\bar{K}_1 = 0$	$\bar{K}_1 = 0$	$\bar{K}_1 = 0$
$\bar{Z}_1 = \frac{10,38}{\sqrt{3}} \cdot e^{j44,3^\circ} \Omega$	$\bar{Z}_1 = \frac{33,36}{\sqrt{3}} \cdot e^{j12,74^\circ} \Omega$	$\bar{Z}_1 = \frac{56,79}{1,902} \cdot e^{j64,6^\circ} \Omega$	$\bar{Z}_1 = \frac{5,7}{1,902} \cdot e^{j22,4^\circ} \Omega$
$\bar{K}_2 = 1$	$\bar{K}_2 = 1$	$\bar{K}_2 = 1$	$\bar{K}_2 = 1$
$\bar{Z}_2 = \frac{10,38}{\sqrt{3}} \cdot e^{j44,3^\circ} \Omega$	$\bar{Z}_2 = \frac{33,36}{\sqrt{3}} \cdot e^{j12,74^\circ} \Omega$	$\bar{Z}_2 = \frac{56,79}{1,902} \cdot e^{j64,6^\circ} \Omega$	$\bar{Z}_2 = \frac{5,7}{1,902} \cdot e^{j22,4^\circ} \Omega$

14.2. RELÉK FOGALMA, FELADATA ÉS ALAPVETŐ JELLEMZŐI

1. Kidolgozott példa:

Egy $I_n = 5A$ névleges áramerősségű túláram relé beállított indulási árama $I_{be} = 9A$. A relé meghúz $9A$ -en, meghúzott állapotból elenged $7,5A$ -en. Számítsuk ki a relé tartóviszonyát, illetve ejtőviszonyát! Adjuk meg az indulási hiba nagyságát, a működési szórást ha a relé skálahibája: $h=3\%$!

Megoldás:

Az ejtőviszony: $C_e = \text{elengedési érték} / \text{megszólalási érték}$ $C_e = \frac{7,5}{9} = 0,83 < 1$,

Az ejtőviszony százalékos értéke: $(1 - C_e) \cdot 100 \% = (1 - 0,83) \cdot 100 \% = 17\%$

A tartóviszony: $C_t = \frac{1}{C_e} > 1$, \rightarrow indulási érték / elengedési érték $= \frac{9}{7,5} = 1,2 > 1$,

A tartóviszony százalékos értéke: $(C_t - 1) \cdot 100 \% = (1,2 - 1) \cdot 100 \% = 20\%$

A skálahiba tényleges megszólalási érték és a skálán beállított érték különbsége, százalékos

formában kifejezve: $\pm h\% = \frac{I_{\text{átlag}} - I_{be}}{I_{be}} \cdot 100 \% = 3\%$

Igy a megszólalási áram maximum értéke: $I_{\max} = I_{be} + \frac{h \cdot I_{be}}{100} = 9 + \frac{3 \cdot 9}{100} = 9,27A$

És a megszólalási áram minimum értéke: $I_{\min} = I_{be} - \frac{h \cdot I_{be}}{100} = 9 - \frac{3 \cdot 9}{100} = 8,73A$

Tehát a relé indulási áramának értéke $8,73 - 9,27A$ között változhat.

A működési szórás megadja a legnagyobb és legkisebb megszólalási érték különbségének viszonyát a beállított megszólalási értékhez viszonyítva:

$$\sigma \% = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{be}} = \frac{9,27 - 8,73}{9} \cdot 100 \% = 6 \%$$

2. Kidolgozott példa:

Egy $a_1 = 300/5$ A áttételű áramváltóról tápláljuk a túláramrelét, melyen $I_{be} = 11$ A indulási áramot állítunk be és az érzékelés eredő hibája $\varepsilon = 17\%$. Határozzuk meg, hogy a főáramkörben folyó áram milyen értékeinél működik biztosan a relé és melyeknél bizonytalan a működése!

Megoldás:

A relé mozgórészére két erő (nyomaték) hat: kioldó irányú és fékező irányú. A relé akkor indul, ha a kioldó irányú nyomaték nagyobb, mint a fékező irányú. Az indulás feltétele:

$$\sum_{i=1}^m M_v - \sum_{i=1}^n M_f \geq 0, \text{ ahol } M_v \text{ a kioldó irányú, } M_f \text{ a fékező irányú villamos nyomaték.}$$

A relé akkor tud meghúzni, ha $M_v > M_f$, azaz a villamos jellemzőből eredő nyomatéknak a mozgórész teljes elmozdulása alatt mindig nagyobbak kell lenni a fékezőnyomatéknál, ellenkező esetben a mozgórész nem tud a véghelyzetbe eljutni, vagy a működés bizonytalan lesz. Az indulási bizonytalanság az indulási érték szórásában jelentkezik, ami a relé önidejéből (1%), relémag bizonytalanságából ($\pm 5\%$), a mérőmag bizonytalanságából ($\pm 5\%$), illetve az árammérés hibájából ($\pm 2,5\%$) áll. Ezt nevezzük eredő hibának melynek értéke a gyakorlatban $\varepsilon = 15-20\%$ között mozog.

A relé biztosan meghúzza, ha teljesül az alábbi feltétel: $I_1 \geq I_{be} \cdot a_1 \cdot (1 + \varepsilon)$

$$I_1 \geq 11 \cdot \frac{300}{5} \cdot (1 + 0,17) = 772,2 \text{ A}$$

A relé biztosan nem húzza meg, ha: $I_2 \leq I_{be} \cdot a_1 \cdot (1 - \varepsilon)$

$$I_2 \leq 11 \cdot \frac{300}{5} \cdot (1 - 0,17) = 547,8 \text{ A}$$

A bizonytalansági sáv: $I_2 \leq I \leq I_1$ $547,8 \text{ A} \leq I \leq 772,2 \text{ A}$

Feladatok:

1. Feladat:

A túláram relé beállított indulási árama: 5 A, az ejtőviszony százalékos értéke: 14%. Mekkora az elengedési áram értéke és a relé tartóviszonya?

2. Feladat:

A túláram relé tartóviszonya: 1,34. Mennyi az indulási áram és az ejtőviszony értéke, ha az elengedési áram 2,9 A?

3. Feladat:

Egy túláram relé névleges árama 3,5 A, az indulási árama $2 \times I_n$, skálahibája 4%. Mennyi a relé százalékos működési szórása?

4. Feladat:

Egy $I_n = 5A$ névleges áramerősségű túláram relé beállított indulási árama $1,4xI_n$. A relé meghúzott állapotból elenged 6A-en. Számítsa ki a relé tartóviszonyát, illetve ejtőviszonyát, az indulási hiba nagyságát, a működési szórást ha a relé skálahibája: $h=3,5\%$!

5. Feladat:

A túláramrelé táplálása 400/5 A áttételű áramváltóról történik. A relén 13A indulási áram van beállítva. Az eredő hiba: $\varepsilon = 20\%$. Számítsa ki a bizonytalansági tartományt!

6. Feladat:

A relé indulási bizonytalansági sávja $476A < I < 644A$, $a_f = 200/5$, $I_{be} = 14A$.
Mennyi az eredő hiba értéke?

Eredmények:

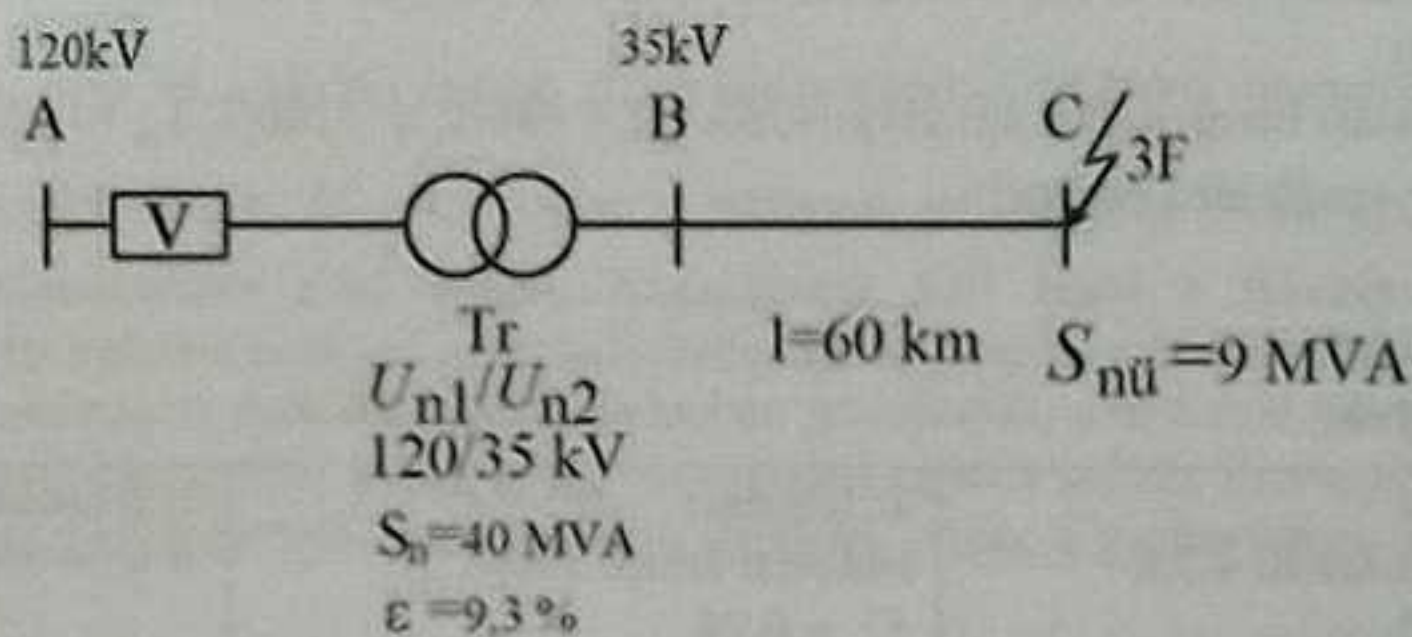
1. feladat: Elengedési áram: 4,3A $C_t = 1,162$	2. feladat: Indulási áram: 3,88A $C_e = 0,74$	3. feladat: $\sigma \% = 8\%$
4. feladat: $C_e = 0,857$ $C_t = 1,166$ $6,755 < I_{be} < 7,245 A$ $\sigma \% = 8\%$	5. feladat: $832 A < I < 1248 A$	6. feladat: $\varepsilon = 15\%$

14.6. KÉSLELTETETT TÚLÁRAMVÉDELMI RENDSZEREK

14.6.1.1 Túláramérzékelés

Kidolgozott példa:

Vizsgáljuk meg megvalósítható-e a védelem túláramrelével az alábbi hálózaton!



Megoldás:

Nem alkalmazható túláramvédelem ha:

- $a \approx 1$
- túl sok a hálózati tagozódás
- hatásosan földelt csillagpontú hálózat ép fázisaiban folyó áram (max. üzemállapot) nem különböztethető meg a zárlatos fázis áramától (min. állapotban)

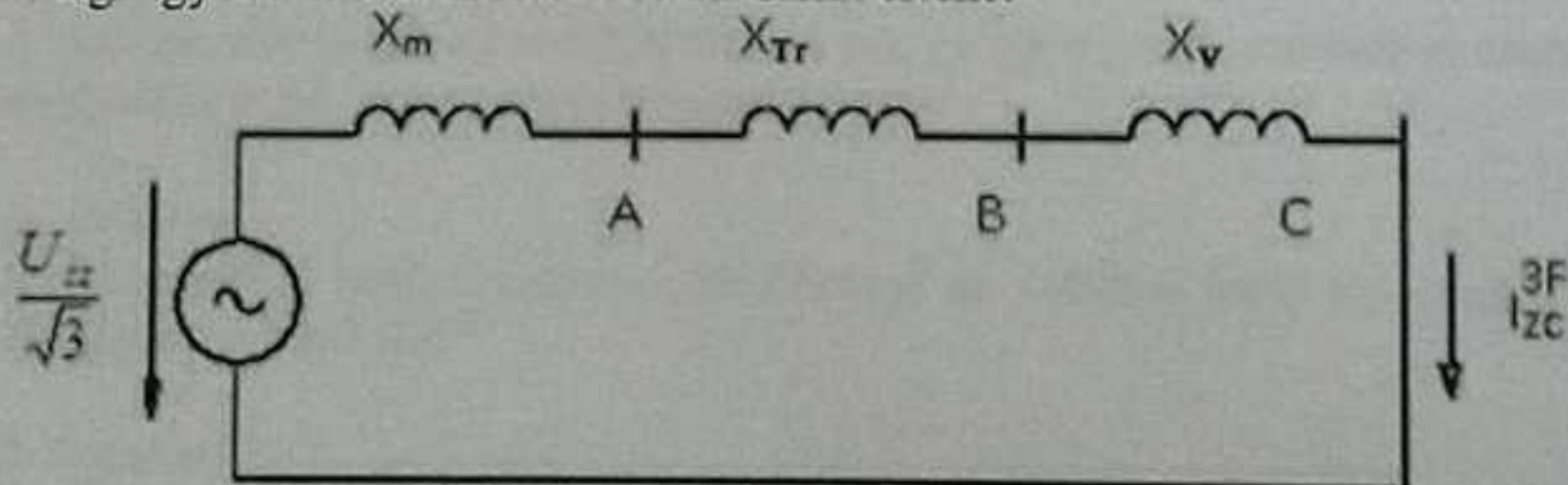
A túláramérzékelés feltétele: $\frac{I_{z \min}}{I_{ü \max}} = a > 1$

A védelem alkalmazhatóságának vizsgálata: $I_{ün} = \frac{S_{ün}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{9 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 10^3} = 148,63 \text{ A}$

A lehetséges legnagyobb üzemi áram 20% túlterhelés feltételezésével:

$$I_{ü \max} = 1,2 \cdot I_{ün} \rightarrow I_{ü \max} = 148,63 \cdot 1,2 = 178,35 \text{ A}$$

A legnagyobb zárlati áramot adó 3F zárlat értéke:



$$X_M^j = \frac{U_{sz}^2}{S_{nM}} = \frac{35^2}{9} = 3,88 \Omega$$

$$X_{TR}^j = \frac{\epsilon}{100} \cdot \frac{U_{sz}^2}{S_{nTR}} = \frac{9,3}{100} \cdot \frac{35^2}{40} = 2,84 \Omega$$

$$X_V^j = x_v \cdot l_v = 0,4 \cdot 60 = 24 \Omega$$

Az eredő reaktancia a számítási feszültség szinten:

$$X_e' = X_M' + X_{TR}' + X_V' = 3,88 + 2,84 + 24 = 30,72 \Omega$$

$$I_z^{3F} = \frac{U_{sz}}{\sqrt{3} \cdot X_e'} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 30,72} = 0,658 \text{ kA} \rightarrow I_z^{3F} = 658 \text{ A}$$

A 2F zárlat közelítő értékével az $I_{z \text{ min}}$ értéke:

$$I_z^{2F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_z^{3F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,658 = 0,569 \text{ kA} \rightarrow I_z^{2F} = 569 \text{ A}$$

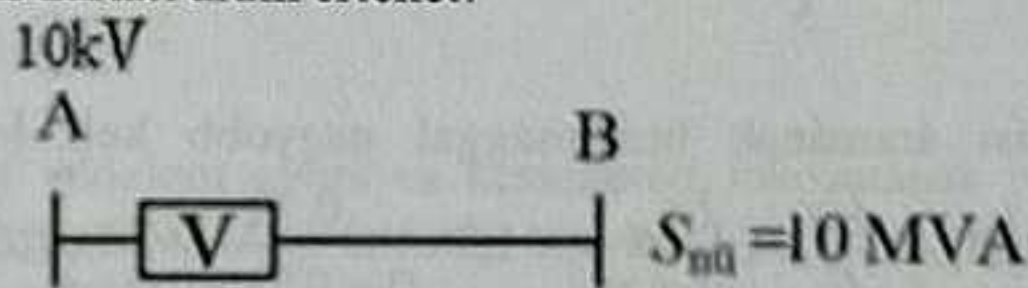
A megvalósíthatóság eldöntése:

$$\frac{I_{z \text{ min}}}{I_{ü \text{ max}}} = \frac{569}{148,63 \cdot 1,2} = 3,19 > 1, \text{ a védelem túláramrelével megvalósítható.}$$

Feladatok:

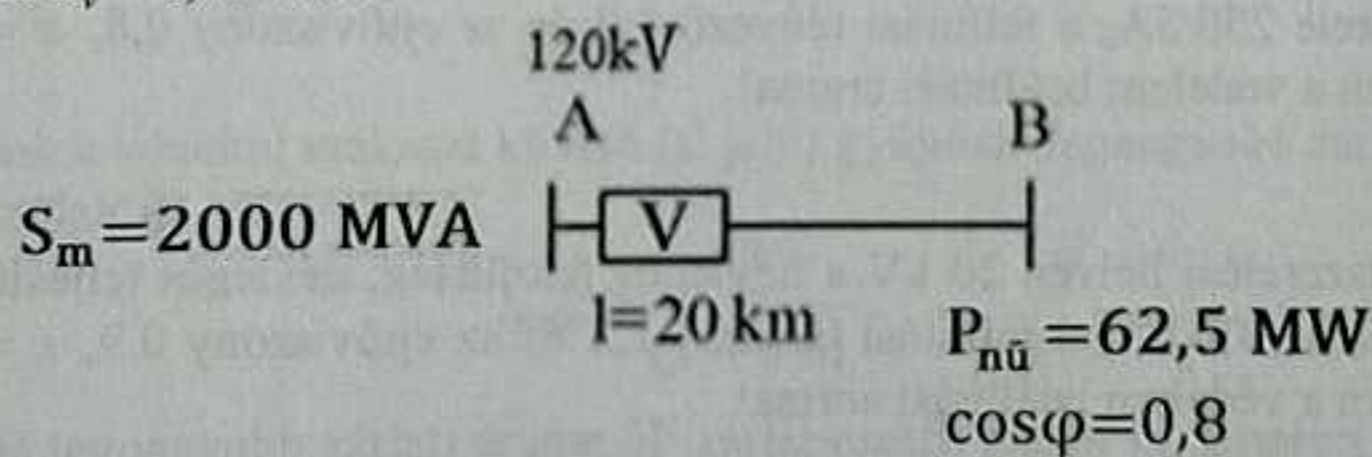
1. Feladat:

Az ábrán látható hálózat B sínén a minimális zárlati áram és a legnagyobb üzemi áram aránya: $a=1,6$, adja meg a minimális zárlati áram értékét!



2. Feladat:

Az alábbi vezetékszakra szeretnék túláramvédelmet alkalmazni. Alkalmazható-e ez a védelem ($a=?$), ha $x_v = 0,4 \Omega/\text{km}$?



3. Feladat:

Egy 60 km hosszú kábelszakasz névleges feszültsége 20 kV. A terhelő áram maximuma 450 A, a mögöttes zárlati teljesítmény a névleges teljesítmény ötszöröse, a kábel végén 3F zárlat keletkezett. Számítsa ki a minimális zárlati áram értékét, valamint a legnagyobb üzemi áram arányát, ha $x_k = 0,2 \Omega/\text{km}$.

Eredmények:

1. feladat: $I_z^{2F} = 1,108 \text{ kA}$	2. feladat: $I_z^{2F} = 3,94 \text{ kA}$ $a = 13,68$	3. feladat: $I_z^{2F} = 0,55 \text{ kA}$ $a = 1,22$
---	---	--

14.6.1.2. Zárlati túláramvédelmek elhangolása az üzemi áramtól

Kidolgozott példa:

Állapítsuk meg a védelem beállítási áramát, ha a védelem felszerelési helyén 6 kV a névleges feszültség, névleges teljesítmény 6,5 MVA, az áramváltó áttétele 750/5A, a felfutási (C_f) és ejtőviszony (C_e) aránya 1,7, $\varepsilon = 20\%$!

Megoldás:

A védelemnek az üzemi áramokra nem szabad megszólalni.

A beállítás feltétele:
$$I_{be} \geq \frac{C_f}{C_e} \cdot \frac{I_{fmax}}{1-\varepsilon}$$

A felfutási áram meghatározása:
$$I_{fmax} = 1,2 \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1,2 \frac{6,5}{\sqrt{3} \cdot 6} = 0,75 \text{ kA}$$

Az áramváltó áttétele:
$$a_1 = \frac{750}{5} = 150$$

A védelem beállítási áramának biztonsággal nagyobb kell legyen, mint a terhelőáram maximuma, így:

$$I_{be} \geq \frac{C_f}{C_e} \cdot \frac{I_{fmax}}{(1-\varepsilon)a_1} = 1,7 \cdot \frac{0,75}{(1-0,2)150} = 0,0106 \text{ kA} \rightarrow 10,6 \text{ A}$$

Feladatok:

1. Feladat:

A védelem felszerelési helyén 10 kV a névleges feszültség, névleges teljesítmény 3,5 MVA, az áramváltó áttétele 250/5A, a felfutási tényező 1,3 és az ejtőviszony 0,8, $\varepsilon = 15\%$. Számítsa ki mekkora legyen a védelem beállítási árama!

2. Feladat:

A védelem felszerelési helyén 20 kV a névleges feszültség, névleges teljesítmény 12 MVA, az áramváltó áttétele 500/5A, a felfutási tényező 1,5 és az ejtőviszony 0,9, $\varepsilon = 17\%$. Számítsa ki mekkora legyen a védelem beállítási árama!

3. Feladat:

A védelem felszerelési helyén 10 kV a névleges feszültség, a névleges áram 200A, a beállított áramérték 6,17A, $C_f/C_e = 1,25$, $a_1 = 300/5A$. Határozza meg mekkora a névleges teljesítmény és hány százalékos biztonsági tényezővel tervezték a védelem beállítását!

Eredmények:

1. feladat: $I_{be} \geq 5,92 \text{ A}$	2. feladat: $I_{be} \geq 8,33 \text{ A}$	3. feladat: $\varepsilon = 19\%$ $S_n = 3,5 \text{ MVA}$
--	--	---

14.6.2. Túláram-idő védelmek

1. Kidolgozott példa:

Egy túláram relé megszólalási áramát $I_{be} = 12 \text{ A}$ -re állítunk be, és a tápláló áramváltó áttétele $a_I = 200/5 \text{ A}$. Határozzuk meg, hogy a főáramkörben folyó áram mely értékeinél van biztos működés, és mikor nem működik biztosan, ha az érzékelés eredő hibája $\varepsilon = \pm 15\%$?

Megoldás:

A relé biztosan meghúz, ha $I \geq (1 + \varepsilon) \cdot I_{be} \cdot a_I$,
tehát $I \geq (1 + 0,15) \cdot 12 \cdot 200/5 = 1,15 \cdot 480 = 552 \text{ A}$.

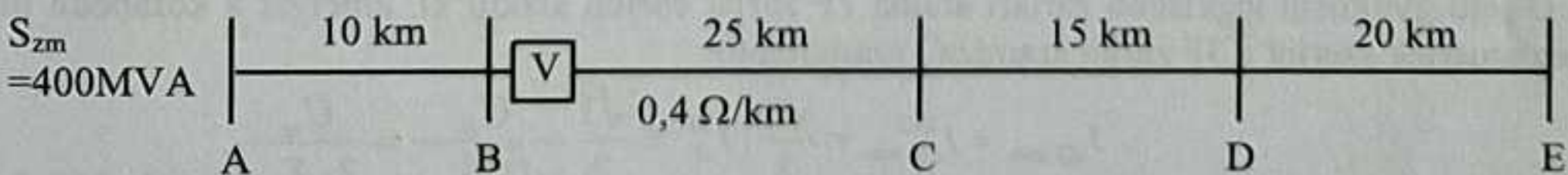
A relé biztosan nem húz meg, ha $I \leq (1 - \varepsilon) \cdot I_{be} \cdot a_I$,
tehát $I \leq (1 - 0,15) \cdot 12 \cdot 200/5 = 0,85 \cdot 480 = 408 \text{ A}$.

A bizonytalan működés tartománya: $408 \dots 552 \text{ A}$.

2. Kidolgozott példa:

Határozzuk meg a bejelölt védelem gyors és késleltetett fokozatának beállítási áramát, ha a vezeték névleges teljesítménye 6 MVA , a felfutási tényező $C_f = 1,5$, az ejtőviszony $C_e = 0,9$ és a bizonytalansági tényező: $\varepsilon = 20\%$!

$$U_n = 20 \text{ kV}$$

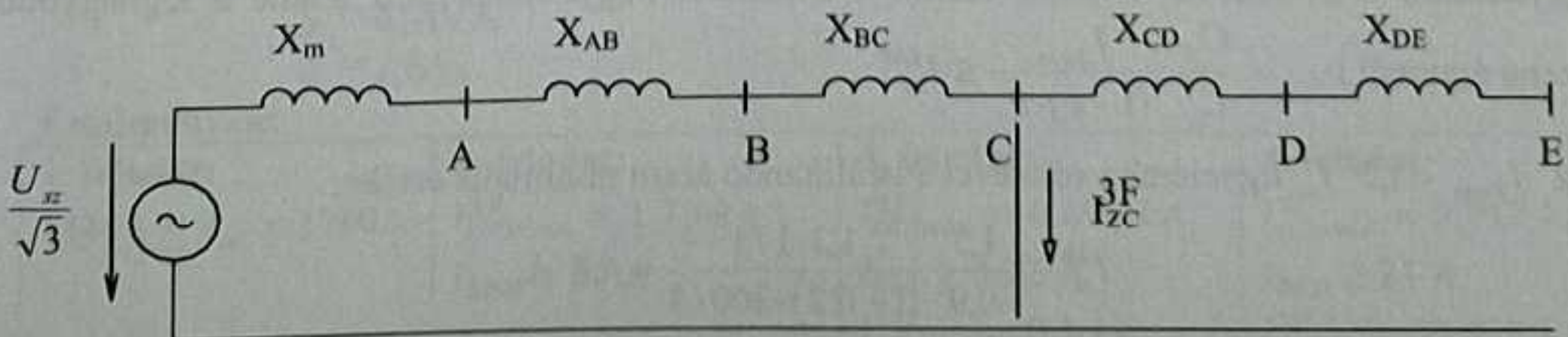


Megoldás:

A gyors fokozatnak a védelmi szakaszt követő (C jelű) gyűjtősín legnagyobb zárlati áramára sem szabad megszólalnia:

$$I_{be} \gg \frac{I_{zC}^{\max}}{(1 - \varepsilon) a_I}$$

A C jelű gyűjtősín legnagyobb zárlati árama 3F zárlat esetén alakul ki, amelyet a korábban már megismert zárlatszámítási módszerekkel határozhatunk meg. Például az X-módszer alkalmazásával:



A fenti egyfázisú helyettesítő kép alapján a keresett zárlati áram meghatározása a következő:

$$I_{zC}^{3F} = \frac{U_x}{\sqrt{3} \cdot X_{eC}} \quad \text{és} \quad X_{eC} = X_m + X_{AB} + X_{BC}$$

A helyettesítő reaktanciák értéke: $X_m = \frac{U_{sz}^2}{S_{zm}} = \frac{20^2}{400} = 1 \Omega$

$$X_{AB} = x \cdot I_{AB} = 0,4 \cdot 10 = 4 \Omega$$

$$X_{BC} = x \cdot I_{BC} = 0,4 \cdot 25 = 10 \Omega$$

A zárlati áram: $I_{zC}^{3F} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot (1+4+10)} = 0,77 \text{ kA} = 770 \text{ A}$.

Az áramváltó áttételének megválasztásához a vezeték névleges áramát ismerni kell:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{6 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 173 \text{ A}$$

Mivel 20 % tartós túlterhelés megengedhető, legyen az áramváltó áttétele: $a_t = 300/5 \text{ A}$.

Ezzel a keresett beállítási áram: $I_{be} \gg \geq \frac{770}{(1-0,2) \cdot 300/5} = 16 \text{ A}$.

A késleltetett fokozatnak a védelmi szakaszt követő második (D jelű) gyűjtősín legkisebb zárlati áramára is biztosan meg kell megszólalnia:

$$I_{be}^{késl} \leq \frac{I_{zD}^{\min}}{(1+\varepsilon) a_t}$$

A D jelű gyűjtősín legkisebb zárlati árama 2F zárlat esetén alakul ki, amelyet a korábban már megismertek szerint a 3F zárlat áramából számolható:

$$I_{zD,\min} = I_{zD,\min}^{2F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{zD}^{3F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{U_{sz}}{\sqrt{3} \cdot X_{eD}} = \frac{U_{sz}}{2 \cdot X_{eD}}$$

ahol $X_{eD} = X_{eC} + x \cdot l_{CD} = 15 + 0,4 \cdot 15 = 15 + 6 = 21 \text{ ohm}$.

A zárlati áram: $I_{zD,\min}^{2F} = \frac{20}{2 \cdot 21} = 0,476 \text{ kA} = 476 \text{ A}$.

A keresett beállítási áram: $I_{be}^{késl} \leq \frac{476}{(1+0,2) \cdot 300/5} = 6,6 \text{ A}$.

Ugyanakkor a késleltetett fokozat beállítási áramának nagyobbak kell lennie a legnagyobb üzemi áramnál is:

$$\frac{C_f}{C_e} \cdot \frac{I_{\bar{u}\max}}{(1-\varepsilon) \cdot a_t} \leq I_{be}^{késl}$$

Az $I_{\bar{u}\max} = 1,2 \cdot I_n$ figyelembe vételével a beállítandó áram minimális értéke:

$$I_{be}^{késl} \geq \frac{1,5}{0,9} \cdot \frac{1,2 \cdot 173}{(1-0,2) \cdot 300/5} = 4,8 \text{ A}$$

Tehát a beállítandó áram 4,8 A-nál nagyobb, de 6,6 A-nál kisebb legyen. Ez alapján válasszuk az $I_{be}^{késl} = 5 \text{ A}$ értéket!

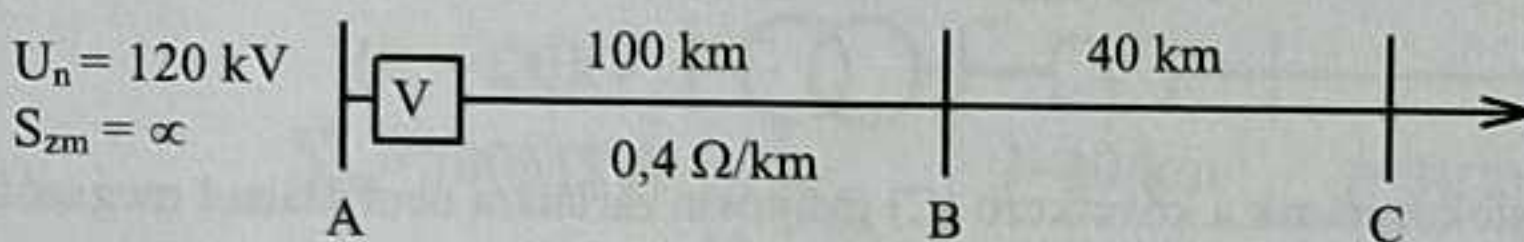
Feladatok:

1. Feladat:

Egy túláram relé megszólalási áramát $I_{be} = 20$ A-re állítunk be, és a tápláló áramváltó áttétele $a_I = 400/5$ A. Határozzuk meg, hogy a főáramkörben folyó áram mely értékeinél van biztos működés, és mikor nem működik biztosan, ha az érzékelés eredő hibája $\varepsilon = \pm 10\%$?

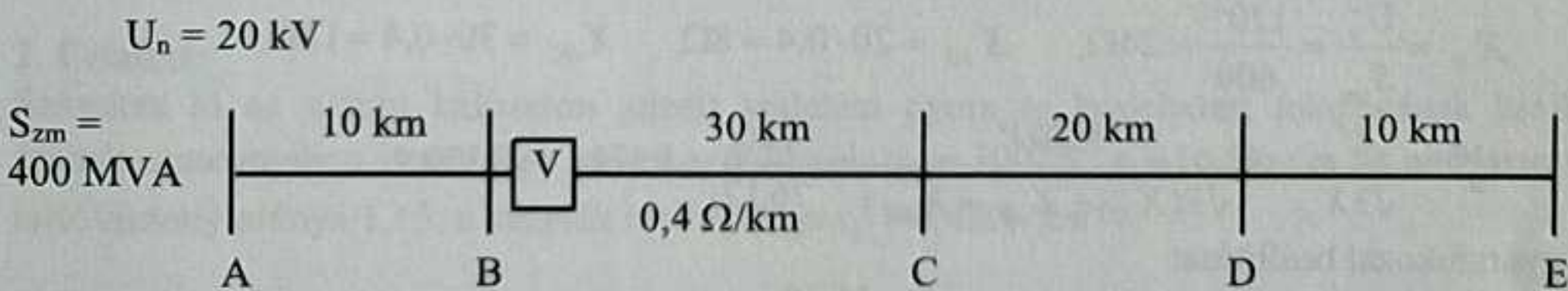
2. Feladat:

Határozzuk meg a bejelölt túláram-idő védelem gyors fokozatának beállítási áramát, ha az áramváltó áttétele: $a_I = 400/5$ A, és a bizonytalansági tényező: $\varepsilon = 20\%$!



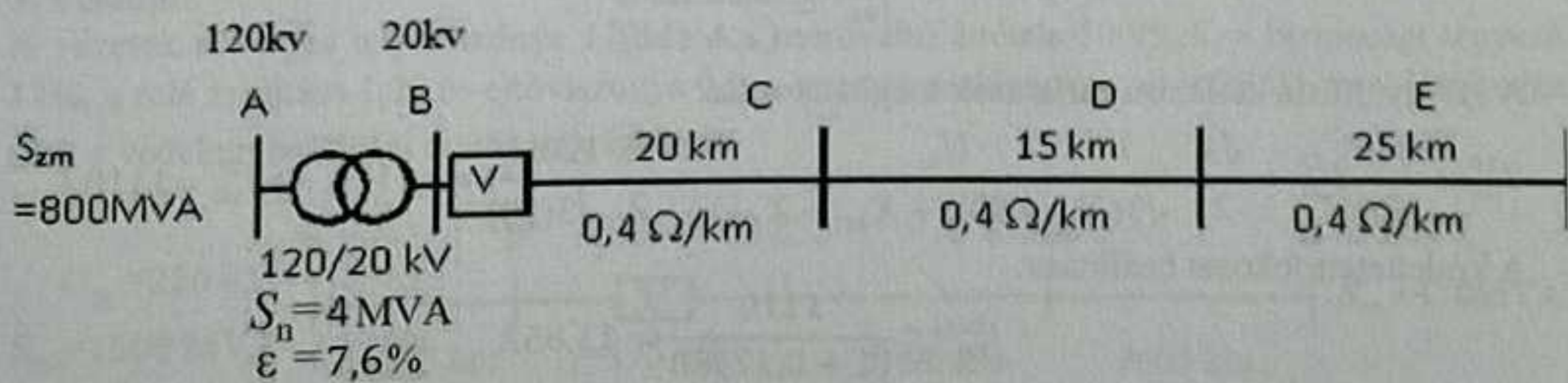
3. Feladat:

Határozzuk meg a bejelölt túláram-idő védelem gyors és késleltetett fokozatának beállítási áramát, ha az áramváltó áttétele: $a_I = 300/5$ A, és a bizonytalansági tényező: $\varepsilon = 20\%$



4. Feladat

Határozzuk meg a bejelölt védelem gyors és késleltetett fokozatának beállítási áramát, ha a felfutási tényező $C_f = 1,6$, az ejtőviszony $C_e = 0,9$ és a bizonytalansági tényező: $\varepsilon = 15\%$!



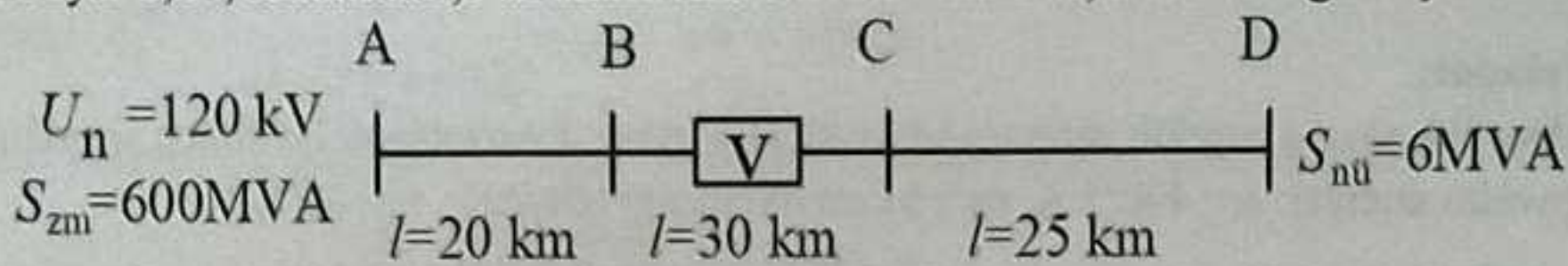
Eredmények:

1. feladat:	2. feladat:	3. feladat:	4. feladat:
$1440\text{A} < I_{be} < 1760\text{A}$	$I_{zB,max}^{3F} = 1,73\text{ kA}$	$I_{zC,max}^{3F} = 0,697\text{ kA}$	$I_{zC,max}^{3F} = 0,717\text{ kA}$
	$I_{be} \gg \geq 27\text{ A}$	$I_{be} \gg \geq 14,5\text{ A}$	$I_{be} \gg \geq 21\text{ A}$
		$I_{zD,min}^{2F} = 0,4\text{ kA}$	$I_{zD,min}^{2F} = 0,452\text{ kA}$
		$I_{be}^{késl} = 5\text{ A}$	$I_{be,min}^{késl} = 7,25\text{ A}$
			$I_{be,max}^{késl} = 9,83\text{ A}$

14.6.3. Túláramvédelmi fokozatok beállítása

Kidolgozott példa:

Határozzuk meg az ábrán jelölt kétlépcsős (kétfokozatú) túláramvédelem gyors, illetve késleltetett fokozatának áram beállítási értékeit, ha a vezeték névleges teljesítménye 6 MVA, a relé ejtőviszonya: 0,87, felfutása: 1,3 az áramváltó áttétele: 400/5 A, a biztonsági tényező: 17 %!



Megoldás:

A védelem gyorsfokozatának a következő (C) gyűjtősin zárlatára nem szabad megszólalnia. A beállítás feltétele:

$$I_{be} \gg \geq \frac{I_{zC}^{\max}}{(1 - \epsilon) a_I}$$

A „C” gyűjtősin háromfázisú zárlatának meghatározása:

$$X_M = \frac{U_n^2}{S_{zm}} = \frac{120^2}{600} = 24 \Omega, \quad X_{AB} = 20 \cdot 0,4 = 8 \Omega \quad X_{BC} = 30 \cdot 0,4 = 12 \Omega$$

$$I_{zC}^{3F} = \frac{U_n}{\sqrt{3} X_{eC}} = \frac{120 \text{ kV}}{\sqrt{3} (X_M + X_{AB} + X_{BC})} = \frac{120}{76,12} = 1,57 \text{ kA} \rightarrow 1570 \text{ A}$$

A gyorsfokozat beállítása:

$$I_{be} \gg \geq \frac{1570}{(1 - 0,17) 80} = 23,64 \text{ A}$$

A késleltetett fokozatnak a hozzá képest második (D) gyűjtősin zárlatára még 2F esetén is meg kell szólalni. A beállítás feltétele:

$$I_{be}^{késl} \leq \frac{I_{zD}^{\min}}{(1 + \epsilon) a_I}$$

A „D” gyűjtősin kétfázisú zárlatának meghatározása:

$$I_{zD}^{2F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{zD}^{3F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3} (X_M + X_{AB} + X_{BC} + X_{CD})} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{120 \text{ kV}}{\sqrt{3} (54)} = 1,11 \text{ kA} \rightarrow I_{zD}^{2F} = 1110 \text{ A}$$

A késleltetett fokozat beállítása:

$$I_{be}^{késl} \leq \frac{1110}{(1 + 0,17) 80} = 11,85 \text{ A}$$

A késleltetett fokozatnak ugyanakkor nagyobbak kell lenni, mint a legnagyobb üzemi áram:

$$I_{be}^{késl} \geq \frac{C_f}{C_e} \cdot \frac{I_{I \max}}{(1 - \epsilon) a_I}$$

$$\text{A vezeték névleges árama: } I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{6 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 120 \cdot 10^3} = 28,9 \text{ A} \quad I_{I \max} = 1,2 \cdot I_n = 34,68 \text{ A}$$

$$I_{be}^{késl} \geq \frac{1,3}{0,87} \cdot \frac{34,68}{(1 - 0,17) 80} = 0,78 \text{ A}$$

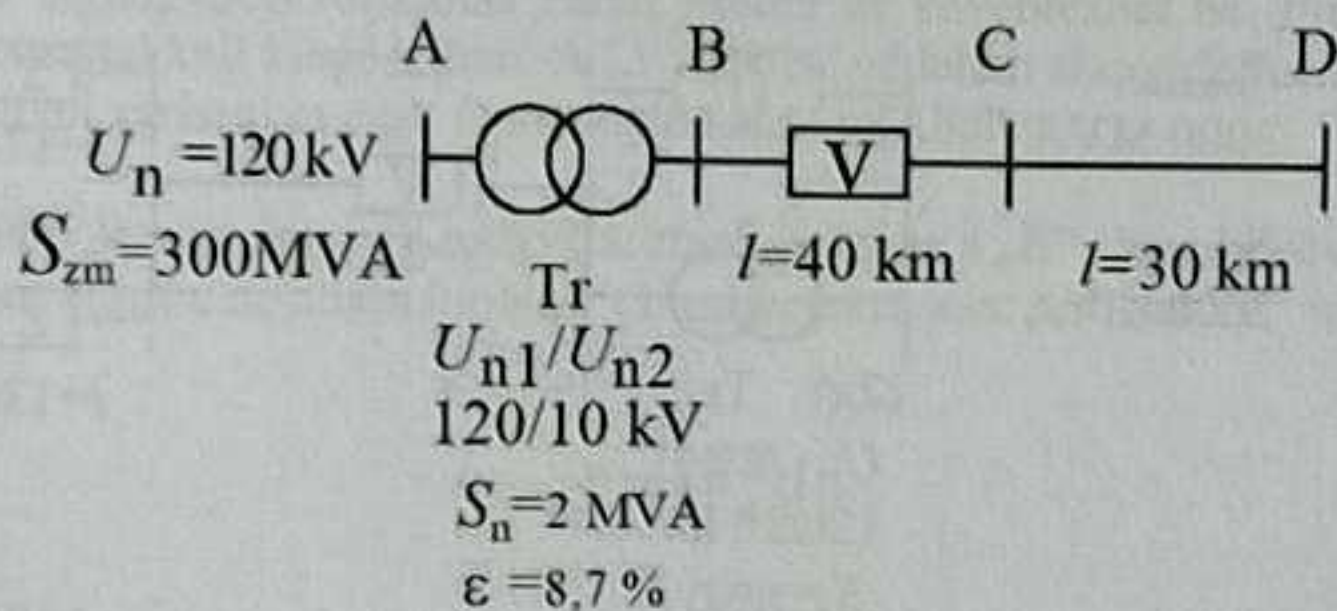
Az $I_{bekés}$ fokozat beállítási tartománya: $0,78A \leq I_{be}^{kés} \leq 11,85A$

Gyakorlati megvalósítása: Kétfázisú, zérus sorrendű érzékeléssel ellátott független késleltetésű, két fázisban pillanatkioldó relékkel kiegészített túláram - idő védelem.

Feladatok:

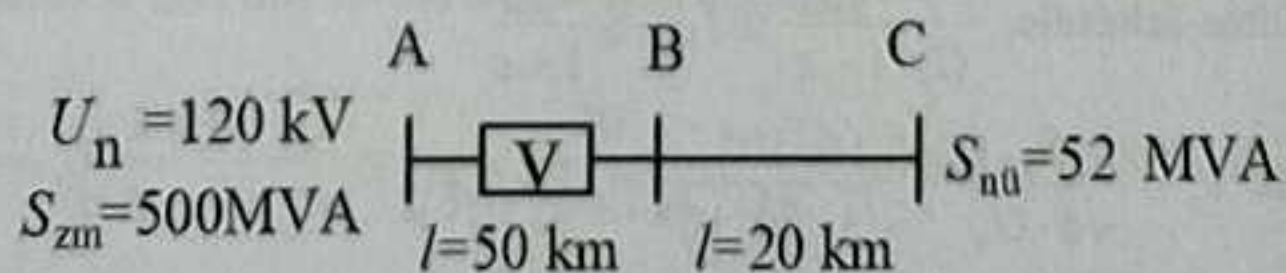
1. Feladat:

Az ábrán lévő elrendezés alapján adja meg a védelem gyorsfokozatának beállításának áramát, ha a mérő áramváltó áttétele, a vezeték reaktanciája $x_v = 0,4\Omega/km$, $200/5 A$, $\varepsilon = 20\%$!



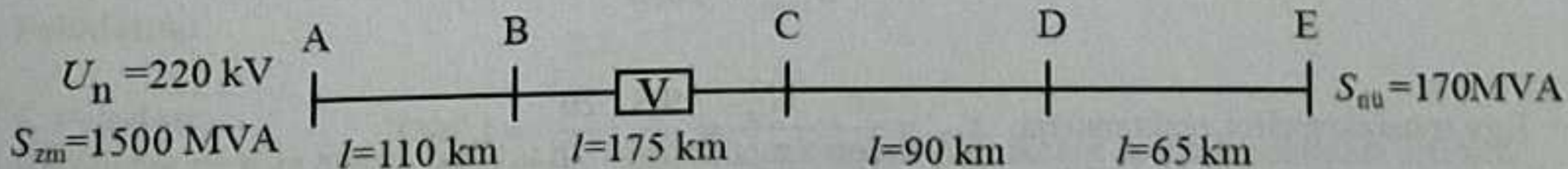
2. Feladat:

Számítsa ki az alábbi hálózaton jelzett védelem gyors és késleltetett fokozatának beállítási áramát, amennyiben ismertek a következő adatok: $a_1 = 300/5$, $\varepsilon = 16,5\%$, és az ejtőviszony és tartóviszony aránya 1,15, a vezeték reaktanciája $x_v = 0,42\Omega/km$!



3. Feladat:

A vezeték névleges teljesítménye 170 MVA, a mérőváltó áttétele 500/5 A, a biztonsági tényező 17%, a relé felfutása 1,28 és ejtőviszonya 0,9, a vezeték reaktanciája $x_v = 0,35\Omega/km$. Határozza meg a védelem beállítási áramainak értékeit!



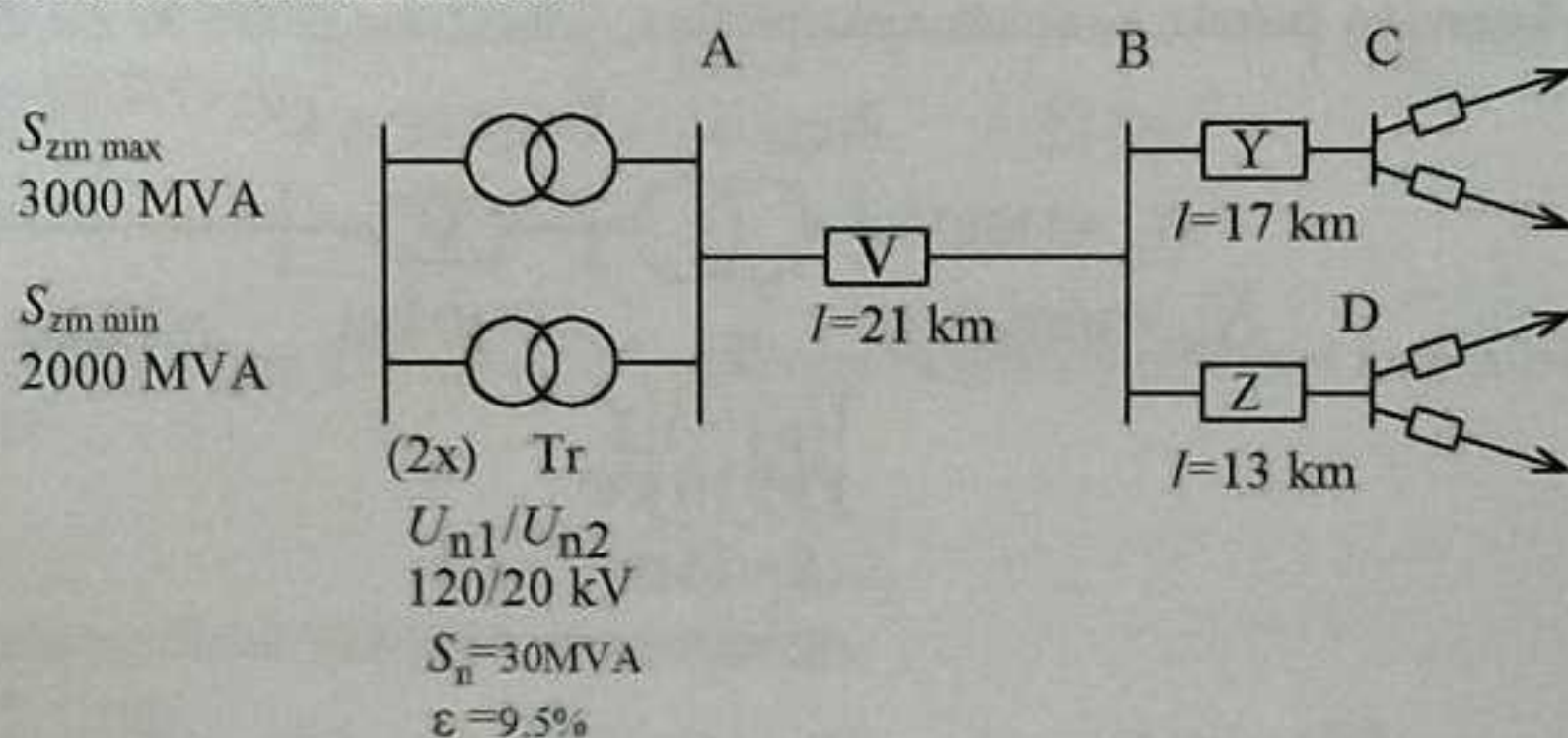
Eredmények:

1.feladat:	2.feladat:	3.feladat:
$I_{be} \gg \geq 8,53 \text{ A}$	$I_{zB,max}^{3F} = 1,39 \text{ kA}$	$I_{zC,max}^{3F} = 962 \text{ A}$
	$I_{be} \gg \geq 27,7 \text{ A}$	$I_{be} \gg \geq 11,6 \text{ A}$
	$I_{zC,min}^{2F} = 1,03 \text{ kA}$	$I_{zD,min}^{2F} = 673 \text{ A}$
	$5,75 \text{ A} \leq I_{be}^{kés} \leq 14,7 \text{ A}$	$7,67 \text{ A} \leq I_{be}^{kés} \leq 8,1 \text{ A}$

14.6.4. Függetlenül késleltetett túláramvédelem

Kidolgozott példa:

Adott az alábbi hálózat, a következő jellemzőkkel: Az AB vezetéken $S_n = 6 \text{ MVA}$ névleges teljesítmény folyhat. A biztonsági tényező $x_v = 0,4 \Omega/\text{km}$, $\varepsilon = 20\%$, $C_f / C_e = 1,5$, $\Delta t_{BC} = 0,5 \text{ s}$. Az egyik transzformátort csak tartaléktranszformátorként használjuk! Határozzuk meg a „V”-vel jelölt védelem áramának beállítási értékét!



Megoldás:

A túláramvédelem kioldóáramát úgy kell megválasztani, hogy az, a mögötte levő hálózaton előforduló legkisebb zárlati áramra is kioldást adjon, de ne szólaljon meg az üzemi áramok esetén. A beállítás feltétele:

$$\frac{C_f}{C_e} \frac{I_{\text{ümax}}}{1 - \varepsilon} \leq I_{\text{be}} \leq \frac{I_{\text{min}}}{1 + \varepsilon}$$

$$\text{Az üzemi áram: } I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{6 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 173,4 \text{ A}$$

$$I_{\text{ümax}} = 1,2 \cdot I_n = 173,4 \cdot 1,2 = 208,08 \text{ A}$$

Meghatározzuk a hálózati elemek helyettesítő reaktanciáit:

$$\text{A minimális mögöttes reaktancia: } X_{m \min} = \frac{U_{sz}^2}{S_{z \min}} = \frac{20^2}{2000} = 0,2 \Omega$$

$$\text{Egy transzformátor reaktanciája: } X_{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_{sz}^2}{S_{nTr}} = \frac{9,5}{100} \cdot \frac{20^2}{30} = 1,26 \Omega$$

$$\text{A vezetékek: } X_{AB} = 21 \cdot 0,4 = 8,4 \Omega \quad X_{BC} = 17 \cdot 0,4 = 6,8 \Omega \quad X_{BD} = 13 \cdot 0,4 = 5,2 \Omega$$

A legkisebb zárlati áram a „C” gyűjtősín zárlatakor keletkezik:

$$I_{zC \min}^{2F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{U_{sz}}{\sqrt{3}(Z_M + z \cdot l)} = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}(9,86 + 0,4 \cdot 17)} = 0,6 \text{ kA} \rightarrow I_{zC \min}^{2F} = 600 \text{ A}$$

Így a beállítás: $1,5 \frac{208,08}{0,8} \leq I_{be} \leq \frac{600}{1,2} \rightarrow 390 \leq I_{be} \leq 500$ válasszunk 400A-t, ha az

áramváltó áttétele 200/5A, akkor a szekunder oldali $I_{besz} = 400 \cdot \frac{5}{200} = 10A$.

A késleltetést a „C” sín védelemhez képest egy időlépcsővel (0,3s) növeljük: $\Delta t_s = 0,5 + 0,3 = 0,8$ s.

E védelmi mód hibája, hogy nagyszámú hálózati tagolás esetén a sok védelmi időlépcső miatt ($\Delta t = 0,2 \dots 0,5$ s) jelentős késleltetési idők adódnak, ami a táppont közelében fellépő zárlatoknál érvényesül, holott a legnagyobb rombolás zárlat esetén itt következhet be. Emiatt a védelem beállítását gyors fokozattal kell kiegészíteni. A „V” jelzett védelem alapvédelme a „B” sínig tart-
eddig hárít, Y és Z utáni zárlatokra csak fedővédelemként működhet.

A gyors fokozat kioldó áramát úgy kell megválasztani, hogy az a „B” sínen bekövetkező maximális (3F) zárlati áramra ne adjon kioldást (áramszelektivitás: arról az „Y” védelem gondoskodik):

$$I_{be} \gg \frac{I_{zB,max}^{3F}}{(1 - \varepsilon)}$$

A gyors fokozat beállításának meghatározása a maximális zárlati áramot adó állapotban:

A maximális mögöttes reaktancia: $X_{m,max} = \frac{U_{sz}^2}{S_{z,max}} = \frac{20^2}{3000} = 0,13\Omega$

Mindkét transzformátor bekapcsolva: $X_{TR} = X_{TR1} \otimes X_{TR2} = 1,26 \otimes 1,26 = 0,63\Omega$

A maximális zárlati áram a „B” sín 3F zárlata esetén adódik:

$$I_{zB}^{3F} = \frac{U_n}{\sqrt{3}X_{eB}} = \frac{20kV}{\sqrt{3}(Z_M + z \cdot l)} = \frac{20}{\sqrt{3}(0,76 + 0,4 \cdot 21)} = 1,28kA \rightarrow 1280A$$

Az áram beállítás: $I_{be} \geq \frac{I_{B,max}}{(1 - \varepsilon)} = \frac{1280}{1 - 0,2} = 1600A$, válasszunk 1620A-t!

A gyorsfokozat késleltetés nélkül, önidővel működik: $\Delta t_{s>} = 0,2$ s

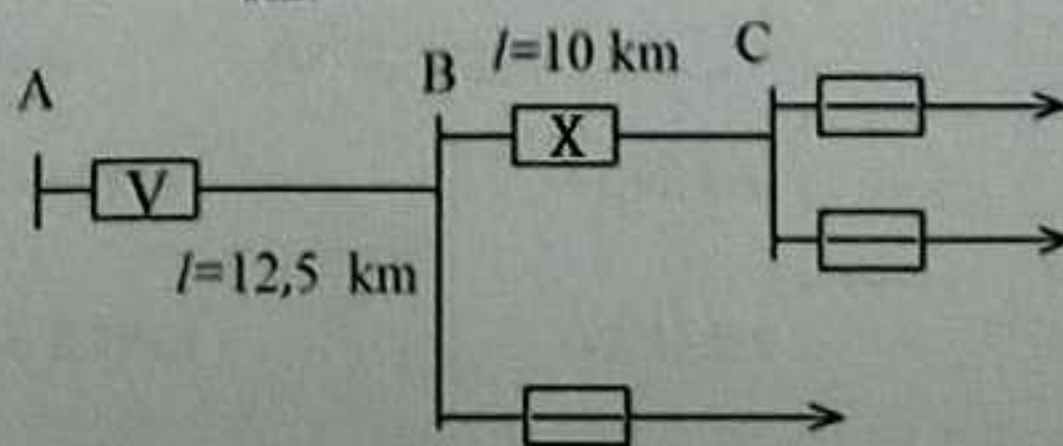
Feladatok:

1. Feladat:

Határozza meg az alábbi hálózat „V” védelmének védelmi funkcióit és azok beállítási értékeit! $U_n = 20kV$, $C_f / C_e = 1,4$, $x_k = 0,3\Omega/km$, $\varepsilon = 5\%$, az AB szakasz üzemi árama $I_n = 150A$, megengedhető legnagyobb terhelő árama $I_{\theta,max} = 450A$.

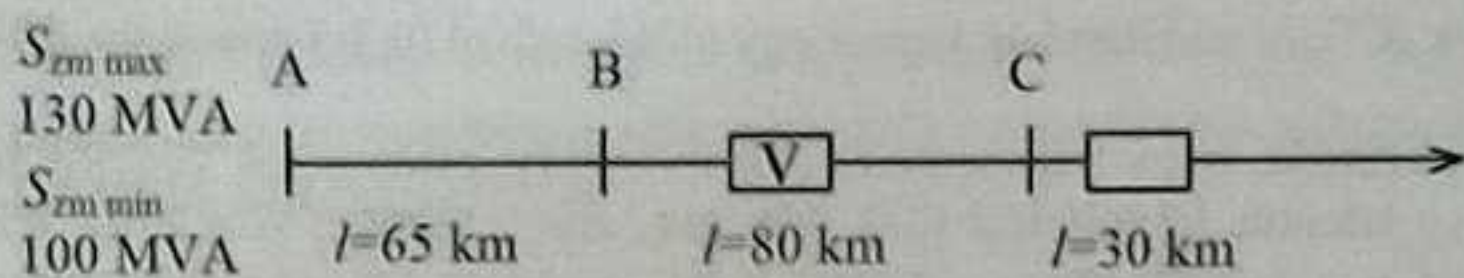
$$S_{zm,max} = 400 \text{ MVA}$$

$$S_{zm,min} = 240 \text{ MVA}$$



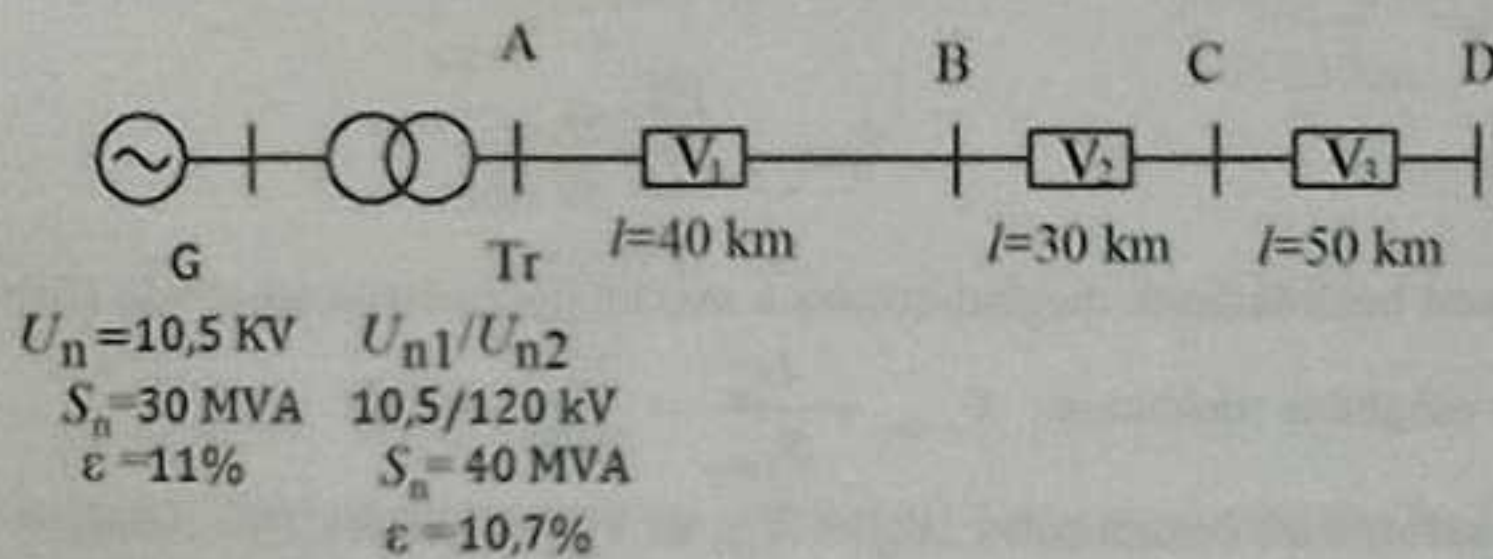
2. Feladat:

Az ábra alapján határozza meg a védelem mértékadó beállítási áramait, ha a C szakasz védelmének önideje $\Delta t_{>} = 0.3$ s, a BC szakasz gyorsfokozatának önideje $\Delta t_{>>} = 0.2$ s, az $\varepsilon = 14\%$, $C_f / C_e = 1.3$, $U_n = 20$ kV, az AB vezetéken $S_n = 2$ MVA folyhat, a szabadvezeték reaktanciája: $x_v = 0.4 \Omega / \text{km}$!



3. Feladat:

Számítsa ki a következő adatokkal jellemzett hálózatban a „V1” jelzésű védelem beállítási értékeit, ha mindegyik védelem önideje $\Delta t_{>>} = 0.2$ s, $x_v = 0.38 \Omega / \text{km}$, $S_n = 20$ MVA, $C_f / C_e = 1.2$, $\varepsilon = 18\%$!



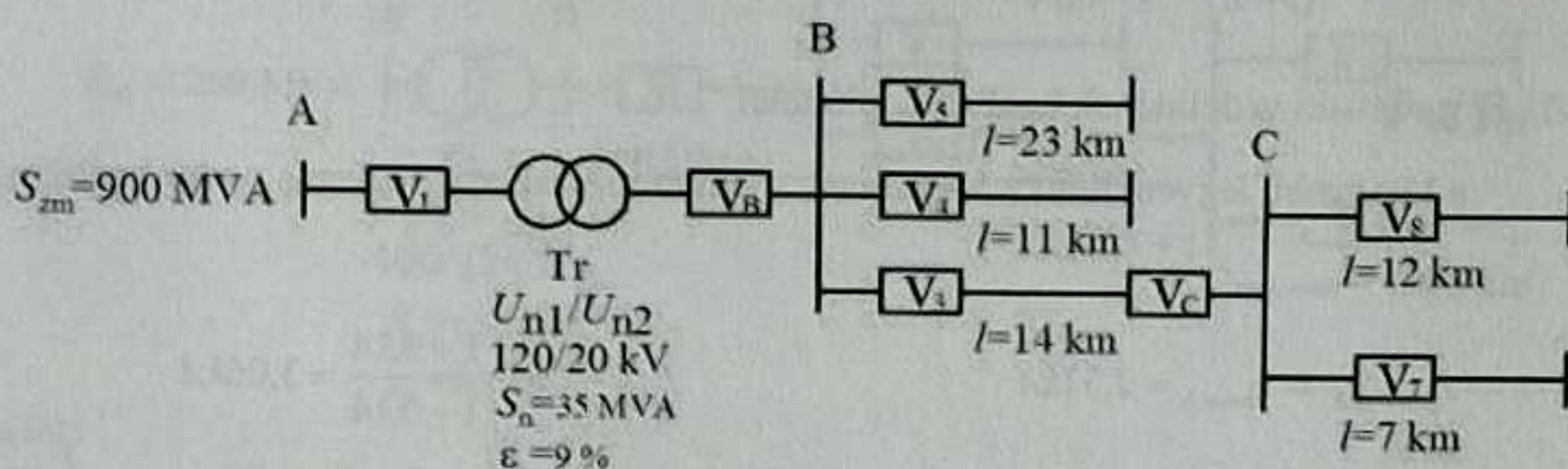
Eredmények:

1. Feladat:	2. Feladat:	3. Feladat:
$I_{zB,max}^{3F} = 2.43$ kA	$I_{zC,max}^{3F} = 186$ A	$I_{zB,max}^{3F} = 650$ A
$I_{be\gg} \geq 2.56$ kA	$I_{be\gg} \geq 216$ A	$I_{be\gg} \geq 793$ A
$I_{zC,min}^{2F} = 1.19$ kA	$I_{umax} = 69.2$ A	$I_{umax} = 115$ A
$663 \text{ A} < I_{be} < 1.13$ kA	$I_{zC,min}^{2F} = 137$ A	$I_{zD,min}^{2F} = 508$ A
	$104.6 < I_{be} < 120$ A	$169 \text{ A} < I_{be} < 431$ A
	$\Delta t_{>} = 0.5$ s	$\Delta t_{>V1} = 0.6$ s

14.6.5. Áramszelektív túláramvédelem

Kidolgozott példa:

Számítsuk ki a „B” és „C” jelű gyűjtősínek védelmének beállítási áramát, ha a biztonsági tényező 14% és a vezetékek reaktanciáját $0,4 \Omega/km$ -el vesszük figyelembe.



Megoldás:

A gyűjtősínekre csatlakozó leágazások gyorsfokozatának beállítási áramainak számításához a helyettesítő reaktanciák értékei:

$$X_m = \frac{U_{sz}^2}{S_{zm}} = \frac{20^2}{900} = 0,44 \Omega$$

$$X_{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_{sz}^2}{S_{nTR}} = \frac{9}{100} \cdot \frac{20^2}{35} = 1,02 \Omega$$

$$X_{Vezeték3} = x_v \cdot l_v = 0,4 \cdot 14 = 5,6 \Omega$$

$$X_{V4} = 11 \cdot 0,4 = 4,4 \Omega$$

$$X_{V5} = 23 \cdot 0,4 = 9,2 \Omega$$

$$X_{V7} = 7 \cdot 0,4 = 2,8 \Omega$$

$$X_{V8} = 12 \cdot 0,4 = 4,8 \Omega$$

A beállításhoz szükséges legnagyobb zárlati áramok meghatározása (3F):

$$I_{z3}^{3F} = \frac{U_n}{\sqrt{3}X_{e3}} = \frac{20kV}{\sqrt{3}(X_m + X_{TR} + X_{V3})} = \frac{20}{\sqrt{3}(0,44 + 1,02 + 5,6)} = 1,63kA$$

$$I_{z4}^{3F} = \frac{U_n}{\sqrt{3}X_{e4}} = \frac{20kV}{\sqrt{3}(X_m + X_{TR} + X_{V4})} = \frac{20}{\sqrt{3}(0,44 + 1,02 + 4,4)} = 1,97kA$$

$$I_{z5}^{3F} = \frac{U_n}{\sqrt{3}X_{e5}} = \frac{20kV}{\sqrt{3}(X_m + X_{TR} + X_{V5})} = \frac{20}{\sqrt{3}(0,44 + 1,02 + 9,2)} = 1,08kA$$

$$I_{z7}^{3F} = \frac{U_n}{\sqrt{3}X_{e7}} = \frac{20kV}{\sqrt{3}(X_m + X_{TR} + X_{V3} + X_{V7})} = \frac{20}{\sqrt{3}(0,44 + 1,02 + 5,6 + 2,8)} = 1,17kA$$

$$I_{z8}^{3F} = \frac{U_n}{\sqrt{3}X_{e8}} = \frac{20kV}{\sqrt{3}(X_m + X_{TR} + X_{V3} + X_{V8})} = \frac{20}{\sqrt{3}(0,44 + 1,02 + 5,6 + 4,8)} = 0,97kA$$

A gyorsfokozatok beállítási áramai:

Az I_{be} legyen:

$$I_{be>>3} \geq \frac{I_{z3}^{3F}}{(1-\varepsilon)} = \frac{1,63}{1-0,14} = 1,89kA \quad \rightarrow 1,92kA$$

$$I_{be>>4} \geq \frac{I_{z4}^{3F}}{(1-\varepsilon)} = \frac{1,97}{1-0,14} = 2,29kA \quad \rightarrow 2,31kA$$

$$I_{be>>,5} \geq \frac{I_{z5}^{3F}}{(1-\varepsilon)} = \frac{1,08}{1-0,14} = 1,25kA \quad \rightarrow 1,3kA$$

$$I_{be>>,7} \geq \frac{I_{z7}^{3F}}{(1-\varepsilon)} = \frac{1,17}{1-0,14} = 1,36kA \quad \rightarrow 1,4kA$$

$$I_{be>>,8} \geq \frac{I_{z8}^{3F}}{(1-\varepsilon)} = \frac{0,97}{1-0,14} = 1,12kA \quad \rightarrow 1,15kA$$

A „B” gyűjtősin védelmének beállítási feltételei:

a) nagyobb legyen, mint a leágazások gyorsfokozatai közül a legnagyobb beállítási áram:

$$I_{beB} > I_{be>>,max} \cdot \frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}$$

$$I_{be>>,max} = I_{be>>4} = 2,31kA \quad I_{beB} > 2,31 \cdot \frac{1+0,14}{1-0,14} = 3,06kA$$

b) kisebb legyen, mint a B sinen fellépő minimális zárlati áram értéke: $I_{beB} < \frac{I_{zBmin}}{1+\varepsilon}$

$$I_{zBmin} = I_{zB}^{2F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{U_{sz}}{\sqrt{3}(X_m + X_{TR})} = \frac{20kV}{2 \cdot 1,46} = 6,85kA$$

$$I_{beB} < \frac{6,85}{1+0,14} = 6kA$$

Beállítás: $3,06kA < I_{beB} < 6kA$ válasszuk $I_{beB} = 4kA!$

A „C” gyűjtősin védelmének beállítása:

a) nagyobb legyen, mint a leágazások gyorsfokozatai közül a legnagyobb beállítási áram:

$$I_{beC} > I_{be>>,max} \cdot \frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}$$

$$I_{be>>,y,max} = I_{be>>7} = 1,4kA \quad I_{beC} > 1,4 \cdot \frac{1+0,14}{1-0,14} = 1,85kA$$

b) kisebb legyen, mint a C sinen fellépő minimális zárlati áram értéke:

$$I_{beC} < \frac{I_{zCmin}}{1+\varepsilon}$$

$$I_{zCmin} = I_{zC}^{2F} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{U_{sz}}{\sqrt{3}(X_m + X_{TR} + X_{V3})} = \frac{20kV}{2 \cdot (1,46 + 5,6)} = 1,41kA$$

$$I_{beC} < \frac{1,41}{1+0,14} = 1,24kA$$

Beállítás: $1,85kA < I_{beC} < 1,24kA$ ← ellentmondás, ezért a 7 és 8 szakaszra impedancia érzékelésen alapuló védelmet kell választani és akkor $I_{beC} = 1,24kA$ lehet.

Feladatok:

1. Feladat:
Határozza r
 $x_1 = 0,38\Omega$

2. Feladat:
Számítsa ki
 $x_1 = 0,4\Omega$
védelemmel

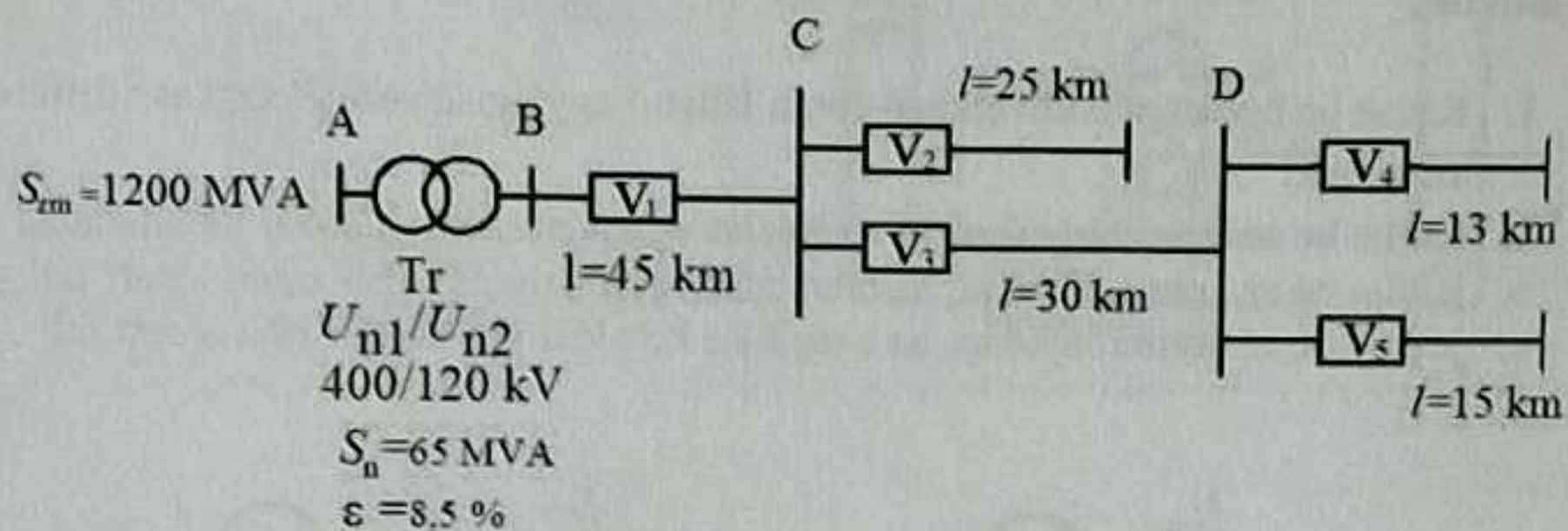
3. Feladat:
Az ábra al
 $x_1 = 0,36\Omega$

Eredményel
1. feladat:
C sín:
1,96 kA < I
D sín:
1,77 kA < I
A 25, 30, 13
szakaszra.

Feladatok:

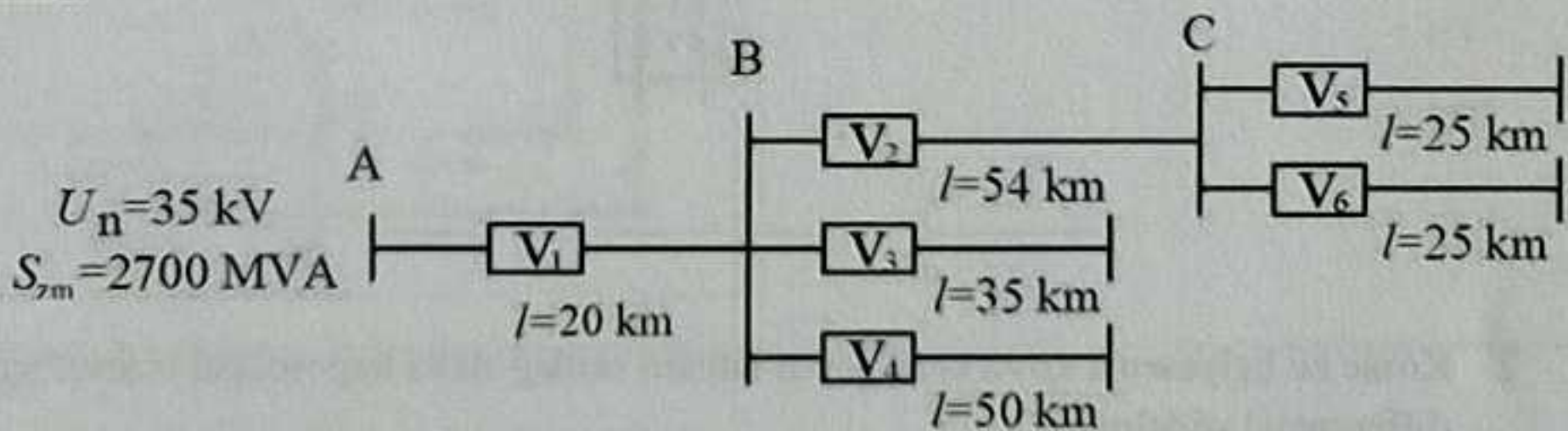
1. Feladat:

Határozza meg a „C” és „D” gyűjtősín védelmének beállítási áramát, ha a vezetékek reaktanciája $x_v = 0,38\Omega/km$, $\varepsilon = 16\%$! Mely szakaszokat szükséges impedancia védelemmel ellátni?



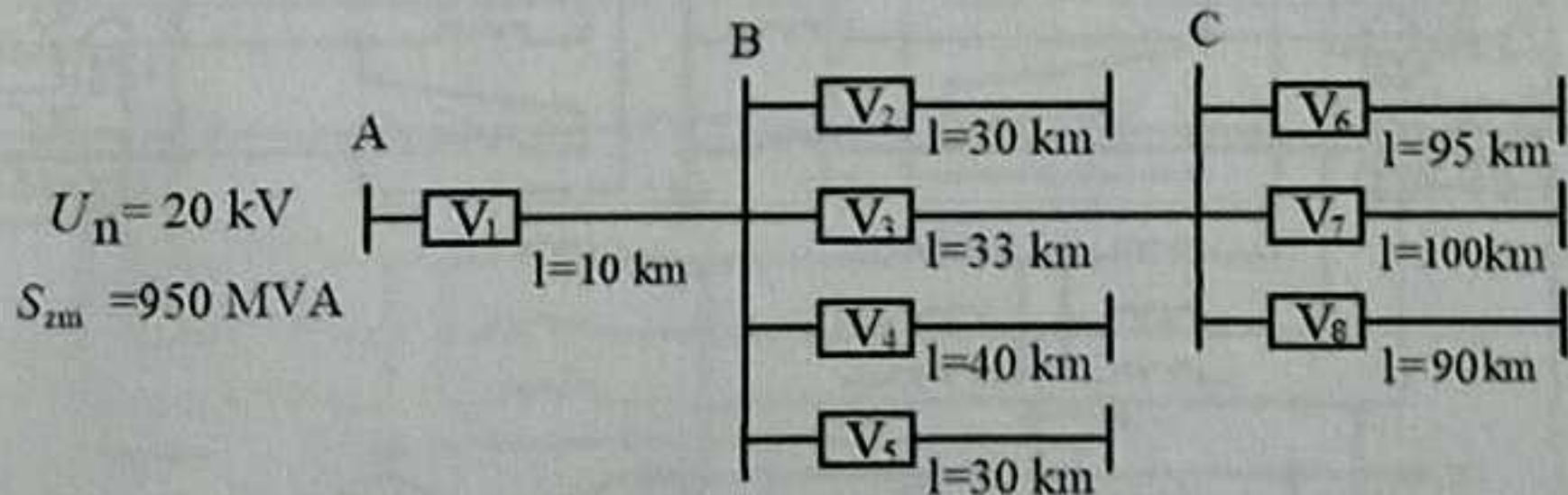
2. Feladat:

Számítsa ki az „C” jelű sín védelmének beállítási áramát 11%-os biztonsági tényező és $x_v = 0,4\Omega/km$ figyelembevételével! Megvalósítható-e a gyűjtősín védelme csak áramszelektív védelemmel?



3. Feladat:

Az ábra alapján adja meg a „B” és „C” gyűjtősín védelmének beállítási áramát, ha $x_v = 0,36\Omega/km$, $\varepsilon = 20\%$!



Eredmények:

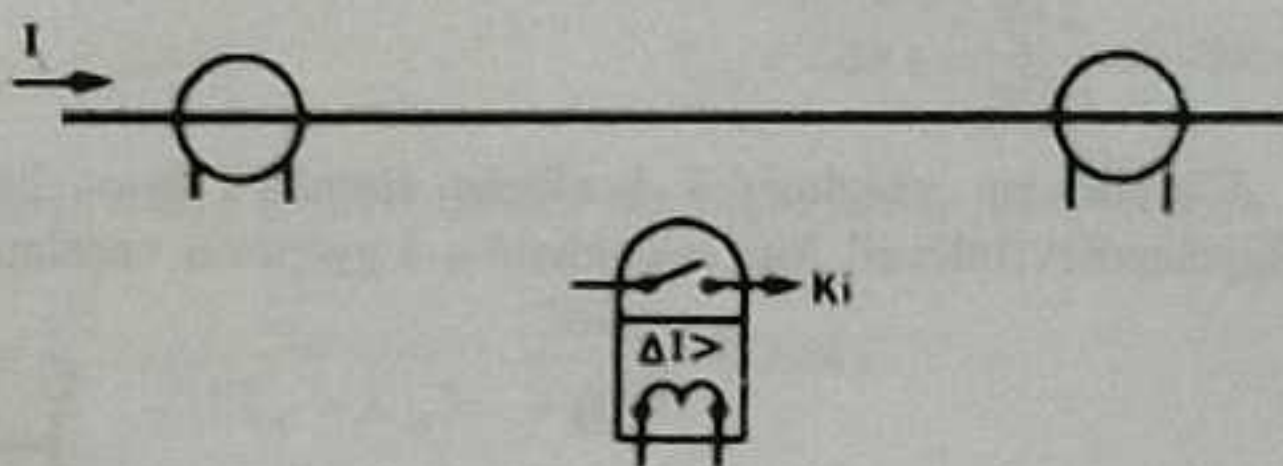
1. feladat:	2. feladat:	3. feladat:
C sín: $1,96 \text{ kA} < I_{be,C} < 1,677 \text{ kA}$	$708 \text{ A} < I_{be,C} < 525 \text{ A}$	B sín: $1,47 \text{ kA} < I_{be,B} < 2 \text{ kA}$
D sín: $1,77 \text{ kA} < I_{be,D} < 1,08 \text{ kA}$	Nem valósítható meg.	C sín: $450 \text{ A} < I_{be,C} < 524 \text{ A}$
A 25, 30, 13,15 km-es szakaszra.		

14.7 . KÜLÖNBÖZETI ELVŰ VÉDELMEK

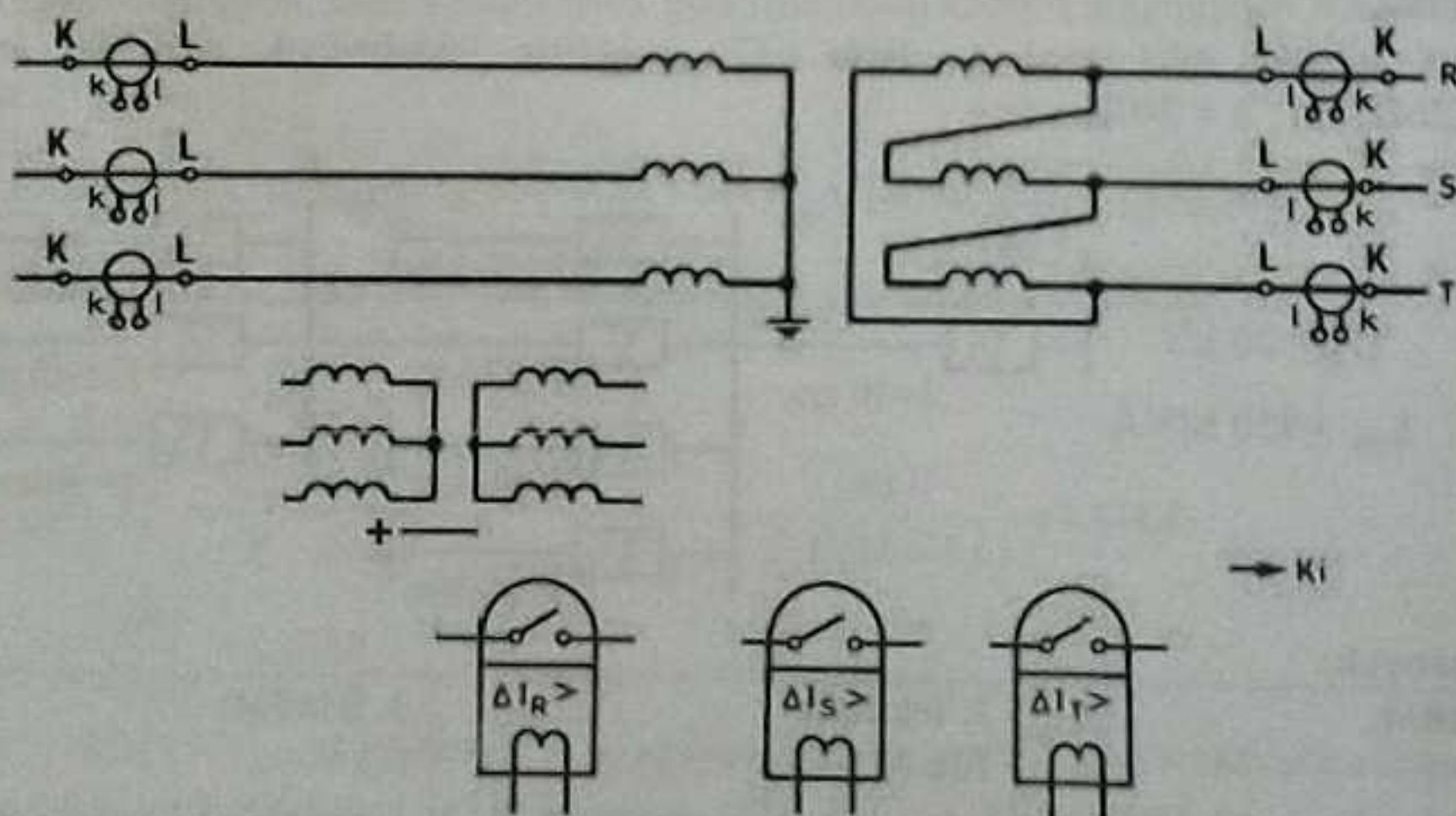
14.7.1. Differenciál védelem bekötése, áramirányok meghatározása

Feladatok

- Kösse be helyesen a következő ábrán látható egyfázisú vezetékszakasz differenciál védelmét!
 - jelölje be az áramirányokat, ha a táplálás egyoldalú, és a hálózat hibamentes!
 - jelölje be az áramirányokat, ha a táplálás egyoldalú és belső zárlat lépett fel!
 - jelölje be az áramirányokat, ha a táplálás kétoldalú és belső zárlat lépett fel!

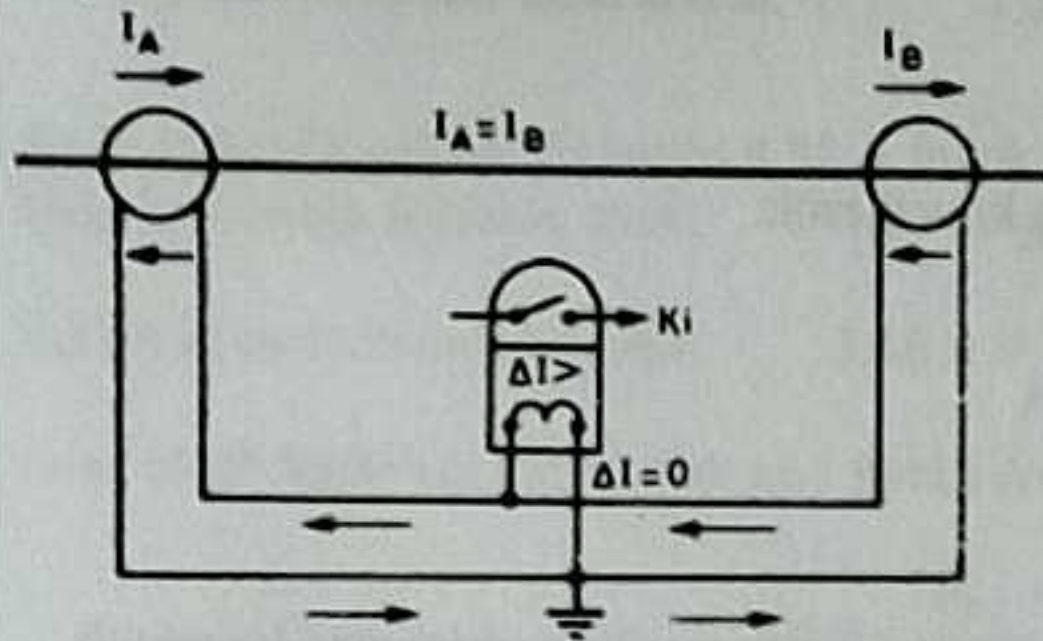


- Kösse be helyesen a következő ábrán látható csillag-delta kapcsolású transzformátor differenciál védelmét!

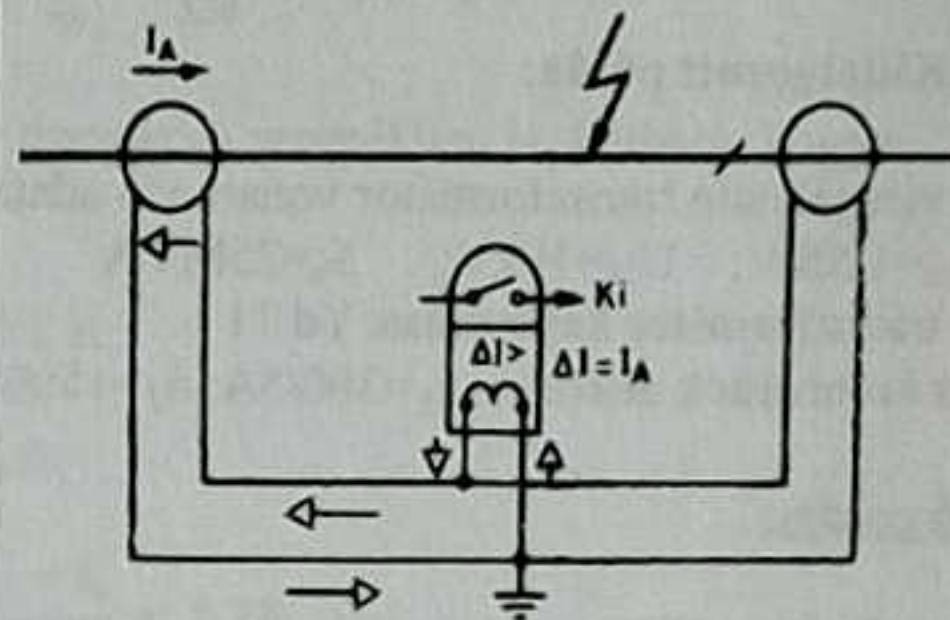


Eredmények:

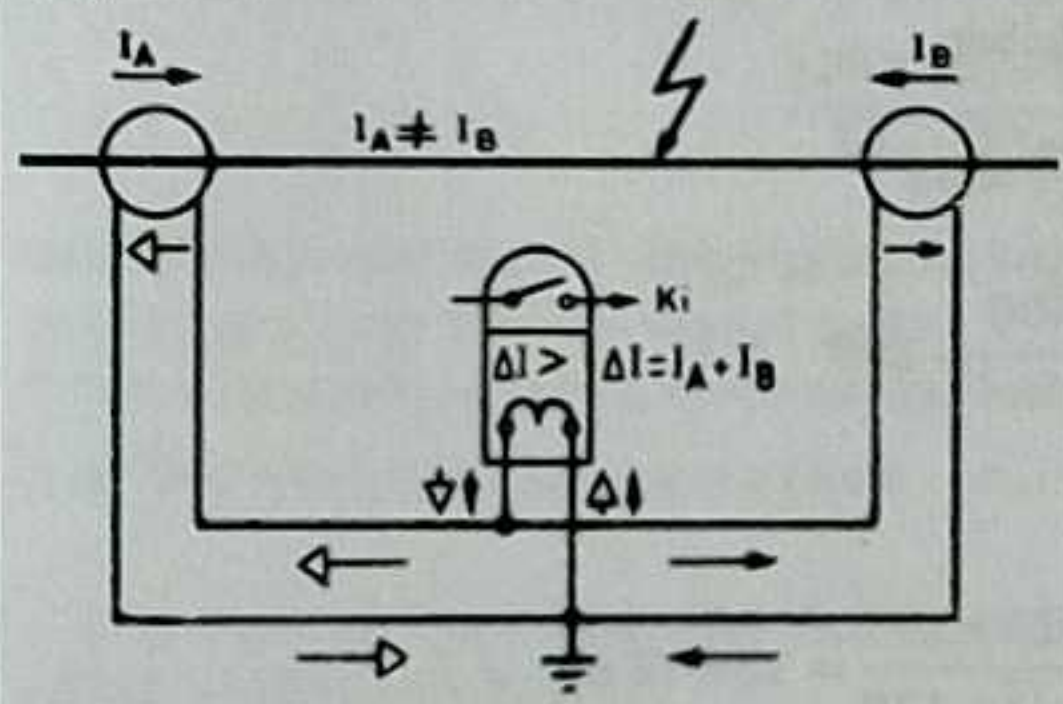
1.a, feladat:



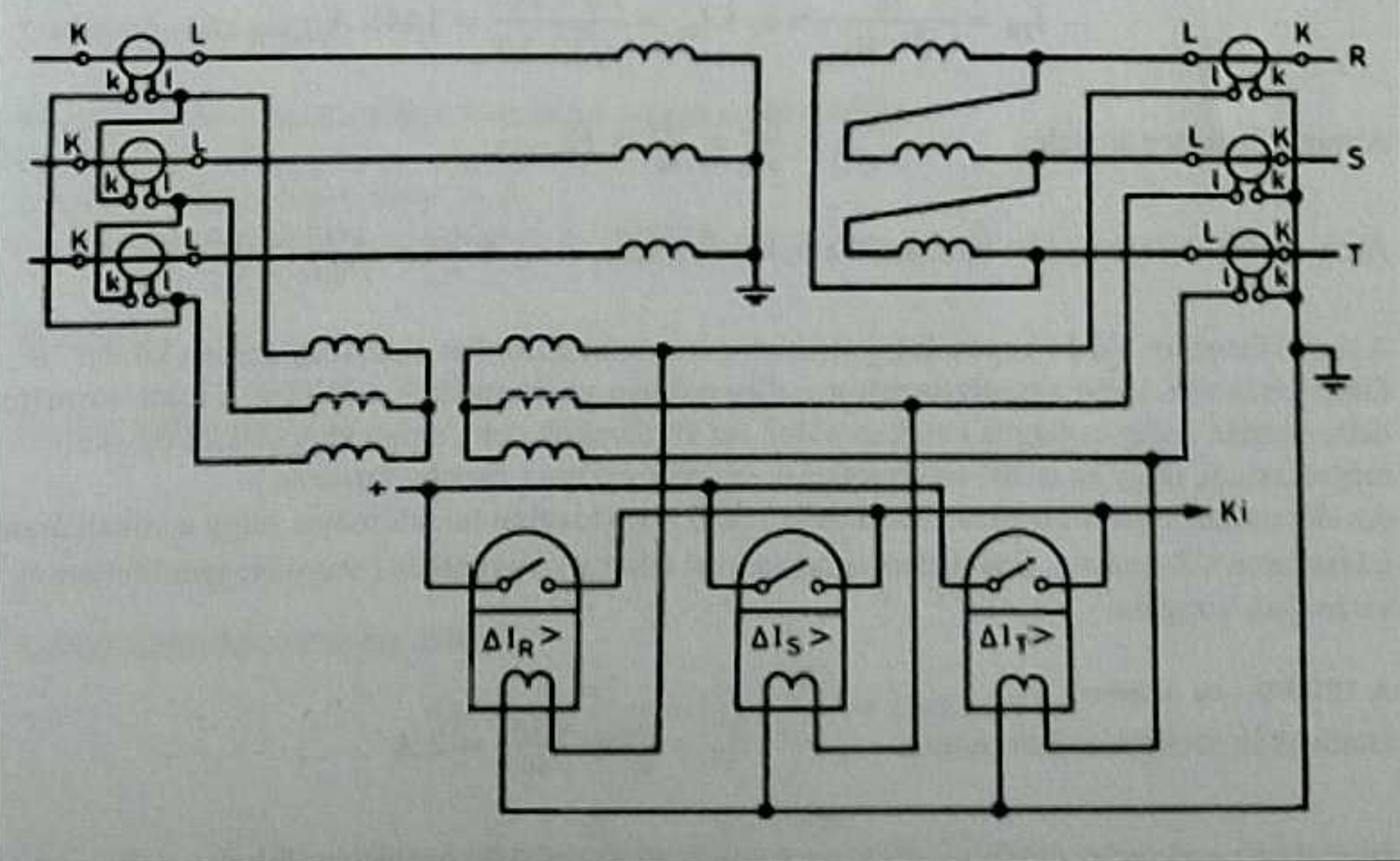
1.b, feladat:



1.c, feladat:



2.feladat:



14.7.2. Közbenső áramváltó számítása

1. Kidolgozott példa:

A vizsgálandó transzformátor vonatkozó adatai a következők:

$$U_{1n}=120\text{kV}; U_{2n}=10\text{kV}; S_n=25\text{MVA}$$

A transzformátor kapcsolása: Yd 11

Az áramváltók áttételei: $\dot{a}_1=300/5\text{A}$; $\dot{a}_2=1500/5\text{A}$

Megoldás:

A számítás célja annak megállapítása, hogy szükséges-e az áramváltók szekunder összekötő vezetőibe közbenső áramváltót alkalmazni vagy nem, s ha igen, milyen áttételű legyen a közbenső áramváltó a kiegyenlítés elérése érdekében.

Az áramváltók áttételei:

$$\dot{a}_1 = \frac{300}{5} = 60$$

$$\dot{a}_2 = \frac{1500}{5} = 300$$

A transzformátor névleges áramai:

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_{1n}} = \frac{25 * 10^3}{\sqrt{3} * 120} = 120,42 \text{ A}$$

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_{2n}} = \dot{a}_t * I_{1n} = \frac{25 * 10^3}{\sqrt{3} * 10} = 1445 \text{ A}$$

A transzformátor áttétele:

$$\dot{a}_t = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{120}{10} = 12$$

Az \dot{a}_t az áramviszonyokból is számítható, közelítően: $\dot{a}_t \cong \frac{I_{2n}}{I_{1n}} = \frac{1445}{120,42} \cong 12$

A transzformátor Yd 11 kapcsolási jele miatt a transzformátor két oldalának áramai között 30° fáziseltérés van. Ezért a transzformátor csillag oldalán az áramváltókat deltába, a transzformátor delta oldalán pedig csillagba kell kapcsolni. Az áramváltók delta oldali kapcsolását úgy kell megválsztani, hogy ez is 30° -os elforgatást eredményezzen (fázisba forgatás).

Az előtanulmányokból ismeretesen a delta tekercselés további tulajdonsága, hogy a vonali áram a fázisáram $\sqrt{3}$ -szorosa. Ezekkel az ismeretekkel lehet a kiegyenlítés (vagy kiegyenlítetlenség) viszonyait vizsgálni.

A 120 kV -os oldalon:

áramváltók szekunder fázis árama:

$$i_{1n} = \frac{I_{1n}}{\dot{a}_1} = \frac{120,42}{60} = 2 \text{ A}$$

áramváltók szekunder oldali vonali árama, amely az összekötő vezetékben folyik a delta kapcsolás miatt:

$$i'_{1n} = \sqrt{3} * i_{1n} = \sqrt{3} * 2 = 3,46 \text{ A}$$

A 10 kV-os oldalon:

áramváltók szekunder fázis árama: $i_{2n} = \frac{I_{2n}}{a_2} = \frac{1445}{300} = 4,82 \text{ A}$

Az Y kapcsolásnak megfelelően 4,82 A folyik az összekötő vezetékben is. Látható, hogy a kiegyenlítetttség feltétele, azaz: $i'_{1n} = i'_{2n}$

Ebben az esetben nem teljesül: $3,46 \text{ A} \neq 4,82 \text{ A}$

és az eredő áttételnél törekszünk az 1 körüli értékre:

$$0,8 \leq \frac{U_{n1} * a_1 * a_t}{U_{n2} * a_2 * a_t} \leq 1,25$$

$$\frac{120 * 60 / \sqrt{3} * 12}{10 * 300 * 12} = 1,385$$

ami láthatóan nem teljesül. (megjegyzendő, hogy a primer oldali áramváltók delta kapcsolása miatt a primer áttételt $\sqrt{3}$ -al osztani kell!)

Tehát, a kiegyenlítés érdekében illesztő közbenső áramváltót kell az összekötő vezetékbe

beépíteni, amelynek a szükséges áttétele: $a_k = \frac{\sqrt{3} * i_{1n}}{i_{2n}} = \frac{3,46}{4,82} \approx \frac{3,5}{5} = 0,7$

A beépítendő közbenső áramváltó tehát egyrészt különleges áttételű, másrészt tekercskapcsolása csillag – csillag kell legyen.

2. Kidolgozott példa:

A vizsgálandó transzformátor vonatkozó adatai a következők:

$U_{1n}=120\text{kV}$; $U_{2n}=20\text{kV}$; $S_n=25\text{MVA}$

A transzformátor kapcsolása: Yy 6

Az áramváltók áttételei: $a_1=300/5\text{A}$; $a_2=800/5\text{A}$

Megoldás:

Az áramváltók áttételei: $a_1 = \frac{150}{5} = 30$

$$a_2 = \frac{800}{5} = 160$$

A transzformátor névleges áramai:

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_{1n}} = \frac{25 * 10^3}{\sqrt{3} * 120} = 120,42 \text{ A}$$

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_{2n}} = \frac{25 * 10^3}{\sqrt{3} * 20} = 721,7 \text{ A}$$

A transzformátor áttétele: $\dot{a}_t = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{120}{20} = 6$

Az \dot{a}_t az áramviszonyokból is számítható, közelítően: $\dot{a}_t \cong \frac{I_{2n}}{I_{1n}} = \frac{721,7}{120,42} \cong 6$

A 120 kV-os oldalon:

áramváltók szekunder fázis árama: $i_{1n} = \frac{I_{1n}}{\dot{a}_1} = \frac{120,42}{30} = 4 \text{ A}$

A 10 kV-os oldalon:

áramváltók szekunder fázis árama: $i_{2n} = \frac{I_{2n}}{\dot{a}_2} = \frac{721,7}{160} = 4,51 \text{ A}$

Az Y kapcsolásnak megfelelően 4,51 A folyik az összekötő vezetékben is. Látható, hogy a kiegyenlítettség feltétele, azaz: $i'_{1n} = i'_{2n}$

Ebben az esetben nem teljesül: $4 \text{ A} \neq 4,51 \text{ A}$

de:

$$\frac{4}{4,51} = 0,88$$

$$0,8 \leq 0,88 \leq 1,25$$

és:

$$0,8 \leq \frac{U_{n1} \cdot \dot{a}_1 \cdot \dot{a}_t}{U_{n2} \cdot \dot{a}_2 \cdot \dot{a}_t} \leq 1,25$$

$$0,8 \leq \frac{120 \cdot 30 \cdot 6}{20 \cdot 160 \cdot 6} \leq 1,25$$

$$0,8 \leq \frac{9}{8} = 1,125 \leq 1,25$$

ezért, közbenső áramváltó beépítése nem szükséges.

Feladatok:

1. Feladat: Számítsa ki a

A vizsgálandó
 $U_{1n}=120\text{kV}$; U_{2n}
A transzformátor
Áramváltók áttétele

2. Feladat: Számítsa ki az á

áramváltó, és ha
A vizsgálandó tr
 $U_{1n}=10\text{kV}$; U_{2n}
A transzformátor
Áramváltók áttétele

3. Feladat: Számítsa ki az á

áramváltó, és ha
A vizsgálandó tra
 $U_{1n}=10\text{kV}$; U_{2n}
A transzformátor
Áramváltók áttétele

4. Feladat: Számítsa ki az á

áramváltó, és ha
A vizsgálandó tra
 $U_{1n}=11,5\text{kV}$; U_{2n}
A transzformátor
Áramváltók áttétele

Eredmények:

1. feladat

$$I_{1n} = 120,42 \text{ A}$$

$$I_{2n} = 2291 \text{ A}$$

$$i_{1n} = 3,46 \text{ A}$$

$$i_{2n} = 7,64 \text{ A}$$

$$\dot{a}_t = 2,199$$

közbenső áv

szükséges

$$\dot{a}_t = 0,45$$

Feladatok:

1. Feladat:

Számítsa ki az áttételeket, a névleges áramokat és határozza meg, hogy szükséges-e közbenső áramváltó, és ha igen mekkora áttételű?

A vizsgálandó transzformátor vonatkozó adatai a következők:

$$U_{1n}=120\text{kV}; U_{2n}=6,3\text{kV}; S_n=25\text{MVA}$$

A transzformátor kapcsolása: Yd 11

$$\text{Áramváltók áttételei: } \dot{a}_1=300/5\text{A}; \dot{a}_2=1500/5\text{A}$$

2. Feladat:

Számítsa ki az áttételeket a névleges áramokat és határozza meg, hogy szükséges-e közbenső áramváltó, és ha igen mekkora áttételű?

A vizsgálandó transzformátor vonatkozó adatai a következők:

$$U_{1n}=10\text{ kV}; U_{2n}=0,4\text{ kV}; S_n=0,5\text{ MVA}$$

A transzformátor kapcsolása: Yd 11

$$\text{Áramváltók áttételei: } \dot{a}_1=800/5\text{A}; \dot{a}_2=1500/5\text{A}$$

3. Feladat:

Számítsa ki az áttételeket, a névleges áramokat és határozza meg, hogy szükséges-e közbenső áramváltó, és ha igen mekkora áttételű?

A vizsgálandó transzformátor vonatkozó adatai a következők:

$$U_{1n}=10\text{ kV}; U_{2n}=0,4\text{ kV}; S_n=2,5\text{ MVA}$$

A transzformátor kapcsolása: Yy 6

$$\text{Áramváltók áttételei: } \dot{a}_1=300/5\text{A}; \dot{a}_2=1500/5\text{A}$$

4. Feladat:

Számítsa ki az áttételeket, a névleges áramokat és határozza meg, hogy szükséges-e közbenső áramváltó, és ha igen mekkora áttételű?

A vizsgálandó transzformátor vonatkozó adatai a következők:

$$U_{1n}=11,5\text{ kV}; U_{2n}=6,3\text{ kV}; S_n=16\text{ MVA}$$

A transzformátor kapcsolása: Dd 0

$$\text{Áramváltók áttételei: } \dot{a}_1=800/5\text{A}; \dot{a}_2=1500/5\text{A}$$

Eredmények:

1. feladat	2. feladat	3. feladat	4. feladat
$I_{1n} = 120,42\text{ A}$	$I_{1n} = 28,87\text{ A}$	$I_{1n} = 144,34\text{ A}$	$I_{1n} = 803,27\text{ A}$
$I_{2n} = 2291\text{ A}$	$I_{2n} = 721,68\text{ A}$	$I_{2n} = 3608,44\text{ A}$	$I_{2n} = 1466,28\text{ A}$
$i_{1n} = 3,46\text{ A}$	$i_{1n} = 0,31\text{ A}$	$i_{1n} = 2,4\text{ A}$	$i_{1n} = 5,02\text{ A}$
$i_{2n} = 7,64\text{ A}$	$i_{2n} = 2,4\text{ A}$	$i_{2n} = 12\text{ A}$	$i_{2n} = 4,88\text{ A}$
e. áttétel = 2,199 közbenső áv szükséges $\dot{a}_k = 0,45$	e. áttétel = 7,698 közbenső áv szükséges $\dot{a}_k = 0,13$	e. áttétel = 5 közbenső áv szükséges $\dot{a}_k = 0,2$	e. áttétel = 0,973 közbenső áv nem szükséges

14.7.3. Többágú különözeti kapcsolások

1. Kidolozott példa:

Határozza meg a differenciálvédelem fő- és kiegyenlítő közbenső áramváltók kapcsolását és áramátételét úgy, hogy $I_{pr1}=I_{1n}$ esetén $I_r = 5A$ (a védelem névleges árama) legyen!

Az MSZ EN 60044-1 szabvány alapján az áramváltók névleges primer áramértékei: 10 – 12,5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75 [A] és tízzel való szorzataik lehetnek.

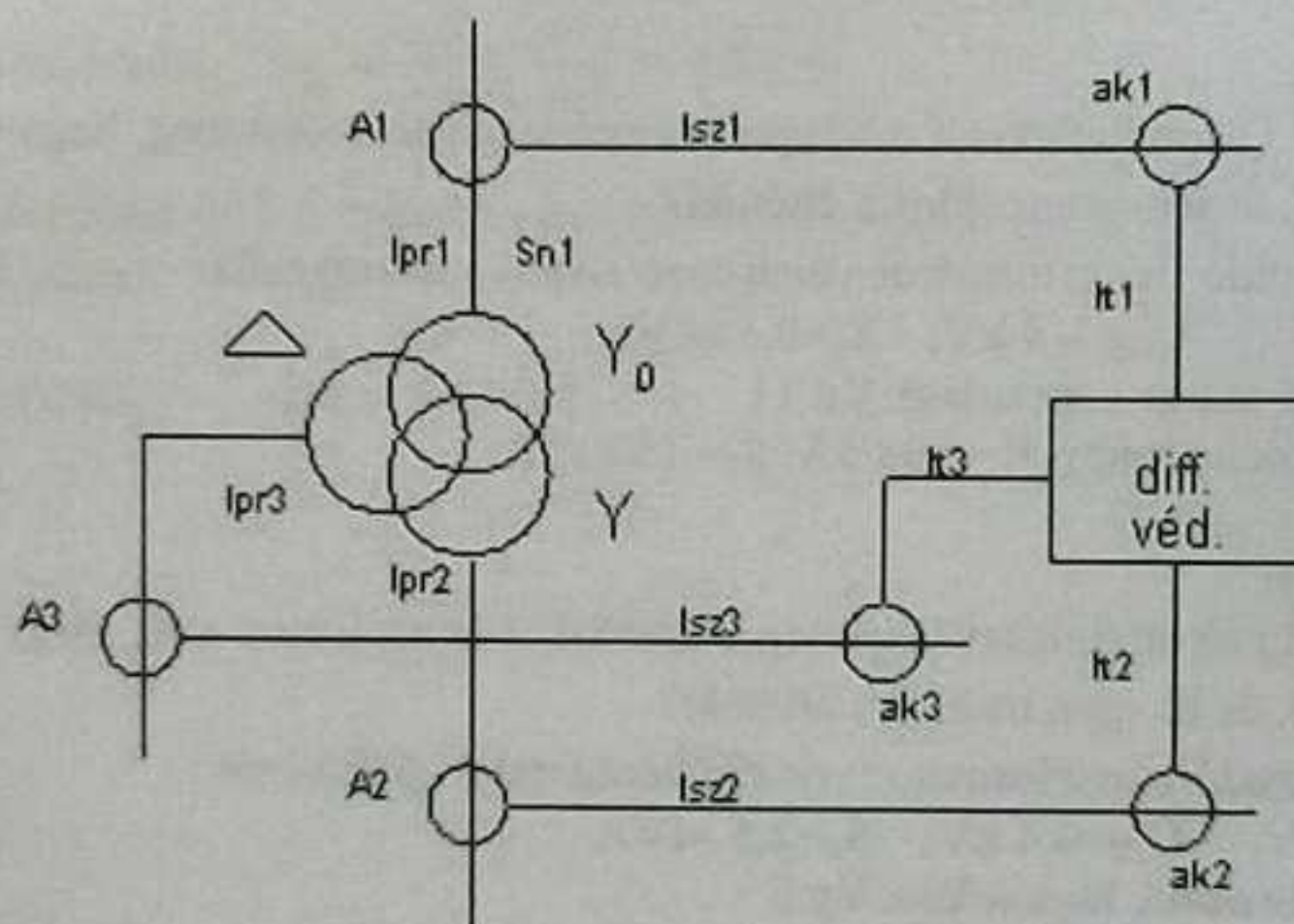
Adatok:

$$S_n = 160/50 \text{ MVA}$$

$$U_{1n} = 220 \text{ kV}$$

$$U_{2n} = 126 \text{ kV}$$

$$U_{3n} = 10,5 \text{ kV}$$



Megoldás:

A transzformátor névleges áramai:

$$I_{pr1} = I_{1n} = \frac{S_{n1}}{\sqrt{3} \cdot U_{1n}} = \frac{160 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 419,89A$$

$$I_{pr2} = I_{2n} = \frac{S_{n1}}{\sqrt{3} \cdot U_{2n}} = I_{pr1} \cdot \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{160 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 126 \cdot 10^3} = 733,14A$$

$$I_{pr3} = I_{3n} = \frac{S_{n2}}{\sqrt{3} \cdot U_{3n}} = \frac{50 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3} = 2749,28A$$

A primer áramoknak megfelelően az y kapcsolású főáramváltók áramátételei rendre:

$$A_1 = \frac{500}{5} = 100$$

$$A_2 = \frac{750}{5} = 150$$

$$A_3 = \frac{3000}{5} = 600$$

Az áramváltók szekunder fázis árama:

$$I_{sz1} = i_{1n} = \frac{I_{1n}}{A_1} = I_{pr1} \frac{5}{500} = \frac{419,89}{100} = 4,19 \text{ A}$$

$$I_{sz2} = i_{2n} = \frac{I_{2n}}{A_2} = I_{pr2} \frac{5}{750} = \frac{733,14}{150} = 4,88 \text{ A}$$

$$I_{sz3} = i_{3n} = \frac{I_{3n}}{A_3} = I_{pr3} \frac{5}{3000} = \frac{2749,28}{600} = 4,58 \text{ A}$$

Az a_{k1} közbenső áramváltó y/d kapcsolású kell legyen, ezért a delta kapcsolás miatt a szekunder áramának $\sqrt{3}$ - szorosát kell venni. Így az áttétele:

$$a_{k1} = \frac{\sqrt{3} * i_{1n}}{5} = \frac{\sqrt{3} * 4,19}{5} = 1,45$$

Az a_{k2} közbenső áramváltó y/d kapcsolású kell legyen, ezért a delta kapcsolás miatt a szekunder áramának $\sqrt{3}$ - szorosát kell venni. Így az áttétele:

$$a_{k2} = \frac{\sqrt{3} * i_{2n}}{5} = \frac{\sqrt{3} * 4,88}{5} = 1,69$$

Az a_{k3} közbenső áramváltó y/y kapcsolású kell legyen, ezért a szekunder áramából közvetlenül számolható a helyes áttétele:

$$a_{k3} = \frac{i_{3n}}{5} = \frac{4,58}{5} = 0,916$$

A közbenső áramváltók helyes beállításával I_{t1} , I_{t2} , I_{t3} rendre 5A lesz.

Feladatok:

1. Feladat:

Határozza meg a differenciálvédelem fő- és kiegyenlítő közbenső áramváltók kapcsolását és áramátételét úgy, hogy $I_{pr1}=I_{1n}$ esetén $I_r=5A$ (a védelem névleges árama) legyen!

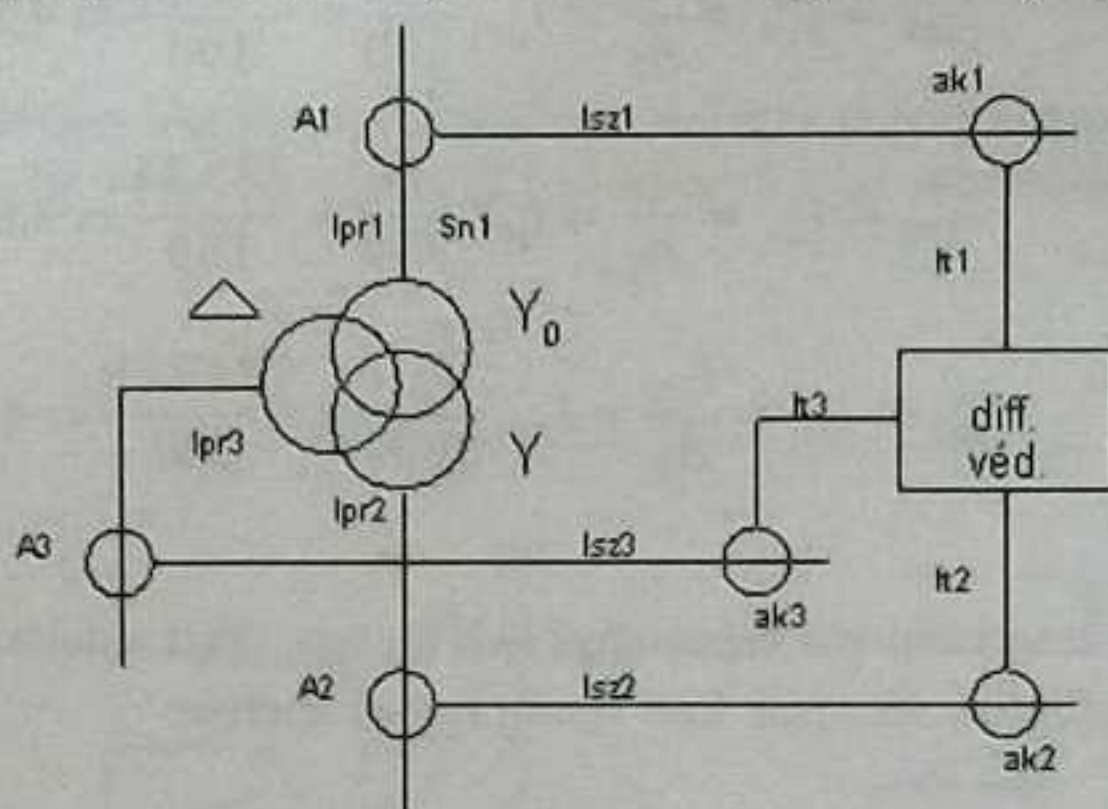
Adatok:

$$S_{n1} = 40 \text{ MVA}$$

$$U_{1n} = 120 \text{ kV}$$

$$U_{2n} = 20 \text{ kV}$$

$$U_{3n} = 35 \text{ kV}$$



2. Feladat:

Határozza meg az előző feladat ábráján látható differenciálvédelem fő- és kiegyenlítő közbenső áramváltók kapcsolását és áramátételét úgy, hogy $I_{pr1}=I_{1n}$ esetén $I_r=5A$ (a védelem névleges árama) legyen!

A transzformátor adatai a következők:

$$U_n: 400 / 220 / 35 \text{ kV}$$

$$S_n: 500 / 75 \text{ MVA}$$

Eredmények:

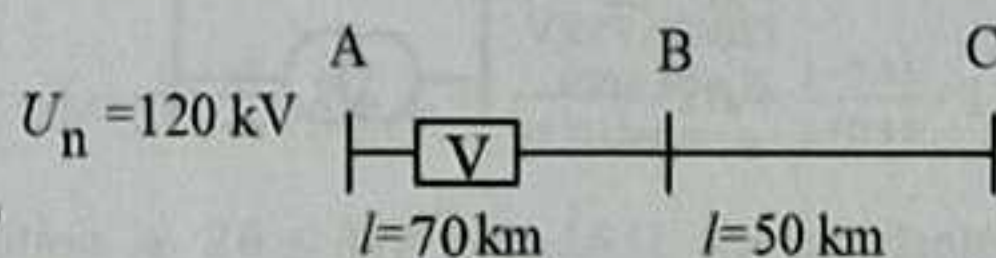
1. Feladat:		2. feladat:	
$I_{pr1} = 192,45 \text{ A}$	$A_1: 200 / 5 \text{ A}$	$I_{pr1} = 721,68 \text{ A}$	$A_1: 750 / 5 \text{ A}$
$I_{pr2} = 1154,7 \text{ A}$	$A_2: 1250 / 5 \text{ A}$	$I_{pr2} = 1312,15 \text{ A}$	$A_2: 1500 / 5 \text{ A}$
$I_{pr3} = 659,8 \text{ A}$	$A_3: 750 / 5 \text{ A}$	$I_{pr3} = 1237,17 \text{ A}$	$A_3: 1250 / 5 \text{ A}$
$I_{sz1} = 4,81 \text{ A}$	$a_{k1}: 1.66$	$I_{sz1} = 4,81 \text{ A}$	$a_{k1}: 1.66$
$I_{sz2} = 4,61 \text{ A}$	$a_{k2}: 1.59$	$I_{sz2} = 4,37 \text{ A}$	$a_{k2}: 1.51$
$I_{sz3} = 4,4 \text{ A}$	$a_{k3}: 0.88$	$I_{sz3} = 4,94 \text{ A}$	$a_{k3}: 0.988$

14.8. IMPEDANCIA MÉRÉSI ELVŰ VÉDELMEK

14.8.2 Távolsági védelmek

1. Kidolgozott példa:

Határozzuk meg az ábrán látható esetben a kétlépcsős távolsági védelem első és második fokozatának beállítási értékeit, ha a bizonytalansági tényező értéke $\varepsilon = 15\%$, és $x_v = 0,4\Omega/km$!



Megoldás:

A távvezeték szakaszok impedanciái: $Z_{AB} = x \cdot l_{AB} = 0,4 \cdot 70 = 28\Omega$.

$$Z_{BC} = x \cdot l_{BC} = 0,4 \cdot 50 = 20\Omega.$$

Az 1. fokozat beállítási áramának meghatározása:

$$Z_{A1} \leq \frac{Z_{AB}}{1 + \varepsilon} = \frac{28}{1 + 0,15} = 24,3\Omega$$

A 2. fokozat beállítási áramának meghatározása:

minimum-feltétel: $Z_{A2} \geq \frac{Z_{AB}}{1 - \varepsilon} = \frac{28}{1 - 0,15} = 32,9\Omega$

maximum-feltétel: $Z_{A2} \leq \frac{Z_{AB}}{1 + \varepsilon} + \frac{1 - \varepsilon}{(1 + \varepsilon)^2} \cdot Z_{BC} = \frac{28}{1 + 0,15} + \frac{1 - 0,15}{(1 + 0,15)^2} \cdot 20 = 24,3 + 12,8 = 37,1\Omega$

A második fokozat értékét, a minimum- és a maximum feltétel közötti értékre kell megválasztani, tehát $32,9\Omega < Z_{A2} < 37,1\Omega$.

Amennyiben itt ellentmondásra jutnánk, a minimum feltétel szerint állítsuk be a második fokozatot, és a késleltetést növeljük meg a duplájára.

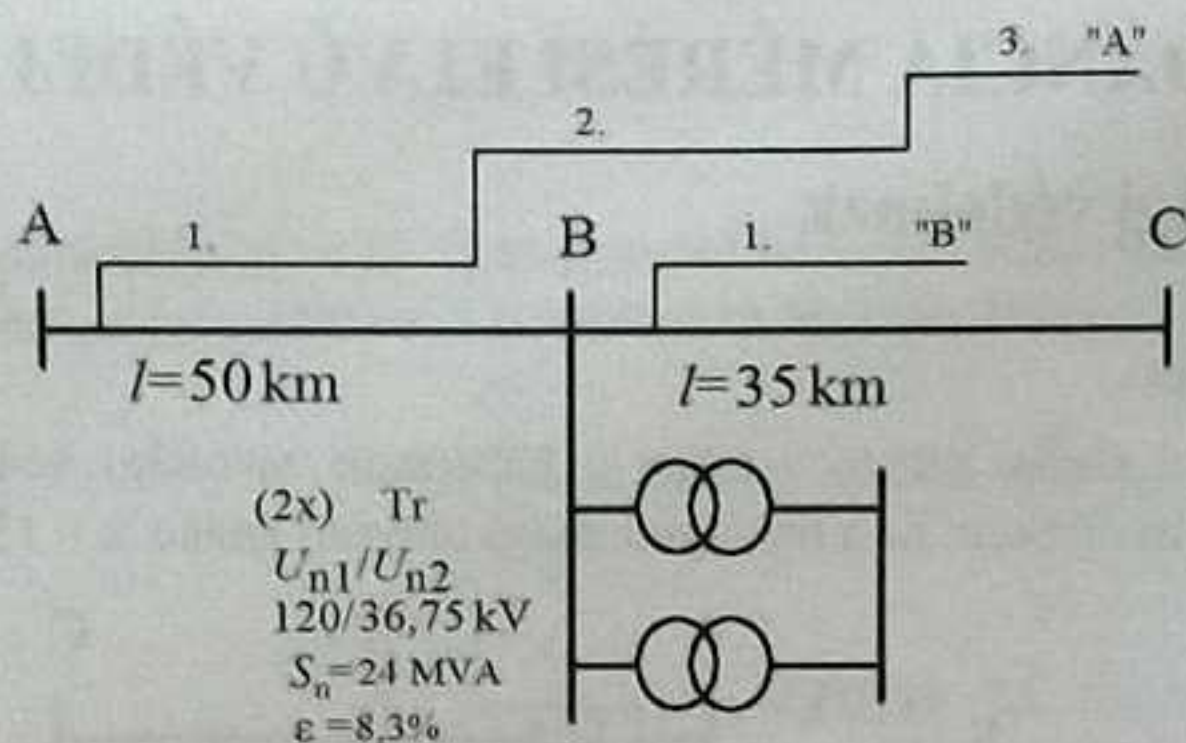
Végezetül legyenek a beállított értékek: $Z_{A1} = 24\Omega$, $t_1 < 0,1\text{ s}$;

$$Z_{A2} = 35\Omega, \quad t_2 = 0,4\text{ s}.$$

2. Kidolgozott példa:

Határozzuk meg az „A” jelű védelem első és második fokozatának beállítását a védelemre vonatkozó szekunder értékben, ha a védelem beállító szervein reaktanciát kell állítani! A védelem beállíthatóságának lépcsői 0,05-os értékűek, a transzformátorokat differenciál védelem védi és a vezetékek fajlagos impedanciája $Z_1 = 0,2 + j0,4\Omega$. A távvezeték távolsági védelmének együttes bizonytalansága $\varepsilon = 0,15$. A védelmet tápláló feszültségváltó áttétele:

$\frac{120000/\sqrt{3}}{100/\sqrt{3}}\text{ V}$, az áramváltóé: $1000/5\text{ A}$.



Megoldás:

Az elemek reaktanciái:

$$X_{AB} = 50 \cdot 0,4 = 20 \, \Omega \quad \text{és} \quad X_{BC} = 35 \cdot 0,4 = 14 \, \Omega$$

$$X_{Tr} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{2 \cdot S_n} = \frac{8,3}{100} \cdot \frac{120^2}{2 \cdot 24} = 24,9 \, \Omega$$

A védelemre érvényes impedancia-áttétel, amellyel a primer impedanciában meghatározott beállítási értéket a védelmen beállítandó szekunder értékre lehet átszámítani:

$$\dot{a}_z = \frac{\dot{a}_u}{\dot{a}_i} = \frac{\frac{120000/\sqrt{3}}{100/\sqrt{3}}}{\frac{1000}{5}} = \frac{1200}{200} = 6$$

A védelem első fokozatának beállítási feltétele: $Z_{A1} \leq \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot Z_{AB}$

képlet alapján: $X_{A1} \leq \frac{1}{1+0,15} \cdot 20 = 17,3 \, \Omega$

így a beállítandó szekunder reaktancia: $x_{A1} \leq \frac{17,3}{6} = 2,88 \, \Omega$

kerekítve a tényleges beállítás (az egyenlőtlenség miatt csak lefelé szabad kerekíteni!):

$$x_{A1 be} = 2,8 \, \Omega$$

A védelem második fokozatának minimum feltétele 1,3-as szorzóval (itt ε értékének magába kell foglalnia a hibahelyi átmeneti ellenállás értékét (ívellenállás stb.) is, ezért az $1/(1-\varepsilon)$ érték helyett – amely $\varepsilon = 0,15$ esetén 1,18-as szorzót ad – gyakran 30%-os túlmérést, azaz 1,3-as szorzót vesznek fel /ez megfelel $\varepsilon = 0,23$ -nak/):

$$Z_{A2} \geq \frac{1}{1-\varepsilon} \cdot Z_{AB}$$

képlet szerint: $X_{A2} \geq \frac{1}{1-\varepsilon} \cdot X_{AB} = \frac{1}{1-0,23} \cdot 20 = 1,3 \cdot 20 = 26 \, \Omega$

A maximumfeltételhez először meg kell állapítani a B sínről leágazó legrövidebb vezeték védelmének alapfokozatát, ez a „B” védelem a BC szakaszon: $Z_{B1 be} = \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot Z_{BC}$

képlet szerint: $X_{B1} \leq \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot X_{BC} = \frac{1}{1,15} \cdot 14 = 12,17 \Omega$

a védelmen ténylegesen beállítandó reaktancia: $x_{B1} = \frac{12,17}{6} = 2,03 \rightarrow x_{B1\ be} = 2 \Omega$

primerre visszszámolva: $X_{B1\ be} = 2 \cdot 6 = 12 \Omega$

Ezután a védelem maximum feltétele: $Z_{A2} \leq \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot Z_{AB} + \frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon} \cdot Z_{B1\ be}$

képlet szerint: $X_{A2} = \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot X_{AB} + \frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon} \cdot X_{B1\ be} = \frac{1}{1+0,15} \cdot 20 + \frac{1-0,15}{1+0,15} \cdot 12 = 26,16 \Omega$

Tehát a védelem beállítása a $26 \leq X_{A2} \leq 26,16 \Omega$ képlet alapján történik, de mivel a transzformátor differenciál védelemmel van ellátva, ezért a maximumfeltétel el kell hangolni. Az elhangolás a következő képlettel történik:

$$Z_{A2} \leq \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot Z_{AB} + \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot Z_{Tr}$$

$$X_{A2} \leq \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot X_{AB} + \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot X_{Tr} = \frac{1}{1+0,15} \cdot 20 + \frac{1}{1+0,15} \cdot 24,9 = 38,95 \Omega$$

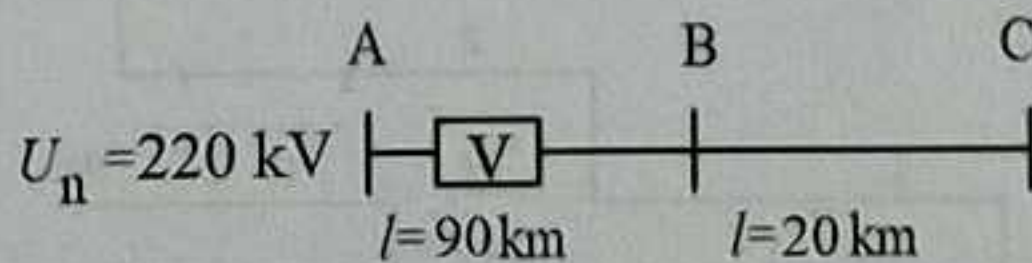
azaz a végleges beállítási érték: $26 \leq X_{A2} \leq 38,95 \Omega$

Tehát a feltételeknek megfelelően válasszunk: $X_{A2} = 26,1 \Omega$ értéket, és így a tényleges szekunder beállítási érték: $x_{A2\ be} = \frac{26,1}{6} = 4,35 \Omega$

Feladatok:

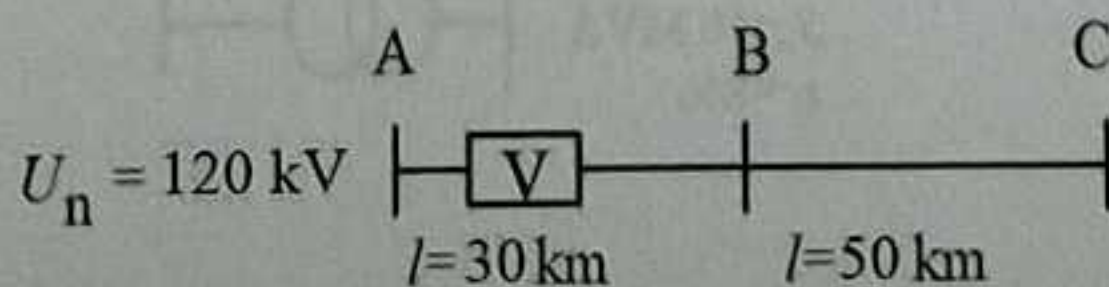
1. Feladat:

Határozza meg az ábrán látható esetben a kétlépcsős távolsági védelem első és második fokozatának beállítási értékeit, ha a bizonytalansági tényező értéke $\varepsilon = 14\%$, és $x_v = 0,42 \Omega/km$!



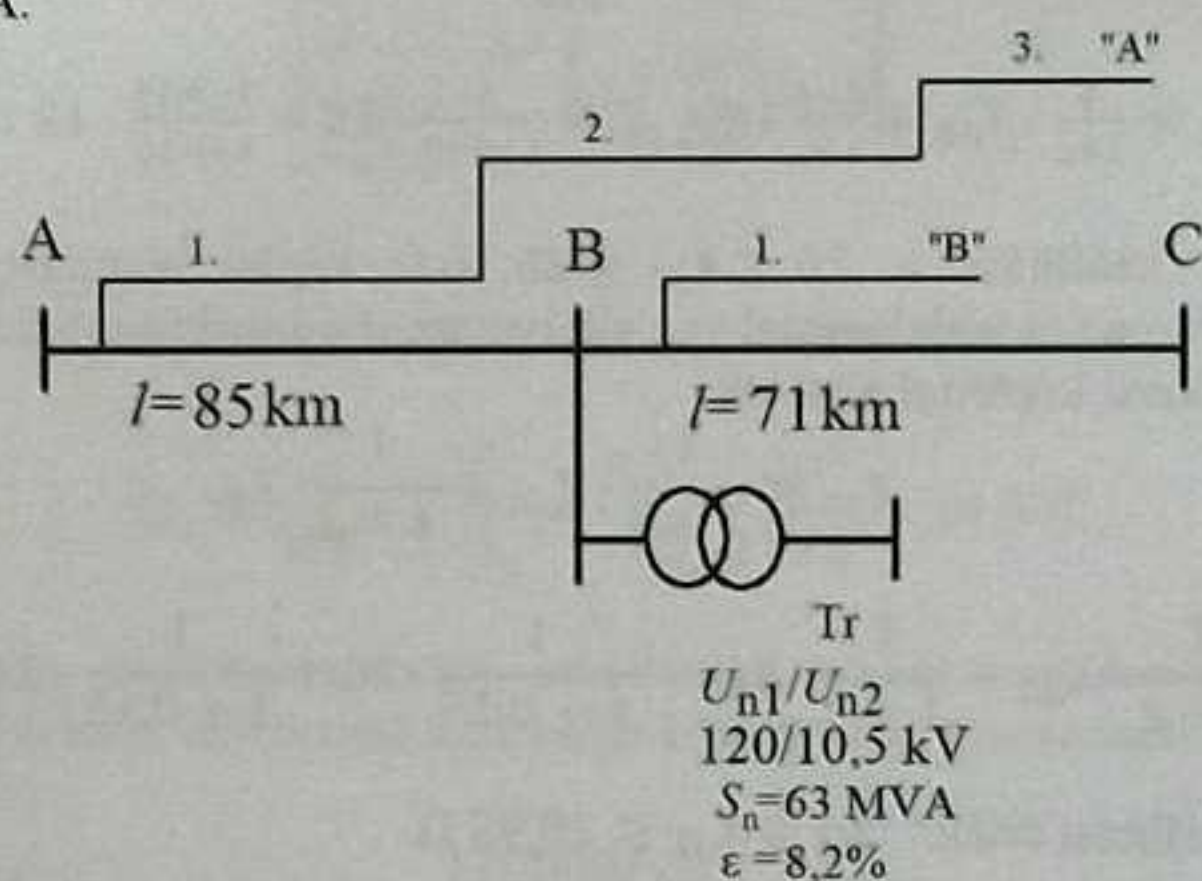
2. Feladat:

Határozza meg az ábrán látható esetben a kétlépcsős távolsági védelem első és második fokozatának beállítási értékeit, ha a bizonytalansági tényező értéke $\varepsilon = 17\%$, és $x_v = 0,32 \Omega/km$!



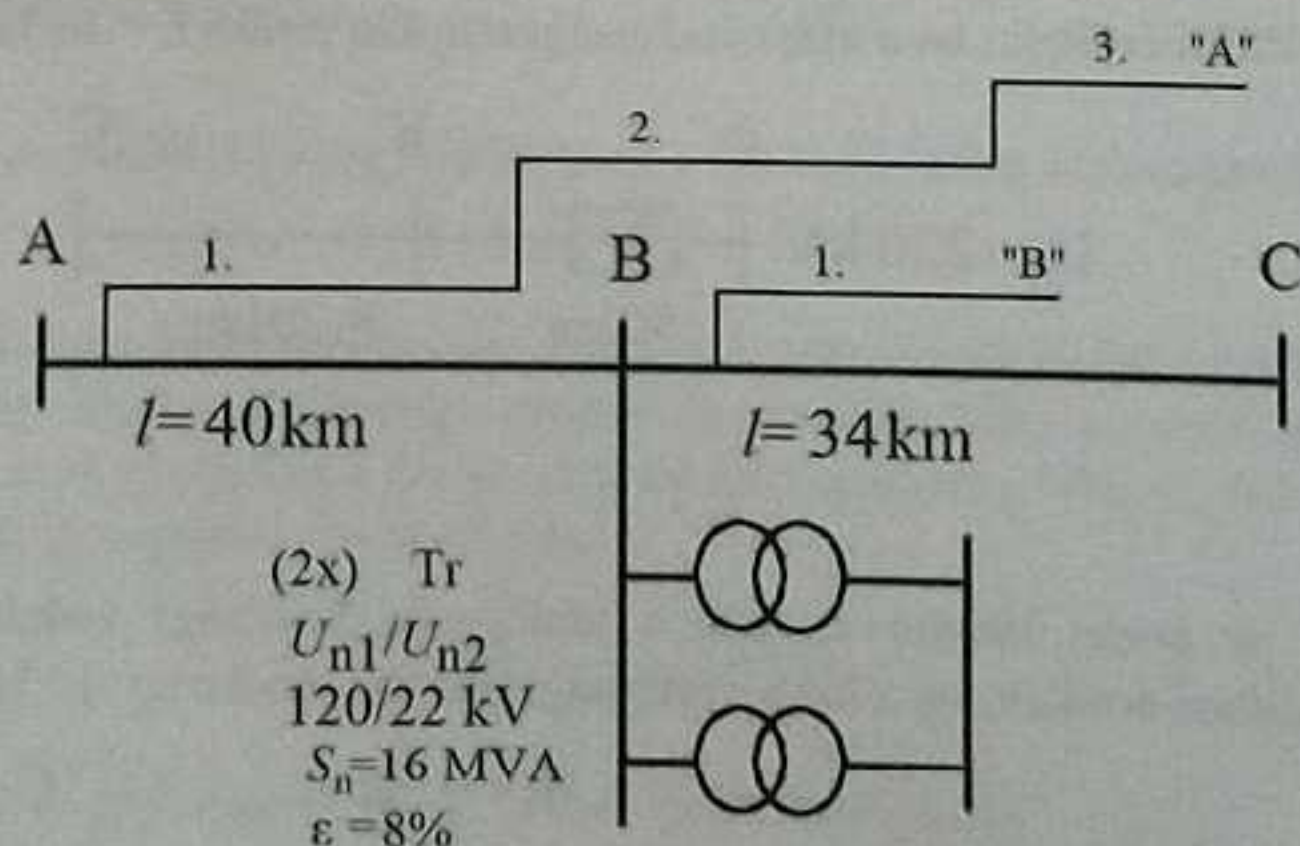
3. Feladat:

Határozzuk meg az „A” jelű védelem első és második fokozatának beállítását a védelemre vonatkozó szekunder értékben, ha a védelem beállító szervein reaktanciát kell állítani! A védelem beállíthatóságának lépcsői 0,05-os értékűek, a transzformátort differenciál védelem védi és a vezetékek fajlagos impedanciája $Z_1 = 0,2 + j0,4 \Omega$. A távvezeték távolsági védelmének együttes bizonytalansága $\varepsilon = 0,15$. A védelmet tápláló feszültségváltó áttétele: $\frac{120000/\sqrt{3}}{100/\sqrt{3}} V$, az áramváltóé: 1500/5 A.



4. Feladat:

Határozzuk meg az „A” jelű védelem első és második fokozatának beállítását a védelemre vonatkozó szekunder értékben, ha a védelem beállító szervein reaktanciát kell állítani! A védelem beállíthatóságának lépcsői 0,05-os értékűek, a transzformátort differenciál védelem védi és a vezetékek fajlagos impedanciája $Z_1 = 0,2 + j0,45 \Omega$. A távvezeték távolsági védelmének együttes bizonytalansága $\varepsilon = 0,12$. A védelmet tápláló feszültségváltó áttétele: $\frac{120000/\sqrt{3}}{120/\sqrt{3}} V$, az áramváltóé: 800/5 A.



Eredmények:

1. Feladat: $Z_{A1} = 33,15 \Omega$ $t_1 < 0,1 \text{ s}$ $43,95\Omega \leq Z_{A2} \leq 38,7\Omega$ ezért: $Z_{A2} = 44\Omega$ és $t_2 = 0,8 \text{ s}$	2. Feladat: $Z_{A1} = 8,2 \Omega$ $t_1 < 0,1 \text{ s}$ $11,56\Omega \leq Z_{A2} \leq 17,9\Omega$ $t_2 = 0,4 \text{ s}$
3. Feladat: $x_{A1 \text{ be}} \leq 7,39 \Omega \rightarrow 7,3 \Omega$ $44,2 \Omega \leq X_{A2} \leq 45,9 \Omega \rightarrow 45 \Omega$ $x_{A2 \text{ be}} \leq 11,25$	4. Feladat: $x_{A1 \text{ be}} \leq 2,57 \Omega \rightarrow 2,5$ $23,4 \Omega \leq X_{A2} \leq 39,4 \Omega \rightarrow 25 \Omega$ $x_{A2 \text{ be}} \leq 4$

15.1. VISSZAKAPCSOLÓ AUTOMATIKÁK

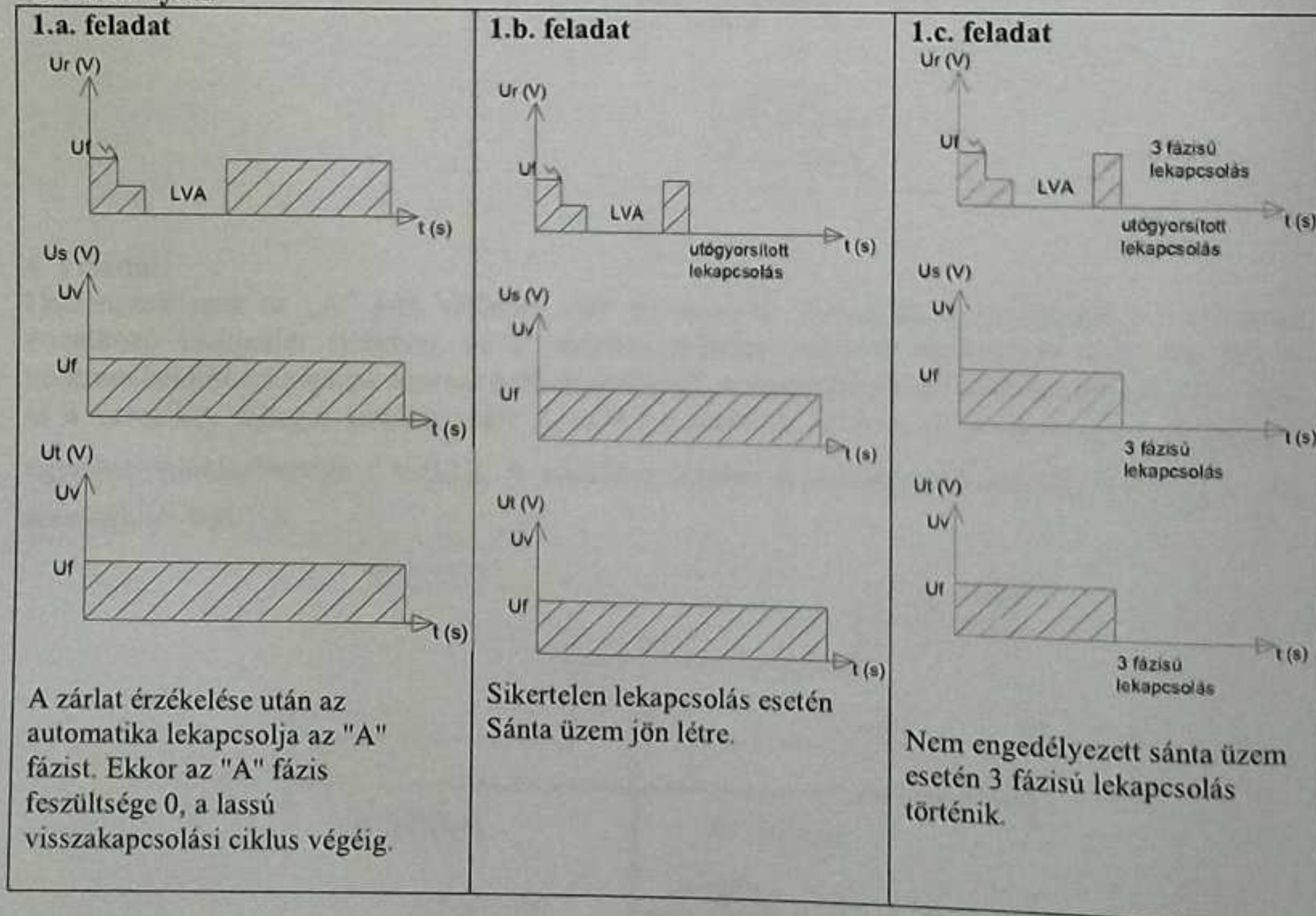
15.1.1. Egyfázisú visszkapcsoló automatikák

1. Feladat:

Egy távvezetéken egyfázisú visszkapcsoló automatika működik. Az "A" fázis oszlopszigetelőjén átívelés történik.

- Rajzolja meg a 3 fázis feszültség-idő diagramját sikeres egyfázisú visszkapcsolás esetén!
- Rajzolja meg a 3 fázis feszültség-idő diagramját sikertelen egyfázisú visszkapcsolás esetén, ha sánta üzem engedélyezett!
- Rajzolja meg a 3 fázis feszültség-idő diagramját sikertelen egyfázisú visszkapcsolás esetén, ha sánta üzem nem engedélyezett!

Eredmények:



15.1.2. Egy
Kidolgozott p
Az alábbi háló

Egyedi program
az időlépcsős v
meg. A kioldó i
után a megszak
nincs, a ciklus s
utógyorsított vé
diagramot az „I

Megoldás:

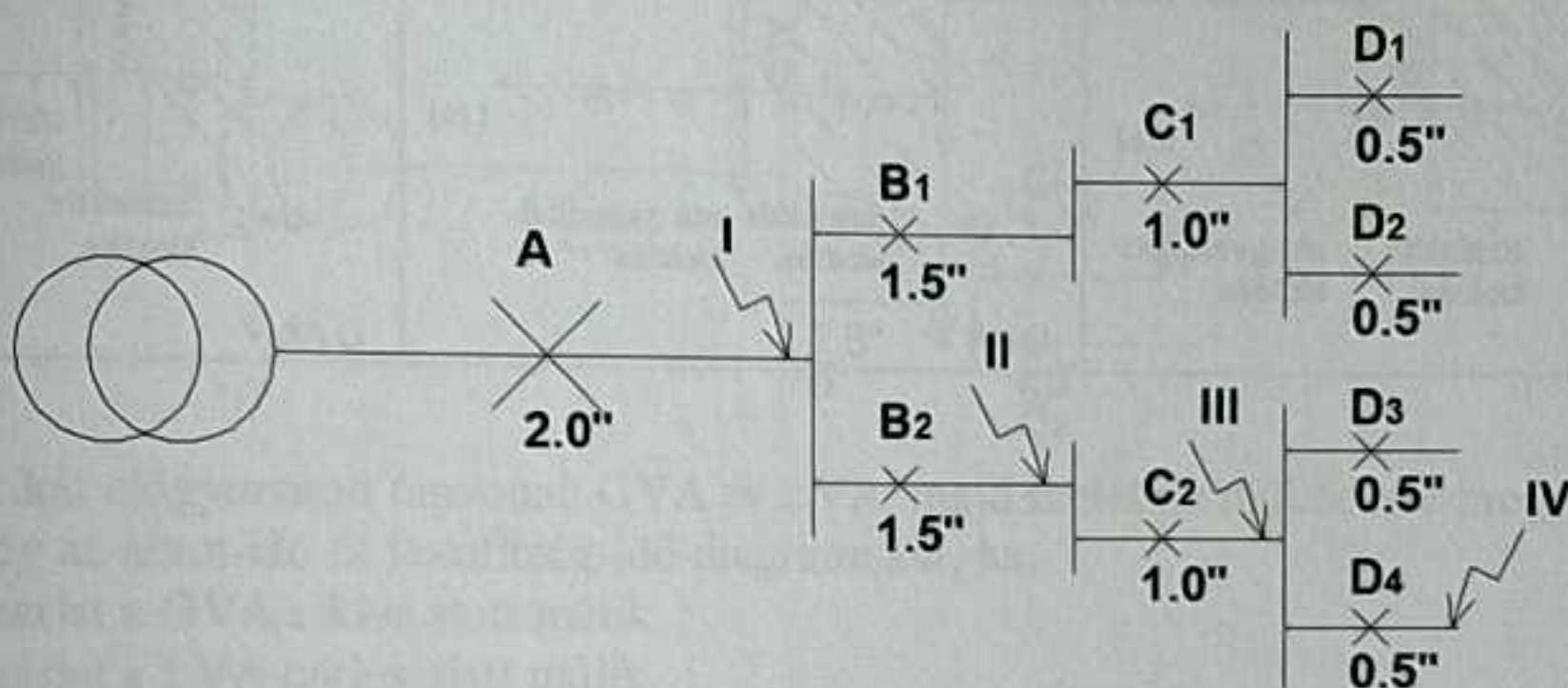
Feladatok

I. Feladat:
Rajzolja meg a
a. „II” jelű hiba
b. „III” jelű hiba
c. „IV” jelű hiba

15.1.2. Egyciklusú visszkapcsoló automatikák

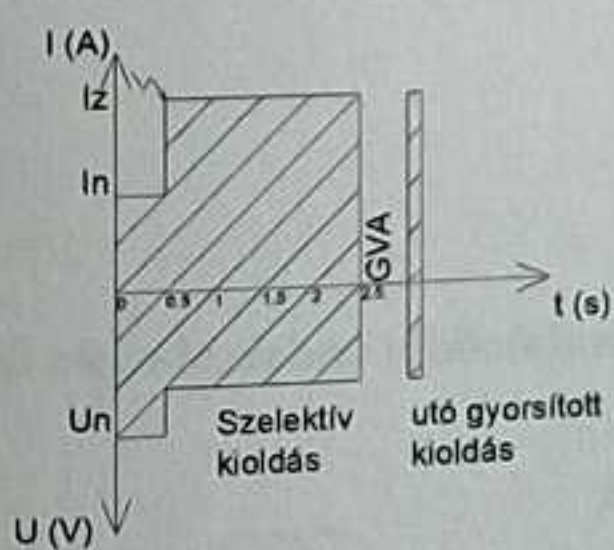
Kidolgozott példa:

Az alábbi hálózaton *egyedi* programozású visszkapcsoló automatika működik.



Egyedi programozás működési elve a következő: a hálózat bármely pontján fellépő rövidzárlatot az időlépcsős védelmi rendszer a hibához legközelebb eső megszakítóval szelektíven szünteti meg. A kioldó impulzus egyúttal megindítja a gyors visszkapcsoló automatikát, amely a holtidő után a megszakító bekapcsolását vezérli. Ha a visszkapcsolást követően újabb védelmi indítás nincs, a ciklus sikeres volt, az üzem zavartalanul működik. A zárlat újragyulladás esetén utógyorsított végleges lekapcsolást hajt végre az automatika. Rajzolja meg a működési idő diagramot az „I” jelű hiba esetén!

Megoldás:



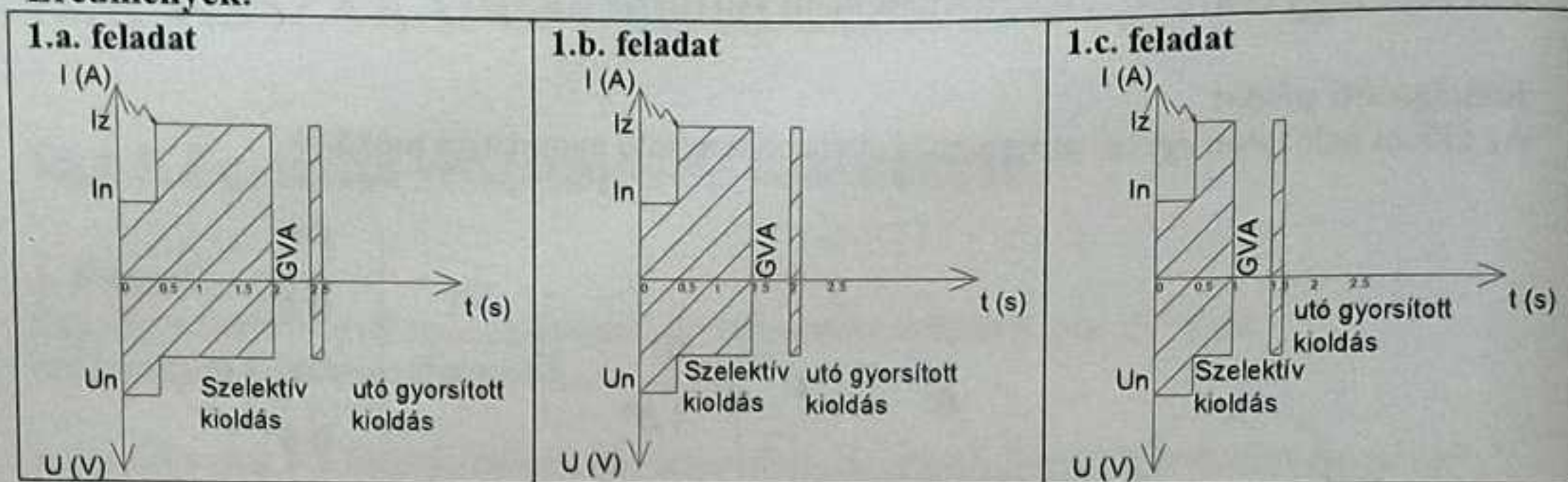
Feladatok

1. Feladat:

Rajzolja meg a működési idő diagramot a:

- „II” jelű hiba esetén!
- „III” jelű hiba esetén!
- „IV” jelű hiba esetén!

Eredmények:



15.1.3. Több
Kidolgozott péld
A következő elren

Az automatikát elő
Rajzolja meg az ár
- a zárlat a
- a zárlat a
- a zárlat fe

Megoldás:



Feladatok

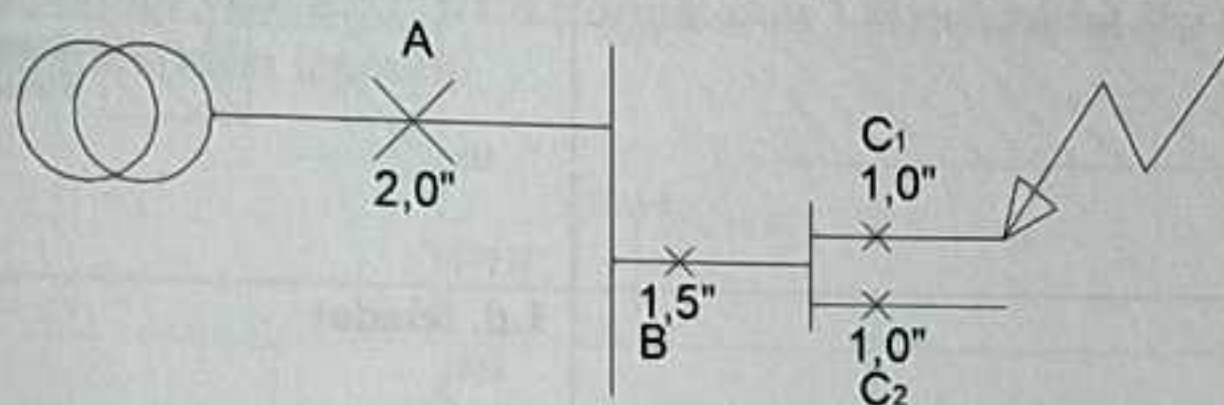
1. Feladat:
A következő elren

Az automatikát elő
programozták. Rajz
a. a zárlat a II. hely
b. a zárlat a II. hely
c. a zárlat a I. helye
d. a zárlat a I. helye

15.1.3. Többciklusú visszacsatoló automatikák

Kidolgozott példa:

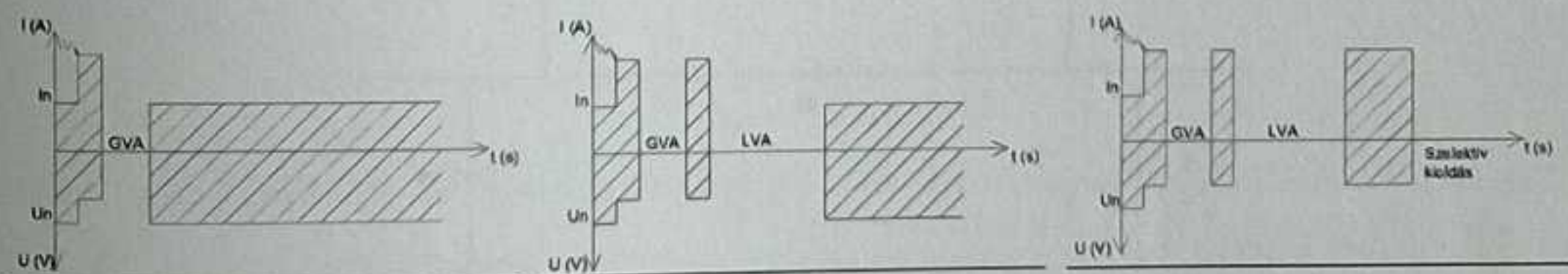
A következő elrendezésben többciklusú visszacsatoló automatika működik.



Az automatikát előgyorsított tápvonali GVA és LVA, majd szelektív működésre programozták. Rajzolja meg az áram-idő és feszültség-idő diagramokat, ha:

- a zárlat a GVA ciklus alatt múlik
- a zárlat a LVA ciklus alatt múlik
- a zárlat fennmarad, szelektív kioldás

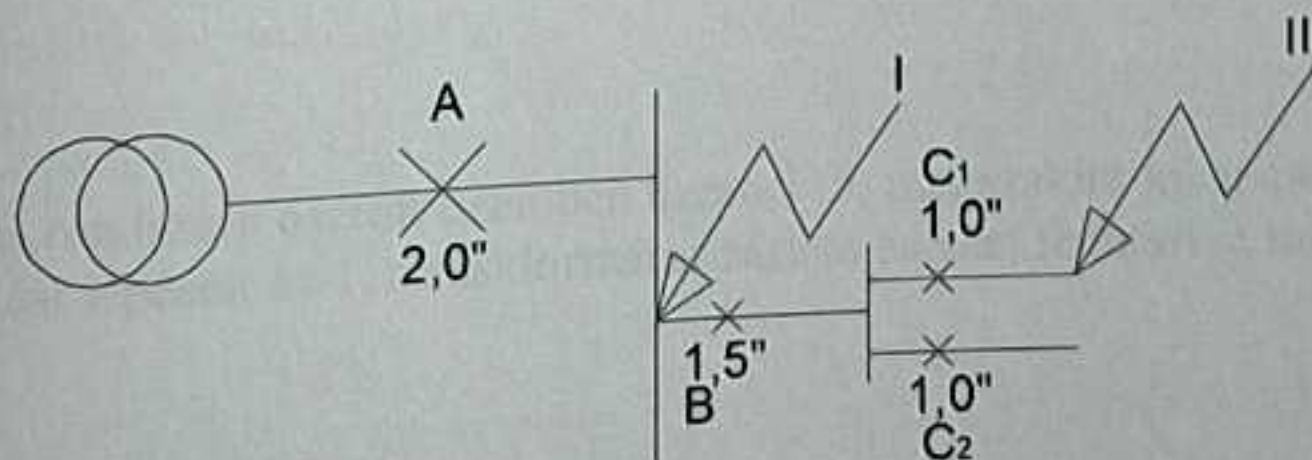
Megoldás:



Feladatok

1. Feladat:

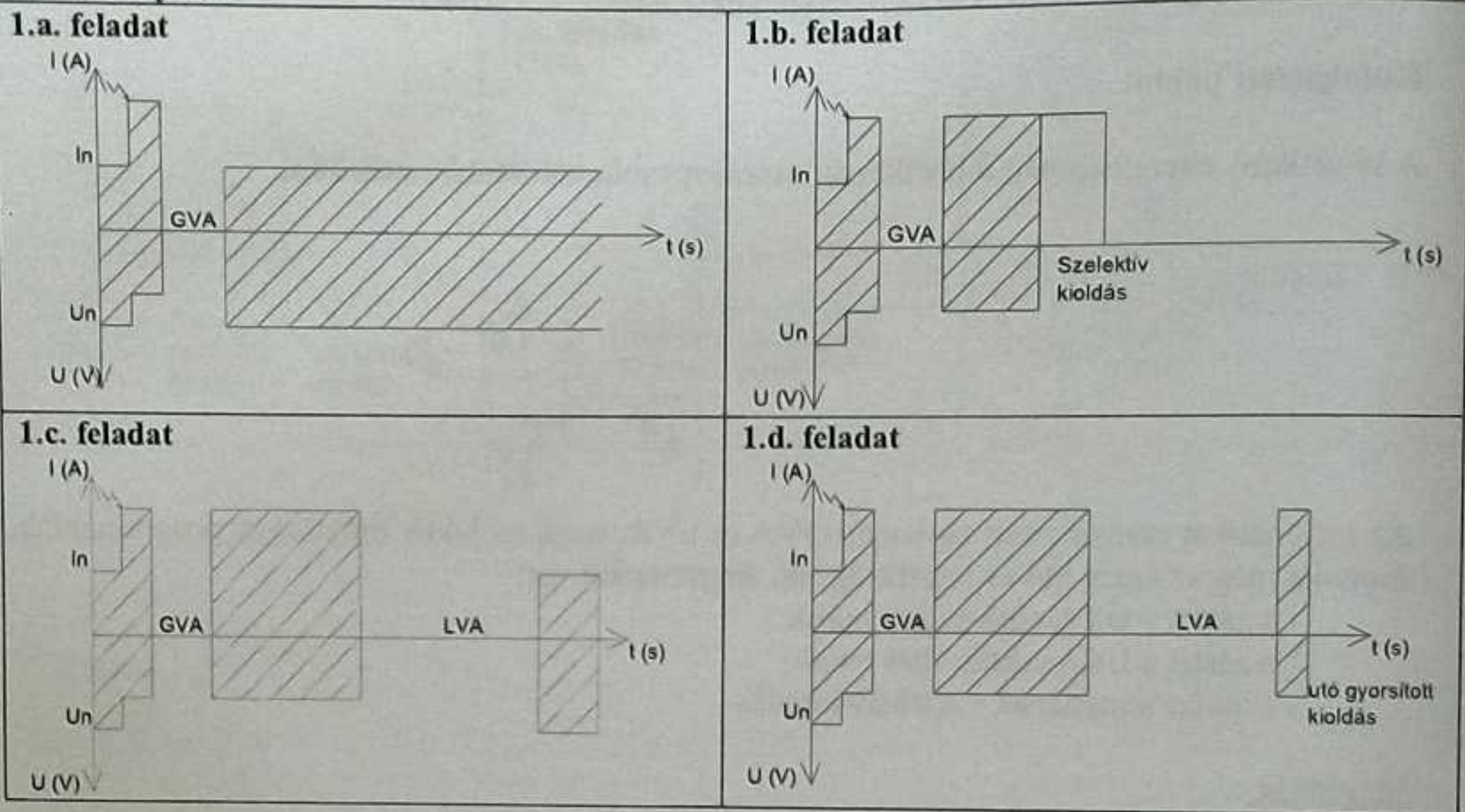
A következő elrendezésben többciklusú visszacsatoló automatika működik.



Az automatikát előgyorsított tápvonali GVA és szelektív indítású decentralizált LVA működésre programozták. Rajzolja meg az áram-idő és feszültség-idő diagramokat, ha:

- a. a zárlat a II. helyen van és a GVA ciklus alatt múlik
- b. a zárlat a II. helyen van amit C1 megszakító szelektíven szünteti meg
- c. a zárlat a I. helyen van, amit a LVA ciklus alatt múlik
- d. a zárlat a I. helyen van, amit "A" megszakító utógyorsítva szünteti meg

Eredmények:



15.2. ÁTI

Kidolgozott p

Az alábbi háló
el, míg a 2. híd
átkapcsoló aut

Megoldás:

A hiba fellépés
kint léte esetén

Feladatok

1. Feladat:

A kidolgozott p
automatika mű
ellátását!

Eredmények:

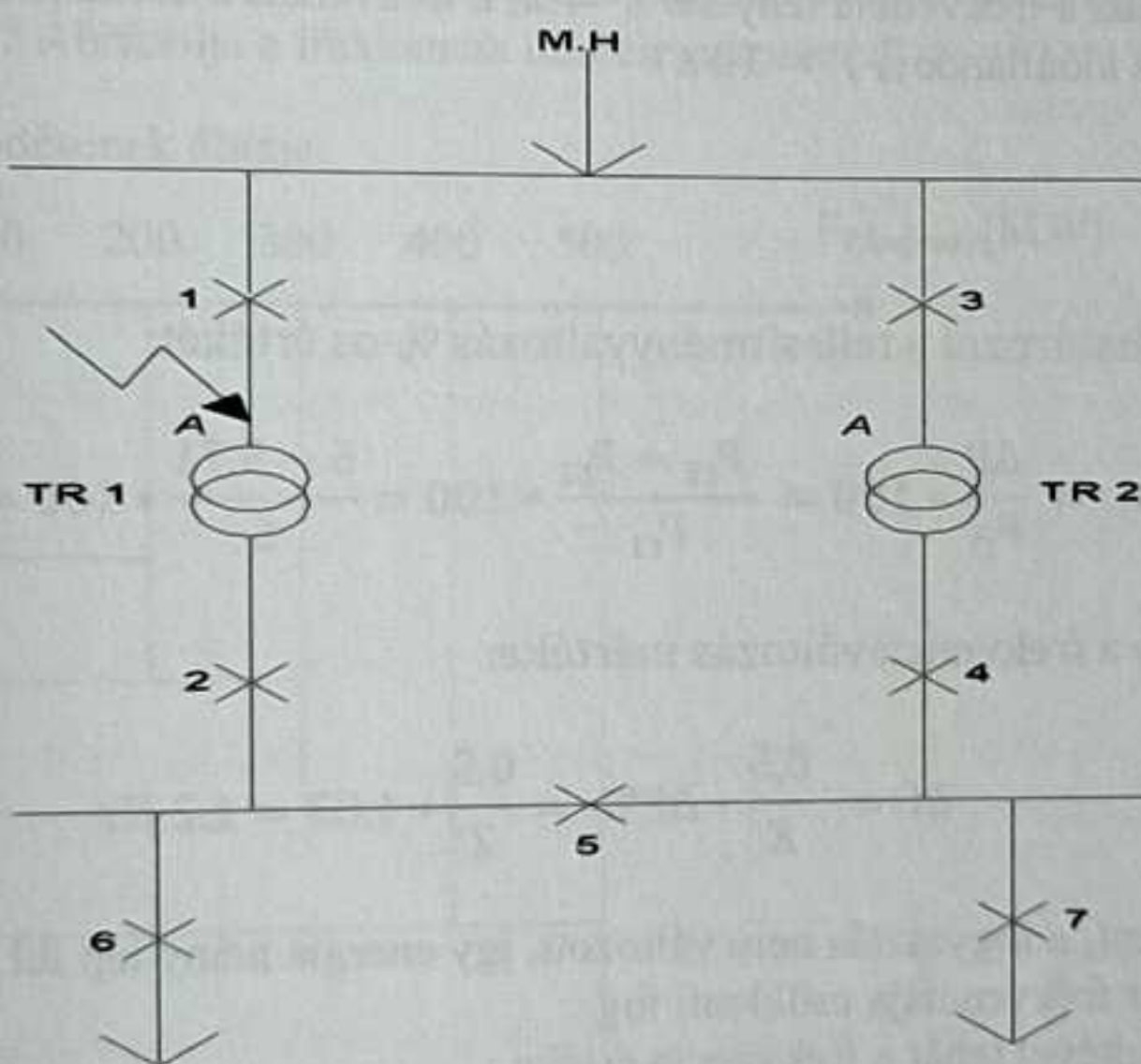
1. feladat:

sortrendben: 1. és

15.2. ÁTKAPCSOLÓ AUTOMATIKÁK

Kidolgozott példa:

Az alábbi hálózaton átkapcsoló automatika működik. A fogyasztókat az 1. transzformátor látja el, míg a 2. hidegtartalékban van. Az 1. transzformátoron 3 fázisú zárlat lép fel. Írja le az átkapcsoló automatika működési lépéseit!



Megoldás:

A hiba fellépése után 2. majd 1. megszakító kikapcsol, 3. megszakító pedig be. A 2. megszakító kint léte esetén a 4. megszakító bekapcsol.

Feladatok

1. Feladat:

A kidolgozott példa rendszere osztott üzemben üzemel (5. megszakító kikapcsolva). Írja le az automatika működési lépéseit az 1. transzformátor zárlata esetén, fenntartva mindkét leágazás ellátását!

Eredmények:

1. feladat:
sorrendben: 1. és 2. megszakító kikapcsol, 5. sínbontó megszakító bekapcsol.

16.4. A FREKVENCIA CSÖKKENÉSÉRE MŰKÖDŐ FOGYASZTÓI KORLÁTOZÁS

1. Kidolgozott példa:

Egy rendszerben egy erőmű kiesett a termelésből, mert hiba lépett fel. A rendszer termelése lecsökkent $P_{t1} = 6 \text{ GW}$ -ról $P_{t2} = 5,71 \text{ GW}$ -ra. Fél másodperc elteltével mekkora lesz a frekvencia értéke, ha a frekvencia tényező $K = 2$, a frekvencia a csökkenés előtt $f = 50 \text{ Hz}$, és a frekvenciaváltozás időállandója $T = 10 \text{ s}$?

Megoldás:

Először meg kell határozni a teljesítményváltozás %-os értékét:

$$\Delta P\% = \frac{\Delta P}{P_{t1}} * 100 = \frac{P_{t1} - P_{t2}}{P_{t1}} * 100 = \frac{6 - 5,71}{6} * 100 = 4,83\%$$

Ebből számítható a frekvenciaváltozás mértéke:

$$\Delta f = \frac{0,5}{K} * \Delta P\% = \frac{0,5}{2} * 4,83 = 1,2 \text{ Hz}$$

A termelés csökkent, a fogyasztás nem változott, így energia hiány lép fel a rendszerben. Ennek hatására a rendszer frekvenciája csökkenni fog.

Fél másodperc elteltével tehát a frekvencia értéke :

$$f_{0,5} = f - \frac{0,5}{K} * \Delta P\% * \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) = 50 - 1,2 * \left(1 - e^{-\frac{0,5}{10}}\right) = 49,94 \text{ Hz}$$

2. Kidolgozott példa:

Egy hálózaton távvezeték meghibásodás miatt az egyik fogyasztói leágazás összes fogyasztója kiesik. A kiesett fogyasztás az összes fogyasztás $\Delta P\% = 2,5\%$ -a. Milyen irányba és mennyivel változik a frekvencia a teljesítményváltozás hatására ha $K = 2$, $f = 50 \text{ Hz}$, $T = 10 \text{ s}$?

Megoldás:

A frekvenciaváltozás mértéke:

$$\Delta f = \frac{0,5}{K} * \Delta P\% = \frac{0,5}{2} * 2,5 = 0,625 \text{ Hz}$$

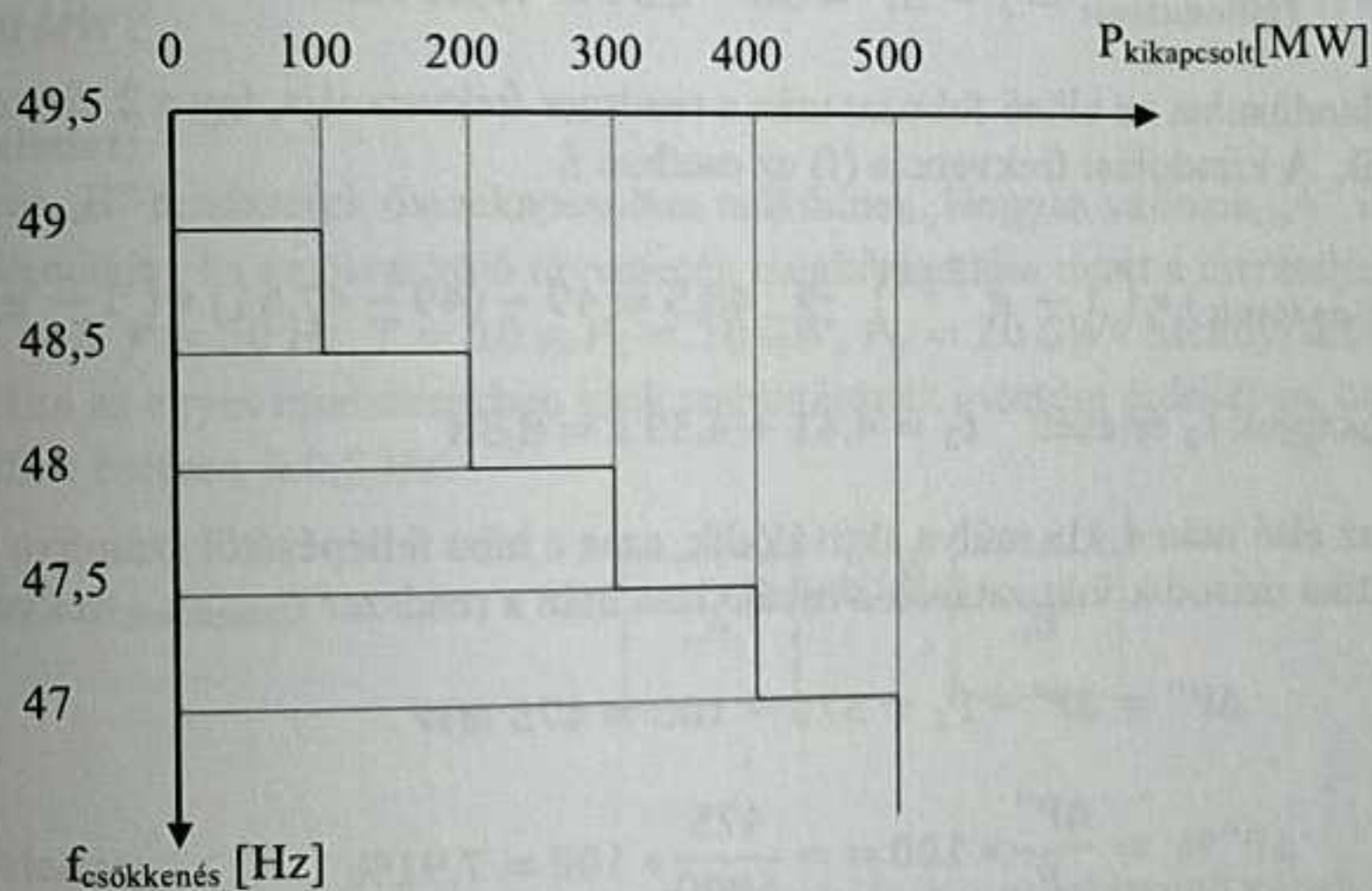
A termelés nem változott, így teljesítmény többlet jön létre a rendszerben, ezért a frekvenciaváltozás is pozitív irányú lesz. A frekvenciaváltozás aszimptotája 1.

$$f_{\infty} = f + \Delta f * \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) = 50 + 0,625 * 1 = 50,625 \text{ Hz}$$

3. Kidolgozott példa:

Egy hálózaton távvezeték meghibásodás miatt kiesik az importált teljesítmény egy része, ami az összes fogyasztás 11,25%-a. A rendszer FTK automatikája frekvencia lépcsőzések elven működik. A megszólalási érték, azaz az első fokozat megszólalási frekvenciája 49 Hz. Az automatikának 0,5Hz-es lépcsőzettel 5 fokozata van. Az automatika fokozatonként 100MW fogyasztói teljesítményt kapcsolhat ki. A távvezeteki hiba bekövetkezése után mennyi idő múlva kapcsolódnak be a különböző fokozatok illetve mennyi lesz az állandósult frekvencia értéke ha $K = 2$, $f = 50 \text{ Hz}$, $T = 10 \text{ s}$, és a fogyasztás illetve a termelés egyensúlyban volt a hiba előtt $P = 6 \text{ GW}$? Ábrázolja a frekvencia időbeli változását!

Az automatika működésének ábrája:



Megoldás:

A tehermentesítő beavatkozás nélkül a rendszer $f_{\text{állandósult}}$ értékre állna be:

$$\Delta f = \frac{0,5}{K} * \Delta P\% = \frac{0,5}{2} * 11,25 = 2,8125 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{állandósult}} = f - \Delta f = 50 - 2,8125 = 47,1875 \text{ Hz}$$

Termelés kiesés: $\Delta P = P * \Delta P\% = 6 * 11,25\% = 0,675 \text{ GW} = 675 \text{ MW}$

Az első fokozat beállított frekvencia értéke $f_1 = 49 \text{ Hz}$, ekkor lekapcsol 100 MW-ot a hálózatból:

$$f_1 = f - \Delta f * \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}\right) \rightarrow 49 = 50 - 2,8125 * \left(1 - e^{-\frac{t_1}{10}}\right)$$

Az egyenletet rendezve megkapjuk:

$$-0,644 = e^{-\frac{t_1}{10}} \rightarrow t_1 = \ln 0,644 * (-10) = 4,39 \text{ s}$$

Tehát az első fokozat a hiba fellépte után 4,39s múlva aktiválódik. FTK automatika első fokozatának aktiválódása után a rendszer $f_{1\text{állandósult}}$ frekvencia értékre állna be:

$$\Delta P' = \Delta P - P_1 = 675 - 100 = 575 \text{ MW}$$

$$\Delta P'\% = \frac{\Delta P'}{P} * 100 = \frac{575}{6000} * 100 = 9,58\%$$

$$\Delta f' = \frac{0,5}{K} * \Delta P'\% = \frac{0,5}{2} * 9,58 = 2,39 \text{ Hz}$$

$$f_{1\text{állandósult}} = f - \Delta f' = 50 - 2,39 = 47,61 \text{ Hz}$$

Mivel 47,6 Hz-en állandósulna az előző fokozat után a rendszer frekvenciája, így a 2. fokozat biztosan aktivizálódik. A kiindulási frekvencia (f) ez esetben f_1 .

$$f_2 = f_1 - (f_1 - f_{1\text{állandósult}}) * \left(1 - e^{-\frac{t-t_1}{T}}\right) \rightarrow 48,5 = 49 - (49 - 47,61) * \left(1 - e^{-\frac{t-t_1}{T}}\right)$$

Az egyenletből megkapjuk t_2 értékét: $t_2 = 4,41 + 4,39 \text{ s} = 8,8 \text{ s}$

A második fokozat az első után 4,41s múlva aktiválódik, azaz a hiba fellépésétől számítva 8,8s múlva. FTK automatika második fokozatának aktiválódása után a rendszer $f_{2\text{állandósult}}$ frekvencia értékre áll be.

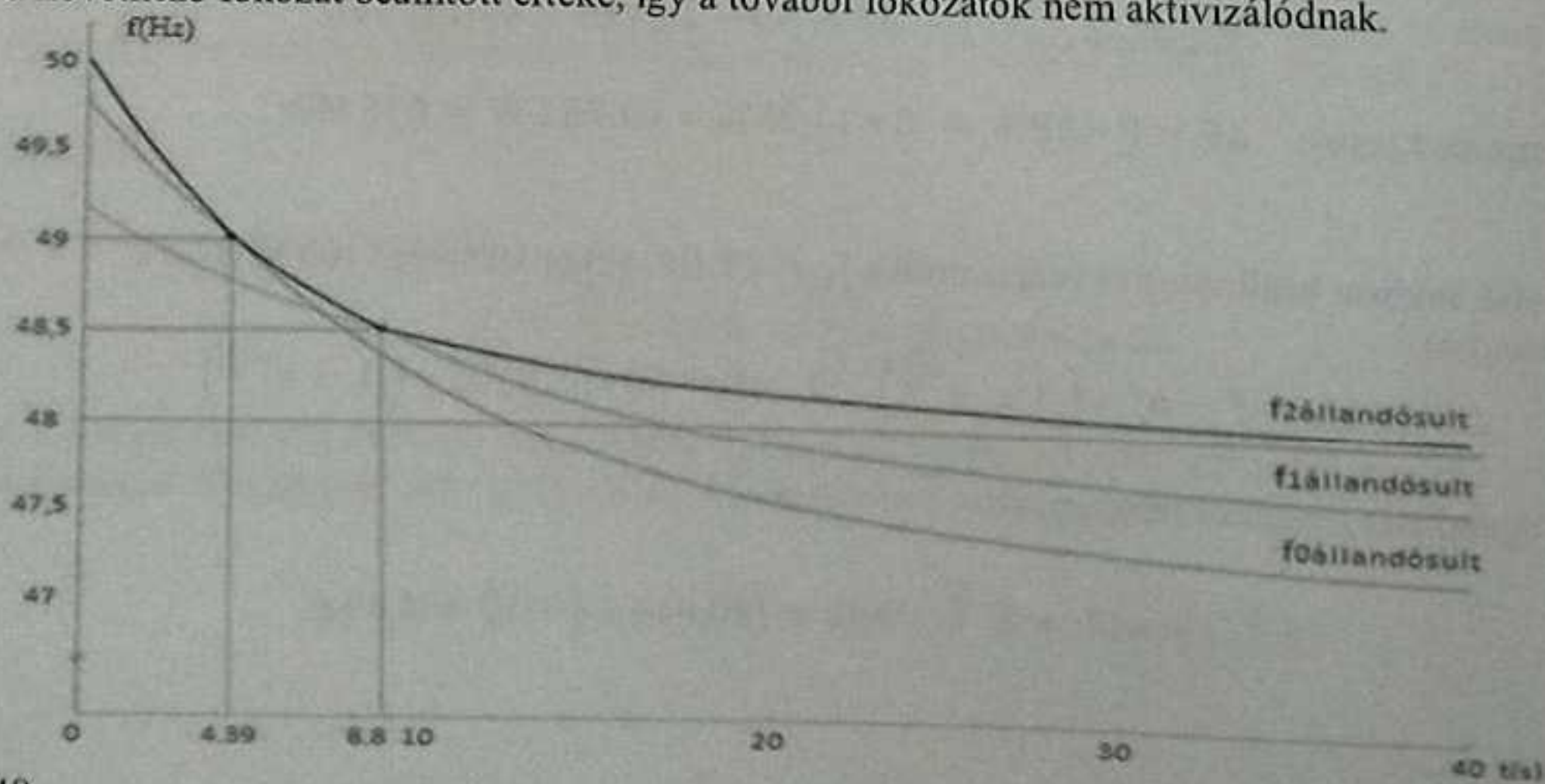
$$\Delta P'' = \Delta P' - P_2 = 575 - 100 = 475 \text{ MW}$$

$$\Delta P''\% = \frac{\Delta P''}{P} * 100 = \frac{475}{6000} * 100 = 7,91\%$$

$$\Delta f'' = \frac{0,5}{K} * \Delta P''\% = \frac{0,5}{2} * 7,91 = 1,97 \text{ Hz}$$

$$f_{2\text{állandósult}} = f - \Delta f'' = 50 - 1,97 = 48,03 \text{ Hz}$$

A második fokozat aktiválódása utána a rendszer frekvenciája magasabb szinten állandósul, mint a következő fokozat beállított értéke, így a további fokozatok nem aktivizálódnak.



Feladatok:

1. Feladat:

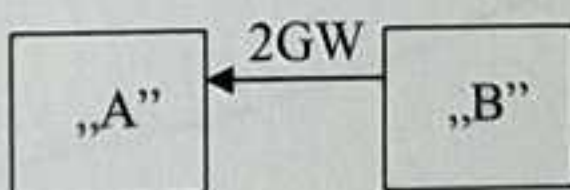
Egy ipari területen a sziget üzemben dolgozó generátor közelében hiba lépett fel, amelynek hatására a kiadható teljesítmény lecsökkent 150 MW-ról 127 MW-ra. Két és fél másodperc elteltével mekkora lesz a frekvencia értéke ha a frekvencia tényező $K = 2$, a frekvencia a csökkenés előtt $f = 50 \text{ Hz}$, és a frekvenciaváltozás időállandója $T = 10 \text{ s}$?

2. Feladat:

Egy hálózaton az egyik távvezeték meghibásodása miatt kiesik 500 MW import teljesítmény. Mennyi idő alatt érne el a rendszer beavatkozás nélkül a 48,6 Hz-es kritikus frekvencia értéket ha $K = 2$, $f = 50,1 \text{ Hz}$, $T = 10 \text{ s}$, és a kiesés előtt a termelés és a fogyasztás is rendre $P = 2870 \text{ MW}$?

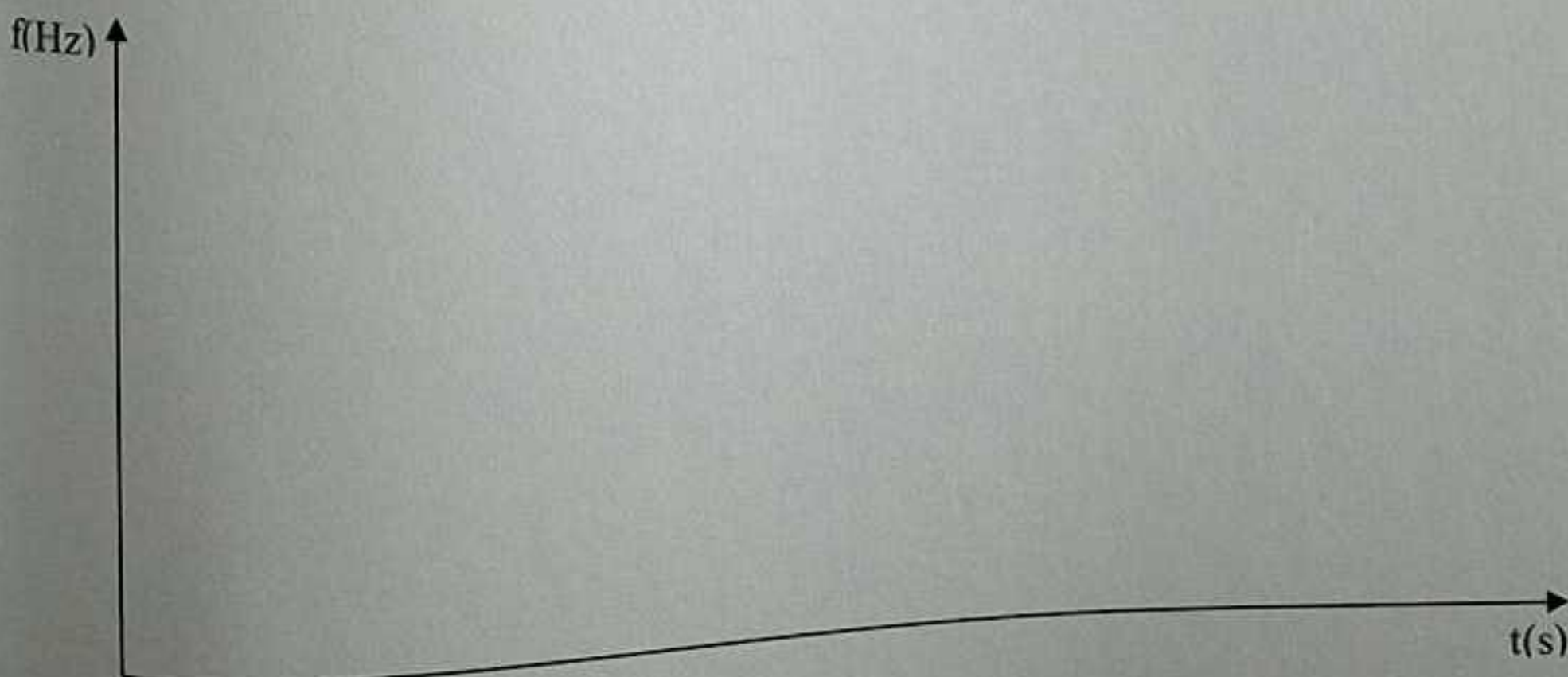
3. Feladat:

„A” és „B” rendszerek összekapcsoltan működnek. Hogyan változik „A” illetve „B” rendszer frekvenciája, ha az összekötő távvezeték meghibásodása miatt a csereteljesítmény nem vihető át és $K = 2$, $f = 50 \text{ Hz}$, $T = 10 \text{ s}$, $P_A = 10 \text{ GW}$, $P_B = 20 \text{ GW}$? Mennyi időn belül és hogyan kell reagálni az egyes rendszerekben azok stabilitásának mentése érdekében, ha a küszöbérték mindkét esetben $\pm 0,5 \text{ Hz}$?



4. Feladat:

Egy ipari területen a földmunkák során elmarkolnak egy erőátviteli kábelt, amely a létesítmény táplálásának 20%-át látja el. A rendszer FTK automatikája frekvencia lépcsőzéses elven működik. A megszólalási érték, azaz az első fokozat megszólalási frekvenciája 49 Hz. Az automatika fokozatonként 10 MW fogyasztói teljesítményt kapcsol ki. A hiba bekövetkezése után mennyi idő múlva kapcsolódnak be a különböző fokozatok? Mennyi lesz az állandósult frekvencia érték ha $K = 2$, $f = 50 \text{ Hz}$, $T = 10 \text{ s}$, $P = 150 \text{ MW}$? Ábrázolja a frekvencia időbeli változását!



Eredmények:

1. Feladat

$$f_{2,5} = 49,15 \text{ Hz}$$

2. Feladat

$$t_{48,6} = 7,18 \text{ s}$$

3. Feladat

$$f_{\text{állA}} = 45 \text{ Hz}$$

$t_{\text{kritikusA}} = 1,05 \text{ s}$, tehát ennyi idő alatt kell 2 GW-ot a fogyasztói teljesítményből lekapcsolni, vagy 2 GW forgó tartalékot aktivizálni ha van

$$f_{\text{állB}} = 52,5 \text{ Hz}$$

$t_{\text{kritikusB}} = 2,23 \text{ s}$, tehát ennyi idő alatt kell 2 GW-ot lekapcsolni a termelt teljesítményből

4. Feladat:

