4. ЗАГУБА НА НАПОН ВО ДИСТРИБУТИВНИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ ВОДОВИ

Задача 4.1.

Номиналниот напон на еден трифазен урамнотежен вод е 35 kV. Водот е долг 30 km. Спроводниците на водот се јажиња од алуминиум – челик, со номинален напречен пресек на алуминиумот од 95 mm^2 и челикот од 15 mm^2. На крајот на водот е приклучен потрошувач со активна моќност 5 MW и реактивна моќност 2 MVAr. Колкава е загубата на напонот во водот?

Решение:

Податоците за активната и реактивната отпорност на водот како и податоците за неговата генерирана реактивна моќност, ги земаме од табелата П.11. Тие податоци се :

$$r = 0{,}3058\,\Omega / km \;\; ; \;\; x = 0{,}38\,\Omega / km \; ; \;\; q_{vod} = 3{,}53\, k\,\text{var}/ km$$

Бидејќи е:

$$\frac{Q_{vod}}{2} = \frac{q_{vod} \cdot l}{2} = \frac{3{,}53 \cdot 30}{2} = 52{,}95\, k\,\text{var} \;\; \text{и} \;\; Q_2 = 2000\, k\,\text{var}$$

очигледно е дека може да се занемари генерираната реактивна моќност од водот и може да се користи следната релација за загубата на напонот вдолж водот :

$$\Delta u\% = \frac{100}{U_n^2}\left[P_2 \cdot R + Q_2 \cdot X\right] = \frac{100}{35^2}\left[5 \cdot 0{,}3058 + 2 \cdot 0{,}38\right] \cdot 30 = 5{,}61\%$$

Доколку се земе во предвид и генерираната реактивна моќност од водот релацијата ќе биде :

$$\Delta u\% = \frac{100}{U_n^2}\left[P_2 \cdot R + \left(Q_2 - \frac{Q_{vod}}{2}\right) \cdot X\right] = \frac{100}{35^2}\left[5 \cdot 0{,}3058 + \left(2 - 0{,}053\right) \cdot 0{,}38\right] \cdot 30 = 5{,}56\%$$

Може да се забележи дека грешката што се прави со занемарувањето е многу мала и изнесува 0,9%.

Задача 4.2.

Три кабли од типот XHP 48 –A 1x150 12/20 kV припаѓаат на ист трифазен вод, долг 10 km. Номиналниот напон на водот е 20 kV. Каблите се поставени во земја и лежат во иста хоризонтална рамнина. Растојанието помеѓу обвивките на соседните кабли е еднакво на надворешниот дијаметар на еден од каблите. Колкава е загубата на напонот во водот, ако оптоварувањето на неговиот крај е трифазно урамнотежено и изнесува 4 MW и 1,3 Mvar?

Решение:

Податоците за активната и реактивната отпорност на водот и неговиот погонски капацитет, ги земаме од табелата П.16. Тие податоци се:

$$r = 0{,}206\,\Omega / km \;\; ; \;\; x = 0{,}125\,\Omega / km \; ; \;\; c = 0{,}257\,\mu F / km$$

Генерираната реактивна моќност од водот е:

$$\frac{Q_{vod}}{2} = \frac{\omega \cdot c \cdot l}{2} \cdot U_n^2 = \frac{314 \cdot 0{,}257 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{2} \cdot 20^2 = 0{,}161\, MVAr$$

Загубата на напонот во водот е:

$$\Delta u\% = \frac{100}{U_n^2}\left[P_2 \cdot R + \left(Q_2 - \frac{Q_{vod}}{2}\right) \cdot X\right] = \frac{100}{20^2}\left[4 \cdot 0{,}206 + (1{,}3 - 0{,}161) \cdot 0{,}125\right] \cdot 10 = 2{,}42\%$$

Задача 4.3.

Среднонапонски вод е изграден со кабел од типот IPO 13 3x150 6/10 kV. Номиналниот напон на водот е 10 kV. Должината на водот е 10 km. Оптоварувањето на водот е трифазно урамнотежено. Колкава е загубата на напонот во водот ако тој на својот крај предава активна моќност 2 MW и реактивна моќност 700 kvar?

Решение:

Податоците за активната и реактивната отпорност на водот и неговиот погонски капацитет, ги земаме од табелата П. 16. Тие податоци се:

$$r = 0{,}124\,\Omega / km \;;\; x = 0{,}08\,\Omega / km\,;\; c = 0{,}5\,\mu F / km$$

Генерираната реактивна моќност од водот е:

$$\frac{Q_{vod}}{2} = \frac{\omega \cdot c \cdot l}{2} \cdot U_n^2 = \frac{314 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{2} \cdot 10^2 = 0{,}0785\,MVAr$$

Загубата на напонот во водот е:

$$\Delta u\% = \frac{100}{U_n^2}\left[P_2 \cdot R + \left(Q_2 - \frac{Q_{vod}}{2}\right) \cdot X\right] = \frac{100}{10^2}\left[2 \cdot 0{,}124 + (0{,}7 - 0{,}0785) \cdot 0{,}08\right] \cdot 10 = 2{,}98\%$$

Задача 4.4.

Од мрежа со номинален напон 400 V преку кабел со ознаката PP 00 –Y 4x4 0,6/1 kV се напојува трифазен асинхрон мотор. Параметрите на моторот се: номинална моќност 4 kW, номинален напон 400 V, номинален коефициент на полезно дејство 0,9 и номинале н фактор на моќност 0,76. Кабелот е долг 100 m и е поставен на ѕид. Да се пресмета загубата на напонот во кабелот.

Решение:

Податоците за активната отпорност и индуктивитетот на водот, ги читаме од табелата П.12. Тие податоци се:

$$r = 4{,}56\,\Omega / km \;;\; L = 0{,}318\,mH / km$$

Индуктивната отпорност на водот е:

$$x = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 314 \cdot 0{,}318 \cdot 10^{-3} = 0{,}0998\,\Omega / km$$

Согласно дадениот номинален фактор на моќност на водот, може да се пресмета :

$$tg\varphi = tg(\arccos\varphi) = tg(\arccos 0{,}89) = 0{,}512$$

Загубата на напонот во водот може да се пресмета од следната равен ка:

$$\Delta u\% = \frac{P \cdot l}{K \cdot S} \cdot \left(1 + \frac{x}{r} \cdot tg\varphi\right) \approx \frac{P \cdot l}{K \cdot S}$$

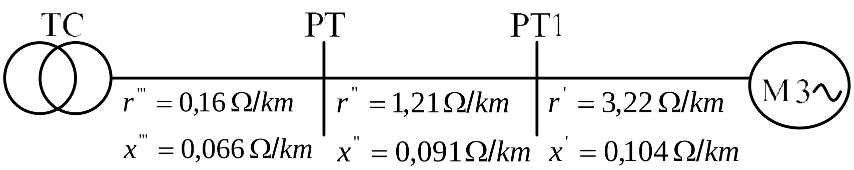
Ваквата апроксимација е можна поради тоа што : $\frac{x}{r} \cdot tg\varphi << 1$

Коефициентот K во равенката може да се отчита од табелата 4.1 за температура 30 ^{0}C и напон 400 V за спроводници од бакар: $K = 84\,kW \cdot m / mm^2$. Конечно загубата на напонот во водот е:

$$\Delta u\% = \frac{P \cdot l}{K \cdot S} = \frac{P_n \cdot l}{K \cdot S \cdot \eta} = \frac{4 \cdot 100}{84 \cdot 0{,}86 \cdot 4} = 1{,}38\%$$

<u>Задача 4.5.</u>

Razvodnata tabla RT1 napojuva eden trifazen asinhron motor so kusovrzan rotor ($P_n = 8\,kW$;$\eta_n = 0{,}77$;$\cos\varphi_n = 0{,}80$,$U_n = 380\,V$) i grupa na termi~ki priemnici so ednovremeno maksimalna mo}nost $P_{v1} = 18\,kW$. Motorot se napojuva so kabel PP00-Y 4x6mm^2, so dol`ina 30 m. Razvodnata tabla RT1 se napojuva od razvodnata tabla RT so kabel PP00-Y 4x6mm$^2$, so dol`ina 40 m. Pokraj razvodnata tabla RT1, razvodnata tabla RT napojuva i drugi razvodni tabli ~ija ednovremena maksimalna mo}nost, koja se javuva pri maksimalno optovaruvawe na RT1, iznesuva $P_{v2} = 82\,kW$, a i odgovara faktor na mo}nost $\cos\varphi_2 = 0{,}90$. Razvodnata tabla RT se napojuva od transformatorska stanica so kabel PP41-Y 4x120mm^2 so dol`ina 60 m. Da se presmeta vkupnata zaguba na napon pome|u motorot i transformatorskata stanica koja se javuva pri nominalno optovaruvawe na motorot.



Решение:

Номиналната активна и реактивна моќност на моторот, односно моќноста која се напојува од PT1 е:

$$P_{vm}^{'} = \frac{P_n}{\eta_n} = \frac{8}{0{,}77} = 10{,}4\,kW\,;$$

$$Q_{vm}^{'} = P_{vm}^{'} \cdot tg(\arccos\varphi_n) = 10{,}4 \cdot tg(\arccos 0{,}8) = 7{,}8\,kVAr$$

Вкупната моќност која се напојува од разводната табла PT е збир од номиналната моќност на моторот и едновремената максимална моќност на термичките приемници :

$$P_{vm}^{''} = P_{vm}^{'} + P_{v1} = 10{,}4 + 18 = 28{,}4\,kW$$

$$Q_{vm}^{''} = Q_{vm}^{'} = 7{,}8\,kVAr$$

$$\cos\varphi^{''} = \frac{P_{vm}^{''}}{\sqrt{P_{vm}^{''\,2} + Q_{vm}^{''\,2}}} = \frac{28{,}4}{\sqrt{28{,}4^2 + 7{,}8^2}} = 0{,}964$$

$$tg\varphi^{''} = tg(\arccos\varphi^{''}) = tg(\arccos 0{,}964) = 0{,}275$$

Моќноста која протекува низ делницата од ТС до РТ е :

$$P_{vm}^{'''} = P_{vm}^{''} + P_{v2} = 28{,}4 + 82 = 110{,}4\,kW$$

$$Q_{vm}^{'''} = Q_{vm}^{''} + Q_{v2} = Q_{vm}^{'} + P_{v2} \cdot tg\varphi_2 = 7{,}8 + 82 \cdot 0{,}484 = 47{,}5\,kVAr$$

$$\cos\varphi^{'''} = \frac{P_{vm}^{'''}}{\sqrt{P_{vm}^{''\,2} + Q_{vm}^{''\,2}}} = \frac{110{,}4}{\sqrt{110{,}4^2 + 47{,}5^2}} = 0{,}919$$

$$tg\varphi^{'''} = tg\left(\arccos\varphi^{'''}\right) = tg\left(\arccos 0{,}919\right) = 0{,}43$$

Bkupnata zaguba na napon pome|u motorot i transformatorskata stanica koja se javuva pri nominalno optovaruvawe na motorot e:

$$\Delta u\% = \frac{100}{U_n^2} \cdot \left(P_{vm}^{'} \cdot L^{'} \cdot \left(r' + x' \cdot tg\varphi'\right) + P_{vm}^{''} \cdot L^{''} \cdot \left(r'' + x'' \cdot tg\varphi''\right) + P_{vm}^{'''} \cdot L^{'''} \cdot \left(r^{'''} + x^{'''} \cdot tg\varphi^{'''}\right)\right) = \frac{100}{380^2} \cdot$$

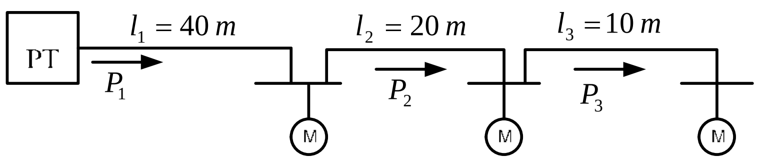
$$(10400 \cdot 0{,}03 \cdot \left(3{,}22 + 0{,}104 \cdot 0{,}75\right) + 28400 \cdot 0{,}04 \cdot \left(1{,}21 + 0{,}091 \cdot 0{,}275\right) +$$

$$+ 11400 \cdot 0{,}06 \cdot \left(0{,}16 + 0{,}066 \cdot 0{,}43\right)) = 2{,}55\%$$

<u>Задача 4.6.</u>

Три еднакви трифазни асинхрони мотори се напојуваат преку кабел со ознаката PP 00 –YA 4x6 0,6/1 kV. Напојувањето е од мрежа со номинален напон е 400 V. Должината на кабелот помеѓу разводната табла и првиот електромотор е 40 m, помеѓу првиот и вториот електромотор е 20 m и помеѓу вториот и третиот електромотор е 10 m. Секој од електромоторите е со следните параметри: номинална моќност 4 kW, номинален напон 400 V, номинален коефициент на полезно дејство 0,86 и номинален фактор на моќност 0,84. Електромоторите се номинално оптоварени и работат едновремено. Колкава е загубата на напонот кај третиот електромотор?

Решение:



Слика 4.2. Мрежата од задача 4.6

Загубата на напонот од РТ до третиот електромотор може да се пресмета со следната равенка:

$$\Delta u\% = \Delta u_1 + \Delta u_2 + \Delta u_3 = \frac{1}{K \cdot S}\left(P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3\right)$$

Коефициентот K се отчитува од табелата 4.1 и изнесува: $K = 51\,kW \cdot m / mm^2$.

$$\Delta u\% = \Delta u_1 + \Delta u_2 + \Delta u_3 = \frac{1}{K \cdot S}\left(P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3\right) = \frac{1}{51 \cdot 6} \cdot \left(\frac{3 \cdot 4}{0{,}86} \cdot 40 + \frac{2 \cdot 4}{0{,}86} \cdot 20 + \frac{4}{0{,}86} \cdot 10\right) =$$

$$= 2{,}58\%$$

Задача 4.7.

Монофазен рефлектор со моќност 1000 W се напојува преку изолиран спроводник со ознаката PP –Y 3x2,5 380 V. Напојувањето е од мрежа со номинален напон 230 V. Колкава треба да биде должината на спроводникот за загубата на напонот во него да не биде поголема од 3%?

Решение:

Коефициентот K се отчитува од табелата 4.1 и изнесува: $K = 14\, kW \cdot m / mm^2$. Загубата на напонот во водот се пресметува според следната равенка и мора да биде помала од 3%:

$$\Delta u\% = \frac{P_n \cdot l}{K \cdot S} \leq 3\%$$

Согласно ваквиот услов, должината на водот треба да биде :

$$l \leq \frac{\Delta u\% \cdot K \cdot S}{P_n} = \frac{3 \cdot 14 \cdot 2{,}5}{1} = 105\, m$$