

1. Cvičenie

Organizačné záležitosti

Cvičenia budú prebiehať podľa rozvrhov pre zimný semester akademického roku 2016/2017 každý utorok čase od 11:00 do 12:30. Plánovaný harmonogram cvičení je zhrnutý v nasledujúcej tabuľke.

Harmonogram cvičení predmetu A0M15EZS/ B1M15DEE			
Týždeň	Dátum	Témy	Vyučujúci
1	4.10.2016	Úvodné informácie, poučenie o bezpečnosti, opakovanie, požiadavky na kvalitu elektrickej energie ČSN EN 50160	Yanushkevich
2	11.10.2016	Charakteristiky nadradenej elektrizačnej sústavy, vyššie harmonické v zložkových sústavách, šírenie vyšších harmonických	Yanushkevich
3	18.10.2016	Potlačenie vyšších harmonických pomocou pasívnych rezonančných filtrov, základné typy, návrh filtrov a SVC	Yanushkevich
4	25.10.2016	Program pre určenie flicker efektu, ukážky zdrojov flicker efektu, vplyv SVC na flicker efekt, šírenie flicker efektu v sústave	Yanushkevich
5	1.11.2016	Meranie kvality elektrickej energie	Čerňan
6	8.11.2016	Parametre distribučných sústav	Čerňan
7	15.11.2016		Čerňan
8	22.11.2016	DMS a SCADA systémy	
9	29.11.2016	Automatizácia v DS	Čerňan
10	6.12.2016	Elektrické ochrany	
11	13.12.2016	Elektrické ochrany	
12	20.12.2016	Elektrické ochrany	
13	3.1.2017	Termín odovzdania semestrálnej práce	Čerňan
14	10.1.2017	Zápočet	Čerňan
Pozn.: z dôvodov neočakávaných udalostí môže dôjsť ku zmenám			

Požiadavky pre udelenie zápočtu

Pre získanie zápočtu je potrebné odovzdať originálne a správne spracované všetky časti semestrálnej práce. Zadania budú upresnené vždy na konci výpočtových cvičení, pričom posledný termín odovzdania je v poslednom výukovom týždni (9.1.2017 do polnoci). Dochádzka na cvičenia nie je povinným kritériom udelenia zápočtu, avšak doporučujem cvičenia navštevovať.

Opakovanie

Zhrnieme si základné znalosti, ktoré budeme v priebehu kurzu často používať. Pre tých, ktorí v poslednej dobe pracovali so softwarom Wolfram Mathematica menej, doporučujem aby si zopakovali základy. Zhrnutie je možné nájsť v komentovaných podkladoch pre predmet matematické aplikácie na odkaze v prílohách pod názvom cv1-5.nb : <https://www.powerwiki.cz/wiki/MAA>

Impedancia, komplexné čísla, výkon

Začneme impedanciami R, L a C prvkov podľa (1) až (3).

$$\widehat{Z}_R = R \quad (1)$$

$$\widehat{Z}_L = j\omega L \quad (2)$$

$$\widehat{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{j}{\omega C} \quad (3)$$

Zavedieme komplexné číslo v algebraickom tvare (4) a číslo komplexne združené (5).

$$\widehat{K} = a + jb \quad (4)$$

$$\widehat{K}^* = a - jb \quad (5)$$

Ďalej pre veľkosť (amplitúdu) komplexného čísla platí (6) a pre argument (fázový posun) platí (7).

$$\text{Abs}(\widehat{K}) = |\widehat{K}| = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (6)$$

$$\text{Arg}(\widehat{K}) = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (7)$$

Pre goniometrický tvar platí (8) a (9).

$$\widehat{K} = |\widehat{K}|e^{j\varphi} = |\widehat{K}|(\cos \varphi + j \sin \varphi) \quad (8)$$

$$\widehat{K}^* = |\widehat{K}|e^{-j\varphi} = |\widehat{K}|(\cos \varphi - j \sin \varphi) \quad (9)$$

Na základe predošlej teórie si zavedieme zdanlivý, činný a jalový výkon podľa (10) až (12). Kladný jalový výkon je induktívny a záporný jalový výkon je kapacitný za predpokladu spotrebičovej orientácie. To znamená, že odoberaný činný výkon je kladný.

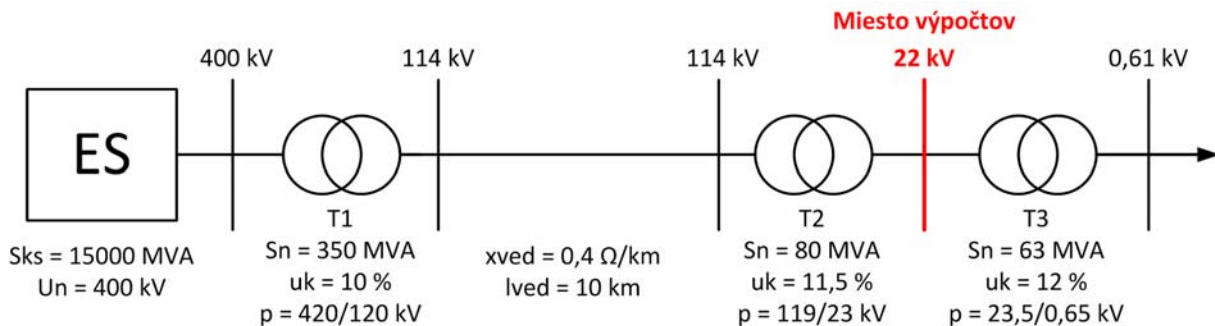
$$\widehat{S} = \sqrt{3}\widehat{U}_N\widehat{I}_{sit}^* = P + jQ \quad (10)$$

$$P = \text{Re}\{\widehat{S}\} = |\widehat{S}| \cos \varphi \quad (11)$$

$$Q = \text{Im}\{\widehat{S}\} = |\widehat{S}| \sin \varphi \quad (12)$$

Pomerné a prepočítané hodnoty

V prvej fáze vysvetlenia si ukážeme princíp použitia pomerných jednotiek a následne sa dostaneme ku prepočtu napäťových hladín. Postup bude vysvetlený na malej sústave na obrázku 1.



Obr. 1: Schéma sústavy pre vysvetlenie prepočtov na pomerné jednotky

Zadefinujme si reaktanciu (resp. impedanciu) menovitú, ktorá je daná menovitými hodnotami daného komponentu podľa (13) pre transformátor, podľa (14) pre vedenie a podľa (15) pre skratový ekvivalent sústavy.

$$X_{NT} = \frac{U_{NT}^2}{S_{NT}} \quad (13)$$

$$X_{NV} = l_{ved} x_{ved} \quad (14)$$

$$X_{NES} = \frac{U_{NES}^2}{S_{ks}} \quad (15)$$

Pre prechod si zavedieme vzťažný výkon S_v a vzťažné napätie U_v . Vzťažný výkon si môžeme zvoliť ľubovoľný, ale je z hľadiska ušetrenia výpočtu môžeme zvoliť napríklad výkon jedného z transformátorov (T2). Vzťažné napätie si zvolíme v mieste, kde budeme analyzovať skratové pomery – skratové prúdy a skratový výkon. V prípade sústavy na obrázku 1 sa budeme zaujímať o vyznačené miesto 22 kV. Zavedieme si vzťažnú reaktanciu podľa (16).

$$X_v = \frac{U_v^2}{S_v} \quad (16)$$

Pre zavedenie pomerných jednotiek platí (17).

$$x_{pj} = \frac{X}{X_v} \quad (17)$$

Teraz si podme ukázať prepočty napäťových hladín. Začneme prepočtom z nižšej hladiny na vyššiu, tj. Pre transformátor T3 podľa vzťahu (18).

$$x_{T3} = u_{kT3} \frac{U_{NT3}^2}{S_{NT3}} \left(\frac{U_v^2}{S_v} \right)^{-1} p_{T3}^2 = 0,12 \frac{0,65^2}{63} \left(\frac{22^2}{80} \right)^{-1} \left(\frac{23,5}{0,65} \right)^2 \quad (18)$$

Zároveň platí aj (19).

$$x_{T3} = u_{kT3} \frac{U_{NT3}^2}{S_{NT3}} \left(\frac{U_v^2}{S_v} \right)^{-1} = 0,12 \frac{23,5^2}{63} \left(\frac{22^2}{80} \right)^{-1} \quad (19)$$

Pre prepočty z vyšších napäťových hladín na nižšie platí (20) až (25).

$$x_{T2} = u_{kT2} \frac{U_{NT2}^2}{S_{NT2}} \left(\frac{U_v^2}{S_v} \right)^{-1} p_{T2}^2 = 0,115 \frac{119^2}{80} \left(\frac{22^2}{80} \right)^{-1} \left(\frac{23}{119} \right)^2 \quad (20)$$

$$x_{T2} = u_{kT2} \frac{U_{NT2}^2}{S_{NT2}} \left(\frac{U_v^2}{S_v} \right)^{-1} = 0,115 \frac{23^2}{80} \left(\frac{22^2}{80} \right)^{-1} \quad (21)$$

$$x_{VED} = l_{ved} x_{ved} \left(\frac{U_v^2}{S_v} \right)^{-1} p_{T2}^2 = 0,115 \frac{119^2}{80} \left(\frac{22^2}{80} \right)^{-1} \left(\frac{23}{119} \right)^2 \quad (22)$$

$$x_{T1} = u_{kT1} \frac{U_{NT1}^2}{S_{NT1}} \left(\frac{U_v^2}{S_v} \right)^{-1} p_{T1}^2 p_{T2}^2 = 0,1 \frac{420^2}{350} \left(\frac{22^2}{80} \right)^{-1} \left(\frac{120}{420} \right)^2 \left(\frac{23}{119} \right)^2 \quad (23)$$

$$x_{T1} = u_{kT1} \frac{U_{NT1}^2}{S_{NT1}} \left(\frac{U_v^2}{S_v} \right)^{-1} p_{T2}^2 = 0,1 \frac{120^2}{350} \left(\frac{22^2}{80} \right)^{-1} \left(\frac{23}{119} \right)^2 \quad (24)$$

$$x_{ES} = \frac{U_{NES}^2}{S_{kS}} \left(\frac{U_v^2}{S_v} \right)^{-1} p_{T1}^2 p_{T2}^2 = \frac{400^2}{15000} \left(\frac{22^2}{80} \right)^{-1} \left(\frac{120}{420} \right)^2 \left(\frac{23}{119} \right)^2 \quad (25)$$

Zostavenie admitančnej matice

Pre výpočty videných impedancií v uzloch sústavy budeme používať metódu uzlových napätí (vysvetlená v predmetoch A1B15EN2, A1M15PRE, A1M15RES). V krátkosti si zhrnieme aspoň vzťahy pre určenie diagonálnych a nediagonálnych prvkov tejto matice. Pre diagonálne prvky platí všeobecný vzťah (26) a pre nediagonálne prvky platí (27). Predpokladáme spotrebičovú orientáciu, tj. dodávaný výkon do uzlu je záporný a výkon odoberaný je kladný.

$$\mathbf{Y}_{(k,k)} = \sum_{\substack{m=0 \\ m \neq k}} -\hat{Y}_{km} \quad (26)$$

$$\mathbf{Y}_{(k,m)} = \hat{Y}_{km} \quad (26)$$

Požiadavky na kvalitu elektrickej energie v zmysle ČSN EN 50160

Oboznámenie sa so základnými požiadavkami na kvalitu elektrickej energie pre NN, VN a VVN. Priblížime si princíp vyhodnotenia a merania jednotlivých parametrov.

Témy semestrálnych prác EZS				
č.	Téma	Popis	Zadanie	Prihlásení (max. 2)
1.	Výpočty v distribučných sústavách	Výpočet spoľahlivostných parametrov v distribučnej sieti		
2.	Výpočty v distribučných sústavách	Účinky nasadzovania prvkov automatizácie v distribučnej sústave		
3.	Návrh SVC I	Návrh SVC pre elektrickú oblúkovú pec, musí obsahovať c-type filter		
4.	Návrh SVC II	Návrh SVC pre elektrickú oblúkovú pec, 2. a 3. harmonická, použité tlmičky s odporovými prstencami		
5.	Šírenie VH I	Výpočet šírenia vyšších harmonických v sieti 110 a 22 kV		
6.	Šírenie VH II	Výpočet šírenia vyšších harmonických v sieti 110 a 22 kV		
7.	Šírenie flicker ef. I	Výpočet šírenia flicker efektu pomocou analyzovania pomerov skratových výkonov		
8.	Šírenie flicker ef. II	Výpočet šírenia flicker efektu pomocou analýzy časových priebehov napätí		
9.	Útlm flicker efektu	Sledovanie utlmovania flicker efektu prostredníctvom superpozície ostatných odberov a zdroja rušenia		
10.	Skratové pomery I	Výpočet skratových pomerov v sústave s rozptýlenou výrobou EE pre rôzne konfigurácie		
11.	Skratové pomery II	Výpočet skratových pomerov v sústave s rozptýlenou výrobou EE pre rôzne konfigurácie		
12.	Iná téma			