

1. Cvičenie

Organizačné záležitosti

Cvičenia budú prebiehať podľa rozvrhov pre zimný semester akademického roku 2014/2015 každý utorok čase od 16:15 do 18:45. Plánovaný harmonogram cvičení je zhrnutý v nasledujúcej tabuľke.

Harmonogram cvičení predmetu A0M15EZS			
Týždeň	Dátum	Témy	Vyučujúci
1	23.9.2014	Úvodné informácie, poučenie o bezpečnosti, opakovanie, požiadavky na kvalitu elektrickej energie ČSN EN 50160	Čerňan
2	30.9.2014	Charakteristiky nadradenej elektrizačnej sústavy, vyššie harmonické v zložkových sústavách, šírenie vyšších harmonických	Čerňan
3	7.10.2014	Potlačenie vyšších harmonických pomocou pasívnych rezonančných filtrov, základné typy, návrh filtrov a SVC	Čerňan
4	14.10.2014	Program pre určenie flicker efektu, ukážky zdrojov flicker efektu, vplyv SVC na flicker efekt, šírenie flicker efektu v sústave	Čerňan
5	21.10.2014	Meranie kvality elektrickej energie	Čerňan
6	28.10.2014	Sviatok	Čerňan
7	4.11.2014	Smart Grids - skratové pomery v sieti	Čerňan
8	11.11.2014	SCADA systémy	
9	18.11.2014	Rezerva	
10	25.11.2014	Elektrické ochrany	
11	2.12.2014	Elektrické ochrany	
12	9.12.2014	Elektrické ochrany	
13	16.12.2014	Termín odovzdania semestrálnej práce/ ochrany	Čerňan/
14	23.12.2014	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 13. výukovom týždni (15.12.2014 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.

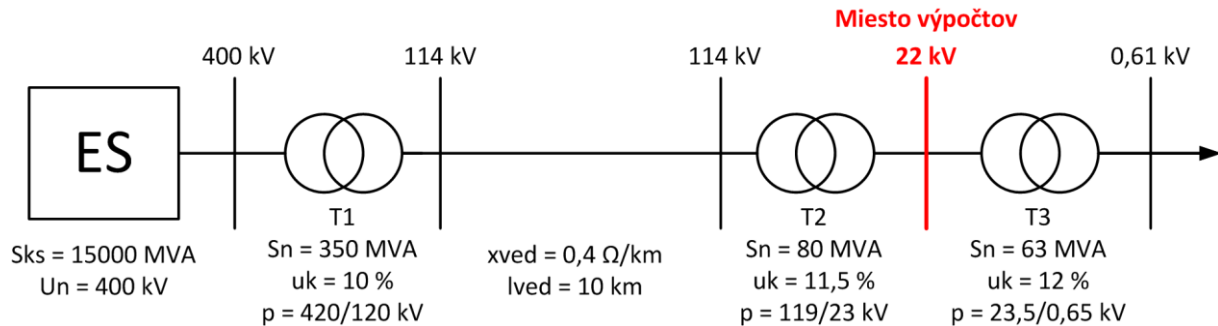
$$\widehat{S} = \sqrt{3}\widehat{U}_N\widehat{I}_{sit}^* = P + jQ \quad (10)$$

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

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

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

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

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.	Návrh filtrov I	Návrh pre usmerňovač so zadanými napätiami a prúdmi VH, uvažované filtre 5. a 11. harmonickej a kondenzátorová batéria	6.10.2014 (3. týždeň)	
2.	Návrh filtrov II	Návrh pre usmerňovač so zadanými napätiami a prúdmi VH, uvažované filtre 5. a 17. harmonickej	6.10.2014 (3. týždeň)	
3.	Návrh SVC I	Návrh SVC pre elektrickú oblúkovú pec, musí obsahovať c-type filter	6.10.2014 (3. týždeň)	
4.	Návrh SVC II	Návrh SVC pre elektrickú oblúkovú pec, musí obsahovať zatlmený filter	6.10.2014 (3. týždeň)	
5.	Návrh SVC III	Návrh SVC pre elektrickú oblúkovú pec, 2. a 3. harmonickej, použité tlmivky s odporovými prstencami	6.10.2014 (3. týždeň)	
6.	Šírenie VH I	Výpočet šírenia vyšších harmonických v sieti 110 a 22 kV	6.10.2014 (3. týždeň)	
7.	Šírenie VH II	Výpočet šírenia vyšších harmonických v sieti 110 a 22 kV	6.10.2014 (3. týždeň)	
8.	Šírenie flicker ef. I	Výpočet šírenia flicker efektu pomocou analyzovania pomerov skratových výkonov	13.10.2014 (4. týždeň)	
9.	Šírenie flicker ef. II	Výpočet šírenia flicker efektu pomocou analýzy časových priebehov napätí	13.10.2014 (4. týždeň)	
10.	Útlm flicker efektu	Sledovanie utlmovania flicker efektu prostredníctvom superpozície ostatných odberov a zdroja rušenia	13.10.2014 (4. týždeň)	
11.	Skratové pomery I	Výpočet skratových pomerov v sústave s rozptýlenou výrobou EE pre rôzne konfigurácie	27.10.2014 (6. týždeň)	
12.	Skratové pomery II	Výpočet skratových pomerov v sústave s rozptýlenou výrobou EE pre rôzne konfigurácie	27.10.2014 (6. týždeň)	