1. OBVOD STŘÍDAVÉHO PROUDU S ODPOREM

1.1.STŘÍDAVÝ PROUD

 Víme, že galvanický článek či akumulátor jsou zdroji **STEJNOSMĚRNÉHO NAPĚTÍ.** Zároveň víme, že rotující závit v magnetickém poli vytváří harmonicky se měnící indukované napětí, které nazýváme **STŘÍDAVÉ**. Platí :

**u = Um. sin(t), kde  = 2πf**

V energetice je f = 50 Hz (v technice od 16 kHz do desítek GHz)

1.2.fázový rozdíl napětí a proudu



 Je patrné, že fázový rozdíl je nulový a proud i napětí kmitají se stejnou fází. Velikost odporu je stejná v obvodu se stejnosměrným i střídavým proudem. Zakresleme tedy časový diagram harmonického elektrického kmitání.

1.3.fázorový diagram

 Znázornění harmonického kmitání, v němž je veličina symbolizována orientovanou úsečkou umístěnou v souřadnicové soustavě - **tzv. FÁZOR**. Délka fázoru je rovna amplitudě veličiny. Úhel, který svírá fázor s osou x je přímo fázovým rozdílem. V ose y lze zakreslit okamžitou hodnotu veličiny.



2. obvod střídavého proudu s indukčností

2.1.fázový rozdíl napětí a proudu

 Pro střídavé napětí platí: . Střídavý proud procházející cívkou vytváří magnetické pole, které **indukuje** napětí směřující proti střídavému napětí. Střídavý proud tedy nutně nemůže mít stejnou fázi jako napětí. Platí: . Proud se tedy **opožďuje** za napětím, posun proudu způsobený indukčností L je o π / 2.



2.2.induktance

 Cívka se ve střídavém obvodu chová jako odpor, ale energie proudu se nepřeměňuje pouze na teplo, ale především na magnetické pole. Platí tedy: .

 Veličina je **induktance**, vyjadřujeme ji v **OHMECH**. Cívky s velkou induktancí nazýváme tlumivky.

3. Obvod střídavého proudu s kapacitou

3.1.fázový rozdíl napětí a proudu

 Pro střídavé napětí platí: . Pokud v obvodu máme kondenzátor, tak dochází k jeho periodickému **nabíjení a vybíjení**. Elektrický proud však přes dieelektrikum kondenzátoru neprochází. Nabíjecí střídavý proud je největší, pokud je kondenzátor nenabitý – tzn. napětí na kondenzátoru je nulové. Naopak je-li kondenzátor nabit, pak musí být proud nulový. . Proud tedy **PŘEDBÍHÁ** napětí, posun proudu způsobený kapacitou C je o π / 2.



3.2.kapacitance

 Kondenzátor se neustále periodicky nabíjí a vybíjí. Platí tedy: .

 Veličina je **kapacitance** , vyjadřujeme ji v **OHMECH**.

4. SLOŽENÝ OBVOD STŘÍDAVÉHO OBVODU

 Budeme studovat střídavý obvod, v němž máme v sérii zapojený rezistor, cívku a kondenzátor ⇒ „ **RLC v sérii**“. Máme – li prvky v sérii musí díky
ZZ el. náboje procházet všemi prvky obvodu stejný elektrický proud. Ovšem napětí se liší, jak ve velikosti, tak ve své fázi. Hledejme tedy výsledné napětí na všech třech prvcích v sérii.

 Ve fázorovém diagramu níže je zaznačena amplituda elektrického proudu. Amplituda napětí na rezistoru **musí ležet přímo na amplitudě proudu**. U cívky však víme, že **napětí předbíhá** elektrický proud, proto je UL před Im. Ale napětí na kondenzátoru **se opožďuje**, proto je UC je za Im. **Pro určení amplitudy napětí stačí jen všechny tři amplitudy na prvcích sečíst.**

Z Pythagorovy věty lze odvodit:



 Pokud v obvodu je napětí na cívce **stejně velké** jako na kondenzátoru, pak je **IMPEDANCE** přímo rovna **REZISTANCI** a obvodem protéká největší možný proud ve stejné fázi jako napětí. Říkáme, že došlo k **REZONANCI** střídavého obvodu při **REZONANČNÍ FREKVENCI fo**.



5. VÝKON STŘÍDAVÉHO PROUDU

5.1. OBVOD S ODPOREM

 Ke vzájemnému srovnání množství elektrické energie dodávané do obvodu za čas slouží fyzikální veličina **VÝKON**. Pro výkon obvodu s odporem lze zapsat:



 Pro výpočet elektrické práce je nutné vypočíst plochu pod křivkou znázorňující časový průběh výkonu ⇒ . Tento úkol lze jednoduše provést, pokud si uvědomíme, že útvar pod křivkou lze převést na obdélník o poloviční amplitudě výkonu a dostaneme stejný obsah. Pak platí:



 Jak velká musí být velikost stejnosměrného proudu, aby měl výkon stejný jako střídavý proud o amplitudě Im neboli jak velká je tzv. **EFEKTIVNÍ HODNOTA PROUDU**?



Pak lze výkon obvodu popsat pomocí efektivních hodnot P = U.I

5.2.obvod s impedancí

 Pokud máme v obvodu R,L,C, pak pochopitelně nelze ve vztahu pro výkon pracovat pouze s velikostí odporu, pak platí:



 Ze vtahu vyjadřujícího **ČINNÝ VÝKON** střídavého proudu je zřejmé, že závisí na fázovém rozdílu proudu a napětí, což naznačuje cos - tzv. **ÚČINÍK**. Pokud je  = π/2, pak je činný výkon nulový (elektrická energie se pouze přelévá ze zdroje do spotřebiče a naopak za ztráty energie ve vodičích a obvodu). Účiník tedy nabude hodnot v rozmezí 0 až 1 (nulový činný výkon až rezonance)

6.1. GENERÁTOR STŘÍDAVÉHO PROUDU

Podstata výroby střídavého proudu je v periodicky se měnícím magnetickém poli v okolí cívky (vodivé smyčky). V praxi je výroba realizována **ALTERNÁTORY**, které se skládají ze soustavy statických cívek (**STATOR**) a otáčejícím se elektromagnetem (**ROTOR**). Stator bývá mohutný a vychází z něj vodiče se střídavým proudem. Ve středu statoru je na ose rotor. Alternátor je spojen hřídelí hnací turbíny, která uvádí rotor do pohybu – přeměňuje se tak mechanická energie v elektrickou energii.

Abychom mohli uvést do pohybu hnací turbínu, je nutné jí dodat mechanickou energii. To se provádí v **elektrárnách**, kdy zdroji této energie je uhlí (tepelné elektrárny), voda v přehradách (vodní elektrárny), jaderné palivo (jaderné elektrárny), sluneční záření (sluneční elektrárny) a energie nitra země (geotermální elektrárny).

Užíváme **TROJFÁZOVÝ TURBOALTERNÁTOR** :



 **Maximální hodnoty napětí** jsou u těchto tří cívek posunuty vždy o třetinu periody. Elektromagnet **rotuje ve statoru s frekvencí 50 Hz**. Na cívkách se indukují střídavá napětí s těmito fázovými rozdíly:

 6.2.trojfázová soustava střídavého napětí

 Víme, jak se v praxi střídavý proud vyrábí, je nutné však vytvořit rozvodnou síť. Mohli bychom ke každé cívce připojit dva vodiče a střídavý proud rozvádět pomocí šesti vodičů. To ale není výhodné a využíváme tzv. **trojfázovou soustavu** střídavých napětí.

Z fázorového diagramu jasně plyne: u1 + u2 + u3 = 0.

Z každé cívky vezmeme vodič a spojíme je do jediného bodu - **UZLU** . K tomuto uzlu připojíme **NULOVACÍ VODIČ**. Zbylé vodiče cívek vedeme ven ze statoru a nazývají se **FÁZOVÉ**.

 Vodiče vycházející z cívky spojujeme do hvězdy nebo do trojúhelníku:

a) **HVĚZDA** (fázová napětí, 220V - 230 V, jedna zdířka je fázový vodič a druhé je nulovací vodič)



b) **TROJÚHELNÍK** (sdružená napětí, 380V – 400 V, výkon spotřebiče je mnohem větší)



7. ELEKTROMOTOR NA TROJFÁZOVÝ PROUD

7.1.SYNCHRONNÍ

Turboalternátory jsou schopny mechanickou energii přeměnit na elektrickou, elektromotory mají schopnost opačnou a to **přeměnit elektrickou energii na mechanickou**.

Jejich konstrukce je obdobná turboalternátorům. Stator se 3 cívkami zapojíme do hvězdy. Proud procházející těmito cívkami vytváří magnetické pole, ale vždy tak, že po třetině periody je jedna s cívek bez proudu a 2 zbylými prochází proud opačný. Vektor magnetické indukce tak neustále mění svůj směr a vzniká **TOČIVÉ MAGNETICKÉ POLE**, které působí na rotor, což je upravená magnetka.

Magnetka se musí díky ZZE otáčet se **stejnou** frekvencí jako má střídavý proud.



7.2.asynchronní

Problém synchronního motoru je v tom, že **neumí měnit frekvenci otáčení.** Proto je upravená magnetka nahrazena **KOTVOU NAKRÁTKO** – vodivá klec z hliníkových tyčí, které jsou spojeny čelními prstenci.

Díky nestacionárnímu magnetickému poli se v kotvě indukují velké proudy, vzniká uzavřený obvod, který působí magnetickou silou. Ovšem otáčení kotvy je s **menší frekvencí než frekvence střídavého proudu**, což charakterizuje skluz: .

Pokud kotva nepracuje – běží naprázdno – je skluz minimální. Při zatížení však roste. Lze tak měnit otáčky rotoru a tím lépe využit zařízení k pohonu strojů a čerpadel.

8. transformátor

8.1.jednofázový

Zařízení, které **umožňuje měnit napětí** ve střídavých obvodech. Přenos elektrické energie z elektráren je uskutečňován vysokým napětím v kV, ale v síti máme pouze 230V.

 Zařízení je realizováno tak, že k **ocelovému jádru z měkké oceli** je přivedena **primární cívka** připojená ke zdroji napětí o U1 a prochází jí střídavý proud I1. Cívka tak vytváří v tomto jádře proměnné magnetické pole, které ovlivňuje **sekundární připojenou cívku** a indukuje v ní napětí U2. Jádro je složeno z **izolovaných plechů,** aby se co nejvíce omezila tvorba indukovaných vířivých proudů. Dochází ke stálému ohřívání a je nutné transformátor chladit – většinou je **ponořen do oleje**, který teplo odvádí.





 Pokud však sekundární cívka není spojena s obvodem naprázdno, kdy vinutím neprochází žádný proud, tak je situace složitější. Dochází ke ztrátám energie. Napětí je pak i o 10 % nižší než by odpovídalo transformačnímu poměru (vířivé proudy, zahřívání cívek, magnetování).



8.2.trojfázový

 Jádro má tři magnetické větve a každá má své primární a sekundární vinutí. Cívky jsou poté zapojeny do hvězdy nebo trojúhelníku



9. USMĚRNĚNÍ STŘÍDAVÉHO PROUDU

Usměrnění střídavého proudu na stejnosměrný, který je v různých zařízeních mnohdy žádoucí, je umožněno díky zapojení **POLOVODIČOVÉ DIODY** do obvodu. Dioda má schopnost **propouštět elektrický proud pouze v případě**, že je anoda (Polovodič typu P) **připojena ke kladnému pólu** zdroje napětí (propustný směr), zatímco v opačném případě je průchod proudu znemožněn (závěrný směr).

V praxi to znamená, že **dioda propustí pouze polovinu všech period střídavého proudu**, protože jen polovina je v propustném směru. Při zapojení diody jako **JEDNOCESTNÝ USMĚRŇOVAČ** dostáváme tepavý stejnosměrný proud, napětí na rezistoru při zapojení naprázdno je Um:



Tento tepavý proud není výhodný, a proto se snažíme co nejvíce tepání omezit. To lze jednoduše **přidáním kondenzátoru do obvodu**. V kladné půlperiodě prochází diodou proud a nabíjí se kondenzátor, v záporné půlperiodě proud neprochází a kondenzátor se vybíjí. Tím dostáváme v obvodu vyhlazenou pulsaci (tím více, čím větší je C) :



 Je třeba už pouze vyřešit problém, jak využít obě půlperiody střídavého proudu. To se provádí **Graetzovým zapojením**, což je kombinace 4 diod, které umožní průchod střídavého proudu po celou dobu pulsace.



10. ZESÍLENÍ STŘÍDAVÉHO PROUDU

 Zesilovačem střídavého proudu je **TRANZISTOR**. Nejběžnější zapojení je se společným emitorem (SE zapojení):



 Na vstup zesilovače je připojeno střídavé napětí u1, tranzistor proud zesílí na výstupu na napětí u2. Zesílení vyjadřujeme veličinou . Zesílení proudu kolektoru závisí na vstupujícím proudu do báze a vyjadřuje se proudovým zesilovacím činitelem . Aby mohl tranzistor správně fungovat je nutné správně nastavit podmínky, což se děje stejnosměrným proudem přes RB, RC. Proto jsou v zapojení kondenzátory, aby se na výstup nedostal stejnosměrný proud.