

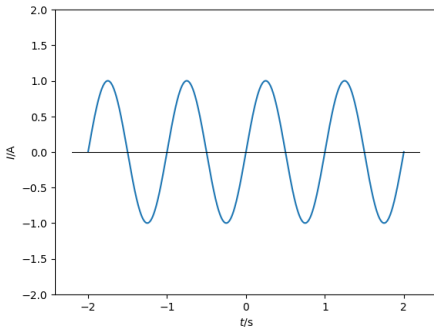
Izmjenična struja

Duje Jerić- Miloš

4. ožujka 2025.

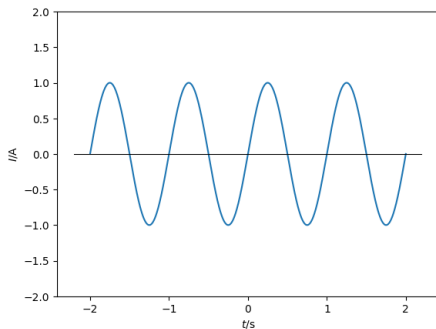
Izmjenična struja

- ▶ Ako periodički uvlačimo i izvlačimo magnet iz zavojnice, stvaramo *izmjenični* napon i *izmjeničnu* struju:



Izmjenična struja

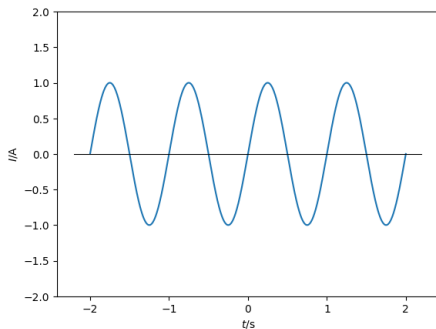
- ▶ Ako periodički uvlačimo i izvlačimo magnet iz zavojnice, stvaramo *izmjenični* napon i *izmjeničnu* struju:



- ▶ Izvučemo i uvučemo magnet 2 puta u sekundi \Rightarrow frekvencija je 2Hz (herza) \Rightarrow maksimum struje se postiže 2 puta u sekundi.

Izmjenična struja

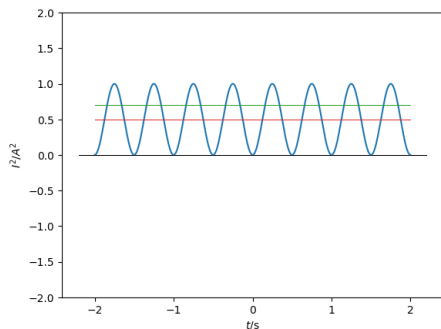
- ▶ Ako periodički uvlačimo i izvlačimo magnet iz zavojnice, stvaramo *izmjenični* napon i *izmjeničnu* struju:



- ▶ Izvučemo i uvučemo magnet 2 puta u sekundi \Rightarrow frekvencija je 2Hz (herza) \Rightarrow maksimum struje se postiže 2 puta u sekundi.
- ▶ Kod izmjenične struje elektroni se ne miču daleko od početnih položaja - idu naprijed-natrag.

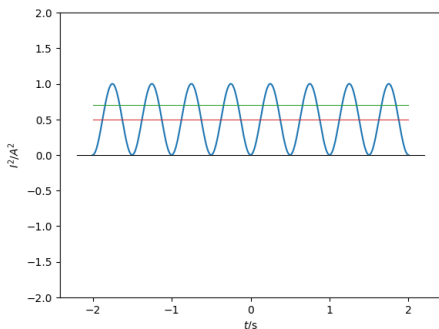
Srednje vrijednosti

- Rad ovisi o kvadratu struje $VI = IR \cdot I = I^2 R$. Kvadrat struje izgleda kao:



Srednje vrijednosti

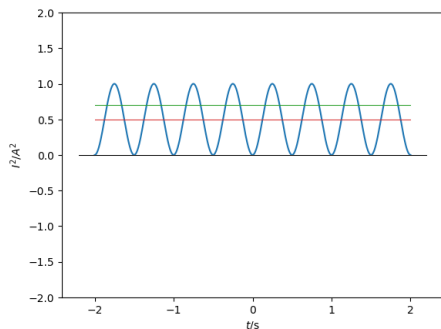
- Rad ovisi o kvadratu struje $VI = IR \cdot I = I^2 R$. Kvadrat struje izgleda kao:



- Srednja vrijednost kvadrata struje (crveno) je $\langle I^2 \rangle = \frac{I_0^2}{2}$, gdje je I_0 maksimalna vrijednost struje (mjereno od 0A).

Srednje vrijednosti

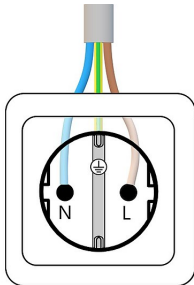
- ▶ Rad ovisi o kvadratu struje $VI = IR \cdot I = I^2 R$. Kvadrat struje izgleda kao:



- ▶ Srednja vrijednost kvadrata struje (crveno) je $\langle I^2 \rangle = \frac{l_0^2}{2}$, gdje je l_0 maksimalna vrijednost struje (mjereno od 0A).
- ▶ Iz ovoga dobijemo vrijednost istosmjerne struje (zeleno) koja bi dala istu srednju snagu: $\langle I \rangle_{rms} = \sqrt{\langle I^2 \rangle} = \frac{l_0}{\sqrt{2}}$

Voltaža električne mreže

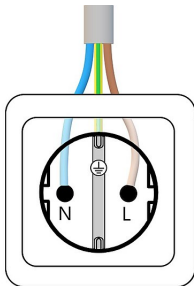
- ▶ U utičnici (između N i L) imamo *izmjenični napon*.



CEE 7/3 European socket wiring

Voltaža električne mreže

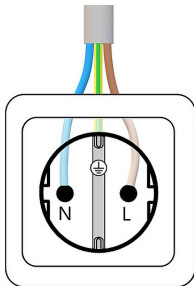
- ▶ U utičnici (između N i L) imamo *izmjenični napon*.



CEE 7/3 European socket wiring

Voltaža električne mreže

- ▶ U utičnici (između N i L) imamo *izmjenični napon*.

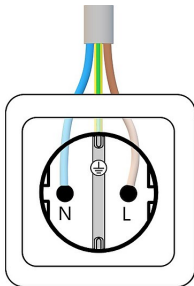


CEE 7/3 European socket wiring

- ▶ U Hrvatskoj (i drugim europskim državama, ali ne u npr. Americi) je srednja vrijednost (rms; root mean square) napona jednaka 230V, a frekvencija je 50Hz

Voltaža električne mreže

- ▶ U utičnici (između N i L) imamo *izmjenični napon*.



CEE 7/3 European socket wiring

- ▶ U Hrvatskoj (i drugim europskim državama, ali ne u npr. Americi) je srednja vrijednost (rms; root mean square) napona jednaka 230V, a frekvencija je 50Hz
- ▶ Maksimalna vrijednost voltaže je $230 \cdot \sqrt{2} \approx 325\text{V}$, a postižu se sve vrijednosti od -235V do $+235\text{V}$ (i to 50 puta u sekundi).

Don't be stupid, stupid

- ▶ Strujni udar se javlja kada kroz ljudsko tijelo teče dovoljno velika struja (dovoljno dugo vremena).

Don't be stupid, stupid

- ▶ Strujni udar se javlja kada kroz ljudsko tijelo teče dovoljno velika struja (dovoljno dugo vremena).
- ▶ Opasnost slijedi jer se može dogoditi:

Don't be stupid, stupid

- ▶ Strujni udar se javlja kada kroz ljudsko tijelo teče dovoljno velika struja (dovoljno dugo vremena).
- ▶ Opasnost slijedi jer se može dogoditi:
 1. Srčana aritmija (ventrikularna fibrilacija)

Don't be stupid, stupid

- ▶ Strujni udar se javlja kada kroz ljudsko tijelo teče dovoljno velika struja (dovoljno dugo vremena).
- ▶ Opasnost slijedi jer se može dogoditi:
 1. Srčana aritmija (ventrikularna fibrilacija)
 2. Grčenje mišića \implies otežano disanje, u ekstremnom slučaju lomovi kostiju

Don't be stupid, stupid

- ▶ Strujni udar se javlja kada kroz ljudsko tijelo teče dovoljno velika struja (dovoljno dugo vremena).
- ▶ Opasnost slijedi jer se može dogoditi:
 1. Srčana aritmija (ventrikularna fibrilacija)
 2. Grčenje mišića \implies otežano disanje, u ekstremnom slučaju lomovi kostiju
 3. Kod jako velikih struja opekotine

Don't be stupid, stupid

- ▶ Strujni udar se javlja kada kroz ljudsko tijelo teče dovoljno velika struja (dovoljno dugo vremena).
- ▶ Opasnost slijedi jer se može dogoditi:
 1. Srčana aritmija (ventrikularna fibrilacija)
 2. Grčenje mišića \implies otežano disanje, u ekstremnom slučaju lomovi kostiju
 3. Kod jako velikih struja opekotine
- ▶ 1. je najopasnije i može izazvati srčani zastoj.

Don't be stupid, stupid

- ▶ Strujni udar se javlja kada kroz ljudsko tijelo teče dovoljno velika struja (dovoljno dugo vremena).
- ▶ Opasnost slijedi jer se može dogoditi:
 1. Srčana aritmija (ventrikularna fibrilacija)
 2. Grčenje mišića \implies otežano disanje, u ekstremnom slučaju lomovi kostiju
 3. Kod jako velikih struja opekotine
- ▶ 1. je najopasnije i može izazvati srčani zastoj.
- ▶ Interesantno je da na visokim frekvencijama (npr. reda veličine 100kHz) stanice i živci slabo reagiraju na struju, stoga se ne javljaju 1 i 2. Vidi <https://www.youtube.com/watch?v=MMzU66IHe-k>

Don't be stupid, stupid

- ▶ Strujni udar se javlja kada kroz ljudsko tijelo teče dovoljno velika struja (dovoljno dugo vremena).
- ▶ Opasnost slijedi jer se može dogoditi:
 1. Srčana aritmija (ventrikularna fibrilacija)
 2. Grčenje mišića \implies otežano disanje, u ekstremnom slučaju lomovi kostiju
 3. Kod jako velikih struja opekotine
- ▶ 1. je najopasnije i može izazvati srčani zastoj.
- ▶ Interesantno je da na visokim frekvencijama (npr. reda veličine 100kHz) stanice i živci slabo reagiraju na struju, stoga se ne javljaju 1 i 2. Vidi <https://www.youtube.com/watch?v=MMzU66IHe-k>
- ▶ Istosmjerna struja stvara jednu kontinuiranu mišićnu kontrakciju \implies 50mA (rms) AC je dosta opasnija od 50mA DC (ali i DC isto može izazvati fibrilaciju srca).

Don't be stupid, stupid

- ▶ Korištenjem *izolatora* (visoki otpor) možemo smanjiti struju i tako izbjeći strujni udar. Navedite primjere.

Don't be stupid, stupid

- ▶ Korištenjem *izolatora* (visoki otpor) možemo smanjiti struju i tako izbjeći strujni udar. Navedite primjere.
- ▶ Strujni udar će se dogoditi ako su dvije točke našeg tijela na znatno različitim voltažama.

Don't be stupid, stupid

- ▶ Korištenjem *izolatora* (visoki otpor) možemo smanjiti struju i tako izbjeći strujni udar. Navedite primjere.
- ▶ Strujni udar će se dogoditi ako su dvije točke našeg tijela na znatno različitim voltažama.
- ▶ Negdje u blizini visokonaponska žica dotakne tlo. Je li bolje raširiti ili skupiti noge?

Don't be stupid, stupid

- ▶ Korištenjem *izolatora* (visoki otpor) možemo smanjiti struju i tako izbjeći strujni udar. Navedite primjere.
- ▶ Strujni udar će se dogoditi ako su dvije točke našeg tijela na znatno različitim voltažama.
- ▶ Negdje u blizini visokonaponska žica dotakne tlo. Je li bolje raširiti ili skupiti noge?
- ▶ Zašto ptice mogu bez problema sletjeti na visokonaponski dalekovod?

Uzemljenje

- ▶ Unutar tostera postoji žica koja dira metalno kućište.

Uzemljenje

- ▶ Unutar tosteru postoji žica koja dira metalno kućište.
- ▶ Ako dotaknemo kućište, strest će nas struja (koja će poteći prema podu).

Uzemljenje

- ▶ Unutar tosteru postoji žica koja dira metalno kućište.
- ▶ Ako dotaknemo kućište, strest će nas struja (koja će poteći prema podu).
- ▶ Ako pak kućište povežemo sa zemljom (uzemljimo), nećemo doživjeti udar. Zašto?

Uzemljenje

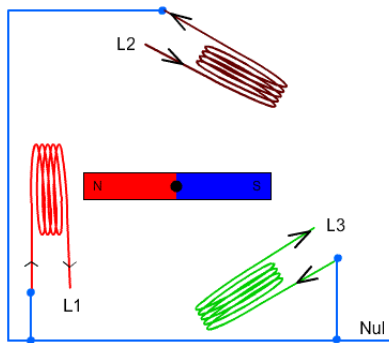
- ▶ Unutar tosteru postoji žica koja dira metalno kućište.
- ▶ Ako dotaknemo kućište, strast će nas struja (koja će poteći prema podu).
- ▶ Ako pak kućište povežemo sa zemljom (uzemljimo), nećemo doživjeti udar. Zašto?
- ▶ Kućište je povezano žicom niskog otpora sa zemljom, što održava voltažu između zemlje i kućišta na približno 0V (višak naboja na tosteru sada putem niskog otpora može ići u tlo)

Uzemljenje

- ▶ Unutar tosteru postoji žica koja dira metalno kućište.
- ▶ Ako dotaknemo kućište, strast će nas struja (koja će poteći prema podu).
- ▶ Ako pak kućište povežemo sa zemljom (uzemljimo), nećemo doživjeti udar. Zašto?
- ▶ Kućište je povezano žicom niskog otpora sa zemljom, što održava voltažu između zemlje i kućišta na približno 0V (višak naboja na tosteru sada putem niskog otpora može ići u tlo)
- ▶ Općenito, točku strujnog kruga smo "uzemljili" ako održavamo potencijal te točke na nekoj referentnoj vrijednosti (tj. održavamo voltažu između te točke i neke referentne točke na 0V).

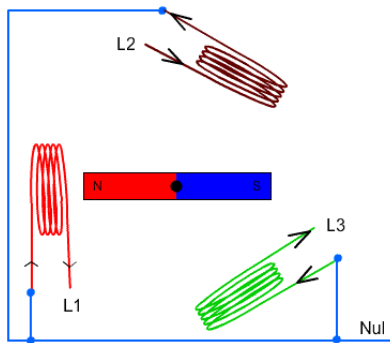
Generator (alternator)

- ▶ Rotiranjem magneta tok kroz zavojnice jača i slabi, što stvara izmjenični napon i struju:



Generator (alternator)

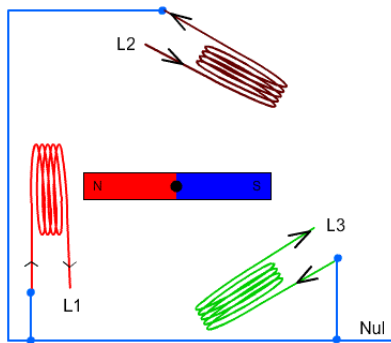
- ▶ Rotiranjem magneta tok kroz zavojnice jača i slabi, što stvara izmjenični napon i struju:



- ▶ Nul vod je obično uzemljen (na istom potencijalu kao zemlja).

Generator (alternator)

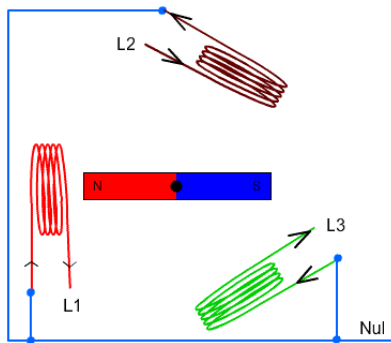
- ▶ Rotiranjem magneta tok kroz zavojnice jača i slabi, što stvara izmjenični napon i struju:



- ▶ Nul vod je obično uzemljen (na istom potencijalu kao zemlja).
- ▶ Rotacija stvara napon između nul i drugog kraja zavojnice (L1, L2 i L3).

Generator (alternator)

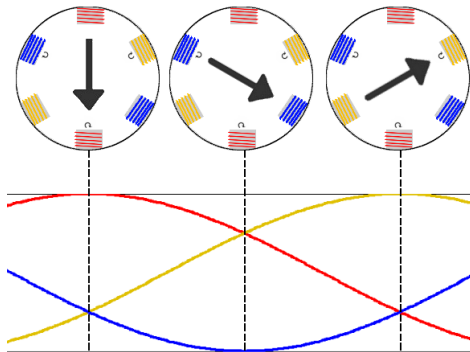
- ▶ Rotiranjem magneta tok kroz zavojnice jača i slabi, što stvara izmjenični napon i struju:



- ▶ Nul vod je obično uzemljen (na istom potencijalu kao zemlja).
- ▶ Rotacija stvara napon između nul i drugog kraja zavojnice (L1, L2 i L3).
- ▶ Animacija: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simpel-3-faset-generator.gif>

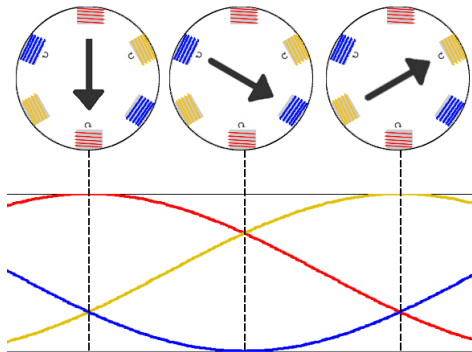
Generator (alternator)

- Struja je u različitim zavojnicama pomaknuta u **fazi** (dok u jednoj zavojnici struja jača, u drugoj slabi):



Generator (alternator)

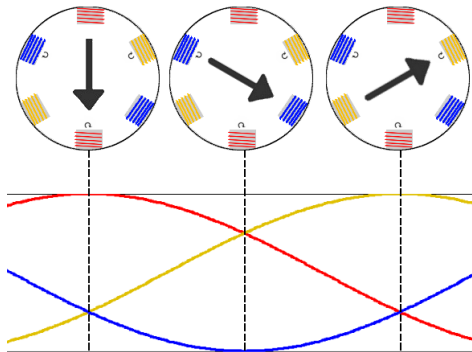
- Struja je u različitim zavojnicama pomaknuta u **fazi** (dok u jednoj zavojnici struja jača, u drugoj slabi):



- 3 zavojnice će proizvesti 3 faze (Teslina trofazna struja)

Generator (alternator)

- ▶ Struja je u različitim zavojnicama pomaknuta u **fazi** (dok u jednoj zavojnici struja jača, u drugoj slabi):



- ▶ 3 zavojnice će proizvesti 3 faze (Teslina trofazna struja)
- ▶ Do kućnih utičnica nam dolazi nul vod i jedna od faza.

Elektromotor

- ▶ Možemo preokrenuti funkciju generatora: pravovremenim aktiviranjem zavojnica možemo okretati magnet.

Elektromotor

- ▶ Možemo preokrenuti funkciju generatora: pravovremenim aktiviranjem zavojnica možemo okretati magnet. Ali kako točno?
- ▶ U elektrani generator stvara 3 faze. Svaku od faza dovedemo na jednu od zavojnica \implies stvori se rotirajuće magnetsko polje \implies ono rotira magnet.

Elektromotor

- ▶ Možemo preokrenuti funkciju generatora: pravovremenim aktiviranjem zavojnica možemo okretati magnet. Ali kako točno?
- ▶ U elektrani generator stvara 3 faze. Svaku od faza dovedemo na jednu od zavojnica \implies stvori se rotirajuće magnetsko polje \implies ono rotira magnet.
- ▶ U modernoj industriji stoga imamo sljedeći proces:

Elektromotor

- ▶ Možemo preokrenuti funkciju generatora: pravovremenim aktiviranjem zavojnica možemo okretati magnet. Ali kako točno?
- ▶ U elektrani generator stvara 3 faze. Svaku od faza dovedemo na jednu od zavojnica \implies stvori se rotirajuće magnetsko polje \implies ono rotira magnet.
- ▶ U modernoj industriji stoga imamo sljedeći proces:
 1. Prvo stvorimo električnu energiju mehaničkim okretanjem rotora (obično pomoću vode ili pare).

Elektromotor

- ▶ Možemo preokrenuti funkciju generatora: pravovremenim aktiviranjem zavojnica možemo okretati magnet. Ali kako točno?
- ▶ U elektrani generator stvara 3 faze. Svaku od faza dovedemo na jednu od zavojnica \implies stvori se rotirajuće magnetsko polje \implies ono rotira magnet.
- ▶ U modernoj industriji stoga imamo sljedeći proces:
 1. Prvo stvorimo električnu energiju mehaničkim okretanjem rotora (obično pomoću vode ili pare).
 2. Sada žicama električnu energiju dovedemo do postrojenja gdje je potrebna.

Elektromotor

- ▶ Možemo preokrenuti funkciju generatora: pravovremenim aktiviranjem zavojnica možemo okretati magnet. Ali kako točno?
- ▶ U elektrani generator stvara 3 faze. Svaku od faza dovedemo na jednu od zavojnica \implies stvori se rotirajuće magnetsko polje \implies ono rotira magnet.
- ▶ U modernoj industriji stoga imamo sljedeći proces:
 1. Prvo stvorimo električnu energiju mehaničkim okretanjem rotora (obično pomoću vode ili pare).
 2. Sada žicama električnu energiju dovedemo do postrojenja gdje je potrebna.
 3. U postrojenju elektromotori pretvaraju električnu energiju natrag u mehanički rad (rotaciju).

Elektromotor

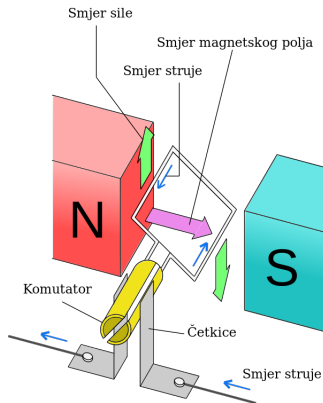
- ▶ Možemo preokrenuti funkciju generatora: pravovremenim aktiviranjem zavojnica možemo okretati magnet. Ali kako točno?
- ▶ U elektrani generator stvara 3 faze. Svaku od faza dovedemo na jednu od zavojnica \implies stvori se rotirajuće magnetsko polje \implies ono rotira magnet.
- ▶ U modernoj industriji stoga imamo sljedeći proces:
 1. Prvo stvorimo električnu energiju mehaničkim okretanjem rotora (obično pomoću vode ili pare).
 2. Sada žicama električnu energiju dovedemo do postrojenja gdje je potrebna.
 3. U postrojenju elektromotori pretvaraju električnu energiju natrag u mehanički rad (rotaciju).
- ▶ Dakle, postrojenja više ne trebaju biti u neposrednoj blizini rijeke (kao npr. mlinovi od antike)

DC Elektromotor

- ▶ Korisno bi bilo kada bismo mogli koristiti DC struju (npr. bateriju) za pokretanje elektromotora.

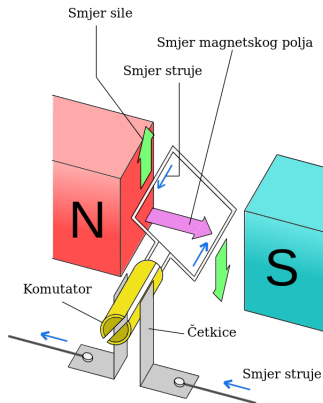
DC Elektromotor

- ▶ Korisno bi bilo kada bismo mogli koristiti DC struju (npr. bateriju) za pokretanje elektromotora.
- ▶ U tu svrhu se koristi elektromotor s četkicama (eng. *brushed*)



DC Elektromotor

- ▶ Korisno bi bilo kada bismo mogli koristiti DC struju (npr. bateriju) za pokretanje elektromotora.
- ▶ U tu svrhu se koristi elektromotor s četkicama (eng. *brushed*)



- ▶ Animacija (4:40)
<https://www.youtube.com/watch?v=CWulQ1ZSE3c>

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće $20\,000\text{J}$ (dakle želimo prenijeti snagu od $20\,000\text{W}$).

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:
 1. dovedemo dvije žice između kojih je voltaža 200V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 100A

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:
 1. dovedemo dvije žice između kojih je voltaža 200V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 100A
 2. dovedemo dvije žice između kojih je 20 000V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 1A.

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:
 1. dovedemo dvije žice između kojih je voltaža 200V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 100A
 2. dovedemo dvije žice između kojih je 20 000V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 1A.
- ▶ Drugi način je poželjniji. Zašto?

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:
 1. dovedemo dvije žice između kojih je voltaža 200V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 100A
 2. dovedemo dvije žice između kojih je 20 000V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 1A.
- ▶ Drugi način je poželjniji. Zašto?
- ▶ Ako prolazi velika struja, imamo velike termalne gubitke. Da bismo kod kuće imali 100A, kod elektrane moramo imati puno veću struju - energija se gubi.

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:
 1. dovedemo dvije žice između kojih je voltaža 200V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 100A
 2. dovedemo dvije žice između kojih je 20 000V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 1A.
- ▶ Drugi način je poželjniji. Zašto?
- ▶ Ako prolazi velika struja, imamo velike termalne gubitke. Da bismo kod kuće imali 100A, kod elektrane moramo imati puno veću struju - energija se gubi.
- ▶ Dakle, energiju možemo efikasno prenijeti ako:

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:
 1. dovedemo dvije žice između kojih je voltaža 200V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 100A
 2. dovedemo dvije žice između kojih je 20 000V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 1A.
- ▶ Drugi način je poželjniji. Zašto?
- ▶ Ako prolazi velika struja, imamo velike termalne gubitke. Da bismo kod kuće imali 100A, kod elektrane moramo imati puno veću struju - energija se gubi.
- ▶ Dakle, energiju možemo efikasno prenijeti ako:
 1. Kod elektrane dignemo voltažu.

Električna mreža i snaga

- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:
 1. dovedemo dvije žice između kojih je voltaža 200V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 100A
 2. dovedemo dvije žice između kojih je 20 000V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 1A.
- ▶ Drugi način je poželjniji. Zašto?
- ▶ Ako prolazi velika struja, imamo velike termalne gubitke. Da bismo kod kuće imali 100A, kod elektrane moramo imati puno veću struju - energija se gubi.
- ▶ Dakle, energiju možemo efikasno prenijeti ako:
 1. Kod elektrane dignemo voltažu.
 2. Na visokoj voltaži dalekovodima (kroz koje teče relativno mala struja) dovedemo energiju do domova.

Električna mreža i snaga

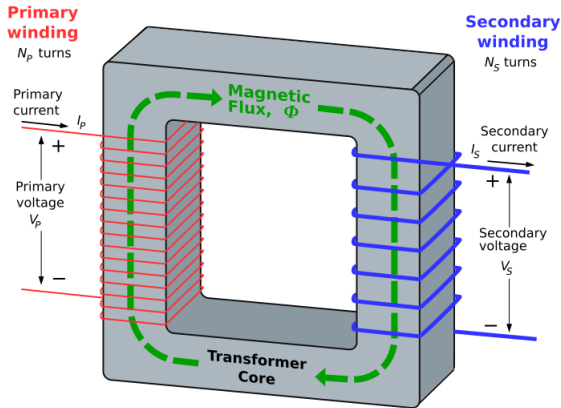
- ▶ Želimo prenijeti svake sekunde od elektrane do kuće 20 000J (dakle želimo prenijeti snagu od 20 000W).
- ▶ Kako je $P = IV$, to možemo tako da:
 1. dovedemo dvije žice između kojih je voltaža 200V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 100A
 2. dovedemo dvije žice između kojih je 20 000V, spojimo ih na uređaj kroz koji će proći struja od 1A.
- ▶ Drugi način je poželjniji. Zašto?
- ▶ Ako prolazi velika struja, imamo velike termalne gubitke. Da bismo kod kuće imali 100A, kod elektrane moramo imati puno veću struju - energija se gubi.
- ▶ Dakle, energiju možemo efikasno prenijeti ako:
 1. Kod elektrane dignemo voltažu.
 2. Na visokoj voltaži dalekovodima (kroz koje teče relativno mala struja) dovedemo energiju do domova.
 3. Prije ulaska u dom, spustimo voltažu (radi sigurnosti za ljude i električne uređaje).

Transformator

- ▶ Voltažu izmjenične struje možemo lagano podizati i spuštati pomoću **transformatora**

Transformer

- ▶ Voltažu izmjenične struje možemo lagano podizati i spuštati pomoću **transformatora**
- ▶ Ovo je ključna prednost AC u odnosu na DC (Tesla vs Edison)



Transformator

- ▶ Dvije zavojnice su zamotane oko željezne jezgre koja fokusira magnetsko polje.

Transformator

- ▶ Dvije zavojnice su zamotane oko željezne jezgre koja fokusira magnetsko polje.
- ▶ Promjenjivo magnetsko polje u jednoj inducira magnetsko polje u drugoj

Transformator

- ▶ Dvije zavojnice su zamotane oko željezne jezgre koja fokusira magnetsko polje.
- ▶ Promjenjivo magnetsko polje u jednoj inducira magnetsko polje u drugoj
- ▶ Ona strana koja ima više navoja će biti na većoj voltaži (veći elektromotorni napon).

Transformator

- ▶ Dvije zavojnice su zamotane oko željezne jezgre koja fokusira magnetsko polje.
- ▶ Promjenjivo magnetsko polje u jednoj inducira magnetsko polje u drugoj
- ▶ Ona strana koja ima više navoja će biti na većoj voltaži (veći elektromotorni napon).
- ▶ Pretpostavimo li da nemamo gubitke, tj. sva snaga s jedne zavojnice prijeđe na drugu:

$$P_1 = P_2 \implies V_1 I_1 = V_2 I_2$$

Transformator

- ▶ Dvije zavojnice su zamotane oko željezne jezgre koja fokusira magnetsko polje.
- ▶ Promjenjivo magnetsko polje u jednoj inducira magnetsko polje u drugoj
- ▶ Ona strana koja ima više navoja će biti na većoj voltaži (veći elektromotorni napon).
- ▶ Pretpostavimo li da nemamo gubitke, tj. sva snaga s jedne zavojnice prijeđe na drugu:

$$P_1 = P_2 \implies V_1 I_1 = V_2 I_2$$

- ▶ Na strani na kojoj je voltaža visoka, struja je malena (da bi snaga bila ista).