# 19

# ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ

## (Electromagnetic Induction and Alternating Current)

ଟିପ୍ପଣୀ

ଆମକୁ ମିଳୁଥିବା ଶକ୍ତିର ସବୁଠାରୁ ସୁବିଧାଜନକ ରୂପ ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ୍ । ଏହା ଆମର ଘରମାନଙ୍କୁ ଆଲୋକିତ କରେ, ରେଳଗାଡ଼ି ଚଳାଏ, ଯୋଗାଯୋଗ ଉପକରଣ ଚାଲୁ କରେ ଏବଂ ଆମ ଜୀବନକୁ ସୁଖମୟ କରେ । ଆମ ଘରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣର ସଂଖ୍ୟା ବହୁତ ଅଧିକ । କେବେ ତୁମେ ଚିନ୍ତାକରିଛ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କିପରି ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ?

ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଜେନେରେଟର ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଜଳଶକ୍ତି ଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ ଘୂରାଯାଇ ଜେନେରେଟରକୁ ଚଳାଯାଏ ଏବଂ କୋଇଲା, ଗ୍ୟାସ କିମ୍ବା ନାଭିକୀୟ ଇନ୍ଧନ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ରରେ ଜେନେରେଟରକୁ ଚଳାଇବା ପାଇଁ ଟରବାଇନ ବାଷ୍ପ (Steam) ବ୍ୟବହାର କରେ । ସହରର ଉପକେନ୍ଦ୍ରରୁ କେବଲ୍ ଜରିଆରେ ଆମ୍ଭମାନଙ୍କର ଘରକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ପହଞ୍ଚିଯାଏ । ତୁମେ କେବେ ବିଦ୍ୟୁତ ଉପକେନ୍ଦ୍ର ଦେଖିଛ କି ? ସେଠାରେ କେଉଁ ବୃହତ୍ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଛି ? ସେହି ଯନ୍ତ୍ରପାତିଗୁଡ଼ିକୁ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର କହନ୍ତି । ଜେନେରେଟର ଏବଂ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର, ସାହାଯ୍ୟରେ ମୁଖ୍ୟତଃ ଆମ ପାଖରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ପହଞ୍ଚିଥାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରପାତିଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍‌ର ପ୍ରୟୋଗ ଉପରେ ଆଧାରିତ ।

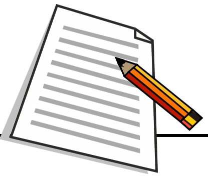
ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍, ଏହାକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରୁଥିବା ନିୟମ ଏବଂ ଏହା ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ ଉପକରଣ ବିଷୟରେ ପଢ଼ିବ । ତୁମେ ମଧ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ ଜେନେରେଟର, ଟ୍ରାନ୍ସଫରମରର ଗଠନ ଓ ସେମାନଙ୍କର ଆମକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାୱାର୍ ଯୋଗାଣରେ ଭୂମିକା ସଂପର୍କରେ ପଢ଼ିବ ।

## ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

*ଏହି ଅଧ୍ୟାୟଟି ପଢ଼ି ସାରିବା ପରେ ତୁମେ,*

- *ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ପରିଘଟଣାକୁ ସରଳ ପରୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ବୁଝାଇବ ;*
- *ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ସମ୍ବନ୍ଧିତ ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ନିୟମ ବୁଝାଇବ;*
- *ସ୍ୱ-ପ୍ରେରଣ ଏବଂ ପାରସ୍ପରିକ- ପ୍ରେରଣ ସମ୍ବନ୍ଧିତ ପରିଘଟଣା ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବ ;*
- *ଏ.ସି. ଏବଂ ଡି.ସି. ଜେନେରେଟର କାର୍ଯ୍ୟ ପ୍ରଣାଳୀ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବ ;*
- *ଏ.ସି. ପରିପଥରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଭୋଲଟେଜ୍ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ସ୍ଥାପନ କରିପାରିବ ;*

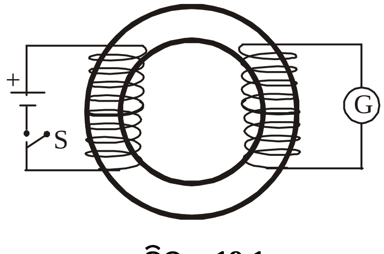
  *(i) ରେଜିଷ୍ଟର୍ (ii) ଇଣ୍ଡକ୍ଟର୍ କିମ୍ବା (iii) କାପାସିଟର*
- *LCR ଶ୍ରେଣୀ ପରିପଥ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବ;*
- *ଟ୍ରାନ୍ସଫରମ୍‌ର କାର୍ଯ୍ୟ ପ୍ରଣାଳୀ ଏବଂ ତାହାର ଦକ୍ଷତା ବୃଦ୍ଧି କରିବା ପାଇଁ ଉପାୟଗୁଡ଼ିକ ବିଷୟରେ ବୁଝାଇବ ।*



ଟିପ୍ପଣୀ

## 19.1 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ (Electromagnetic Induction)

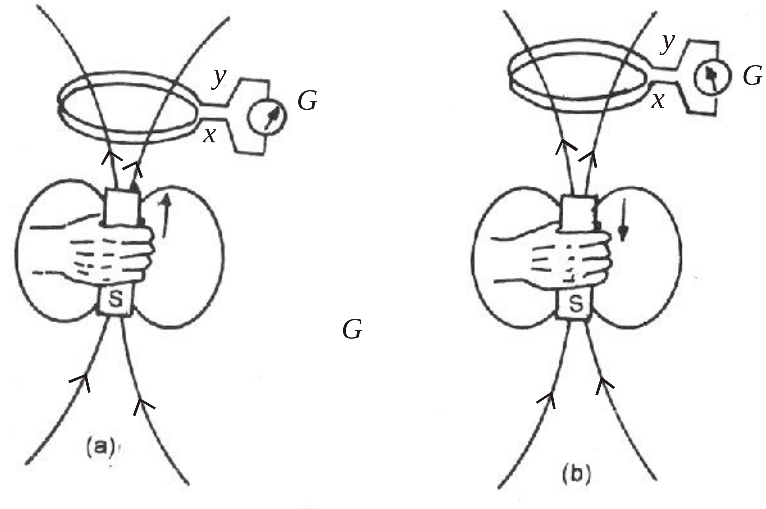
ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ଜାଣିଛ ତାରରେ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଏକ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ପ୍ରଥମେ ଫାରାଡ଼େ (ଏବଂ ଭୁଲ ବଶତଃ) ଭାବିଥିଲେ ଯେ ଏକ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିପାରିବ ।




ଚିତ୍ର : 19.1

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସମ୍ପର୍କିତ ତାଙ୍କର କେତେକ ଅନୁସନ୍ଧାନ ନିମନ୍ତେ ଚିତ୍ର 19.1 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ବିନ୍ୟାସ ସେ ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ । ବାମ ପାର୍ଶ୍ୱର ତାର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଲୁହା ବଳୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଠୁଳ କରେ । ଦକ୍ଷିଣ ପାର୍ଶ୍ୱର ତାର କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଗୋଟିଏ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି । ଯାହାଦ୍ୱାରା ପରିପଥରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଉପସ୍ଥିତି ଜାଣି ହେବ ।

ଏହା ଦେଖାଗଲା ଯେ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସୂଚକ G ରେ ବିକ୍ଷେପ ହେଲା ନାହିଁ କିନ୍ତୁ ବାମ ପାର୍ଶ୍ୱର ପରିପଥରେ ସ୍ୱିଚ୍ S ବନ୍ଦ କରିବା ବେଳେ ହିଁ ଗାଲଭାନୋମିଟରରେ କ୍ଷଣିକ ପାଇଁ ବିକ୍ଷେପ ଦେଖାଇଲା । ସେହିପରି ସ୍ୱିଚ୍ 'S' ଖୋଲିଲାବେଳେ ମୁହୂର୍ତ୍ତକ ପାଇଁ ବିକ୍ଷେପ ଦେଖାଗଲା କିନ୍ତୁ ଏହା ବିପରୀତ ଦିଗରେ ହେଲା । ଏଥିରୁ ବୁଝାପଡୁଛି, ବାମପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସମୟରେ ହିଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରି




**ଚିତ୍ର : 19.2 (a) ଯଦି ଚୁମ୍ବକଟି ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ ଆଡ଼କୁ ନିଆଯାଏ, କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ହେବ ଏବଂ (b) ଯଦି ଚୁମ୍ବକଟି ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ ଠାରୁ ଦୂରକୁ ନିଆଯାଏ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ହୁଏ ।**

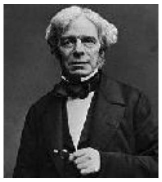
ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ହେଉଛି ଚିତ୍ର - 19.2 ରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ବିନ୍ୟାସକୁ ଦେଖି କହି ହେବ । କୁଣ୍ଡଳୀ ତୁଳନାରେ ଚୁମ୍ବକଟି ସ୍ଥିର ରହେ, କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରିତ ହେବ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଚୁମ୍ବକକୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ଆଡ଼କୁ ନେଲେ ଚିତ୍ର 19.2(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ସେହିପରି ଯଦି ଚୁମ୍ବକଟିକୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ଠାରୁ ଦୂରେଇ ନିଆଯିବ, ଚିତ୍ର 19.2(b) ରେ ଦର୍ଶାଗଲା ଭଳି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଲକ୍ଷ୍ୟ କରେ, ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ପରିପାର୍ଶ୍ୱରେ ହିଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଚୁମ୍ବକ ତୁଳନାରେ ଗତିଶୀଳ କରାଯାଏ ତେବେ ମଧ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ପରିପଥରେ ଏହି ପ୍ରକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଥିବାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇ ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଅର୍ଥାତ୍ x ଏବଂ y ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ (emf) ଅଛି ।

ଏହି ପରିଘଟଣା ଯେଉଁଥିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଭବ ବଳ ପ୍ରେରଣ କରେ ତା'କୁ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ କୁହାଯାଏ । ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ପ୍ରତିଭା ଏହି କାର୍ଯ୍ୟର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ବୁଝି ପାରିଥିଲା ଏବଂ ତେଣୁ ସେ ସଂପର୍କରେ ଅନୁସନ୍ଧାନରେ ବ୍ରତୀ ରହିଲେ । ଏହି ପରିଘଟଣା ସମୂହର ପରିମାଣାତ୍ମକ ବର୍ଣ୍ଣନାକୁ ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହାକୁ ଆମେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

**ମାଇକେଲ୍ ଫାରାଡ଼େ (1791 - 1867)**



ବ୍ରିଟିଶ ପ୍ରାୟୋଗିକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାଇକେଲ ଫାରାଡ଼େ କେବଳ ନିଜର କଠିନ ପରିଶ୍ରମ, ଧୈର୍ଯ୍ୟ ଓ ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ସମାଜ ପ୍ରତି ଶ୍ରଦ୍ଧା ଯୋଗୁଁ ଏକ ପ୍ରତିଭାଶାଳୀ ବ୍ୟକ୍ତିର ଉଦାହରଣ ହେଲେ । ସେ ଜଣେ ବହି ବନ୍ଧାଳିରୁ ନିଜର ଜୀବନ ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲେ; କିନ୍ତୁ ତାଙ୍କ ପାଖକୁ ବାନ୍ଧିବା ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ଆସୁଥିବା ବିଜ୍ଞାନ ବହି ସବୁ ପଢ଼ିବାର ସୁଯୋଗକୁ ସେ ବ୍ୟବହାର କଲେ । ସେ ତାଙ୍କର ଲେଖାଗୁଡ଼ିକ ସାର୍ ହମ୍ଫରୀ ଡେଭିଙ୍କ ନିକଟକୁ ପଠାଉଥିଲେ, ଯିଏ କି ସେହି ଯୁବକର ମେଧାକୁ ଚିହ୍ନିପାରି ତାଙ୍କୁ ରାଜକୀୟ ଅନୁଷ୍ଠାନରେ ତାଙ୍କର ସ୍ଥାୟୀ ସହକାରୀ ଭାବରେ ନିଯୁକ୍ତି ଦେଇଥିଲେ ।

ସାର୍ ହମ୍ପ୍ରେରି ଡେଭି ଏକଦା ସ୍ୱୀକାର କରିଥିଲେ ଯେ ତାଙ୍କ ଜୀବନର ସର୍ବୋତ୍ତମ ଆବିଷ୍କାର ହେଉଛି ମାଇକେଲ ଫାରାଡ଼େ ଏବଂ ସେ ମଧ୍ୟ ଠିକ୍ ଥିଲେ କାରଣ ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ମୌଳିକ ଆବିଷ୍କାର ଯୋଗୁଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯୁଗର ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥିଲା । ତାଙ୍କର ଆବିଷ୍କାର ଯୋଗୁଁ ହିଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଜେନେରେଟର, ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମୋଟର ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସମ୍ଭବ ହେଲା ।

### 19.1.1. ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମ :

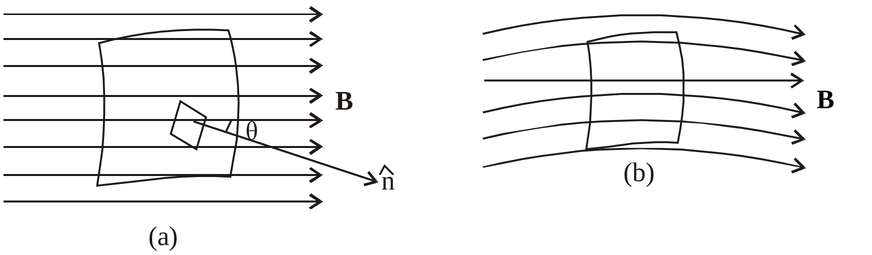
**(Faraday's Law of Electromagnectie Induction .)**

ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ କୁଣ୍ଡଳୀର ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ (flux) ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ତୁମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ପଚାରି ପାର, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକସ କ'ଣ ? ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ($f_B$) ସଂଜ୍ଞା ନିମିତ୍ତ ଚିତ୍ର 19.3(a) କୁ ଦେଖ । ଏଠାରେ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶ **ds** ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ବିଚାର କରାଯାଉଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଫଳଏଭଳି କ୍ଷୁଦ୍ରକାରରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ । ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ **ds**ର ଦିଗ ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ । ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସହିତ ଅନୁରୂପତା ଯୋଗୁଁ କ୍ଷେତ୍ରାଂଶ **ds** ନିମିତ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ($df_B$)କୁ ଲେଖିପାରିବା ।

$$df_B = \mathbf{B.ds} \qquad \text{................(19.1a)}$$

ସମଗ୍ର ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ ସମସ୍ତ କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶର ଫଳକୁ ମିଶାଇ ପାଇ ପାରିବା ।

ତେଣୁ $df_B = S\mathbf{B.ds}$ ...............(19.1b)




**19.3(a) କ୍ଷେତ୍ରଫଳର କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶ ds ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ହେଉଛି d¤$_B$ = B.ds ଏବଂ (b) ଏକ ପୃଷ୍ଠରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ସେହି ପୃଷ୍ଠକୁ ପ୍ରତିଚ୍ଛେଦିତ କରୁଥିବା ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟାର ଆନୁପାତିକ ଅଟେ ।**

ଟିପ୍ପଣୀ

S.I ପଦ୍ଧତିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସର ଏକକ **ୱେବର** (Wb) ।

$$1Wb = 1Tm^2$$

ଏଠାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳରେଖା ସହିତ ଅନୁରୂପତା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଏବଂ ଚିତ୍ର 19.3b ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଏକ ପୃଷ୍ଠକୁ ପ୍ରତିଚ୍ଛେଦିତ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ସହିତ ଆନୁପାତିକ ଅଟେ ।

ଗାଣିତିକ ଭାଷାରେ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା ।

$$|e| = \frac{d\phi_B}{dt} \qquad \text{........................(19.3)}$$

ଏଥିରୁ ଆମେ ଜାଣିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସର ଏକକ ୱେବର (Wb) ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳର ଏକକ, ଭୋଲ୍ଟ (V) ଉଭୟ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ହେଉଛି

$$1V = 1Wbs^{-1}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଲାଗି ଲାଗି ଗୁଡ଼ାଯାଇଥିବା ତାର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳକୁ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ । ଏଭଳି କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେରା ପ୍ରାୟ ଗୋଟିଏ ଲୁପ୍ ଭଳି ଆଚରଣ କରେ ଏବଂ ଆମେ ଫାରେଡ଼ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେରାରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ନିରୂପଣ କରିପାରିବା । ଯେହେତୁ ଘେରଗୁଡ଼ିକ ପଙ୍କ୍ତି ସଂଯୋଗରେ ଅଛି, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳରୁ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେରାରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ ସମଷ୍ଟି ସହିତ ସମାନ । ଧରାଯାଉ ତାର କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଏପରି ଭାବେ ପାଖାପାଖି ଗୁଡ଼ାଯାଇଛି, ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ପ୍ରତି ଘେର ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ସବୁଠି ସମାନ ଅଟେ । ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେର ପାଇଁ ସମାନ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହାକ ବଳ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ ଏବଂ N ସଂଖ୍ୟକ ଘେର ଥିବା ତାର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହିକ ବଳ ହେବ :

$$|e_r| = N|e| = N\left(\frac{d\phi_B}{dt}\right) \qquad \text{............(19.4)}$$

ଏଠାରେ $f_B$ ହେଉଛି କୁଣ୍ଡଳୀର ଗୋଟିଏ ଘେର ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ । ଆସ କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିସ୍ଥିତିରେ ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ନିମୟ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ।

**ଉଦାହରଣ 19.1** : 35mm ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଏବଂ 75 ଘେର ଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ଏକ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରସହ ସମାନ୍ତର ଅଟେ । 250 ମିଲି ସେକେଣ୍ଡରେ (କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ 25mT ରୁ 50mT ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) ସ୍ଥିର ହାରରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଏହି ସମୟ - ଅନ୍ତରାଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ emf ର ପରିମାଣ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର ।

**ସମାଧାନ :** ଯେହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସମ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ସହ ସମାନ୍ତର ଅଟେ, ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେରର ଫ୍ଲକ୍ସ ସହ ସମ୍ବନ୍ଧ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

$$f_B = B\,p\,R^2$$

ଏଠାରେ R ଘେରର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଅଟେ । ସମୀକରଣ 19.4 କୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ emf ହେବ :

$$|\varepsilon_r| = N\frac{d\phi_B}{dt} = N\frac{d(\boldsymbol{B}\pi R^2)}{dt} = N\,\pi\,R^2\frac{dB}{dt} = N\,®\,R^2\left(\frac{B_2 - B_1}{t}\right)$$

ଟିପ୍ପଣୀ

ତେଣୁ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ emf ର ପରିମାଣ,

$$|e_r| = 75p(0.035m)^2(0.1Ts^{-1}) = 0.030V = 30mV$$

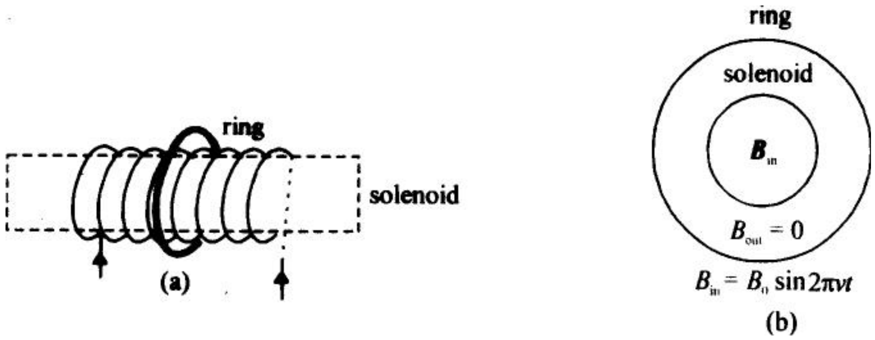
ଏହି ଉଦାହରଣ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରେରିତ emf ର ଧାରଣାକୁ ବୁଝାଏ ।)

**ଉଦାହରଣ 19.2 :** $8m^2$ ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଲମ୍ବା ସଲେନଏଡ୍ ସଂପର୍କର ବିଚାର କର (ଚିତ୍ର 19.4a ଏବଂ 19.4b) । ସମୟ ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏହାର କୁଣ୍ଡଳୀଗୁଡ଼ିକରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $B(t) = B_0 \sin 2pnt$ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବ । ଏଠାରେ $B_0$ ହେଉଛି 1.2T ସହ ପ୍ରାୟ ସମାନ ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ n, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଆବୃତ୍ତି ଯାହା 50 Hz ଅଟେ । ଯଦି ବଳୟ ପ୍ରତିରୋଧ R = 1.0W ଏବଂ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ହୁଏ, ତେବେ ସଲେନଏଡ଼୍ର କକ୍ଷ ସହ ସକେନ୍ଦ୍ରୀକ ଏକ ବଳୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ ତଥା ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ହିସାବ କର ।

**ସମାଧାନ :** ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ

$$f_B = B_0 \sin 2pntA .$$

ଯେହେତୁ ସଲେନଏଡ଼ର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ଅଛି ।




ଚିତ୍ର 19.4(a) ଏକ ଲମ୍ବା ସଲେନଏଡ୍ ଏବଂ ଏହାର ବାହାରେ ସମକେନ୍ଦ୍ରି ବଳୟ ଏବଂ (b) ସଲେନଏଡ଼୍ର ଓ ସମକେନ୍ଦ୍ରି ବଳୟର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ଚିତ୍ର ।

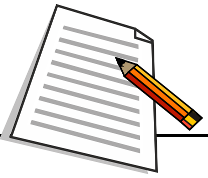
ତେଣୁ $|\varepsilon| = \frac{d\phi_B}{dt} = 2pnAB_0 \cos 2pnt$

$$= 2p(50s^{-1})\,(8 \times 10^{-4}m^2)\,(1.2T) \cos 2pnt$$

= 0.3 cos 2pnr ଭୋଲଟ୍ = 0.3 cos 100 pt V

ବଳୟ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ରୋତ = I = e / R, ତେଣୁ

$$I = \frac{(0.3\cos 100\pi t)}{(1.0\Omega)} = +0.3\cos 100\ pt\ A)$$



ଟିପ୍ପଣୀ

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.1

1. 1000 ଘେର ଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 5cm ଅଟେ । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର 100 T ରୁ (a) 1s (b) 1ms ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ, ତେବେ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରାନ୍ତମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ ହିସାବ କର ।

.......................................................................................................

2. ଏକ 250 ଘେରର କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଲୁପ୍ ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ $\phi_B(t) = A + Dt^2$ । ଏଠାରେ A = 3Wb ଏବଂ D = 15 $Wbs^{-2}$, ଉଭୟ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଅଟେ । ଦର୍ଶାଅ ଯେ (a) କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳର ପରିମାଣ $\varepsilon = (2ND)t$ ହେବ ଏବଂ (b) $t$ =0s ଏବଂ $t$ = 3.08 ପରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ କ'ଣ ହେବ ?

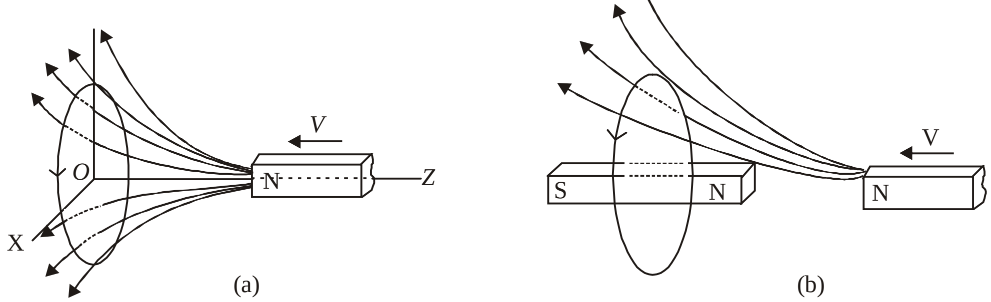
.......................................................................................................

3. ଏକ ପରିବାହୀ ଲୁପ୍ ସମତଳ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନିକ (spatially) ସମ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସହ q କୋଣ କରେ । ଯଦି ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $S$ ହୁଏ ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ $dB/dt$ ହାରରେ ପେରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ, ତାହା ହେଲେ ଦର୍ଶାଅ ଯେ, ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କାବାହକ ବଳର ପରିମାଣ $\varepsilon = (dB/dt)\, S \cos\theta$ ହେବ । ଲୁପ୍‌ର କେଉଁ ଅଭିବିନ୍ୟାସରେ ε ର ମୂଲ୍ୟ (a) ଅଧିକତମ ତଥା (b) ନ୍ୟୁନତମ ହେବ ?

.......................................................................................................

### 19.1.2 ଲେଂଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ :

ମନେକର ଏକ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଏକ ପରିବାହୀ ବଳୟ ଆଡ଼କୁ ନିଆଯାଉଛି (ଚିତ୍ର 19.5a) । ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ନିୟମ ଏଥିରେ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ପାଇଁ ଆମକୁ ପ୍ରଥମେ ବଳୟ ତୁଳନାରେ ଏକ ପଜିଟିଭ ଦିଗ ଠିକ୍ କରିବାକୁ ହେବ । 0 ରୁ Z ଦିଗକୁ ପଜିଟିଭ ନିଆଯାଉ । (ଅନ୍ୟରୂପରେ ଦିଗ ମଧ୍ୟ ଚିନ୍ତା କରାଯାଇପାରେ, ମାତ୍ର ତାହା ସବୁକ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖିବାକୁ ହେବ ।) ଏହି ବିନ୍ୟାସ ପାଇଁ ବଳୟର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପାଇଁ ପଜିଟିଭ ଅଭିଲମ୍ବ Z - ଦିଗରେ ହେବ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ନେଗେଟିଭ ହେବ । ପରିବାହୀ ବଳୟ ଏବଂ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକର N- ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା କମି କମି ଆସିଲେ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ବଳୟ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯିବ, ଫଳରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ନେଗେଟିଭ ହେବ । ଏଣୁ $d\phi_B/dt$ ନେଗେଟିଭ ହେବ । ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଆମେ ବାଛିଥିବା ଦିଗ ପ୍ରତି e ପଜିଟିଭ ଅଟେ । ସ୍ରୋତ I ର ଦିଗ ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶା ଗଲା ଭଳି ହେବ ।




**ଚିତ୍ର 19.5 (a) ଏକ ଧାତୁ - ବଳୟ ନିକଟକୁ ଏକ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଅଣାଯାଇଛି ଏବଂ (b) ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ ଜନିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିକଟକୁ ଗତିଶୀଳ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକର ଗତିର ବିରୋଧ କରେ ।**

**19.5 (b) ରେ ଦର୍ଶାଗଲା ଭଳି ଏହି ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏକ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁଁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବୋଲି ନିଆଯାଇପାରେ ।**

ମନେ ପକାଅ ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମୂଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରେ ବା ବିରୋଧ କରେ । ଏହି ବିରୋଧାଭାସ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ଏକ ପରିଣାମ ଅଟେ ଏବଂ ଏହାକୁ ଲେଂଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ରୂପ ଦିଆଯାଇଛି । ଏକ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରିତ ହେଲେ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଏପରି ହେବ ଯେପରିକି ଏହାର ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯୋଗୁଁ ପ୍ରେରଣ ହୋଇଥିଲା, ଏହା ତାକୁ ବିରୋଧ କରେ । ଏହି କଥନରେ ଅସଲ ଶବ୍ଦ ହେଉଛି ବିରୋଧ । ଏହା ଆମକୁ ଜଣାଉଛି ଯେ କିଛି ନ କରି ଆମେ କିଛି ପାଇବା ନାହିଁ ।

ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକଟି ବଳୟ ଆଡ଼କୁ ନେଲେ, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରେ ତାହା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ । ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାର ସୃଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତା' ଆଡ଼କୁ ଆସୁଥିବା ଚୁମ୍ବକକୁ ବିକର୍ଷଣ କରେ । ଆମ୍ଭେ ଯଦି ଚୁମ୍ବକକୁ ବଳୟ ଆଡ଼କୁ ଠେଲିବା ତାହାହେଲେ ଆମକୁ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ହେବ । ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ବଳୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ରୂପରେ ଦେଖାଯିବ । ତେଣୁ ଲେଂଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିମୟକୁ ଅନୁସରଣ କରେ । ଆମେ ଫାରାଡ଼େ ଏବଂ ଲେଂଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମକୁ ଏକତ୍ର କଲେ, ଲେଖିପାରିବା ଯେ,

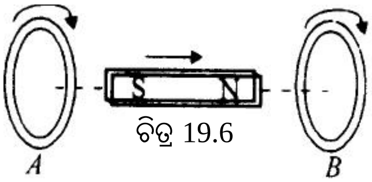
$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \qquad \text{............ (19.5)}$$

ଏହି ନେଗେଟିଭ ଚିହ୍ନ ସୃଷ୍ଟିର କାରଣକୁ ବିରୋଧ କରିବା ସୂଚନା ଦିଏ ।

ଲେଂଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ଚାଲ ଉଦାହରଣ 19.2 ରେ ଦିଆଯାଇଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଆଉ ଥରେ ବିଚାର କରିବା । ମନେକର ଏହାର ଅକ୍ଷ ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତାହା ସହିତ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ହେବ । କୁଣ୍ଡଳୀ ଉପରୁ ଜଣେ ଦର୍ଶକ ଦେଖିଲେ, ପ୍ରେରିତ emf କେଉଁ ଦିଗକୁ ହେବ ? ଏହା ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ (ଘଣ୍ଟା କଣ୍ଟା ଦିଗରେ) ହେବ କାରଣ କେବଳ ସେତେବେଳେ ହିଁ ଏହା ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦକ୍ଷିଣ ହସ୍ତ ନିୟମାନୁସାରେ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ହେବ । ତୁମେ ଆଗକୁ ଯିବା ପୂର୍ବରୁ ଲେଂଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ ଜାଣିବା ଦରକାର ।

ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନ କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କର ।

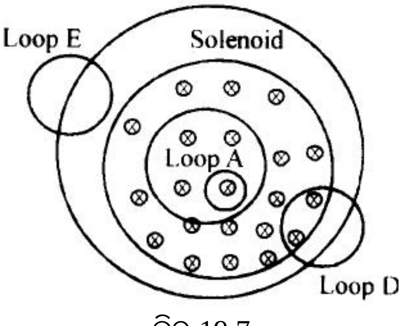
## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.2



ଚିତ୍ର 19.6

1. ଚିତ୍ର 19.6 ରେ ଏକ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଡାହାଣକୁ ନିଆଯାଇଛି । ସ୍ଥିର କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ ଲୂପ୍ B ରେ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

   ..........................................................



ଚିତ୍ର 19.7

2. ଚିତ୍ର 19.7 ରେ ଏକ ଆଦର୍ଶ ସଲେନଏଡ଼ର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ସଲେନଏଡ଼ର ଭିତର ପଟେ ଏକ ସମ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ବୃଦ୍ଧି ହେଉଛି ଏବଂ ସଲେନଏଡ୍ ବାହାରେ $B = 0$ । କେଉଁ ପରିବାହୀ କୁଣ୍ଡଳୀମାନଙ୍କରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଅଛି ? ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

   ..........................................................

3. ଏକ ତମ୍ବା ବଳୟର ଅକ୍ଷ ସହିତ ସରେଖିତ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକକୁ ଏହାର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବଳୟ ଆଡ଼କୁ ନିଆଗଲା । ବଳୟରେ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଅଛି କି ? ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ଅଛି କି ? ଏହାକୁ ବୁଝାଅ ।

   ..........................................................................................................

ଟିପ୍ପଣୀ

## 19.2 ପ୍ରେରକତ୍ୱ

ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ, ଏହାକୁ ଘେରି ପରିବର୍ତ୍ତୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଯଦି ଏହି କ୍ଷେତ୍ରର କିଛି ଅଂଶ ସେହି ପରିପଥ ଦେଇ ଯାଏ, ତେବେ ସେଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ମନେକର ଏହି ପରିପଥ ନିକଟକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ପରିପଥ ନିଆଗଲା । ତାହା ହେଲେ ସେହି ପରିପଥରେ ମଧ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ଏବଂ ଏହା ଉପରେ emf ପ୍ରେରିତ ହେବ । ଏହି ପ୍ରେରିତ emf ଦୁଇ କାରଣରୁ ହୋଇପାରେ ।

- ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେରା ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ଏବଂ ଏହି କାରଣରୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ଉପରେ ପ୍ରେରିତ emf ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ । ଏହି ଧର୍ମକୁ ସ୍ୱପ୍ରେରଣ (self induction) କୁହାଯାଏ ।
- ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ପରସ୍ପର ନକଟରେ ଏପରି ଅଛନ୍ତି ଯେ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ ଫ୍ଲକ୍ସ ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଦେଇ ସଂଯୁକ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପରିବର୍ତ୍ନ ବିଦୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଅନ୍ୟଟିରେ ଏକ emf ପ୍ରେରଣ କରେ । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆମେ କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୁଗଳର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ କହୁ ।

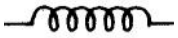
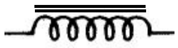
### 19.2.1 ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ (Self Inductance)

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଥିବା ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥର ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ବିଚାର କର । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର *B* ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । କୁଣ୍ଡଳୀ ସହ ସଂପୃକ୍ତ ସମୁଦାୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ,

$$d\phi = B.ds$$

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସର କୌଣସି ବାହ୍ୟ ଉତ୍ସ ନ ଥିଲେ (ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତବାହୀ କୁଣ୍ଡଳୀ) ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ତେଣୁ ଫ୍ଲକ୍ସ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ (I) ସହ ସମାନୁପାତୀ ହେବ, ଅର୍ଥାତ୍

$$\phi \propto I \text{ କିମ୍ବା } \phi = LI, \qquad (19.6)$$

ଏଠାରେ L କୁ କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ । ପରିପଥର ଯେଉଁ ଉପାଦାନମାନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ ତାହାକୁ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର କୁହାଯାଏ । ଏହା ସାଧାରଣତଃ ବିଭିନ୍ନ ଆକାର ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଆକୃତିର କୁଣ୍ଡଳୀ ରୂପରେ ହୋଇଥାଏ । ଇଣ୍ଡକ୍ଟରର ପ୍ରତୀକ -  ଅଟେ । କୌଣସି ଇଣ୍ଡକ୍ଟରର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏହାର ଆକାର ଓ ଆକୃତି ବା ଗଠନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଲୌହ କ୍ରୋଡ଼ ଉପରେ ଗୁଡ଼ାଯାଇଥାଏ ତେବେ ତାହାର ପ୍ରତୀକ ପାଇଁ ଏଠାରେ ଦର୍ଶାଗଲା ଭଳି ଦୁଇଟି ଗାର ଦିଆଯାଏ । 

**(a) ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ସଂଜ୍ଞାରେ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ :**

ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜାଣିଛ ଯେ, ଯଦି କୌଣସି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ତେବେ ଏହା ସହ ସଂପୃକ୍ତ ଫ୍ଲକ୍ସରେ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଏବଂ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ୱପ୍ରେରିତ emf ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଲେଂଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ ସ୍ୱପ୍ରେରିତ emf ତା'ର ସୃଷ୍ଟିକାରୀ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ ।

*L* ସଂଜ୍ଞାରେ ଫାରାଡ଼େ ଏବଂ ଲେଂଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ମିଳିତ ରୂପ ପାଇଁ ଆମେ ସମୀକରଣ 19.5 ଏବଂ 19.6 କୁ ସଂଯୋଜିତ କରି ପାଇବା,

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \quad ..................(19.7a)$$

ଟିପ୍ପଣୀ

$$= -L\left(\frac{I_2 - I_1}{t}\right) \text{ ....................(19.7b)}$$

ଏଠାରେ $I_1$ ଏବଂ $I_2$ ଯଥାକ୍ରମେ $t = 0$ ଓ $t = t$ ସମୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଏବଂ ଅନ୍ତିମ ମାନ ଅଟେ ।

ସମୀକରଣ (19.7b) କୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ଏକକର ସଂଜ୍ଞା ଦେଇପାରିବା ।

$$L \text{ ର ଏକକ} = \frac{\text{emf ର ଏକକ}}{\frac{dI}{dt} \text{ ର ଏକକ}}$$

$$= \frac{\text{ଭୋଲ୍ଟ}}{\text{ଏମ୍ପିୟର / ସେକେଣ୍ଡ}}$$

$$= \text{ଓମ୍ - ସେକେଣ୍ଡ}$$ ।

ଏକ ଓମ-ସେକେଣ୍ଡକୁ ହେନେରୀ (henry) କୁହାଯାଏ, (ସଂକ୍ଷେପରେ H) । ଅଧିକାଂଶ ପ୍ରୟୋଗ ପାଇଁ ହେନେରୀ ଏକ ବଡ଼ ଏକକ ଅଟେ ଏବଂ ଆମେ ପ୍ରାୟତଃ ମିଲି ହେନେରୀ mH ($10^{-3}$ H) ଏବଂ ମାଇକ୍ରୋହେନେରୀ μH ($10^{-6}$H) କୁ ସୁବିଧାଜନକ ମାପ ଆକାରରେ ବ୍ୟବହାର କରୁ ।

ସ୍ୱପ୍ରେରିତ ***emf*** କୁ ପଶ୍ଚାତ୍ ***emf*** ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ସମୀକରଣ (19.7(a)) ରୁ ଆମେ ଜାଣିଛେ କୌଣସି ଇଣ୍ଡକ୍ଟରରେ ପଶ୍ଚାତ୍ ***emf*** ଏଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ-**ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ** କରିଥାଏ । ଅଧିକନ୍ତୁ emf ର ଅସୀମ ମାନ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (19.7b) କୁ ଆଧାର କରି କହି ପାରିବା ଯେ, ଇଣ୍ଡକ୍ଟରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ତେଣୁ ଆମେ ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚୁ ଯେ, **ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇ ପାରିବନାହିଁ ।**

କୌଣସି ଇଣ୍ଡକ୍ଟରର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏହାର ଆକାର ଓ ଆକୃତି କିମ୍ବା ଗଠନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଆମେ କୌଣସି ପରିପଥର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ହିସାବ କରିପାରିବା କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବରେ କେବଳ ସରଳ ଆକୃତିର ଉପାଦାନ ବ୍ୟତୀତ ଏହା କଷ୍ଟସାଧ୍ୟ । ସଲେନଏଡ୍ ଏପରି ଏକ ଉପାଦାନ ଯାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିପଥରେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ସଲେନଏଡ଼ର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ହିସାବ କରାଯାଉ ।

**(b) ସଲେନଏଡ଼୍‌ର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ :** ପ୍ରସ୍ଥ ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ *A* ଏବଂ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $l$ ଓ *N* ଘେର ଥିବା ଏକ ଲମ୍ବା ସଲେନଏଡ୍‌କୁ ବିଚାର କର । ଏହାର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଜାଣିବା ପାଇଁ ସଲେନଏଡ଼ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ସୃଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ମଧ୍ୟରେ ସଂବନ୍ଧ ସ୍ଥାପନ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟରେ କୌଣସି ଦୀର୍ଘ ସଲେନଏଡ଼୍‌ର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିରୂପଣକରିବାକୁ ଏମ୍ପିୟର ନିୟମ ର ପ୍ରୟୋଗ କରିଥିଲ ।

$$|\mathbf{B}| = \mu_0 nI,$$

ଏଠାରେ $n = N/l$ ହେଉଛି ପ୍ରତି ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟରେ ଘେର ସଂଖ୍ୟା ଏବଂ I ହେଉଛି ସଲେନଏଡ୍‌ରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ । ସଲେନଏଡ୍‌ରେ *N* ଘେର ମଧ୍ୟରେ ସମୁଦାୟ ଫ୍ଲକ୍ସ :

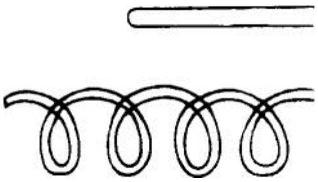
$$\phi = N|\mathbf{B}|\,A = \frac{\mu_0 N^2 AI}{l} \qquad (19.8)$$

ଏବଂ ସଲେନଏଡ୍‌ର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ, $$L = \frac{\phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \qquad (19.9)$$

ଏହି ବ୍ୟଞ୍ଜକକୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ସାଧାରଣ ସଲେନଏଡ୍ ର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏବଂ ବ୍ୟାକ୍ emf ହିସାବ କଲେ ଏହାର ପରିମାଣ ସଂପର୍କରେ ଧାରଣା କରିହେବ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.3



1. 1m ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ 20cm ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସଲେନଏଡ୍‌ରେ ତାରର 10,000 ଘେରା ଅଛି । ଏଥିରେ ପ୍ରବାହିତ 2.5A ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତକୁ ସମହାରରେ କମାଇ 1.0ms ରେ ଶୂନ୍ କରିଦିଆଗଲା । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ କମ୍ କରାଯାଉଥିବା ସମୟରେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର୍‌ରେ ବ୍ୟାକ୍ emf ର ପରିମାଣ ହିସାବ କର ।

.................................................................................................................

2. (*l*) ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡେ ତାରକୁ *l* /2, ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତର ପାଖାପାଖି ତାର ରୂପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୋଧି ସିଲିଣ୍ଡର ଉପରେ ଗୁଡ଼ାଇ ଏକ ପ୍ରେରକତ୍ୱବିହୀନ ରେଜିଷ୍ଟର (ଚିତ୍ର 19.9) ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଗଲା । ଏହି ବିନ୍ୟାସକୁ କାହିଁକି ପ୍ରେରକତ୍ୱବିହୀନ କୁହାଯାଏ ।

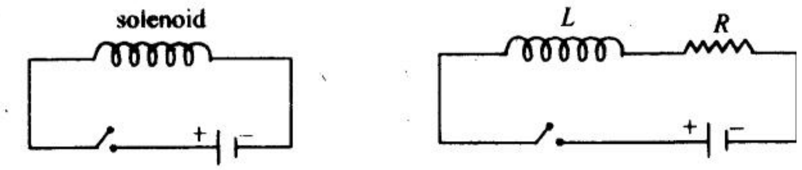
.................................................................................................................

3. ଏକ 9.7 mH ସଲେକନଏଡ୍‌ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ – ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର କେତେ ହେଲେ ସେଥିରେ 35mvର ସ୍ୱପ୍ରେରିତ emf ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ ?

.................................................................................................................

### 19.2.2 LR ପରିପଥ

ମନେକର ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍ ଏକ ସ୍ୱିଚ୍ ଦେଇ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ (ଚିତ୍ର 19.9.1) । ଆରମ୍ଭରୁ t = 0 ବେଳେ ସ୍ୱିଚ ବନ୍ଦ ହେଲେ, ବ୍ୟାଟେରୀ ଯୋଗୁଁ ପରିପଥରେ ଚାର୍ଜ ଗତି କରେ । ସଲେନଏଡ୍‌ର ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନ୍ସ (L)ଏବଂ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସ (R) ଅଟେ ଏବଂ ଏମାନେ ପ୍ରତ୍ୟେକଟି ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରନ୍ତି ।




**ଚିତ୍ର 19.9 LR ପରିପଥ ।**

ସଲେନଡ୍‌ର ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ଏବଂ ରେଜିଷ୍ଟିଭ୍ ପ୍ରଭାବ ଚିତ୍ର 19.10 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନ୍ସ *L* ରେ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସ *R* ଶ୍ରେଣୀ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇଛନ୍ତି । ସରଳତା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଆମେ ଧରିନେଇଛୁ ଯେ ବ୍ୟାଟେରୀର ଆର୍ନ୍ତ-ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସକୁ ମିଶାଇ ପରିପଥରେ ସମଗ୍ର ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌କୁ *R* ରୂପରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ସେହିଭଳି L ରେ ସଂଯୋଗକାରୀ ତାରର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ମିଶିକରି ଅଛି । ଚିତ୍ର 19.9 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସ ଏବଂ ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନ୍ସ ଶ୍ରେଣୀରେ ସଂଯୋଜିତ ପରିପଥକୁ *LR* ପରିପଥ କୁହାଯାଏ ।

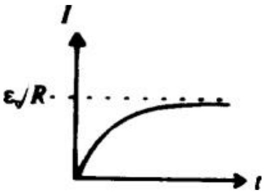
କୌଣସି ପରିପଥରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଭୂମିକାକୁ ଗୁଣାତ୍ମକ ଭାବରେ ବୁଝାଯାଇପାରେ । ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ i(t) ବଢ଼ି ବଢ଼ି ଗଲେ (t = 0 ରେ i = 0) ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନ୍ସରେ ସ୍ୱପ୍ରେରିତ

emf $e = -L\, di/dt$ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।

ଏହାର ଦିଗ ବୃଦ୍ଧି ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ହୁଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ବୃଦ୍ଧିକୁ ଏହି ବିରୋଧ କାରଣରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ହଠାତ୍ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଯଦି ପରିପଥରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନଥା'ନ୍ତା ତେବେ ସ୍ରୋତ ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ ବଢ଼ି ଅଧିକତମ ମାନ $e_0 / R$ ରେ ପହଞ୍ଚିଯାଇଥାନ୍ତା । କିନ୍ତୁ ପରିପଥରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁଣ୍ଡଳୀ ଥିବାରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ କ୍ରମଶଃ ବଢ଼ି ବଢ଼ି $t = t$ ବେଳକୁ $e_0/R$ ର ମାନରେ ପହଞ୍ଚେ । ସ୍ରୋତର ସ୍ଥିର ମୂଲ୍ୟର 2 /3 ରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ଲାଗୁଥିବା ସମୟ L / R ସହ ପ୍ରାୟ ସମାନ ହେବ, ଏହାକୁ ପରିପଥର **ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ଟାଇମ୍ କନ୍‌ଷ୍ଟାଣ୍ଟ୍** କୁହାଯାଏ । L/R ଠାରୁ ଅତ୍ୟନ୍ତ କମ୍ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସହ ସମୟର ଆଲେଖ ଚିତ୍ର 19.10 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।




ଚିତ୍ର 19.10

ତୁମେ ଦେଖି ପାରିବ ଯେ L ର ମାନ ଯେତେ ଅଧିକ ହେବ ବ୍ୟାକ୍ ***emf*** ମଧ୍ୟ ସେତିକି ଅଧିକ ହେବ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଧୀରେ ଧୀରେ ବଢ଼ିବ । (ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଭୂମିକା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ତନ୍ତ୍ରରେ ଅନେକାଂଶରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଭୂମିକା ପରି) । ଏହି କାରଣରୁ ବୃହତ୍ ଇଣ୍ଡକ୍ଟରରେ ଥିବା ପରିପଥରେ ସୁଇଚ୍ ବନ୍ଦ କରିବା ସମୟରେ ବ୍ୟାକ୍ ***emf*** ପାଇଁ ସାବଧାନ ହେବା ଉଚିତ । ପଙ୍ଖା, କଂପୁଟର, ଗିଜର କିମ୍ବା ଇସ୍ତ୍ରୀ ଭଳି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣରେ ଲାଗିଥିବା ସୁଇଚ୍‌କୁ ବନ୍ଦ କରିବା ସମୟରେ ଯେଉଁ ସ୍ପାର୍କ ଦେଖାଯାଏ, ତାହା ମୁଖ୍ୟତଃ ବ୍ୟାକ୍ ***emf*** ଯୋଗୁଁ ହୁଏ ।

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.4

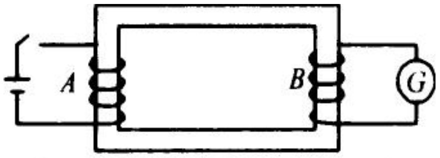
1. ବ୍ୟାଟେରୀ ଏବଂ ସ୍ୱିଚ୍ ଦ୍ୱାରା ସଂଯୋଜିତ ଗୋଟିଏ ବିଜୁଳି ବଲବ ସ୍ୱିଚ୍‌କୁ ବନ୍ଦ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ହୋଇଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ଏକ ବୃହତ୍ ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନ୍‌ସ ବଲ୍‌ବ ସହ ଶ୍ରେଣୀ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇଥାଏ, ବଲବ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆଲୋକ ଲାଭ କରିବାକୁ କିଛି ସେକେଣ୍ଡ ଲାଗିଥାଏ । ଏହା କାହିଁକି ହୁଏ ? ବୁଝାଅ ।

   ..........................................................................................................

2. କୌଣସି LR ପରିପଥରେ ସ୍ୱିଚ୍‌କୁ ବନ୍ଦ କରିବାର 2.2ms ପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ 48mA ହୁଏ । କିଛି ସମୟ ପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏହାର ସ୍ଥିର ମାନ 72mA ରେ ପହଞ୍ଚେ । ଯଦି ପରିପଥରେ ପ୍ରତିରୋଧ 68 W ହୁଏ ତେବେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟରର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   ..........................................................................................................

### 19.2.3 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Mutual Inductance)




ଚିତ୍ର 19.11 କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୁଗଳର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ।

କୌଣସି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ, ଏହାକୁ ବେଢ଼ି ପରିବର୍ତ୍ତୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍‌ସ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହା ନିକଟରେ ଥିବା ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ emf ପ୍ରେରିତ କରିଥାଏ । ଆମେ ଯେପରି ଚିତ୍ର (19.11) ରେ ଦେଖୁଛୁ କୁଣ୍ଡଳୀ B ର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେରର ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ, କୁଣ୍ଡଳୀ A ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର କାରଣରୁ ହୁଏ ।

ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତ, ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ emf ପ୍ରେରିତ କରେ । ଅର୍ଥାତ୍

$$\phi_2 \propto \phi_1 \propto I_1 \Rightarrow \phi_2 = MI_1 \qquad (19.10)$$

ଏଠାରେ M, କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୁଗଳର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଅଟେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବ୍ୟାକ୍ emf

$$e_2 = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$= -M\frac{dI}{dt} = -M\left(\frac{I_2 - I_1}{t}\right) \qquad (19.11)$$

ନିକଟରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବସ୍ତୁ ନ ଥିଲେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟର ଜ୍ୟାମିତି ଅର୍ଥାତ ଆକାର ଓ ପାରସ୍ପରିକ ଅବସ୍ଥାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଏକକ ମଧ୍ୟ ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଏକକ ସହିତ ସମାନ, ହେନରୀ (H)ଅଟେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

**ଉଦାହରଣ 19.3 :** ଏକ ପରିପଥରେ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀ ଅନ୍ୟ ଏକ ପରିପଥର ଆଉ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର ନିକଟରେ ଅଛି । ଏହି ସଂଯୋଜନାର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ 340 mH ଅଟେ ।

15 ms ସମୟ ଅନ୍ତରାଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀ - 1 ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସ୍ଥିର ହାରରେ 28 mA ରୁ 57 mA ହୁଏ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀ - 2 ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସ୍ଥିର ହାରରେ 36 mA ରୁ 16 mA ହୁଏ । ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ emf ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

**ସମାଧାନ :** 15 ms ସମୟ ଅନ୍ତରାଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀଗୁଡ଼ିକରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସ୍ଥିର ହାରରେ ହେବ -

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{57mA - 23mA}{15ms} = 2.3\ As^{-1}$$

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{16mA - 36mA}{15ms} = -1.3As^{-1}$$

ସମୀକରଣ (19.11) ରୁ ଜାଣିଛେ ଯେ, ପ୍ରେରିତ emf ର ପରିମାଣ ହେବ :

$$e_1 = -(340mH)\ (2.3As^{-1}) = -\ 0.78V$$

$$e_2 = (340\ mH)\ (1.3As^{-1}) = 0.44V$$

ମନେରଖ ଯେ ସମୀକରଣ 19.11 ରେ ନେଗେଟିଭ ଚିହ୍ନ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରେରିତ emf ର ଦିଗକୁ ସୂଚାଏ ।)

ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ପରିଘଟଣା ଉପରେ ଆଧାରିତ ସବୁଠାରୁ ମହତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଉପକରଣ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଅଟେ । ଏହା ବିଷୟରେ ତୁମେ ପର ଅଧ୍ୟାୟରେ ଜାଣିବ । ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ଉପରେ ଆଧାରିତ କେତେକ ସାଧାରଣ ବ୍ୟବହୃତ ଉପକରଣ ହେଉଛି ଚୋକ୍‌କୁଣ୍ଡଳୀ ଏବଂ ଇଗ୍ନିସନ୍ କୁଣ୍ଡଳୀ । ଏହି ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକ ବିଷୟରେ ଆମେ ସଂକ୍ଷେପରେ ଆଲୋଚନା କରିବା । ଏହା ପରେ ତୁମେ ଜାଣିବ ଯେ, ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଏବଂ କାପାସିଟରର ସଂଯୋଜନ ଏକ ମୌଳିକ ଅକ୍‌ସିଲେଟ୍‌ର ରୂପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । କାପାସିଟର ଥରେ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଗଲେ ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଚାର୍ଜ ଦୁଇ ପ୍ଲେଟ ମଧ୍ୟରେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଦୋଳନ କରୁଥାଏ ।

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.5

1. କୁଣ୍ଡଳୀଗୁଡ଼ିକର ଡାହାଣ ପଟେ ଥିବା ଜଣେ ଦର୍ଶକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଚିତ୍ର 19.11 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ emf ର ଦିଗ ବିଚାର କର । (a) ଗୋଟିଏ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ $i_1$ ବଢ଼ିବଢ଼ି ଚାଲେ ସେତେବେଳେ ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ emf ର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

   (b) ଯେଉଁ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ $i_2$ କମେ ସେତେବେଳେ ପ୍ରଥମ କୁଣ୍ଡଳୀ ଉପରେ emf ର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

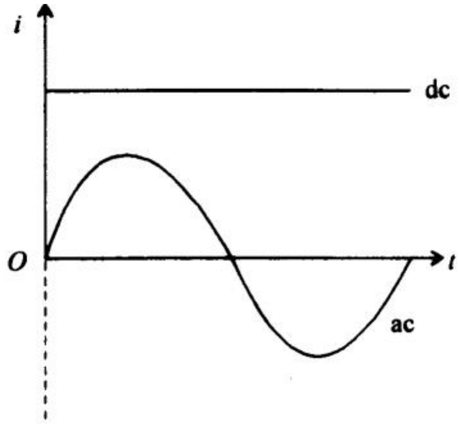
   ......................................................................................................................

2. ମନେକର ଚିତ୍ର 19.11 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ କୌଣସି ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଏପରି ଘୂରାଗଲା କି କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡ଼ିକର ଅକ୍ଷ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବରେ ରହିବ, ତେବେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରତ୍ୱ ସମାନ ରହିବ ? ଚଢ଼ିବ କିମ୍ବା କମିବ ? ବୁଝାଅ ।

.......................................................................................................................

## 19.3 ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ଭୋଲ୍ଟେଜ

**(Alternating current and voltages)**




କୌଣସି ରେଜିଷ୍ଟରରେ ବ୍ୟାଟେରୀ ସଂଯୋଗ କଲେ, ରେଜିଷ୍ଟର ଦେଇ ଚାର୍ଜ କେବଳ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଆମେ ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ବଦଳାଇବାକୁ ଚାହିଁବା, ତେବେ ଆମକୁ ବ୍ୟାଟେରୀର ସଂଯୋଗ ଓଲଟାଇବାକୁ ହେବ । ମାତ୍ର ସ୍ରୋତର ପରିମାଣ ସ୍ଥିର ରହିବ । ଏହିଭଳି ସ୍ରୋତକୁ ସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏପରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଯାହାର ପରିମାଣ ଲଗାତର ଭାବରେ ବଦଳୁଥାଏ ଏବଂ ଦିଗ ଆବର୍ତ୍ତୀ ରୂପରେ ବଦଳିଥାଏ ତାହାକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତ କୁହାଯାଏ (ଚିତ୍ର 19.12) । ସ୍ରୋତର ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତକୁ ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ନିମ୍ନମତେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$V = V_m \cos wt$ ................. (19.12a)

ଏବଂ $I = I_m \cos wt$ ............. (19.12b) .

$V_m$ ଏବଂ $I_m$ ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲ୍ଟେଜ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତର ଶୀର୍ଷ ମାନ ଅଟେ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ V ଏବଂ I ର ବର୍ଗ ମାଧ୍ୟମୂଳ ମାନର ସଂଜ୍ଞା ମଧ୍ୟ ନିମ୍ନ ରୂପରେ ଦିଆଯାଏ ।

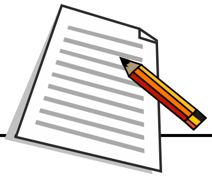
$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, V_m \text{ ............ (19.13a)}$$

$$I_{nms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \text{ ................(19.13b)}$$

V ଏବଂ I ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ପରିପଥରେ ଥିବା ପରିପଥ - ଉପାଦାନ ଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ (i) ରେଜିଷ୍ଟର (ii)କାପାସିଟର ଏବଂ (iii) କେବଳ ଇଣ୍ଡକ୍ଟରଯୁକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥ ବିଷୟରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା ।

**ଜର୍ଜ ୱେଷ୍ଟିଂହାଉସ୍ (1846 - 1914)**

ଆଜିକାଲି ସାରା ବିଶ୍ୱରେ dc ତୁଳନାରେ ac ର ଅଧିକତର ପ୍ରଚଳନ ଜର୍ଜ ୱେଷ୍ଟିଂହାଉସ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରୟାସ ଓ ଦୂରଦୃଷ୍ଟି ଯୋଗୁଁ ସମ୍ଭବ ହୋଇଛି । ସେ ଜଣେ ଆମେରିକୀୟ ଉଦ୍ଭାବକ ଓ ଶିଳ୍ପୋଦ୍ୟୋଗୀ ବ୍ୟକ୍ତି ଥିଲେ । ତାଙ୍କର ପ୍ରାୟ 400 ପେଟେଣ୍ଟ ଅଛି । 15 ବର୍ଷ ବୟସରେ ସେ ପ୍ରଥମ ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ । ସେ ବାୟୁବ୍ରେକ୍ ଏବଂ ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ରେଲୱେ ସିଗନାଲ୍ ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ ଯାହା ଫଳରେ କି ରେଳ ଯାତାୟତ ନିରାପଦ ହେଲା ।

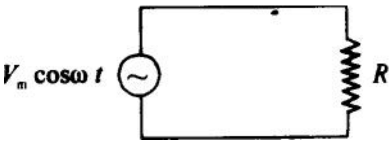


ଟିପ୍ପଣୀ

ଯୁଗୋସ୍ଲୋଭିଆର ନିକୋଲେ ଟେସ୍‌ଲା (1856 - 1943) ଘୂର୍ଣ୍ଣାୟମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଧାରଣା ଦେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଜର୍ଜ ୱେଷ୍ଟି ହାଉସ୍ ଏହାର ମହତ୍ୱ ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ ଉପଲବଧି କରିଥିଲେ । ସେ ଟେସଲାଙ୍କୁ ଲାଭପ୍ରଦ ସର୍ତ୍ତରେ ନିଜ ସହ କାମ କରିବାକୁ ନିମନ୍ତ୍ରଣ କରିଥିଲେ ଏବଂ ନିଜର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କମ୍ପାନୀ ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲେ । ଏହି କଂପାନୀ ନାଇଗ୍ରା ଜଳପ୍ରପାତ୍‌ର ଶକ୍ତିକୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରି, 20 km ଦୂରରେ ଥିବା ଏକ ସହରକୁ ଆଲୋକିତ କରିବା କ୍ଷଣି ତାଙ୍କର ଖ୍ୟାତି ବ୍ୟାପି ଯାଇଥିଲା ।

## 19.3.1 ରେଜିଷ୍ଟରର ସହ ସଂଯୋଜିତ AC ଉତ୍ସ

ଚିତ୍ର 19.13 କୁ ଦେଖ । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ac ପରିପଥରେ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସକୁ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସ ଉପରେ ଥିବା ବିଭବାନ୍ତରର ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ମାନକୁ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ତତ୍‌କ୍ଷଣିକ ମାନ ମିଳେ ।




**ଚିତ୍ର 19.13 ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସଯୁକ୍ତ ଏକ ac ପରିପଥ ।**

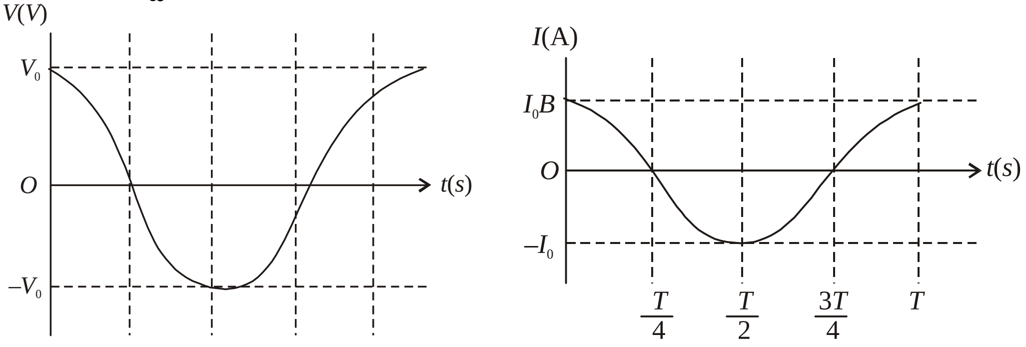
$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{V_m \cos\omega t}{R} \qquad (19.14a)$$

$V_m/R$ ର ଏକକ ଭୋଲ୍‌ଟ ପ୍ରତି ଓମ୍ (ଅର୍ଥାତ୍ ଏମ୍ପିୟର) ଅଟେ । ଏହା ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ସର୍ବାଧିକ ମାନକୁ ସୂଚାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଦିଗ, ସମୟ ସହ ବଦଳୁ ଥାଏ । ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଦୁଇଟି ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଦିଗ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ପଜିଟିଭ ଓ ନେଗେଟିଭ ମାନର ପ୍ରୟୋଗ କରୁ । ସମୀକରଣ (19.14a) ରେ $V_m/R$ ପାଇଁ ପରିପଥରେ ସର୍ବାଧିକ ସ୍ରୋତ $I_m$ କୁ ପ୍ରତିସ୍ଥାପିତ କରି ଆମେ ପାଉ,

$$I = I_m \cos wt \qquad .................. (19.14b)$$

ଚିତ୍ର 19.14 ରେ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସର ପ୍ରାନ୍ତଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ମଧ୍ୟରେ ସମୟ ସହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ବିଭବାନ୍ତର ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସମକଳାରେ ଅଛି ଅର୍ଥାତ୍ ଶିଖର ଏବଂ ଗହ୍ୱର ଏକ ସମୟରେ ହୁଅନ୍ତି ।




**ଚିତ୍ର 19.14 ଏକ ଶୁଦ୍ଧ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସ ଥିବା ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ଭୋଲ୍‌ଟେଜର ସମୟ ସହ ପରିବର୍ତ୍ତନ**

ଭାରତବର୍ଷରେ, $V_m$ = 310 V ଏବଂ $n$ = 50Hz ଅଟେ । ତେଣୁ R = 10W ପାଇଁ ଆମେ ପାଉଛେ,

$$n = 310 \cos (2p\ 50t)$$

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏବଂ $I = \frac{310}{10} \cos(100\,pt)\,A \;= 31\cos(100\,pt)\,A$

ଯେହେତୁ $V$ ଏବଂ I, cos(100pt) ସହ ସମାନୁପାତୀ, ତେଣୁ ପୂର୍ଣ୍ଣସଂଖ୍ୟକ ଚକ୍ର ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ହାରାହାରି ମୂଲ୍ୟ ଶୂନ୍ ଅଟେ । କିନ୍ତୁ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସରେ ହାରାହାରି ପାୱାର $P = I^2R$ ଶୂନ ନୁହେଁ । କାରଣ $I^2$ ଶୂନ ଏବଂ $I^2_m$ ମଧ୍ୟରେ ଆବର୍ତ୍ତିତ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିଥାଏ । ତେଣୁ ଗୋଟିଏ ଚକ୍ର (cycle) ପାଇଁ ହାରାହାରି ପାୱାର $P_{av}$ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ ।

$$P_{av} = (I^2R)_{av} = R(I^2)_{av} = R\left(\frac{I_m^2 + 0}{2}\right)$$

$$P_{av} = R\left(\frac{I_m^2}{2}\right) = RI^2_{nms} \qquad (19.15)$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, $I_m/\sqrt{2}$ ମାନର ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାରା ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସରେ ସମାନ ମାନର ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ ।

ଯଦି $V_m/\sqrt{2}$ ଭୋଲ୍ଟର ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବିଭବାନ୍ତର ସହ ରେଜିଷ୍ଟରକୁ ସଂଯୋଜିତ କରାଯାଏ, ତେବେ ମଧ ଏହି ପରିଣାମ ମିଳିବ । $I_m/\sqrt{2}$ ଏବଂ $V_m/\sqrt{2}$ ରାଶିଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ବିଭବାନ୍ତରର rms ମାନ କୁହାଯାଏ । ପଦ rms ବର୍ଗ-ମାଧ-ମୂଳର ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ରୂପ ଅଟେ, ଯାହାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି, ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରାଶିର ବର୍ଗର ମାଧମାନର ବର୍ଗମୂଳ ।

ଭାରତବର୍ଷରେ ଘରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୋଗାଣ ପାଇଁ ବିଭବାନ୍ତରର rms ମାନ ହେଉଛି

$V_{mns} = V_m/\sqrt{2} = 220V$ ଅଟେ ।

ସାଧାରଣତଃ ବିଭବାନ୍ତର କହିଲେ ଏହି ମୂଲ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ବିଭବାନ୍ତର 220V ହେଲେ, ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ର ଶିଖରମାନ 310V ଅଟେ, ଏବଂ ଏହି କାରଣରୁ ଏହା ଏତେ ଘାତକ ଅଟେ ।

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.6

1. ଏକ ବିଜୁଳୀ ବଲ୍ବ କୌଣସି ac ଉତ୍ସ ସହ ସଂଯୋଜିତ ହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚକ୍ରରେ ଦୁଇଥର ଶୂନ ହୋଇଥାଏ । ଶୂନ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହ ବେଳେ ବଲ୍ବ କାହିଁକି ଲିଭିଯାଏ ନାହିଁ ?

.................................................................................................................................

2. 25Wର ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସର କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଇସ୍ତ୍ରୀ ଘରେ 220V, 50Hz ଯୋଗାଣ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହାର ଏକ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଚକ୍ରରେ ହାରାହାରି ସ୍ରୋତ, ଶିଖର ସ୍ରୋତ, ତାତକ୍ଷଣିକ ସ୍ରୋତ ଏବଂ rms ସ୍ରୋତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

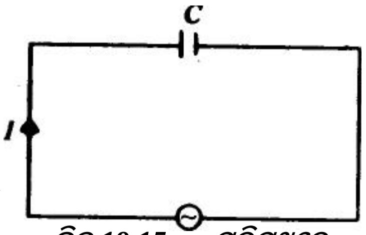
.................................................................................................................................

3. ac ସ୍ରୋତ ଏବଂ ଭୋଲଟେଜ୍ର ବର୍ଗ ମାଧମୂଳର ମାନ କଳନା କରିବା କାହିଁକି ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ?

.................................................................................................................................

ଟିପ୍ପଣୀ

## 19.3.2 କାପାସିଟରର ସହ ସଂଯୁକ୍ତ AC ଉତ୍ସ




ଚିତ୍ର 19.15 ac ପରିପଥରେ ଏକ କାପାସିଟର ।

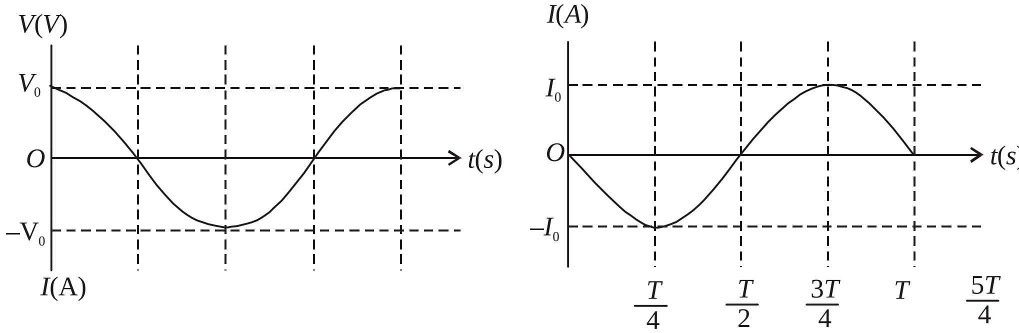
ଚିତ୍ର 19.15 ରେ ac ସ୍ରୋତ ସହ ସଂଯୋଜିତ ଏକ କାପାସିଟର ଦର୍ଶାଯାଇଛି । କାପାସିଟରର ସଂଜ୍ଞାରୁ ଏହା ଜଣାଯାଏ ଯେ କାପାସିଟରରେ ତାତକ୍ଷଣିକ ଚାର୍ଜ ଏହା ଉପରେ ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ବିଭବାନ୍ତର ଏବଂ କାପାସିଟାନ୍ସର ଗୁଣଫଳ ସହ ସମାନ (q = CV) ଅଟେ । ତେଣୁ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$q = CV_m \cos \omega t \qquad (19.16)$$

ଯେହେତୁ I = dq / dt ତେଣୁ ଲେଖି ହେବ,

$$I = - \text{w}CV_m \sin \text{w}t \qquad (19.17)$$

କୌଣସି କାପାସିଟର-ପରିପଥରେ V ଏବଂ I ର ସମୟ ଅନୁକ୍ରମେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଚିତ୍ର 19.16 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।




ଚିତ୍ର 19.16 ଏକ କାପାସିଟଭ ପରିପଥରେ V ଏବଂ I ର ସମୟ ଅନୁକ୍ରମେ ପରିବର୍ତ୍ତନ

କାପାସିଟରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ *I* ଏବଂ ବିଭବାନ୍ତର *V* କମ୍ ସମକଳାରେ ନ ଥାଏ । ଏହା ରେଜିଷ୍ଟର ଠାରୁ ଭିନ୍ନ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ - ସମୟ ଆଲେଖ (plot) ର ପ୍ରଥମ ଶିଖର, ଆବର୍ତ୍ତକାଳର ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ପରେ ବିଭବାନ୍ତର - ସମୟ ଆଲେଖର ପ୍ରଥମ ଶିଖର ହୋଇଥାଏ ।

ଆବର୍ତ୍ତକାଳର ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ କହିଲେ କଳାନ୍ତର p/2 ବା $90^0$ ବୁଝାଏ । ସେହି ଅନୁସାରେ କହି ହେବ ଯେ, ବିଭବାନ୍ତର ସ୍ରୋତର $90^0$ ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ ହେବ ।

ସମୀକରଣ (19.17) କୁ ପୁନଶ୍ଚ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭାବରେ ଲେଖି ହେବ,

$$I = -\frac{V_m}{1/(\omega C)} \sin\omega t \qquad (19.18)$$

ଏବଂ ସମୀକରଣ (19.14a) ଓ ସମୀକରଣ (19.18) କୁ ତୁଳନାକଲେ ଜଣାଯିବ ଯେ, (1/ω*C*) ର ଏକକ ରେଜିଷ୍ଟାନସ୍‌ର ଏକକ ସହ ସମାନ । I/wC ରାଶିକୁ କାପାସିଟିଭ-ରିଆକ୍ଟାନ୍ସ କୁହାଯାଏ ଓ ଏହାକୁ ପ୍ରତୀକ Xc ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଯାଏ ।

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

$$= \frac{1}{2®vC} \qquad (19.19)$$

ଏକ ପରିପଥରେ କାପାସିଟର୍‌ର ac ପ୍ରଭାବ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କ୍ଷମତାର ମାପନ ହେଉଛି କାପାସିଟିଭ-ରିଆକ୍ଟାନ୍‌ସ । ଏହା ଜେନେରେଟରର କାପାସିଟାନ୍‌ସ ଏବଂ ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଆବୃତ୍ତି ତଥା କାପାସିଟାନ୍‌ସର ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ କାପାସିଟିଭ-ରିଆକ୍ଟାନ୍‌ସ କମେ । ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସ ତଥା ରିଆକ୍ଟାନସ ଗୋଟିଏ ଅର୍ଥରେ ସମାନ ଯେ ଉଭୟ ac ସ୍ରୋତକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣର ମାପକ । କାପାସିଟିଭ-ରିଆକ୍ଟାନସ ac ର ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କିନ୍ତୁ ରେଜିଷ୍ଟାନସରେ ତାହା ହୁଏ ନାହିଁ (ଚିତ୍ର 19.17) । କାପାସିଟିଭ-ରିଆକ୍ଟାନସକୁ ଆଧାର କରି ଆମେ $I = V/R$ ର ଏକ ଅନୁରୂପ ସମୀକରଣ ପାଇପାରିବା । ତାହା ହେଉଛି

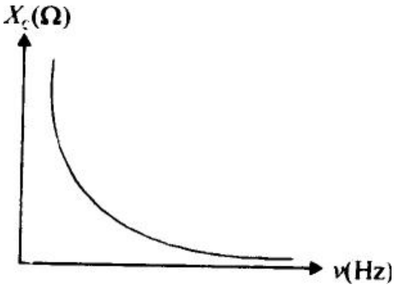
$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{X_C} \qquad (19.20)$$

କାପାସିଟରକୁ ପ୍ରଦତ୍ତ ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ପାୱାର, ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ କାପାସିଟର ସ୍ରୋତ ଏବଂ ବିଭବାନ୍ତରର ଗୁଣଫଳ ସହ ସମାନ ।

$$P = VI$$

$$= -\ \omega CV^2 \sin \omega t \cos \omega t$$

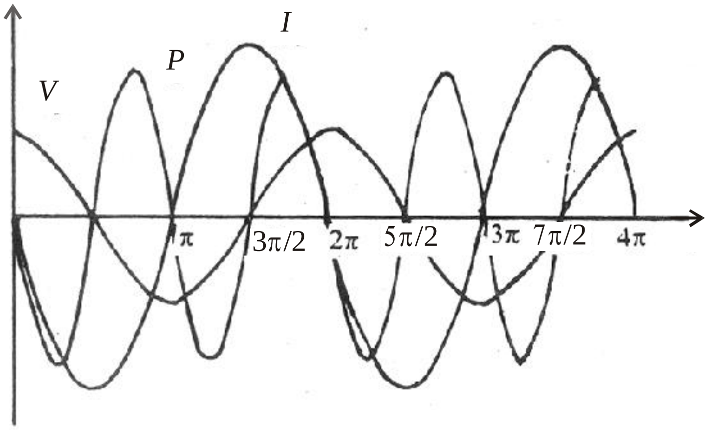
$$= -\tfrac{1}{2}\,\omega CV^2 \sin 2\omega t \ \ldots\ldots\ldots\ldots(19.21)$$




**ଚିତ୍ର 19.17 କାପାସିଟିଭ-ରିଆକ୍ଟାନସର ଆବୃତ୍ତି ସହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ।**

ସମୟ ସହ ଶକ୍ତି-ପ୍ରବାହର ଦିଗ $P$ ର ଚିହ୍ନ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୁଏ । $P$ ପଜିଟିଭ ହେଲେ, କାପାସିଟରରେ ଶକ୍ତି ସଂଚିତ ହୋଇଥାଏ । $P$ ନେଗେଟିଭ ହେଲେ କାପାସିଟର ଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୁଏ । ଚିତ୍ର 19.18 ରେ V, I ଏବଂ P ଲେଖଚିତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଲକ୍ଷ୍ୟକର, ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ବିଭବାନ୍ତରର କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି ω ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ପାୱାର କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି 2ω ସହ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ହାରାହାରି ପାୱାର୍ ଶୂନ ଅଟେ । ଚାର୍ଜିଂ ଚକ୍ର ବେଳେ କାପାସିଟରରେ ସଂଚିତ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି, କାପାସିଟରର ବିସର୍ଜନ ବେଳେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ବିସର୍ଜିତ ହୁଏ ।

ମୋଟାମୋଟି ଭାବରେ, ଏକ ଚକ୍ରରେ କାପାସିଟରରେ କୌଣସି ଶକ୍ତି ସଂଚିତ ହୁଏ ନାହିଁ କିମ୍ବା କୌଣସି ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୋଇନଥାଏ ।




*ଚିତ୍ର 19.18 : V, I ଏବଂ P ର ସମୟ ସହ ପରିବର୍ତ୍ତନ*

ଟିପ୍ପଣୀ

**ଉଦାହରଣ 19.5 :** 100 μF ର ଏକ କାପାସିଟର ଶିଖର ଆୟାମ 220V ଥିବା 50 Hz ac ଜେନେରେଟର ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । କାପାସିଟର ସହ ପଂକ୍ତିରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ rms ac ଏମିଟରରେ କେଉଁ ପରିମାଣର ସ୍ରୋତ ମିଳିବ ?

**ସମାଧାନ:** ଏକ କାପାସିଟର୍‌ର ରିଆକ୍ଟାନ୍‌ସ-ପ୍ରତିଘାତ ହେବ = $X_c = \dfrac{1}{\omega c}$

$$= \frac{1}{2\pi(50\text{rads}^{-1})(100\times10^{-6}\text{F})} = 31.8\ \text{W}$$

ଏମିଟରର ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସ କମ୍ ହେବା କାରଣରୁ ସ୍ରୋତର ମାନ ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ ବୋଲି ଧରିନେଲେ, କାପାସିଟରରେ ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ସ୍ରୋତ ହେବ

$$I = \frac{V}{X_C}\cos wt = \frac{220}{31.8}\cos wt = (-6.92\cos wt)\ \text{A}$$

ସ୍ରୋତର rms ମୂଲ୍ୟ ହେବ, $I_{rms} = \dfrac{I_m}{\sqrt{2}} = \dfrac{6.92}{\sqrt{2}} = 4.91\text{A}$

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.7

1. କୌଣସି ac ଜେନେରେଟରରେ ସଂଯୋଜିତ କାପାସିଟରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏହାର କାପାସିଟାନ୍‌ସର ବୃଦ୍ଧି ହେତୁ କାହିଁକି ବଢ଼ିଥାଏ ବୁଝାଅ ।

.................................................................................................................................

2. ଶିଖରମାନ $V_m$ ସ୍ଥିର କିନ୍ତୁ ଆବୃତ୍ତି ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ଥିବା ଏକ ac ଜେନେରେଟର ସହିତ ଗୋଟିଏ କାପାସିଟର ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ଆବୃତ୍ତି ହ୍ରାସ ହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ବୃଦ୍ଧି ହେବ ବୋଲି ତୁମେ ଆଶା କରିବ କି ?

.................................................................................................................................

3. ଏକ ac ଜେନେରେଟର ଦ୍ୱାରା କାପାସିଟର୍‌କୁ ପ୍ରଦତ୍ତ ହାରାହାରି ପାୱାର ଶୁନ୍ ହେବ କି ? ତୁମର ଉତ୍ତରର ଯଥାର୍ଥତା ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

.................................................................................................................................

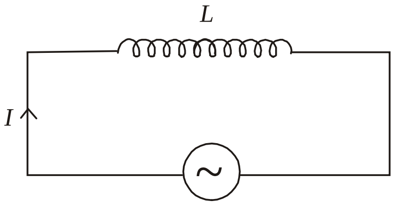
4. TV ସେବା ପରି ଉଚ୍ଚ, ଆବୃତ୍ତି ପରିପଥ ଗୁଡ଼ିକରେ କାପାସିଟିଭ-ରିଆକ୍ଟାନ୍‌ସ କାହିଁକି କମ୍ ହୁଏ ।

.................................................................................................................................

### 19.3.3 ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ସହ ସଂଯୋଜିତ ଏକ AC ସ୍ରୋତ

ଏବେ ଆମେ କୌଣସି AC ସ୍ରୋତ ସହ ସଂଯୋଜିତ ଏକ ଆଦର୍ଶ ପ୍ରେରକ (ଶୂନ-ପ୍ରତିରୋଧିତା) ଉପରେ ବିଚାର କରିବା (ଚିତ୍ର 19.19) ଯଦି ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଉପରେ ବିଭବାନ୍ତର $V$ ହୁଏ, ତେବେ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା -

$$V(t) = L\frac{dI}{dt} = V_m\cos\omega t \qquad (19.22)$$




**ଚିତ୍ର 19.19 : ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ସହ ସଂଯୋଜିତ ଏକ ac ଜେନେରେଟର**

ଟିପ୍ପଣୀ

ସମୀକରଣ (19.22) କୁ ସମୟ ଅନୁକ୍ରମେ ସମାକଳନ କଲେ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$\int dI = \frac{V_m}{L}\int \cos\omega t\, dt$$

ଯେହେତୁ cos x ର ସମାକଳ sin x ତେଣୁ ଆମେ ପାଇବା

$$I(t) = \frac{V_m}{\omega L}\sin\omega t + + \text{ସ୍ଥିରାଙ୍କ} \qquad (19.23a)$$

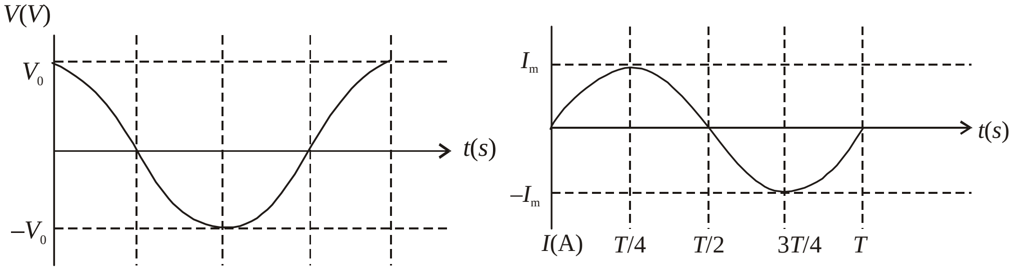
$t = 0$ ବେଳେ, $I = 0$ । ସୁତରାଂ ସମାକଳନ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେବ ଶୂନ, ତେଣୁ

$$I(t) = \frac{V_m}{\omega L}\sin\omega t \qquad (19.23b)$$

$V(t)$ ଏବଂ $I(t)$ କୁ ତୁଳନା କରିବା ପାଇଁ ଆମେ ନେବା $V_m = 220\text{V}$ ଏବଂ $\omega = 2\pi(50)\ \text{rads}^{-1}$,

ଏବଂ $L = 1H$. ତେଣୁ $V(t) = 220\cos(2\pi\, 50t)$ ଭୋଲଟ ।

$$I(t) = \frac{220}{2\pi.50}\sin(2\pi\, 50t) = 0.701\sin(2\pi\, 50t) \text{ ଏମ୍ପିୟର}$$



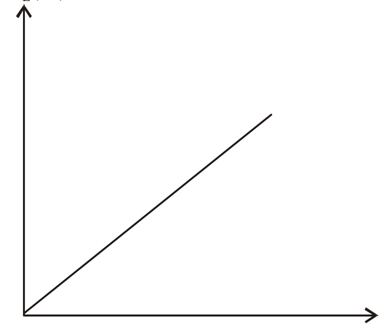

**ଚିତ୍ର 19.20 : ଏକ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ସମୟ ସହ ବିଭବାନ୍ତର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ । ସେମାନେ ସମକଳାରେ ନାହାନ୍ତି)**

ଚିତ୍ର 19.20 ରେ ସମୟ ଅନୁସାରେ $V$ ଏବଂ $I$ ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦର୍ଶାଉଛି । ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ଏହା ଉପରେ ବିଭବାନ୍ତର ସମକଳାରେ ନାହାନ୍ତି । ବାସ୍ତବରେ ବିଭବାନ୍ତର ଶିଖର, ସ୍ରୋତର ଶିଖରଠାରୁ ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ-ଚକ୍ର ପୂର୍ବରୁ ହୋଇଥାଏ । ଆମେ କହୁ ଯେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ, ବିଭବାନ୍ତର ଠାରୁ $\pi/2$ rad ଅଥବା $90^0$) ପଶ୍ଚାତଗାମୀ ହୋଇଥାଏ । ଲେନଜଙ୍କ ନିୟମରୁ ମଧ୍ୟ ଆମେ ଏହା ଆଶା କରୁ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରେ ବିଚାର କରିବାକୁ ଆମେ ସମୀକରଣ (19.23b) କୁ ଏପରି ଲେଖି ପାରିବା ।

$$I = \frac{V_m}{\omega L}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

କାରଣ $V = V_m\cos\omega t$, ଏଣୁ କଳାନ୍ତର $(-\pi/2)$ ପାଇଁ ଅର୍ଥ ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ବିଭବାନ୍ତର ତୁଳନାରେ $\pi/2$. ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ ହୋଇଥାଏ । ଏହା କାପାସିଟରର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ବିପରୀତ, କାରଣ ସେଠାରେ ସ୍ରୋତ ବିଭବାନ୍ତରର ଅଗ୍ରଗାମୀ । କିନ୍ତୁ ଇଣ୍ଡକ୍ଟରରେ ସ୍ରୋତ ବିଭବାନ୍ତର ଠାରୁ ପଶ୍ଚାତଗାମୀ ହୋଇଥାଏ । ସମୀକରଣ (12.23b) ରେ $\omega L$ ର ଏକକ ରେଜିଷ୍ଟାନସର ଏକକ । ଏହାକୁ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନସ କୁହାଯାଏ ଏବଂ $X_L$ ପ୍ରତୀକ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ କରାଯାଏ । $X_L = \omega L = 2\pi\nu L$ (19.24)

କାପାସିଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନସ ପରି ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନ୍ସ $X_L$, କୁ ଓମ୍‌ରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏହା ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନସ ଏବଂ ଜେନେରେଟରର ଆବୃତ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଦ୍ୱାରା ac ସ୍ରୋତର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କ୍ଷମତାର ଏକ ମାପନ ହେଉଛି ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ୍ ରିଆକ୍ଟାନସ । ଏହା କାପାସିଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନ୍‌ସର ଠିକ୍ ବିପରୀତ ଅଟେ । ଯଦି ଆବୃତ୍ତି ଶୂନ ହୋଇଯାଏ, ତେବେ ଆବୃତ୍ତି କିମ୍ବା ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନସ ଯେକୌଣସି ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିକର ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ, ଇଣ୍ଡକକ୍ଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନସ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ରିଆକ୍ଟାନସ ମଧ୍ୟ ଶୂନ ହୋଇଯାଏ । କିନ୍ତୁ ମନେପକାଅ ଯେତେବେଳ $\omega \to 0$ , କାପାସିଯିଭ ରିଆକ୍ଟାନସ ଅନନ୍ତ ଦିଗରେ ଯାଏ (ସାରଣୀ 19.1 କୁ ଦେଖ) କାରଣ ବ୍ୟାଟେରୀ ଭଳି dc ଉତ୍ସ ପାଇଁ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ପ୍ରଭାବ ରହେ ନାହିଁ । ଶୂନ ଆବୃତ୍ତିରେ ଶୂନ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନସ – ଏ କଥାର ସମର୍ଥନ ଆମେ ପାଉଛି ଏକ dc ଉତ୍ସରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଇଣ୍ଡକ୍ଟରର ଆଚରଣରୁ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ $X_L$ର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ଚିତ୍ର 19.21 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।




**ଚିତ୍ର 19.21 : *ଆବୃତ୍ତିର ଫଳନ ରୂପରେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟରର ରିଆକ୍ଟାନସ ($X_L$ = 2®vL) । ଆବୃତ୍ତିର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନସର ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ।***

**ସାରଣୀ 19.1 : ନିଷ୍କ୍ରିୟ ପରିପଥ ଉପାଦନମାନଙ୍କର ଆବୃତ୍ତି ଅନ୍ତକ୍ରିୟା**

| ପରିପଥ ଉପାଦାନ | ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହର ବିରୋଧ | ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତିର ମାନ | ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତିରମାନ |
|---|---|---|---|
| ରେଜିଷ୍ଟର . | $R$ | $R$ | $R$ |
| କାପାସିଟର | $X_C = \frac{1}{\omega C}$ | $\infty$ | 0 |
| ଇଣ୍ଡକ୍ଟର | $X_L = \omega L$ | 0 | $\infty$ |

ରେଜିଷ୍ଟାନସ $R$ ସଂପୃକ୍ତ ସମୀକରଣ $I = V/R$ ଭଳି ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନସ ସଂପୃକ୍ତ ଏକ ସମୀକରଣ ଆମେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନସ୍‌ର ଧାରଣା ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରା କରିପାରିବା ।

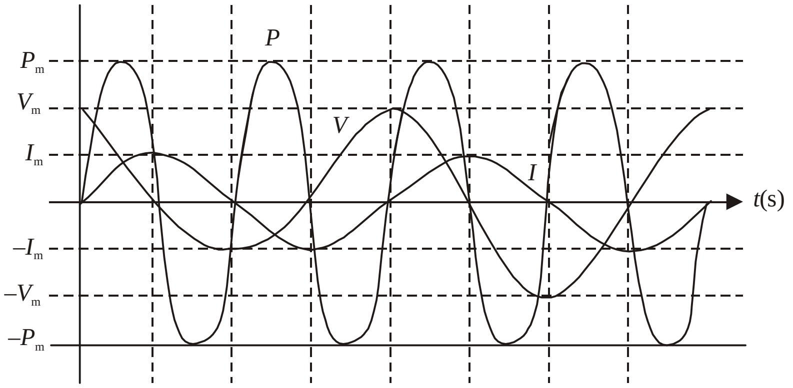
$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_L} \qquad (19.25)$$

ଇଣ୍ଡକ୍ଟରକୁ ପ୍ରଦତ୍ତ ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ଶକ୍ତି ହେଉଛି

$$P = VI = \frac{V_m^2}{\omega L} \sin \omega t \cos \omega t = \frac{V_m^2}{2\omega L} \sin 2\,\omega t \qquad (19.26)$$

ଗୋଟିଏ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ପାଇଁ $V$, $I$ ଓ $P$ ର ଗ୍ରାଫ ଚିତ୍ର 19.21 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଅଛି । ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ ଓ ବିଭବାନ୍ତର କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି ଅନୁସାରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ପାୱାର କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତିର ଦୁଇଗୁଣ ଅନୁସାରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚକ୍ରରେ ଲବ୍ଧ ହାରାହାରି ପାୱାର ଶୂନ ଅଟେ । ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବୃଦ୍ଧି ପାଇବା ଏବଂ କ୍ଷୟ ହେବା ସହିତ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚକ୍ରରେ ଶକ୍ତି ଏକାନ୍ତରରେ ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ କିମ୍ବା ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ ।

ଟିପ୍ପଣୀ




**ଚିତ୍ର 19.21** *ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ପରିପଥରେ ସମୟ ସହିତ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ, ସ୍ରୋତ ଓ ପାୱାରର ପରିବର୍ତ୍ତନ*

### ଉଦାହରଣ 19.6

ଏକ ବାୟୁ କ୍ରୋଡ଼ ସଲେନଏଡର ଲମ୍ବା 25 ସେ.ମି. ଓ ବ୍ୟାସ 2.5 ସେ.ମି. ଏବଂ ଏଥିରେ ପାଖାପାଖି ଗୁଡ଼ିଆ ହୋଇଥିବା 1000 ଘେର ଅଛି । କୁଣ୍ଡଳୀର ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସ 1.00 ଓମ୍ 1k ହର୍ଜ୍ ଆବୃତ୍ତିରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ରେଜିଷ୍ଟାନସ ସହିତ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନସ ତୁଳନା କର ।

**ସମାଧାନ :** ବ୍ୟାସ ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ଲମ୍ବର ସଲେନଏଡ଼ର ଇଣ୍ଡକ୍ଟାନ୍ସ, ନିମ୍ନଲିଖିତ୍ ସୂତ୍ର ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ

$$L = \frac{\mu_0 N^2 \pi a^2}{\ell}$$

ଏଠାରେ $N$ , ଘେରାର ସଂଖ୍ୟା, a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $\ell$ ସଲେନଏଡ଼ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ, ଏମାନଙ୍କର ମୂଲ୍ୟ ସ୍ଥାପନ କଲେ ଆମେ ପାଇବା,

$$L = \frac{(4\pi \times 10^{-7})\ \mathrm{Hm^{-1}}\ (1000)^2\ \pi (0.0125)^2 \mathrm{m}^2}{0.25\mathrm{m}}$$

$$= 2.47 \times 10^{-3}\ \mathrm{H}$$

100 Hz ଆବୃତ୍ତି ବେଳେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ୍ ରିଆକ୍ଟାନସ

$$X_L = \omega L = 2\pi \left(100 \frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}\right) (2.47 \times 10^{-3})\ \mathrm{H}$$

$$= 1.55\Omega$$

ତେଣୁ 100 Hz ଆବୃତ୍ତିରେ ଏହି ସଲେନଏଡ଼ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ୍ ରିଆକ୍ଟାନସ୍ ଏହାର ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ରେଜିଷ୍ଟାନସ (ଓମିକ୍) ସହିତ ତୁଳନୀୟ । ଏକ ପରିପଥ ଚିତ୍ରରେ ଏହା ନିମ୍ନ ସଦୃଶ ଦର୍ଶାଯାଇପାରିବ

L = 2.47 H ଏବଂ $R = 1.00\ \Omega$.

ଏହି ଧାରଣାକୁ ତୁମେ କେତେ ବୁଝି ପାରିଲ ତାହା ପରୀକ୍ଷା କରି ପାର ।

ଟିପ୍ପଣୀ

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.8

1. କୌଣସି ଆଦର୍ଶ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଜେନେରେଟରରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବା ଅବସ୍ଥାରେ ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମର ଭୂମିକାକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

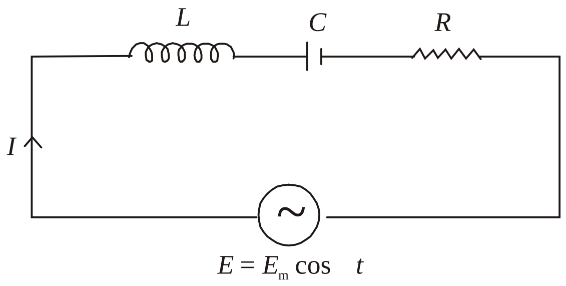
..........................................................................................................................

2. ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱକୁ ବିଦ୍ୟୁତୀୟ ଜଡ଼ତ୍ୱ ରୂପରେ ଉପାଂଶ 19.3.1 ଅଭିଲକ୍ଷିତ କରାଯାଇଛି । ଏହାକୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ତୁମେ ଲୋ ac ଜେନେରେଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କୌଣସି ଇଣ୍ଡକ୍ଟରର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ତୁମେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ହ୍ରାସ କାହିଁକି ଆଶା କରୁଛ ?

..........................................................................................................................

## 19.3.4 : ପଙ୍କ୍ତି ଶ୍ରେଣୀ (Series) LCR ପରିପଥ

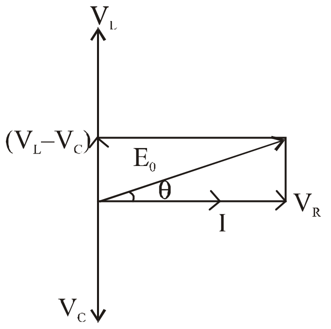
ଚିତ୍ର 19.22 କୁ ଦେଖ । ଏଥିରେ ଏକ ପରିପଥ ଦର୍ଶାଯାଇ ଅଛି ଯେଉଁଥିରେ, ଏକ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର $L$ , ଏକ କାପାସିଟର $C$ ତଥା ଏକ ରେଜିଷ୍ଟର୍ $R$ ଅଛି ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକ ac ଉତ୍ସ ସହିତ ପଙ୍କ୍ତିରେ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇଛନ୍ତି । ଏଥିର ତତ୍କ୍ଷଣିକ emf $E = E_m \sin \omega t$ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଅଛି । ଏହି ତିନିଟି ପରିପଥ ଉପାଦାନ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ସ୍ରୋତର ଆୟାମ ଏବଂ କଳା ସମାନ ମାତ୍ର ଯାହା ଆଗରୁ କୁହାଯାଇଅଛି ଯେ ଏମାନଙ୍କ ଉପରେ ବିଭବାନ୍ତର ସମାନ କଳାରେ ନାହାଁନ୍ତି ।




**ଚିତ୍ର 19.22 : *ପଙ୍କ୍ତି LCR ପରିପଥ***

(i) ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ରେଜିଷ୍ଟର ଉପରେ ବିଭବାନ୍ତର $V_R = I_0 R$ ଏବଂ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସହିତ ସମକଳାରେ ଥାଏ ।

(ii) କାପାସିଟର ଉପରେ ବିଭବାନ୍ତରର ଆୟାମ $V_C = I_O X_C$ ଏବଂ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ତୁଳନାରେ $\pi/2$ କୋଣ ପଶ୍ଚାତ୍‌ବର୍ତ୍ତୀ ଅଟେ ଏବଂ (iii) ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଉପରେ ବିଭବାନ୍ତର ଆୟାମ $V_L = I_0 X_L$ ଏବଂ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ତୁଳନାରେ $\pi/2$ କୋଣରେ ଅଗ୍ରଣୀ ।




**ଚିତ୍ର 19.23 : *LCR* ପରିପଥରେ ବିଭବାନ୍ତର ଫେଜ୍‌ର ଚିତ୍ର**

କଳାର ଭିନ୍ନତା ଯୋଗୁଁ ପରିପଥ ଉପରେ ପରିଣାମୀ ଶିଖର ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ପାଇବା ପାଇଁ ଆମେ ବିଭିନ୍ନ ଭୋଲଟେଜ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ବୀଜଗାଣିତିକ ପଦ୍ଧତିରେ ଯୋଗ କରିପାରିବା ନାହିଁ । ଏହି ଭୋଲ୍‌ଟେଜମାନଙ୍କୁ ମିଶ୍ରଣ କରିବା ପାଇଁ ଆମକୁ ତିନୋଟି ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ମଧ୍ୟରେ ଉପଯୁକ୍ତ କଳା ସମ୍ବନ୍ଧ ଦର୍ଶାଯାଇଛି (ଏକ ଫେଜର୍ ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରିବା) (ଚିତ୍ର 19.23) । ଏହି ଚିତ୍ରରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଓ କାପାସିଟର ଉପରେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜମାନ ବିପରୀତ କଳାରେ ଅଛନ୍ତି ତେଣୁ ରିଆକ୍ଟିଭ ଉପାଦନ ଉପରେ ପରିଣାମୀ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ହେବ $(V_L - V_C)$ । ତେଣୁ ଏହି ପରିପଥ ଉପରେ ପରିଣାମୀ ଶିଖର ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ହେବ -

ଟିପ୍ପଣୀ

$$E_0 = \sqrt{(V_L - V_C)^2 + V_R^2}$$

$$= \sqrt{I_0^2\{(X_L - X_C)^2 + R^2\}}$$

ଅଥବା $$\frac{E_0}{I_0} = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + R^2}$$

LCR ପରିପଥ ଯୋଗୁଁ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହର ବିରୋଧକୁ ଏହାର ଇଂପେଡାନ୍ସ କୁହାଯାଏ । ପରିପଥର ଇଂପେଡାନ୍ସ ହେଉଛି :

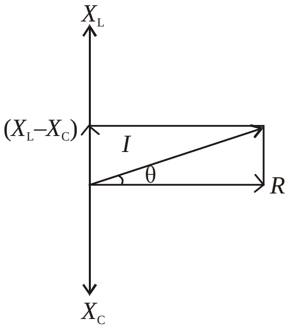
$$Z = \frac{E_{rms}}{I_{rms}} = \frac{E_0}{I_0} = \sqrt{(X_L - X_C) + R^2} = \sqrt{\left(2\pi vL - \frac{1}{2\pi vC}\right)^2 + R^2} \qquad (19.27)$$

ଏଣୁ LCR ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ rms ସ୍ରୋତ ହେଉଛି :

$$I_{rms} = \frac{E_{rms}}{Z}$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଚିତ୍ର 19.23 ରେ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ LCR ପରିପଥରେ ସ୍ରୋତ ତୁଳନାରେ emf $\phi$, ଅଗ୍ରଣୀ (ଅଥବା ପଶ୍ଚାତବର୍ତ୍ତୀ) ହୋଇଥାଏ । ଏହା ହେବ

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L I_0 - X_C I_0}{RI_O} = \frac{X_L - X_C}{R} \qquad (19.28)$$




**ଚିତ୍ର 19.24 : Z ପାଇଁ ଫେଜ୍‌ର ଚିତ୍ର**

ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଲା ଯେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍‌ପରି ଫେଜର୍ ଚିତ୍ରରେ $R$, $X_L$, $X_C$ ଏବଂ $Z$ କୁ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇ ପାରିବ (ଚିତ୍ର 19.24 )

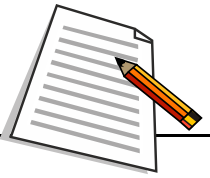
## ଅନୁନାଦ (Resonance)

ଏବେ ତୁମେ ଜାଣିଲ ଯେ ବ୍ୟବହାର ହେଉଥିବା ac ଉତ୍ସର ଆବୃତ୍ତିର ବୃଦ୍ଧି ସହତ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ୍ ରିଆକ୍ଟାନସ ($X_L$) ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏବଂ କାପାସିଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନସ ($X_C$) ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏଣୁ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତି $v_r$ ରହିପାରେ, ଯାହା ପାଇଁ $X_L = X_C$ ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ,ମାନେ ବିପରୀତ କଳାରେ ଥା'ନ୍ତି ।

ଅର୍ଥାତ୍ $$2\pi v_r L = \frac{1}{2\pi v_r C}$$

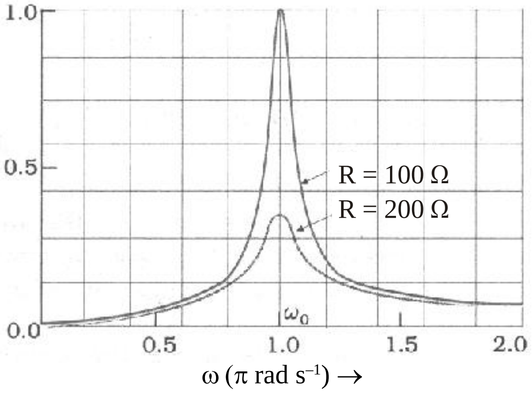
$$\Rightarrow v_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (19.29)$$

ଏହି ଆବୃତ୍ତିକୁ ଅନୁଦାନ ଆବୃତ୍ତି କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ଆବୃତ୍ତିରେ ଇଂପେଡାନ୍ସ (Impendence)ର ନିମ୍ନତମ ମାନ : $w_{min} = R$ ହେବ । ଏହି ପରିପଥ ଏବେ ପୂର୍ଣ୍ଣତଃ ରେଜିଷ୍ଟିଭ୍ (Resistive) ହେବ । କାପାସିଟର ଏବଂ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଉପରେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜର ପରିମାଣ ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ, ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରନ୍ତି । ଅନୁନାଦୀ ପରିପଥ ପୂର୍ଣ୍ଣତଃ ରେଜିଷ୍ଟିଭ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ନେଟ୍ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସହିତ



ଟିପ୍ପଣୀ

ସମତଳ ($\phi = 0$)ରେ ଥାଏ । ଏବଂ ପରିପଥରେ ସର୍ବାଧିକ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇଥାଏ । ସେହି ସମୟରେ ପରିପଥ ବ୍ୟବହୃତ ac ସହିତ ଅନୁନାଦୀ ହେଉଥିବା କୁହାଯାଏ । ବ୍ୟବହୃତ ଉତ୍ସର ଆବୃତ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହି LCR ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଶିଖର ମୂଲ୍ୟର ପରିବତର୍ତନ ଚିତ୍ର 19.25 ରେ ଦର୍ଶାଯଶାଇଛି । କୌଣସି LCR ପରିପଥର ଅନୁବାଦ ଆବୃତ୍ତି, ରେଜିଷ୍ଟାନସ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଯେପରିକି ଚିତ୍ର 19.25 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସ କମ୍ ହେଲେ ସ୍ରୋତର ଶିଖରମାନ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।




***ଚିତ୍ର 19.25 : ଏକ LCR ପରିପଥରେ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ଶିଖର ସ୍ରୋତର ପରିବର୍ତ୍ତନ***

**(i) R= 100 t ଏବଂ (ii) R= 200 t ର ହୋଇଥାଏ ।**

ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ରେଡ଼ିଓ ଓ ଟିଭି ଟ୍ରାନ୍ସମିଟରରୁ ପ୍ରସାରିତ ବିଭିନ୍ନ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ଆମର ରେଡ଼ୀଓ ଓ ଟିଭି ରିସିଭରମାନଙ୍କୁ ସମସ୍ୱରିତ କରିବା ନିମିତ୍ତ LCR ପରିପଥରେ ଅନୁନାଦ ପରିଘଟଣାର ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ । ଟ୍ୟୁନରରେ ଏକ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଏବଂ ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତୀ କାପାସିଟର ଥାଏ । ଆମେ କାପାସିଟର୍‌ର କାପାସିଟାନ୍ସ କୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି, LC ପରିପଥର ସ୍ୱାଭାବିକ ଆବୃତ୍ତିକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିପାରିବା । ଟ୍ୟୁନର ପରିପଥର ସ୍ୱାଭାବିକ ଆବୃତ୍ତି ଟ୍ରାନ୍ସମିଟରର ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ସମାନ ହେଲେ, ଆମର ଅଭିଗ୍ରାହୀ ଆଣ୍ଟେନାରେ ଅପରୋଧୀ ବେତାର ତରଙ୍ଗ ଯୋଗୁଁ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରିତ ହୁ, ଏବଂ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବେତାର ବା ଟିଭି କେନ୍ଦ୍ର ସମସ୍ୱରିତ ହୋଇଛି ।

**LCR ପରିପଥରେ ପାୱାର**

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ, ac ସ୍ରୋତରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ କାପାସିଟରରେ ଶକ୍ତି ସଂଞ୍ଚୟ ଏବଂ ବିସର୍ଜନ ଏକ ଉତ୍କ୍ରମଣୀୟ ପ୍ରକ୍ରିୟା ।

ଅବଶ୍ୟ ଏକ ରେଜିଷ୍ଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଏକ ac ଜେନେରେଟର, ନେଟ୍ ଶକ୍ତି ବିତରଣ କରିଥାଏ । ସୁତରାଂ ଯେତେବେଳେ ଏକ ରେଜିଷ୍ଟର, ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଏବଂ କାପାସିଟର ଏକ ac ସହିତ ପଂକ୍ତି ସଂଯୋଗରେ ରହିଲେ, ସେଥିରେ କେବଳ ରେଜିଷ୍ଟାନସ ନେଟ୍ ଶକ୍ତି ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିଥାଏ ।

ଜେନେରେଟର ଭଳି କୌଣସି ଉତ୍ସ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦତ୍ତ ଶକ୍ତିର ହିସାବ କରି ଆମେ ଏହା ସହିତ ସହମତ ହୋଇପାରିବା ।

ଉତ୍ସରୁ ଆହରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଓ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍‌ର ଗୁଣନ ଫଳ ହେଉଛି ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ପାୱାର ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଅତଏବ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$P = VI$$

$V$ ଓ $I$ ର ମୂଲ୍ୟ ସ୍ଥାପନ କଲାପରେ ଆମେ ପାଇବା

$$P = V_m \cos \omega t \left[ \frac{V_m}{Z} \cos(\omega t + \phi) \right]$$

$$= \frac{V_m^2}{Z} \cdot \frac{2 \cos \omega t \cos(\omega t + \phi)}{2}$$

$$= \frac{V_m^2}{2Z} [\cos \phi + \cos (\omega t + \frac{\phi}{2})] \qquad (19.30)$$

ଉପରୁ ଲବ୍ଧ ଶକ୍ତି କ୍ଷେତ୍ରରେ କଳାକୋଣ ଓ କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତିର ପ୍ରମୁଖ ଭୂମିକା ଅଛି । ଯଦି କୌଣସି ବିଶେଷ କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତିରେ ଇଂପେଡାନସ Z ଅଧିକ ହେଲେ, ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସର୍ବଦା କମ୍ ହେବ । ତେଣୁ ସ୍ରୋତ ଶକ୍ତି ଦ୍ୱାରା ପରିପଥ କୁ ପ୍ରଦତ୍ତ ହାରାହାରି ପାୱାର ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣରେ ପ୍ରକାଶ କଲ,

$$\text{ହାରାହାରି ପାୱାର} = \frac{V_m^2}{2Z} \cos\phi \qquad (19.31)$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_m}{\sqrt{2}Z} \cos\phi$$

$$= V_{rms} I_{rms} \cos\phi \qquad (19.32)$$

$\cos\phi$ କୁ ପାୱାର ଫାକ୍ଟର କୁହାଯାଏ ।

ଏବଂ ଏହାକୁ ସମୀକରଣରେ ପ୍ରକାଶ କଲେ

$$\cos\phi = \frac{R}{Z}$$

$$= \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \qquad (19.33)$$

ଗୋଟିଏ ଚକ୍ର ପାଇଁ ଜେନେରେଟରୁ ମିଳୁଥିବା ହାରାହାରି ପାୱାରରା ପରିମାଣ ପାୱାର ଫାକ୍ଟର ଦ୍ୱାରା ସୀମିତି ହୁଏ । ପରିପଥ ଉପାଦାନର ସଂଯୋଗ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ଇଂପେଡାନସ ଯେଉଁଭଳି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ବାଧା ଦିଏ (ସୀମିତ ରଖେ) ତାହା ଏହି ଫଳ ସହିତ ମେଳ ଖାଉଛି । ଶୁଦ୍ଧ ରେଜିଷ୍ଟିଭ୍ ପରିପଥ (ଅଥବା କୌଣସି ଅନୁନାଦୀ ପରିପଥ ଯେଉଁଥିରେ $X_L = X_C$), $Z = R$, ହେଲେ $\cos\phi = \frac{R}{R}$ ହେବ । ଅର୍ଥାତ୍ ଯେତେବେଳେ $\phi = 0$ ଚକ୍ରପ୍ରତି ହାରାହାରି ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ହେବ : $P_m = V_{rms} \cdot I_{rms}$

ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରେ କୌଣସି ଶୁଦ୍ଧ ରିଆକ୍ଟିଭ ପରିପଥରେ $R = 0$, $\cos\phi = 0$ କିମ୍ବା $\phi = 90^0$ ହେଲେ ଚକ୍ର ପ୍ରତି ହାରାହାରି ଶକ୍ତି ଅପଚୟ $P = 0$ ହେବ । ଏହାର ଅର୍ଥ ଯେ କୌଣସି ଶୁଦ୍ଧ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ଅଥବା ଶୁଦ୍ଧ କାପାସିଟରରେ ପାୱାର ହ୍ରାସ ନ ହୋଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଅବ୍ୟାହତ ରହେ । ଏଣୁ ଏଭଳି ସ୍ରୋତକୁ ୱାଟହୀନ ସ୍ରୋତ କୁହାଯାଏ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

## 19.4 ପାୱାର ଜେନେରେଟର

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାୱାରର ସବୁଠାରୁ ଏକ ମୁଖ୍ୟ ଉତ୍ସ ହେଉଛି ଜେନେରେଟର । ଜେନେରେଟର ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ଯାହାକି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ସହାୟତାରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ପାୱାରର ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଉତ୍ସ ଜେନେରେଟର ଭଳି ଅଧିକ ମାତ୍ରାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରି ପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ଏକ ସୁପରିବାହୀ ଅଥବା ଗୁଡ଼ିଏ ସୁପରିବାହୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରିବା ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ହେତୁ ଘୁରୁଥିବା ସୁପରିବାହୀରେ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ସୁପରିବାହୀ ଘୂରିବା ନିମନ୍ତେ ଶକ୍ତି, ଜଳ, କୋଇଲା ଡିଜେଲ ଅଥବା ଗ୍ୟାସ କିମ୍ବା ଏପରିକି ନାରକୀୟ ଇନ୍ଧନରୁ ମିଳିଥାଏ । ସେହି ଅନୁସାରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଜେନେରେଟର, ତାପଜ ଜେନେରେଟର ଏବଂ ନାଭିକୀୟ ରିଆକ୍ଟର ଅଛି ।

ଜେନେରେଟର ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ହୋଇଥାଏ -

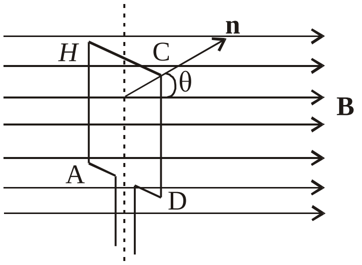
ı ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତ ଜେନେରେଟର ଅଥବା AC ଜେନେରେଟର । ଏହାକୁ ମଧ୍ୟ ଅଲ୍‌ଟର ନେଟର କୁହାଯାଏ ।

ı ସଳଖ ସ୍ରୋତ ଜେନେରେଟର କିମ୍ବା DC ଜେନେରେଟର ଅଥବା ଡାଇନାମୋ । ଉଭୟ ଜେନେରେଟର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମ ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ ।

### 19.4.1 A.C ଜେନେରେଟର ବା ଅଲ୍‌ଟରନେଟର

ଜେନେରେଟର ମୁଖ୍ୟତଃ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘୁରୁଥିବା ଗୋଟିଏ ତାର କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ନେଇ ଗଠିତ । ଚିତ୍ର 19.26 କୁ ଦେଖ । ଗୋଟିଏ ଆୟତକାର ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ ଏକ ସମ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏଥିରେ ଦେଖିବାକୁ ମିଳୁଛି । କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷ ଚାରିପଟେ ଘୂରିଲେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକସ୍ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଏହାକୁ ବୁଝିବା ପାଇଁ ଚିତ୍ର 19.26 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯାହାକି

$$\phi(i) = \mathbf{B}.\hat{n}A$$




**ଚିତ୍ର - 19.26 : *ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘୂରୁଥିବା ଏକ ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ***

ଏଠାରେ **B** ହେଉଛି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର, $\hat{n}$ ହେଉଛି **A** କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ କୁଣ୍ଡୀ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗେର ଏକକ ଭେକ୍ଟର । ଯେ କୌଣସି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଯଦି କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ କୋଣକୁ θ ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଏ, ତେବେ $\phi(i)$ କୁ ଲେଖାଯାଇ ପାରିବ,

$$\phi(i) = AB\cos\theta$$

ଆମେ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କୋଣୀୟ ପରିବେଗ ω ରେ ଘୂରାଇଲେ, θ ହେବ,

$$\theta = \omega t \qquad (19.34)$$

$$\therefore \quad \phi(t) = AB\cos\omega t$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ emf ହିସାବ କରିହେବ –

$$\varepsilon(i) = -\frac{d\phi}{dt} = \omega\, AB \sin \omega t \qquad (19.35)$$

N ଘେରା ବିଶିଷ୍ଟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ emf ହେବ,

$$\varepsilon(i) = N\, \omega\, AB \sin \omega t \qquad (19.35a)$$

$$= \varepsilon_0 \sin \omega t$$

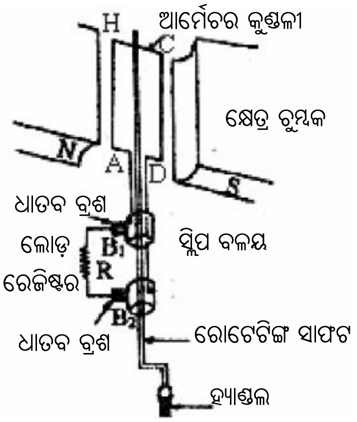
ଅର୍ଥାତ୍ କୌଣସି ଆୟତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀ କୌଣସି ଏକ ସମ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କଲେ, ପ୍ରେରିତ emf ସିନୁସୋଇଡାଲ୍ (sinusoidal) ହୋଇଥାଏ ।

ଏକ AC ଜେନେରେଟରରେ ଚାରୋଟି ମୁଖ୍ୟ ଅଂଶ ଥାଏ । (ଚିତ୍ର 19.27 କୁ ଦେଖ ।

(i) ଆର୍ମେଚର (ii) କ୍ଷେତ୍ର ଚୁମ୍ବକ (iii) ସ୍ଲିପ୍-ବଳୟ (iv) ବ୍ରଶ

ଆର୍ମେଚରରେ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତି କୋମଳ ଲୁହା ଡ୍ରମ ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୋଧିତ ତମ୍ବାତାରର ଅନେକ ଘେର ଗୁଡ଼ାଯାଇଥାଏ । ଏହା ଡ୍ରମ୍ର ଅକ୍ଷ ଦେଇ ଯାଇଥିବା ଏକ ରୋଟର ସାଫ୍ଟ ସାହାଯ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନକ୍ଷମ । କୋମଳ ଲୁହାର ଏହି ଡ୍ରମ୍ଟି ଦୁଇଟି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ, ଯଥା : ଏହା କୁଣ୍ଡଳୀ ଧରି ରଖେ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ବୃଦ୍ଧି କରେ । ଏହାର ମେରୁମାନଙ୍କ ଧରେ ସ୍ଥାୟୀ ସମ ରେଡ଼ିଆଲ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉପଲବ୍ଧ କରିବାକୁ ଏକ କ୍ଷେତ୍ର ଚୁମ୍ବକ ରଖାଯାଇଥାଏ ।

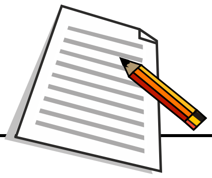
ଆର୍ମେଚରରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସ୍ଲିପ୍ ବଳୟ ସାହାଯ୍ୟରେ ବ୍ରଶ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ପରିପଥ ଉପାଦାନ ମଧ୍ୟକୁ ଯାଏ । ଆର୍ମେଚର ଦୁଇମୁଣ୍ଡ ଦୁଇଟି ଧାତବ ବଳୟ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି ବଳୟମାନ ସାଫ୍ଟରେ ଖଂଜାଯାଇଛନ୍ତି । ସେମାନେ ସାଫ୍ଟଠାରୁ ରୋଧିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ନିଜ ନିଜ ଠାରୁ ମଧ୍ୟ ରୋଧିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବ୍ରଶ ଦ୍ୱୟ ନମନୀୟ (flexible) ଧାତୁ କିମ୍ବା କାର୍ବନ ରଡ଼ [$B_1$ ଏବଂ $B_2$ (ଚିତ୍ର 19.27)] ଏମାନେ ଦୃଢ଼ ରହନ୍ତି କିନ୍ତୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣାୟମାନ ବଳୟମାନଙ୍କ ସହିତ ସର୍ବଦା ସ୍ପର୍ଶ କରିଥାନ୍ତି । ଏହି ବ୍ରଶର ସହାୟତାରେ ହିଁ ସ୍ରୋତ ଅର୍ମେଚର ବଳୟ ଠାରୁ ମୁଖ୍ୟ ତାର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ ବାହ୍ୟ ପରିପଥ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପହଞ୍ଚେ ।



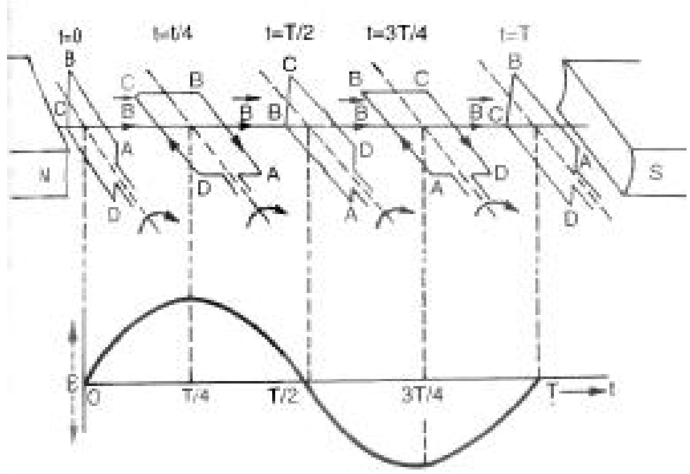

**ଚିତ୍ର 19.27 :** ***କୌଣସି AC ଜେନେରେଟରର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଚିତ୍ର***

ଏକ AC ଜେନେରେଟର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ଚିତ୍ର 19.28 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଅଛି ।

ମନେକର ଆର୍ମେଚର କୁଣ୍ଡଳୀ AHCD ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଦିଗରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରୁଛି । ଏହା ଘୂରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କଲେ, ଏହା ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଫ୍ଲେମିଙ୍ଗ ବାମ ହସ୍ତ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ଜଣାଯିବ । ଆର୍ମେଚରକୁ ଭୂଲମ୍ବ ସ୍ଥିତିରେ ରଖି ଏହାକୁ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କଲେ, A ତାର ନିମ୍ନଗାମୀ ଏବଂ DC ତାର ଉର୍ଦ୍ଧଗାମୀ ହୁଏ । ପ୍ରେରିତ emf



ଟିପ୍ପଣୀ




ଚିତ୍ର 19.28 : କୌଣସି AC ଜେନେରେଟରର କାର୍ଯ୍ୟପଦ୍ଧତି

ର ଦିଗ H ଠାରୁ A କୁ ଏବଂ D ଠାରୁ C କୁ ହୋଇଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ତାହା କୁଣ୍ଡଳୀରେ DCHA ପଥରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ବାହ୍ୟ ପରିପଥରେଚିତ୍ର 19.28 (a) ରେ ଦର୍ଶାଯିବା ପରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ $B_1$ R $B_2$ ପଥରେ ଗତିକରେ । ସ୍ରୋତର ଏହି ଦିଗ ଆର୍ମଚରର ପ୍ରଥମ ଅର୍ଦ୍ଧ ଘୂର୍ଣ୍ଣନରେ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । କିନ୍ତୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ଅର୍ଦ୍ଧ ଘୂର୍ଣ୍ଣନରେ (ଚିତ୍ର 19.28 (b)), AH ତାର ଉପରକୁ ଉଠେ ଓ CD ତାର ତଳକୁ ଯାଏ । ଆର୍ମେଚର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ AHCD ଦିଗରେ ଗତିକରେ ଅର୍ଥାତ୍ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଓଲଟି ଯାଏ । ସେଥିପାଇଁ ପ୍ରେରିତ emf ଏବଂ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ବାହ୍ୟ ପରିପଥର ଦିଗ ହେଉଛି $B_2$ R B । ସୁତରାଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚକ୍ରରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ହୁଏ (ଚିତ୍ର 19.28 (c))

ଅତ୍ୟଧିକ ପରିମାଣର ପାୱାର ନିର୍ଗତ ହେବା ସମୟରେ ସ୍ଲିପ୍ ବଳୟ ଏବଂ ବ୍ରଶରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୋଧନ ଏବଂ ସ୍ପାର୍କିଂର ସମସ୍ୟା ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏଣୁ ଅଧିକାଂଶ ବ୍ୟାବହାରିକ ଜେନେରେଟରରେ ଆର୍ମେଚର (କୁଣ୍ଡଳୀ)କୁ ସ୍ଥିର ରଖି କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରାଯାଏ । ଏହିଭଳି ଜେନେରେଟରରେ ଆର୍ମେଚର କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଜେନେରେଟର ଶରୀରର ଭିତର ପଟ ପରିଧିରେ ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ଖଂଜାଯାଏ ଅଥଚ କ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀ ମେରୁ ମାନଙ୍କୁ ଏକ ସାଫ୍ଟ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ଥିବା ଆର୍ମେଚର ମଧ୍ୟରେ ଘୂରାଯାଏ ।

## 19.4.2 ଡାଇନାମୋ (ଡିସି ଜେନେରେଟର)

ଡାଇନାମୋ ଏପରି ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ଯେଉଁଥିରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ସଳଖ ସ୍ରୋତ ରୂପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ତୁମେମାନେ ନିଶ୍ଚୟ ସାଇକେଲରେ ଆଲୋକ ପାଇଁ ଲଗାଯାଇଥିବା ଡାଇନାମୋ ଦେଖିଥିବ । ଯାନଗୁଡ଼ିକରେ ଡାଇନାମୋ ଆଲୋକ ପ୍ରଦାନ ଓ ବ୍ୟାଟେରୀକୁ ଚାର୍ଜ କରେ । ଡାଇନାମୋର ମୁଖ୍ୟ ଅଂଶ ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା –

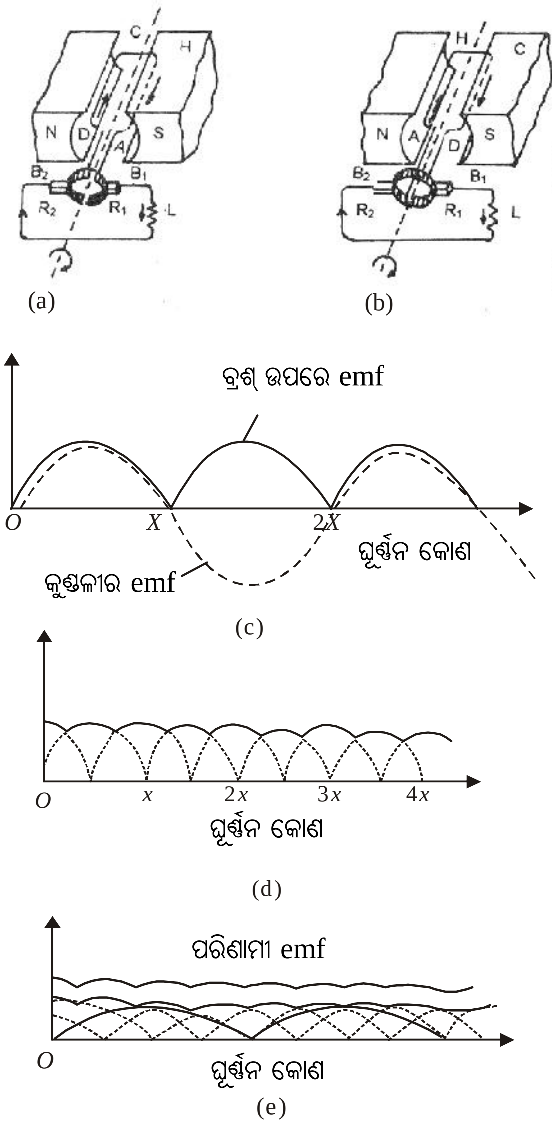
(i) କ୍ଷେତ୍ରଚୁମ୍ବକ

(ii) ଆର୍ମେଚର

(iii) କମ୍ୟୁଟର ସ୍ଲିପ୍ ବଳୟ

(iv) ବ୍ରଶ

ଡାଇନାମୋ ଏବଂ ଆଲ୍‌ଟ୍ରେଜେଟର ରେ ଆର୍ମେଚର ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ରଚୁମ୍ବକର ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରରେ ହୁଏ । ଡାଇନାମୋରେ କ୍ଷେତ୍ରଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥିର ଏବଂ ଆର୍ମେଚର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରେ, ମାତ୍ର ଅଲ୍‌ଟରନେଟର୍‌ରେ ଆର୍ମେଚର ସ୍ଥିର (ଷ୍ଟାର୍ଟର) ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ର ଚୁମ୍ବକ (ରୋଟର) ଘୂରେ ।




**ଚିତ୍ର 19.29**

AC ଜେନେରେଟର ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ac ତରଙ୍ଗ ବା ତରଙ୍ଗ ଡାଇନାମୋରେ ସ୍ଲିପ୍-ବଳୟ କମ୍ୟୁଟେଟର DC ରୂପକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଲୁପ୍‌ର ଏକ ପାର୍ଶ୍ୱ ସହିତ କମ୍ୟୁଟେରର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅର୍ଦ୍ଧ ସହିତ ସ୍ଥାୟୀ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ କମ୍ୟୁଟରର ଲୁପ୍ ସହିତ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ବ୍ରଶ୍ କମ୍ୟୁଟେଟର ଏକ ଅଂଶ ସହିତ ଚାପି ହୋଇ ରହିଥାଏ । କମ୍ୟୁଟେଟର ଘୂରେ କିନ୍ତୁ ବ୍ରଶ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥିର ରହେ । ବ୍ରଶ୍‌ଗୁଡ଼ିକ କମ୍ୟୁଟେଟରର ବିପରୀତ ଅଂଶକୁ ଚାପି ଲାଗିଥାଏ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକଥର ଭୋଲ୍‌ଟଜ୍ ପୋଲାରିଟି (Polarity) ବଦଳାଇଲେ ଏବଂ ସ୍ଲିପ୍ ବଳୟ ନିଜର ସ୍ଥିତି ବଦଳାଇଥାଏ । ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଉଛିଯେ ଗୋଟିଏ ବ୍ରଶ ସବୁବେଳେ ପଜିଟିଭ ରହେ ଏବଂ ଅନ୍ୟଟି ନେଗେଟିଭ ରହେ ଏବଂ ବ୍ରଶମାନଙ୍କ ଉପରେ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ dc ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ (fluctuating voltage) ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।

ଗୋଟିଏ ଡାଇନାମୋରେ ac ଡାଇନାମୋ ପରି ପ୍ରାୟ ସବୁ ସମାନ ଅଂଶ ଥାଏ ମାତ୍ର କେବଳ ଗୋଟିଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ଅଲଗା : ସ୍ଲିପ୍ ବଳୟ ବଦଳରେ ଆମେ ଦୁଇଟି ସ୍ପ୍ଲିଟ୍ ବଳୟ $R_1$ ଏବଂ $R_2$ ଚିତ୍ର 19.29(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥାଏ । ଯେଉଁ ଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ବଳୟର ଦୁଇ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆର୍ମେଚର କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରାନ୍ତମାନ ଏହି ବଳୟଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏବଂ ବଳୟ ଆର୍ମେଚର ସହିତ ଘୂରେ ଏବଂ ବ୍ରଶ $B_1$ ଏବଂ $B_2$ ସହିତ ସଂଯୋଗ ବଦଳାଏ । ଡାଇନାମୋର ଏହି ଅଂଶକୁ କମ୍ୟୁଟେଟର କୁହାଯାଏ ।

କୁଣ୍ଡଳୀ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ଘୂରିଲେ ଆର୍ମେଚରରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ac ସ୍ରୋତ କିନ୍ତୁ କମ୍ୟୁଟେଟର ତାହାକୁ ବାହ୍ୟ ପରିପଥରେ dc ରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ କରିଥାଏ । ପ୍ରଥମ ଅର୍ଦ୍ଧ ଚକ୍ରରେ, ଚିତ୍ର 9.29 (a), ସ୍ରୋତ DCHA ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ବାହ୍ୟ ପରିପଥରେ ସ୍ରୋତ $B_1L$ $B_2$ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ ଅର୍ଦ୍ଧଚକ୍ରରେ ଚିତ୍ର 19.29 (b) $R_1$ ବଳୟ $B_1$ ଓ $B_2$ ର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ, ସେତେବେଳେ ଆର୍ମେଚମ୍‌ରେ ସ୍ରୋତ ବିପରୀତ ଦିଗରେ

ଟିପ୍ପଣୀ

ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ AHCD ଦିଗରେ ଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକାର ବାହ୍ୟ ପରିପଥରେ ସ୍ରୋତ ସବୁବେଳେ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇଥାଏ । କୁଣ୍ଡଳୀ ଭୂଲମ୍ବ ସ୍ଥିତିରୁ ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ରେଖାମାନଙ୍କର ଦିଗରୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କଲେ, ବାହ୍ୟ ପରିପଥରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ରୋତ କୁ ଗ୍ରାଫ୍ ଦ୍ୱାରା ଚିତ୍ର 19.29(c) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏହିପରି ଏକ ସରଳ dc ଡାଇନାମୋ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ସ୍ରୋତ ଏକକଦିଶୀୟ (unidirectional)ହୋଇଥାଏ ମାତ୍ର ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ଯଥେଷ୍ଟ ହ୍ରାସ -ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏପରିକି କୁଣ୍ଡଳୀର ଥରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନରେ ଦୁଇଥର ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ଶୂନ୍ 0 ହୋଇଯାଏ ।

ଏହି ହ୍ରାସ-ବୃଦ୍ଧିକୁ ଦୂର କରିବା ପାଇଁ ଉପାୟ ହେଉଛି ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ବ୍ୟବହାର ଚୁଣ୍ଡଳୀ ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମକୋଣରେ ରହେ ଏବଂ କମ୍ୟୁଟେଟର ବଳୟକୁ ଚାରି ସମାନ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରି କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ଦ୍ୱୟରେ ଏକା ପ୍ରକାରର emf ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ $\pi/2$ କଳାନ୍ତର ରହିବ । ଗୋଟିଏ ମୁଦ୍ରିତ ଅନ୍ୟଟିର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ (super position) ଦ୍ୱାରା ପରିଣାମୀ ସ୍ରୋତ କିମ୍ବା emf ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହା ଚିତ୍ର 19.29 (d) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଅଛି । ଏହାଦ୍ୱାରା ହ୍ରାସ-ବୃଦ୍ଧି ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏହିଭଳି, ଏକ ସଳଖ ସ୍ରୋତ ପାଇବା ପାଇଁ ଆମେ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ କୁଣ୍ଡଳୀମାନ ପ୍ରୟୋଗ କରୁ । ପ୍ରତ୍ୟେକରେ ପର୍ଯ୍ୟାପ୍ତ ଘେର ଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରାନ୍ତର ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ଅଂଶରେ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଏ । ଫଳରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସ୍ୱାଧୀନ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଏବଂ ବାହ୍ୟ ପରିପଥକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଯାଏ, ପରିଣାମୀ ସ୍ରୋତ ଚିତ୍ର 19.29 (c) ରେ ଦର୍ଶା ଗଲା ଭଳି ପ୍ରାୟତଃ ସମୟ ଅକ୍ଷ ପ୍ରତି ସମାନ୍ତର ।

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.9

1. ac ଏବଂ dc ଜେନେରେଟର ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

...................................................................................................

2. ଜେନେରେଟର ଆବଶ୍ୟକ ଅଂଶ ଗୁଡ଼ିକର ନାମ ଲେଖ ।

...................................................................................................

3. . ଆମେ କାହିଁକି dc ଜେନେରେଟରରେ କମ୍ୟୁଟେଟର ବ୍ୟବହାର କରୁ ?

...................................................................................................

4. ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ କେଉଁ ଠାରେ ଡାଇନାମୋର ବ୍ୟବହାର ଦେଖାଯାଏ ?

...................................................................................................

## ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ଏବଂ ଲୋଡ୍ ସେଡ଼ିଙ୍ଗ୍

କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉପକରଣର ସାଧାରଣ ପ୍ରୟୋଗ ପାଇଁ ଉପଯୁକ୍ତ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ ଯୋଗାଣକାରୀ ସଂସ୍ଥା ଦ୍ୱାରା ଯୋଗାଣ କରାଯାଇ ଥିବା ଭେଲ୍‌ଟେଜ ଆବଶ୍ୟକ ଭୋଲଟେଜ୍ ଠାରୁ କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ଆମେ ନିମ୍ନ ଭୋଲଟେଜ୍ ସମସ୍ୟା ଭୋଗୁ । ପ୍ରକୃତରେ କମ୍ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣ ପାଁଇ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ଭଳି କ୍ଷତିକାରକ ନୁହେଁ । କିନ୍ତୁ ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ଯୋଗୁଁ ଅଧିକାଂଶ ଉପକରଣ ଠିକ୍ ଭାବେ କାମ କରେ ନାହିଁ । ଏହି ସମସ୍ୟାରୁ ରକ୍ଷା ପାଇବା ପାଇଁ ଭେଲଟେଜ ଷ୍ଟାବିଲାଇଜର୍‌ର ବ୍ୟବହାର

ଟିପ୍ପଣୀ

କରୁ । ଯଦି ଏହି ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଷ୍ଟାବିଲାଇଜରର ପରାସ ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ ତେବେ ତୁମେ ସଠିକ୍ ସ୍ଥିର ଭୋଲ୍ଟେଜ ପାଇବ ।

ସ୍ଥିର ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ପାଇବା ପାଇଁ ତୁମେ CVT ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲ୍ଟେଜ ଟ୍ରାନସ୍ଫରମରର ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବ । ତୁମେ ଜାଣିଛ କୌଣସି ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ, ଉପକେନ୍ଦ୍ରକୁ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜରେ ପଠାଯାଏ । ଉପକେନ୍ଦ୍ରରେ ଏହି ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ କୁ ଅପଚାୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସ୍ଫରମର୍ର ପ୍ରୟୋଗରେ କମ୍ କରାଯାଇଥାଏ । ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର ପୋଡ଼ିଯିବାରୁ ରକ୍ଷା ପାଇବା ପାଇଁ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମରରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୋଗାଣ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ । ଯେଉଁ ଟ୍ରାନ୍ସ୍ଫରମର୍ର ତୁମେ ଭୋଲ୍ଟେଜ ପାଉଅଛ ତାର ଲୋଡ୍ (ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସୀମାରୁ ଅଧିକ) ଯଦି ଅତ୍ୟଧିକ ହୁଏ ତେବେ ଯୋଗାଣକାରୀ ସଂସ୍ଥା ହୁଏତ ପାୱାର ଉତ୍ସରୁ ଯୋଗାଣ ବନ୍ଦ କରିଦେବ କିମ୍ବା ଉପଭୋକ୍ତାକୁ ଅନୁରୋଧ କରିବ ଉଚ୍ଚ ୱାଟେଜର ଉପକରଣ ସୁଇଚ୍-ଅଫ୍ କରି ଲୋଡ୍ କମାଇବାକୁ । ଏହି ପଦ୍ଧତିକୁ ଲୋଡ଼ସେଡ଼ିଙ୍ଗ କୁହାଯାଏ ।

ଲୋଡ୍ ସେଡ଼ିଙ୍ଗ୍ ସମୟରେ ତୁମେ ଇନ୍ଭରଟରର ବ୍ୟବହାର କରିପାର । ଇନଭର୍ଟରଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତିର ଅସିଲେଟର ଯାହା ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ସଳଖ ସ୍ରୋତକୁ ଇପ୍ସିତ ମୂଲ୍ୟ ଓ ଆବୃତ୍ତି (230V ଏବଂ 50 Hz) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିଥାଏ ।

## 19.5 ଟ୍ରାନସ୍ଫର୍ମର

ଟ୍ରାନସ୍ଫର୍ମର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍ ପରିଘଟଣା ଉପରେ ଆଧାରିତ ଏପରି ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ଯାହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲ୍ଟେଜ କିମ୍ବା ସ୍ରୋତକୁ ବଦଳାଇଥାଏ (ବଢ଼ାଏ ବା କମାଏ) । ଟ୍ରାନସ୍ଫର୍ମରରେ ରୋଧିତ ତମ୍ବା ତାରର ଅନ୍ତତଃ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ଥାଏ ଚୁଣ୍ଡଳୀମାନ ପରସ୍ପର ସହିତ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କିନ୍ତୁ ସେମାନେ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ । ମୁଖ୍ୟ **ac** ଲାଇନ୍ ହେଉ ବା ଜେନେରେଟର ଆଉଟପୁଟ ହେଉ, ତାହା ସହିତ ଟ୍ରାନସଫର୍ମରର ଯେଉଁ କୁଣ୍ଡଳୀ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାକୁ **ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀ** (***Primary Winding***) କୁହାଯାଏ । ଟ୍ରାନସ୍ଫର୍ମରର ଲୋଡ୍ $R_L$ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନକୁ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନ କୁହାଯାଏ । ***emf*** କୁ ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନରେ ପ୍ରୟୋଗ ହେଲେ **ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀନ**ରେ ***emf*** ପ୍ରେରିତ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନ ପରସ୍ପରଠାରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ ମାତ୍ର ସେମାନେ ଉଭୟ ପରସ୍ପର ସହିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଯୁଗ୍ମିତ (***coupled***) ଅଟନ୍ତି ।

ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ମୁଖ୍ୟତଃ ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ଯାହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି (କିମ୍ବା ପାୱାର) ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନରୁ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିଥାଏ ।

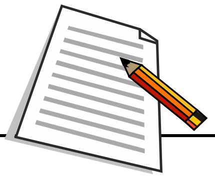
ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନ ପରିବର୍ତ୍ତୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତିକୁ ପୁଣି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ ।

ଏକ ଆଦର୍ଶ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍ରେ

. ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନର ରେଜିଷ୍ଟାନସ ଶୂନ୍ ହୋଇଥିବ:

. କୌଣସି ଫ୍ଲକ୍ସ ଲିକେଜ୍ ନଥିବ, ଫଳରେ ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେରରେ ସମସ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

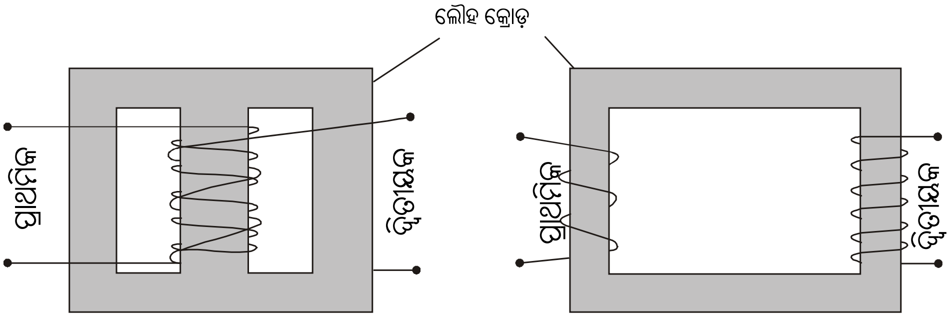
. କ୍ରୋଡ଼ରେ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୋଇନଥାଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ



ଚିତ୍ର 19.30 ରେ ଏକ ସାଧାରଣ ଟ୍ରାନସଫର୍ମରରେ ଗଠନ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଗୋଟିଏ କ୍ରୋଡ଼ ଟ୍ରାନସଫର୍ମର ଉପରେ ଗୁଡ଼ା ଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକକୁ ନେଇ ଏହା ଗଠିତ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତରୋଧିତ ତମ୍ବା ତାରରେ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ କଠିନ କ୍ରୋଡ଼ (solid core) ପରିବର୍ତ୍ତେ ରୋଧିତ ସ୍ତରୀୟ (Laminated) ସିଟ୍‌ରେ ତିଆରି ଲୁହା ବଳୟର ଚାରିପାଖରେ ଗୁଡ଼ାଯାଇଥାଏ । ସ୍ତରୀକରଣ ଯୋଗୁଁ ଲୁହାରେ ଏଡି ସ୍ରୋତ (eddy current) କମ୍ ହୁଏ । ଟ୍ରାନସଫର୍ମରରେ ଶକ୍ତି ଅପଚୟକୁ ହ୍ରାସ କରିବା ପାଇଁ କ୍ରୋଡ଼କୁ କୋମଳ ଲୁହାର ସ୍ତରୀକରଣ / ଲାମିନେସନ୍ ଏବଂ ପ୍ରାଥମିକ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟକଙ୍କ କୁଣ୍ଡଳୀଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ ମୋଟା ଉଚ୍ଚ ପରିବାହୀତ୍ୱ ଥିବା ତାର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ ।




(a) **ଚିତ୍ର 19.30 : *ଟ୍ରାନସ୍ ଫର୍ମରର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଚିତ୍ର*** (b)

ଏବେ ଆମେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦୁଇ ଉଦାହରଣରେ ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମରର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ସମ୍ପର୍କରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

**(a) ଦ୍ୱିତୀୟକ ଏକ ଖୋଲା ପରିପଥ :-** ମନେକର ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନରେରେ ପ୍ରବାହିତ ସ୍ରୋତ କ୍ରୋଡ଼ ମଧ୍ୟରେ $d\phi/dt$ ହାରରେ ଫ୍ଲକସ୍‌ର (flux) ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି । ତେବେ Np ଘେରା ଥିବା କୁଣ୍ଡଳନରେ ପ୍ରେରିତ emf ହେବ,

$$E_p = -N_p \frac{d\phi}{dt}$$

ଏବଂ $N_s$ ଘେରାଥିବା ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ emf ହେବ

$$E_s = -N_s \frac{d\phi}{dt}$$

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \qquad (19.36)$$

**(b) ଦ୍ୱିତୀୟକ ଯଦି ଖୋଲା ପରିପଥ ନୁହେଁ :**

ମନେକର ଏକ ଲୋଡ଼ ରେଜିଷ୍ଟାନସ୍ $R_L$ କୁ ଦ୍ୱିତୀୟକରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି । ତେଣୁ, ଦ୍ୱିତୀୟକ ସ୍ରୋତ $I_S$ ଏବଂ ପ୍ରାଥମିକ ସ୍ରୋତ $I_P$ ହେଉ ଯଦି ତନ୍ତ୍ରରେ କୌଣସି ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ନ ହୁଏ, ତେବେ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା –

ପାୱାର ନିବେଶ = ପାୱାର ନିର୍ଗମ

ଅଥବା, $E_p I_p = E_s I_s$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{E_s}{E_p} = \frac{N_p}{N_s} = k. \qquad (19.37)$$

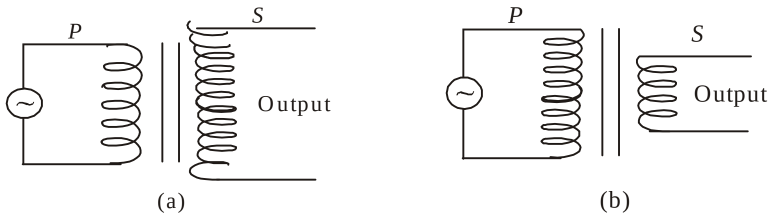
ତେଣୁ ପ୍ରେରିତ emf ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା emf ରେ k ଗୁଣ ହେଲେ, ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତ, ମୂଳ ସ୍ରୋତରେ $\frac{1}{k}$ ଗୁଣ ହେବ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରେ ଆମେ କହିପାରିବା ଯେ ଭୋଲଟେଜରେ ଆମେ ଯାହା ପାଇଲେ ତାହାକୁ ଆମେ ସ୍ରୋତରେ ହରାଇଲେ ।

### 19.5.1 ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମରର ପ୍ରକାରଭେଦ :-

ମୁଖ୍ୟତଃ ଟ୍ରାନ୍‌ସଫର୍ମର ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ।

**(i) ଉପଚୟୀ ଷ୍ଟେପ୍ ଅପ୍ ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମର (Set-up Transformer)**

ଏକ ଉପଚୟୀ ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମର ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନରେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ବୃଦ୍ଧି କରେ ଓ ହ୍ରାସ କରେ । ଏହି ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମରର ଦ୍ୱିତୀୟକର ଘେର ସଂଖ୍ୟା ପ୍ରାଥମିକ ଠାରୁ ଅଧିକ ଅଟେ ।




**ଚିତ୍ର 19.31 :-** ***ଲୌହ କ୍ରୋଡ଼୍ (a) ଉପଚୟୀ (b) ଅପଚୟୀ***

**(ii) ଅପଚାୟୀ ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମର (Setp down transformer):** ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଭୋଲଟେଜ୍ କମ୍ (ସ୍ରୋତ ବୃଦ୍ଧି) କରିଥାଏ । ଏହି ଟ୍ରାନ୍‌ସଫର୍ମର (ଚିତ୍ର 19.31 )ରେ ପ୍ରାଥମିକର ଘେର ସଂଖ୍ୟା ତୁଳନାରେ ଦ୍ୱିତୀୟକର ଘେର ସଂଖ୍ୟା କମ୍ ଥାଏ ।

### 19.5.2 ଟ୍ରାନ୍‌ସଫର୍ମରର କାର୍ଯ୍ୟଦକ୍ଷତା (Efficiency)

ଟ୍ରାନ୍‌ସ୍‌ଫର୍ମରର ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଭିତ୍ତି ଆଲୋଚନା କଲାବେଳେ ଆମେ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହେଇଥିବା ଆଦର୍ଶ ଟ୍ରାନସଫର୍ମର ବିଷୟ ବିଚାର କରିଛେ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ ସବୁବେଳେ କୋର୍ ତଥା ଟ୍ରାନ୍‌ସଫର୍ମର କୁଣ୍ଡଳୀମାନଙ୍କରେ କିଛି ଶକ୍ତି ତାପରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାର ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀରୁ ମିଳୁଥିବା ଶକ୍ତି ନିବେଶ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତିଠାରୁ କମ୍ ହୋଇଥାଏ ।

ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମରର କାର୍ଯ୍ୟ ଦକ୍ଷତା ଏହି ପ୍ରକାରର ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ :-

$$\eta = \frac{\text{ନିର୍ଗମ ଶକ୍ତି}}{\text{ନିବେଶ ଶକ୍ତି}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{ନିର୍ଗମ ପାୱାର}}{\text{ନିବେଶ ପାୱାର}} \times 100\%$$

ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମରର କାର୍ଯ୍ୟ ଦକ୍ଷତା 100% ରୁ କମ୍ । ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମରେ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ନିମ୍ନଲିଖିତ କାରଣରୁ ହୋଇଥାଏ ।

(a) ତମ୍ବା କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡ଼ିକରେ ରେଜିଷ୍ଟିଭ୍ ତାପନ - ତମ୍ବା ଅପଚୟ

(b) ଏହି ସ୍ରୋତ ଯୋଗୁଁ କ୍ରୋଡ଼ ଉତ୍ତପ୍ତ ହେବା ଯୋଗୁ ଅପଚୟ - ଏଡ଼ି ସ୍ରୋତ ଅପଚୟ

(c) ବାରମ୍ବାର ଚୁମ୍ବକୀୟତା ପରିବର୍ତ୍ତନ କ୍ରୋଡ଼କୁ ସମୟରେ କ୍ରୋଡ଼କୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କରିବା - ହିଷ୍ଟେରେସିସ୍ ଅପଚୟ

(d) କ୍ରୋଡ଼ରୁ ଫ୍ଲକସ୍ ଲିକେଜ୍

## ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାୱାର ସଂଚରଣ

ଏବେ ତୁମେ ଜାଣିଲ ଯେ ac ଅଥବା dc ଜେନେରେଟରର ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ କିପରି କରାଯାଇପାରିବ ।

ତୁମେ ଦୋକାନ, ଅଫିସ୍ ଏବଂ ସିନେମାହଲରେ ଛୋଟ ଜେନେରେଟର ସେଟ୍ ଦେଖିଥିବ । ଯେତେବେଳେ ବିଜୁଳି ଚାଲିଯାଏ ଯୋଗାଣକୁ କାଟି ଦେଇ ସୁଇଚ୍‌କୁ ବ୍ୟାବସାୟିକ ପ୍ରୟୋଗରେ ସାଧାରଣତଃ 15KV କିଲୋ ଭୋଲ୍ଟ ରେ ଦଶ ଲକ୍ଷ ୱାଟ୍‌ରୁ ଅଧିକ ପାୱାର ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମ ଜେନେରେଟର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ସେହି ବିଦ୍ୟୁତ ଉତ୍ପାଦନ କେନ୍ଦ୍ର ତୁମ ସହର ଠାରୁ ଶହ ଶହ କିଲୋମିଟର ଦୂରରେ ହୋଇପାରେ । ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବାକୁ ରୋଟରର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ପାଇଁ ଅତ୍ୟୁଚ୍ଚ ପରିମାଣର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି (ଗତିଜ ଶକ୍ତି)ର ଆବଶ୍ୟକତା ହୋଇଥାଏ । ରୋଟର୍‌କୁ ଟରବାଇନ୍ ଦ୍ୱାରା ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରାଯାଏ । ଏହି ଟରବାଇନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ ଧରଣର ଶକ୍ତି ଉତ୍ସ ଦ୍ୱାରା ଚାଳିତ କରାଯାଏ । ଶକ୍ତି ଅପଚୟକୁ କମ୍ କରିବା ପାଇଁ ସଞ୍ଚରଣ ଲାଇନ୍‌ର ଶକ୍ତିର ସଂଚରଣ ପାଇଁ ନିମ୍ନ ମାନର ସ୍ରୋତ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ପାୱାର କମ୍ପାନୀମାନେ ଟ୍ରାନ୍‌ସଫର୍ମରର ସାହାଯ୍ୟରେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ବୃଦ୍ଧି କରିଥାନ୍ତି । ଏକ ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ବିଭାବାନ୍ତର ପ୍ରାୟ 330kV ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବଢ଼ାଯାଇଥାଏ । ଏହା ସହିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ କମ୍ ହୁଏ । ସଂଚରଣ ଲାଇନ୍‌ର ଉପଭୋକ୍ତା ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅପଚାୟୀ ଟ୍ରାନସ୍‌ଫର୍ମରର ପ୍ରୟୋଗ କରି ବିଭବାନ୍ତରକୁ କମ୍ କରାଯାଏ ।

ଏବେ ତୁମେ ଜାଣିବାକୁ ଚାହିଁବ ଯେ ବହୁ ଦୂର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ସଂଚରଣ ବେଳେ ସ୍ରୋତ କମ୍ କରିବାକୁ ବ୍ୟବହାର ହେଉଥିବା ଉଚ୍ଚ ବିଭବାନ୍ତର କେତେ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ୍ । ଆମେ ଏହା ଏକ ଉଦାହରଣ ଦେଇ ବୁଝାଇବା । ମନେକର R ସମୁଦାୟ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍‌ସ R ଥିବା ଏକ ଲାଇନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାୱାର P ଯୋଗାଣ କରାଯିବ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ $I=P/V$ ଏବଂ ଲାଇନରେ ଅପଚୟ $I^2R = P^2R/V^2$ ହେବ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ, V ଅଧିକ ହେଲେ ଅପଚୟ କମ୍ ହେବ । ବାସ୍ତବରେ V କୁ ଦୁଇଗୁଣ କଲେ ଅପଚୟ ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ହୋଇଥାଏ ।

ଏଣୁ ଉଚ୍ଚ ବିଭବାନ୍ତରରେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତିର ସଂଚରଣ ଅଧିକ ଲାଭଜନକ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରୋଧନର ସମସ୍ୟା ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏହାକୁ ସ୍ଥାପନ କରିବା ପାଇଁ ଅଧିକ ଖର୍ଚ୍ଚ ହୁଏ । ଏକ 400KV ସୁପର ଗ୍ରୀଡ଼ରେ 2500A ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏକ ସାଧାରଣ କଥା ଏବଂ କିଲୋମିଟର କେବଳ ପ୍ରତି ପ୍ରାୟ 200KW ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୋଇଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ କିଲୋମିଟର ପ୍ରତି ଅପଚୟ 0.02% (ପ୍ରତିଶତ) । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଭବାନ୍ତର ସହଜରେ ଏବଂ ଦକ୍ଷ ଭାବରେ ଟ୍ରାନସଫର୍ମର ସାହାଯ୍ୟରେ ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସ କରାଯାଇପାରେ । ଡିସି ଜେନେରେଟର

ତୁଳନାରେ ଅଲଟରନେଟର ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ବିଭବାନ୍ତର (କେତେ ହଜାର ଭୋଲଟ ତୁଳନାରେ 25KV) ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇପାରେ । ଏହି ସବୁ କାରଣୁ ଅଧିକାଂଶସ ପରିସ୍ଥିତିରେ ସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଭବ ତୁନାରେ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଯେଜ୍‌ର ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲଟେଜ୍ ବ୍ୟବହାର ଅଧିକ ବାଞ୍ଛନୀୟ ବିବେଚନା କରାଯାଏ । ଅବଶ୍ୟ ଅଳ୍ପ କାର୍ଯ୍ୟ ଦକ୍ଷତା ଏବଂ ପାଓ୍ୱାରର ଚୋରି କାରଣରୁ ଆମ ରାଷ୍ଟ୍ରରେ ପ୍ରତିବର୍ଷ ପ୍ରାୟ 50,000 କୋଟି ଟଙ୍କାର କ୍ଷତି ସହିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ ।

**ଉଦାହରଣ 19.7 :** ଯେଉଁ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର ପ୍ରାଥମିକ ପାଓ୍ୱାର 1880W ରୁ ଦ୍ୱିତୀୟକ ପାଓ୍ୱାର 1730W ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ, ସେହି ଟ୍ରାନ୍ସଫ୍ରର୍ମର କାର୍ଯ୍ୟ ଦକ୍ଷତା କେତେ ?

**ସମାଧାନ :** ଏଠାରେ $P_{pri}$ = 1880W ଏବଂ $P_{sec}$ = 1730W

.: କାଯ୍ୟ ଦକ୍ଷତା = $= \frac{P_{sec}}{P_{pri}} \times 100$

$$\therefore \quad = \frac{1730W}{1880W} \times 100 = 92\%$$

ଏଣୁ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର କାର୍ଯ୍ୟ ଦକ୍ଷତା 92% ଅଟେ ।

**ଉଦାହରଣ 19.8 :** ଏକ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନରେ 500 ଘେରା ତଥା ଏହାର ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳନରେ 100 ଘେରା ଥାଏ । ଯଦି ପ୍ରାଥମିକ ଭୋଲଟେଜ ଓ ସ୍ରୋତ ଯଥାକ୍ରମେ 120V ଓ 3A ହୁଏ, ତେବେ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଭୋଲଟେଜ ଓ ସ୍ରୋତ କେତେ ହେବ ?

**ସମାଧାନ :** ଏଠାରେ $N_1 = 100$, $N_2 = 500$ $V_1 = 120V$

$I_1 = 3A$ ଅଟେ

$V_2 = \frac{N_2}{N_1} \quad V_1$ = 500 ଘେରା / 100 ଘେରା × 120V= 600V

$I_2 = \frac{N_2}{N_1} \quad I_1$ = 100 ଘେରା / 500 ଘେରା × 3A = 0.6 A

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 19.10

1. ଗୋଟିଏ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର dc ରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ କି ? ତୁମର ଉତ୍ତରର ଯଥାର୍ଥତା ପ୍ରତିପାଦନ କର ।
.....................................................................................................

2. ଉପଚୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରରେ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀ ତୁଳନାରେ କାହିଁକି ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ଘେର ଥାଏ ? .........................................................................................

3. ଏକ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍‌ରେ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଓ ପ୍ରାଥମିକ ସ୍ରୋତର ଅନୁପାତ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଓ ପ୍ରାଥମିକ ଉଭୟର ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍‌ର ଅନୁପାତ ସହ ସମାନ କି ? ......................................................................

4. ଖେଳନା ଟ୍ରେନ୍‌କୁ ଚଳାଇବାକୁ ଏବଂ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବାକୁ ସମୟେ ସମୟେ ଗୋଟିଏ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହି ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଉପଚୟୀ କି ଅପଚୟୀ ? ..........................................

ଟିପ୍ପଣୀ

## ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ପୃଷ୍ଠରେ ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ, ତା'ର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରିତ ହେବ । ଏହିପରି ଘଟଣାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ କୁହାଯାଏ ।
- ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଏକ ଘେରା ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ

$$e = \frac{d\phi_B}{dt}$$

ଏଠାରେ $\phi_B$ ହେଉଛି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ସଂପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ

- ଲେନ୍‌ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁଯାୟୀ, ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ, ଯେଉଁ କାରଣରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାହାକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ ।
- ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ତେବେ ଏଥିରେ ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।
- $l$ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ Aପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ N ଘେର ଥିବା ଏକ ଲମ୍ବା ଓ ଦୃଢ଼ଭାବେ ଗୁଡ଼ା ହୋଇଥିବା ସଲେନଏଡ଼୍‌ର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରଣ ହେଉଛି

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$$

- ଏକ $LR$ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ସର୍ବାଧିକ ମୂଲ୍ୟରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ କିଛି ସମୟ ନିଏ ।
- ଦୁଇଟି ପାଖାପାଖି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯୋଗୁଁ ପାରସ୍ପରିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ ପ୍ରେରିତ ହୋଇଥାଏ ।
- ଏକ LC ପରିପଥରେ, କାପାସିଟର (capacitor)ରେ ଚାର୍ଜ ଓ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି $\omega_0$ ରେ ସିନୁସୋଇଡାଲ୍ ଦୋଳନ କଲେ,

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

- ଏକ ac ପରିପଥରେ, ଉତ୍ସ ଉପରେ ଥିବା ବିଭବାନ୍ତର ହେଉଛି $V = V_m \cos \omega t$ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ $I = I_m \cos (\omega t + \phi)$
- ଶୁଦ୍ଧ ରେଜିଷ୍ଟିଭ୍ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିପଥର ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ସମକଳାରେ ଅଛନ୍ତି ।

ଏପରି ପରିପଥରେ ହାରାହାରି (ପାୱାର୍) କ୍ଷମତା

$$P_{av} = \frac{I_m^2 R}{2}$$

- ଏକ ଶୁଦ୍ଧ କାପାସିଟିଭ୍ ac ପରିପଥରେ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ଠାରୁ $90^0$ ଆଗୁଆ ଥାଏ । ଏହି ପରିପଥରେ ହାରାହାରି ପାୱାର ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

- ଏକ ଶୁଦ୍ଧ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ୍ ac ପରିପଥରେ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଠାରୁ $90^0$ ପଛୁଆ ଥାଏ । ଏହି ପରିପଥରେ ହାରାହାରି ପାୱାର ଶୂନ ଅଟେ ।

- ଏକ ପଙ୍କ୍ତି LCR ପରିପଥରେ, $I_m = \dfrac{V_m}{Z} = \dfrac{V_m}{[R^2 + (X_L - X_C)^2]^{1/2}}$

  ଏଠାରେ Z ହେଉଛି ପରିପଥର ଇଂପେଡ଼ାନସ୍ : $Z = [R^2 + (X_L - X_C)^2]^{1/2}$

- $X_L - X_C = 0$ ପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିପଥଟି ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଏବଂ ସର୍ବାଧିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ $I_m = V_m/R$

  $\omega_o = 1/\sqrt{LC}$ ସମୟରେ ପରିପଥକୁ ଅନୁନାଦିତ କୁହାଯିବ ।

- ହାରାହାରି ପାୱାର $P_{av} = V_{rms} \cdot I_{rms} = I^2_{rms} R$

- ଏକ ଜେନେରେଟର୍ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତରିତ କରେ । ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନୀତି ଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

- ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ହେଉଛି ଏକ ସ୍ଥୈତିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର ଯାହାକି ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଟେଜ୍‌ରୁ ନିମ୍ନ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲଟେଜକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ କରେ ଏବଂ ଏହାର ବିପରୀତ ମଧ୍ୟ କରେ ।

- ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଦୁଇ ପ୍ରକାରର : ଉପଚୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଭୋଲଟେଜ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଓ ଭୋଲଟେଜ୍ କମାଇବାକୁ ଅପଚୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

- ଦ୍ୱିତୀୟକ ଓ ପ୍ରାଥମିକ ଭୋଲଟେଜ୍‌ର ଅନୁପାତ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଓ ପ୍ରାଥମିକ ଘେରର ଅନୁପାତ ସହ ସମାନ ।

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

- ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରରେ ପାୱାର ଅପଚୟହେବାର ମୁଖ୍ୟ ଉତ୍ସ ହେଉଛି କୁଣ୍ଡଳନରେ ତାରର ତାପନ ଏବଂ ଏଡ଼ି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ।

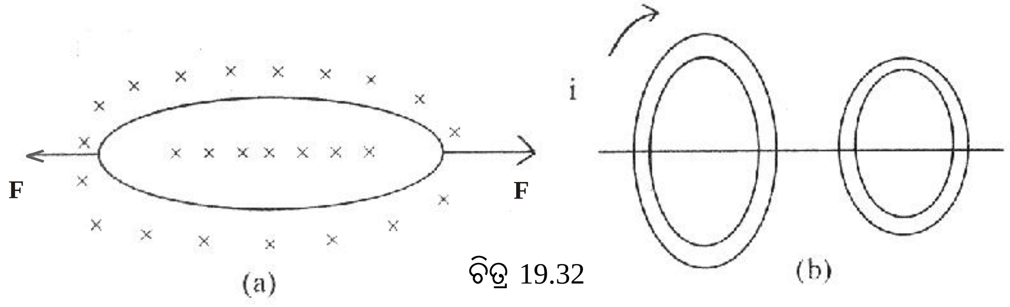
- ଗୋଟିଏ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ରରୁ ଆମ ଘରମାନଙ୍କୁ ପାୱାର୍ ସଞ୍ଚାଳନ ପାଇଁ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଏବଂ ଟ୍ରାନ୍ସମିସନ୍ ତାର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

## ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. 250 ଘେର ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀର ମୁଖ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $S = 9.0 \times 10^{-2}$ m² (a) ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ 7.5V ହୁଏ, ତେବେ କଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେର ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ଫ୍ଲକ୍ସର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର କେତେ ? (b) ଯଦି ଏକ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଯୋଗୁଁ ଅକ୍ଷ ଠାରୁ $45^0$ କୋଣରେ ଫ୍ଲକ୍ସ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତେବେ ଏହି ବିଦୁତ୍ ବାହକ ବଳ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବାକୁ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ନିରୂପଣ କର ।

2. (a) ଚିତ୍ର 19.32 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳକୁ ବଳ ‘F’ ଦ୍ୱାରା ଟାଣି କମାଇଲେ, ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତର ଦିଗ କ’ଣ ହେବ ? B ର ଦିଗ କାଗଜ ଆଡ଼କୁ ଏବଂ ଏହା ପ୍ରତି

ଟିପ୍ପଣୀ




ଚିତ୍ର 19.32

ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଅଛି ।

(b) ବାମପଟୁ ଦେଖିଲେ ଯଦି ବୃହତ୍ତର କୁଣ୍ଡଳନରେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ (ବ୍ୟାଟେରୀ ଯୋଗୁଁ – ଯାହା ଦେଖାଯାଇନାହିଁ) ତେବେ କ୍ଷୁଦ୍ରତର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତରେ ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ? (ଚିତ୍ର 19.31b)

3. (a) ଯଦି ସଲେନଏଡ଼୍ର ଘେର ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୁଏ, ତେବେ ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ କେତେ ପରିମାଣର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ?

(b) ସ୍ପାର୍କ ପ୍ଲଗରେ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଟେଜ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ପ୍ଲଗ୍‌ର ପରିବାହୀଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ହେଉଥିବା ସ୍ପାର୍କ ଯୋଗୁଁ ଗାଡ଼ି ଇଂଜିନ୍‌ରେ ପେଟ୍ରୋଲରେ ଜ୍ୱଳନ ହୁଏ । ଏହି ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଟେଜ ଏକ ଜ୍ୱଳନ କୁଣ୍ଡଳୀରୁ ମିଳେ । ଜ୍ୱଳନ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଦୁଇଟି ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ଘେରଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଗୋଟିକ ଉପରେ ଅନ୍ୟଟିକୁ ରଖି ତିଆରି ହୁଏ । ଅଳ୍ପ ଘେରଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଗାଡ଼ିର ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏହି ସ୍ରୋତକୁ ସୁଇଚ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସମୟେ ସମୟେ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ । ହଠାତ୍ ସ୍ରୋତ ବନ୍ଦ ହେଲେ ଅଧିକ ଘେର ଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଅଧିକ ମାନର ***emf*** ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ***emf*** ଯୋଗୁଁ ସ୍ପାର୍କ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏକ ସାଧାରର ଜ୍ୱଳନ କୁଣ୍ଡଳୀରେ 3.0A ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏବଂ ସ୍ପାର୍କ ପ୍ଲଗକୁ 24kV ର ***emf*** ମିଳେ । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ସ୍ରୋତକୁ ପ୍ରତି 0.10ms ରେ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ, ତେବେ ଜ୍ୱଳନ କୁଣ୍ଡଳୀର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କେତେ ?

4. (a) ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତରେ rms ମୂଲ୍ୟ ଏହାର ଶୀର୍ଷ ମୂଲ୍ୟ ଠାରୁ ସର୍ବଦା କମ୍ କାହିଁକି ?

(b) ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଉତ୍ସ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିଲା 2.5μF କାପାସିଟର୍‌ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ $I = -4.71 \sin 377t\ \mu A$ ଏହି କାପାସିଟର୍ ଉପରେ ସର୍ବାଧିକ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ହିସାବ କର ।

5. (a) (i) 25Hz ଓ (ii) 50Hz ରେ L = 2mH ପାଇଁ ଓ $C = 2\ \mu F$ ପାଇଁ କାପାସିଟିଭ୍ ରିଆକ୍ଟାନସ ଓ ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ ରିଆକ୍ଟାନ୍‌ସ ନିରୂପଣ କର ।

(b) ଏକ 22 μH inductor କୁ 5V (rms) 100MHz ଜେନେରେଟର ସହ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ, ତାହାର ଶିଖର ସ୍ରୋତ ଓ rms ସ୍ରୋତ ନିରୂପଣ କର ।

6. ଏକ ପଂକ୍ତି ସଂଯୋଜିତ *LCR* ପରିପଥରେ $R = 580\ w$, $L = 31mH$ ଓ $C = 47nf$ ଏକ *ac* ଉତ୍ସ ଯୋଗ କରାଯାଇଛି । ଉତ୍ସର ଆୟାମ ଓ କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି ଯଥାକ୍ରମେ *65V* ଏବଂ *33 k rad/s* ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର: *(a)* କାପାସିଟରର ରିଆକ୍ଟାନ୍‌ସ *(b)* ଇଣ୍ଡକ୍ଟରର ରିଆକ୍ଟାନସ *(c)* ପରିପଥର ଇଂପେଡାନସ *(d)* ଉତ୍ସ ଉପରେ ବିଭବାନ୍ତର ଓ ସ୍ରୋତ ମଧ୍ୟରେ କଳାନ୍ତର ଏବଂ *(e)* ସ୍ରୋତର ଆୟାମ । ଉତ୍ସ ଉପରେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ତୁଳନାରେ ସ୍ରୋତ ଅଗ୍ରବର୍ତ୍ତୀ କି ପଶ୍ଚାତବର୍ତ୍ତୀ ?

ଟିପ୍ପଣୀ

7. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ କ'ଣ ? ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ?

8. ଲେନ୍‌ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କ'ଣ ? ଲେନ୍‌ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ଏକ ପରିମାଣ ଦର୍ଶାଅ ?

9. ସ୍ୱ-ପ୍ରେରଣ କ'ଣ ? ସ୍ୱ - ପ୍ରେରଣର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ବୁଝାଅ ?

10. ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ, ସେମାନେ କେଉଁ କାରକ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି ?

11. $9 \times 10^{-2}$s ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ 10A ରୁ 7A କୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ, ଏକ 10H ଇଣ୍ଡକ୍ଟରରେ କେତେ ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ ସୃଷ୍ଟି ହେବ ?

12. ଆବୃତ୍ତି ବଢ଼ିଲେ ଏକ କାପାସିଟର୍‌ର ରିଆକ୍ଟାନ୍‌ସ କାହିଁକି କମିଥାଏ, ଅଥଚ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର୍‌ର ରିଆକ୍ଟାନସ ଆବୃତ୍ତି ବଢ଼ିଲେ କାହିଁକି ବଢ଼ିଥାଏ, ବୁଝାଅ ।

13. LCR ପଙ୍କ୍ତି ପରିପଥର ଇଂପେଡାନ୍‌ସ କେତେ ? ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ LCR ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିପଥରେ ପାଓ୍ୱାର ଅପଚୟ ପାଇଁ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।

14. ମନେକର ଏକ ଜେନେରେଟର୍‌ର ଆବୃତ୍ତି 60Hz ରୁ 120Hz ବଢ଼ିଲା । ତେବେ ତା'ର ଆଉଟପୁଟ ଭୋଲଟେଜ ଉପରେ କି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିବ ?

15. ଏକ ମୋଟର ଏବଂ ଜେନେରେଟର୍ ମୁଖ୍ୟତଃ ବିପରୀତ କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦନ କରନ୍ତି । ଅଥଚ କେତେକ କହନ୍ତି ଯେ ଗୋଟିଏ ମୋଟର ଏକକାଳୀନ ମୋଟର ଓ ଜେନେରେଟର ଭାବେ କାମ କରନ୍ତି । ପ୍ରକୃତରେ ଏହା ସତ୍ୟ କି ?

16. ଏକ R ଜେନେରେଟର ଓ ଟ୍ରାନସଫର୍ମରର ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନ ସହିତ ଏକ ଆଲୋକ ବଲ୍‌ବ ପଂକ୍ତି ସଂଯୋଜିତ ହୋଇଛି । ଟ୍ରାନସଫର୍ମରର ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଏକ ଲୋଡ୍, ଯଥା ଏକ ରେଜିଷ୍ଟର ଯୋଗ କଲେ ବଲ୍‌ବଟି ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ହୋଇ ଜଳେ କାହିଁକି ?

17. .ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀର ପ୍ରାନ୍ତମାନଙ୍କୁ ଟ୍ରାନସଫର୍ମରର ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନ ସହିତ ସଂଯୋଗ କଲେ, ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନ ଉପରେ କାହିଁକି ଏକ ସ୍ଥିର ବିଭବାନ୍ତର ଉପଲବ୍ଧ ହେବ ନାହିଁ ?

18. .ସାଧାରଣତଃ ଏକ ରଙ୍ଗୀନ ଟେଲିଭିଜନ୍‌ରେ ପାଓ୍ୱାର ଯୋଗାଣ ପ୍ରାୟ 15000V AC ଆବଶ୍ୟକ କରେ । ତୁମେ ଘରେ ବିଜୁଳି 230V ରେ ମିଳୁଥିବାରୁ ଏତେ ଉଚ୍ଚ ବିଭବାନ୍ତର କିଭଳି ଉପଲବ୍ଧ ହେବ ?

19. ଲୁହା କ୍ରୋଡ଼ ବିନା ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ପରି କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରିବେ କି ? ଯଦି ଏପରି ହେବ, ତେବେ ଆମେ କାହିଁକି କ୍ରୋଡ଼କୁ ବାଦ୍‌ଦେଇ ପଇସା ବଞ୍ଚାଇବାନି ?

20. ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତର 10V ଆଉଟ୍‌ପୁଟ୍ ଅଛି । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିପଥ 2V AC ଇନ୍‌ପୁଟ୍ ଆବଶ୍ୟକ କରେ । ତୁମେ ଏହା କିପରି କରିପାରିବ ବୁଝାଅ ।

21. ଜଣେ କ୍ରୋଡ଼ର ଗୋଟିଏ ପଟେ 50 ଘେରା ଏବଂ ଅନ୍ୟପଟେ 500 ଘେରା ଥିବା ଏକ ଟ୍ରାନସଫର୍ମର ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି ପାଖରେ ଅଛି । ଏହା ଏକ ଉପଚୟୀ ନା ଅପଚୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ? ବୁଝାଅ ।

22. କେତେକ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର ଦ୍ୱିତୀୟକରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରାନ୍ତ ବା "ଟ୍ୟାପ୍" ଥାଏ, ଯାହାଫଳରେ ବିଭିନ୍ନ ଟ୍ୟାପ୍‌କୁ ସଂଯୋଗ କଲେ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀର କିଛି ଅଂଶ ପରିପଥରେ ସଂଯୋଜିତ ହୁଏ । ଏହାର ସୁବିଧା କ'ଣ ?

ଟିପ୍ପଣୀ

23. ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ୱେଲଡିଙ୍ଗ୍ ମେସିନ୍‌ରେ ଗୋଟିଏ ଟ୍ରାନ୍‌ଫର୍ମର 240V AC ପାୱାର ଲାଇନ୍‌ରୁ 3A ସ୍ରୋତ ନେଇ 400A ସ୍ରୋତ ଦେଇଥାଏ । ଟ୍ରାନ୍‌ଫର୍ମରଟିର ଦ୍ୱିତୀୟକ ଉପରେ ବିଭାବାନ୍ତର କେତେ ହେବ ?

24. ଏକ 240 ଭୋଲ୍‌ଟ, 400 ୱାଟ୍ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମିକ୍ସର୍ ସହିତ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ 120 ଭୋଲ୍‌ଟ୍ ପାୱାର୍ ଲାଇନ୍ ସଂଯୁକ୍ତ ହେଇଛି । ଟ୍ରାସଫର୍ମର ଘେରର ଅନୁପାତ କେତେ ? ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାୱାର୍ ଲାଇନ୍‌ରୁ କେତେ ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଟଣାଯାଇପାରିବ ?

25. ଏକ ଉପଚୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ 125 ଘେର ବିଶିଷ୍ଟ ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ 220V ବିଶିଷ୍ଟ ପରିପଥ (ଘର ଆଲୋକ ପାଇଁ) ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ଯଦି ଦ୍ୱିତୀୟକ 15000V, ତେବେ ଏହା କେତେଘର ବିଶିଷ୍ଟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ?

26. ଅପଚୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର 25 ଘେର ତାର ବିଶିଷ୍ଟ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଏବଂ ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ 220V ସହ ସଂଯୁକ୍ତ । ଯଦି ଦ୍ୱିତୀୟକର ଆଉଟପୁଟ୍‌ରେ 2.5 ଭୋଲ୍‌ଟ ମିଳିବା ଆବଶ୍ୟକ, ତେବେ ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନର କେତେ ଘେର ବିଶିଷ୍ଟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

27. ଏକ ଅପଚୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର 600 ଘେର ବିଶିଷ୍ଟ ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନ 120 ଭୋଲ୍‌ଟ୍ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଲାଇନ୍ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ । ଯଦି ଦ୍ୱିତୀୟକ 5 ଭୋଲ୍‌ଟରେ 3.5 ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସ୍ରୋତ ମିଳିବା ଆବଶ୍ୟକ, ତେବେ ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳନର ଘେର ସଂଖ୍ୟା କେତେ, ଫଂପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ସ୍ରୋତ କେତେ ?

28. 352 ଘେର ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଉପଚୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍‌ର ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନ 220V ଲାଇନ୍ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ । ଦ୍ୱିତୀୟକରୁ 10,000 V ଏବଂ 40 MA କରାଯାଇଛି ।

(a) ଦ୍ୱିତୀୟକରେ କେତେ ଘେର ଅଛି ?

(b) ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ କେତେ ?

(c) ଲାଇନ୍‌ରୁ କେତେ ପାୱାର୍ ନିଆଯାଉଛି ?

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର

**19.1**

1. $N = 1000$, $r = 5 \times 10^{-2}$m and $B_1 = 10T$  $B_2 = 0T$

(a) For t = 1s,

$$|e| = N\frac{(B_2 - B_1)}{t}\pi r^2$$

$$= 10^3 \times \frac{10 \times \pi \times 25 \times 10^{-4}}{1}$$

$$= 25\pi \text{ V}$$

$$= 25 \times 3.14 = 78.50\text{V}$$

(b) $t = 1\text{ms}$  $|e| = \frac{10^3 \times 10\pi \times 25 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 78.5 \times 10^3\text{V}$

ଟିପ୍ପଣୀ

2. ଯେହେତୁ

$\phi = A + Dt^2 \qquad e_1 = \frac{d\phi}{dt} = 2Dt$

$e = Ne_1 = 2N\,Dt$

$\quad = 2 \times 250 \times 15t = 7500t$

$t = 0.\ e_1 = 0$ ଏବଂ $e = 0\text{V}$

$t = 3\text{s},\ e = 22500\text{V}$

3. $\phi = \mathbf{B}\ \mathbf{S} = BS\cos\theta$

$|e| = N\frac{d\phi}{dt}$

$|e| = \left|NS\frac{dB}{dt}\cos\theta\right|$ ଯେହେତୁ $\theta$ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

(a) $|e|$ ସର୍ବାଧିକ

ଯେତେବେଳେ $\cos\theta = 1,\ \theta = 0$, କୁଣ୍ଡଳୀଟି କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବରେ ଅଛି ।

(b) $|e|$ ସର୍ବନିମ୍ନ

ଯେତେବେଳେ $\theta = 90$, କୁଣ୍ଡଳୀର ପୃଷ୍ଠଦେଶ କ୍ଷେତ୍ର ସହ ସମାନ୍ତର ଅଟେ ।

## 19.2

1. ଯେତେବେଳେ ଆମେ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଚୁମ୍ବକ ପଟରୁ ଦେଖୁ, ସେତେବେଳେ ଉଭୟ A ଏବଂ B ପାଇ ବାମାବର୍ତ୍ତ ।

2. ସମସ୍ତ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ କୁଣ୍ଡଳୀ E ରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ୍‌ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାଇଁ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ହେବ ।

3. ହଁ, ବଳୟରେ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତ ଅଛି । ବଳୟରେ ଥିବା ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଯୋଗୁଁ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକଟି ଉପରେ ବିକର୍ଷକ ଏକ ବଳ କାମ କରେ ।

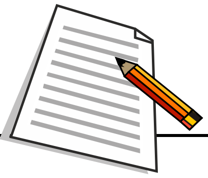
## 19.3

1. $e = L\frac{dI}{dt} = \omega\frac{N^2A}{\ell}\frac{(I_2 - I_1)}{t}$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \pi \times 10^{-2} \times (2.5 - 0)}{1 \times 10^{-3}}$$

$= 10^{-6}\ \text{V}$

2. କାରଣ ଦୁଇ ସମାନ୍ତରାଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି ଏବଂ ସ୍ୱ-ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରନ୍ତି ଫଳରେ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍ ପ୍ରଭାବକୁ ହ୍ରାସ କରେ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

3. $3.5 \times 10^{-3} = 9.7 \times 10^{-3} \times \frac{dI}{dt}$

$$= \frac{dI}{dt} = \frac{3.5}{9.7} = 0.36 \text{ A s}^{-1}$$

## 19.4

1. କାରଣ ଇଣ୍ଡକ୍ଟରଟି ପଶ୍ଚାତ୍ emf ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ବୃଦ୍ଧିରେ ସ୍ଥାଣୁତ୍ୱ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

2. $2.2 \times 10^{-3} = \frac{L}{R}$

$\Rightarrow L = 2.2 \times 68 \times 10^{-3}\text{H}$

$= 150\text{mH}$

## 19.5

1. (କ) ଯଦି $i_1$ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ, ପ୍ରଥମ କୁଣ୍ଡଳୀରୁ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ଫ୍ଲକ୍ସ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧିପାଇବ । ତେଣୁ, ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ହେଉଥିବା ସ୍ରୋତ ଏହି ଫ୍ଲକ୍ସ O ରୁ ଦେଖାଯାଉଥିବା ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତର ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ବାଧା ଦେବ । ସୁତରାଂ B ପଜିଟିଭ ଓ A ନେଗେଟିଭ ହେବ ।

(ଖ) ଯଦି $i_2$ ହ୍ରାସ ପାଏ, ପ୍ରଥମ କୁଣ୍ଡଳୀରୁ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ଫ୍ଲକ୍ସର ମଧ୍ୟ ହ୍ରାସ ଘଟିବ । ଏହାକୁ ବୃଦ୍ଧି କରିବା ପାଇଁ, ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ C କୁ ପଜିଟିଭ ଓ D ନେଗେଟିଭ ବିଭବରେ ଛାଡ଼ିବ ।

2. ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ ହ୍ରାସ ହେବ, କାରଣ ଯେତେବେଳେ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମକୋଣୀୟ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ଥାନ୍ତି, ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀରୁ ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଫ୍ଲକ୍ସ ସଂଯୋଗ ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବ ।

## 19.6

1. ଏହା ପ୍ରକୃତରେ ଘଟେ ମାତ୍ର ଆମେ ଏହାକୁ ଜାଣି ପାରୁ ନାହିଁ, କାରଣ ଆମର ଘରେ ac ର ଆବୃତ୍ତି 50Hz ଅଟେ । ସେକେଣ୍ଡକୁ 15 ଥର ଘଟୁଥିବା ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ଆମର ଆଖି ଜାଣି ପାରେ ନାହିଁ ।

2.(i) $I_{rms} = \frac{E_{rms}}{R} = \frac{220}{25} \frac{V}{\Omega} = 8.8\text{A}.$

(ii) ସ୍ରୋତର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମୂଲ୍ୟ $I_m = \sqrt{2}\ I_{ms} = 1.4 \times 8.8 = 12.32\text{A}$

ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ସ୍ରୋତ $= I_u \sin 2\pi\nu t = 12.32 \sin 100\pi t$

(iii) ପୂର୍ଣ୍ଣ ସଂଖ୍ୟକ ଚକ୍ରରେ ସ୍ରୋତର ହାରାହାରି ମୂଲ୍ୟ ଶୂନ୍ ହେବ ।

3. ଯେହେତୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତ ସିନୁସୋଇଡାଲ ଭାବେ ବଦଳିଥାଏ, ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚକ୍ରରେ (cycle) ଏହାର ହାରାହାରି ମୂଲ୍ୟ ଶୂନ ଅଟେ ମାତ୍ର rms ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଟେ ।

## 19.7

1. କ୍ୱାପାସିଟିଭ୍ ରିଆକ୍ଟାନ୍ସ $X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$ C ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ Xc ହ୍ରାସ ହୁଏ ଓ I ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

2. ଏକ ଚାର୍ଜିତ କାପାସିଟର ଚାର୍ଜହୀନ ହେବା ପାଇଁ କିଛି ସମୟ ନିଏ । ଏକ ଉତ୍ସର ଆବୃତ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ହେବା ସହିତ ଏହା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାର୍ଜହୀନ ହେବା ପୂର୍ବରୁ କାପାସିଟରକୁ ଚାର୍ଜକରିବା ଆରମ୍ଭ କରିଦେଇଥାଏ । ସୁତରାଂ କାପାସିଟର୍‌ରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଚାର୍ଜ ଓ ଏହା ଫଳରେ କାପାସିଟର ମଧ୍ୟରେ ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହିତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଯଦିଓ $V_m$ ସ୍ଥିର ଅଟେ ।

3. କାରଣ ଚାର୍ଜ କରୁଥିବା ଅର୍ଦ୍ଧଚକ୍ରରେ ଏକ କାପାସିଟରରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି ଡିସଚାର୍ଜ କରୁଥିବା ଅର୍ଦ୍ଧଚକ୍ରରେ ମୁକ୍ତ ହୋଇଯାଏ । ଏଣୁ ଗୋଟିଏ ଚକ୍ରରେ କାପାସିଟର ମଧ୍ୟରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

4. କାପାସିଟିଭ୍ ରିଆକ୍ଟାନ୍ସ $Xc = \frac{1}{2\pi\nu C}$, n ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ Xc କମିଥାଏ । ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି କାପାସିଟର ପ୍ଲେଟରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଅଧିକ ଚାର୍ଜ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ ।

## 19.8

1. Lenz ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଇଣ୍ଡକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ac ପ୍ରବାହିତ ହେଷଳ ଏହା ଉପରେ ପଶ୍ଚାତ୍‌ବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ପଶ୍ଚାତ୍‌ବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ $e = -L\frac{dI}{dt}$

2. $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_L}$ ଆବୃତ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ, $X_L$ (= 2π νL) ବୃଦ୍ଧି ପାଏ, ଫଳରେ $I_{rms}$ ହ୍ରାସ ହୁଏ ।

## 19.9

1. (i) ଏକ ଏସି ଜେନେରେଟର ସ୍ଲିପ୍ ବଳୟ ଥାଏ ମାତ୍ର ଏକ ଡି.ସି. ଜେନେରେଟର କମ୍ୟୁଟେଟର ସ୍ଲିପ୍ ବଳୟ ଥାଏ ।

(ii) ଏକ ଏସି ଜେନେରେଟର ସିନୁସୋଇଡାଲ ରୂପରେ ଭୋଲଟେଜ୍ ସୃଷ୍ଟିକରିଥାଏ, ମାତ୍ର ଏକ ଡିସି ଜେନେରେଟର୍ ସର୍ବଦା କେବଳ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ସ୍ରୋତ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

2. ଏକ ଜେନେରେଟର ଚାରୋଟି ପ୍ରମୁଖ ଅଂଶ ହେଉଛି, ଆର୍ମେଚର, କ୍ଷେତ୍ର ଚୁମ୍ବକ, ସ୍ଲିପ୍ ବଳୟ ଓ ବ୍ରଶ୍ ।

3. ଏକ କମ୍ୟୁଟେଟର a.c. ତରଙ୍ଗ ରୂପକୁ d.c. ତରଙ୍ଗ ରୂପରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ ।

4. ଏକ ସାଇକେଲର ଆଲୋକ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ପାଇଁ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ ।

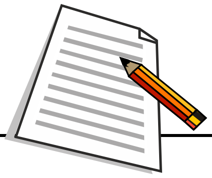
## 19.10

1. ନାଁ, କାରଣ ଏକ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ ଏବଂ ,ଥିପାଇଁ ସମୟ ଅନୁକ୍ରମେ ରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥବା ସ୍ରୋତ ଆବଶ୍ୟକ ।

2. କାରଣ ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀର ଭୋଲଟେଜର ଅନୁପାତ, ସେମାନଙ୍କର ଘେର ସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତ ସହ ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ ।

3. ନାଁ, ସେମାନେ ପରସ୍ପରର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ ଅଟନ୍ତି ।

4. ଅପଚାୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର



ଟିପ୍ପଣୀ

## ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

1. (a) $3 \times 10^{-2}\ W_b\ s^{-1}$ (b) $0.47\ T\ s^{-1}$

4. (b) $5 \times 10^{-2}$ V

5. (a) (*i*) $\frac{1}{\pi} \times 10^4\ \Omega$ (*ii*) $\frac{1}{2\pi} \times 10^4\ \Omega$

   (b) (*i*) $0.1\ \pi\Omega$ (*ii*) $0.2\ \pi\Omega$

6. (a) $6.7 \times 10^2\ \Omega$ (b) 99 Ω (c) 813.9 Ω

   (d) $\simeq$ 4 rod (e) 0.16 A (f) ସ୍ରୋତ ପଛୁଆ ହୁଏ ।

11. 333.3 V

23. 1.8 A

24. 1:2, $\frac{10}{3}$A

25. 8522 ଘେରା

26. 2200 ଘେରା

27. 25 ଘେରା, $\frac{1}{7}$A

28. (a) 16000 ଘେରା, (b) $\frac{20}{11}$A (c) 400W

**ଉଚ୍ଚ ମାଧ୍ୟମିକ ଶ୍ରେଣୀ**

**ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ**

**ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ନିମନ୍ତେ ଆସାଇନ୍‌ମେଣ୍ଟ୍ - 5**

**ପୂର୍ଣ୍ଣ ସଂଖ୍ୟା : 50** | **ସମୟ 1 ½ ଘଣ୍ଟା**

**ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ**

- ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଏକ ଅଲଗା କାଗଜରେ ଦିଅ ।
- ତୁମ ଉତ୍ତର ଖାତାରେ ନିମ୍ନ ତଥ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ଉଲ୍ଲେଖ କର :
  - ନାମ
  - କ୍ରମିକ ସଂଖ୍ୟା
  - ବିଷୟ
  - ଆସାଇନେମେଣ୍ଟ ସଂଖ୍ୟା
  - ଠିକଣା
- ତୁମର ଆସାଇନ୍‌ମେଣ୍ଟକୁ ତୁମ ଶିକ୍ଷାକେନ୍ଦ୍ରର ବିଷୟ ଶିକ୍ଷକଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ସଂଶୋଧନ କରାଅ, ଫଳରେ ତୁମ କାର୍ଯ୍ୟର ଏକ ଉପଯୁକ୍ତ ମୂଲ୍ୟାୟନ ମିଳିବ ।

**ତୁମର ଆସାଇନ୍‌ମେଣ୍ଟକୁ NIOS କୁ ପଠାଇବ ନାହିଁ**

1. X- ଅକ୍ଷରେ ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ 10μc ଓ 5μc କୁ ପରସ୍ପର ଠାରୁ କିଛି ଦୂରରେ ରଖାଗଲା । ଯଦି X ଅକ୍ଷରେ 10μc ଚାର୍ଜ ଉପରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳ (electrostatic force) 90N ହୁଏ, ତେବେ –5μC ଚାର୍ଜର ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳ ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

2. ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଡାଇପୋଲ୍ ଠାରୁ ଅଧିକ ଦୂରତାରେ, ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର କ୍ଷମତା ଦୂରତା ସହ କିପରି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ?

3. ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ର ଚତୁପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକ ସମବିଭବ ପୃଷ୍ଠ କେଉଁ ଆକାରର ଅଟେ ?

4. ଏକ ତମ୍ବା ତାରକୁ ଟାଣି ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଦୁଇଗୁଣ କରାଗଲା । ଏହାର ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧିରେ କି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିବ ?

5. 4752 47Ω + 10% ମୂଲ୍ୟର ଏକ କାର୍ବନ ରେଜିଷ୍ଟର ରଙ୍ଗବଳୟର କ୍ରମ କ'ଣ ହେବ ?

6. ଚୁମ୍ବକୀୟ ନିରକ୍ଷବୃତ୍ତରେ ଆନତି କୋଣ କେତେ ?

7. ଜଣେ ଦର୍ଶକର ସମ୍ମୁଖରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତବାହୀ ତାର ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ରଖାଯାଇଛି । ତାରର ପଛପଟେ ଦର୍ଶକ ତୁଳନାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

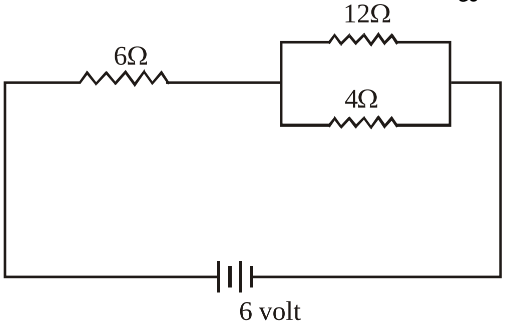
8. ଏକ LCR ପରିପଥର ରିଜୋନାଣ୍ଟ ଆବୃତ୍ତି 1000 Hz, 1200Hz ଆବୃତ୍ତିରେ ଏହି ପରିପଥର ପ୍ରକୃତି କିପରି ହେବ ?

ଟିପ୍ପଣୀ

9. ଶୂନ୍ୟ (Vaccum) ରେ ପରସ୍ପର ଠାରୁ 2cm ଦୂରରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ $10\mu C$ ଓ $-10\mu C$ ର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର କ୍ଷମତା ନିରୂପଣ କର ।

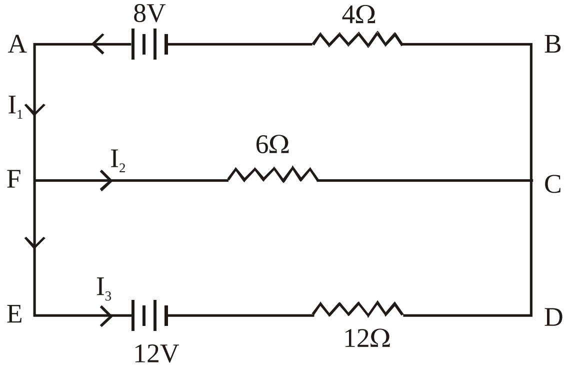
10. ଏକ ସେଲ୍‌ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହକ ବଳ 2.0 V ଓ ଆଭ୍ୟନ୍ତରିଣ ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସ $4\Omega$ ଅଟେ । ସେଲ୍‌ଟିର ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ନିରୂପଣ କର ।

11. ଦତ୍ତ ପରିପଥ ପାଇଁ ଏକ $6\ \Omega$ ରେଜିଷ୍ଟର୍‌ରେ ପାୱାର ଅପଚୟ ନିରୂପଣ କର ।




12. ଘେରାସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତ ଅନୁସାରେ ଏକ ଉପଚାୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାର ତତ୍ତ୍ୱ ବୁଝାଅ ।

13. କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଲେଖ, ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରି ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ଚିତ୍ରରେ $I_1$, $I_2$ ଓ $I_3$ ର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।




14. ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର ଗସ୍‌ଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଲେଖ । ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରି ରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ସାନ୍ଦ୍ରତା a ଥିବା ଏକ ରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ତାହାଠାରୁ ¥ ଦୂରତାରେ କ୍ଷେତ୍ର ହିସାବ କର ।

15. (a) ଦୁଇଟି $C_1$ ଓ $C_2$ କାପାସିଟାନ୍ସ ବିଶିଷ୍ଟ କାପାସିଟରକୁ ପଂକ୍ତିରେ ସଂଯୋଗ କରାଗଲେ, ଦର୍ଶାଅ ଯେ ସେମାନଙ୍କର ମୋଟ କାପାସିଟାନ୍ସ C ହେବ, $\frac{1}{c}=\frac{1}{c_1}+\frac{1}{c_2}$

(b) 12 μF କାପାସିଟର ସହିତ କେତେ ମୂଲ୍ୟର ଏକ କାପାସିଟର ପଂକ୍ତି ସଂଯୋଗରେ ରଖିଲେ ମୋଟ 3μF କାପାସିଟାନ୍ସ ମିଳିବ ?

16. ବାୟୋର୍ଟ ସାର୍ଭର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଏବଂ ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରି N ସଂଖ୍ୟକ ଘେରା ବିଶିଷ୍ଟ R ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ I ହେଲେ ଏହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ସୃଷ୍ଟିହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ସ୍ଥିର କର ।

17. ଏକ ଗାଲଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର I ମୂଲ୍ୟର ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।

ଟିପ୍ପଣୀ

18. ଫାରାଡ଼ଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ନିୟମ ଓ ଲେନ୍‌ଜଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

19. ଡାଇ-ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରିକ୍ କ'ଣ ? ଏହା ଏକ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ କିପରି ଆଚରଣ କରେ ? ଏକ ବାୟୁ ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇଥିବା ସମାନ୍ତର ପ୍ଲେଟ କାପାସିଟରର ପ୍ଲେଟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଡାଇ-ଇଲେକଟ୍ରିକ ଭର୍ତ୍ତି କଲେ, କିଭଳି କାପାସିଟରର କାପାସିଟାନସ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ? ଉପଯୁକ୍ତ ନାମାଙ୍କିତ ଚିତ୍ର ସହ ବୁଝାଅ ।

20. ଏକ LCR ପରିପଥରେ $R = 80\,\Omega$, $L = 100$mH ଓ $C = 25\mu F$ ରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବାହାକ ବଳ = 100sin (1000t)volt ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ac ଉତ୍ସ ଏଥି ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହେଉଛି ।

(a) $X_1$, $X_c$ ଓ Z

(b) ପରିପଥର *rms* ସ୍ରୋତ

(c) ପରିପଥର ପାୱାର ଅପଚୟ

(d) ରିଜୋନାଣ୍ଟ୍ ଆବୃତ୍ତି

(e) ରିଜୋନାନ୍ସ ଠାରେ ପରିପଥର ପ୍ରତିରୋଧ

## ଉତ୍ତରମାଳା

1. ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ +X -ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ 90N

2. $E \times \frac{1}{r^3}$

3. ଗୋଲାକାର, କେନ୍ଦ୍ରରେ ବିନ୍ଦୁ ଥାଇ ଗୋଲାକାର

4. ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ୍ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହିବ

5. ହଳଦିଆ, ବାଇଗଣୀ, କଳା, ରୌପ୍ୟ

6. ଶୂନ

7. ଦର୍ଶକର ବାମ ପଟେ

8. ଇଣ୍ଡକ୍ଟିଭ

9. $1.8 \times 10^9$ $NC^{-1}$

10. $V = \varepsilon - Ir$, $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$, V = 1.6 volt

11. ପରିପଥରେ ସ୍ରୋତ, $I = \frac{2}{3}$ ଆମ୍ପିୟର

$$P = I^2R = \left(\frac{2}{3}\right)^2 (6)\ watt = \frac{8}{3} \text{ watts}$$

13. $I = 0.5$ A, $I_2 = 1.0$A, $I_3 = -0.5$A

14. $\varepsilon = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

15. (b) 4μF

20. (a) $X_1 = 100$ W, $X_c = L_{10}$ W, Z = 100 W

(b) $I_{rms} = 0.707$ ଆମ୍ପିୟର୍

(c) 40W

(d) $\simeq$ 100Hz

(e) 80 ohm