جامعة البعث

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

هندسة الطاقة الكهربائية -السنة الرابعة

التوتر العالي 1 -الفصل الثاني للعام الدراسي 2023-2024

الاسم:

الرقم:

المدة: ساعتان

العلامة: 80 درجة

السؤال الأول : (20درجة)

لدينا محطة توزيع كهربائية استطاعتها 4400 kw يراد نقلها و توزيعها على المستهلكين لمسافة 6 km بعامل استطاعة $\cos\varphi=1$ ما هي التيارات المارة بالناقل و ما هو مقطع الناقل النحاسي للناقل الضروري , إذا كان هبوط التوتر المسموح به على الأسلاك $\Delta U= 10\%$ من توتر الشبكة $U1=220$ v.

إذا استبدلنا توتر الشبكة وأصبح $U2=220$ kV ماهي التيارات المارة بالناقل وما هو مقطع الناقل النحاسي للناقل الضروري في هذه الحالة. علماً أن المقاومة النوعية للنحاس $\rho_{cu}=0.01\ \Omega.mm^2$.ما هو الاستنتاج الهام الذي توصلتم إليه بعد رفع توتر الشبكة.

السؤال الثاني :(20 درجة)

عدد أربع مزايا فقط لاستخدام التوتر العالي المستمر لنقل الاستطاعة الكهربائية بدلاً من نقلها بالتوتر العالي المتناوب.

السؤال الثالث :(20 درجة)

عدد خمسة فقط من المتطلبات الرئيسية للعوازل الصلبة المستخدمة في خطوط النقل الكهربائية الهوائية.

السؤال الرابع حل إحدى المسألتين التاليتين:(20 درجة)

مسألة 1:

لدينا خط توتر عالي مكون من وحدتين من سلسلة العوازل وكان أقصى جهد لكل وحدة من السلسلة لا يزيد عن 18 kV وكانت السعة بين كل وصلة معدنية والأرض تساوي 20 % من السعة الذاتية للعازل احسب:

1- أقصى جهد للخط VL تتحمله سلسلة العوازل .

2-كفاءة السلسلة μ.

مسألة 2:

مكثف اسطواني عازله الهواء, علماً أن نصف القطر الداخلي 1 Cm وطوله 2m والمطلوب :

1-احسب نصف القطر الخارجي إذا طبق عليه توتر 60 kV وشدة الحقل العظمى تساوي المتانة الكهربائية للهواء 30 kV/ Cm.

2-احسب نصف قطر الحد الفاصل بين العازلين r_g في حالة طلاء الطبقة الداخلية بطبقة عازلة ε r=3 وبفرض تساوي شدتي الحقل العظمى بين الطبقتين.

3-احسب هبوط التوتر في كل طبقة.

4-احسب قيمة عامل شفايغر (التجانس) في كل طبقة.

5-احسب توتر بدء الانفراغ لطبقة الهواء.

مع التمنيات للجميع بالتوفيق والنجاح

مدرس المادة: د. غياث خليفه

جامعة البويرة

كلية التكنولوجيا و الهندسة الميكانيكية و الكهربائية

هندسة الطاقة الكهربائية - السنة الرابعة

سلم التصحيح

التكوين العالي 1- الفصل الثاني للعام الدراسي 2023-2024 العلامة: 80 درجة

السؤال الأول : (20درجة)

لديك محطة توزيع كهربائية استطاعتها 4400 kw يراد نقلها و توزيعها على المستهلكين لمسافة 6 km بعامل استطاعة cosφ=1 ما هي التيارات المارة بالناقل و ما هو مقطع الناقل النحاسي للناقل الضروري , إذا كان هبوط التوتر المسموح به على الأسلاك ΔU= 10% من توتر الشبكة U1=220 V.

إذا استبدلنا توتر الشبكة و أصبح U2=220 kV ماهي التيارات المارة بالناقل وما هو مقطع الناقل النحاسي للناقل الضروري في هذه الحالة. علماً أن المقاومة النوعية للنحاس $\rho_{cu}=0.01\ \Omega.mm^2$, ما هو الاستنتاج الهام الذي توصلتم إليه بعد رفع توتر الشبكة.

الحل

1-نقل الاستطاعة بتوتر 220 V.(8 درجة)

هبوط التوتر على الأسلاك : $\Delta U1=22\ V$

التيار المار في خط النقل : $I1=P/U1=4400*1000/220=20000\ A$

$R1=\Delta U1/I1=22/20000=0.0011\ \Omega$

مقاومة الناقل : $R1=\rho*\ell/a1$

$0.0011=0.01*10^{-3}*6000000/a1$

$a1=(0.01*10^{3}*6000000)/0.0011$

مقطع الناقل $a1=5454.5454.\ mm^2$

2-نقل الاستطاعة بتوتر 220 kV.(8 درجة)

هبوط التوتر على الأسلاك : $\Delta U2=22\ kV$

التيار المار في خط النقل : $I2=P/U2=4400*1000/220000=20\ A$

$R2=\Delta U2/I2=22000/20=1100\ \Omega$

مقاومة الناقل $R2=\rho*\ell/a2$

$1100=0.01*10^{-3}*6000000/a2 \rightarrow a2=(0.01*6000000)/1100$

مقطع الناقل $a2=0.05454\ mm^2$

الاستنتاجات التي نحصل عليها من نقل الاستطاعة عن طريق التوتر العالي هو:

1-تخفيض الفاقد في الاستطاعة بمقدار مربع التيار.

2-تصغير مقطع الناقل بنسبة كبيرة جداً.

بالمحصلة نقل الاستطاعة بواسطة التوتر العالي اقتصادي بشكل كبير. (4 درجات)

السؤال الثاني :(20 درجة)-(5 درجات كل ميزة)

عدد أربع مزايا فقط لاستخدام التوتر العالي المستمر لنقل الاستطاعة الكهربائية بدلاً من نقلها بالتوتر العالي المتناوب.

- وتتمثل أهم مزايا استخدام التوتر المستمر العالي لنقل القدرة بالنقاط التالية :

١)مزايا اقتصادية : فلو أردنا نقل استطاعة معينة فان خطوط التيار المستمر تكون ارخص بكثير من خطوط النقل بالتيار ثلاثي الطور.فمثلاً عند نقل استطاعة 400 MW يكون التوفير 30%(ويصبح هذا الوفر عند استخدام الارض كخط عائد حوالي 50%) .

كما أن كوابل التيار المستمر هي ارخص من كوابل التيار ثلاثي الطور فلنقل توتر عالي مستمر في حدود 100 kV نحتاج الى كابل بعـــازل بلاستيكي رخيص الثمن،بينما نحتاج الى كابل بعزل زيتي غالي الثمـن لنقل توتر متناوب عالي في حدود 100 kV .

٢) إمكانية استخدام التوتر العالي المستمر لنقل القدرة لمسافات طويلة جدا وبدون محطات مرحلية (الكوابل البحرية) بالمقارنة مـع خطوط التيار ثلاثي الطور .

ففي حالة النقل بالتوترات العالية للتيار ثلاثي الطور ،فان الطول الاعظمي لخط النقل المستخدم تتحدد بشروط استقرار الشبكة في حالة النقل ، بحيث تجد ان القيمة الحدية لطول الخطوط الهوائية تقع في حدود 500 km .اما لو تمت عمليات تعديل الاستطاعة الوهمية فانه يمكننا تكبير مسافات النقل مع المحافظة على شروط الاستقرار بحيث تصبح القيمة الحدية لطول الخطوط الهوائية الممكن استخدامها 1000 km وعند استخدام كابلات طويلة لنقل التيار ثلاثي الطور فان السعات تزداد الى حـد لا يمكن تجاوزه .

- أما في حالة نقل القدرة بالتوترات العالية للتيار المستمر فانه لاتوجد مشاكل تحدد الطول الاعظمي لهذه الخطوط او الاستطاعة المنقولة .

- وتبين الدراسات أن النقل بالتوترات المستمرة العالية يصبح اكثر اقتصادية من النقل بالتوترات العالية ثلاثية الطور عندما تكون مسافة النقل بالنسبة للخطوط الهوائية اكبر من 700 km وبالنسبة للكابلات اكبر من 40 km .

٣) مفاقيد الكوابل في حالة التيار المستمر اقل من مفاقيدها عند استخدام تيار ثلاثي طور ،ففي حالة التيار المستمر نحتاج الى استطاعة شحن للكابل لمرة واحدة فقط (سعة الكابل التقريبية $C=0,3\mu F/km$) بينما نحتاج في حالة التيار ثلاثي الطور الى شحن وتفريغ بصورة متناوبة . فلا توجد عمليا في كوابل التيار المستمر مفاقيد استقطاب ولا استطاعة وهمية .

٤) وكذلك فانه من الممكن في حالة استخدام التوتر المستمر أن نستخدم الارض(ولو لحالات التشغيل عند الطوارئ) كخط نقل عائد كما هو الحال مثلا في خط النقل بالتوتر العالي المستمر بين السويد وجزيرة كوتلاند Gotland (مفاقيد الكابل 750 kW ومفاقيد الخط

٥) ان استطاعة القصر لشبكات التوتر ثلاثية الطور هي في الغالب تحريضية اما في حالة النقل بالتوتر العالي المستمر فانه يتم نقل استطاعة فعلية فقط . لذا لاينتج عند ربط شبكي نقل بالتوتر العالي المستمر زيادة في استطاعة القصر . اما في حالة ارتباط شبكتين بتوتر ثلاثي طور فان تأثير القصر في احدى الشبكتين يظهر في الشبكة الاخرى غير المعرضة للقصر .

٦) كما يمكن ربط شبكتين غيرمتوافقتين او شبكات بتردات متغايرة . كما هو الحال مثلا بربط شبكتي 50Hz و 60Hz في اليابان (300 MW, 125 kV, SAKUMA) .

السؤال الثالث :(20 درجة)

عدد خمس أسباب فقط لانهيار العوازل الصلبة في خطوط النقل الكهربائية الهوائية.(4 درجات لكل سبب)

إن من أسباب انهيار العوازل المستخدمة في خطوط النقل الهوائية ما يلي :

١. **كسر العازل** . السبب الرئيسي لكسر العازل هو الإجهادات الناتجة في عازل البورسلين من خلال التمدد غير المتساوي والانكماش الناتج في الإسمنت والبورسلين والصلب والذي تسبب فيه الحرارة الموسمية والبرودة والجفاف وتسخين العازل . ولتجنب مثل هذا الكسر أدخلت تحسينات كثيرة على العازل أحيانا بوضع وسادة بين الطبقات وسمار التثبيت الصلب للسماح بمثل ذلك التمدد .

٢. **عيوب مادة العزل** . إذا كان بمادة العزل أي عيب ، مثل وجود فراغات أو وجود شوائب ، فأي مكان بها فإن هذا العيب يؤدي لكسر هذا العازل .

٣. **مسامية مادة العزل** . لو صنعت مادة البورسلين للعازل تحت درجات حرارة منخفضة فإن البورسلين يصبح مساميا ونتيجة لهذا يمتص البورسلين الرطوبة من الهواء ومن الإسمنت وتقل بصورة خطيرة شدة عزله ويبدأ تيار التسريب في السريان خلال العازل مما يؤدي لانهيار المادة العازلة .

٤. **الصقل غير الكافي** . إذا لم يتم صقل العازل بصورة كافية فإن الماء المتبقي على سطح العازل نتيجة الأمطار أو الندى يمكن أن يؤدي لتراكم الغبار على السطح مكونا مناطق موصلة كهربائيا تتسبب في خفض مسافة شرارة السطح للعازل والتي تتسبب في انهيار العازل .

٥. **شرارة السطح** . لو حدثت شرارة على سطح العازل فإنها يمكن أن تؤدي إلى تسخين العازل تسخيناً زائداً وبالتالي تؤدي لانهياره .

٦. **الإجهاد الميكانيكي** . في بعض الأحيان يمكن أن يؤدي شد العازل إلى إجهاد العازل ميكانيكياً إذا كانت مادة العزل بها عيوب وبالتالي تؤدي إلى كسره .

٧. **القصر** . أحياناً تتسبب الطيور الضخمة في حدوث شرارة ومن ثم يمكن أن يؤدي ذلك لانهيار العازل (وهذا محتمل فقط إذا كانت المسافة بين الموصلات قليلة) .

السؤال الرابع حل إحدى المسألتين التاليتين:(20 درجة)

مسألة 1:

لدينا خط توتر عالي مكون من وحدتين من سلسلة العوازل وكان أقصى جهد لكل وحدة من السلسلة لا يزيد عن 18 kV وكانت السعة بين كل وصلة معدنية والأرض تساوي % 20 من السعة الذاتية للعازل احسب:

1- أقصى جهد للخط VL تتحمله سلسلة العوازل .(10 درجات)

V2=18, m=20%

V2=V1 (1+m)

18=V1 (1+0.2)

V1=18/1.2=15 kV

V=V1+V2=15+18=33 kV

VL=√3*33=57.16 kV

2-كفاءة السلسلة μ =(الجهد الواقع على السلسلة/عدد وحادت سلسلة العوازل*الجهد الواقع على السلسلة الملاصقة للخط)

μ=(V/(2*V2))*100=(33/(2*18))*100=0.91.66 %

10 درجات

مسألة 2: (4 درجة لكل طلب)

مكثف اسطواني عازله الهواء, علماً أن نصف القطر الداخلي 1 Cm وطوله 2m والمطلوب :

1-احسب نصف القطر الخارجي إذا طبق عليه توتر 60 kV وشدة الحقل العظمى تساوي المتانة الكهربائية للهواء 30 kV/ Cm.

2-احسب نصف قطر الحد الفاصل بين العازلين r_g في حالة طلاء الطبقة الداخلية بطبقة عازلة $\varepsilon_r=3$ وبفرض تساوي شدتي الحقل العظمى بين الطبقتين.

3-احسب هبوط التوتر في كل طبقة.

4-احسب قيمة عامل شفايغر (التجانس) في كل طبقة.

5-احسب توتر بدء الانفراغ لطبقة الهواء.

(1):

$$Emax = \frac{U}{ri \cdot ln\frac{ra}{ri}}$$

$$30 = \frac{60}{1 \cdot ln\frac{ra}{ri}} \rightarrow ln\frac{ra}{ri} = \frac{60}{30} = 2 \rightarrow \frac{ra}{ri} = e^2 = 7.39 \rightarrow r_a = 7.39\ (cm)$$

(2):

$$E_{1max} = E_{2max} \rightarrow \frac{k}{ri \cdot \varepsilon r1} = \frac{k}{rg \cdot \varepsilon r2} \rightarrow r_g = 3\ (cm)$$

(3):

$$C_1 = 2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{r1} \cdot \frac{l}{ln\frac{rg}{ri}} = 2\pi * 8.85 * 10^{-12} * 3 * \frac{2}{ln\frac{3}{1}} = 303.7\ (PF)$$

$$C_2 = 2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{r2} \cdot \frac{l}{ln\frac{ra}{rg}} = 2\pi * 8.85 * 10^{-12} * 1 * \frac{2}{ln\frac{7.39}{3}} = 123.4\ (PF)$$

$$U_1 = U \cdot \frac{C2}{C1+C2} = 60 \times \frac{123.4}{303.7+123.4} = 17.34\ (KV)$$

$$U_2 = U \cdot \frac{C1}{C1+C2} = 60 \times \frac{303.7}{303.7+123.4} = 42.66\ (KV)$$

(4):

$$\eta_1 = \frac{ln\frac{rg}{ri}}{\frac{rg}{ri}-1} = \frac{ln\frac{3}{1}}{\frac{3}{1}-1} = 0.549$$

$$\eta_2 = \frac{ln\frac{ra}{rg}}{\frac{ra}{rg}-1} = \frac{ln\frac{7.39}{3}}{\frac{7.39}{3}-1} = 0.616$$

(5):

$$U_{a2} = E_{d2} \cdot \eta_2 \cdot S_2 = E_{d2} \cdot \eta_2 \cdot (ra-rg) = 30 \times 0.616 \times (7.39-3) = 81.13\ (KV)$$

مدرس المادة: د. غياث خليفه