جامعة تشرين

كلية الهندسة المدنية

قسم هندسة المواصلات والنقل

دراسة تحليلية لإمكانية تطبيق دوارات توربو(عنفة)ضمن مدينة اللاذقية باستخدام برنامج kreisel

المقدمة:

تم استخدام الدوارات في مدينة اللاذقية بشكل كبير وأصبحت الحل النموذجي للعقد المرورية داخل المدن للمزايا التي تتمتع بها من ناحية الكفاءة والسلامة المرورية وتركيبة المرور والاقتصادية وأيضا لأسباب بيئية، ومن أهم الأسباب تخفيف الازدحام المروري الحاصل في التقاطعات ولكن نتيجة الازدياد الكبير في عدد المركبات في السنوات العشرة الأخيرة نتيجة القوانين المتخذة أصبحت هذه الدوارات من المواقع المزدحمة والتي تحدث فيها العديد من حوادث الاصطدام وخاصة الجانبية لذلك كان من الضروري إيجاد حل بهدف تطوير هذه الدوارات لزيادة الاستيعاب المروري ضمنه وتقليل عدد الحوادث عن طريق تقليل السرعة وتخفيض نقاط التصادم بتكلفة مقبولة على المدى البعيد (العرقلة).

هذا الحل كان بدراسة حالة متطورة عن الدوارات دعيت بدوارات التوربو ، وسيتم في هذه الورقة إجراء مقارنة لأداء الدوارات الكلاسيكية مع دوارات التوربو وذلك باستخدام برنامج ألماني يدعى kriesel في النسخة الجديدة version 7.0 .

يحتوي هذا البرنامج على 27 طريقة من اجل 12 بلد لحساب السعة والتي تعد المعيار المهم في حساب أداء الدوارات .



الشكل()

أهمية البحث:

تكمن أهمية الدراسة في إيجاد حل مروري للتقاطعات الطرقية يساهم في زيادة السعة المرورية بأقصى حد وتخفيض عدد نقاط التصادم بين العربات عبر التقاطع وبالتالي تحسين شروط الأمانة والسلامة في العقد حيث يتم تطوير الدوارات الكلاسيكية متعددة الحارات لدوارات توربو يتم عبره فصل الحارات المرورية عبر اطاريف خاصة والذي يحد من مخاطر الحوادث الجانبية. في هذه الدراسة سيتم تقييم سعة دوارات التوربو وفق نظرية الثغرة الحرجة مع مقارنتها وفق معطيات مستوى الأداء(زمن التأخير،أطوال الأرتال ومستويات الخدمة) لهذا الدوار باستخدام برنامج kriesel .

هذه الميزات تجعل التوربو هو الحل المناسب لإعطاء مستوى أعلى من السلامة ولاسيما عند وجود مشاة وحجوم مرور عالية.

مجال البحث و هدفه:

يقع البحث ضمن مجال هندسة المرور، وله ثلاث أهداف رئيسية:

-تقييم مستوى أداء الدوارات الكلاسيكية ودوارات التوربو البديلة .

-مناقشة معايير التصميم العامة والمبادئ الوظيفية لدوارات التوربو.

-تقديم دراسة عن حالة واقعية لتحويل الدوار الحالي إلى دوار توربو باستخدام برنامج kriesel وفق مخطط جديد.

بالرغم من أن نتائج الدراسة لا يمكن أن تعمم لكن من وجهة النظر المنهجية يمكن أن تكون مفيدة للممارسين وإدارات الطرق في اتخاذ القرارات حول تحويل التقاطعات القائمة وتطويرها.

الإشكالية:

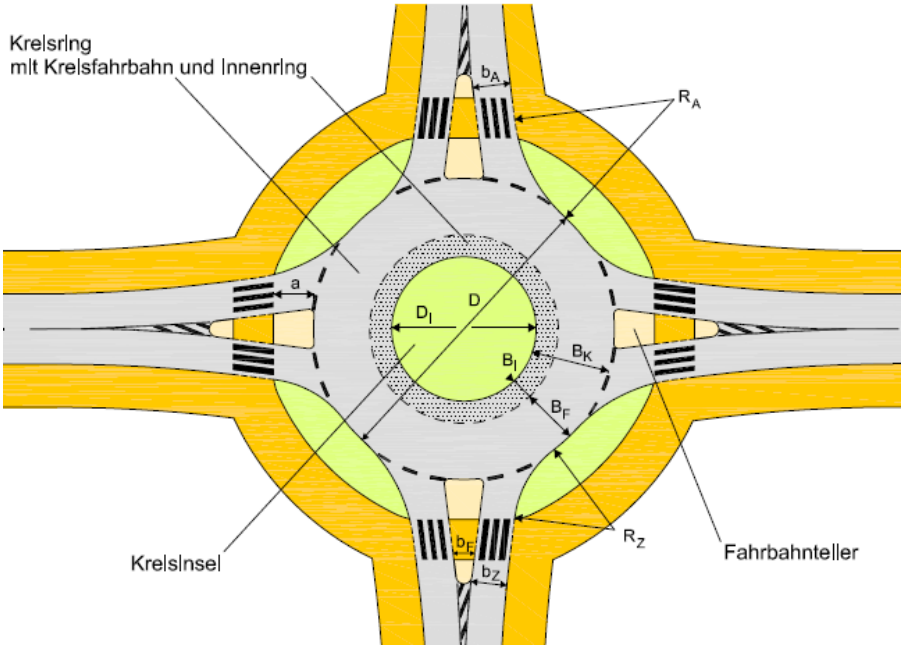
إن كيفية تحديد الأداء المروري المقدم لمستخدمي الدوارات بشكل دقيق والذي من خلاله يتم تقدير الجودة المرورية للنظام المروري مشكلة لا تزال قائمة فان التقديرات الموضوعية الدقيقة لأداء الدوار غير متوفرة لان البرامج المتوفرة غير متوافقة مع الأنماط السلوكية المحلية مما جعل من الضروري تطوير إجراء تحليل يناسب الشروط المحلية ونظرا للتعقيدات المشتركة في تحليل أداء المرور ضمن الدوارات سيتم استخدام برنامج kriesel وفق موديل معين موجود ضمن البرنامج نفسه .

-ونتيجة زيادة عدد المركبات في مدينة اللاذقية والازدحام المروري وخاصة في الدوارات مما أدى إلى زيادة حوادث الاصطدام الجانبية كان من الضروري إيجاد حل لمشكلة الازدحام هذه وتقليل الحوادث عن طريق تطوير هذه الدوارات لزيادة السعة باستخدام دوارات التوربو الذي تم استخدامه أول مرة في هولندا وتحديد مستوى الأداء له وفق نفس البرنامج.

المنهجية:

1- نأخذ دوار ساحة اليمن ودوار الجامعة ضمن مدينة اللاذقية. ونحدد البيانات الهندسية لكل منهما: - عدد الأذرع .

- عدد الحارات المرورية لكل ذراع وضمن الدوار.
- عرض الجزيرة الوسطية.
- ممرات المشاة.



2- نقوم بتعداد الغزارات المرورية على كافة اذرع دوار ساحة اليمن ودوار الجامعة عن طريق وضع أنابيب الضغط على كافة الأذرع وذلك في فترتي الذروة (7.5-8) و(2.5-3).تعطى الغزارات المرورية لكل نوع (سيارة سياحية،شاحنات كبيرة وصغيرة،باصات ،دراجات، المشاة).

3- العمل وفق برنامج kriesel:

- تحميل مشروع جديد(اسم الملف،اسم المشروع ورقمه،اسم التقاطع،عدد المداخل،وضع صورة للدوار).
- اختيار طريقة لحساب السعة حسب النورمات القياسية.
- إدخال البيانات الهندسية(اسم كل مدخل،عدد الحارات على المداخل وعدد الحارات على الدوار.....الخ
- إدخال بيانات الغزارات المرورية بشكل مباشر على كل فرع في المدخل والمخرج وعلى الدوار.
- إدخال بيانات المشاة والدراجات.
- نأخذ النتائج (السعة) وبذلك نكون قد عينا مستوى أداء الدوارات الكلاسيكية عن طريق معرفة السعة (دواري هارون ودوار الجامعة).
- نقوم بعمل مخطط هندسي جديد بتحويل كل من دوار اليمن والجامعة إلى دوار توربو كل على حدا.
- ندخل البيانات الهندسية الجديدة وبيانات الغزارات السابقة إلى برنامج kriesel وبنفس الخطوات السابقة نعين مستوى الأداء لدوار التوربو لكلا الدوارين الموجودين ضمن مدينة اللاذقية.

4- تتم المقارنة بين النتائج السابقة لكل من دوارات الكلاسيكية ودوارات التوربو الجديدة على المخطط.

الدراسة المرجعية:

دوار التوربو هو نوع معين من الدوار حيث تكون حارات المرور محددة ويكون الدخول مقيد للدوار وضمن حارات الدوار نفسها.كما أن دوار التوربو يمتلك أيضا شكل معين لانجاز تحديد للحركة المرورية ولكي يمنع الحركة ضمن قطاع التماوج .كنتيجة للحارات المحددة وفق الاطاريف، دوارات التوربو تقوي التدفقات المرورية الدائرية إلى مسارات حلزونية حيث تكون كل حارة دخول مخصصة فقط لمناورات الالتفاف يجب على السائقين أن يجتازوا اتجاههم (بمعنى أخر الحارة الصحيحة من وجهة نظرهم) قبل أن يدخلوا التقاطع والحارة الملائمة ضمن الطريق الدائري ،كما إن دوار التوربو لا يسمح للالتفاف للوراء u-turn .

لدينا عدة إشكال لدوارات التوربو:

يمكن أن يكون لدوار التوربو عدد من الحارات مما يقودنا الى عدد من الدوارات التوربو المختلفة:

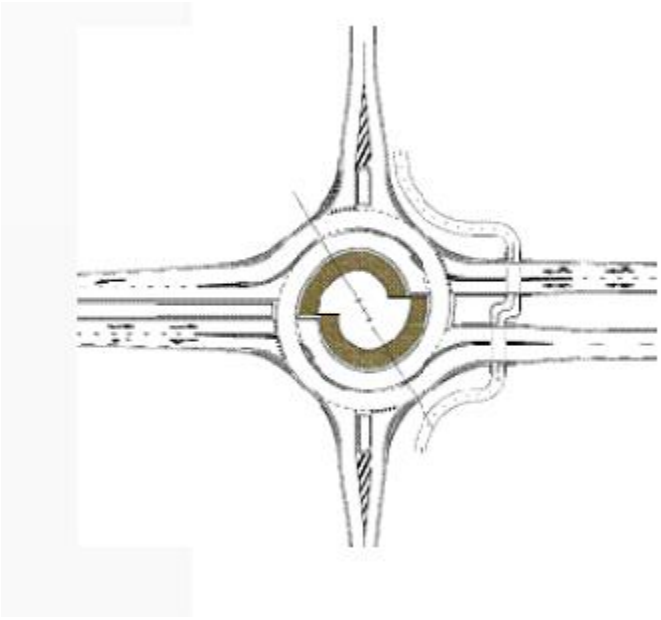
1-دوار توربو بيضوي egg turbo roundabout :

الخصائص الرئيسية له:

-حارتين مضاعفتين للخروج وحارتين وحيدتين للخروج.

--حارتين مضاعفتين للدخول وحارتين وحيدتين للدخول

وهذا ما يجعل هذا النوع مناسب للتقاطعات بين طريق مع تدفق مروري كبير والطرق الاخرى تمتلك تدفق بسيط نسبيا.



الشكل()

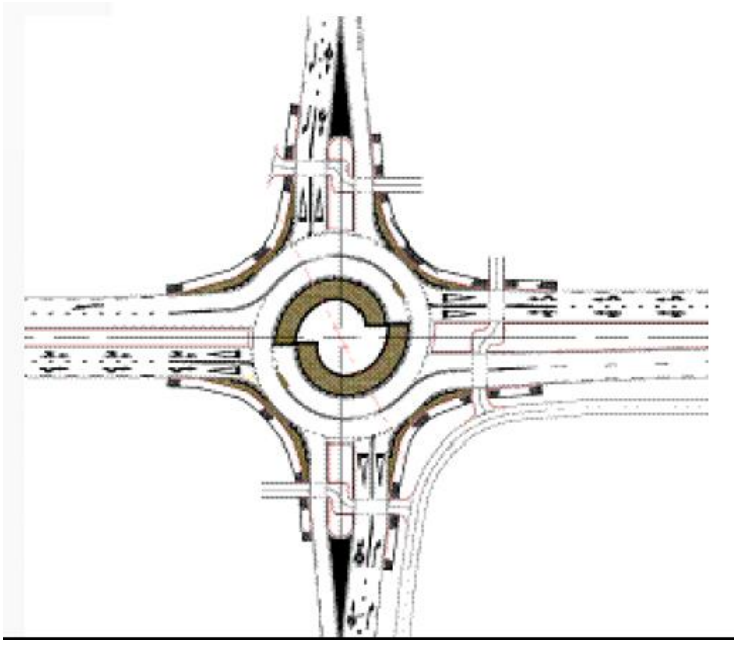
2-توربو أساسي:

الخصائص الرئيسية له:

-حارتين مضاعفتين للخروج وحارتين وحيدتين للخروج.

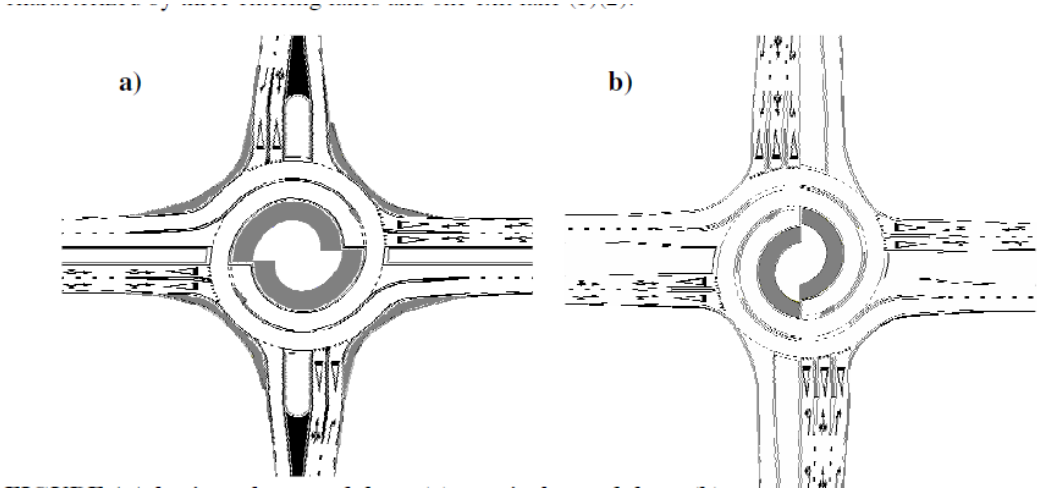
-4حارات مضاعفة داخلية.

مناسب للتقاطعات، طريق وحيد مع تدفق كبير وطرق ذات تدفق اقل بقليل.



الشكل()

انظر الشكل التالي ()يعبر عن الشكل الأساسي لدوار التوربو يكون للتقاطعات بين طريق رئيسي مع أخر ثانوي مع حركة مرور قليلة،بشكل مختلف عما يحدث ضمن الدوارات الحديثة حيث العربات تتحرك جنبا لجنب كل ضمن الحارة السليمة للوصول إلى خط الطريق ثم يتوضعون بشكل تام وكامل ضمن المسار المطلوب للخروج،ضمن دوارات التوربو المستخدمين مجبرون لإعادة اختبار الحارة الصحيحة حتى ضمن عشرات الأمتار قبل الدخول للدوار. ويظهر الشكل 1 العربات التي تحاول الالتفاف نحو اليمين من الطريق الثانوي المطلوب للقيادة على طول حارة الدخول الخارجية .



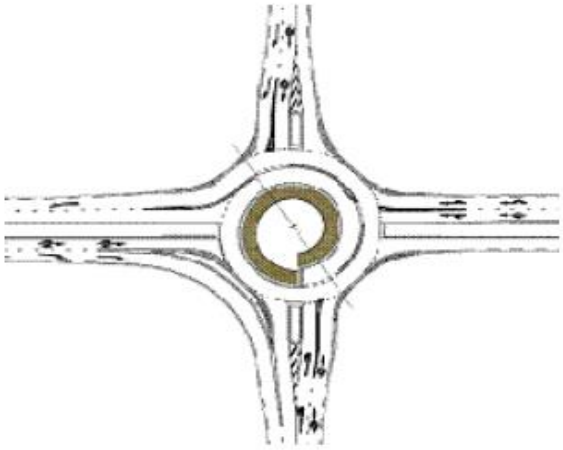
الشكل 3



الشكل()

3-دوار توربو ركبة (knee turbo roundabout):

مناسب للتقاطعات مع رتل حركي يتجه يسارا ويمينا بشكل كبير .



الشكل()

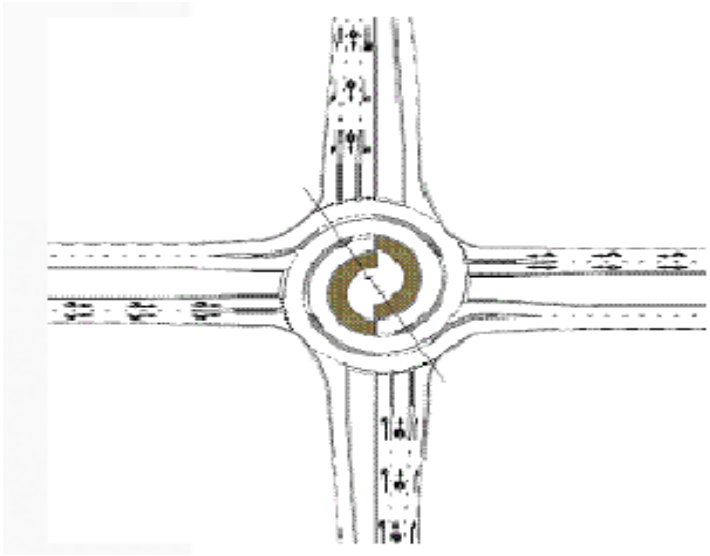
دوار توربو حلزوني spiral turbo roundabout:

الخصائص الرئيسية له:

-حارتين مضاعفتين للخروج وحارتين وحيدتين للخروج.

-3 أضعاف حارتي دخول مع ضعفي حارتي دخول.

مناسب لطريق مع تدفق كبير مع طرق أخرى تمتلك تدفق بشكل رئيسي تتجه يسارا أو يمينا.



الشكل()

توربو دوار rotor turbo roundabout:

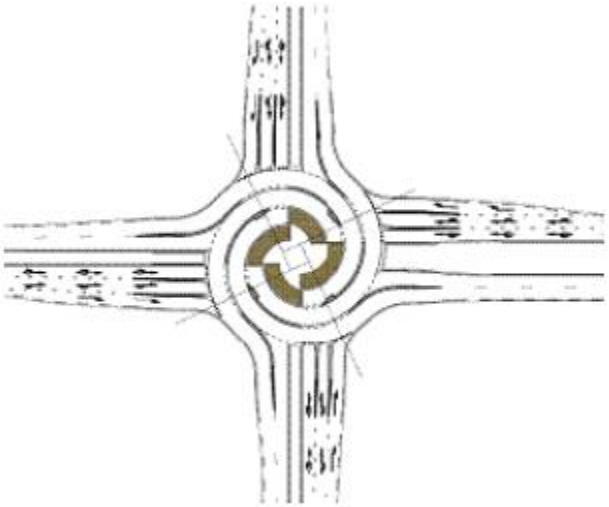
-ضعفي أربع حارات خروج .

-3 اضعاف اربع حارات دخول .

-قدرة للالتفاف نحو اليمين عن طريق حارتين.

-قدرة للذهاب مباشرة عن طريق حارتين.

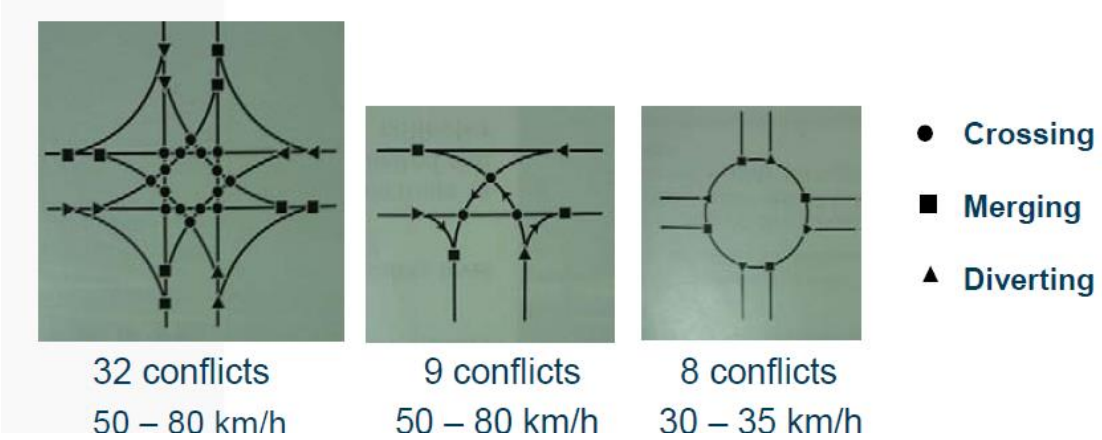
-قدرة للالتفاف نحو اليسار عبر حارة وحيدة.



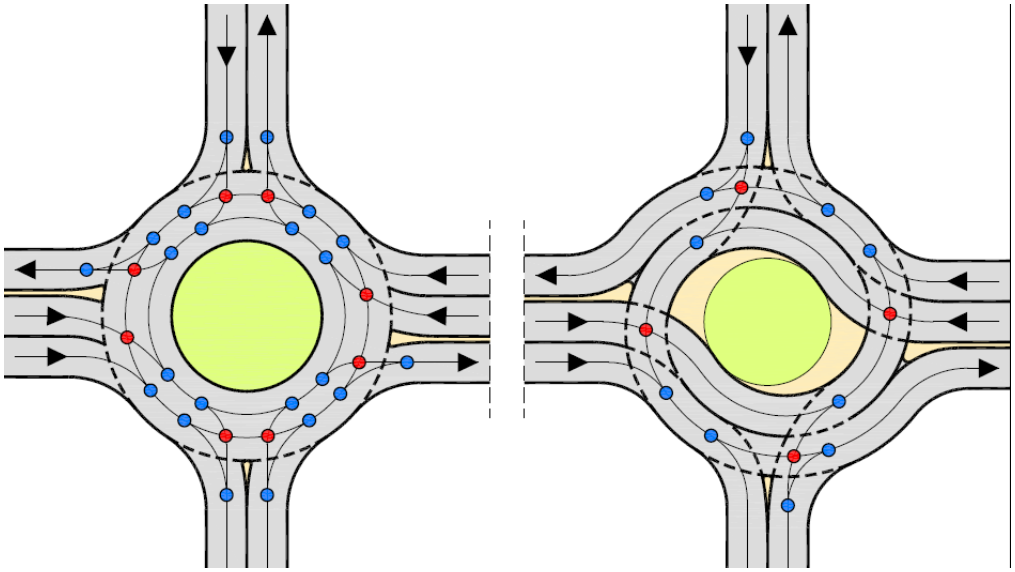
الشكل()

الفوائد الرئيسية لدوارات التوربو:

-عدد اقل من نقاط الاصطدام بين العربات



Number of legs	number of conflicting points		
	Unsignalized intersection	Two-lane roundabout	Turbo roundabout
3	9	16	7
4	32	22	10



-سرعة اقل ضمن الدوار.

-سعة عالية.

-مخاطر اقل للحوادث الجانبية.

ابتداء من هذه الاعتبارات ،دوارات التوربو يمكن ان تكون بديلا عن الدوارات العادية خاصة لضمان مستويات عالية للامان ،حيث تكون غزارة الدراجات والمشاة ليست قليلة الشكل ().

الشكل المميز للجزيرة الوسطية مصممة خلال اقواس مع مراكز انصاف اقطار مختلفة خطوات التصميم الهندسي له الخطوات التالية:

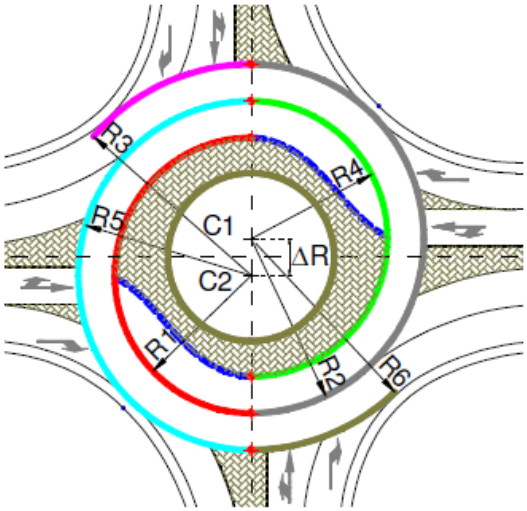
1-نحدد مركز التقاطع(نقطة تقاطع بين الطرق المتقاطعة).

2-اختيار العرض للحارة ونصف عرض جزيرة الامان بين الحارات (والكتف)الذي يتوافق مع مجموع المسافة بين c1-c2:c1c2=Dr.

3-نحدد مواقع c1-c2المراكز المتناظرة بالنسبة لنقطة التقاطع بين محور الطريق.

4-نثبت قيمة نصف القطر الاولي ووضع R1=R4،قيم اصاف الاقطار معرفة وفق العلاقة

$$\begin{cases} R_3 = R_2 + \Delta R \\ R_2 = R_1 + \Delta R \\ R_6 = R_5 + \Delta R \\ R_5 = R_4 + \Delta R \end{cases} \qquad R_i = R_{i-1} + \Delta R$$



الشكل()

لبناء مخطط دوار توربو مع اختلاف مستمر للتقوس لحارات المرور داخل الدوار في بعض الحالات الحلزون يطبق مع التفافه ،باعتبار ان العرض للحارات الدائرية يبقى ثابتا على طول تنحيه،يترتب على هذا ان المنحني يجب ان يؤشر عبر خطوة ثابتة الى التباعد العرضي بين الحارات .

تعود الخاصية الاخيرة الى ان اللولب ارخميدس شكل () والذي معادلته كالتالي:

$$R = a \cdot \theta$$

حيث R= نصف القطر من المبدأ(المسافة الشعاعية).

A=معامل بارامتري يتعلق بالمنحني.

D=الزاوية القطبية.

يمثل لولب ارخميدس سير النقطة pمع سرعة ثابتة .

$$\overline{OA} = \overline{AB} = \overline{BC} = \ldots.$$

معادلات البارامترات المعروفة للولب هي كالتالي

$$x = R \cdot \cos\theta = a \cdot \theta \cdot \cos\theta$$
$$y = R \cdot sen\,\theta = a \cdot \theta \cdot sen\,\theta$$

ولتقرير خطوة اللولب k بدلالة عدد طبيعي n (n=1,2,3) يتطلب الافتراض الشروط التالية

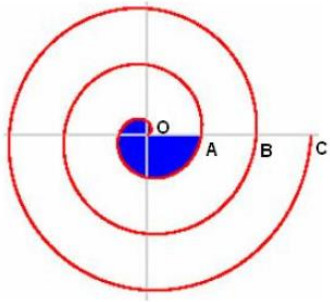
$$R_n = a \cdot \theta_n$$
$$R_{n+1} = a \cdot \theta_{n+1}$$
$$K = R_{(n+1)} - R_n = a \cdot (\theta_{n+1} - \theta_n) = 2\pi \cdot a$$

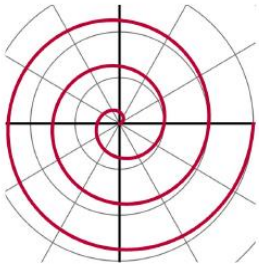
مع هذه العلاقات فإن قيمة البارامتر a يمكن أن يحصل عليها بالإضافة أن خطوة k ضمن اللولب معروفة

$$a = \frac{K}{2\pi}$$

وطول اللولب (المنحني)يحسب من المعادلة التالية:

$$L = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left[\theta \cdot \sqrt{1+\theta^2} + \ln\left(\theta + \sqrt{1+\theta^2}\right)\right]$$





الشكل()منحني ارخميدس

حساب السعة:

من وجهة نظر الأداء التشغيلي وبالأخذ بعين الاعتبار لتوزع الحارات والتخصيص فيما يتعلق بنوع المناورة يمكن حساب السعة البسيطة لمدخل دوار التوربو بدءا من قيمة السعة لحارات الدخول حيث يكون مناسب لبعضها البعض فيما يتعلق بدرجة الاستخدام .

من اجل حساب سعة بسيطة للجهات الشمالية والجنوبية كمثال الشكل 3, a يحتاج لحساب مفصل لسعة حارة الالتفاف نحو اليمين CE,R وعبر وسعة حارة الالتفاف نحو اليسار CE,L :

$$C_{E,R} = 3600 \cdot (1 - \frac{T_{\min} \cdot Q_{c,e}}{3600}) \cdot \frac{1}{T_f} \cdot e^{-\frac{Qc,e}{3600} \cdot (T_g - \frac{T_f}{2} - T_{\min})}$$

$$C_{E,TLT} = 3600 \cdot [1 - \frac{T_{\min} \cdot (Q_{c,e} + Q_{c,i})}{3600}] \cdot \frac{1}{T_f^{'}} \cdot e^{-\frac{Qc,e+Qc,i}{3600} \cdot (T_g^{'} - \frac{T_f^{'}}{2} - T_{\min})}$$

حيث:

CE,R:سعة حارة الالتفاف نحو اليمين للمدخل E(veh/h)

CE,TLT:السعة خلال وعبر حارة الالتفاف نحو اليسار للمدخل E (veh/h)

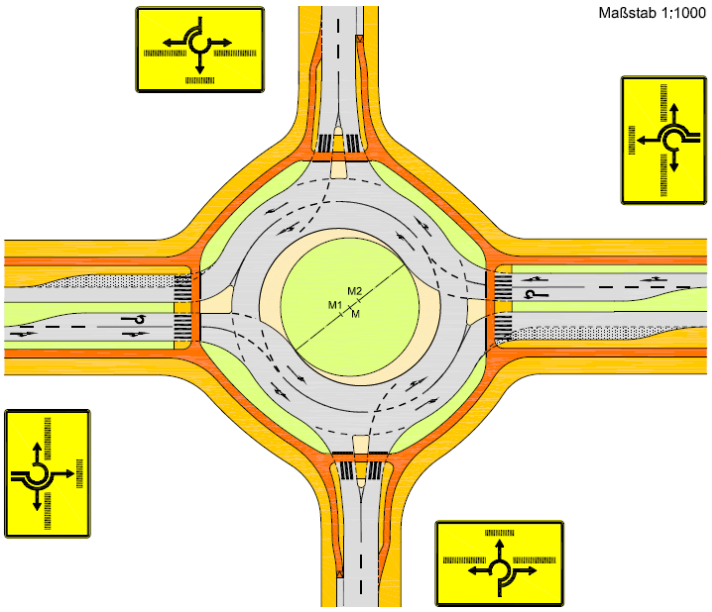
Qc,e:التدفق المروري ضمن الدوار للحارة المرورية الدائرية الخارجية في امام المدخل E (veh/h)

Qc,i:التدفق المروري ضمن الدوار للحارة المرورية الدائرية الداخلية في امام المدخل E (veh/h)

Tg,Tg'=الثغرة الحرجة (s), القيم تختلف بين حارتي دخول.

Tf,Tf'= (الوقت المستغرق-الوقت الضائع) (s), القيم تختلف بين حارتي دخول.

Tmin= وقت التقدم الأقل بين العربات المتحركة على طول الحارات الدائرية.

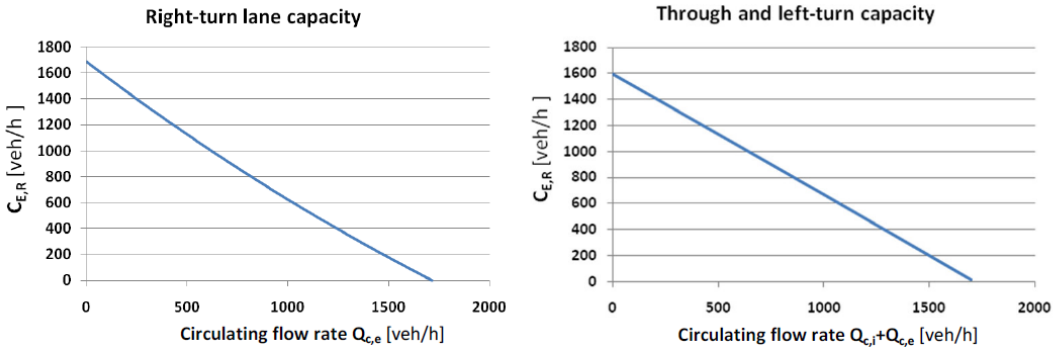


الشكل()

الشكل التالي يبين العلاقة بين السعة والعربات ضمن الدوار للحارتين المعتبرتين بشكل خاص بدءا من معالجة المعطيات الإحصائية من البارامترات سلوكية نفذت من قبل fortujec والذي اعتمد الطرق الثانوية ضمن دوارات التوربو.

افترض العربات الملتفة نحو اليمين $T_g = 3.6\ \text{s};\ T_f = 2.13\ \text{s};\ T_{min} = 2.1\ \text{s}$

افترض العربات الملتفة نحو اليسار $T_g^{'} = 3.2\ \text{s},\ T_f^{'} = 2.25\ \text{s},\ T_{min} = 2.1\ \text{s}$



المخطط()

إن كل حارة دخول ضمن الدوار التوربو مخصصة ليست فقط بقيم مختلفة للسعة ci ا نما ايضا بمعدل تدفق مختلف Qi. النتائج تعطي درجة الإشباع $(x_i = Q_i/C_i)$

قد تختلف بين الحارات لنفس المدخل وثم سعة الدخول الكلية ليست مجموع بسيط لسعات الحارة الوحيدة ،لهذه الأسباب تأثير سعة الدخول يحصل عليه من المعادلات التالية:

$$X = \max\left(\frac{Q_i}{C_i}\right) = \max(x_i) \quad i = 1,2$$

$$\rho_i = \frac{x_i}{X}$$

$$C_E = \sum_{i=1}^{n} \rho_i \cdot C_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{X} = \frac{(Q_{E,R} + Q_{E,TLT})}{\max[\frac{Q_{E,R}}{C_{E,R}}, \frac{Q_{E,TLT}}{C_{E,TLT}}]}$$

حيث:

Xi=درجة الإشباع ضمن الحارة i (معدل التدفق المطلوب للسعة النسبية).

X=درجة الإشباع ضمن الحارة الحرجة (الحارة المحدودة بالطلب الأقصى/السعة النسبية بين الحارات المفحوصة).

pi=نسبة الاستخدام ضمن الحارة i.

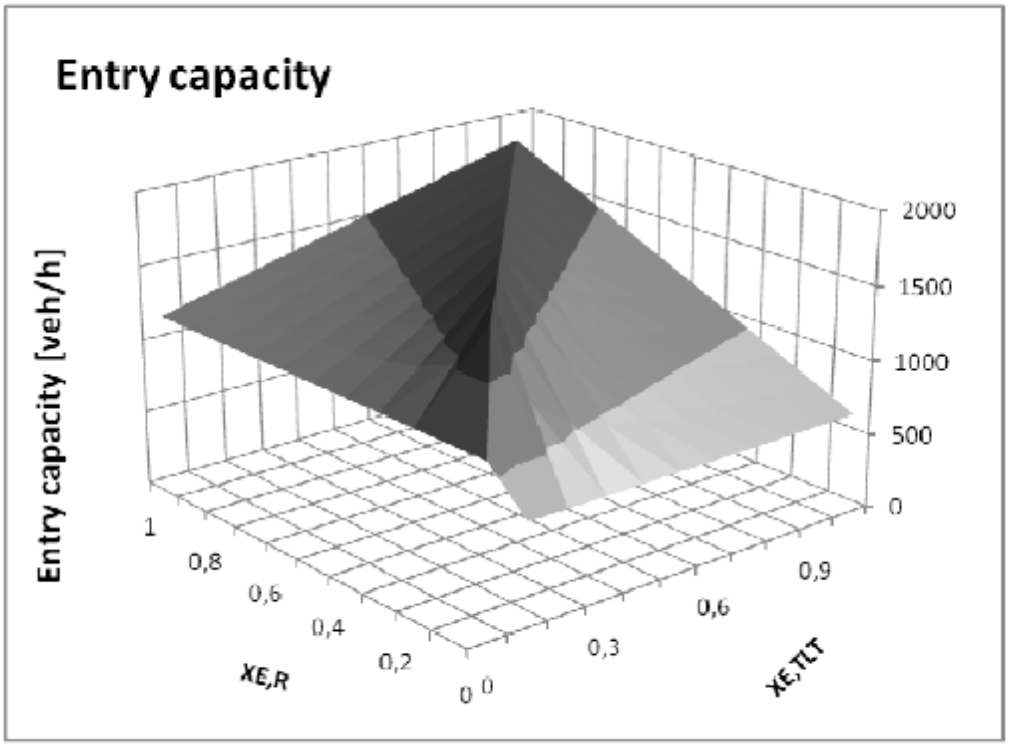
QE,R=معدل التدفق المطلوب لحارة الانعطاف نحو اليمين للمدخل E.

QE,LTL=معدل التدفق المطلوب عبر وضمن حارة الانعطاف نحو اليسار للمدخل E.

الشكل التالي يثبت اختلاف سعات الدخول كوظيفة لدرجة الاستخدام ضمن الحارات تحت الشروط الحدية المعطاة حيث طور عبر التدفقات المتوازنة ضمن الحارات الدائرية :

$$Q_{c,i} = Q_{c,e} = 500 \text{ veh/h}$$

$$C_{E,TLT} = 671 \text{ veh/h.} \quad C_{E,R} = 1127 \text{ veh/h}$$


Entry capacity
Entry capacity [veh/h]
2000
1500
1000
500
0
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
0,3
0,6
0,9
XE,R
XE,TLT

الشكل()